

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 12.09.2025 09:48:45 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323	 МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Фонд оценочных средств по дисциплине «Клеточная радиобиология» по направлению подготовки 06.03.01 «Биология» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
--	--	--	--------

**Фонд оценочных средств
для промежуточной аттестации
по дисциплине (модулю)**

Клеточная радиобиология. Проблемы современной радиобиологии

Направление подготовки (специальность)
06.03.01 Биология

Направленность (профиль)
Биология

Присваиваемая квалификация
Бакалавр

Форма обучения
очная

Год (ы) набора: 2025

Челябинск, 2025 г.

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: **06.03.01 Биология**

Направленность (профили): Биофизика

Дисциплина: **Клеточная радиобиология. Проблемы современной радиобиологии**

Семестры изучения: 7

Форма промежуточной аттестации: экзамен

2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Клеточная радиобиология. Проблемы современной радиобиологии» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды компетенции (по ФГОС)	Содержание компетенций согласно ФГОС	Коды и содержание индикаторов	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3	4
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Выполняет поиск информации, определяет критерии системного анализа поставленных задач. УК-1.2. Использует критический анализ, систематизацию и обобщение информации для решения поставленных задач.	Знать: Для достижения УК-1.2. знать: взаимодействия ионизирующих излучений с биологическими системами, основные реакции биологических объектов на радиационное воздействие на клеточном, тканевом уровнях. Уметь: Для достижения УК-1.1. уметь: работать с периодическими изданиями (журналами, сборниками) по радиобиологии. Владеть: Для достижения УК-1.1. владеть: навыками поиска необходимой информации по радиобиологии в литературных источниках и сети интернет.
ПК-1	Способен применять современные методы обработки, анализа и синтеза полевой, производственной и лабораторной биологической информации, правила составления научно-технических проектов и отчетов	ПК-1.1. Применяет принципы анализа информации, принципы работы современной аппаратуры и вычислительных средств. ПК-1.4. Использует теоретические знания об основных биологических закономерностях.	Знать: Для достижения ПК-1.2. знать: основные правила и требования при работе с ионизирующим излучением (включая вопросы техники безопасности). Для достижения ПК-1.4. знать: реакции клеток, тканей, органов и систем органов на воздействие ионизирующего излучения. Уметь:

Фонд оценочных средств по дисциплине «Клеточная радиобиология» по направлению подготовки 06.03.01 «Биология» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»			стр. 2
			Для достижения ПК-1.2. уметь: выполнять экспериментальные исследования по оценке радиационного воздействия на живые организмы. Для достижения ПК-1.4. уметь: использовать знания основ радиационной безопасности.
ПК-2	Способен применять знания и методы различных отраслей биологической науки для решения профессиональных задач при изучении биологических систем разного уровня организации	ПК-2.1. Обладает знаниями о фундаментальных основах различных отраслей биологической науки. ПК-2.2. Использует знания основ строения и функционирования биологических систем различного уровня организации при решении профессиональных задач.	Знать: Для достижения ПК-2.1. знать: применение источников ионизирующих излучений в деятельности человека. Уметь: Для достижения ПК-2.1. уметь: анализировать современную научную литературу. Для достижения ПК-2.2. уметь: пользоваться инструкциями к лабораторным приборам, протоколами методик. Владеть: Для достижения ПК-2.2. владеть: технологией создания мультимедийных презентаций.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1 Виды оценочных средств

№ п/п	Код компетенции/планируемые результаты обучения	Контролируемые темы/разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации № задания
-------	---	-----------------------------	--	--

1	<p>УК-1</p> <p>Знать: Для достижения УК-1.2. знать: взаимодействия ионизирующих излучений с биологическими системами, основные реакции биологических объектов на радиационное воздействие на клеточном, тканевом уровнях.</p> <p>Уметь: Для достижения УК-1.1. уметь: работать с периодическими изданиями</p>	<p>1. Эффекты облучения на клеточном и тканевом уровнях.</p> <p>2. Кроветворная и иммунная системы. Острый и хронический лучевые синдромы.</p> <p>3. Нервная и эндокринная системы.</p> <p>4. Кожа, репродуктивная система и мочевыводящие пути.</p>	Устный опрос, письменный опрос, реферат	Вопросы к экзамену №1-23
---	---	--	---	-----------------------------

	<p>(журналами, сборниками) по радиобиологии. Владеть: Для достижения УК-1.1. владеть: навыками поиска необходимой информации по радиобиологии в литературных источниках и сети интернет.</p>	<p>5. Системы пищеварения и дыхания. 6. Орган зрения. 7. Эффекты внутриутробного облучения. Генетические последствия облучения: канцерогенез и эффекты у потомства.</p>		
2	<p>ПК-1 Знать: Для достижения ПК-1.2. знать: основные правила и требования при работе с ионизирующим излучением (включая вопросы техники безопасности). Для достижения ПК-1.4. знать: реакции клеток, тканей, органов и систем органов на воздействие ионизирующего излучения. Уметь: Для достижения ПК-1.2. уметь: выполнять экспериментальные исследования по оценке радиационного воздействия на живые организмы. Для достижения ПК-1.4. уметь: использовать знания основ радиационной безопасности.</p>	<p>1. Эффекты облучения на клеточном и тканевом уровнях. 2. Кроветворная и иммунная системы. Острый и хронический лучевые синдромы. 3. Нервная и эндокринная системы. 4. Кожа, репродуктивная система и мочевыводящие пути. 5. Системы пищеварения и дыхания. 6. Орган зрения. 7. Эффекты внутриутробного облучения. Генетические последствия облучения: канцерогенез и эффекты у потомства.</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос, реферат</p>	<p>Вопросы к экзамену №1-23</p>
3	<p>ПК-2 Знать: Для достижения ПК-2.1. знать: применение источников ионизирующих излучений в деятельности человека. Уметь: Для достижения ПК-2.1. уметь: анализировать современную научную литературу.</p>	<p>1. Эффекты облучения на клеточном и тканевом уровнях. 2. Кроветворная и иммунная системы. Острый и хронический лучевые синдромы. 3. Нервная и эндокринная системы. 4. Кожа,</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос, реферат</p>	<p>Вопросы к экзамену №1-23</p>

	<p>Для достижения ПК-2.2. уметь: пользоваться инструкциями к лабораторным приборам, протоколами методик.</p> <p>Владеть: Для достижения ПК-2.2. владеть: технологией создания мультимедийных презентаций.</p>	<p>репродуктивная система и мочевыводящие пути.</p> <p>5. Системы пищеварения и дыхания.</p> <p>6. Орган зрения.</p> <p>7. Эффекты внутриутробного облучения.</p> <p>Генетические последствия облучения: канцерогенез и эффекты у потомства.</p>		
--	--	--	--	--

Примечание: типовые задания, критерии и показатели оценивания в рамках текущего контроля представлены в рабочей программе дисциплины (модуля). Полные комплекты оценочных средств и контрольно-измерительных материалов хранятся на кафедре.

3.2 Содержание оценочных средств

Оценочные средства промежуточной аттестации» представлены перечнем вопросов для экзамена.

3.2.1 Теоретические вопросы к экзамену

1. Детерминистские и стохастические радиационные эффекты.

Ответ: Все биологические эффекты делятся на стохастические и нестохастические. Нестохастические эффекты - это такие, для которых как вероятность возникновения, так и степень тяжести изменяются с дозой, они развиваются при превышении определенного порога дозы. Стохастические эффекты это такие, вероятность возникновения которых является дозозависимой, но не их тяжесть; они не имеют порога дозы. Стохастические эффекты являются результатом повреждения отдельной клетки или небольшого числа клеток. Основными стохастическими эффектами считаются генетические и канцерогенные эффекты.

У детерминистских эффектов тяжесть возрастает более круто у наиболее радиочувствительных лиц. Порог дозы необходимой для развития клинически значимого патологического состояния меньше, чем у более радиорезистентных лиц. Индивидуальная радиочувствительность может значительно варьировать. Наибольшей радиочувствительностью обладают индивиды с аномальной репарацией повреждений ДНК. Лишь очень немногие люди (<1%) являются гомозиготами в отношении мутаций в генах репарации и их радиочувствительность в 2-3 раза выше, чем в человеческой популяции в среднем. имеют истинный дозовый порог, что определяет отсутствие их при дозах ниже пороговых. Первые детерминистские эффекты регистрируются у наиболее радиочувствительных лиц, а частота патологического эффекта во всей популяции достигает 100 % только при дозе, достаточной для его развития у наиболее радиорезистентных индивидов.

2. Выживаемость клеток. Кривые выживаемости.

Ответ: Термин выживаемость клеток в контексте настоящего обсуждения определяется как способность клетки к бесконечной пролиферации и образованию колонии из дочерних

клеток. Средняя доза, необходимая для нарушения репродуктивной способности, как правило, значительно меньше, чем доза, необходимая для нарушения ее метаболической или функциональной активности. Таким образом, гибель клетки означает потерю клеткой репродуктивной способности, без обязательной потери жизнеспособности или других функций. Гибель облученных клеток чаще всего наступает при попытке вступить в деление. Однако при первом делении гибель может не произойти, она может быть отсрочена до второго или последующих делений, особенно при низких дозах. Доля клеток, сохраняющих способность к образованию колонии, уменьшается в зависимости от увеличения дозы. Для плотноионизирующих излучений зависимость доза-эффект представлена прямой линией и характеризуется наклоном дозовой кривой (n) и дозой, необходимой для уменьшения выживаемости до 37% (D_0). Для редкоионизирующих излучений, таких, как рентгеновское излучение, на начальном участке кривой имеется плечо, а затем следует прямолинейный или почти прямолинейный участок с более высокой гибелью клеток на единицу дозы. Наличие плеча на кривой выживаемости означает, что клетки должны накопить определенный объем сублетальных повреждений до потери своей репродуктивной способности. Участок кривой, располагающийся ниже первоначального плеча, часто бывает экспоненциальным. Экстраполяция конечного участка кривой к нулевой дозе дает параметры n и D_q . Значение n при излучениях с низкой ЛПЭ сравнительно велико; при излучениях с высокой ЛПЭ оно сравнительно мало. Таким образом, кривая выживаемости для редко-ионизирующих излучений характеризуется следующими параметрами: D_0 - доза, необходимая для снижения выживаемости до 37%; наклон прямолинейного участка кривой (n); а также экстраполяционное число D_q . Для описания выживаемости клеток в зависимости от дозы используется линейно-квадратичная модель

3. Эффекты фракционирования и протрагирования облучения.

Фракционирование дозы, как правило, приводит к снижению ее биологической эффективности по сравнению с острым облучением. Основными факторами, определяющими этот эффект, являются репарация сублетальных повреждений и замена клеток с летальными повреждениями путём репопуляции. мерой объема репарации сублетального повреждения в течение интервала между двумя облучениями также служит разность между суммарной дозой, вызывающей гибель данного процента клеток при двукратном облучении (D_2), и дозой, вызывающей такую же гибель клеток при однократном облучении (D_1). Установлено, что фракционирование дозы не модифицирует частоту таких ГР как катаракта или заболевания сердца. Вероятно, механизмы этих эффектов вызваны одноударным необратимым событием.

При уменьшении мощности дозы кривая выживания становится постепенно более плоской в связи с репарацией всё большего числа сублетальных повреждений. В это время имеет место блок клеточного цикла, и они теряют способность развиваться. По мере дальнейшего снижения мощности дозы, кривая выживания снова приобретает крутизну, так как накапливаются клетки с блоком цикла на радиочувствительной фазе G_2 , что обеспечивает более высокую вероятность их гибели и они, по-прежнему, не могут делиться. Хорошо известно, что облучение вызывает зависимость от дозы задержку митотического процесса (наиболее часто на радиочувствительной стадии G_2), после чего в тканях с быстрым обновлением клеток наблюдается возобновление или даже усиление пролиферации клеток. Дальнейшее понижение мощности дозы ниже этого критического уровня позволяет клеткам избежать блока G_2 и начать делиться. За счет пролиферации клеток происходит репопуляция, а кривая выживания становится более плоской, так как продукция клеток вследствие митоза компенсирует гибель клеток в связи с облучением. При снижении дозы на фракцию $\leq 0,3$ Гр или мощности дозы ($\leq 0,2$ Гр/мин) репарируются все сублетальные повреждения и останутся только начальные летальные повреждения. В этом случае наклон кривой выживания будет описан исключительно компонентом летальных по-

вреждений

4. ОЛБ. Ее синдромы и фазы. Влияние внешнего облучения и инкорпорированных радионуклидов. Сравнение эффектов равномерного и неравномерного внешнего облучения.

Ответ: Согласно определению А.К. Гуськовой, острая лучевая болезнь (ОЛБ) представляет собой нозологическую форму, характеризующуюся совокупностью поражений ряда органов и тканей, в результате чего формируются основные клинические синдромы заболевания – костномозговой, кишечный или церебральный, а также переходные формы или их сочетания. ОЛБ от внешнего облучения возникает в результате кратковременного (мгновенного или в течение нескольких часов, суток) воздействия на все органы и ткани организма или большую их часть γ - и/или нейтронного излучения в дозе, превышающей 1 Гр. зависимости от дозы облучения в клинике ОЛБ преобладают проявления костномозгового, кишечного или церебрального синдромов. При облучении в дозах от 1 до 10 Гр формируется костномозговая форма ОЛБ. Эту форму называют также «типичной», поскольку именно при ней наиболее ярко проявляются особенности патогенеза и течения ОЛБ, характеризующая ее клиническая симптоматика, чему в значительной мере способствует достаточно большая продолжительность жизни при костномозговой форме, даже если болезнь заканчивается смертельным исходом. Как очевидно из самого названия, развивающийся патологический процесс в данном случае определяется, прежде всего, поражением кроветворной ткани, проявляющимся инфекционными осложнениями, кровоточивостью, анемией. При облучении в дозах от 10 до 20 Гр клиническую симптоматику и исходы поражения будут определять процессы, протекающие в эпителии тонкой кишки (кишечная форма ОЛБ). Радиационное воздействие в дозах от 20 до 50 Гр приводит к формированию токсемической формы ОЛБ, характеризующейся массивным поражением практически всех паренхиматозных органов и развивающейся вследствие этого токсемией. При облучении организма в дозах свыше 50 Гр на первый план выходит поражение центральной нервной системы, что и послужило основанием для того, чтобы назвать данный вариант лучевой патологии церебральной формой ОЛБ. При экранировании во время облучения значительных по объему областей тела или при локальном облучении клиническая картина определяется, по преимуществу, местным поражением облученных участков.

5. ОЛБ. Костномозговой синдром.

Ответ: При костномозговой форме прослеживаются особенно четко периоды болезни: начальный период или период первичной реакции на облучение, скрытый период (период мнимого благополучия), период разгара и период восстановления. Основное клиническое проявление начального периода ОЛБ – синдром первичной реакции на облучение. Он имеет четко очерченную картину, которая характеризуется комплексом диспепсических (анорексия, тошнота, рвота, диарея, дискинезия кишечника), нейромоторных (быстрая утомляемость, апатия, общая слабость) и нейрососудистых (потливость, гипертермия, гипотензия, головокружение, головная боль) проявлений, а также местными реакциями кожи и слизистых оболочек (гиперемия, зуд, жжение). В костном мозге обнаруживают клетки с признаками пикноза ядер, апоптоза, цитолиза, снижение митотического индекса. В скрытый период жалобы на состояние здоровья отсутствуют или слабо выражены. Могут отмечаться симптомы астенизации и вегетососудистой неустойчивости (повышенная утомляемость, потливость, периодическая головная боль, расстройства сна и т.д.), продолжается постепенное опустошение костного мозга, начиная со снижения числа наименее зрелых и завершаясь исчезновением клеток, уже закончивших процесс созревания, а затем и уменьшение содержания функциональных клеток в крови. Прогрессирует нейтропения, снижается количество тромбоцитов, продолжают развиваться морфологиче-

ские изменения в нейтрофилах (гиперсегментация ядер, вакуолизация ядра и цитоплазмы, хроматолиз, токсическая зернистость в цитоплазме) и лимфоцитах (полиморфизм ядер). Наступление периода разгара заболевания совпадает, как правило, со снижением числа функциональных клеток (гранулоцитов и тромбоцитов) ниже критического значения (менее $1,0 \cdot 10^9/\text{л}$ для гранулоцитов и ниже $30 \cdot 10^9/\text{л}$ – для тромбоцитов). Клинически период разгара характеризуется развитием инфекционного и геморрагического синдромов, обусловленных агранулоцитарным иммунодефицитом и тромбоцитарной недостаточностью гемостаза. При не очень тяжелых вариантах течения ОЛБ период разгара переходит в период восстановления. Начало этого периода характеризуется улучшением состояния здоровья: появляется аппетит, нормализуются температура тела и функция желудочно-кишечного тракта, повышается масса тела, исчезают симптомы кровоточивости. Отмечаются признаки регенерации гемопоэза: в крови появляются ретикулоциты, юные и палочкоядерные нейтрофилы. Однако в это же время продолжает прогрессировать (до 5–6 мес после облучения) анемия: число эритроцитов, как и большинство биохимических показателей крови, восстанавливается лишь спустя 8–10 мес после радиационного воздействия. Средняя длительность периода восстановления составляет от 3 до 6 мес.

6. ОЛБ. Орофарингеальный синдром.

Ответ: Причиной развития синдрома является вдыхание (заглатывание) паров, газов или аэрозолей, содержащих β -излучающие радионуклиды. Лучевой орофарингеальный синдром проявляется в виде гиперемии, отека, очагового и сливного эпителиита, нарушений слюноотделения (ксеростомия), болей при глотании и прохождении пищи по пищеводу. При облучении гортани развиваются явления ларингита. Сосудистая реакция слизистых оболочек в виде покраснения, отека, опалесценции, появления отпечатков зубов появляется спустя 4–8 ч после облучения в зависимости от его дозы (пороговой для развития этой фазы орофарингеального синдрома считается доза свыше 5–7 Гр). При облучении в более высоких дозах (порядка 10 Гр и выше) после латентного периода развиваются поражения слизистых оболочек ротоносоглотки различной степени тяжести. Предполагается, что после облучения области ротоносоглотки в дозах более 15 Гр орофарингеальный синдром может явиться причиной летального исхода не менее чем в 50 % случаев.

7. ОЛБ. Кишечный синдром.

Ответ: После общего облучения в дозах 10–20 Гр развивается кишечная форма ОЛБ. В основе ее патогенеза лежит лучевое поражение слизистой оболочки тонкого кишечника. В течении кишечной формы ОЛБ обычно можно выделить отдельные периоды. Начальный период отличается большей тяжестью проявлений и большей длительностью тех симптомов, которые преобладают и при костномозговой форме: тошноты, рвоты, анорексии, прогрессирующей общей слабости, которую иногда характеризуют как нарастающую летаргию, гиподинамию. Кроме того, при кишечной форме уже с первых дней часто присоединяется диарея, снижается артериальное давление (иногда развивается коллаптоидное состояние). Весьма выражена и длительно сохраняется ранняя эритема, проявляющаяся гиперемией кожи и слизистых оболочек. Температура тела в начальном периоде повышается до фебрильных цифр. Больные жалуются на боли в животе, миалгии, артралгии, головные боли. Продолжительность первичной реакции при кишечной форме ОЛБ составляет 2–3 сут. Затем может наступить кратковременное, не более 2–3 сут, улучшение общего состояния (эквивалент скрытого периода ОЛБ), однако проявления заболевания в этом случае полностью не исчезают. Наступление периода разгара кишечной формы ОЛБ проявляется резким ухудшением общего состояния, развитием диареи, повышением температуры тела до 39–40 °С. Снова резко снижается аппетит. В результате атонии желудка пищевые массы могут надолго задерживаться в нем. Нарушаются процессы всасывания в кишечнике, масса тела начинает быстро снижаться. Количество лейкоцитов в

крови катастрофически падает. Развиваются тяжелые проявления орофарингеального синдрома, обезвоживания, интоксикации и эндогенной инфекции, которой способствует раннее наступление агранулоцитоза. Появляющиеся в слизистой оболочке кишечника геморрагии и инфекционные осложнения еще в большей степени отягощают состояние пораженных людей. При условии лечения лица с кишечной формой ОЛБ от внешнего равномерного облучения могут прожить до 2 или даже 2 1/2 нед. Связанная с лечением сравнительно большая продолжительность жизни человека при этой форме ОЛБ объясняет развитие у него выраженных проявлений вторичной инфекции и кровоточивости, возникающих, прежде всего, вследствие подавления кроветворной функции. Гибель пострадавших наступает при явлениях энтерита, пареза и непроходимости кишечника, нарушенный водно-электролитного обмена, нарастания сердечно-сосудистой недостаточности.

8. ОЛБ. Поражения кожи. Лучевой пневмонит.

Ответ: ОЛБ - одна из клинических форм лучевого поражения организма человека, развивающаяся после внешнего кратковременного (острого), относительно равномерного облучения всего тела или большей его части проникающим (гамма, гамма-нейтронным) ИИ в дозе свыше 1 Гр. При развитии ОЛБ в течение первых суток после воздействия на участках, подвергшихся облучению, может наблюдаться гиперемия слизистых и кожи по типу загара, в течение 24-36 ч после облучения – возможно увеличение околоушных желез. При поражении кожи наибольшему риску подвергаются базальные клетки эпидермиса; они постепенно гибнут после облучения, что приводит к развитию эпидермальной гипоплазии. Тяжесть клинических нарушений, связанных с эпидермальной гипоплазией, зависит от величины дозы облучения. Тяжёлая гипоплазия идентифицируется как влажная десквамация. Шелушение кожи, приблизительно на 4-6 неделе после однократного облучения от начала фракционированного облучения является типичным проявлением влажной десквамации. Латентный период зависит от продолжительности клеточного цикла эпидермиса у отдельного пациента, который обычно длится 4-6 недель. Клинические симптомы острого лучевого пневмонита включают одышку, кашель, лихорадку. При этом происходит экссудация протеинов в альвеолы, инфильтрация воспалительных клеток и эпителиальная десквамация. Когда превышаются предельно допустимые дозы, пневмонит может протекать в тяжёлой форме и может иметь летальный исход. Острый пневмонит может трансформироваться в поздний фиброз альвеолярных перегородок. Поражённые альвеолы спадаются и облитерируются соединительной тканью.

9. Особенности ОЛБ при преимущественном поражении головы и груди.

Ответ: ОЛБ - одна из клинических форм лучевого поражения организма человека, развивающаяся после внешнего кратковременного (острого), относительно равномерного облучения всего тела или большей его части проникающим (гамма, гамма-нейтронным) ИИ в дозе свыше 1 Гр. При развитии ОЛБ в течение первых суток после воздействия на участках, подвергшихся облучению, может наблюдаться гиперемия слизистых и кожи по типу загара, в течение 24-36 ч после облучения – возможно увеличение околоушных желез. Облучение головы высокими дозами в процессе лечения может вызвать повреждение ЦНС, которое в конечном итоге приведет к параличу. Повреждение проявляется в три фазы. Во время лучевой терапии головного мозга (особенно стереотаксической лучевой терапии высокими дозами) пациенты могут испытывать усталость и неврологические симптомы, включая судороги, хотя симптомы обычно обратимы. Эти острые эффекты происходят из-за апоптоза эндотелиальных клеток с разрушением ГЭБ и вторичного отека. После краниального облучения во время данного периода может возникнуть сонливость. Транзиторная сегментарная демиелинизация, вызванная ранней апоптотической потерей олигодендроцитов, является вероятным механизмом данных реакций, которые обычно разрешаются в течение нескольких месяцев. Поздние эффекты с латентным пери-

одом 6 и более месяцев необратимы. В основе патологии позднего лучевого поражения лежат демиелинизация и некроз белого вещества с различными сосудистыми повреждениями (телеангиэктазии, очаговое кровоизлияние) как в белом, так и в сером веществе. В головном мозге позднее лучевое повреждение проявляется в виде когнитивных расстройств (от незначительных до тяжелых) и нарушении памяти.

10. Особенности ОЛБ при преимущественном поражении живота. Особенности ОЛБ при преимущественном поражении конечностей.

Ответ: ОЛБ - одна из клинических форм лучевого поражения организма человека, развивающаяся после внешнего кратковременного (острого), относительно равномерного облучения всего тела или большей его части проникающим (гамма, гамма-нейтронным) ИИ в дозе свыше 1 Гр. При развитии ОЛБ в течение первых суток после воздействия на участках, подвергшихся облучению, может наблюдаться гиперемия слизистых и кожи по типу загара, в течение 24-36 ч после облучения – возможно увеличение околоушных желез. При преимущественном поражении живота развивается повреждение слизистой кишечника при дозах >1 Гр, развиваются проявления радиационно-индуцированного мукозита кишечника. Кроме того, изменения моторики, которые часто предшествуют развитию гистопатологических изменений. Отсроченное радиационное поражение желудочно-кишечного тракта происходит спустя, по крайней мере, 3 месяца после радиотерапии, но обычно через несколько месяцев или лет после облучения. Обычные проявления отсроченного повреждения ЖКТ включают нарушение всасывания, пищеварения, моторики, непроходимость, перфорацию кишечника и формирование свищей. Основой для этих осложнений являются хронические изъязвления слизистой оболочки, фиброз стенки кишечника, формирование стриктур. При преимущественном поражении конечностей наблюдаются эффекты облучения в кости и скелетных мышцах. Эти эффекты являются поздними и проявляются через месяцы-годы после радиационного облучения. В то время как зрелая кость относительно радиорезистентна, растущая кость более радиочувствительна, и детектируемая задержка роста может проявиться после низких доз облучения.

11. ХЛБ. Диапазон доз и синдромы (костномозговой синдром).

Ответ: Хроническая лучевая болезнь характеризуется постепенным медленным развитием, длительным упорным течением и медленным восстановлением нарушенных функций. Заболевания делится на три периода: период формирования болезни, восстановительный период, период отдаленных осложнений и последствий. ХЛБ характеризуется угнетением кроветворения и иммунных реакций, структурными и функциональными расстройствами центральной нервной системы, сердечно-сосудистой и других систем организма. Тяжесть этих эффектов определяется уровнем мощности доз и суммарной дозой. Особенно показательными при ХЛБ являются изменения периферической крови, свидетельствующие об угнетении всех видов кроветворения. Число эритроцитов снижается до $3 \times 10^{12}/л$, выявляется анизоцитоз и пойкилоцитоз с появлением макроцитов и даже мегалоцитов, тромбоцитов - до $100 \times 10^9/л$, лейкоцитов - до $2 \times 10^9/л$. В лейкоцитарной формуле выявляется относительный лимфоцитоз (до 40-50%), нейтропения со сдвигом влево, качественные изменения нейтрофилов в виде гиперсегментации их ядер, вакуолизации и токсической зернистости, гигантских и распадающихся клеток. Ретикулоцитопения составляет 1-3%. При исследовании костного мозга выявляется снижение общего числа миелокариоцитов, выраженная задержка процессов созревания миелоидных элементов на стадии миелоцита, иногда наблюдается извращение эритропоэза по мегалобластическому типу. Прекращение воздействия ионизирующего излучения позволяет активировать процессы репарации, что приводит к быстрой регрессии начальных функциональных изменений и постепенной нормализации гематопоза. Скорость и полнота восстановления зависят от степени повреждения тканей; процесс восстановления может продолжаться де-

сятилетиями.

12. ХЛБ. Диапазон доз и синдромы (неврологические синдромы).

Ответ: Хроническая лучевая болезнь характеризуется постепенным медленным развитием, длительным упорным течением и медленным восстановлением нарушенных функций. Заболевания делится на три периода: период формирования болезни, восстановительный период, период отдаленных осложнений и последствий. ХЛБ характеризуется угнетением кроветворения и иммунных реакций, структурными и функциональными расстройствами центральной нервной системы, сердечно-сосудистой и других систем организма. Тяжесть этих эффектов определяется уровнем мощности доз и суммарной дозой. При развитии неврологических синдромов больные жалуются на общую слабость, быструю утомляемость, головную боль, боль в груди и животе, отсутствие аппетита, плохой сон, диспепсические расстройства, повышение температуры тела. Изменения нервной системы характеризуются симптомами органического поражения, протекающими по типу токсического энцефалита с очагами поражения в среднем и промежуточном мозге. Клинически это проявляется повышением или снижением сухожильных и брюшных рефлексов, нарушением мышечного тонуса и статики, возникновением оптико-вестибулярных симптомов и нистагма. Прекращение воздействия ионизирующего излучения позволяет активировать процессы репарации, что приводит к быстрой регрессии начальных функциональных изменений и постепенной нормализации гематопоза. Скорость и полнота восстановления зависят от степени повреждения тканей; процесс восстановления может продолжаться десятилетиями.

13. Реакции тканей и органов на облучение. Кроветворная и иммунная система.

Ответ: Кроветворные стволовые клетки и клетки-предшественники являются основной мишенью при хроническом облучении в низких дозах и низких мощностях доз. Радиационно-индуцированное истощение субпопуляций стволовых клеток и клеток-предшественников приводит к повышению пролиферативной активности этих клеток, повышенной скорости репарации сублетальных повреждений в клетках-предшественниках костного мозга, ускоренному прохождению клеточного цикла костномозговыми предшественниками и стимуляции гемопоза. Снижение жизнеспособности зрелых клеток крови является результатом неэффективного гемопоза, что приводит к сокращению резерва клеток крови. Нарушения приобретенного иммунитета и выработки наивных Т-клеток, вероятно, вызваны чрезвычайной радиочувствительностью лимфоидной ткани и неполным восстановлением пула тимопоэтических клеток-предшественников костномозгового происхождения. Пострадиационное восстановление характеризуется постепенным восстановлением структур периферической крови и костного мозга. Частичное восстановление гемопоэтических и лимфопоэтических предшественников костномозгового происхождения может быть фактором, ограничивающим восстановление функции иммунной системы. Длительно сохраняющееся воспалительное состояние, индуцированное ионизирующей радиацией, связано с нарушением иммунной системы и отдаленными эффектами (рак и нераковые заболевания).

Данные, полученные в экспериментах на животных с применением облучения в низких дозах, подтверждают некоторые клинические результаты, такие как постепенное восстановление структуры периферической крови и костного мозга при частичном дефиците гемопоэтических и лимфопоэтических предшественников. Эти данные указывают на то, что, возможно, неэффективный гемопоз вызывает ограничение резерва лимфоидных клеток и последующие нарушения клеточного и гуморального иммунитета. Активация иммунитета может наблюдаться после облучения в очень низких дозах, причем модуляция окислительного статуса, вероятно, вовлечена в этот эффект.

14. Реакции тканей и органов на облучение. Система пищеварения.

Ответ: раннее проявление радиационного повреждения в органах ЖКТ является главным фактором ограничения дозы, имеющим большое клиническое значение. Кроме того, поскольку прогноз выживания пациентов с опухолями в брюшной полости и в области головы, живота или шеи в общем довольно благоприятен, отсроченное повреждение ЖКТ, преимущественно в виде пострadiационного фиброза, препятствует неосложненному излечению рака в экспоненциально растущей группе лиц с длительным периодом выживания после раковых заболеваний. Наконец, в связи с высокой радиочувствительностью эпителиального барьера и угрозой бактериального сепсиса, являющихся причинами смерти после облучения, кишечник рассматривается в качестве критического органа при общем облучении тела, а также в ситуациях комбинированного воздействия. Это вызвало всплеск интереса к желудочно-кишечному радиационному ответу, поскольку он характерен для сценариев радиационного терроризма или радиационных аварий.

15. Реакции тканей и органов на облучение. Репродуктивная система.

Ответ: На определенных стадиях развития клеток в сперматогенезе они очень чувствительны к облучению, что приводит к временному бесплодию после облучения в дозе <1 Гр. Однако репродуктивная функция может восстанавливаться благодаря выжившим стволовым клеткам даже после облучения в дозах >4 Гр. Эндокринная регуляторная функция намного более резистентна и нарушается только после облучения в высоких терапевтических дозах. Ооцит человека очень чувствителен к радиационно-индуцированному апоптозу; оцененное значение LD50 составляет менее 2 Гр. Высокая радиочувствительность ооцитов является причиной радиационно-индуцированного бесплодия, которое чаще встречается у пожилых женщин в связи с уменьшающейся с возрастом популяцией ооцитов. Кроме того, после высоких терапевтических доз облучения функция матки может быть нарушена.

16. Реакции тканей и органов на облучение. Кожа.

Ответ: Кожа демонстрирует как ранние, так и поздние реакции после облучения. Ранние реакции, развивающиеся в интервале от часов до недель после облучения, включают эритему, эпидерматит и десквамацию. Отдаленные реакции, развивающиеся спустя месяцы или годы после облучения, включают кожные эритематозные реакции, атрофию, индурацию, телеангиэктазии, некроз и фиброз. Как ранние, так и отдаленные реакции демонстрируют эффект размера поля облучения, причем поля малого размера демонстрируют лучшую переносимость больших доз из-за миграции необлученных клеток в поле облучения. Отдаленные реакции показывают более шадящее воздействие фракционирования дозы по сравнению с ранними реакциями, за исключением случаев, когда отсроченные реакции являются следствием тяжелых ранних реакций. Ранние реакции бывают умеренными при протрагировании дозы благодаря репопуляции эпидермальных стволовых клеток во время продолжительного облучения. Отдаленные реакции показывают очень незначительный защитный эффект при протрагировании дозы из-за отсутствия какой-либо поддержки в виде репопуляции клеток, которая имеет место при ранних реакциях. С точки зрения радиационной защиты в случае протрагированного или хронического облучения эпидермис будет значительно сохранен благодаря репопуляции, и, таким образом, пороговые дозы актуальны преимущественно в отношении отдаленных повреждений кожи.

17. Реакции тканей и органов на облучение. Сердечно-сосудистая система.

Ответ: Данные, полученные в результате исследования когорты LSS, состоящей из лиц, переживших атомную бомбардировку в Японии, указывают на избыточный риск летальности от заболеваний органов кровообращения. Избыточный относительный риск (ИОР/Гр), рассчитанный по линейной модели, составляет 0,14 на 1 Гр для заболеваний

сердца в целом и 0,09 для цереброваскулярных болезней в течение периода 1950–2003 гг. Форма дозового ответа соответствует линейной, линейно-квадратичной и квадратичной зависимостям, хотя данные, касающиеся болезней сердца, отражают скорее линейную зависимость. Для болезней сердца наилучшей оценкой порога эффекта дозы является 0 Гр, а для цереброваскулярных болезней он равен соответственно 0,5 Гр. Избыточный риск заболеваний органов кровообращения был также выявлен в некоторых других (хотя и не всех) популяциях с аварийным или профессиональным общим облучением тела, но при этом существует значительная гетерогенность связей между дозой излучения и болезнями органов кровообращения, обусловленная, по крайней мере частично, мешающими эффектами. Отмечается значительная неопределенность относительно формы кривой, описывающей зависимость реакции от доз <0,5 Гр. Избыточные риски болезней сердца регистрировались у пациентов, получавших лучевую терапию с применением расчетных средних доз на сердце в 1–2 Гр (однократный эквивалент дозы после поправки на результаты фракционирования). Избыточные риски сердечно-сосудистых заболеваний становятся явными только через 10–20 лет после облучения в низких дозах. Необходимы более длительные периоды последующего наблюдения для оценки риска. Радиационно-индуцированная болезнь сердца может развиваться также в результате повреждения капилляров миокарда, которое вызывает очаговую дегенерацию миокарда, сопровождаемую фиброзом и ускорением развития атеросклероза в крупных кровеносных сосудах.

18. Реакции тканей и органов на облучение. Нервная система.

Ответ: Спинной мозг относительно радиорезистентен, но последствия превышения допустимых доз настолько серьезны (паралич), что обычно применяется консервативное ограничение доз до 40–50 Гр (общая фракционированная доза). Доза на фракцию – наиболее важная детерминанта риска миелита. Полное время лечения и облученный объем оказывают меньшее влияние. Дозы, вызывающие миелопатию, коррелируют с дозой, получаемой сосудами и повреждающей эндотелиальные клетки, а не с дозой, получаемой паренхимой и повреждающей глиальные клетки. Некроз головного мозга редко развивается при суммарных фракционированных дозах <60 Гр, но существенное когнитивное нарушение может развиваться и при намного более низких дозах (<1 Гр), особенно после облучения в детстве. Повреждение ГЭБ связано как с острым, транзиторным, так и с поздним, прогрессирующим повреждением ткани.

19. Реакции тканей и органов на облучение. Глаз.

Ответ: Новые данные, полученные с помощью моделирования на животных, и наблюдения за облученными популяциями людей позволяют предполагать, что помутнение хрусталика происходит при дозах, намного ниже тех, которые обычно считают катарактогенными, причем эти наблюдения совместимы с предположением о наличии лишь одного низкого порога доз, и даже с отсутствием порога. Недавно опубликованные данные наблюдения за хронически облученными рабочими предполагают наличие длительного риска развития катаракты и необходимость защиты глаз даже при низких дозах облучения. С учетом того, что все национальные и международные стандарты риска, связанного с облучением глаз, основываются на относительно высоком пороге доз, применяемые в настоящее время рекомендации по радиационной защите органа зрения требуют пересмотра. Следует отметить, что исследование радиационных катаракт как у человека, так и у животных может обеспечить идентифицируемые генетические, клеточные и патологические маркеры для изучения эффектов низких доз ионизирующей радиации неинвазивными методами в течение долгих периодов времени при широкой применимости к другим тканям и органам, в которых радиационные эффекты не так легко можно измерить или количественно оценить.

20. Реакции тканей и органов на облучение. Респираторная система.

Ответ: Симптоматическое повреждение легких распространено у пациентов, облученных при лечении рака легких, молочной железы, пищевода и лимфомы средостения. Ранняя фаза повреждения при пневмоните возникает из-за комбинации потери эпителиальных клеток, микрососудистой проницаемости и повышенной выработки воспалительных цитокинов. Позднее повреждение легких характеризуется прогрессирующим сосудистым склерозом и интерстициальным фиброзом. Фиброз возникает частично как ответ на паранхиматозную потерю клеток, но и постоянная выработка фиброзных цитокинов, особенно TGF- β , активно участвует в этом процессе. Самыми важными факторами, определяющими риск лучевого пневмонита и фиброза, являются суммарная доза и объем облучаемого легкого. Другие факторы, например, генетическая предрасположенность, сопутствующие заболевания и дополнительная химиотерапия, могут модифицировать риск.

21. Реакции тканей и органов на облучение. Костно-мышечная система

Ответ: Эффекты облучения, наблюдаемые в кости и скелетных мышцах, являются, главным образом, поздними эффектами, которые проявляются через месяцы – годы после радиационного облучения. В то время как зрелая кость относительно радиорезистентна, растущая кость более радиочувствительна, и детектируемая задержка роста может проявиться после низких доз облучения. Следовательно, несмотря на то что костно-мышечные лучевые эффекты представляют собой незначительную проблему для большинства взрослых больных раком, они представляют собой серьезную проблему для лиц, перенесших рак в детстве.

22. Реакции тканей и органов на облучение. Эндокринная система.

Ответ: Нарушения эндокринной системы обычно возникают после лучевой терапии, они встречаются у 50% лиц, перенесших рак в детстве, и включают нарушение роста, дисфункцию щитовидной и паращитовидной железы, ожирение, нарушение полового созревания и бесплодие. Кроме того, существуют сложные дисфункции эндокринной системы в гипоталамо-гипофизарно-гонадной и надпочечниковой осях. Механизмы этих нарушений становятся все более понятными, они требуют гормонозаместительной терапии.

23. Реакции тканей и органов на облучение. Мочевыводящие пути.

Ответ: Повреждение почек является причиной, которая ограничивает абдоминальное облучение, включающее обе почки. Почечное повреждение начинается поздно (> спустя 10 лет после низких доз) и прогрессирует. Это подчеркивает необходимость долгосрочного наблюдения для оценки толерантности. Защита (частичная) одной почки значительно увеличивает толерантность благодаря компенсаторной функции контралатеральной почки. У ранее облученных почек увеличивается риск повреждения в результате последующего воздействия нефротоксических агентов (например, химиотерапии). Толерантность к радиации мочевого пузыря значительно выше, чем у почки. Однако у значительного количества пациентов, облученных более высокими дозами при лечении рака простаты, рака шейки матки или рака мочевого пузыря, развивается повреждение мочевого пузыря. Транзиторное увеличение частоты мочеиспускания появляется к концу курса лечения вследствие воспаления и отека слизистой оболочки мочевого пузыря. Это может сопровождаться телеангиэктазией и эрозией слизистой оболочки мочевого пузыря и прогрессирующим фиброзом стенки мочевого пузыря приблизительно через 6–12 месяцев, что приводит к постоянному сокращению емкости мочевого пузыря.

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

В рамках **текущего контроля** в течение семестра для оценки знаний, умений, навыков, получаемых в ходе изучения дисциплины, учитываются ответы на вопросы устного и письменного опроса, рефераты.

Критерием успешности освоения учебного материала **по окончании учебного семестра** (промежуточная аттестация) является экспертная оценка преподавателя, учитывающая: текущую успеваемость в течение семестра (устный опрос, письменный опрос, реферат), выполнение и защита по контрольным вопросам лабораторных работ. Кроме того, экспертная оценка преподавателя может основываться на регулярности посещения обязательных учебных занятий, успешности выполнения установленных на данный семестр объемов рабочей программы.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса.

4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств

4.2.1. Критерии оценивания ответов на теоретические вопросы экзамена

Неудовлетворительно:

Полнота ответа – Студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, отсутствуют межпредметные связи.

Структурированность – Нет.

Логика изложения – Отсутствует логика в изложении материала.

Ответы на дополнительные вопросы – Нет.

Удовлетворительно:

Полнота ответа – Студент усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, не достаточно правильные формулировки, ответ отличается низким уровнем самостоятельности.

Структурированность – Не всегда прослеживается четкость и структурированность.

Логика изложения – Не всегда прослеживается логика изложения материала.

Ответы на дополнительные вопросы – Затрудняется с ответами, ответ отличается низкой самостоятельностью.

Хорошо:

Полнота ответа – Студент твердо знает учебно-программный материал, грамотно и по существу излагает его; ответ отличается меньшей обстоятельностью.

Структурированность – Ответ структурирован, грамотен, обстоятелен.

Логика изложения – Корректно и логически стройно его излагает ответ.

Ответы на дополнительные вопросы – Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, не всегда ответы на дополнительные вопросы отличаются полнотой, структурированностью.

Отлично:

Полнота ответа – Студент полно излагает учебный материал на основе лекций и дополнительной литературы, осуществляет межпредметные связи; владеет понятийным аппаратом и уяснил взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значение для приобретения профессии.

Структурированность – Ответ структурирован, грамотен, обстоятелен.

Логика изложения – Корректно и логически стройно его излагает ответ.

Ответы на дополнительные вопросы – Не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с поставленными задачами, ответы на дополнительные вопросы характеризуются полнотой, структурированностью.

4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

При подведении итогов учитываются результаты текущей аттестации.

Особенности проведения процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обозначены в рабочей программе дисциплины (модуля).

«1 уровень» - ознакомление (иметь общее представление, узнавать);

«2 уровень» - понимание учебного материала, излагаемого в учебнике, методической разработке или преподавателем;

«3 уровень» - умение логично, последовательно, достаточно полно и точно излагать изученный материал;

«4 уровень» - творчески использовать полученные знания.

Для удовлетворительной (положительной) оценки знаний требуется минимум 3-й уровень усвоения учебного материала.

Требования (критериальные показатели) к уровню освоения дисциплины

Оценка	Критерии оценки знаний студентов
Отлично	Студент глубоко и полно владеет содержанием учебно-программного материала; исчерпывающе, последовательно, корректно и логически стройно его излагает не затрудняясь с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с поставленными задачами, показывает знания монографического материала. правильно обосновывает принятие решения; владеет навыками и приёмами выполнения практических работ; обнаруживает умение самостоятельно ставить задачи, обобщать и излагать материал, формулировать выводы; при изложении материала осуществляет межпредметные связи; владеет понятийным аппаратом и уяснил взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значение для приобретения профессии.
Хорошо	Студент твердо знает учебно-программный материал, грамотно и по существу излагает его; ответ отличается меньшей обстоятельностью, глубиной и полнотой; в ответе на вопрос не допускает существенных неточностей; может правильно применить теоретические положения и владеет необходимыми навыками при выполнении практических задач.
Удовлетворительно	Студент усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, не достаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий. Ответ отличается низким уровнем самостоятельности.

Неудовлетворительно

Студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, отсутствует логика в изложении материала, с большими затруднениями выполняет практические задания, отсутствуют межпредметные связи

06.03.01 Биология, ОПОП Биология, ФОС РПД Молекулярная радиобиология, год набора 2025, форма обучения очная

Проректор по учебной работе утверждено 24.02.2025 А.А. Саламатов

Ученым советом биологического факультета

Протокол заседания № 6 от 21.02.2025

Председатель Ученого совета

биологического факультета согласовано Д.С. Сташкевич

Заседанием кафедры радиационной биологии

Протокол заседания № 7 от 21.02.2025

Заведующий кафедрой согласовано А.В. Аклеев

Автор (составитель) Е.В. Стяжкина

Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 247-1