

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
(ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России)

ИНСТИТУТ МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УТВЕРЖДАЮ
Директор
Института медицинского образования
ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова»
Минздрава России
Е.В. Пармон
«25» января 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплина	КЛЕТОЧНОЕ ДЫХАНИЕ И МИТОХОНДРИИ. ОПОСРЕДОВАННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ГИБЕЛИ КЛЕТОК (наименование дисциплины)
Профиль	магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология (код специальности и наименование) Клеточная и молекулярная биология
Факультет	лечебный (наименование факультета)
Кафедра	биологии (наименование кафедры)

Форма обучения	очная
Курс	1
Семестр	2
Занятия лекционного типа	10 час.
Занятия семинарского типа	36 час.
В том числе:	
Семинары	14 час.
Лабораторные работы	16 час.
Практическое занятие	6 час.
Всего аудиторной работы	46 час.
Самостоятельная работа (внеаудиторная)	62 час.
Форма промежуточной аттестации	экзамен
Общая трудоемкость дисциплины	144/4 (час./зач. ед.)

Санкт-Петербург
2022

Рабочая программа дисциплины «Клеточное дыхание и митохондрии. Опосредованные механизмы гибели клеток» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «11» августа 2020 г. № 934 и учебным планом.

СОСТАВИТЕЛИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, звание	Занимаемая должность	Место работы
1.	Костарева Анна Александровна	к.м.н.	Директор Института молекулярной биологии и генетики	ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России
2.	Смолина Наталья Александровна	к.м.н.	Научный сотрудник Института молекулярной биологии и генетики	ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины «Клеточное дыхание и митохондрии. Опосредованные механизмы гибели клеток» обсуждена на заседании кафедры биологии.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Института медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России «25» января 2022 г., протокол № 1/2022.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины: ознакомить обучающихся с клеточным дыханием, структурно-функциональной организацией митохондрий, механизмами клеточной гибели, связанными с процессами, протекающими в митохондриях, и с патологическими состояниями, ассоциированными с нарушением функций митохондрий.

Задачи дисциплины: овладеть знаниями о строении и функциях митохондрий, принципах работы и механизмах регуляции окислительного фосфорилирования, о механизмах клеточной гибели, ассоциированных с дисфункцией митохондрий и методах их оценки, функциональных и структурных свойствах митохондрий, о процессах, протекающих в митохондриях в норме и при патологии.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Клеточное дыхание и митохондрии. Опосредованные механизмы гибели клеток» относится к Блоку 1 учебного плана.

Междисциплинарные и внутрдисциплинарные связи:

Для изучения данной дисциплины обучающимся необходимо владение знаниями из ранее освоенных дисциплин: «Биология Клетки», «Клеточная и молекулярная иммунология. Иммунопатогенез вирусных инфекций».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих универсальных (УК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

Компетенция	Индикатор	Показатели достижения освоения компетенции	Оценочные средства
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию на основе системного подхода, выявляя ее составляющие и связи между ними	Знает: современную научную литературу по структурно-функциональной организации митохондрий, принципам регуляции окислительного фосфорилирования	Для текущего контроля: - КВ, Д, АУ Для промежуточной аттестации: - КВ
		Умеет: пользоваться учебной и научной литературой, работать с базами данных, реферировать литературу по определенной теме	Для текущего контроля: - КВ, Д, АУ Для промежуточной аттестации: - КВ, АУ
ОПК-2 Способен творчески использовать в профессиональной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность программ магистратуры	ОПК-2.1 Применяет фундаментальные и прикладные знания в сфере профессиональной деятельности для постановки и решения новых задач	Знает теоретические основы процессов, протекающих в митохондриях в норме и при патологии, варианты патологических наследственных состояний, в патогенезе которых участвуют митохондрии, механизмы клеточной гибели, связанной с митохондриями	Для текущего контроля: - КВ, Д, АУ Для промежуточной аттестации: - КВ
		Умеет использовать методы оценки структурного и функционального состояния митохондрий	Для текущего контроля: -КВ, Д, АУ Для промежуточной аттестации: - КВ, АУ
ПК-2 Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области биологии	ПК-2.1 Систематизирует информацию, полученную в ходе выполнения НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными	Знает: актуальные проблемы и тенденции развития научной области, посвященной изучению структуры и функции митохондрий	Для текущего контроля: - КВ, Д Для промежуточной аттестации: - КВ
		Умеет: применять полученные знания о процессах, протекающих в митохондриях, оценивать структурные и функциональные свойства митохондрий	Для текущего контроля: - КВ, Д, АУ Для промежуточной аттестации: - КВ, АУ
	ПК-2.2 Определяет возможные направления развития и перспективы исследования на основе полученных результатов научно-исследовательской работы	Знает: современные методы и подходы к оценке функции митохондрий	Для текущего контроля: - КВ, Д, АУ Для промежуточной аттестации: - КВ
		Умеет: проводить анализ полученных результатов, делать вывод о процессах, протекающих в митохондриях, оценивать параметры митохондриальной физиологии и патофизиологии, и определять направления дальнейших исследований	Для текущего контроля: - КВ, Д, АУ Для промежуточной аттестации: - КВ, АУ

КВ — контрольные вопросы, Д — темы для докладов, АУ — алгоритмы умений

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ ЗАНЯТИЙ

4.1 Объем дисциплины в академических часах, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную внеаудиторную работу обучающихся

Вид учебной работы	Трудоемкость	Семестры
	объем в академических часах (АЧ)	2
Аудиторные занятия (всего)	46	46
В том числе:		
Занятия лекционного типа	10	10
Занятия семинарского типа	36	36
Из них:		
Семинары (С)	14	14
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Научно-практические занятия (ПЗ)	6	6
Самостоятельная внеаудиторная работа (всего)	62	62
В том числе:		
Работа с вопросами для текущего контроля	16	16
Подготовка докладов, подбор и изучение литературных источников, интернет-ресурсов	30	30
Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	16	16
Из них на практическую подготовку*	59	59
Промежуточная аттестация - экзамен	36	36
Общая трудоемкость	144	144
часы	144	4
зач.ед.		

***Практическая подготовка (ПП)** - форма организации образовательной деятельности при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов занятий

Наименование темы (раздела)	Контактная работа, академ. ч				СР	Всего	Из них на практическую подготовку*
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа					
		ЛР	ПЗ	С			
Раздел 1. Строение и функции митохондрий	6	-	6	10	30	52	22
Раздел 2. Митохондриальные болезни и методы оценки функционирования митохондрий	4	16	-	4	32	56	37
ИТОГО	10	16	6	14	62	108	59

ЛР- лабораторные работы, ПЗ – практические занятия, С – семинары, СР- самостоятельная внеаудиторная работа.

***Практическая подготовка (ПП)** - форма организации образовательной деятельности при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы

Образовательная деятельность в форме практической подготовки, предусматривающая участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, организована в соответствии с разработанным учебным планом и достигает 80% от общей трудоёмкости дисциплины для занятий семинарского типа и 50% от занятий самостоятельной работы.

4.3 Тематический план занятий лекционного типа дисциплины – 10 часов

№ темы	Наименование темы лекционного занятия	Часы	Содержание темы	Индикаторы формируемых компетенций	Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия
Раздел 1. Строение и функции митохондрий					
1	Тема 1. Структура и функции митохондрий	2	Митохондриальная мембрана, митохондриальная ДНК, митохондриальный матрикс. Митохондрии и компартментализация клетки. Митохондрии и цитоскелет. Дыхательный комплекс митохондриальной мембраны. Основные функции митохондрий.	УК-1.1, ПК-2.1	мультимедийная аппаратура, презентации
2	Тема 2. Окислительное фосфорилирование и компоненты электрон-транспортной цепи	2	Структура и функции митохондриальной мембраны с позиции окислительного фосфорилирования. Комплексы дыхательной цепи, их структура, регуляция. Митохондриальные ферменты и структурные компоненты как мишени внутриклеточных сигнальных процессов.	УК-1.1, ПК-2.1	мультимедийная аппаратура, презентации
3	Тема 3. Механизмы участия митохондрий в регуляции функции клетки	2	Пролиферация и утилизация митохондрий. Митофагия. Процессы деления и слияния митохондрий. Митохондриальный путь апоптоза. Триггеры опосредованной клеточной гибели, ассоциированные с мембраной митохондрий. Митохондриальные факторы индукции апоптоза.	УК-1.1, ПК-2.1	мультимедийная аппаратура, презентации
Раздел 2. Митохондриальные болезни и методы оценки функционирования митохондрий					
4	Тема 4. Нарушения функций митохондрий, лежащие в основе патологических процессов	2	Митохондриальные болезни, ассоциированные с нарушением геномной ДНК. Митохондриальные болезни, ассоциированные с нарушением митохондриальной ДНК. Митохондриальное наследование.	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1	мультимедийная аппаратура, презентации
5	Тема 5. Методы оценки структуры и функции митохондрий	2	Иммуноцитохимические, иммуногистохимические, биохимические и молекулярно-генетические методы оценки структуры и функции митохондрий и митохондриальной ДНК. Особенности планирования экспериментальной работы с применением данных методов.	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2	мультимедийная аппаратура, презентации

4.4 Тематический занятий семинарского типа – 36 часов

№ темы	Форма проведения практического занятия	Наименование темы практического занятия	Часы, в том числе на ПП*	Содержание темы практического занятия	Индикаторы формируемых компетенций	Формы и методы текущего контроля
Раздел 1. Строение и функции митохондрий						
1	Семинар	Структурная организация митохондрий и их функции	4 из них на ПП 80%	Митохондриальная мембрана и митохондриальный матрикс. Наружная мембрана митохондрий: состав, компоненты, функция. Внутренняя мембрана митохондрий, крипты: состав, компоненты, функция, межмембранное митохондриальное пространство. Взаимодействие митохондрий со структурными элементами клетки.	УК-1.1, ОПК-2.1	КВ
2	Практическое занятие	Митохондриальная ДНК	2 из них на ПП 80%	Структурная организация митохондриальной ДНК. Гены, кодирующиеся митохондриальной ДНК. Иммуногенность митохондриальной ДНК. Возможность эпигенетической модификации митохондриальной ДНК. Стабильность митохондриальной ДНК. Внемитохондриальные и внеклеточные функции митохондриальной ДНК.	УК-1.1, ОПК-2.1	КВ
3	Семинар	Работа ферментов дыхательной цепи	2 из них на ПП 80%	Структура и функции комплексов I-IV. Ингибиторы и активаторы компонентов дыхательной цепи. Методические подходы для оценки эффективности работы различных этапов дыхательной цепи.	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2	КВ
4	Семинар	Митохондриальные поры временной проницаемости	2 из них на ПП 80%	Формирование митохондриальных пор временной проницаемости (МПВП). Индукторы и ингибиторы МПВП. МПВП и апоптоз. Митохондриальный путь апоптоза. Триггеры опосредованной клеточной гибели, ассоциированные с мембраной митохондрий.	УК-1.1, ОПК-2.1	КВ
5	Практическое занятие	АТФ-синтаза. Способы получения, аккумуляции и расходования внутриклеточных макроэргов	2 из них на ПП 80%	Структура АТФ-синтазы. Принципы работы и регуляция функций АТФ-синтазы. АТФ и АДФ. Схема синтеза креатинфосфата и принципы его утилизации. ГТФ и УТФ.	УК-1.1, ОПК-2.1	КВ
6	Практическое занятие	Митохондриальные ионные токи	2 из них на ПП 80%	Кальциевый юнипотер митохондриальной мембраны. Строение и функции. Кальциевый сигналинг митохондрий. Митопласт. Методы оценки ионных токов через митохондриальную мембрану в эксперименте.	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2	КВ
7	Семинар	Митохондриальная пластичность и	2 из них на ПП 80%	Деление и слияние митохондрий, митофагия. Регуляция митохондриальной функции и числа митохондрий в	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2	КВ, Д

		сигнальные функции митохондрий		зависимости от внешних факторов. Взаимосвязь митохондриальных ферментов с внутриклеточными сигнальными путями.		
Раздел 2. Митохондриальные болезни и методы оценки функционирования митохондрий						
8	Семинар	Митохондриальные болезни	4 из них на ПП 80%	Митохондриальные болезни, ассоциированные с нарушениями митохондриальной ДНК. Митохондриальные болезни, ассоциированные с нарушениями ядерной ДНК. Клинические особенности митохондриальных болезней, принципы детекции и формирования органной патологии. Приобретенная системная дисфункция митохондрий. Митохондриальное наследование. Генно-инженерные подходы для коррекции дисфункции митохондрий	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2	КВ, Д
9	Лабораторные работы	Определение уровня митофагии	8 из них на ПП 80%	Оценка уровня митофагии под действием разобщителя мембранного потенциала FCCP методом Вестерн блот.	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2	КВ, АУ
10	Лабораторные работы	Определение уровня продукции кислорода в культуре клеток и в тканях	4 из них на ПП 80%	Методика измерения потребления кислорода на поверхности клеток с использованием оборудования Seahorse в культуре клеток и на экспериментальной модели Danio Rerio.	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2	КВ, АУ
11	Лабораторные работы	Определение соотношения оксидативных и гликолитических мышечных волокон	4 из них на ПП 80%	Иммуноцитохимическая и иммуногистохимическая окраска митохондриальных ферментов в различных типах мышечных клеток и тканей человека.	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2	КВ, АУ
Итого			36 часов- из них на ПП- 28 часов			

КВ — контрольные вопросы, Д — темы для докладов, АУ — алгоритмы умений

****Практическая подготовка (ПП)** - форма организации образовательной деятельности при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы*

4.5 Внеаудиторная самостоятельная работа

Вид самостоятельной работы	Часы, в том числе на ПП*	Формируемые компетенции
Работа с вопросами для текущего контроля	16 из них на ПП- 50%	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2
Подготовка докладов, подбор и изучение литературных источников, интернет-ресурсов	30 из них на ПП- 50%	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2
Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	16 из них на ПП- 50%	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2
Итого	62 часа- из них на ПП- 31 час	

4.5.1 Самостоятельная проработка некоторых тем не предусмотрена

5. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Виды оценочных средств, используемых при текущем контроле и промежуточной аттестации

Формы контроля	Название раздела дисциплины	Общее количество оценочных средств		
		КВ	АУ	Д
Текущий контроль	Раздел 1. Строение и функции митохондрий	10	-	13
	Раздел 2. Митохондриальные болезни и методы оценки функционирования митохондрий	10	15	7
	Самостоятельная работа	-	-	20
Промежуточная аттестация по дисциплине (экзамен)		20	15	-

КВ – контрольные вопросы, АУ – алгоритмы умений, Д – темы для докладов

5.2 Организация текущего контроля знаний

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее индикатора)	Наименование оценочного средства
1	Раздел 1. Строение и функции митохондрий	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2	КВ, Д
2	Раздел 2. Митохондриальные болезни и методы оценки функционирования митохондрий	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2	КВ, АУ, Д

КВ – контрольные вопросы, Д – темы для докладов, АУ – алгоритмы умений

5.3 Организация контроля самостоятельной работы

№ п/п	Вид работы	Код контролируемой компетенции (или ее индикатора)	Наименование оценочного средства
1	Работа с вопросами для текущего контроля	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2	КВ
2	Подготовка докладов, подбор и изучение литературных источников, интернет-ресурсов	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2	Д
3	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2	КВ

КВ – контрольные вопросы, Д – темы для докладов

5.4 Организация промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен

Этапы проведения промежуточной аттестации:

Этапы	Вид задания	Оценочные материалы	Индикаторы проверяемых компетенций
1	собеседование	КВ	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2
2	собеседование	АУ	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2

КВ — контрольные вопросы, АУ-алгоритмы умений

Собеседование проводится по билетам, каждый билет содержит 2 контрольных вопроса. Время на подготовку 30 мин

Типовые оценочные средства:

Примеры *типовых контрольных вопросов* для проверки формирования индикаторов компетенций УК-1.1:

- Функции митохондрий в клетке: роль митохондрий в биоэнергетике, в метаболизме, в явлениях старения и программируемой клеточной гибели.
- Митохондриальные заболевания. Причины их развития.

ОПК-2.1:

- Трансмембранный электрохимический протонный потенциал, его значение для процессов синтеза и гидролиза АТФ, транспорта метаболитов и белков в митохондрию и из нее в цитоплазму, для контроля скорости дыхания и генерации активных форм кислорода.
- Методы прижизненного наблюдения за митохондриями. Потенциал-зависимые флуоресцентные зонды. Другие способы визуализации митохондрий в клетке.

ПК-2.1:

- Митохондрии как депо кальция. Сигнальные пути, опосредованные выбросом кальция в цитоплазму. Кальциевый унипортер. Роль мембранного потенциала и кальций-транспортирующих белков. Роль кальция в формировании митохондриальной поры.
- Генная терапия митохондриальных болезней. Существующие подходы, перспективы развития.

ПК-2.2:

- Роль митохондрий в процессе дыхания, мембранный потенциал, белки дыхательной цепи, перенос электронов.
- Методы влияния на митохондриальную функцию с помощью биологически активных агентов (разобщителей мембранного потенциала, ингибиторов ферментов дыхательной цепи, ионофоров, антиоксидантов).

Примеры *типовых тем докладов* для проверки формирования индикаторов компетенций УК-1.1:

- Структура митохондрий, ее разнообразие. Форма и организация митохондрий в клетке.
- Митохондриальные заболевания: классификация, тканеспецифичность, симптоматика.

ОПК-2.1:

- Трансмембранный электрохимический протонный потенциал. Роль в синтезе АТФ, в контроле скорости дыхания, в генерации активных форм кислорода.

- Типы и причины повреждений митохондриальной ДНК.

ПК-2.1:

- Роль митохондрий в процессе апоптоза.
- Диагностика митохондриальных заболеваний: лабораторные и генетические исследования. Терапевтические подходы к лечению митохондриальных заболеваний. Перспективы развития терапии.

ПК-2.2:

- Расщепление жирных кислот путем бета-окисления.
- Современные методы оценки структурной организации митохондрий и митохондриальной динамики.

Примеры *типовых алгоритмов умений* для проверки формирования индикаторов компетенций

УК-1.1:

- Обучающийся демонстрирует умение создать протокол трансфекции клеточных культур плазидами системы splitGFP для оценки динамики митохондрий.
- Обучающийся демонстрирует умение создать лабораторный протокол иммуногистохимического окрашивания мышечной ткани для определения количественного и качественного содержания митохондриальных ферментов.

ОПК-2.1:

- Обучающийся демонстрирует умение выбрать адекватные положительные и отрицательные контроли при оценке процесса митофагии методом вестерн-блот.
- Обучающийся демонстрирует умение работать с базами данных нуклеотидных последовательностей и подбирать праймеры для детекции мтДНК.

ПК-2.1:

- Обучающийся демонстрирует умение качественно и количественно оценить результаты вестерн-блота и охарактеризовать процесс митофагии, активированный разобщителем электрон-транспортной цепи FCCP.
- Обучающийся демонстрирует умение проанализировать данные количественной оценки числа молекул мтДНК после проведения ПЦР в режиме реального времени.

ПК-2.2:

- Обучающийся демонстрирует умение интерпретировать результаты иммуногистохимической окраски для определения количественного и качественного содержания митохондриальных ферментов на световом микроскопе.
- Обучающийся демонстрирует умение проанализировать результаты окраски митохондриальных белков на флуоресцентном микроскопе.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (приложение 1 к рабочей программе).

6. ХАРАКТЕРИСТИКА ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

В ИМО создана и функционирует электронная информационно-образовательная среда (далее - ЭИОС), включающая в себя электронные информационные ресурсы, электронные образовательные ресурсы. ЭИОС обеспечивает освоение обучающимися образовательных программ в полном объеме независимо от места нахождения обучающихся. Электронные библиотеки обеспечивают доступ к профессиональным базам данных, справочным и поисковым системам, а также иным информационным ресурсам.

6.1 Программное обеспечение, профессиональные базы данных, информационные справочные системы, ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины

1. Программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

Операционная система семейства Windows

Пакет OpenOffice

Пакет LibreOffice

Microsoft Office Standard 2016

NETOP Vision Classroom Management Software

Образовательный портал ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России

<http://moodle.almazovcentre.ru/>

САБ «Ирбис 64» - система автоматизации библиотек. Электронный каталог АРМ «Читатель» и Web-Ирбис

6.2. Профессиональные базы данных, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

Электронная библиотечная система «Медицинская библиотека «MEDLIB.RU»

(www.medlib.ru)

Электронная медицинская библиотека «Консультант врача» (www.rosmedlib.ru)

ЭБС «Букап» (<https://www.books-up.ru/>)

ЭБС «Юрайт» (<https://urait.ru/>)

Электронная библиотека Профи-Либ «Медицинская литература издательства "Спецлит"»

(<https://speclit.profy-lib.ru/>)

Всемирная база данных статей в медицинских журналах PubMed

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>

6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины:

Поисковые системы Yandex (<http://www.yandex.ru/>)

Мультимедийный словарь перевода слов онлайн Мультитран (<http://www.multitrans.ru/>)

Университетская информационная система РОССИЯ (<https://uisrussia.msu.ru/>)

Публикации ВОЗ на русском языке (<https://www.who.int/ru/publications/i>)

Международные руководства по медицине (<https://www.guidelines.gov/>)

Федеральная электронная медицинская библиотека (ФЭМБ) (<http://www.femb.ru>)

Боль и ее лечение (www.painstudy.ru)

US National Library of Medicine National Institutes of Health (www.pubmed.com)

Русский медицинский журнал (www.rmj.ru)

Министерство здравоохранения Российской Федерации (www.rosminzdrav.ru)

КиберЛенинка — это научная электронная библиотека (<https://cyberleninka.ru>)

Российская государственная библиотека (www.rsl.ru)

6.4 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:

Основная литература:

1. Цитология и общая гистология: атлас / В. В. Банин, А. В. Павлов, А. Н. Яцковский. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/06-COS-2411.html>
2. Биология. Т. 1.: учебник: в 2 т. / под ред. В. Н. Ярыгина. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2023. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970474945.html>
3. Биология. Т. 2.: учебник: в 2 т. / под ред. В. Н. Ярыгина. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2023. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970474952.html>
4. Молекулярная биология: стресс-реакции клетки / Е. Н. Прошкина, И. Н. Юранева, А. А. Москалев. - Москва: Издательство Юрайт, 2022. - Текст: электронный // URL: <https://urait.ru/bcode/493641>
5. Медицинская генетика: национальное руководство / под ред. Е. К. Гинтера, В. П. Пузырева, С. И. Куцева. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2022. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970463079.html>
6. Биофизика: взаимодействие клетки и поля: Учебник / Под ред. профессора И.В. Огневой. - Москва: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2022. - Текст: электронный // URL: <https://www.medlib.ru/library/library/books/44161>
7. Основы биохимии Ленинджера. В 3 т. Т. 1. Основы биохимии, строение и катализ / Д. Нельсон, М. Коукс; пер. с англ. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785001018643.html>
8. Основы биохимии Ленинджера. В 3 т. Т. 2. Биоэнергетика и метаболизм / Д. Нельсон, М. Коукс; пер. с англ. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785001018650.html>
9. Основы биохимии Ленинджера. В 3 т. Т. 3. Пути передачи информации / Д. Нельсон, М. Коукс; пер. с англ. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785001018667.html>
10. Клетки по Льюину / ред.: Л. Кассимерис, В. Р. Лингаппа, Д. Плоппер; пер. И. В. Филиппович. - 5-е изд. - пер. 2-го англ. изд. - М.: Лаборатория знаний, 2023. - 1056 с.
11. Биология клетки. Блок 3-5. Блок 3: Цитоскелет и структурные белки, внутриклеточный транспорт, сигналинг и адгезия. Блок 4: Митохондрии и энергетический метаболизм. Блок 5: Клеточный цикл, митоз, апоптоз / О. В. Калинина [и др.]. - СПб: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2020. - 40 с.

Дополнительная литература:

1. Клетки по Льюину / Л. Кассимерис [и др.] - Москва: Лаборатория знаний, 2018. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785001015871.html>
2. Гены по Льюину / Дж. Кребс, Э. Голдштейн, С. Килпатрик - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785001015826.html>
3. Цитология. Функциональная ультраструктура клетки. Атлас / Банин В. В. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2016. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970438916.html>

4. Биология учебник/ И. И. Козлова, И. Н. Волков, А. Г. Мустафин. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2018. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970446560.html>
5. Медицинская биология и общая генетика: учебник / Р. Г. Заяц, В. Э. Бутвиловский, В. В. Давыдов, И. В. Рачковская - Минск: Выш. шк. , 2017. - Текст : электронный // URL : <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9789850628862.html>
6. Биофизика: учебник для вузов / Под ред. В. Г. Артюхова - Москва Академический Проект, 2020. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785829130275.html>
7. Краткий курс цитологии (клеточной биологии): Учебное пособие / Л.Г. Гарстукова, С.Л. Кузнецов. - Москва: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2019. - Текст: электронный // URL: <https://www.medlib.ru/library/library/books/32246>
8. Клиническая патология / под ред. Паукова В. С. - Москва Литтерра, 2018. - Текст : электронный // URL : <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785423502614.html>
9. Организм человека: процессы жизнедеятельности и их регуляция: монография / Н. В. Вдовина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2023. - Текст: электронный // URL: <https://urait.ru/bcode/517017>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Клеточное дыхание и митохондрии. Опосредованные механизмы гибели клеток» программы высшего образования – магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология Центр Алмазова располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебной дисциплиной.

Для проведения занятий по дисциплине «Клеточное дыхание и митохондрии. Опосредованные механизмы гибели клеток» специальные помещения имеют материально-техническое и учебно-методическое обеспечение:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (практические занятия и все формы его проведения) - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Лаборатория – оснащенная лабораторным оборудованием, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.

8. КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Состав и квалификация научно-педагогических работников, обеспечивающих осуществление образовательного процесса по дисциплине «Клеточное дыхание и митохондрии. Опосредованные механизмы гибели клеток», соответствует требованиям ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология.

9. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется кафедрой на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины «Клеточное дыхание и митохондрии. Опосредованные механизмы гибели клеток» инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья кафедра обеспечивает:

1. для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:
 - размещение в местах доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий;
 - присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
 - выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);
2. для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:
 - надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;
3. для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:
 - возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры, а также пребывание в указанных помещениях.

Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в отдельных организациях.

При освоении программы дисциплины обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются бесплатно специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература и специальные технические средств обучения коллективного и индивидуального пользования, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«КЛЕТОЧНОЕ ДЫХАНИЕ И МИТОХОНДРИИ. ОПОСРЕДОВАННЫЕ
МЕХАНИЗМЫ ГИБЕЛИ КЛЕТОК»**
(наименование дисциплины)

Магистратура по направлению подготовки 06.04.01 Биология

Профиль: Клеточная и молекулярная биология

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Форма обучения: очная

Срок освоения ОПОП ВО: 2 года

(нормативный срок обучения)

Санкт-Петербург
2022

**ПАСПОРТ
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Клеточное дыхание и митохондрии. Опосредованные механизмы
гибели клеток»**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями: УК-1, ОПК-2, ПК-2.

Описание показателей и критериев оценивания компетенций в процессе изучения дисциплины

Компетенция	Индикатор	Показатели достижения заданного уровня освоения компетенции и критерии оценивания результатов обучения			Оценочные средства
		Начальный «Удовлетворительно»	Базовый «Хорошо»	Продвинутый «Отлично»	
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию на основе системного подхода, выявляя ее составляющие и связи между ними	Знает: некоторую современную научную и учебную литературу по проблемам структурно-функциональной организации митохондрий	Знает: хорошо современную научную и учебную литературу по проблемам структурно-функциональной организации митохондрий	Знает: отлично современную научную и учебную литературу по проблемам структурно-функциональной организации митохондрий	Для текущего контроля: - КВ - Д раздела 1 (3, 5, 6), раздела 2 (1, 3, 6, 7) - АУ раздела 2 (1, 2, 3) Для промежуточной аттестации: - КВ
		Умеет: -извлекать и анализировать информацию из учебной и научной литературы; -пользоваться некоторыми интернет ресурсами; -применять некоторые современные методики анализа в учебном процессе; -реферировать литературу по определенной теме	Умеет: -извлекать и анализировать информацию из учебной и научной литературы; -пользоваться различными интернет ресурсами; -применять различные современные методики анализа в учебном процессе; -реферировать литературу по определенной теме	Умеет: прекрасно владеет навыками: -анализа информации из учебной и научной литературы; -использования различных интернет ресурсов; -применения различных современных методик анализа в учебном процессе; -реферировать литературу по определенной теме	Для текущего контроля: - КВ - Д раздела 1 (1, 2, 4), раздела 2 (4) - АУ раздела 2 (4, 5, 6) Для промежуточной аттестации: - КВ, АУ

ОПК-2 Способен творчески использовать в профессиональной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность программ магистратуры	ОПК-2.1 Применяет фундаментальные и прикладные знания в сфере профессиональной деятельности для постановки и решения новых задач	Знает: основные подходы и технические требования некоторых современных методов в молекулярной биологии	Знает: различные подходы и технические требования основных современных методов в молекулярной биологии	Знает: различные подходы и технические требования многих современных методов в молекулярной биологии	Для текущего контроля: - КВ - Д раздела 2 (6, 7) - АУ раздела 2 (7, 8) Для промежуточной аттестации: - КВ
		Умеет: применять теоретические фундаментальные знания при выборе метода молекулярной биологии для постановки и решения конкретной задачи	Умеет: применять теоретические фундаментальные знания при выборе оптимального метода молекулярной биологии для постановки и решения конкретной задачи	Умеет: активно применять разносторонние теоретические фундаментальные знания при выборе оптимального метода молекулярной биологии для постановки и решения конкретной задачи	Для текущего контроля: - КВ - Д раздела 1 (9), раздела 2 (2) - АУ раздела 2 (9) Для промежуточной аттестации: - КВ, АУ
ПК-2 Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области биологии	ПК-2.1 Систематизирует информацию, полученную в ходе выполнения НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными	Знает: некоторые проблемы и тенденции развития научной области, посвященной изучению структуры и функции митохондрий	Знает: основные проблемы и тенденции развития научной области, посвященной изучению структуры и функции митохондрий	Знает: актуальные проблемы и тенденции развития научной области, посвященной изучению структуры и функции митохондрий и приводит данные из недавно-опубликованных или еще неопубликованных литературных источников	Для текущего контроля: - КВ - Д раздела 1 (11, 12, 13), раздела 2 (5) Для промежуточной аттестации: - КВ
		Умеет: применять полученные знания о процессах, протекающих в митохондриях, оценивать структурные и функциональные свойства митохондрий	Умеет: хорошо применять полученные знания о процессах, протекающих в митохондриях, оценивать некоторые структурные и функциональные свойства митохондрий	Умеет: применять полученные знания о процессах, протекающих в митохондриях, полно оценивать структурные и функциональные свойства митохондрий	Для текущего контроля: - КВ - Д раздела 1 (7, 8), раздела 2 (6, 7) - АУ раздела 2 (10, 12) Для промежуточной аттестации: - КВ, АУ

	ПК-2.2 Определяет возможные направления развития и перспективы исследования на основе полученных результатов научно-исследовательской работы	Знает: базовые методы и подходы к оценке функции митохондрий	Знает: основные методы и подходы к оценке функции митохондрий.	Знает: подробно современные методы и подходы к оценке функции митохондрий	Для текущего контроля: - КВ - Д раздела 1 (10), раздела 2 (6, 7) - АУ раздела 2 (11, 13, 14, 15) Для промежуточной аттестации: - КВ
		Умеет: понимать логику проведенного эксперименты, способен оценить соответствие сделанных выводов о процессах, протекающих в митохондриях, полученным экспериментальным данным результатам	Умеет: проводить качественную оценку полученных результатов, делать вывод о процессах, протекающих в митохондриях, оценивать параметры митохондриальной физиологии патофизиологии	Умеет: проводить качественную оценку полученных результатов, делать вывод о процессах, протекающих в митохондриях, оценивать параметры митохондриальной физиологии и патофизиологии и определять направления дальнейших исследований	Для текущего контроля: - КВ - Д раздела 1 (11-13), раздела 2 (6, 7) - АУ раздела 2 (10-15) Для промежуточной аттестации: - КВ, АУ

Организация текущего контроля

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее индикатора)	Наименование оценочного средства
1	Раздел 1. Строение и функции митохондрий	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2	КВ, Д
2	Раздел 2. Митохондриальные болезни и методы оценки функционирования митохондрий	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2	КВ, АУ, Д

КВ – контрольные вопросы, Д – темы для докладов, АУ- алгоритмы умений

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен

Этапы проведения промежуточной аттестации:

Этапы	Вид задания	Оценочные материалы	Индикаторы проверяемых компетенций
1	собеседование	КВ	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2
2	собеседование	АУ	УК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1, ПК-2.2

КВ – контрольные вопросы, АУ- алгоритмы умений

Собеседование проводится по билетам, каждый билет содержит 2 контрольных вопроса. Время на подготовку 30 мин

Критерии оценивания заданий промежуточной аттестации:

Вид задания	«Неудовл.»	«Удовл.»	«Хорошо»	«Отлично»
Собеседование по контрольным вопросам	Демонстрация отсутствия знаний. Пространное изложение содержания сути заданного вопроса. Путаница в научных понятиях. Отсутствие ответов на ряд дополнительных, наводящих вопросов.	Ответ не логичен, запутанность ответа. Путаница в научных понятиях. Требуются дополнительные вопросы.	Демонстрация знаний по заданному вопросу и умение четко отвечать на вопросы. Излишне краткий ответ.	Демонстрация глубоких знаний и умение отвечать на вопросы. Ясное, четкое изложение содержания. Отсутствие противоречивой информации. Владение терминологией.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Контрольные вопросы

№ КВ	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
1	Охарактеризуйте митохондриальную ДНК. Эталон ответа: Митохондриальная ДНК (мтДНК) - двухцепочечная кольцевая молекула локализуемая в матриксе митохондрии. Особенностью мтДНК является наличие специфических, неуниверсальных генетических кодов, которые кодируют аминокислоты. Количество мтДНК на клетку варьирует от 200 копий до нескольких тысяч.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
2	Охарактеризуйте группы митохондриальных заболеваний. Эталон ответа: Митохондриальные заболевания - особый класс наследственных болезней обмена, в основе которых лежит нарушение функционирования митохондрий. В результате уменьшается выработка энергии в клетках, что является причиной развития специфических симптомов. К классу митохондриальных заболеваний относят достаточно широкий спектр болезней нервной, мышечной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, частота которых составляет примерно 1:10000 населения.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
3	Перечислите причины появления мутаций в митохондриальной ДНК. Эталон ответа: Самыми распространенными причинами мутаций служат эндогенные факторы: ошибки в процессе репликации и системе репарации. Мутации часто возникают спонтанно, но могут и наследоваться по материнской линии. Митохондриальная ДНК слабо защищена от влияния мутагенов т.к в ней нет гистонов, и лишь в небольшом количестве присутствуют ДНК-связывающие белки, что облегчает повреждающее действие свободных радикалов.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
№ КВ	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции

4	Назовите типы наследования митохондриальных заболеваний.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Для митохондриальных заболеваний, в зависимости от первичного поражения мтДНК или яДНК, характерны следующие варианты наследования: аутосомно-рецессивный (синдром Альпертса), Х-сцепленный (синдром Барта), материнский (MELAS).	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
5	Какова роль митохондрий в запуске апоптоза.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Митохондрии являются основным активизирующим и подавляющим фактором в гибели клеток. Митохондриальный путь апоптоза часто запускается в ответ на повреждения ДНК, а также другие внутренние факторы, например, окислительный стресс. В результате происходит выход цитохрома С из межмембранного пространства митохондрии в цитоплазму, что запускает сборку апоптосомы.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
6	Дефекты синтеза гемов; порфирии.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Известен ряд заболеваний, вызванных наследственными или приобретенными нарушениями порфиринового синтеза, так называемые порфирии, приводящие к дефекту синтеза гемоглобина. Многие из этих заболеваний приводят к выделению предшественников гема с калом или мочой, которая вследствие этого может быть окрашена в темно-красный цвет. Также наблюдается отложение порфиринов в коже. При воздействии света это приводит к образованию трудноизлечимых волдырей. При порфириях часты также неврологические нарушения.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
7	Опишите образование мембранного потенциала на внутренней мембране митохондрий.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: При работе дыхательной цепи митохондрий происходит перенос протона из матрикса в окружающую среду, сопровождающийся появлением на мембране перепада электрохимического потенциала протона. Такие "энергизованные" митохондрии обладают способностью накапливать ионы кальция и ортофосфата, что связано с наличием электрического потенциала и градиента pH на мембране, а также с тем, что мембраны митохондрий проницаемы для иона кальция и фосфата. Ионы кальция идут при этом внутрь митохондрий под влиянием градиента электрического потенциала (внутри энергизованных митохондрий отрицательный потенциал). Таким образом, получается, что процесс переноса кальция сопряжен с активным транспортом протонов через мембранный потенциал. Повреждение митохондриальных мембран приводит к снижению потенциала на мембране, прекращению аккумуляции ионов кальция митохондриями и выходу этих ионов из матрикса в цитоплазму. Сопряжение через pH имеет место при транспорте фосфата внутрь энергизованных митохондрий. Белковый переносчик фосфата на внутренней мембране митохондрий осуществляет процесс обмена, так что в целом перенос фосфата не сопровождается переносом заряда и с точки зрения стехиометрии эквивалентен диффузии через мембрану недиссоциированной фосфорной кислоты. Направление диффузии этой кислоты определяется градиентом концентрации водородных ионов, так как фосфорная кислота диссоциирует при нейтральных pH и ее перенос через мембрану означает перенос протонов. Процесс этот происходит из области большей в область меньшей концентрации ионов водорода. Получается, таким образом, что в причина транспорта фосфата внутрь митохондрий это движение протонов наружу при энергизации	

	митохондрий. При этом сопряжение транспорта фосфата и протонов опосредовано появлением градиента рН на мембране.	
--	--	--

№ КВ	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
8	<p>Опишите окислительное фосфорилирование</p> <p>Эталон ответа: Дыхательная цепь – это главная система превращения энергии в митохондриях. Здесь происходит последовательное окисление и восстановление элементов дыхательной цепи, в результате чего высвобождается небольшими порциями энергия. За счет этой энергии из АДФ и фосфата образуется АТФ. Поэтому говорят, что окисление (перенос электронов) сопряжено с фосфорилированием. Окисление субстратов даёт энергию для перекачки протонов через внутреннюю митохондриальную мембрану – это, в свою очередь, активирует АТФ-синтазу, таким образом идет сопряженный с окислением синтез АТФ, поэтому весь процесс носит название окислительное фосфорилирование.</p>	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)

№ КВ	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
9	<p>Опишите как исследуют митохондрии.</p> <p>Эталон ответа: Митохондрии в клетке образуют подвижную сеть, и в клетке постоянно происходят слияния и деления митохондрий, поэтому имеет смысл говорить не об отдельных митохондриях, а о митохондриальном ретикулуме. Для регистрации изменения митохондриального ретикулума используют специальные красители – митотраекеры. Митотрекер это положительно заряженная, гидрофобная молекула, она проходит через мембраны и накапливается в области накопления отрицательного заряда митохондрий.</p>	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)

№ КВ	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
10	<p>Опишите дыхательную цепь митохондрии</p> <p>Эталон ответа: На внутренней мембране митохондрий локализуется электронно-транспортная (дыхательная) цепь переноса электронов. Дыхательная цепь представляет собой ряд белковых комплексов, встроенных во внутреннюю митохондриальную мембрану. Существуют три главных ферментных комплекса. Первый (НАДН-дегидрогеназный), комплекс принимает электроны от НАДН и переносит их во второй комплекс, который в свою очередь, переносит их на третий комплекс, а он их передает на кислород, в результате чего образуется вода.</p> <p>В результате деятельности ферментов образуется избыток ионов водорода в межмембранном пространстве (протонный градиент). Во внутреннюю мембрану встроены молекулы фермента АТФсинтазы, в ножке которых располагается протонный канал. Ионы H⁺ проходят через канал АТФ-синтазы в матрикс, при этом энергия транспортирующихся ионов H⁺ используется для фосфорилирования АТФ из АДФ. фосфорилирование.</p>	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)

№ КВ	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
11	<p>Опишите апоптоз. Причины возникновения и роль в жизнедеятельности организма.</p> <p>Эталон ответа: Апоптоз может быть индцирован внешними и внутренними факторами. Программируемая клеточная гибель или апоптоз является важнейшим механизмом контроля клеточной популяции в многоклеточном организме. Основой его функции является уравнивание эффекта пролиферации клеток и элиминации поврежденных. Апоптоз служит молекулярным механизмом, обеспечивающим старение и смерть живого организма, что, возможно, не очень полезно для индивида, но чрезвычайно важно для</p>	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)

	стабильности популяции. Кроме того, он играет важную роль в эмбриональный период, где участвует в процессах образования структуры формирующихся органов и тканей.	
--	---	--

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
12	Опишите апоптоз. Фазы развития апоптоза	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Митохондрии – центральный участник запуска внутреннего пути апоптоза. Апоптоз – это запрограммированная клеточная гибель. Процесс апоптоза можно условно разделить на три фазы: сигнальную (иницирующую) в которой происходит запуск апоптоза; эффекторную, в которой происходит последовательная активация систем апоптоза и деградиционную, в которой происходит дробление клетки на отдельные везикулы.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
13	Укажите роль митохондрий в программируемой клеточной гибели. Связь внешнего и внутреннего путей апоптоза.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Инициация апоптоза может происходить с помощью внешних (внеклеточных) или внутриклеточных факторов. Несмотря на разнообразие инициирующих факторов, выделяются два основных пути передачи сигнала апоптоза: рецептор-зависимый (внешний) сигнальный путь с участием рецепторов гибели клетки и митохондриальный (внутренний) путь. Связующим звеном двух путей служит Bid - однодоменный проапоптотический белок - представитель семейства Bcl-2. Он активируется инициаторной каспазой внешнего пути апоптоза и запускает внутренний путь, активируя Bax/Bak.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
14	Опишите регуляцию внутреннего пути апоптоза.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Апоптоз – это запрограммированная клеточная гибель. Активация внутреннего пути апоптоза связана с реакцией клетки на внутренние повреждения, например ДНК. Ключевыми белками в запуске внутреннего пути апоптоза являются белки семейства Bcl-2. Белки семейства Bcl-2 (B-cell lymphoma) -регуляторы апоптоза.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
15	Опишите митофагию, роль в поддержании митохондрий.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Аутофагия, в результате которой специфически уничтожаются митохондрии, но не другое содержимое клетки, называется митофагией. Деление митохондрий необходимо при митофагии. Если в части митохондрий произошло накопление неправильно свернутых белков или другие нарушение, не подлежащие репарации, то эта митохондрия будет отделена и разрушена. Предполагается, что митофагия необходима для сохранения качества митохондрий.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
16	Назовите молекулярный механизм деления митохондрий.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Митохондрии – очень подвижные и пластичные органеллы, которые постоянно изменяют свою форму и сливаются друг с другом, а затем вновь разделяются. Митохондрии эукариотических клеток не собираются de novo, а образуются в результате деления уже существующих органелл. В результате этого процесса все биологические молекулы распределяются между дочерними митохондриями. За деление митохондрий отвечают динамин-подобные белки,	

	способные за счет энергии гидролиза ГТФ менять свою конформацию.	
--	--	--

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
17	Опишите феномен гетероплазмы.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Гомоплазмия – когда все митохондрии в клетке содержат идентичный геном; гетероплазмия - в клетке существуют 2 типа мтДНК: часть нормальной, часть мутантной. При этом в эмбриогенезе и митотических делениях распределение митохондрий и, соответственно, их ДНК будет происходить случайным образом. В результате чего может получиться разное потомство - у одних мтДНК будет одинаковая - гомоплазмическая, у других - будет содержать и нормальную и мутированную ДНК - гетероплазмическая.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
18	Укажите особенности митохондрий в различных типах эукариотических клеток	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Перемещение митохондрий в цитоплазме связано с микротрубочками, что определяет их ориентацию и распределение в клетке. В некоторых клетках митохондрии фиксированы вблизи мест потребления АТФ, например, в сердечной мышце они располагаются между миофибриллами, а в сперматозоидах плотно обвивают жгутик. В митохондриях печени внутренняя мембрана составляет третью часть всех мембран клетки, в митохондриях сердечной мышцы количество крист в три раза больше, чем в митохондриях печени, что связано с высокой потребностью клеток сердца в АТФ. Кристам митохондрий в различных клетках свойственны морфологические особенности и различный состав ферментов.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
19	Расскажите о теории происхождения митохондрий. Теория эндосимбиоза.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: В 1890 году Р. Альтман выдвинул гипотезу о том, что митохондрии и растительные пластиды возникли из внутриклеточных бактерий, которые вступили в симбиотическую связь с клетками хозяина. Со временем эта гипотеза стала теорией, подтвержденной множеством фактов. Согласно этой теории, появление фотосинтезирующих бактерий на Земле привело к накоплению кислорода в атмосфере в качестве побочного продукта их метаболизма. Увеличение концентрации кислорода сделало жизнь анаэробным гетеротрофам более сложной, и некоторые из них перешли от бескислородного брожения к окислительному фосфорилированию для получения энергии. Аэробные гетеротрофы эффективнее разлагают органические вещества, образующиеся в результате фотосинтеза, по сравнению с анаэробными бактериями. Некоторые анаэробы захватили аэробов, но не переварили их, а использовали в качестве энергетических станций — митохондрий.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
20	Укажите роль митохондрий в явлениях старения	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Существуют две основные группы теорий старения: генетические и теории клеточного повреждения, и ни одна теория старения не может игнорировать роль митохондрий. Свободнорадикальная теория преждевременного старения утверждает, что старение происходит из-за накопления повреждений в клетках, нанесенных свободными радикалами с течением времени. Накопление большого количества таких повреждений в клетках приводит к нарушению их нормальной работы (функции) с последующими изменениями, соответствующими старению и приводящими к заболеваниям. Основным источником свободных радикалов, повреждающих биологические макромолекулы, являются митохондрии.	

Темы докладов

Раздел 1. Строение и функции митохондрий

1. История открытия митохондрий, методы визуализации митохондрий.
2. Происхождение митохондрий. Теория эндосимбиоза.
3. Структура митохондрий, ее разнообразие. Форма и организация митохондрий в клетке.
4. Основные биологические функции митохондрий.
5. Ультраструктура митохондрий; внешняя и внутренняя мембрана, межмембранное пространство, матрикс.
6. Локализация важнейших ферментов в митохондриях. Суперкомплексы дыхательных ферментов. Митохондриальная пора.
7. Цикл Кребса, дыхание. Ферменты дыхательной цепи.
8. Синтез АТФ, АТФ-синтаза. Теория хемиосмотического сопряжения.
9. Трансмембранный электрохимический протонный потенциал. Роль в синтезе АТФ, в контроле скорости дыхания, в генерации активных форм кислорода.
10. Расщепление жирных кислот путем бета-окисления.
11. Митохондрии как депо кальция. Кальциевая регуляция.
12. Роль митохондрий в процессе апоптоза.
13. Сигнальная функция митохондрий. Регуляторные белки, ассоциированные с митохондриями.

Раздел 2. Митохондриальные болезни и методы оценки функционирования митохондрий

1. Митохондриальная ДНК. Регуляция ее репликации, транскрипции, трансляции.
2. Типы и причины повреждений митохондриальной ДНК.
3. Генетика митохондриальных заболеваний, обусловленных мутациями в митохондриальной и ядерной ДНК.
4. Митохондриальные заболевания: классификация, тканеспецифичность, симптоматика.
5. Диагностика митохондриальных заболеваний: лабораторные и генетические исследования. Терапевтические подходы к лечению митохондриальных заболеваний. Перспективы развития терапии.
6. Современные методы оценки структурной организации митохондрий и митохондриальной динамики.
7. Современные методы оценки функционального состояния митохондрий.

Алгоритмы умений

Раздел 2. Митохондриальные болезни и методы оценки функционирования митохондрий

1. Обучающийся демонстрирует умение создать протокол трансфекции клеточных культур плазидами системы splitGFP для оценки динамики митохондрий.
2. Обучающийся демонстрирует умение создать лабораторный протокол иммуногистохимического окрашивания мышечной ткани для определения количественного и качественного содержания митохондриальных ферментов.
3. Обучающийся демонстрирует умение создать протокол анализа функции митохондрий на приборе Seahorse, может рассчитать концентрации ингибиторов комплексов дыхательной цепи, необходимых для проведения эксперимента.
4. Обучающийся демонстрирует знание алгоритма приготовления клеточных лизатов, необходимых для дифференциальной окраски митохондриальной и цитоплазматической фракции методом вестерн-блот.
5. Обучающийся демонстрирует умение создать лабораторный протокол

- флуоресцентного окрашивания белков митохондрий.
6. Обучающийся демонстрирует умение создать протокол оценки продукции активных форм кислорода с использованием клеточного цитометра
 7. Обучающийся демонстрирует умение выбрать адекватные положительные и отрицательные контроли при оценке процесса митофагии методом вестерн-блот.
 8. Обучающийся демонстрирует на амплификаторе умение создать алгоритм новой программы для проведения количественной ПЦР для оценки копийности митохондриальной ДНК с использованием референсного гена
 9. Обучающийся демонстрирует умение работать с базами данных нуклеотидных последовательностей и подбирать праймеры для детекции мтДНК.
 10. Обучающийся демонстрирует умение качественно и количественно оценить результаты вестерн-блота и охарактеризовать процесс митофагии, активированный разобщителем электрон-транспортной цепи FCCP.
 11. Обучающийся демонстрирует умение интерпретировать результаты иммуногистохимической окраски для определения количественного и качественного содержания митохондриальных ферментов на световом микроскопе.
 12. Обучающийся демонстрирует умение проанализировать данные количественной оценки числа молекул мтДНК после проведения ПЦР в режиме реального времени
 13. Обучающийся демонстрирует умение проанализировать результаты окраски митохондриальных белков на флуоресцентном микроскопе.
 14. Обучающийся демонстрирует умение трактовать результаты оценки дыхательной функции и концентрации кислорода, полученные с использованием прибора Seahorse в культуре клеток.
 15. Обучающийся демонстрирует умение интерпретировать результаты эксперимента по оценке концентрации кальция, необходимого для открытия митохондриальной поры.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Контрольные вопросы

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
1	<p>Опишите как исследуют митохондрии</p> <p>Эталон ответа: Митохондрии в клетке образуют подвижную сеть, и в клетке постоянно происходят слияния и деления митохондрий, поэтому имеет смысл говорить не об отдельных митохондриях, а о митохондриальном ретикулуме. Для регистрации изменения митохондриального ретикулума используют специальные красители – митотрекеры. Митотрекер это положительно заряженная, гидрофобная молекула, она проходит через мембраны и накапливается в области накопления отрицательного заряда митохондрий.</p>	<p>УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)</p>

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
2	<p>Охарактеризуйте группы митохондриальных заболеваний.</p> <p>Эталон ответа: Митохондриальные заболевания - особый класс наследственных болезней обмена, в основе которых лежит нарушение функционирования митохондрий. В результате уменьшается выработка энергии в клетках, что является причиной развития специфических симптомов. К классу митохондриальных заболеваний относят достаточно широкий спектр болезней нервной, мышечной, сердечно-</p>	<p>УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2(ПК-2.1,ПК-2.2)</p>

	сосудистой и эндокринной систем, частота которых составляет примерно 1:10000 населения.	
--	---	--

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
3	<p>Перечислите причины появления мутаций в митохондриальной ДНК.</p> <p>Эталон ответа: Самыми распространенными причинами мутаций служат эндогенные факторы: ошибки в процессе репликации и системе репарации. Мутации часто возникают спонтанно, но могут и наследоваться по материнской линии. Митохондриальная ДНК слабо защищена от влияния мутагенов т.к в ней нет гистонов, и лишь в небольшом количестве присутствуют ДНК-связывающие белки, что облегчает повреждающее действие свободных радикалов.</p>	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
4	<p>Какова роль митохондрий в запуске апоптоза.</p> <p>Эталон ответа: Митохондрии являются основным активизирующим и подавляющим фактором в гибели клеток. Митохондриальный путь апоптоза часто запускается в ответ на повреждения ДНК, а также другие внутренние факторы, например, окислительный стресс. В результате происходит выход цитохрома С из межмембранного пространства митохондрии в цитоплазму, что запускает сборку апоптосомы.</p>	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
5	<p>Дефекты синтеза гемов; порфирии.</p> <p>Эталон ответа: Известен ряд заболеваний, вызванных наследственными или приобретенными нарушениями порфиринового синтеза, так называемые порфирии, приводящие к дефекту синтеза гемоглобина. Многие из этих заболеваний приводят к выделению предшественников гема с калом или мочой, которая вследствие этого может быть окрашена в темно-красный цвет. Также наблюдается отложение порфиринов в коже. При воздействии света это приводит к образованию трудноизлечимых волдырей. При порфириях часты также неврологические нарушения.</p>	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
6	<p>Опишите окислительное фосфорилирование</p> <p>Эталон ответа: Дыхательная цепь – это главная система превращения энергии в митохондриях. Здесь происходит последовательное окисление и восстановление элементов дыхательной цепи, в результате чего высвобождается небольшими порциями энергия. За счет этой энергии из АДФ и фосфата образуется АТФ. Поэтому говорят, что окисление (перенос электронов) сопряжено с фосфорилированием. Окисление субстратов даёт энергию для перекачки протонов через внутреннюю митохондриальную мембрану – это, в свою очередь, активирует АТФ-синтазу, таким образом идет сопряженный с окислением синтез АТФ, поэтому весь процесс носит название окислительное фосфорилирование.</p>	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции

7	Охарактеризуйте митохондриальную ДНК.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Митохондриальная ДНК (мтДНК) - двухцепочечная кольцевая молекула локализуемая в матриксе митохондрии. Особенностью мтДНК является наличие специфических, неуниверсальных генетических кодов, которые кодируют аминокислоты. Количество мтДНК на клетку варьирует от 200 копий до нескольких тысяч.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
8	Опишите апоптоз. Причины возникновения и роль в жизнедеятельности организма.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Апоптоз может быть инициирован внешними и внутренними факторами. Программируемая клеточная гибель или апоптоз является важнейшим механизмом контроля клеточной популяции в многоклеточном организме. Основой его функции является уравнивание эффекта пролиферации клеток и элиминации поврежденных. Апоптоз служит молекулярным механизмом, обеспечивающим старение и смерть живого организма, что, возможно, не очень полезно для индивида, но чрезвычайно важно для стабильности популяции. Кроме того, он играет важную роль в эмбриональный период, где участвует в процессах образования структуры формирующихся органов и тканей.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
9	Опишите апоптоз. Фазы развития апоптоза	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Митохондрии – центральный участник запуска внутреннего пути апоптоза. Апоптоз – это запрограммированная клеточная гибель. Процесс апоптоза можно условно разделить на три фазы: сигнальную (иницирующую) в которой происходит запуск апоптоза; эффекторную, в которой происходит последовательная активация систем апоптоза и деградиционную, в которой происходит дробление клетки на отдельные везикулы.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
10	Укажите роль митохондрий в программируемой клеточной гибели. Связь внешнего и внутреннего путей апоптоза.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Инициация апоптоза может происходить с помощью внешних (внеклеточных) или внутриклеточных факторов. Несмотря на разнообразие инициирующих факторов, выделяются два основных пути передачи сигнала апоптоза: рецептор-зависимый (внешний) сигнальный путь с участием рецепторов гибели клетки и митохондриальный (внутренний) путь. Связующим звеном двух путей служит Bid - однодоменный проапоптотический белок - представитель семейства Bcl-2. Он активируется инциаторной каспазой внешнего пути апоптоза и запускает внутренний путь, активируя Bax/Bak.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
11	Опишите регуляцию внутреннего пути апоптоза.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Апоптоз – это запрограммированная клеточная гибель. Активация внутреннего пути апоптоза связана с реакцией клетки на внутренние повреждения, например ДНК. Ключевыми белками в запуске внутреннего пути апоптоза являются белки семейства Bcl-2. Белки семейства Bcl-2 (B-cell lymphoma) - регуляторы апоптоза.	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые
------	--------------------	-------------

		компетенции
12	<p>Опишите митофагию, роль в поддержании митохондрий.</p> <p>Эталон ответа: Аутофагия, в результате которой специфически уничтожаются митохондрии, но не другое содержимое клетки, называется митофагией. Деление митохондрий необходимо при митофагии. Если в части митохондрий произошло накопление неправильно свернутых белков или другие нарушения, не подлежащие репарации, то эта митохондрия будет отделена и разрушена. Предполагается, что митофагия необходима для сохранения качества митохондрий.</p>	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
13	<p>Назовите молекулярный механизм деления митохондрий.</p> <p>Эталон ответа: Митохондрии – очень подвижные и пластичные органеллы, которые постоянно изменяют свою форму и сливаются друг с другом, а затем вновь разделяются. Митохондрии эукариотических клеток не собираются de novo, а образуются в результате деления уже существующих органелл. В результате этого процесса все биологические молекулы распределяются между дочерними митохондриями. За деление митохондрий отвечают динамин-подобные белки, способные за счет энергии гидролиза ГТФ менять свою конформацию.</p>	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
15	<p>Опишите феномен гетероплазмы.</p> <p>Эталон ответа: Гомоплазмия – когда все митохондрии в клетке содержат идентичный геном; гетероплазмия – в клетке существуют 2 типа мтДНК: часть нормальной, часть мутантной. При этом в эмбриогенезе и митотических делениях распределение митохондрий и, соответственно, их ДНК будет происходить случайным образом. В результате чего может получиться разное потомство – у одних мтДНК будет одинаковая – гомоплазмическая, у других – будет содержать и нормальную и мутированную ДНК – гетероплазмическая.</p>	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
16	<p>Укажите особенности митохондрий в различных типах эукариотических клеток</p> <p>Эталон ответа: Перемещение митохондрий в цитоплазме связано с микротрубочками, что определяет их ориентацию и распределение в клетке. В некоторых клетках митохондрии фиксированы вблизи мест потребления АТФ, например, в сердечной мышце они располагаются между миофибриллами, а в сперматозоидах плотно обвивают жгутик. В митохондриях печени внутренняя мембрана составляет третью часть всех мембран клетки, в митохондриях сердечной мышцы количество крист в три раза больше, чем в митохондриях печени, что связано с высокой потребностью клеток сердца в АТФ. Кристам митохондрий в различных клетках свойственны морфологические особенности и различный состав ферментов.</p>	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
18	<p>Укажите роль митохондрий в явлениях старения</p> <p>Эталон ответа: Существуют две основные группы теорий старения: генетические и теории клеточного повреждения, и ни одна теория старения не может игнорировать роль митохондрий. Свободнорадикальная теория преждевременного старения утверждает, что старение происходит из-за накопления повреждений в клетках, нанесенных свободными радикалами с течением времени. Накопление большого количества таких повреждений в клетках приводит к нарушению их нормальной работы (функции) с последующими изменениями, соответствующими старению и приводящими к заболеваниям. Основным источником свободных радикалов,</p>	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)

повреждающих биологические макромолекулы, являются митохондрии.

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые индикаторы компетенции
19	Назовите типы наследования митохондриальных заболеваний.	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: Для митохондриальных заболеваний, в зависимости от первичного поражения мтДНК или яДНК, характерны следующие варианты наследования: аутосомно-рецессивный (синдром Альпертса), X-сцепленный (синдром Барта), материнский (MELAS).	

№ KB	Контрольный вопрос	Проверяемые компетенции
20	Опишите дыхательную цепь митохондрии	УК-1 (УК-1.1), ОПК-2 (ОПК-2.1), ПК-2 (ПК-2.1, ПК-2.2)
	Эталон ответа: На внутренней мембране митохондрий локализуется электронно-транспортная (дыхательная) цепь переноса электронов. Дыхательная цепь представляет собой ряд белковых комплексов, встроенных во внутреннюю митохондриальную мембрану. Существуют три главных ферментных комплекса. Первый (НАДН-дегидрогеназный), комплекс принимает электроны от НАДН и переносит их во второй комплекс, который в свою очередь, переносит их на третий комплекс, а он их передает на кислород, в результате чего образуется вода.	

Алгоритмы умений

1. Обучающийся демонстрирует умение создать протокол трансфекции клеточных культур плазидами системы splitGFP для оценки динамики митохондрий.
2. Обучающийся демонстрирует умение создать лабораторный протокол иммуногистохимического окрашивания мышечной ткани для определения количественного и качественного содержания митохондриальных ферментов.
3. Обучающийся демонстрирует умение создать протокол анализа функции митохондрий на приборе Seahorse, может рассчитать концентрации ингибиторов комплексов дыхательной цепи, необходимых для проведения эксперимента.
4. Обучающийся демонстрирует знание алгоритма приготовления клеточных лизатов, необходимых для дифференциальной окраски митохондриальной и цитоплазматической фракции методом вестерн-блот.
5. Обучающийся демонстрирует умение создать лабораторный протокол флуоресцентного окрашивания белков митохондрий.
6. Обучающийся демонстрирует умение создать протокол оценки продукции активных форм кислорода с использованием клеточного цитометра
7. Обучающийся демонстрирует умение выбрать адекватные положительные и отрицательные контроли при оценке процесса митофагии методом вестерн-блот.
8. Обучающийся демонстрирует на амплификаторе умение создать алгоритм новой программы для проведения количественной ПЦР для оценки копийности митохондриальной ДНК с использованием референсного гена
9. Обучающийся демонстрирует умение работать с базами данных нуклеотидных последовательностей и подбирать праймеры для детекции мтДНК.
10. Обучающийся демонстрирует умение качественно и количественно оценить результаты вестерн-блота и охарактеризовать процесс митофагии, активированный разобщителем электрон-транспортной цепи FCCP.
11. Обучающийся демонстрирует умение интерпретировать результаты иммуногистохимической окраски для определения количественного и качественного содержания митохондриальных ферментов на световом микроскопе.

12. Обучающийся демонстрирует умение проанализировать данные количественной оценки числа молекул мтДНК после проведения ПЦР в режиме реального времени

13. Обучающийся демонстрирует умение проанализировать результаты окраски митохондриальных белков на флуоресцентном микроскопе.

14. Обучающийся демонстрирует умение трактовать результаты оценки дыхательной функции и концентрации кислорода, полученные с использованием прибора Seahorse в культуре клеток.

15. Обучающийся демонстрирует умение интерпретировать результаты эксперимента по оценке концентрации кальция, необходимого для открытия митохондриальной поры.

ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России

Сертификат 01D9A9C6655B6ED0000BADF200060002

Владелец Пармон Елена Валерьевна

Действителен с 28.06.2023 по 28.06.2024

