

**ГОУ ВПО Российско-Армянский (Славянский)
университет**



Директор Института

«07» июля 2025г., протокол № 21

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Спецкурс 7 (Сигнальные системы клетки)

Автор: к.б.н., доцент Оганесян А.А.

Направление подготовки: 30.05.01 Медицинская биохимия

Наименование образовательной программы: 30.05.01 Медицинская биохимия

АННОТАЦИЯ

1.1. Краткое описание содержания данной дисциплины;

Сигнальные системы клетки - одно из самых современных направлений биологии, изучающий основные пути и молекулярные механизмы передачи сигнала в клетке в норме и патологических состояниях. Курс рассчитан на формирование теоретических и практических знаний, необходимых дипломированному специалисту для освоения современных знаний о трансдукции сигнала.

1.2. Трудоемкость в академических кредитах и часах, формы итогового контроля (экзамен/зачет)

7 семестр – 3 з.е.(108 ч.) - экзамен

1.3. Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности (направления)

Дисциплина базируется на знаниях, приобретенных студентами при изучении теоретических и методических основ фундаментальных наук (биологии, математики, физики, химии), медико-биологических наук (морфологии, физиологии, микробиологии, вирусологии, иммунологии, фармакологии, генетики, биофизики и биохимии). Для усвоения курса необходимо знать основы теории цитологии, молекулярной биологии, молекулярной генетики, эндокринологии, физиологии, биохимии.

1.4 Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции	Наименование компетенции	Код индикатора достижения компетенций	Наименование индикатора достижений компетенций
ПК-9	Способен обеспечить качество проведения доклинического исследования лекарственного средства для медицинского применения, биомедицинского клеточного продукта и технического испытания и токсикологического исследования (испытания) медицинского изделия	ПК-9.1	Владеть правилами соблюдения надлежащей лабораторной практики и правил по работе с биомедицинскими клеточными продуктами
		ПК-9.2	Уметь подготавливать стандартные операционные процедуры (СОП) для всех

			лабораторных операций
		ПК-9.3	Знать правила надлежащей лабораторной практики, правила надлежащей практики по работе с биомедицинскими клеточными продуктами
ПК-11	Способен провести клиническое исследование лекарственного препарата для медицинского применения, биомедицинского клеточного продукта, клинического и клинико-лабораторного испытания (исследования) медицинского изделия	ПК-11.1	Владеть навыками ведение документации в установленном порядке, в том числе в электронном виде
		ПК-11.2	Уметь разрабатывать критерии для отбора пациентов для клинического исследования лекарственного препарата для медицинского применения, биомедицинского клеточного продукта, клинического и клинико-лабораторного испытания (исследования) медицинского изделия
		ПК-11.3	Знать лабораторные методы оценки эффективности, качества и безопасности лекарственного препарата медицинского назначения, биомедицинского клеточного продукта и медицинских изделий

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. Цели и задачи дисциплины

Цель: познание механизмов регуляции процессов, протекающих в живых организмах на клеточном уровне, систематизация и углубление знаний о многообразии, закономерностях строения и молекулярных механизмах функционирования сигнальных систем животных и растительных клеток для понимания механизмов формирования функционального ответа клеток в норме, его регуляции и коррекции при стрессовых воздействиях и патологических состояниях.

Задача: получение целостной системы знаний о строении компонентов сигнальных путей клеток разных организмов; о механизмах восприятия, передачи внешних сигналов, биохимических механизмах их усиления в клетке; о функционировании сигнальных путей животных организмов и сигнальных систем растений

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Виды учебной работы	Всего, в акад. часах	7 сем
1	2	3
1.Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	64	64
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	48	48
1.1.1.Лекции	16	16
1.1.2.Практические занятия, в т. ч.	48	48
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	19	19
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	экзамен 25	экзамен 25

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекции(ак. часов)	Практ. Занятия (ак. часов)
1	2	3	4
Введение	1	1	
Тема 1. Перцепция и трансдукция сигнала.	4	1	3
Тема 2. Компоненты сигнальной трансдукции.	4	1	3
Тема 3. Экстраклеточные сигналы в животных организмах.	4	1	3
Тема 4. Внутриклеточные сигнальные пути, начинающиеся от мембранного рецептора	4	1	3
Тема 5. Пути, опосредованные липидами и ионами Ca^{2+} , белком Ras.	4	1	3
Тема 6. Сигнальные молекулы в клетках растений.	4	1	3
Тема 7. Аденилатциклазная сигнальная система.	4	1	3
Тема 8. MAP-киназная сигнальная система.	4	1	3
Тема 9. Фосфатидатная сигнальная система.	4	1	3
Тема 10. Кальциевая сигнальная система.	4	1	3
Тема 11. Липоксигеназная сигнальная система.	4	1	3
Тема 12. НАДФН-оксидазная сигнальная система.	4	1	3
Тема 13. NO-синтазная сигнальная система.	4	1	3
Тема 14. Протонная сигнальная система.	5	1	4
Тема 15. Сигнальная функция цитоскелета.	5	1	4
Тема 16. Взаимодействие сигнальных систем.	5	1	4
ИТОГО	64	16	48

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

Тема 1. Перцепция и трансдукция сигнала

Передача сигнала является фундаментальным процессом, который обеспечивает координацию и адаптацию клеток в сложных организмах, позволяя им функционировать в

разнообразных условиях окружающей среды. Примеры процессов передачи сигнала включают реакцию клеток на гормоны, нейромедиаторы, ферменты, свет и другие физические или химические стимулы. Эти механизмы играют ключевую роль в регуляции метаболизма, роста, развития, иммунного ответа и других важных клеточных функций.

Тема 2. Компоненты сигнальной трансдукции

Основные элементы передачи сигнала включают в себя:

- ✓ **Распознавание сигнала:** Клетка способна распознавать внешние сигналы благодаря рецепторам на своей поверхности или внутри клеточного пространства. Рецепторы могут быть связаны с мембранами клеток или находиться в их цитоплазме.
- ✓ **Трансдукция сигнала:** Когда сигнал распознан рецептором, начинается цепочка биохимических реакций, которая передает сигнал внутрь клетки. Это часто происходит через включение вторичных посредников, таких как циклический аденозинмонофосфат (цАМФ), инозитолтрифосфат (ИТФ) и др.
- ✓ **Интеграция и ответ:** После трансдукции сигнала клетка интегрирует информацию и может изменить свою функцию или активировать специфические гены, что приводит к конкретному клеточному ответу на сигнал.

Тема 3. Экстраклеточные сигналы в животных организмах

Экстраклеточные сигналы в животных организмах играют ключевую роль в передаче информации между клетками. Эти сигналы могут быть разнообразными и исходить как от других клеток, так и от факторов внешней среды. Они включают:

- ✓ **Гормональные сигналы:** Гормоны вырабатываются эндокринными клетками и передаются через кровь до мишеневых клеток или тканей, где они инициируют специфические ответы. Примеры гормонов включают инсулин, эстрогены, адреналин и многие другие.
- ✓ **Нейромедиаторы:** Это химические вещества, которые используются для передачи нервных импульсов между нейронами или от нейронов к эффекторным клеткам, таким как мышцы или железы. Примеры нейромедиаторов включают ацетилхолин, дофамин, серотонин и другие.
- ✓ **Контакт-зависимые сигналы:** Некоторые клетки взаимодействуют непосредственно друг с другом через контактные молекулы на своей поверхности, такие как клеточные

адгезивные молекулы. Эти молекулы могут играть роль в клеточной адгезии, миграции и дифференциации.

- ✓ **Факторы роста и цитокины:** Это молекулы, которые регулируют клеточный рост, деление и выживание. Они могут быть продуцированы различными клетками и действовать на смежные или удаленные клетки. Примеры включают факторы роста эпидермального типа (EGF), интерлейкины и трансформирующий фактор роста бета (TGF- β).

Тема 4. Внутриклеточные сигнальные пути, начинающиеся от мембранного рецептора

Примеры внутриклеточных сигнальных путей включают:

- ✓ **Механизмы через тирозинкиназные рецепторы:** Например, рецепторы для инсулина или ростовых факторов, которые активируют тирозинкиназную активность и множество внутриклеточных сигнальных каскадов через фосфорилирование тирозина.
- ✓ **Механизмы через G-белки связанные с рецепторами:** Например, рецепторы для серотонина или адреналина, которые активируют внутриклеточные каскады через G-белки, ведущие к изменению активности аденилатциклазы и уровню цАМФ.
- ✓ **Механизмы через цитокиновые рецепторы:** Например, рецепторы для интерлейкинов или факторов роста, которые активируют Janus киназы (JAK) и сигнальные транскрипционные активаторы (STAT), ведущие к изменению экспрессии генов.

Тема 5. Пути, опосредованные липидами и ионами Ca²⁺, белком Ras

Пути, опосредованные липидами:

Липиды, такие как диацилглицерол (DAG) и инозитолфосфат (IP₃), являются важными вторичными посредниками во многих внутриклеточных сигнальных путях. Они образуются в результате гидролиза фосфолипидов в клеточной мембране в ответ на активацию рецепторов.

Фосфолипаза C (PLC) и DAG/IP₃: PLC активируется после связывания внешнего сигнала с рецептором на клеточной мембране. PLC разрывает фосфолипиды, образуя DAG и IP₃. DAG активирует белки, такие как протеинкиназа C (PKC), которые регулируют клеточные процессы, включая миграцию, пролиферацию и выживание. IP₃ индуцирует выход кальция из эндоплазматического ретикулума, что приводит к повышению уровня свободного Ca²⁺ в цитоплазме.

Пути, опосредованные ионами Ca^{2+} :

Ионы кальция (Ca^{2+}) играют ключевую роль во многих клеточных процессах, включая секрецию, мускульное сокращение, клеточное движение и апоптоз. Внутриклеточные сигнальные пути, связанные с Ca^{2+} , включают:

- ✓ **IP3-зависимый путь:** Как упомянуто выше, IP3 индуцирует высвобождение Ca^{2+} из эндоплазматического ретикулума или митохондрий в цитоплазму.
- ✓ **Ca^{2+} -зависимые протеины и ферменты:** Повышение уровня Ca^{2+} в цитоплазме активирует различные Ca^{2+} -связанные протеины и ферменты, такие как кальмодулин и киназы, которые в свою очередь регулируют множество клеточных функций.

Путь, опосредованный белком Ras:

Белок Ras является гТФазой, который играет роль ключевого переключателя в различных сигнальных путях. Он активируется при связывании с GTP и инактивируется при гидролизе GTP до GDP. Белок Ras участвует в следующих сигнальных путях:

- ✓ **Митоген-активируемые протеинкиназные каскады (МАРК):** Активированный Ras активирует каскад киназ, включая МАРК, что приводит к фосфорилированию и активации транскрипционных факторов и изменению экспрессии генов, связанных с ростом и дифференциацией.
- ✓ **PI3K/Akt (фосфатидилинозитол-3-киназа/протеинкиназа В):** Ras также может активировать фосфатидилинозитол-3-киназу (PI3K), что приводит к активации протеинкиназы В (Akt), регулирующей клеточный рост, выживание и миграцию.

Тема 6. Сигнальные молекулы в клетках растений

Сигнальные молекулы в растениях часто взаимодействуют с клеточными рецепторами и трансдукционными механизмами, подобными тем, что встречаются у животных. Эти молекулы и механизмы не только регулируют рост и развитие растений, но и помогают им адаптироваться к переменной окружающей среде, включая стрессы, вызванные температурой, влажностью, засухой и другими факторами.

- ✓ **Фитогормоны:**
- ✓ **Оксины:** Регулируют рост и развитие растений, включая фототропизм и геотропизм.
- ✓ **Цитокины:** Стимулируют клеточное деление и рост, влияют на развитие корней и побегов.

- ✓ **Абсцизовая кислота:** Участвует в регуляции ответов на стресс, таких как ответ на засуху.
- ✓ **Этилен:** Регулирует процессы созревания плодов, а также ответы на стресс, такие как открытие и закрытие stomat.
- ✓ **Вторичные метаболиты:** Включают флавоноиды, терпеноиды, фенольные соединения и другие. Играют роль в защите от хищников, защите от ультрафиолетового излучения, привлечении опылителей и других биологических функциях.
- ✓ **Кальций (Ca^{2+}):** Как в животных, ионы кальция играют важную роль в сигнализации в клетках растений. Они участвуют в регуляции клеточного деления, роста, дифференциации и ответа на стресс.
- ✓ **ROS:** Примерами являются перекись водорода (H_2O_2) и супероксид радикал (O_2^-). Они могут выступать как сигнальные молекулы, регулируя адаптацию к стрессу, включая ответы на оксидативный стресс и защитные механизмы.
- ✓ **Сигнальные пептиды и белки:** Включают разнообразные молекулы, такие как молекулы сигнализации, факторы роста и патогенеза, которые участвуют в различных клеточных процессах, включая развитие и ответы на стресс.

Тема 7. Аденилатцикловая сигнальная система

Аденилатцикловая (АЦ) сигнальная система представляет собой важный механизм внутриклеточной сигнализации, который регулирует множество клеточных функций в ответ на различные внешние и внутренние сигналы.

1. Структура и функция аденилатциклазы:

Аденилатциклаза является ферментом, который катализирует образование циклического аденозинмонофосфата (цАМФ) из аденозинтрифосфата (АТФ). Аденилатциклазы представляют собой семейство ферментов, которые могут быть мембранными (связанными с мембраной) или растворимыми (находящимися в цитоплазме). Мембранные аденилатциклазы обычно связаны с G-белками, такими как $G_{\alpha s}$ (стимулирующий) или $G_{\alpha i}$ (ингибирующий), которые регулируют их активность в ответ на внешние сигналы.

2. Механизмы активации и ингибирования:

Активация: Аденилатциклаза активируется через взаимодействие с активированным G-белком (например, G α s), который стимулирует её активность, что приводит к повышению уровня цАМФ в клетке.

Ингибирование: Некоторые G-белки (например, G α i) могут ингибировать активность аденилатциклазы, что приводит к снижению уровня цАМФ.

3. Роль цАМФ в клеточной сигнализации:

Вторичный посредник: Циклический аденозинмонофосфат (цАМФ) является ключевым вторичным посредником в аденилатциклазной системе.

Активация белков киназ: ЦАМФ активирует различные цАМФ-зависимые протеинкиназы (РКА), которые фосфорилируют целевые белки, регулируя их активность и функции.

Регуляция гена: ЦАМФ также может влиять на транскрипцию генов через активацию транскрипционных факторов или кофакторов.

4. Функции аденилатциклазной системы: Регуляция метаболизма, участие в регуляции обмена веществ, включая глюкозу и липиды, сигнализация роста и развития, ответы на гормональные и нервные сигналы.

Тема 8. MAP-киназная сигнальная система

MAP-киназная (MAP-киназная) сигнальная система представляет собой важный механизм внутриклеточной сигнализации, который регулирует множество клеточных процессов, включая рост, деление, дифференциацию, выживание и апоптоз.

1. Структура и функции MAP-киназ:

MAP-киназы (MAP-киназы) являются серин/треониновыми протеинкиназами, которые играют центральную роль в передаче сигналов от мембранных рецепторов до ядра клетки. Они включают в себя несколько каскадов, таких как экстрацеллюлярно-регулируемые киназы (ERK), Jun-N-терминальные киназы (JNK) и p38-киназы.

2. Механизмы активации MAP-киназ:

Активация через фосфорилирование: MAP-киназы активируются путем последовательного фосфорилирования их тирозиновых и серин/треониновых остатков.

Включение в каскады сигнализации: MAP-киназы часто включаются в каскады сигнализации, начиная с активации мембранных рецепторов, которые в свою очередь активируют различные внутриклеточные протеины и фосфатазы.

3. Роль MAP-киназ в клеточной сигнализации:

Регуляция генной экспрессии: Активированные MAP-киназы могут фосфорилировать транскрипционные факторы, такие как c-Jun и c-Fos, что приводит к изменению экспрессии генов.

Регуляция клеточного роста и деления: MAP-киназы играют ключевую роль в сигнализации, регулирующей клеточный цикл и пролиферацию.

Участие в ответах на стресс: Некоторые члены семейства MAP-киназ (например, JNK и p38) активируются в ответ на стрессовые условия и играют роль в адаптации клетки к окружающей среде.

Тема 9. Фосфатидатная сигнальная система

Фосфатидатная сигнальная система играет ключевую роль во многих аспектах клеточной сигнализации, включая регуляцию клеточного роста, выживания, миграции и многих других биологических процессов. Она базируется на фосфолипиде фосфатидате, который действует как важный вторичный посредник, активируя различные клеточные пути.

Тема 10. Кальциевая сигнальная система

Кальциевая сигнальная система является одной из основных и широко распространённых внутриклеточных сигнальных систем в живых организмах. Она играет ключевую роль в регуляции множества клеточных процессов, таких как метаболизм, рост, деление, дифференцировка, секреция и апоптоз.

Механизмы кальциевой сигнализации:

- ✓ **Активация каналов кальция:** Кальций входит в клетку через каналы, такие как кальций-зависимые каналы на мембране (например, вольтаж-зависимые каналы, TRP-каналы) или через рецепторы, активирующие внутренние магазины, такие как инозитолтрифосфатные рецепторы (IP3R) на ЭПР.
- ✓ **Освобождение кальция из хранилищ:** IP3, производимый в результате гидролиза фосфатидил-инозоль-4,5-бисфосфата, связывается с IP3R, вызывая освобождение кальция из ЭПР.
- ✓ **Связывание кальция с белками-сенсорами:** Кальций связывается с кальций-связывающими белками, такими как кальмодулин и другими сенсорами кальция, изменяя их конформацию и активируя клеточные ферменты и белки.

Тема 11. Липоксигеназная сигнальная система

Таким образом, липоксигеназная сигнальная система представляет собой важный компонент клеточной биологии, регулирующий множество физиологических процессов и имеющий потенциальную значимость для разработки новых подходов к лечению различных заболеваний.

Тема 12. НАДФН-оксидазная сигнальная система

НАДФН-оксидазная (NOX) сигнальная система является важным элементом клеточной сигнализации, особенно в контексте окислительного стресса и регуляции редокс-гомеостаза. НАДФН-оксидазы (NOX) — это ферменты, которые продуцируют реактивные формы кислорода (РФК), такие как супероксидные радикалы, путем переноса электронов с НАДФН (никотинамид-аденин-динуклеотид фосфата) на молекулярный кислород.

Основные компоненты и функции НАДФН-оксидазной системы:

Семейство НАДФН-оксидаз (NOX): Включает несколько изоформ, таких как NOX1, NOX2, NOX3, NOX4, NOX5, DUOX1 и DUOX2.

Продукция реактивных форм кислорода (РФК): РФК играют ключевую роль в клеточной сигнализации, воздействуя на различные молекулы-мишени, включая белки, липиды и ДНК. РФК участвуют в регулировании процессов пролиферации, дифференцировки, апоптоза и иммунного ответа.

Регуляция активности NOX: Активность NOX регулируется различными механизмами, включая взаимодействие с другими белками, фосфорилирование и изменения в уровне экспрессии генов. В некоторых случаях NOX активируются лигандами, такими как ангиотензин II, эндотелин-1 и другие.

Тема 13. NO-синтазная сигнальная система

NO-синтазная сигнальная система является важной частью клеточной сигнализации и участвует в разнообразных физиологических процессах. NO-синтазы (NO synthases, NOS) — это ферменты, которые синтезируют оксид азота (NO) из L-аргинина. NO является важной сигнальной молекулой, участвующей в регуляции сосудистого тонуса, нейротрансмиссии, иммунного ответа и многих других процессов.

Основные компоненты и функции NO-синтазной системы:

Типы NO-синтаз: **NOS1 (нейрональная NO-синтаза, nNOS):** Обнаруживается главным образом в нервной системе, где участвует в нейротрансмиссии и регуляции синаптической пластичности. **NOS2 (индуцируемая NO-синтаза, iNOS):** Выражается в ответ на воспалительные стимулы в макрофагах и других клетках, производя большие количества NO, участвующего в иммунном ответе. **NOS3 (эндотелиальная NO-синтаза, eNOS):** Локализуется в эндотелиальных клетках и регулирует сосудистый тонус, сосудистую гомеостазу и кровоток.

Синтез NO: NO синтезируется из L-аргинина при участии кофакторов, таких как тетрагидробиоптерин (BH₄), NADPH, и FAD. NO быстро диффундирует через клеточные мембраны и взаимодействует с различными молекулами-мишенями.

Механизмы действия NO:

Стимуляция гуанилатциклазы: NO активирует растворимую гуанилатциклазу (sGC), увеличивая уровень циклического гуанозинмонофосфата (cGMP), который регулирует различные физиологические процессы.

S-нитрозилирование: NO может модифицировать тиольные группы белков, влияя на их функцию и активность.

Окислительно-восстановительные реакции: NO взаимодействует с реактивными формами кислорода (РФК), образуя пероксинитрит и другие реактивные азотные виды (РЗВ), которые могут вызывать клеточное повреждение.

Тема 14. Протонная сигнальная система

Роль протонной сигнальной системы в физиологических и патологических процессах:

Регуляция клеточного метаболизма: Протонные градиенты участвуют в процессе митохондриального дыхания и синтеза АТФ. **Апоптоз:** Изменения внутриклеточного pH могут индуцировать апоптоз через активацию каспаз и других сигнальных молекул.

Воспаление: Протонная система может модулировать воспалительные ответы через активацию pH-сенситивных рецепторов. **Опухоль:** Кислотность микроокружения опухолей влияет на их рост, метастазирование и ответ на терапию.

Тема 15. Сигнальная функция цитоскелета

Формирование клеточной структуры: Актиновые филаменты взаимодействуют с различными белками, такими как кортактин и формин, формируя клеточную структуру и обеспечивая её динамичное изменение.

Регуляция активности Rho GTPаз: Актиновые филаменты участвуют в регуляции Rho GTPаз, которые контролируют цитоскелетную динамику и влияют на клеточную адгезию, миграцию и поляризацию.

Сигнальные комплексы: Актиновые филаменты участвуют в формировании сигнальных комплексов, таких как фокальные адгезии, которые передают сигналы от внеклеточного матрикса внутрь клетки.

Тема 16. Взаимодействие сигнальных систем

Перекрестная регуляция (Cross-talk):

Фосфорилирование: Один сигнальный путь может фосфорилировать компоненты другого пути, изменяя их активность. Например, MAPK может фосфорилировать и активировать транскрипционные факторы, регулируемые другими сигнальными каскадами.

Обмен вторичными мессенджерами: Вторичные мессенджеры, такие как cAMP, Ca^{2+} и IP₃, могут участвовать в нескольких сигнальных путях, обеспечивая их взаимодействие и координацию.

Общие сигнальные белки:

Киназы и фосфатазы: Белки, такие как протеинкиназы и фосфатазы, могут быть общими для нескольких сигнальных путей и регулировать их активность.

Адаптерные и скэффолд-белки: Белки, такие как GRB2 и SHC, могут связывать компоненты различных сигнальных каскадов, способствуя их интеграции.

Формирование сигнальных комплексов: Мультибелковые комплексы: Сигнальные белки могут собираться в большие комплексы, такие как фокальные адгезии или комплексы рецепторов, обеспечивая эффективную передачу сигналов и их интеграцию.

Липидные рафты: Специализированные участки мембраны, обогащенные липидами, могут служить платформами для сборки сигнальных комплексов и взаимодействия сигнальных путей.

Примеры взаимодействия сигнальных систем: Взаимодействие MAPK и PI3K/Akt путей, Перекрестная регуляция, Взаимодействие Wnt и Hippo путей.

Координация сигнальных ответов: Активация Wnt сигнального пути может изменять локализацию и активность компонентов Hippo пути, что способствует интеграции сигналов и координации клеточных ответов.

Взаимодействие TGF- β и NF- κ B путей: Регуляция воспаления и иммунного ответа: TGF- β и NF- κ B пути играют важную роль в регуляции воспалительных процессов и иммунного ответа. Эти пути могут взаимодействовать, модулируя экспрессию генов, связанных с воспалением и иммунитетом.

Контроль клеточного поведения: TGF- β может ингибировать активность NF- κ B через регуляцию I κ B, тем самым подавляя воспалительный ответ.

Взаимодействие цитоскелета и сигнальных путей: Механотрансдукция: Цитоскелетные компоненты, такие как актиновые филаменты и микротрубочки, взаимодействуют с сигнальными путями, включая Rho GTPазы, MAPK и PI3K/Akt, обеспечивая механическую обратную связь и адаптацию клеток к механическим стимулам.

Регуляция клеточной миграции: Актиновый цитоскелет и связанные с ним белки участвуют в передаче сигналов, регулирующих клеточную миграцию и адгезию, через взаимодействие с интегринами и фокальными адгезиями.

2.3.3. Краткое содержание семинарских/практических занятий/лабораторного практикума

Традиционные семинары: Обсуждение прочитанных материалов, докладов студентов, разбор конкретных вопросов или задач. **Цель:** Углубление знаний по теме, развитие критического мышления и навыков аргументации.

Дискуссионные семинары: обсуждение определённой темы или проблемы. Студенты активно участвуют в дискуссии, выражают свои мнения и аргументы. **Цель:** Развитие навыков устного общения, аргументации и критического мышления.

Проектные семинары: работы над проектами в группах или индивидуально. Разработка и представление проектов по заданной теме. **Цель:** Развитие навыков работы в команде, исследовательских и презентационных навыков.

2.3.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины предполагает использование следующего материально-технического обеспечения: наличие соответствующего лабораторного оборудования, комплекты необходимой литературы в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов с соблюдением авторских и смежных прав. мультимедийный проектор, компьютер с доступом в интернет.

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)		Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)		Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
	M1 ¹	M2	M1	M2	M1	M2			
Вид учебной работы/контроля									
Контрольная работа <i>(при наличии)</i>				1					
Устный опрос <i>(при наличии)</i>		0.5							
Тест <i>(при наличии)</i>									
Лабораторные работы <i>(при наличии)</i>		0.5							
Письменные домашние задания <i>(при наличии)</i>									
Реферат <i>(при наличии)</i>									
Эссе <i>(при наличии)</i>									
Проект <i>(при наличии)</i>									
<i>Другие формы (при наличии)</i>									
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей						0.5			

¹ Учебный Модуль

Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей						0.5		
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0	
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							1	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0.5
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								0.5
	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

3. Теоретический блок

3.1. Материалы по теоретической части курса

3.1.1. Учебник(и);

- "Molecular Biology of the Cell" by Bruce Alberts, Alexander D. Johnson, Julian Lewis, David Morgan, Martin Raff, Keith Roberts, and Peter Walter, Garland Science, Edition 7, 2022
- Systems Biology of Cell Signaling Recurring Themes and Quantitative Models. By James Ferrell. Copyright 2022, ISBN 9780815346036, 284 Pages 149 Color Illustrations, Published September 28, 2021 by Garland Science
- "Cell Signalling" by John T. Hancock, Oxford University Press, 2016, 456 p.
- "Signal Transduction and Human Disease" edited by Toren Finkel and J. Silvio Gutkind, Wiley-Liss, 2004
- Н. Ковальская, П.В. Сергиев, А. А. Богданов, О. А. Донцова/ Структурно–функциональная анатомия сигнал узнающей частицы: от бактерий до млекопитающих Успхи биологической химии, т. 47, с . 129–112, 2007.

- Зинченко В.П., Долгачева Л.П. Внутриклеточная сигнализация. Электронное издательство “Аналитическая микроскопия” Пущино, 2003.
- Крутецкая З. И., О. Е. Лебедев, Л. С. Курилова механизмы внутриклеточной сигнализации. С. Петербург – 2003.

4. Фонды оценочных средств

4.1. Планы практических и семинарских занятий

Тема 1: Перцепция и трансдукция сигнала

- **Цели занятия:** Понять основные механизмы восприятия сигналов клеткой и их трансдукции.
- **Методы:** Лекция с обсуждением, анализ литературных источников, демонстрация примеров из литературы.
- **Практическое задание:** Написание эссе о роли мембранных рецепторов в клеточной сигнализации.

Тема 2: Компоненты сигнальной трансдукции

- **Цели занятия:** Изучить ключевые компоненты сигнальных путей: рецепторы, вторичные мессенджеры и эффекторные молекулы.
- **Методы:** Групповая работа, разбор случаев, практические примеры из исследований.
- **Практическое задание:** Подготовка презентаций по различным компонентам сигнальных систем.

Тема 3: Экстраклеточные сигналы в животных организмах

- **Цели занятия:** Изучить виды экстраклеточных сигналов и их функции в организмах.
- **Методы:** Семинар с обсуждением литературных источников, работа с графиками и данными исследований.
- **Практическое задание:** Анализ данных по экстраклеточным сигналам и их эффектам на клетки.

Тема 4: Внутриклеточные сигнальные пути, начинающиеся от мембранного рецептора

- **Цели занятия:** Ознакомиться с механизмами внутри клеточной сигнализации.
- **Методы:** Дискуссия, просмотр видеоматериалов, демонстрация экспериментов.
- **Практическое задание:** Моделирование внутриклеточного сигнального пути на основе известных данных.

Тема 5: Пути, опосредованные липидами и ионами Ca^{2+} , белком Ras

- **Цели занятия:** Понять, как липиды и ионы влияют на клеточную сигнализацию.
- **Методы:** Лекция, работа с моделями, анализ механизмов.
- **Практическое задание:** Исследование роли белка Ras в сигнальных путях.

Тема 6: Сигнальные молекулы в клетках растений

- **Цели занятия:** Ознакомиться с особенностями клеточной сигнализации в растениях.
- **Методы:** Семинар, обсуждение, анализ примеров из ботаники.
- **Практическое задание:** Исследование конкретных сигнальных молекул в растительных клетках.

Тема 7: Аденилатциклазная сигнальная система

- **Цели занятия:** Изучить механизм действия аденилатциклазной сигнальной системы.
- **Методы:** Лекция, групповая работа, анализ научных статей.
- **Практическое задание:** Разработка модели аденилатциклазной сигнальной системы.

Тема 8: MAP-киназная сигнальная система

- **Цели занятия:** Понять механизм действия MAP-киназной сигнальной системы и ее биологические функции.
- **Методы:** Дискуссия, анализ литературы, демонстрация графиков.
- **Практическое задание:** Написание обзора по литературе о MAP-киназах.

Тема 9: Фосфатидатная сигнальная система

- **Цели занятия:** Изучить роль фосфатидата в клеточной сигнализации.
- **Методы:** Лекция, работа с исследованиями.

- **Практическое задание:** Проведение анализа данных по фосфатидатной сигнальной системе.

Тема 10: Кальциевая сигнальная система

- **Цели занятия:** Понять механизмы работы кальциевой сигнализации в клетках.
- **Методы:** Семинар, анализ данных.
- **Практическое задание:** Исследование роли Ca^{2+} в клеточной физиологии.

Тема 11: Липоксигеназная сигнальная система

- **Цели занятия:** Ознакомиться с механизмами действия липоксигеназ и их ролью в клеточной сигнализации.
- **Методы:** Лекция, работа с научными публикациями.
- **Практическое задание:** Подготовка доклада по липоксигеназной сигнализации.

Тема 12: НАДФН-оксидазная сигнальная система

- **Цели занятия:** Изучить механизмы НАДФН-оксидазной сигнальной системы.
- **Методы:** Дискуссия, практические примеры.
- **Практическое задание:** Анализ работы НАДФН-оксидаз.

Тема 13: NO-синтазная сигнальная система

- **Цели занятия:** Понять механизмы работы NO-синтазы и ее функции в клеточной сигнализации.
- **Методы:** Лекция, работа с публикациями.
- **Практическое задание:** Написание отчета по исследованию NO-синтазы.

Тема 14: Протонная сигнальная система

- **Цели занятия:** Ознакомиться с протонной сигнализацией и ее биологическим значением.
- **Методы:** Семинар, обсуждение, практические примеры.
- **Практическое задание:** Анализ данных по протонным градиентам.

Тема 15: Сигнальная функция цитоскелета

- **Цели занятия:** Изучить, как цитоскелет участвует в клеточной сигнализации.
- **Методы:** Дискуссия, практические примеры, анализ научных статей.
- **Практическое задание:** Исследование роли цитоскелета в клеточной сигнализации.

Тема 16: Взаимодействие сигнальных систем

- **Цели занятия:** Понять, как различные сигнальные системы взаимодействуют друг с другом.
- **Методы:** Лекция, групповые обсуждения, работа с графиками.
- **Практическое задание:** Разработка схемы взаимодействия сигнальных систем.

4.2. Материалы по практической части курса

4.2.1. Учебно-методические пособия;

Блок 3

4.3. Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

1. Компоненты сигнальной трансдукции.
2. Экстраклеточные сигналы в животных организмах.
3. Пути, опосредованные липидами и ионами Ca^{2+} , белком Ras.
4. Сигнальные молекулы в клетках растений
5. Аденилатциклазная сигнальная система.
6. MAP-киназная сигнальная система.
7. Фосфатидатная сигнальная система.
8. Кальциевая сигнальная система.
9. Липоксигеназная сигнальная система.
10. NO-синтазная сигнальная система.
11. Сигнальная функция цитоскелета.

4.4. Тематика рефератов, эссе и других форм самостоятельных работ

Функции аденилатциклазной системы

- Рассмотреть механизмы действия аденилатциклазной системы в клеточной сигнализации.
- Обсудить роль аденилатциклаза в регуляции внутриклеточных процессов, таких как метаболизм и клеточный рост.
- Проанализировать взаимосвязь между аденилатциклазной системой и другими сигнальными путями.

Примеры исследований сигнальной функции цитоскелета

- Изучить влияние цитоскелета на неоплазию, включая механизмы, через которые он может влиять на пролиферацию и миграцию клеток.
- Рассмотреть сигнальные функции цитоскелета в контексте нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера и Паркинсона.
- Исследовать роль цитоскелета в иммунном ответе, включая его влияние на активацию и миграцию иммунных клеток.

Взаимодействие сигнальных систем

- Анализировать различные механизмы взаимодействия между сигнальными системами, такими как кросс-толерантность и сигнальные каскады.
- Рассмотреть примеры совместного действия нескольких сигнальных систем в клеточной физиологии и патологии.

Примеры взаимодействия сигнальных систем в патологии

- Исследовать, как нарушения взаимодействия между сигнальными системами могут приводить к развитию заболеваний, таких как рак или диабет.
- Проанализировать случаи, когда одно заболевание связано с множественными сигнальными нарушениями, приводящими к патогенезу.

4.5. Перечень экзаменационных вопросов

1. Аденилатциклазный путь сигнализации, структура и классификация аденилатциклаза.
2. Протеинкиназа А (ПКА): структура, функции в клетке.

3. Действие митогенов в регуляции клеточного цикла, “Гены раннего ответа”, “Гены позднего ответа”.
4. Фосфоинозитидный путь трансдукции.
5. Рецепторы с тирозинкиназной активностью: бимолекулярные. Адапторные белки.
6. Протеинкиназа А (ПКА): структура, функции в клетке, метаболизм глюкозы.
7. Сигнальные пути от интегринов, рецепторные ТК FAK, не рецепторные Src.
8. Семейство G-белков. Гуанилатциклазная система: сигнализация в фоторецепторах.
9. Лектиновый путь активации системы комплемента: С-реактивный протеин и манан-связывающий лектин как пусковые сигналы активности системы комплемента.
10. Семейство Ras белков, мутации приводящие к канцерогенезу. Запуск MAP-киназного каскада.
11. Регуляция активности G-белка, действие токсинов.
12. Механизм действия антимитогенов TNF, TGF- β и остановка перехода G0/G1 в S.
13. Действие антимитогенов в регуляции клеточного цикла.
14. Метаболизм арахидоновой кислоты. Циклооксигеназный путь метаболизма арахидоновой кислоты.
15. Аденилатциклазный путь сигнализации, структура и классификация аденилатциклаз. Протеинкиназа А (ПКА).
16. Митогенные факторы и фосфорилирование pRb.
17. Рецепторы инсулина и фактора роста тромбоцитов: Структура, активация, передача сигнала.
18. Семейство Ras белков, мутации приводящие к канцерогенезу.
19. Гуанилатциклазная система: сигнализация в фоторецепторах.
20. Нереперторные тирозинкиназы: семейство Src, Ras. Запуск MAP-киназного каскада.
21. Взаимодействие кальциевой сигнальной системы с другими типами внутриклеточной сигнализации.
22. Механизм интернализация рецепторов.
23. Действие митогенов в регуляции клеточного цикла, “Гены раннего ответа”, “Гены позднего ответа”.
24. Рецепторы инсулина и фактора роста тромбоцитов: Структура, активация, передача сигнала.
25. Глюты, транспорт инсулин зависимого глюта. Механизм интернализация рецепторов.

26. Механизм действия антимитогенов TNF, TGF- β и остановка перехода G0/G1 в S.
27. Сигнальные пути от интегринов, рецепторные ТК FAK, не рецепторные Src.
28. Контактное тормажение пролиферации.

4.6. Образцы экзаменационных билетов

РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ) ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

2025-2026 уч.год

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Институт: БМиФ, Кафедра медицинской биохимии и биотехнологии

Предмет: Сигнальные системы клетки

1. Аденилатциклазный путь сигнализации, структура и классификация аденилатциклаз. Протеинкиназа А (ПКА): структура, функции в клетке.
2. Действие митогенов в регуляции клеточного цикла, “Гены раннего ответа”, “Гены позднего ответа”.
3. Фосфоинозитидный путь трансдукции.

« » _____ 2026г.

Заведующий кафедрой _____

5. Методический блок

5.1. Методика преподавания

Методика преподавания «Сигнальных систем клетки» требует глубокого понимания биохимических процессов, происходящих в клетке, и включает несколько ключевых компонентов. Ниже представлены основные подходы и методы, которые можно использовать для эффективного обучения данной теме:

Лекции:

- **Основные понятия:** Введение в основы клеточной сигнализации, включая рецепторы, лиганды, вторичные мессенджеры и сигнальные каскады.

- **Ключевые пути и механизмы:** Изучение основных сигнальных путей, таких как MAPK, PI3K/AKT, JAK/STAT, и их роли в регуляции клеточных функций.

- **Примеры сигналов:** Разбор примеров различных сигналов (гормоны, ростовые факторы, цитокины) и их влияния на клеточные процессы.

Семинары: Анализ статей: Обсуждение и анализ научных статей, посвященных новым открытиям в области сигнальных систем клетки. **Кейсовые исследования:** Разбор конкретных примеров сигнальных нарушений при заболеваниях, таких как рак, диабет и аутоиммунные заболевания.

Исследовательские проекты: Самостоятельные проекты: Разработка и проведение студентами небольших исследовательских проектов по изучению сигнальных путей, их регуляции и нарушений. **Интерпретация данных:** Анализ и интерпретация полученных экспериментальных данных, написание научных отчетов.

Интерактивные методы обучения

Групповые дискуссии и дебаты:

- **Обсуждение новых исследований:** Организация дискуссий по актуальным научным открытиям и их значению для понимания клеточной сигнализации.

- **Решение проблем:** Дебаты по проблемным вопросам и гипотезам в области сигнальных систем клетки.

Подготовка к семинарским занятиям

Изучение литературы: Прочитайте рекомендованные учебники, статьи и другие материалы по теме предстоящего семинара. Обратите внимание на ключевые концепции, определения и примеры.

Конспектирование: Делайте краткие заметки по основным пунктам прочитанного материала.

Используйте схемы, таблицы и графики для визуализации сложных концепций.

Формулировка вопросов: Подготовьте вопросы по темам, которые оказались для вас сложными или непонятными. Продумайте, какие аспекты темы могут быть обсуждены на семинаре и подготовьте вопросы для обсуждения.

Подготовка докладов: Если вам поручен доклад, составьте план выступления и подготовьте наглядные материалы (презентации, постеры и т.д.). Практикуйтесь в изложении материала, чтобы уложиться в отведенное время и уверенно ответить на возможные вопросы.

Подготовка к практическим занятиям:

Изучение теоретической основы: Ознакомьтесь с теоретическими аспектами задач, которые будут решаться на занятии. Просмотрите примеры решения типичных задач.

Выполнение предварительных заданий: Выполните все предварительные задания, если они предусмотрены программой. Потренируйтесь в решении задач, которые могут встретиться на практическом занятии.

Организация самостоятельной работы

Планирование времени: Создайте расписание, включающее время на чтение, подготовку к занятиям, выполнение домашних заданий и самостоятельное изучение. Определите приоритеты и распределите время таким образом, чтобы уделить больше внимания сложным темам.

Использование ресурсов: Используйте все доступные ресурсы, такие как библиотека, онлайн-курсы, научные статьи и видео-лекции. Регулярно посещайте консультации и используйте возможность задать вопросы преподавателю.

Групповая работа: Организуйте или присоединяйтесь к учебным группам для совместного обсуждения и решения задач. Обмен опытом и знаниями с однокурсниками может значительно улучшить понимание материала.

Самоконтроль и оценка: Регулярно проводите самоконтроль, выполняя тесты и практические задания. Оценивайте свои успехи и определяйте области, требующие дополнительного изучения.