

**03.03.04 – клеточная биология, цитология, гистология,
мед. (биологические науки)**

Специальность

Клеточная биология, цитология, гистология

*Приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь
от 11 октября 2019 г. № 231*

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ

Цель – создать у аспиранта (соискателя) систему научных знаний по клеточной биологии, цитологии и гистологии в направлениях, наиболее активно разрабатываемых в настоящее время.

Задачи программы-минимум:

Сформировать у аспиранта (соискателя) знания о биологических закономерностях органического мира, жизненных процессах и их регуляции, об органном, тканевом, клеточном и субклеточном уровнях организации живого организма.

Расширить представления о строении клеток, тканей и органов человека, животных, растений, микроорганизмов, грибов.

Требования к уровню знаний экзаменуемого

Экзаменуемый должен знать: международную гистологическую терминологию; строение клеток, жизненный цикл, реактивные свойства клеток, механизмы регуляции физиологических процессов в клетках; строение тканей и органов человека, животных, растений; влияние внешних средовых факторов на строение и функции клеток, тканей, органов, систем органов и организма животных и человека.

При подготовке к сдаче кандидатского минимума экзаменуемый большое внимание должен уделять использованию в гистологии и цитологии комплексных методов микроскопического, гистохимического, иммуногистохимического, электронно-микроскопического, автордиографического и других методов исследования. Особое внимание следует уделить применению современных методов в этой области, включая световую микроскопию высокого разрешения, динамическую микроскопию живых клеток, проточную и статическую цитометрию и т.п. Экзаменуемый должен знать основы современных методов культивирования и практического использования клеточных культур.

Экзаменуемый должен владеть системными представлениями о закономерностях структурной организации, функционирования и развития биологических систем, позволяющими грамотно ставить исследовательские задачи, получать научные факты в соответствии с современными критериями их качества, делать экспериментально обоснованные выводы, аргументировано обсуждать дискуссионные вопросы. Кандидатский экзамен по специальности 03.03.04 – клеточная биология, цитология, гистология в соответствии с настоящей программой требует от аспирантов и соискателей высокого уровня знаний по всем разделам настоящей программы.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

1. Введение в клеточную биологию, цитологию и гистологию

Ключевые слова: клеточная биология, цитология, гистология, клеточная теория, клетка, ткань

История развития гистологии, цитологии и клеточной биологии как самостоятельных наук. Клеточная теория, создание и основные положения. Роль работ А. ван Левенгука, Т. Шванна, Я. Шлейдена, Р. Вирхова, К. Гольджи, И.И. Мечникова и др.

Предмет изучения клеточной биологии как основы современных наук о живых организмах. Современная клеточная теория. Клетка – элементарная единица живого. Прокариотические и эукариотические клетки. Особенности строения клеток животных, растений, микроорганизмов, грибов. Клетка и многоклеточный организм, молекулярная регуляция. Неклеточные структуры как производные клеток. Микросреда клетки (внеклеточный матрикс). Тотипотентность клеток.

Уровни организации в биологии (ген, хромосома, ядро, органеллы, цитоплазма, клетка, ткань, орган, организм). Понятие о ткани, организация, классификация. Теории происхождения тканей. Подходы к исследованию клеток и тканей (морфофункциональный, экспериментальный, молекулярно-генетический).

2. Методы исследования в клеточной биологии, цитологии и гистологии и практического использования клеточных культур

Ключевые слова: методы исследования, микроскопия, съемка, иммуногистохимия, антитела, антигены, цитометрия, культура клеток и тканей, трансфекция, полимеразная цепная реакция, клеточные биотехнологии

2.1. Методы исследования

Световая микроскопия. Техника микроскопирования в световых микроскопах: светлопольная, фазово-контрастная, дифференциально-интерференционно-контрастная, флуоресцентная и конфокальная лазерная сканирующая микроскопия. Методы изготовления препаратов для световой микроскопии. Сущность и методы фиксации микрообъектов. Виды микропрепаратов – срезы, мазки, отпечатки, пленки. Микротомия с использованием санных, ротационных, криостатных микротомов. Способы уплотнения (заливки). Метод замораживания. Сущность и методы окраски микропрепаратов и их заключения в бальзам, смолы, желатин.

Электронная микроскопия (трансмиссионная и сканирующая), методы изготовления микрообъектов для электронной микроскопии. Фиксация. Типы химических фиксаторов. Общие правила и условия фиксации тканей в электронной микроскопии. Заливка. Эпоксидные смолы. Водорастворимые заливочные среды.

Микрофотосъемка и микровидеосъемка: замедленная съемка (таймлапс) и ускоренная съемка.

Атомно-силовая и зондовая микроскопия (контактная и бесконтактная). Сканирующая туннельная микроскопия. Электросиловая микроскопия. Магнитносиловая микроскопия. Ближнепольная оптическая микроскопия.

Иммуногистохимия. Основной принцип метода. Реакция антиген-антитело. Структура молекулы иммуноглобулинов (антител). Понятие эпитопа или антигенной детерминанты у антигена. Мультивалентные и поливалентные антигены. Моноклональные и поликлональные антитела. Методы прямой и непрямой иммуногистохимии. Флуоресцентные маркеры и их визуализация в клетках. Основные требования к качеству антител. Понятие аффинности антител. Иммунопероксидазный метод. Способы контроля специфичности иммуногистохимической реакции.

Методы фракционирования и выделения различных органелл клеток.

Проточная флуориметрия. Наиболее часто используемые флуорохромы в медико-биологических исследованиях, спектры их поглощения и эмиссии. Тандемные красители, их особенности. Применение проточной цитофлуориметрии для определения экспрессии поверхностных и внутриклеточных молекул, пролиферации, клеточного цикла, жизнеспособности, апоптоза, фагоцитоза и некроза, продукции активных радикалов кислорода и оксида азота, определения мембранного потенциала. Техника подготовки образцов, контрольные образцы, необходимые для корректного учета данных (неокрашенный образец, single-stain-, FMO-образцы, образцы для гейтирования). Представление данных (учет количества анализируемых клеток, относительного числа клеток и интенсивности флуоресценции, отображение статистической информации). Проточная цитометрия и клеточные сортеры. Визуализирующая проточная цитометрия. Масс-цитометрия.

Культура клеток и тканей. История метода тканевых культур. Типы клеточных культур: первичные, вторичные, перевиваемые, иммортализованные. Суспензионные и монослойные культуры. Цитокин-зависимые культуры клеток. Особенности эмбриональных клеточных культур и культур, полученных из тканей взрослых организмов. Основные правила асептической работы с культурами клеток, подготовка рабочего места, принципы зонирования, правила безопасности. Методы разделения клеточных культур. Питательные среды, сыворотки, иные добавки для культивирования клеток и тканей. Бессывороточные питательные среды. Методы индукции дифференцировки культивируемых клеток.

Методы трансфекции. Генетический материал, используемый для трансфекции: трансформация бактериальных клеток, выделение плазмид, рестриктный анализ плазмид. Транзиентная и стабильная трансфекция.

Методы качественного и количественного анализа экспрессии генов в тканях и клетках. Метод полимеразной цепной реакции (ПЦР). Детекция результатов ПЦР (метод горизонтального электрофореза, метод вертикального электрофореза, метод гибридизации после амплификации, метод гибридизации в процессе амплификации). ПЦР с детекцией в режиме «реального времени». Представление о подборе праймеров для проведения качественной и

количественной полимеразной цепной реакции. Методы направленного подавления экспрессии генов в культивируемых клетках с помощью малых двухцепочечных интерферирующих рибонуклеиновых кислот (РНК) (small interfering RNA – siRNA).

Этическая оценка как обязательный этап планирования экспериментов.

Принципы культивирования клеток и тканей высших растений. Методы получения каллуса и его культивирование. Методы получения суспензионных культур. Культивирование одиночных клеток. Культуры гаплоидных клеток. Методы получения и поддержания культур изолированных протопластов.

2.2. Практическое использование клеточных культур. Клеточные биотехнологии

Использование стволовых клеток в медицине и науке. Получение индуцированных плюрипотентных стволовых клеток, их особенности и преимущества.

Использование клеточных культур в биотехнологическом производстве. Теоретические и практические основы получения противовирусных вакцин для животных и человека с помощью культур клеток. Биотехнологическое производство рекомбинантных белков с помощью культур животных клеток, их преимущества и недостатки по сравнению с бактериальными клетками. Терапевтические препараты, производимые с помощью культур животных клеток и трансгенных животных. Гибридная технология в производстве моноклональных антител, направления их использования.

Клонирование животных. Технология переноса ядер соматических клеток.

Культуры клеток и тканей растений. Особенности культивирования растительных клеток. Биотехнологии на основе культур клеток, тканей и органов растений (исследования физиологических функций, получение экономически важных вторичных метаболитов, микроклональное размножение и оздоровление растений, клеточные технологии в селекции растений, получение трансгенных растений, сохранение генофонда редких и исчезающих видов).

Клеточные культуры как инструмент научных исследований. Банки культур клеток человека, животных и растений. Криосохранение клеток и тканей. Использование метода культуры клеток, тканей и органов растений для сохранения генофонда.

3. Клеточная биология и цитология

Ключевые слова: компоненты клетки, эндо- и экзоцитоз, фагоцитоз, адгезия, матрикс, цитоскелет, органеллы общего и специального значения, мембранные и немембранные органеллы, ядро, хромосомы, хроматин, ядрышко, клеточный цикл, репродукция, регенерация, гибель клеток, апоптоз

Структурные компоненты клетки

Цитоплазма. Химический состав цитоплазмы. Одномембранные, двухмембранные и немембранные компоненты и органеллы клетки. Гиалоплазма.

Плазматическая мембрана. Химический состав и строение плазматической мембраны. Липиды – фосфолипиды, холестерин, минорные липиды, гликолипиды. Бислой, мицеллы и липосомы. Белки – трансмембранные, периферические, интегральные, гликопротеины. Полисахариды, протеогликаны, гликокаликс – состав, функция. Компартменты в плазматической мембране – механизм возникновения, функция.

Барьерная, транспортная и сигнальная функции плазматической мембраны. Транспорт через плазматическую мембрану. Белки – транспортеры низкомолекулярных соединений: ионные каналы, активные мембранные транспортеры, АТФазы. Генетическая классификация и принципы устройства основных ионных транспортеров эукариот. Внутриклеточный ионный состав и мембранный электрический потенциал, механизм его образования. Осмотическое давление и регуляция объема клетки. Биосигнализация на уровне биомембран. АВС-транспортеры и другие транспортные системы для крупных органических соединений.

Клеточная стенка. Особенности строения клеточной стенки бактерий, архей, грибов и растений. Структурно-функциональная характеристика, формирование, механизмы растяжения и ремоделинга. Строение первичной и вторичной клеточной стенки растений, лигнификация, формирование древесины. Транспорт веществ через клеточную стенку, биохимическая активность в клеточной стенке. Понятие и функции апопаста.

Клеточная адгезия, клеточные контакты. Белки адгезии: суперсемейства иммуноглобулинов, кадгеринины, нектинины, интегринаы, селектины, адгезивные протеогликаны. Общая характеристика межклеточных взаимодействий. Клеточные контакты (соединения): простые контакты, соединения типа замка, плотные соединения, десмосомы, щелевидные контакты (нексусы), синапсы. Их молекулярная организация и функциональные особенности.

Общие представления о внеклеточном матриксе. Особенности белкового состава внеклеточного матрикса в различных тканях. Взаимосвязь между элементами внеклеточного матрикса, рецепторами плазматической мембраны и элементами цитоскелета. Роль внеклеточного матрикса в дифференцировке клеток.

Органеллы (органониды)

Органеллы общего значения. Мембранные органеллы. Эндоплазматическая сеть. Строение и функции гранулярной и гладкой эндоплазматической сети. Особенности строения в зависимости от специфики метаболических процессов в клетке. Роль шероховатой плазматической сети в синтезе и транспорте секреторных белков. Воспроизводство клеточных мембран. Связь гладкой эндоплазматической сети с синтезом полисахаридов, жиров, стероидов, дезактивацией продуктов катаболизма. Специализированные типы клеток с

развитой шероховатой и гладкой плазматической сетью (плазматические клетки, мышечные волокна, гепатоциты и др.). Взаимодействие эндоплазматической сети с плазматической мембраной и другими органеллами. Комплекс Гольджи (пластинчатый комплекс). Ультраструктура пластинчатого комплекса и его функции: сегрегация, модификация и накопление белков, синтез углеводов. Его роль в выполнении железистыми клетками секреторной функции, в химической модификации поступающих белков. Значение во взаимодействии мембранных структур.

Лизосомы. Лизосомы, их структура и функциональная характеристика. Первичные и вторичные лизосомы, остаточные тельца. Аутофагосомы и аутофагия. Роль лизосом в фагоцитозе и некрозе клеток. Лизосомальный цикл. Связь лизосом с комплексом Гольджи. Специализированные типы клеток с развитым лизосомальным аппаратом.

Эндосомы. Фагосомы, пиносомы и опущенные везикулы, их роль в эндоцитозе. Взаимодействие фагосом с лизосомами, фаголизосомы. Ультра-структура опущенных везикул, белок клатрин. Роль опущенных везикул в рециклизации рецепторов и мембранного материала клетки. Эндоцитоз в эндотелии сосудов.

Секреторные везикулы и гранулы. Экзоцитоз. Участие плазматической сети, пластинчатого комплекса и опущенных везикул в формировании секреторных везикул и гранул. Экзоцитоз в бокаловидных клетках кишечника и клетках аденогипофиза.

Синаптические пузырьки (везикулы). Структурная организация их мембран: SNARE-белки и транспортные системы. Механизмы экзоцитоза (SNARE-гипотеза, «kiss and run» и «kiss and stay») и рециклизации синаптических пузырьков.

Эндо - и экзоцитоз, конститутивный и опосредуемый рецепторами. Варианты сортировки и транспорта рецепторов и лигандов. Ранние и поздние эндосомы. Роль белков окаймления (клатринов, адаптинов и коатомеров) в эндо- и экзоцитозе и везикулярном транспорте. Роль кавеол. Трансцитоз макромолекул. Фагоцитоз. Основные субпопуляции фагоцитирующих клеток. Механизмы фагоцитоза бактериальных клеток, апоптотических клеток и телец, клеточного детрита, частиц техногенного и небиологического происхождения. Методы исследования фагоцитоза. Фагоцитоз и клеточная гибель. Некроз.

Пероксисомы и глиоксисомы. Особенности ультраструктуры пероксисом клеток животных и растений, их роль в метаболизме перекиси водорода, пуринов и других веществ. Глиоксисомы и глиоксилатный шунт.

Митохондрии. Строение, функции. Особенности химического состава, строения и функции наружной и внутренней митохондриальных мембран. Образование АТФ путем окислительного фосфорилирования – характеристика белковых комплексов, участвующих в переносе протонов, транспорте электронов и синтезе АТФ. Цикл Кребса. Особенности митохондриального аппарата в клетках с различным уровнем биоэнергетических процессов. Понятия хондриома и митохондриального ретикулума. Механизмы слияния, разделения и фрагментации митохондрий. Гигантские митохондрии в некоторых клетках у эукариотов: одноклеточные организмы, сперматозоиды,

растительные клетки. Митохондриальный геном. Митохондриальная дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), синтез митохондриальных белков. Мутации митохондриальной ДНК и генетические болезни человека. Происхождение митохондрий.

Хлоропласты. Пластиды. Типы пластид и их ультраструктура. Структурная организация хлоропластов. Функциональные особенности хлоропластов. Онтогенез и функциональные перестройки пластид. Этапы фотосинтеза. Локализация процессов фотосинтеза в хлоропласте. Фотосинтезирующие структуры низших эукариотических и прокариотических клеток. Особенности генома пластид. Взаимосвязь генома и пластома растительных клеток.

Вакуоль растений. Строение и формирование. Тонoplast. Онтогенетические особенности. Функции вакуоли. Понятие гидроскелета.

Участие органелл в основных физиологических процессах клетки. Новообразование и развитие органелл. Включения. Определение, классификация, значение в жизнедеятельности клеток и организма. Строение и химический состав различных видов включений.

Гиалоплазма (цитозоль). Определение. Физико-химические свойства, представления о химическом составе. Значение в обмене веществ и поддержании целостности цитоплазматических структур клетки.

Ядро

Роль ядра в хранении, реализации и передаче генетической информации и в синтезе белка. Форма и количество ядер. Понятие о ядерно - цитоплазматическом отношении. Общий план строения интерфазного ядра: хроматин, ядрышко, ядерная оболочка, кариоплазма (нуклеоплазма).

Ультраструктура нуклеолеммы. Различия химического состава и свойств наружной и внутренней мембран нуклеолеммы. Ламина. Поровые комплексы и их функции.

Химический состав и строение ядерного матрикса. Роль ядерного матрикса в поддержании размеров и формы ядра.

Хромосомы. Структурно-функциональная организация хромосом. Уровни структурной организации хромосом: петлевые домены, белковый матрикс хромосом, иерархия уровней компактизации ДНК. Хромосома как предмет цитогенетических исследований. Функции хромосом в процессе реализации наследственной программы: информативная, репликативная, сегрегационная, рекомбинационная, транскрипционная. Возможные механизмы возникновения перестроек хромосом. Хромосомные и хроматидные aberrации. Методы получения хромосомных наборов. Метод дифференциального окрашивания.

Локализация хромосом в интерфазном ядре. Хромосомные территории. Тельца Барра, локализация центромер и теломер, локализация по Раблю, распределение меченного тимидина в ряду клеточных делений, трехмерная локализация в ядрах политенных хромосом, метод флуоресцентной *in situ* гибридизации (FISH).

Хроматин. Строение и химический состав. Структурно-химическая характеристика хроматиновых фибрилл, перихроматиновых фибрилл,

перихроматиновых и интерхроматиновых гранул. Роль основных и кислых белков в структуризации и в регуляции метаболической активности хроматина. Гетерохроматин и эухроматин, их функциональное значение и структуризация. Уровни компактизации ДНК. Нуклеосомный уровень. 30 нм- фибрилла - основной нативный компонент хроматина. Третий уровень компактизации ДНК - петлевые домены. Хромонемный уровень укладки фибрилл хроматина. Хромонема в интерфазных ядрах.

Химический состав и функции ядрышка. Компоненты активного ядрышка: ядрышковый организатор (фибрилярный центр), плотный фибриллярный компонент, гранулярный компонент, околядрышковый гетерохроматин, белковый матрикс. Транскрипция и процессинг рибосомальной РНК.

Тельца Кахала. Перихроматиновые и интерхроматиновые фибриллы и гранулы. Другие макромолекулярные структуры эукариотического ядра.

Включения. Экзогенные включения металлов и красителей. Эндогенные включения гликогена, липидов и пигментов.

Ядерная оболочка. Строение и функции. Структурно-функциональная характеристика наружной и внутренней мембран, перинуклеарного пространства, комплекса поры. Взаимосвязь количества ядерных пор и интенсивности метаболической активности клеток. Связь ядерной оболочки с эндоплазматической сетью; роль наружной мембраны в процессе новообразования клеточных мембран.

Основные проявления жизнедеятельности клеток

Синтетические процессы в клетке. Взаимодействие структурных компонентов клетки при синтезе белков и небелковых веществ (углеводов и липидов).

Понятие о секреции и её видах.

Жизненный (клеточный) цикл клеток. Характеристика основных фаз клеточного цикла. Механизмы регуляции клеточного цикла; роль циклинов и циклин-зависимых киназ, роль цитокинов и факторов роста в его регуляции. Контрольные точки. Регуляция клеточного цикла в эмбриогенезе.

Репродукция клеток и клеточных структур. Митотический цикл. Определение и биологическое значение. Периоды (интерфаза и митоз). Характеристика основных процессов митотического цикла. Митоз. Биологическая сущность. Фазы митоза. Преобразования структурных компонентов клетки во время каждой из фаз. Эндорепродукция. Пloidность, её функциональное и биологическое значение. Механизм возникновения полиплоидии: эндомитоз, образование двуядерных и многоядерных клеток. Политения (общее представление). Мейоз. Его особенности и биологическое значение. Внутриклеточная регенерация. Общая морфофункциональная характеристика. Биологическое значение.

Реакция клеток на внешние воздействия. Структурные и функциональные изменения клеток и отдельных клеточных компонентов в процессах реактивности и адаптации. Физиологическая и репаративная регенерация на клеточном уровне: сущность и механизмы.

Явление автофагии у эукариот. Конститутивная и индуцибельная автофагия. Строение автофагосом. Автофагические белки ATG/ARG, их строение и функции. Особенности автофагии у растений и животных. Физиологическая роль автофагии.

Гибель клеток. Программированная клеточная гибель у животных, высших растений и грибов. Методы регистрации.

Особенности запрограммированной клеточной гибели у растений: вакуолярный тип клеточной гибели, внезапная некротическая гибель, апоптозоподобная клеточная гибель.

Апоптоз и некроз: методы регистрации. Классификация программированной клеточной гибели. Морфологические признаки апоптоза и некроза. Молекулярные механизмы апоптоза. Индукторы апоптоза (лиганды, гормоны, гранзим В, облучение, химические агенты). Рецепторный, митохондриальный путь индукции апоптоза.

Программированная клеточная гибель в эмбриогенезе. Апоптоз при дифференцировке клеток – апоптоз клеток иммунной, нервной и пищеварительной систем. Клеточный цикл и апоптоз. Роль апоптоза в патогенезе и лечении заболеваний. Апоптоз и канцерогенез. Механизмы клеточной гибели при митотической катастрофе. Аутофагическая гибель клеток. Механизм и индукция. Программированный некроз. Механизм программированного некроза. Варианты программированного некроза в специализированных тканях и органах живого организма: пироптоз, ферроптоз, эриптоз.

Дифференциация клеток. Свойства стволовых клеток. Стволовые клетки эмбриона и взрослого организма. Полипотентность стволовых клеток и механизмы их коммитирования. Дифференциальная активность генов как основа функциональной специализации клеток. Понятие о диффероне – дифференцирующемся клеточном клоне, происходящем из стволовой клетки. Использование стволовых клеток в биологии и медицине.

4. Общая гистология (учение о тканях)

Ключевые слова: эпителиальная, соединительная, скелетная, хрящевая, костная, мышечная и нервная ткани, ткань внутренней среды, виды тканей, особенности строения и гистофизиологии тканей, гомеостаз, функции тканей, изменчивость и регенерация тканей

Ткань

Ткани, как системы клеток и их производных. Закономерности возникновения и эволюции тканей: теории параллелизма и дивергентной эволюции, их синтез на современном уровне развития. Морфофункциональная (групповая) и генетическая (типовая) классификация тканей. Системообразующие факторы тканей, механизмы обеспечения тканевого гомеостаза. Восстановительные способности тканей - типы физиологической регенерации в обновляющихся, лабильных и стационарных клеточных популяциях, репаративная регенерация. Пределы изменчивости тканей, понятие о

метаплазии и её возможностях. Понятие о радиочувствительности и радиорезистентности тканей.

Эпителиальные ткани

Общая морфофункциональная характеристика эпителиальных тканей в связи с их пограничным положением в организме. Гистогенез эпителиальных тканей. Морфофункциональная и генетическая классификации. Межклеточные связи в эпителиальных тканях. Специальные органеллы клеток эпителиальных тканей. Базальная мембрана. Горизонтальная и вертикальная анизоморфность эпителиальных пластов, поляризация клеток. Строение различных видов эпителиальных тканей. Однослойные и многослойные эпителии. Многорядный эпителий. Неороговевающий и ороговевающий эпителий. Переходный эпителий. Физиологическая и репаративная регенерация эпителиальных тканей. Диффероны различных эпителиальных тканей. Расположение камбиальных клеток в различных эпителиях. Секреторная функция эпителиальных тканей. Железы, их строение и принципы классификации. Гистофизиология секреторного процесса. Секреторный цикл. Особенности строения секреторных клеток в зависимости от фаз секреторного цикла. Типы секреции: голокринный, апокринный и мерокринный.

Ткани внутренней среды

Общая морфофункциональная характеристика в связи с обеспечением гомеостаза организма. Источник развития. Классификация. Кровь и лимфа. Кроветворение. Состав крови и лимфы, их основные функции. Форменные элементы крови и лимфы: постклеточные структуры крови человека - эритроциты и кровяные пластинки (тромбоциты). Морфологическая классификация лейкоцитов (гранулоциты и агранулоциты). Строение форменных элементов, их функции. Гемограмма и лейкоцитарная формула. Возрастные и половые особенности крови. Особенности крови плодов, новорожденных, постнатальная динамика. Понятие о физиологической регенерации крови. Гемопоэз и иммунопоэз. Развитие крови как ткани (эмбриональный гемопоэз). Постэмбриональный гемопоэз и иммунопоэз - физиологическая регенерация крови. Унитарная теория кроветворения А.А. Максимова. Стволовые кроветворные (гемопоэтические) клетки. Характеристика стволовых клеток крови, полипотентных и унипотентных предшественников. Циркуляция стволовых клеток в организме. Понятие о колониеобразующих единицах (КОЕ) клеток крови. Морфологически идентифицируемые стадии развития клеток крови - дифференцирующиеся (созревающие), бластные и дифференцированные (зрелые) клетки. Микроскопическая, ультрамикроскопическая и цитохимическая характеристика клеток в дифферонах эритроцитов, гранулоцитов, моноцитов, Т-лимфоцитов, В-лимфоцитов и кровяных пластинок. Регуляция гемопоэза и иммунопоэза.

Соединительная ткань

Общая морфофункциональная характеристика, классификация. Волокнистая соединительная ткань. Классификация. Рыхлая волокнистая соединительная ткань. Клетки рыхлой волокнистой соединительной ткани. Фибробласты, их

происхождение, разновидности и потенции дальнейшей дифференциации; строение и цитохимическая характеристика; внутриклеточные и внеклеточные стадии фибриллогенеза. Понятие о мезенхимальной стволовой клетке (МСК) и мультипотентных стромальных клетках (ММСК). Адипоциты (жировые клетки), их происхождение, строение и цитохимическая характеристика; адипоциты белой и бурой жировой ткани, их роль в метаболизме. Адвентициальные клетки и перициты. Тучные клетки. Пигментные клетки. Клетки крови, функционирующие в соединительной ткани. Макрофаги (гистиоциты) и тканевые дендритные клетки: происхождение, строение, функции, роль в защитных реакциях организма; понятие о мононуклеарной макрофагической системе. Взаимодействия клеток в процессах гистогенеза, регенерации, воспаления, их участие в защитных реакциях организма. Межклеточное вещество. Происхождение межклеточного вещества. Общая характеристика и строение. Основное вещество, его физико-химические свойства и значение. Коллагеновые и эластические волокна, их роль, строение и химический состав. Ретикулиновые волокна. Возрастные изменения клеток и межклеточного вещества соединительной ткани. Другие виды соединительных тканей. Плотная волокнистая соединительная ткань, её разновидности, строение и функции. Соединительная ткань со специальными свойствами. Ретикулярная ткань, строение, гистофизиология и значение. Пигментная ткань. Слизистая ткань.

Скелетные ткани

Общая морфофункциональная характеристика. Классификация.

Хрящевые ткани

Общая морфофункциональная характеристика. Хрящевые клетки: хондробласты, хондроциты и хондрокласты. Изогенные группы клеток. Виды хрящевых тканей. Гистохимическая характеристика и строение межклеточного вещества различных видов хрящевых тканей. Хондрогенез и возрастные изменения хрящевых тканей. Хрящ как орган. Строение гиалинового, волокнистого и эластического хрящей. Надхрящница. Её значение в питании, росте и регенерации хряща. Строение суставных хрящей. Возрастные особенности хрящевой ткани.

Костные ткани

Морфофункциональная характеристика, классификация. Клетки костной ткани: остеоциты, остеобласты, остеокласты. Межклеточное вещество костной ткани, его физико-химические свойства и строение. Ретикулофиброзная (грубоволокнистая) костная ткань. Пластинчатая (тонковолокнистая) костная ткань. Дентиноидная костная ткань. Их локализация в организме и морфофункциональные особенности. Остеогенез прямой и непрямой: развитие кости из мезенхимы; развитие кости на месте хряща. Перестройка кости во время роста организма. Факторы, влияющие на рост костей. Регенерация костных тканей. Эктопическое развитие костных тканей. Изменения с

возрастом. Кость как орган. Остеоны. Надкостница (периост и эндост). Сосуды и нервы кости. Строение синовиальных оболочек суставов.

Мышечные ткани

Общая морфофункциональная характеристика мышечных тканей, источники их развития и классификация. Гладкая (неисчерченная) мышечная ткань. Гистогенез, строение, морфо-функциональная и гистохимическая характеристика. Гладкий миоцит. Организация сократительного аппарата. Регенерация гладкой мышечной ткани. Возрастные изменения. Поперечнополосатые (исчерченные) мышечные ткани. Скелетная мышечная ткань (соматического типа). Гистогенез. Строение мышечного волокна: базальная мембрана, саркоlemma, ядра, органеллы общего значения, специальные органеллы. Саркотубулярная система. Мышечные волокна различного типа. Миосателлиты. Регенерация скелетной мышечной ткани. Сердечная мышечная ткань (целомического типа). Гистогенез. Классификация. Особенности строения и функции двух видов сердечной мышечной ткани. Кардиомиоцит. Возможности регенерации сердечной мышечной ткани. Мышца как орган. Микроскопическое строение мышц, их иннервация и васкуляризация. Мион. Связь мышц с сухожилием. Регенерация мышц. Изменение мышц с возрастом и в связи с образом жизни.

Нервная ткань

Общая морфофункциональная характеристика. Источники развития. Гистогенез. Нейроны (нейроны). Классификация нейронов: морфологическая и функциональная. Строение перикариона (тела) аксона и дендритов. Общие и специальные органеллы, их значение. Транспортные процессы в нейроне. Образование нейромедиаторов и нейропептидов. Медиаторные типы нейронов. Нейросекреторные клетки. Нейроглия. Общая характеристика и основные разновидности. Макроглия. Типы глиоцитов. Центральные глиоциты (эпендимоциты, астроциты и олигодендроглиоциты), периферические глиоциты (глиоциты ганглиев), нейролеммоциты, концевые глиоциты. Их строение и функциональная роль. Микроглия: происхождение и функции. Нервные волокна. Общая морфофункциональная характеристика. Классификация. Строение миелиновых и безмиелиновых нервных волокон. Процесс миелинизации волокон и его функциональное значение. Дегенерация и регенерация нервных волокон. Нервные окончания. Общая морфофункциональная характеристика. Рецепторные и эфферентные окончания, их классификация и строение. Понятие о синапсах с химическим и электрическим способом передачи сигнала. Межнейрональные и нервно-мышечные соединения. Морфологическая (симметричные и асимметричные синапсы) и функциональная (возбуждающие и тормозные синапсы) классификации. Строение химических и электрических синапсов. Молекулярная организация активной зоны химического синапса. Постсинаптическая плотность. Структурно-функциональная организация щелевых контактов и механизмы регуляции их проводимости, белки щелевых

соединений (коннексины, иннексины, паннексины) и гены их кодирующие. Смешанные синапсы. Нейромедиаторы и нейромодуляторы. Механизм передачи возбуждения в синапсах разных типов. Морфологический субстрат рефлекторной деятельности нервной системы (понятие о простой и сложной рефлекторных дугах). Роль синапсов в «поляризации» рефлекторной дуги. Структурная организация центральных генераторов ритма (осцилляторного типа и сетевых).

Иммунитет

Определение, феномены иммунитета. Виды иммунитета. Факторы неспецифической резистентности, видовой иммунитет. Врожденный и приобретенный (адаптивный) иммунитет. Система иммунитета (СИ), ее подсистемы (Т- и В-лимфоциты, естественные киллеры, система гранулоцитов, система мононуклеарных фагоцитов, антитела, гуморальные факторы врожденного иммунитета, система комплемента и др.).

Цитокины, факторы роста и их рецепторы: классификация, свойства. Иммунофенотип лейкоцитов, классификация кластеров дифференцировки. Молекулы межклеточной адгезии, значение для взаимодействия клеток системы иммунитета. Главный комплекс гистосовместимости: гены и молекулы HLA классов I и II как структуры врожденного иммунитета. Роль молекул HLA в представлении антигена Т-лимфоцитам. В-лимфоциты и генетические аспекты антителогенеза. Структура генов тяжелых и легких цепей иммуноглобулинов, их реаранжировка. Природа иммунологического разнообразия. Генетика Т-клеточного рецептора к антигену. Разнообразие Т-клеточных рецепторов, генетические механизмы.

Ткани растений

Меристематические ткани. Строение и функции меристемы. Классификация меристем. Первичная и вторичная меристема. Апоикальная меристема. Роль инициальных клеток. Латеральные меристемы и рост органов в ширину. Интеркалярная меристема и рост органов в длину. Раневая (травматическая) меристема. Дифференцировка меристем конусов нарастания корня и стебля. Рост и специализация клеток – производных меристем.

Покровные ткани. Функции, классификация. Характеристика, особенности строения клеток и функции эпидерма. Устьица, их строение. Особенности и функции замыкающих клеток. Функциональное значение и особенности пробки. Формирование и строение перидермы. Строение и функция чечевичек. Корка (ритидом) - третичная покровная ткань. Особенности формирования, строение, типы.

Основные ткани (паренхимы). Полифункциональность паренхим в связи с выполняемыми функциями (ассимиляционная, запасующая, поглощающая, аэренхима). Особенности строения клеток различных паренхим и паренхимных тканей.

Механические ткани. Функции. Классификация. Отличительные особенности колленхимы, склеренхимы, склереиды.

Проводящие ткани. Функции. Классификация. Общая характеристика и строение ксилемы. Строение трахеид и трахей. Цитологические особенности трахеид и члеников сосуда. Образование первичной и вторичной ксилемы. Общая характеристика флоэмы. Ситовидные клетки и клетки Страсбургера (альбуминовые клетки) голосеменных растений, ситовидные трубки и клетки-спутницы покрытосеменных растений. Образование и строение первичной и вторичной флоэмы. Понятие о сосудисто-волокнистых пучках. Строение и типы сосудисто-волокнистых пучков.

Выделительные ткани. Расположение, классификация, строение, функции, значение в жизни растений различных выделительных структур. Млечники. Схизогенные и лизигенные вместилища. Железистые волоски. Нектарии. Гидатоды.

Рекомендуемая литература

1. Биология ствольных клеток и клеточные технологии: учебник в 2-х томах / под ред. М.А. Пальцева. – М.: «Медицина»: «Шико», 2009. – 725 с.
2. Быков, В.Л. Цитология и общая гистология / В.Л. Быков. – СПб.: СОТИС, 2002. – 520 с.
3. Гистологические методы исследования: учебное пособие для магистрантов учреждений высшего образования по специальности «Гистология, цитология, клеточная биология» / С.М. Зиматкин и др. – Гродно: ГрГМУ, 2015 – 180 с.
4. Гистология, цитология и эмбриология / Ю.А. Афанасьев [и др.]. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 2004. – 768 с.
5. Гистология, цитология, эмбриология: учебник / С.М. Зиматкин [и др.] - Минск: Высшая школа, 2018. – 477 с.
6. Епифанова, О.И. Лекции о клеточном цикле / О.И. Епифанова. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва : КМК Scientific Press, 2003. – 159 с.
7. Жимулев, И.Ф. Общая и молекулярная генетика / И.Ф. Жимулев. – Изд. 4-е. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2007. – 479 с.
8. Журавлева, С.А. Гистология. Практикум: учебное пособие / С.А. Журавлева. – Минск : Выш. шк., 2013.– 320 с.
9. Заварзин, А. А. Сравнительная гистология: учебник / А.А. Заварзин; под ред. О.Г. Строевой. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2000. 520 с.
10. Зиматкин С.М. Гистаминергические нейроны мозга / Минск: Новое знание, 2015. – 319 с.
11. Клетки / Майкл Кэперон [и др.]; ред.: Б. Льюин [и др.]; пер. с англ. И.В. Филипповича; под ред. Ю.С. Ченцова. - Москва: Бином: Лаборатория знаний, 2011. - 951 с.
12. Коряков, Д.Е. Хромосомы. Структура и функции / Д.Е. Коряков, И.Ф. Жимулев. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 258 с.

13. Лузиков, В.Н. Экзоцитоз белков: курс лекций / М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 253 с.
14. Ляликов, С.А. Клиническая иммунология и аллергология: учеб. пособие / С.А. Ляликов, Н. М. Тихон. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 366 с.
15. Молекулярная биология клетки / Д.М. Фаллер. Д. Шилдс. – Москва: Бином, 2017. – 256 с.
16. Мяделец, О.Д., Морфофункциональная дерматология / О. Д. Мяделец, В. П. Адаскевич. – М.: Медлит, 2006. – 752 с.
17. Мяделец, О.Д. Гистология, цитология и эмбриология человека. Часть 1. Цитология. Эмбриология и общая гистология: учебник / О.Д. Мяделец. – Витебск: ВГМУ, 2014. – 439 с.
18. Мышечные ткани / Е.А. Шубникова [и др.]. – М.: Медицина, 2001. – 237 с.
19. От нейрона к мозгу / Николлс, Дж.Г. [и др.]. – 4-е изд. – М.: Либроком, 2017. – 676 с.
20. Омеляненко, Н.П., Слуцкий Л.И. Соединительная ткань (гистофизиология и биохимия): монография в 2-х томах/ Н. П. Омеляненко, Л. И. Слуцкий; под ред. С.П. Миронова). – М., изд. «Известия», 2009. – 756 с.
21. Основы молекулярной биологии клетки / Б. Альбертс и др. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2018. – 768 с.
22. Разин, С.В. Хроматин: упакованный геном [Электронный ресурс] / С.В. Разин, А.А. Быстрицкий. – 4-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 191 с.). – М.: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2015.
23. Сапин М.Р. Анатомия человека, в 3 томах. Том 1 [Электронный ресурс]: учебник / М.Р. Сапин, Г.Л. Билич. – 3-е изд., испр. и доп. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 608 с. – Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970422199.html>.
24. Сидоров, А.В. Основы нейробиологии. Клетки и контакты нервной ткани : учеб. пособие. / А.В. Сидоров. – Минск : БГУ, 2019. – 139 с.
25. Фрешни, Р.Я. Культура животных клеток: практическое руководство / Р.Я. Фрешни. – 3-е изд. (эл.) [Электронный ресурс]: практическое электронное издание / Р.Я. Фрешни. – М.: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2014. – 718 с. – Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/321259>.
26. Ченцов, Ю.С. Введение в клеточную биологию: учебник для вузов. /Ю.С. Ченцов. – 4 -е издание. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 495 с.
27. Ченцов, Ю.С. Цитология: учебное пособие для университетов и медицинских вузов. /Ю.С. Ченцов. – М.: Медицинское информационное агентство, 2010. – 368 с.
28. Ченцов, Ю.С. Цитология с элементами клеточной патологии: учебное пособие для университетов и медицинских вузов / Ю.С. Ченцов. – М.: Издательство «Медицинское информационное агентство», 2010. – 368 с.
29. Buchwalov, I.V. Immunohistochemistry. Basics and Methods / I.V. Buchwalov, W. Bocker. – Springer: Heidelberg, Germany, 2010. – 153 p.

30. Chromatin Dynamics in cellular function / Laurent B. (Ed). – Springer Science & Business Media, 2006. – 151 p.
31. Eroshenko, V.P. di Filore's atlas of histology: with functional correlations. 12th ed. / V.P. Eroshenko. – Philadelphia, 2013. – 603 p.
32. [Goldman](#), R.D. Live Cell Imaging: A Laboratory Manual / [R. D. Goldman](#), [D. L. Spector](#); ed.: [J. R. Swedlow](#). – 2nd ed. – Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2009. – 650 p.
33. Immunology / D. Male [et al.]. – 8th ed. – New York : Elsevier, 2012. – 482 p.
34. Mescher A.L. Junqueira's Basic Histology : text and atlas / A.L. Mescher. – 13th ed. – New York, 2013. – 544 p.
35. Molecular Biology of the Cell (6th edition) / B. Alberts, et. al. – New York: Garland Publishing, Inc., 2014. – 1464 p.
36. Molecular Cell Biology (8th edition) / H. Lodish, et al. – New York: W.H. Freeman and Company, 2016. – 1150 p.
37. Murphy, K. Janeway's immunobiology / K. Murphy, C. Weaver. – 9th ed. – New York: Garland Science, 2016. – 924 p.
38. Plant Cell Biology / R. Wayne. – Elsevier, 2009. – 408 p.
39. Ratcliffe, M.J.H. Encyclopedia of Immunobiology / M.J.H. Ratcliffe. – New York: Elsevier, 2016. – 3126 p.
40. Ross, M.H. Histology: a text and atlas / M.H. Ross, G.I. Kaye, W. Pavlina. 6nd ed. – Lippincott Williams&Wilkins, Philadelphia, 2011. – 974 p.
41. Sampson, H.A. Allergy and Clinical Immunology / H.A. Sampson. – New York: John Wiley & Sons, 2015. – 480 p.
42. Wobus, A.M. Stem cells / [A.M. Wobus](#), [K.R. Boheler](#). – Springer: Berlin, Heidelberg, 2008. – 428 p.
43. Young B. Wheater's Functional Histology : text and atlas. 5th ed. / B. Young [et al.] – Philadelphia, 2012. – 437 p.

Дополнительная литература:

1. Terminologia Histologica. Международные термины по цитологии и гистологии человека с официальным списком русских эквивалентов/ под ред. чл.-корр. РАМН В.В. Банина и проф. В.Л. Быкова. – М.:ГЭТОАР-Медиа, 2009. – 272 с.
2. Международная ветеринарная анатомическая номенклатура = Nomina anatomica veterinaria: на латинском и русском языках: [справочник / подгот. Международный комитет по ветеринарной макроскопической анатомической номенклатуре (ICVGAN)]/ пер. и рус. терминология Н.В. Зеленевского. – 5-я редакция. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2013. – 399 с.
3. Международная гистологическая номенклатура: на латинском, русском и английском языках/ под ред. В.В. Семченко, Р.П. Самусева, М.В. Моисеева, В.Л. Колосовой.– 3-е изд. – Омск, 1999. – 156 с.