Бш-1034у

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям
_____ О.Н.Здрок
«09» декабря 2020 г.

Регистрационный № УД - 9370 /уч.

Физиология межклеточной коммуникации

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:
1-31 01 01 Биология (по направлениям)
направлений специальности:
1-31 01 01-01 Биология (научно-производственная деятельность);
1-31 01 01-02 Биология (научно-педагогическая деятельность)
специализаций
1-31 01 01-01 04 Физиология человека и животных;
1-31 01 01-02 04 Физиология человека и животных

2020 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 01 01-2013 и учебных планов УВО № G31-131/уч., № G31-132/уч., № G31-133/уч., № G31з-157/уч., № G31з-159/уч., утвержденных 30.05.2013 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.В. Сидоров, профессор кафедры физиологии человека и животных Белорусского государственного университета, доктор биологических наук, профессор

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

С.Г. Пашкевич, заведующий лабораторией нейрофизиологии ГНУ «Институт физиологии НАН Беларуси», кандидат биологических наук, доцент;
С.В. Федорович, доцент кафедры биохимии Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физиологии человека и животных
(протокол № 5 от 19 ноября 2020);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 2 от 7 декабря 2020 г.)

Заведующий кафедрой,
д.б.н., профессор А.Г.Чумак

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – подготовить студента к самостоятельной работе в области клеточной физиологии.

В **задачи** учебной дисциплины входят ознакомление студентов с современными представлениями о структурно-функциональной организации сигнальных систем организма на клеточном уровне; клеточных и молекулярных механизмах, обеспечивающих передачу информацией между клетками; методических приёмами, применяемыми для оценки эффективности межклеточной коммуникации, её качественных и количественных сторон.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина «Физиология межклеточной коммуникации» относится к циклу дисциплин специализации (компонент учреждения высшего образования).

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Преподавание учебной дисциплины «Физиология межклеточной коммуникации» базируется на знаниях, полученных студентами по учебным дисциплинам «Физиология человека и животных», «Цитология и гистология», «Анатомия человека». Учебная программа составлена с учетом межпредметных связей и содержанием учебных программ по смежным учебным дисциплинам биологического профиля «Молекулярная биология», «Биофизика», «Основы биологии развития» и др.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Физиология межклеточной коммуникации» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

академические компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

социально-личностные компетенции:

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

профессиональные компетенции:

ПК-2. Осваивать новые модели, теории, методы исследования, участвовать в разработке новых методических подходов.

ПК-3. Осуществлять поиск и анализ данных по изучаемой проблеме в научной литературе, составлять аналитические обзоры.

ПК-4. Готовить научные статьи, сообщения, рефераты, доклады и материалы к презентациям.

ПК-7. Осуществлять поиск и анализ данных по изучаемой проблеме в научно-технических и других информационных источниках.

ПК-27. Управлять учебно-познавательной, научно-исследовательской и другими видами деятельности обучающихся.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

– строение межклеточных контактов, молекулярную организацию клеточных мембран;

– ионные механизмы, опосредующие электрические сигналы клеток и синаптическую передачу сигнала;

– локализацию, метаболизм, организацию рецепторного аппарата и биологические эффекты основных нейромедиаторных (нейромодуляторных) систем организма животных

владеть:

– методиками регистрации электрических сигналов нервных клеток;

– основными методами исследования нейромедиаторных систем;

Структура учебной дисциплины:

Учебная дисциплина «Физиология межклеточной коммуникации» изучается в 6 семестре (очная форма получения образования) и 7-8 семестрах (заочная форма получения образования). Всего на изучение учебной дисциплины отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 110 часов, в том числе 40 аудиторных часов, из них: лекции – 26 часов, лабораторные занятия – 10 часов, контроль управляемой самостоятельной работы – 4 часа (ДО);

– для заочной формы получения высшего образования – 128 часов, в том числе 16 аудиторных часов, из них: лекции – 12 часов, лабораторные занятия – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 2,5 зачетные единицы для дневной формы получения образования и 3,5 зачетные единицы для заочной формы получения образования.

Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ

Понятие о межклеточной коммуникации. Принципы, лежащие в основе обмена информацией между клетками организма: сигнализация, протекающая при участии рецепторов. Типы взаимодействий, основанные на гуморальной регуляции: эндокринная, паракринная и нейронная передачи сигнала и их особенности. Взаимодействия, основанные на прямом контакте между клетками.

Раздел 2. МОРФОЛОГИЯ МЕЖКЛЕТОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Тема 2.1. Межклеточные контакты

Основные типы межклеточных соединений, их функциональное предназначение. Плотные контакты, обеспечивающие герметизацию отсеков межклеточного пространства. Особенности их молекулярной организации и распространение среди тканей организма. Контакты, обеспечивающие механическое единство тканей: слипающиеся контакты, десмосомы (полудесмосомы), строение и характеристика белков их составляющих. Контакты, обеспечивающие коммуникацию между клетками: щелевые соединения (электрические синапсы). Распространение в тканях, особенности строения и молекулярной организации коннексона и канала щелевого контакта. Характеристика и классификация белков щелевых контактов (коннексины, иннексины, паннексины), особенности структуры кодирующих их генов.

Тема 2.2. Строение химических синапсов

Структурно-функциональная организация синапсов с химическим способом передачи сигнала: пре- и постсинаптические части. Особенности организации пространства синаптической щели. Классификация синапсов: синапсы 1-го (ассиметричные) и 2-го (симметричные) типа, их структурные и функциональные особенности. Пространственная организация синаптических соединений (аксо-соматические, аксо-дендритные, аксо-аксональные и т.п.), возбуждающие и тормозные синапсы. Понятие о аксо-шипиковых синапсах, волокнах *en passant*, лентовидных синапсах и особенности их структурной организации. Гомо- и гетеросинаптические синапсы, перфорированный синапс. Строение смешанных (электро-химических) синапсов.

Раздел 3. ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ

Тема 3.1. Пассивный и активный транспорт

Транспортные свойства мембраны клеток эукариот. Избирательный перенос веществ через плазмолемму. Белковые молекулы мембран, обеспечивающие транспорт: белки переносчики и канальные белки. Виды транспорта:

пассивный и активный. Перенос посредством транспортных белков: унипорт, симпорт, антипорт. Важнейшие мембранные транспортеры клетки: Na^+/Ca^{2+}, Na^+/H^+, Na^+/Cl^- обменники и другие. Системы активного транспорта. Na^+-K^+-АТФаза – молекулярная организация, рабочий цикл, контроль активности, функции. Ca^{2+}-АТФазы внутриклеточных органелл и плазматической мембраны – рабочий цикл и роль в регуляции эффективности синаптической передачи.

Тема 3.2. Ионные каналы возбудимых мембран

Ионные каналы плазмалеммы. Методы их изучения. Характеристика физиологически значимых ионов. Понятие об избирательности (селективности) и управляемости канала. Принципы классификации ионных каналов. Активируемые натяжением (механочувствительные), управляемые напряжением и лиганд-управляемые каналы. Основные ионные каналы возбудимых мембран: натриевые, калиевые, кальциевые, хлорные и неселективные ионные каналы. Их подтипы, молекулярная организация, состояние, классификация и регуляция работы. Различия во вне- и внутриклеточной концентрации биологически значимых ионов: Na^+, K^+, Ca^{2+}, Cl^-.

Раздел 4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ КЛЕТОК

Тема 4.1. Электрические свойства мембраны

Мембранный потенциал и его измерение. Микроэлектродные методы исследования. Де- и гиперполяризация мембраны (выходящий и входящий электрический ток). Электротонический потенциал и потенциал действия (пассивные и активные сигналы). Преимущества активного распространения электрического сигнала. Постсинаптические потенциалы (возбуждающие и тормозные). Электрические характеристики мембраны: сопротивление, ёмкость, вольт-амперная характеристика (задержанное и аномальное выпрямление). Постоянные времени и длины. Их физиологическое значение. Взаимодействие синапсов: временная и пространственная суммация. Их роль в нейронной интеграции.

Тема 4.2. Ионные механизмы формирования нервного импульса

Формирование мембранного потенциала. Потенциал равновесия и уравнение Нернста. Уравнение Гольдмана и проницаемость мембраны для ионов калия, натрия и хлора. Развитие и временная динамика потенциала действия. Ионные токи через мембрану при потенциале действия, их динамика, способы разделения Na^+ и K^+ токов. Изменение натриевой и калиевой проницаемости при развитии потенциала действия. Экспериментальная проверка ионной гипотезы. Распространение потенциала действия по нервному волокну. Синаптические потенциалы (возбуждающие и тормозные), связанные с изменением (увеличением и уменьшением) проводимости мембраны. Ионные механизмы их опосредующие.

Ионные токи через одиночные каналы. Метод локальной фиксации потенциала (patch clamp) и его модификации. Электрофизиологические методы *in vivo* (электроэнцефалография) и *in vitro* (фиксация тока и напряжения). Ионофоретическая аппликация веществ.

Раздел 5. СИНАПТИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА СИГНАЛА

Тема 5.1. Выделение нейромедиатора

Деполяризация нервного окончания как начальный этап высвобождения нейромедиатора. Роль ионов кальция при деполяризации. Понятие о синаптической задержке. Квантовая секреция медиатора. Миниатюрные потенциалы концевой пластинки нервно-мышечного соединения. Распределение их амплитуд, вызванных одиночной стимуляцией пресинаптического волокна. Расчет квантового выхода и способы его оценки. Неквантовое освобождение медиатора. Морфологические корреляты квантового выхода. Везикулярная гипотеза высвобождения медиатора. Цикл синаптических везикул. Механизмы kiss-and-run и kiss-and-stay. Молекулярные основы выделения медиатора: SNARE гипотеза и белки, опосредующие слияние мембран (пресинаптической и синаптического пузырька).

Тема 5.2. Эффективность синаптической передачи

Понятие об эффективности синапса. Взаимодействие синапсов (гетеросинаптические процессы): пресинаптическое торможение и возбуждение. Гомосинаптические процессы: кратковременные изменения эффективности синаптической передачи и механизмы их реализации (синаптическое облегчение, депрессия, усиление, посттетаническая потенциация). Долговременные изменения эффективности синаптической передачи: долговременная потенциация и депрессия, их клеточные и молекулярные механизмы.

Эффективность электрических синапсов: быстрая и медленная динамическая регуляция. Электротонические синапсы двустороннего и одностороннего проведения, коэффициент связи между клетками. Механизм передачи сигнала в смешанных синапсах возбуждающего и тормозного типов.

Раздел 6. СИГНАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ ВЕЩЕСТВ

Тема 6.1. Рецепторы и пути передачи сигнала через мембрану

Рецепторная теория. Пути передачи сигнала через мембрану клетки: взаимодействие с внутриклеточными рецепторами, прямое изменение ферментативной активности рецепторного белка, активация ионных каналов и G белков (ионо- и метаботропные рецепторы). Тирозин-киназные рецепторы и каскадное фосфорилирование протеинкиназ. Рецепторы, связанные с G белками. Их молекулярная структура. Система G белков, их субъединичное строение. Диссоциация G белка: активация посредством α- и $\beta\gamma$-субъединиц. Классификация G белков. Основные системы вторичных внутриклеточных посредников и их молекулярная организация: аденилатциклазная, фосфоли-

паза С и инозитолфосфатная система. Свободный кальций как вторичный посредник и кальций связывающие белки (кальмодулин). Преимущества, связанные с использованием систем вторичных посредников.

Тема 6.2. Сигнальные молекулы

Общая характеристика рецепторов: кривая «доза-эффект». Понятие об агонистах (полные и неполные) и антагонистах (конкурентные и необратимые). Химический и физиологический антагонизм. Избирательность действия веществ и факторы ее определяющие. Десенситизация рецепторов. Методы, используемые для идентификации нейромедиаторных систем: радиоизотопный анализ, микродиализ, электрохимические и иммуногистохимические, гибридизация *in situ*, FRET, двух- и мультифотонная флуоресценция. Критерии идентификации нейромедиаторов: физиологическая и фармакологическая идентичность. Понятие о нейромодуляции, отличительные особенности нейромодуляторов. Классификация медиаторов.

Множественность сигнальных молекул: принцип Дейла и гипотеза полигенеза нервной ткани. Концепция объёмной и проводниковой передачи сигнала. Особенности паракринного действия сигнальных молекул. Типы межклеточных сигналов. Клеточная организация мозга и его основные системы: иерархическая и диффузная. Кислотно-основное равновесие (pH), температура и свободные радикалы как экстрасинаптические факторы объёмной передачи сигнала.

Раздел 7. НЕЙРОМЕДИАТОРЫ И НЕЙРОМОДУЛЯТОРЫ

Тема 7.1. Биогенные амины

Ацетилхолин: локализация в ЦНС млекопитающих, метаболизм, рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты. *Гистамин*: локализация в ЦНС млекопитающих, метаболизм, рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты. *Серотонин*: локализация в ЦНС млекопитающих, метаболизм, рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты. *Катехоламины* (дофамин, норадреналин и адреналин): локализация в ЦНС млекопитающих, метаболизм, рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.

Тема 7.2. Аминокислоты, АТФ и его производные

Аминокислоты как нейромедиаторы. Возбуждающие (глутамат, аспартат) и тормозные (γ-аминомасляная кислота, глицин) аминокислоты. Локализация в ЦНС млекопитающих, метаболизм, рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты. Пурины и пиримидины. Роль внеклеточных АТФ и аденозина в регуляции процессов межклеточной коммуникации. Рецепторы к пуринам и пиримидинам, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.

Тема 7.3. Нейромодуляторы

Нейропептиды: общая характеристика и особенности метаболизма. Система быстрого и медленного аксонного транспорта, молекулярные механизмы его опосредующие (двигательные белки: кинезин и динеин). Основные биологически значимые группы нейропептидов: тахикинины и вещество Р, опиоидные пептиды, галанин, нейротензин, нейропептид Y. Их локализация в ЦНС млекопитающих, рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты. *Производные жирных кислот*: эйкозаноиды и анандамид. Их метаболизм, рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты. *Газообразные нейромодуляторы*: монооксиды азота (NO) и углерода (CO), сульфид водорода (H_2S). Особенности их действия. Локализация нитрергических нейронов в ЦНС млекопитающих, метаболизм монооксида азота, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с использованием дистанционных образовательных технологий

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	**Введение**	1						Устный опрос
2	**Морфология межклеточных соединений**							
2.1	Межклеточные контакты	1						Тесты, устный опрос
2.2	Строение химических синапсов	2			2			Тесты, устный опрос
3	**Транспорт веществ через мембрану**							
3.1	Пассивный и активный транспорт	2						Тесты, устный опрос
3.2	Ионные каналы возбудимых мембран	2						Тесты, устный опрос
4	**Электрические сигналы клеток**						2 (ДО)	Тесты и ситуационные задачи на образовательном портале LMS Moodle
4.1	Электрические свойства мембраны	2			2			Тесты, решение задач
4.2	Ионные механизмы формирования нервного импульса	2			2			Тесты, решение задач
5	**Синаптическая передача сигнала**							
5.1	Выделение нейромедиатора	2			2			Тесты, устный опрос
5.2	Эффективность синаптической передачи	2			2			Тесты, устный опрос
6	**Сигнальные механизмы действия веществ**							
6.1	Рецепторы и пути передачи сигнала через мембрану	2						Тесты, устный опрос
6.2	Сигнальные молекулы	2						Тесты, устный опрос

7	**Нейромедиаторы и нейромодуляторы**						2 (ДО)	Тесты и ситуационные задачи на образовательном портале LMS Moodle
7.1	Биогенные амины	2						Тесты, реферат
7.2	Аминокислоты, АТФ и его производные	2						Тесты, реферат
7.3	Нейромодуляторы	2						Тесты, реферат

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Заочная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	**Введение**	1						Реферат
2	**Морфология межклеточных соединений**	1			2			Тесты, решение задач, реферат
3	**Транспорт веществ через мембрану**	2						Тесты, реферат
4	**Электрические сигналы клеток**	2			2			Тесты, решение задач, реферат
5	**Синаптическая передача сигнала**	2						Тесты, реферат
6	**Сигнальные механизмы действия веществ**	2						Тесты, реферат
7	**Нейромедиаторы и нейромодуляторы**	2						Тесты, реферат

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. *Николс Дж. Г.* От нейрона к мозгу / Дж. Г. Николс, А. Р. Мартин, Б. Дж. Валлас, П. А. Фукс. М.: Либроком, 2012. – 672 с.
2. *Сидоров А. В.* Физиология межклеточной коммуникации / А. В. Сидоров. Минск: БГУ, 2008.– 215 с.
3. *Сидоров А. В.* Основы нейробиологии. Клетки и контакты нервной ткани / А. В. Сидоров. Минск: БГУ, 2019. – 139 с.
4. *Kandel E. R.* Principles of neural science / E. R. Kandel, J. H. Schwartz, T. M. Jessel, S. A. Siegelbaum, A. J. Hudspeth. McGraw-Hill Education / Medical, 2012. – 1760 p.

Перечень дополнительной литературы

5. Базисная и клиническая фармакология: В 2-х томах. Т. 1. / Под ред Б. Г. Катцунг. М-СПб.: Бином-Невский диалект, 2000.- 608 с.
6. *Катц Б.* Нерв, мышца и синапс / Б. Катц. М.: Мир, 1969. – 220 с.
7. *Буреш Я.,* Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения / Я. Буреш, О. Бурешова., Д.П. Хьюстон. М.: Высшю шк, 1991.–398 с.
8. *Костюк, П. Г.* Механизмы электрической возбудимости нервной ткани / П. Г. Костюк, О. А. Крышталь. М. : Наука, 1981. – 204 с.
9. *Кэндел Э.* Клеточные основы поведения / Э. Кэндел. М.: Мир, 1980. – 599 с.
10. *Пёрвис, Р.* Микроэлектродные методы внутриклеточной регистрации и ионофореза / Р. Пёрвис. – М. : Мир, 1983. – 208 с.
11. *Сахаров Д. А.* Генеалогия нейронов / Д. А. Сахаров. М.: Наука, 1973. – 183 с.
12. *Сидоров А. В.* Основы клеточной нейробиологии / А. В. Сидоров. Минск: БГУ, 2020. – 395 с.
13. Сравнительная физиология животных : в 3-х томах / Под ред. Л. Проссера. – М.: Мир. 1977.
14. Физиология человека : в 3-х томах. Т. 1. / Под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. М.: Мир, 1996. – 323 с.
15. *Хем А.* Гистология / А. Хем, Д. Кормак. М., 1982–83. Т. 1–5.
16. *Ходжкин А.* Нервный импульс / А. Ходжкин. М.: Мир, 1965. – 108 с.
17. *Хухо, Ф.* Нейрохимия: основы и принципы / Ф. Хухо. – М. : Мир, 1990. – 384 с.
18. *Шмидт-Ниельсен К.* Физиология животных. Приспособление и среда. В 2-х кн. Кн. 2 / К. Шмидт-Ниельсен. М.: Мир, 1982.-384 с.
19. *Экклс Дж.* Физиология синапсов / Дж. Экклс. М.: Мир, 1966. – 395 с.

20.*Alberts B.* Essential cell biology / B. Alberts, D. Bray, A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, P. Walter. New York and London: Garland Publishing Inc., 1998. – 740 p.
21.*Hille, B.* Ionic channels of excitable membranes / B. Hille. – Sunderland, Mass.: Sinauer Assoc., 1992. – 607 p.
22.Neurotransmitters, Drugs and Brain Function / Ed. R.A. Webster. Chichester: J. Wiley and Sons Ltd., 2001. – 520 p.
23.*Sanes D. H.* Development of the Nervous System / D. H. Sanes, T. A. Reh, W. A. Harris. Academic Press, 2005.
24.*Van De Graaff, K. M.* Human Anatomy / K. M. Van De Graaff. McGraw-Hill Companies, 2002.
25.*von Bohlen und Halbach O.* Neurotransmitters and Neuromodulators / O. von Bohlen und Halbach, R. Dermietzel. Darmstadt: Wiley-VCH Verlag GmbH Weinheim, 2002. – 285 p.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для текущего контроля знаний студентов используется следующий диагностический инструментарий:

– устные опросы: оценка за устные ответы на лабораторных занятиях включает в себя полноту ответа, наличие аргументов, примеров из области экспериментальной физиологии, практики и т.д.

– защита реферата: в случае пропуска лекции (лабораторного занятия) без уважительной причины студент должен подготовить реферат объемом не менее 5 страниц рукописного текста с обязательным указанием списка использованной литературы (не менее 3 источников). При оценивании реферата обращается внимание на содержание и полноту раскрытия темы, структуру и последовательность изложения, источники и их интерпретацию, корректность оформления и т.д.

– письменные контрольные работы: тесты оцениваются исходя из доли правильно выполненных заданий, ситуационные задачи – исходя из полноты данного ответа, корректности представленного решения и аргументации отстаиваемых положений.

Формой текущей аттестации по учебной дисциплине «Физиология межклеточной коммуникации» является экзамен.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по учебной дисциплине.

Формирование отметки за текущую успеваемость:

– устные ответы, тесты и задания на лабораторных занятиях – 20 %;

– тесты и ситуационные задачи УСР № 1 – 40 %;

– тесты и ситуационные задачи УСР № 2 – 40 %;

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости и экзаменационной отметки с учетом их весовых коэффициентов. Весовой коэффициент текущей успеваемости составляет 30 %, экзаменационная отметка – 70 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы обучающихся

Раздел 4. Электрические сигналы клеток (2 ч/ДО)

Студенты выполняют тестовые задания, анализируют записи электрической активности нейронов и решают ситуационные задачи на образовательном портале LMS Moodle.

Раздел 7. Нейромедиаторы и нейромодуляторы (2 ч/ДО)

Студенты выполняют тестовые задания, анализируют нейронограммы, решают ситуационные задачи, готовят краткие рефераты на образовательном портале LMS Moodle.

Примерная тематика лабораторных занятий

Дневная форма получения образования

Лабораторное занятие № 1. Морфология межклеточных контактов (2 часа).

Лабораторное занятие № 2. Электрические характеристики мембраны (2 часа).

Лабораторное занятие № 3. Электрические сигналы нервных клеток (2 часа).

Лабораторное занятие № 4. Роль Ca^{2+} в секреции нейромедиатора (2 часа).

Лабораторное занятие № 5. Эффективность синаптической передачи в соединениях электрического и химического типов (2 часа).

Заочная форма получения образования

Лабораторное занятие № 1. Электрические сигналы нервных клеток (2 часа)

Лабораторное занятие № 2. Эффективность синаптической передачи (2 часа)

Описание инновационных подходов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются:

практико-ориентированный подход, который предполагает:

– освоение содержания образования через решения практических задач;

– приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;

– ориентацию на генерирование идей и реализацию индивидуальных и групповых студенческих проектов;

метод учебной дискуссии, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендуется использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (учебная программа, учебно-методический комплекс, методические указания к лабораторным занятиям, задания в тестовой форме, темы рефератов, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов и др.).

При подготовке индивидуальных либо групповых проектов, написании рефератов студенты могут использовать источники из перечня основной и дополнительной литературы, а также самостоятельно выбранные источники. При подготовке к тестированию следует изучить мультимедийные презентации лекционного курса, учебные пособия, размещённые на образовательном портале LMS Moodle (Физиология межклеточной коммуникации).

Темы реферативных работ

1. Молекулярная организация натриевых каналов.
2. Молекулярная организация калиевых каналов.
3. Молекулярная организация кальциевых каналов.
4. Методика локальной фиксации потенциала и её применение в нейрофизиологических исследованиях.
5. Неквантовая секреция нейромедиатора.
6. Молекулярная организация пресинаптических терминалей и механизмы выделения нейромедиатора.
7. Ультраструктурная организация постсинаптической области.
8. Электрические синапсы и их роль в нейронной интеграция.
9. Клеточные и молекулярные основы долговременных изменений синаптиченской передачи.
10. Биологические эффекты ацетилхолина.
11. Биологические эффекты серотонина.
12. Биологические эффекты гистамина.
13. Биологические эффекты дофамина.
14. Биологические эффекты адреналина и норадреналина.

15. Биологические эффекты ГАМК.
16. Биологические эффекты глицина.
17. Биологические эффекты глутамата.
18. Биологические эффекты опиоидных пептидов.
19. Биологические эффекты пуринов.
20. Биологические эффекты монооксида азота (NO).
21. Биологические эффекты газообразных нейромодуляторов (CO и H_2S).
22. Объёмная передача сигнала и её факторы.
23. Эволюция синаптической передачи.
24. Старение нейронов и синапсов.
25. Модельные объекты нейробиологии.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Понятие о межклеточной коммуникации: основные принципы и типы взаимодействий между клетками.
2. Эволюция межклеточной коммуникации. Гипотеза полигенеза нервной ткани.
3. Контакты, обеспечивающие герметизацию отсеков межклеточного пространства и механическое единство тканей. Их строение и распространение в организме.
4. Строение и функциональные особенности щелевых контактов.
5. Структурно-функциональная организация химических синапсов.
6. Классификация и основные типы химических синапсов.
7. Смешанные синапсы.
8. Избирательный перенос веществ через плазмолемму. Белки переносчики и канальные белки.
9. Перенос посредством транспортных белков: унипорт, симпорт, антипорт.
10. Важнейшие мембранные транспортеры клетки: Na^+/Ca^{2+}, Na^+/H^+, Na^+/Cl^- обменники и другие.
11. Строение, рабочий цикл и выполняемые функции Na^+-K^+-АТФазы.
12. Классификация ионных каналов плазмолеммы.
13. Натриевые каналы возбудимых мембран: их подтипы, молекулярная организация, регуляция работы.
14. Калиевые каналы возбудимых мембран: их подтипы, молекулярная организация, регуляция работы.
15. Кальциевые каналы возбудимых мембран: их подтипы, молекулярная организация, регуляция работы.
16. Хлорные и неселективные ионные каналы возбудимых мембран: их подтипы, молекулярная организация, регуляция работы.
17. Мембранный потенциал и способы его измерение. Микроэлектродная техника.

18. Электрические свойства мембраны. Сопротивление и ёмкость.
19. Вольт-амперная характеристика мембраны: задержанное и аномальное выпрямление.
20. Постоянная времени и длины мембраны.
21. Пассивное и активное распространение тока по нервному волокну. Преимущества активного распространения.
22. Нейронная интеграция: временная и пространственная суммация.
23. Потенциал равновесия и ионные основы его формирования. Уравнения Нернста и Гольдмана.
24. Развитие и временная динамика потенциала действия.
25. Распространение потенциала действия по нервному волокну.
26. Ионные токи при потенциале действия, их динамика и способы разделения.
27. Экспериментальная проверка ионной гипотезы Ходжкина-Хаксли.
28. Ионные токи через одиночные каналы. Метод локальной фиксации потенциала (patch clamp) и его модификации.
29. Синаптические потенциалы, связанные с увеличением проводимости мембраны. Ионные механизмы их опосредующие.
30. Синаптические потенциалы, связанные с уменьшением проводимости мембраны. Ионные механизмы их опосредующие.
31. Высвобождения нейромедиатора при деполяризации. Роль ионов кальция.
32. Квантовый характер высвобождения медиатора.
33. Расчет квантового выхода и способы его оценки. Эффективность си
34. Морфологические корреляты квантового выхода и везикулярная гипотеза высвобождения медиатора.
35. Молекулярные основы выделения медиатора: SNARE гипотеза.
36. Электротонические синапсы двустороннего и одностороннего проведения. Коэффициент связи.
37. Передача возбуждения в электрохимических (смешанных) синапсах: возбуждающие и тормозные электрохимические синапсы.
38. Кратковременные изменения в синапсах: синаптическое облегчение, депрессия и усиление, посттетаническая потенциация. Механизмы их реализации.
39. Долговременные изменения в синапсах: долговременная потенциация и депрессия. Молекулярные механизмы, опосредующие их протекание.
40. Пути передачи сигнала через мембрану клетки.
41. Тирозин-киназные рецепторы. Каскадное фосфорилирование протеинкиназ.
42. Рецепторы, связанные с G белками. Их молекулярная структура. Понятие о метаботропных рецепторах.
43. Система G белков, их субъединичное строение и механизм активации. Классификация G белков.

44. Аденилатциклазная система вторичных внутриклеточных посредников.
45. Фосфолипаза С и инозитолфосфатная система вторичных внутриклеточных посредников.
46. Свободный кальций как вторичный посредник. Кальций связывающие белки.
47. Общая характеристика рецепторов. Кривая «доза-эффект».
48. Агонисты (полные и неполные) и антагонисты (конкурентные и необратимые). Химический и физиологический антагонизм.
49. Экспериментальные методы, используемые при исследовании функций сигнальных молекул: методы биоанализа, изучения поведения животных.
50. Методы, используемые для идентификации нейромедиаторных систем: радиоизотопный анализ, микродиализ, электро-химические и иммуногистохимические методы, гибридизация *in situ*.
51. Количественные методы в нейрофизиологии: аффинная и высокоэффективная жидкостная хроматография.
52. Функционирование клеток на молекулярном уровне: FRET, рентгеноструктурный анализ, биоинформационные методы.
53. Критерии идентификации нейромедиаторов.
54. Отличительные особенности нейромодуляторов.
55. Классификация нейромедиаторов и нейромодуляторов.
56. Концепция объёмной и проводниковой передачи сигнала.
57. Особенности паракринного действия сигнальных молекул. Типы межклеточных сигналов.
58. Клеточная организация мозга и его основные системы: иерархическая и диффузная.
59. Кислотно-основное равновесие (pH), температура, активные формы кислорода как факторы объёмной передачи сигнала.
60. Ацетилхолинергическая система: локализация в организме и метаболизм.
61. Ацетилхолинергическая система: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
62. Гистаминергическая система: локализация в организме и метаболизм.
63. Гистаминергическая система: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
64. Серотонинергическая система: локализация в организме и метаболизм.
65. Серотонинергическая система: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
66. Дофаминергическая система: локализация в организме и метаболизм.
67. Дофаминергическая система: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.

68. Норадреналин и адреналинергические системы: локализация в в организме и метаболизм.
69. Норадреналин и адреналинергические системы: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
70. Возбуждающие аминокислоты: локализация в организме и метаболизм.
71. Возбуждающие аминокислоты: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
72. ГАМКергическая система: локализация в организме и метаболизм.
73. ГАМКергическая система: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
74. Глицинергическая система: локализация в организме и метаболизм.
75. Глицинергическая система: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
76. Общая характеристика и особенности метаболизма нейропептидов.
77. Система быстрого и медленного аксонного транспорта, его молекулярные механизмы.
78. Основные биологически значимые группы нейропептидов: тахикинины и вещество Р. Локализация в организме, рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
79. Основные биологически значимые группы нейропептидов: опиоидные пептиды. Локализация в организме, рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
80. Основные биологически значимые группы нейропептидов: галанин, нейротензин, нейропептид Y. Локализация в организме, рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
81. Эйкозаноиды и анандамид. Локализация в организме, метаболизм, рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
82. Внеклеточные АТФ и аденозин: рецепторы к пуринам и пиримидинам, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
83. Газообразные нейромодуляторы: монооксиды азота (NO): локализация нитрергических нейронов в ЦНС, метаболизм NO, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
84. Газообразные нейромодуляторы: монооксид углерода (CO), сульфид водорода (H_2S). Особенности их действия.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Биофизика	Биохимии	Отсутствуют	Утвердить согласование (протокол № 5 от 19 ноября 2020 г.)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
на _____/_____ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

_____ _____ _____
(ученая степень, ученое звание) (подпись) (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ _____ _____
(ученая степень, ученое звание) (подпись) (И.О.Фамилия)