

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Декан биологического факультета
В.В. Лысак

« 27 » мая 2011 г.

Регистрационный № УД- 332/29 р.

Физиология межклеточной коммуникации

Учебная программа (рабочий вариант) для специальности:

1-31 01 01 Биология

специализаций 1-31 01 01-01 04 и 1-31 01 01-02 04 Физиология человека и животных

Факультет биологический
(название факультета)

Кафедра физиологии человека и животных
(название кафедры)

Курс (курсы) 4

Семестр (семестры) 7

Лекции 26 Экзамен 7
(количество часов) (семестр)

Практические (семинарские) занятия Зачет
(количество часов) (семестр)

Лабораторные занятия 10 Курсовой проект (работа)
(количество часов) (семестр)

КСР 4
(количество часов)

Всего аудиторных часов по дисциплине 40
(количество часов)

Всего часов по дисциплине 102
(количество часов)

Форма получения высшего образования дневная

Составил А.В. Сидоров, канд. биол. наук, доцент
(И.О., Фамилия, степень, звание)


2011 г.

Учебная программа составлена на основе учебной программы «Физиология межклеточной коммуникации», 18.03.2011 г, регистрационный № УД-4052/уч.
(название типовой учебной программы (учебной программы (см. разделы 5-7 Порядка)), дата утверждения, регистрационный номер)

Рассмотрена и рекомендована к утверждению на заседании кафедры
физиологии человека и животных
(название кафедры)

17.05.2011 г., протокол № 16
(дата, номер протокола)

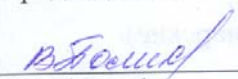
Заведующий кафедрой

 А.Г. Чумак
(подпись) (И.О.Фамилия)

Одобрена и рекомендована к утверждению учебно-методической комиссией
биологического факультета

26.05.2011 г., протокол № 11
(дата, номер протокола)

Председатель

 В.Д. Поликсенова
(подпись) (И.О.Фамилия)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Современный этап развития физиологии предполагает глубокое и всестороннее изучение молекулярно-клеточных основ жизнедеятельности. Следует заметить, что элементарные механизмы, опосредующие функционирование организма на клеточном уровне, остаются практически неизменными в ходе эволюции органического мира. При этом вопросы, связанные с природой межклеточных взаимодействий занимают ключевую позицию при изучении процессов координации и интеграции функций, обработке и передаче информации в нервной системе. Несомненно, что знание основ межклеточных взаимодействий необходимо для становления студента-биолога как самостоятельного исследователя и педагога. Заметим, что огромное число современных научных разработок так или иначе связано с изучением механизмов действия сигнальных веществ (фармпрепараты, ростовые и трофические факторы и т.п.).

В курсе «Физиология межклеточной коммуникации» изложены современные представления о природе межклеточных контактов, способах обмена информацией между клетками. Особое внимание уделено физиологии нервных клеток и синапсов, учитывая примат нервной системы в регуляции физиологических функций. В курсе затрагиваются, также, вопросы, касающиеся медиаторных систем центральной нервной системы. Особенностью программы является широкое использование сведений из области молекулярной биологии, а также данных биофизики.

Цель курса – подготовить студента к самостоятельной работе в области клеточной физиологии. В связи с этим основными **задачами курса** являются:

- познакомить студентов с современными представлениями о структурно-функциональной организации сигнальных систем организма на клеточном уровне;
- дать представление о клеточных и молекулярных механизмах, обеспечивающих передачу информацией между клетками;
- познакомить обучаемых с методическими приёмами и подходами, применяемыми для оценки эффективности межклеточной коммуникации, её качественных и количественных сторон.

В результате изучения дисциплины обучаемый 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

уметь:

- дать описание строения синаптических контактов;
- определять электрические сигналы нервных клеток;
- оценивать степень изменения эффективности синаптической передачи.

Программа составлена с учетом межпредметных связей и программ по смежным дисциплинам (цитологии и гистологии, биохимии, биологии индивидуального развития, физиологии человека и животных, молекулярной биологии и биофизики).

Программа курса основана на его объеме в 102 часа, из которых 40 часов аудиторных, из них 26 – лекционные часы, 10 – лабораторные занятия и 4 – контролируемая самостоятельная работа студентов, 62 часа отводится для самостоятельной работы. Глубокие знания физиологии межклеточной коммуникации закладывают основу научного мировоззрения, составляют фундамент медицинских исследований, необходимы для понимания функционирования организма животных.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА ПРОГРАММЫ

I. ВВЕДЕНИЕ

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

Основные направления эволюции межклеточной коммуникации. Гипотеза полигенеза нервной ткани.

II. СТРОЕНИЕ МЕЖКЛЕТОЧНЫХ КОНТАКТОВ

Типы межклеточных контактов. Плотные контакты, обеспечивающие герметизацию отсеков межклеточного пространства. Их строение и распространение среди тканей организма. Контакты, обеспечивающие механическое единство тканей: рыхлые (простые) контакты, десмосомы и полудесмосомы. Их структурно-функциональная организация. Контакты, обеспечивающие коммуникацию между клетками.

Щелевые контакты. Распространение в организме. Строение коннексона. Характеристика и классификация коннексинов.

Структурно-функциональная организация синапсов: пре- и постсинаптические части. Синапсы 1-го (ассиметричные) и 2-го (симметричные) типа. Виды синаптических соединений. Строение синапсов со смешанным (электро-химическим) механизмом передачи сигнала. Понятие о дендритном шипиковом аппарате, волокнах *en passant*, ленточных синапсах. Корреляция между ультраструктурой синапса и типом используемого нейромедиатора.

III. ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ

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

Различия во вне- и внутриклеточной концентрации биологически значимых ионов: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- .

Виды транспорта: пассивный и активный. Перенос посредством транспортных белков: унипорт, симпорт, антипорт. Важнейшие мембранные транспортеры клетки: $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, Na^+/H^+ , Na^+/Cl^- обменники и другие. Системы активного транспорта. Na^+-K^+ -АТФаза – рабочий цикл, контроль активности, молекулярное строение, функции. Ca^{2+} -АТФазы внутриклеточных оргanelл и плазматической мембраны – рабочий цикл и выполняемые функции. Ионные каналы плазмолеммы. Методы их изучения. Понятие об избирательности (селективности) и управляемости канала. Активируемые натяжением, управляемые напряжением и лиганд-управляемые каналы. Принципы их работы. Основные каналы возбудимых мембран: натриевые, калиевые, кальциевые, хлорные и неселективные ионные каналы. Их подтипы, молекулярная организация, регуляция работы.

IV. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ КЛЕТОК

Мембранный потенциал. Его измерение (работы Ходжкина и Хаксли, Кёртиса и Коула). Микроэлектродная техника. Де- и гиперполяризация мембраны (выходящий и входящий электрический ток). Электротонический потенциал и потенциал действия. Возбуждающий и тормозный постсинаптические потенциалы. Электрические свойства мембраны. Сопротивление и ёмкость. Вольт-амперная характеристика мембраны: задержанное и аномальное выпрямление. Общий ток через мембрану. Постоянная времени и длины. Пассивное и активное распространение тока по нервному волокну. Преимущества активного распространения электрического сигнала.

Взаимодействие синапсов: временная и пространственная суммация. Их роль в нейронной интеграции.

V. ИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ МЕМБРАННОГО ПОТЕНЦИАЛА И ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ

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. Распространение 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.

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.

VI. МЕХАНИЗМЫ СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛА

Пресинаптические механизмы. Деполяризация нервного окончания как начальный этап высвобождения нейромедиатора. Роль ионов кальция при деполяризации. Понятие о синаптической задержке.

Квантовый характер высвобождения медиатора. Миниатюрные потенциалы концевой пластинки нервно-мышечного соединения. Распределение их амплитуд, вызванных одиночной стимуляцией пресинаптического волокна. Расчет квантового выхода. Способы его оценки. Понятие об эффективности синапса. Морфологические корреляты квантового выхода. Везикулярная гипотеза высвобождения медиатора. Мобилизация, разрядка и рециклизация синаптических пузырьков. Молекулярные основы выделения медиатора. SNARE гипотеза. Белки, опосредующие слияние мембран: синаптобревин, синтаксин, синаптогамин.

Постсинаптические механизмы. Синаптические потенциалы (возбуждающие и тормозные), связанные с изменением (увеличением и уменьшением) проводимости мембраны. Ионные механизмы их опосредующие. Эквивалентные электрические схемы прямой и непрямой синаптической передачи.

Электротоническая передача. Электротонические синапсы двустороннего и одностороннего проведения. Коэффициент связи. Электрохимические (смешанные) синапсы. Структурная организация и принципы функционирования. Возбуждающие и тормозные электрохимические синапсы.

Эффективность синаптической передачи. Кратковременные изменения в синапсах: синаптическое облегчение, депрессия и усиление. Посттетаническая потенциация. Механизмы их реализации. Долговременные изменения в синапсах: долговременная потенциация и депрессия. Молекулярные механизмы, опосредующие их протекание.

Регуляция работы электротонических синапсов.

VII. СИГНАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ ВЕЩЕСТВ

Принципы межклеточной передачи сигнала. 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 метаболитные рецепторы). Тирозин-киназные рецепторы. 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.

Системы вторичных внутриклеточных посредников. Аденилатциклазная система. Фосфолипаза C и инозитолфосфатная система. Их молекулярная организация. Свободный кальций как вторичный посредник. Кальций связывающие белки – кальмодулин. Преимущества, связанные с использованием систем вторичных посредников.

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.

Экспериментальные методы, используемые при исследовании функций сигнальных молекул. Методы биоанализа. Изучение поведения животных: понятие об условных рефlekсах, габитуации и сенситизации. Методы, используемые для идентификации нейромедиаторных систем: радиоизотопный анализ,

микродиализ, электро-химические и иммуногистохимические методы, гибридизация *in situ*, FRET, двух- и мультифотонная флуоресценция. Количественные методы в нейрофизиологии: аффинная и высокоэффективная жидкостная хроматография. Рентгеноструктурный анализ. Биоинформационные методы.

Критерии идентификации нейромедиаторов. Физиологическая и фармакологическая идентичность. Отличительные особенности нейромодуляторов. Классификация нейромедиаторов и нейромодуляторов.

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 (рН), температура и свободные радикалы как факторы объёмной передачи сигнала.

VIII. НЕЙРОМЕДИАТОРЫ

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.

Аминокислоты как нейромедиаторы. Возбуждающие (глутамат, аспарат) и тормозные (γ -аминомасляная кислота, глицин) аминокислоты. Локализация в ЦНС млекопитающих, метаболизм, рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.

IX. 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 P, 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.

Пурины и пиримидины. Роль внеклеточных АТФ и аденозина в регуляции процессов межклеточной коммуникации. Рецепторы к пуринам и пиримидинам, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.

Газообразные нейромодуляторы: монооксиды азота (NO) и углерода (CO), сульфид водорода (H₂S). Особенности их действия. Локализация нитергических нейронов в ЦНС млекопитающих, метаболизм монооксида азота, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.

№ п/п	Наименование разделов, тем	Количество часов				
		Аудиторные				Самост. работа
		Лекции	Практич., семинар.	Лаб. занятия	КСР	
1.	Принципы межклеточной коммуникации. Строение межклеточных контактов	2		2		4
2.	Транспорт веществ через мембрану	2				4
3.	Электрические сигналы клеток	2		2		8
4.	Ионные механизмы формирования мембранного потенциала и потенциала действия	2			2	6
5.	Механизмы синаптической передачи сигнала	4		6		12
5.1	<i>Пресинаптические механизмы передачи сигнала</i>	2				8
5.2	<i>Постсинаптические механизмы передачи сигнала</i>	2				4
6.	Сигнальные механизмы действия веществ	2				4
7.	Нейромедиаторы	8			2	16
7.1	<i>Общий обзор нейромедиаторов и нейромодуляторов</i>	2				2
7.2	<i>Нейромедиаторы: ацетилхолин, гистамин и серотонин</i>	2				6
7.3	<i>Нейромедиаторы: катехоламины и аминокислоты</i>	4				8
8.	Нейромодуляторы	4				8
8.1	<i>Нейропептиды, производные жирных кислот, пурины и пиримидины</i>	2				4
8.2	<i>Газообразные нейромодуляторы и объёмная передача сигнала</i>	2				4
		26		10	4	62

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	контролируемая самостоятельная работа студента			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Принципы межклеточной коммуникации. Строение межклеточных контактов. Эндокринная, паракринная и нейронная передача сигнала. Элементы эволюции межклеточной коммуникации. Организация и структурные особенности плотных контактов, десмосом, щелевых контактов, химических и электрохимических синапсов.	2		2		Презентация (эпидиаскоп), рисунки и схемы на доске	ЛО 1–4; ЛД 13, 20, 24.	
2.	Транспорт веществ через мембрану. Транспортные свойства мембраны. Виды транспорта. Активный и пассивный транспорт. Основные ионные каналы возбудимых мембран.	2				Презентация (эпидиаскоп), рисунки и схемы на доске	ЛО 1–4; ЛД 10, 15, 22, 23.	
3.	Электрические сигналы клеток. Типы электрических сигналов. Электрические свойства мембран нейронов (сопротивление и ёмкость). Постоянные времени и длины мембраны. Взаимодействие синапсов: временная и пространственная суммация.	2		2		Презентация (эпидиаскоп), рисунки и схемы на доске	ЛО 1–4; ЛД 7–9, 11, 12.	
4.	Ионные механизмы формирования мембранного потенциала и потенциала действия. Потенциал покоя и потенциал действия. Ионная гипотеза Ходжкина и Хаксли. Её экспериментальная проверка. Ионные токи и их регистрация. Распространение потенциала действия.	2			2	Презентация (эпидиаскоп), рисунки и схемы на доске	ЛО 1–4; ЛД 8, 9, 15, 16, 19, 23, 24.	зачет

5.	Механизмы синаптической передачи сигнала.	4		6		Презентация (эпидиаскоп), рисунки и схемы на доске	ЛО 1–4; ЛД 6, 9, 20, 24.	
5.1	<i>Пресинаптические механизмы передачи сигнала.</i> Квантовая гипотеза высвобождения нейромедиатора. Морфологические корреляты и молекулярные основы квантового выхода медиатора.	2						
5.2	<i>Постсинаптические механизмы передачи сигнала.</i> Синаптические потенциалы, связанные с изменением проводимости мембраны. Электротонические и электрохимические синапсы.	2					ЛО 1–4; ЛД 6, 9, 18, 20, 21, 24.	
6.	Сигнальные механизмы действия веществ. Пути передачи сигналов через мембрану. G белки. Системы вторичных посредников. Общая характеристика рецепторов.	2				Презентация (эпидиаскоп), рисунки и схемы на доске	ЛО 1–4; ЛД 5, 10, 22.	
7.	Нейромедиаторы.	8			2	Презентация (эпидиаскоп), рисунки и схемы на доске	ЛО 1–4; ЛД 5, 17, 20, 24.	зачет
7.1	<i>Общий обзор нейромедиаторов и нейромодуляторов.</i> Действие веществ синаптической направленности. Методы исследования медиаторов. Критерии идентификации и классификация основных нейромедиаторов и нейромодуляторов.	2						
7.2	<i>Нейромедиаторы: ацетилхолин, гистамин и серотонин.</i> Метаболизм, рецепторы и передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.	2					ЛО 1–4; ЛД 5, 6, 20, 24	
7.3	<i>Нейромедиаторы: катехоламины и аминокислоты.</i> Метаболизм, рецепторы и передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.	4					ЛО 1–4; ЛД 5, 20, 24.	
8.	Нейромодуляторы.	4				Презентация (эпидиаскоп), рисунки и схемы на доске	ЛО 1–4; ЛД 5, 10.	
8.1	<i>Нейропептиды, производные жирных кислот, пурины и пиримидины.</i> Общая характеристика и особенности метаболизма некоторых нейропептидов. Производные жирных кислот, внеклеточные пурины и пиримидины как нейромодуляторы.	2						
8.2	<i>Газообразные нейромодуляторы и объёмная передача сигнала.</i> Концепции объёмной и проводниковой передачи сигнала. Клеточная организация мозга и типы межклеточных сигналов. Температура и рН как факторы объёмной передачи сигнала. Газообразные нейромодуляторы: NO, CO, H ₂ S.	2					ЛО 1–4; ЛД 5, 22.	

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

Основная и дополнительная литература

№№ п/п	Список литературы	Год издания
Основная (ЛО)		
1.	<i>Николс Дж. Г.</i> От нейрона к мозгу / Дж. Г. Николс, А. Р. Мартин, Б. Дж. Валлас, П. А. Фуке. М.: Едиториал УРСС, 2003.– 672 с.	2003
2.	<i>Сидоров А. В.</i> Физиология межклеточной коммуникации / А. В. Сидоров. Минск: БГУ, 2008.– 215 с.	2008
3.	Neurotransmitters, Drugs and Brain Function / Ed. R.A. Webster. Chichester: J. Wiley and Sons Ltd., 2001. – 520 p.	2001
4.	<i>von Bohlen und Halbach O.</i> Neurotransmitters and Neuromodulators / O. von Bohlen und Halbach, R. Dermietzel. Darmstadt: Wiley-VCH Verlag GmbH Weinheim, 2002. – 285 p.	2002
Дополнительная (ЛД)		
5.	Базисная и клиническая фармакология: В 2-х томах. Т. 1. / Под ред Б. Г. Катцунг. М-СПб.: Бином-Невский диалект, 2000. – 608 с.	2000
6.	<i>Катц Б.</i> Нерв, мышца и синапс / Б. Катц. М.: Мир, 1969. – 220 с.	1969
7.	<i>Костюк П. Г.</i> Микроэлектродная техника / П. Г. Костюк. К.: Наук. думка, 1960. –126 с.	1960
8.	<i>Костюк П. Г.</i> Механизмы электрической возбудимости нервной ткани / П. Г. Костюк, О. А. Крышталь. М.: Наука, 1981. – 204 с.	1981
9.	<i>Кэндел Э.</i> Клеточные основы поведения / Э. Кэндел. М.: Мир, 1980. – 599 с.	1980
10.	<i>Марри Р.</i> Биохимия человека: В 2-х томах. Т. 1. / Р. Марри, Д. Греннер, П. Мейес, В. Родуэлл. М.: Мир, 1993. – 384 с.	1993
11.	<i>Магура И. С.</i> Проблема электрической возбудимости нейрональной мембраны / И. С. Магура. К.: Наук. думка, 1981. – 208 с.	1981
12.	<i>Пёрвис Р.</i> Микроэлектродные методы внутриклеточной регистрации и ионофореза / Р. Пёрвис. М.: Мир, 1983. – 208 с.	1983
13.	<i>Сахаров Д. А.</i> Генеалогия нейронов / Д. А. Сахаров. М.: Наука, 1974. – 183 с.	1974
14.	<i>Сидоров А. В.</i> Строение и функции синапсов / А. В. Сидоров. Минск: БГУ, 2010.– 23 с.	2010
15.	Физиология человека: В 3-х томах. Т. 1. / Под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. М.: Мир, 1996. – 323 с.	1996
16.	<i>Ходжкин А.</i> Нервный импульс / А. Ходжкин. М.: Мир, 1965. – 108 с.	1965
17.	<i>Хухо Ф.</i> Нейрохимия: основы и принципы / Ф. Хухо. М.: Мир, 1990. – 384 с.	1990
18.	<i>Шмидт-Ниельсен К.</i> Физиология животных. Приспособление и среда. В 2-х кн. Кн. 2 / К. Шмидт-Ниельсен. М.: Мир, 1982. – 384 с.	1982
19.	<i>Экклс Дж.</i> Физиология нервных клеток / Дж. Экклс. М.: Изд-во ин. лит., 1959. – 299 с.	1959
20.	<i>Экклс Дж.</i> Физиология синапсов / Дж. Экклс. М.: Мир, 1966. – 395 с.	1966
21.	<i>Экклс Дж.</i> Тормозные пути центральной нервной системы / Дж. Экклс. М.: Мир, 1971. – 168 с.	1971
22.	<i>Alberts B.</i> 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.	1998
23.	<i>Hille B.</i> Ionic channels of excitable membranes / B. Hille. Sunderland, Mass.: Sinauer Assoc., 1992. – 607 с.	1992
24.	<i>Kandel E. R.</i> Principles of neural science / E. R. Kandel, J. H. Schwartz, T. M. Jessel. New York: Prentice Hall, 2000.	2000

ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

(2 ч. каждое)

1. Клеточная организация мозга. Строение межклеточных контактов.
2. Электрические свойства мембраны нейронов.
3. Электротоническая передача сигнала.
4. Химическая синаптическая передача сигнала. Физиологическая роль Ca^{2+} .
5. Модуляция работы электрических и химических синапсов.

КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

(темы)

1. Электрические сигналы клеток.
2. Нейромедиаторные и нейрмодуляторные системы организма.

СТРУКТУРА РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА:

Определяется по формуле (минимум 4, максимум 10 баллов):

$$\text{Итоговая оценка} = A \times 0,2 + B \times 0,8$$

где A – средний балл по КСР,

B – экзаменационный балл

Итоговая оценка выставляется только в случае успешной сдачи экзамена (4 балла и выше)

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
1.			

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
на ____ / ____ учебный год**

№№ ПП	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № ____ от _____ 200_ г.)

Заведующий кафедрой

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

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

¹ При наличии предложений об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине

