

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.И. Чуприс

« 05 » июня 2019 г.

Регистрационный № УД-7143/уч.

Neurobiology

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 80 01 Biology

Профилизация Molecular Cell Biology

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 01-2019 и учебного плана УВО № G 31a-092/уч. 2019 г., утвержденного 11.04.2019 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

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

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.В. Демидчик, профессор кафедры клеточной биологии и биоинженерии растений, декан биологического факультета Белорусского государственного университета, доктор биологических наук, доцент;

В.М. Рубахова, ведущий научный сотрудник лаборатории нейрофизиологии ГНУ «Институт физиологии» НАН Беларуси, кандидат биологических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физиологии человека и животных
(протокол № 22 от 24 июня 2019 г.);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 5 от 28 июня 2019 г.)

Зав. кафедрой физиологии
человека и животных,
д-р биол. наук, проф.



А.Г. Чумак

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – подготовить обучаемого к самостоятельной работе в области нейробиологии, сформировать у него систему современных представлений о физиологии нервной системы.

Задачи учебной дисциплины:

- 1) познакомить студентов с современными представлениями о структурно-функциональной организации нервной системы на анатомическом, гистологическом, клеточном уровнях;
- 2) дать представление о клеточных и молекулярных механизмах, обеспечивающих передачу информации между клетками;
- 3) познакомить студентов с основными интегративными механизмами в центральной нервной системе;
- 4) познакомить обучающихся с методическими приёмами и подходами, применяемыми при исследовании функций нервной системы в организме позвоночных и беспозвоночных животных.

Место учебной дисциплины в системе подготовки магистра

Учебная дисциплина относится к компоненту учреждения высшего образования учебного плана и входит учебный модуль «Нейробиология и иммуногенетика».

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

Учебная программа составлена с учётом межпредметных связей с учебной дисциплиной «Клеточная биология», «Практикум по клеточной и молекулярной биологии».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Нейробиология» совместно с учебной дисциплиной «Иммуногенетика» должно обеспечить формирование специализированной компетенции (СК-2) «Быть способным разрабатывать современные проблемы высшей нервной деятельности, применять на практике знания интегративных функций центральной нервной системы для анализа поведенческой активности животных и человека, характеризовать молекулярные основы иммуногенетики и лечения иммунных заболеваний человека».

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- структурно-функциональную организацию нервной системы позвоночных (человека) и модельных беспозвоночных;
- ионные механизмы, опосредующие электрические сигналы клеток и синаптическую передачу сигнала;

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

- клеточные механизмы, опосредующие реализацию интегративных функций мозга (обработка зрительных, слуховых, соматосенсорных сигналов)

уметь:

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

- использовать знание интегративных функций центральной нервной системы для анализа поведенческой активности животных и человека.

владеть:

- навыками работы с микроскопической техникой для оценки морфологических характеристик нервных клеток;

- основами микроэлектродных методов исследования электрической активности нервных клеток;

- методиками анализа электрической активности нейронов и изучения поведения животных.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 1-м семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Neurobiology» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 198 часов, в том числе 54 аудиторных часа, из них: лекции – 24 часа, практические занятия – 18 часов, управляемая самостоятельная работа (ДО) – 12 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Форма текущей аттестации – экзамен.

CONTENT OF EDUCATIONAL MATERIAL

Part 1. INTRODUCTION

The development of Neurobiology and Neuroscience: a brief historical overview. Neuron doctrine and its revision. The main principles underlying cell-to-cell communication: signaling with and without receptors. Types of interactions based on the humoral regulation: endocrine, paracrine and neural signaling. Interactions based on direct contact between cells. Evolution of intercellular communication. Polygenesis of the nerve tissue. Evolution of the nervous system: diffuse, diffuse-nodular, nodular (ladder circuit and chain type, spread-ganglion type) and tubular types.

Part 2. NEUROMORPHOLOGY

Topic 2.1 Ultrastructure of neurons

Neuronal body and its specific organelles: nuclei polyploidization (magnitude differences in the neuronal sizes), Nissl bodies structure, neurofilaments and their proteins, pigment granules. Axon structure: axon hillock and its molecular organization, axonal transport (microtubules, microfilaments, motor proteins, fast and slow transport). Arborization pattern, specialization and fine structure of dendritic spines. Structural dendritic plasticity. Problems of neuronal classification: neuronal passport system or “periodic system of neurons”? How many neurons and how different they are? Neuronal cell types. Functional specification and molecular diversity. Reflex arc and central pattern generator paradigm. Origin of the nervous system.

Topic 2.2. Structure and functions of glial cells

Classification of glial cell types. Astrocytes: heterogeneity, structure and function. Brain microarchitecture and blood-brain barrier structure. Ependymocytes morphology. Oligodendrocytes and Schwann Cells: the myelin sheaths, its structure and development, salutatory nerve conduction (invertebrates vs vertebrates). Nerve fibers: types and classification.

Topic 2.3. Cell contacts and Electrical synapses

Types of cell contacts and their molecular architecture: tight and adherens junctions, desmosomes. Gap junctions as electrical synapses. Connexons membrane topology and molecular organization. Gap junction proteins: connexins, innexins and pannexins. Regulation of gating properties: homo- and heterotypic channels. Functions of gap junction channels (hemichannels).

Topic 2.4. Chemical synapses

Presynaptic elements: active zone and synaptic vesicles. Postsynaptic density and its molecular organization. Synaptic cleft and its structure: difference between excitatory and inhibitory synapses. Classification of central synapses: structural

(symmetrical vs asymmetrical) and functional (excitatory vs inhibitory). Unique types of synapses: neuromuscular junctions, ribbon synapses, axonal varicosities (boutons en passant). Homotypic, heterotypic and perforated synapses – who is most authentic? Mixed synapses – interaction between chemical and electrical synapses, artefact of cell contact or self-maintained structure?

Part 3. NEUROPHYSIOLOGY

Topic 3.1. Neuronal membrane

Pumps and transporters. Passive and active transport. Uniport, symport, antiport. Plasma membrane exchangers (Na^+/H^+ , $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$, $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$). Na^+/K^+ ATPase, its molecular organization and working cycle. Voltage-gated ion channels. Molecular structure of Na^+ , K^+ and Ca^{++} channels, their diversity and gating properties (voltage sensor and transition between states). Ionic composition of extracellular and intracellular fluids.

Topic 3.2. Electrical signals of the neurons

Electrical properties of neuronal membrane (membrane resistance and capacity). Microelectrode technique. Time and length constants of a cell. Spatial and temporal summations and synaptic integration. Nernst equation, Goldman-Hodgkin-Katz equation and resting membrane potential. Transmembrane ionic currents and action potential. Patch-clamp technique. Excitatory and inhibitory postsynaptic potentials and two types of membrane permeability (increase vs decrease).

Topic 3.3. Pre-synaptic mechanisms of neurotransmission

Depolarization of nerve endings. Role of Ca^{++} ions. Synaptic delay. Quantal and non-quantal neurotransmitter release. Synaptic vesicle (SV) exocytosis and active zone proteins: SNARE and synaptic membrane protein cycle. SV recycling, “kiss-and-stay”, “kiss-and-run” pathways.

Topic 3.4. Synaptic efficiency

Heterosynaptic plasticity: presynaptic inhibition and excitation. Presynaptic inhibition and excitation. Homosynaptic plasticity: increase/decrease in synaptic strength. Short-term plasticity: depression, facilitation, posttetanic potentiation, augmentation. Residual calcium hypothesis. Long-term plasticity: long-term potentiation (LTP) and long-term depression (LTD). Their molecular mechanisms.

Part 4. NEUROPHARMACOLOGY

Topic 4.1. Receptors and intracellular signaling

Receptor theory. Signal transmembrane pathways. Intracellular receptors and their ligands. Tyrosine kinase receptors, cascade phosphorylation of protein kinases. Ionotropic and metabotropic receptors. G-proteins coupled receptors, their molecular organization and diversity. Second messengers: adenylate cyclase, phospholipase C and inositol phosphate, calcium binding proteins (calmodulin). Receptors (general

overview): “dose-effect” curve, agonists (full and partial) and antagonists (competitive and irreversible), chemical and physical antagonism. Receptors desensitization.

Topic 4.2. Neuromediators

Identification criteria. Physiological and pharmacological identity. Classification of neuromediators and neuromodulators.

Acetylcholine. Localization in the CNS, metabolism, receptors and signal transduction, biological effects. **Histamine.** Localization in the CNS, metabolism, receptors and signal transduction, biological effects. **Serotonin.** Localization in the CNS, metabolism, receptors and signal transduction, biological effects. **Catecholamines:** dopamine, norepinephrine, epinephrine. Localization in the CNS, metabolism, receptors and signal transduction, biological effects. **Aminoacids** as neurotransmitters: excitatory (glutamate, aspartate) and inhibitory (GABA, glycine). Localization in the CNS, metabolism, receptors and signal transduction, biological effects.

Topic 4.3. Neuromodulators

Neuropeptides. General overview and peculiarities of metabolism. Main groups of neuropeptides: tachykinins and substance P, opioid peptides, galanin, neuropeptide Y. Their localization in the CNS, receptors and signal transduction, biological effects. **Fatty acid derivatives.** Eicosanoids and anandamide. Their metabolism, receptors and signal transduction, biological effects. **Purines and pyrimidines.** Extracellular ATP and adenosine in cell-to-cell communication. Receptors to purines and pyrimidines, signal transduction, biological effects. Gaseous neuromodulators: nitric (NO) and carbon (CO) monoxides, hydrogen sulfide (H₂S). Peculiarities of their pharmacology. Localization of nitrergic neurons in the CNS, metabolism of nitric monoxide, signal transduction, biological effects.

Part 5. DEVELOPMENT OF THE NERVOUS SYSTEM

Embryonic development of the brain and spinal cord. Germ layers and their derivatives. Neural tube formation (cellular and molecular mechanisms). Differentiation of the neural tube at anatomical (cerebral vesicles and bends), histological and cytological levels. Synaptogenesis. Neural crest and its derivatives, pathways of neural crest cell migration. Development of the sense organs. Neurogenesis in the mature brain (adult neurogenesis). Aging of the nerve cells.

Раздел 6. BRAIN INTEGRATIVE PROPERTIES

Topic 6.1. Volume transmission

Volume and wiring transmission concepts. Paracrine signaling. Types of signals. Acid-base balance (pH), temperature, reactive oxygen and reactive nitrogen species (ROS and RNS) in volume transmission.

Topic 6.2. Neuronal networks

Different types of neuronal connection: convergence and divergence. The principle of the “final common path” by Ch. Sherrington. Interrelation of divergence and convergence. Integrative function of the neuron. Cellular organization of the brain: hierarchical and diffuse systems. Inhibition in the nervous system. Central pattern generators, their neuronal organization and operation principles. Evolution of the reflex arc and the evolution of ideas about the reflex arc. Motor and sensory systems in human brain: cortex areas (sensory, motor and associative) and their functions, interhemispheric asymmetry.

Part 7. NEUROPHYSIOLOGICAL BASIS OF BEHAVIOUR

Reflexes and instincts. Imprinting. Associative (classical and operant conditioning) and non-associative (habituation and sensitization) learning. Cellular mechanisms of memory formation and forgetting. Brain and behavior plasticity.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением 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	2	3	4	5	6	7	8	9
1	INTRODUCTION		2					
2	NEUROMORPHOLOGY						4 (ДО)	Решение задач и тестов на образовательной портале LMS Moodle
2.1	Ultrastructure of neurons	2						
2.2	Structure and functions of glial cells	2	2					
2.3	Cell contacts and Electrical synapses	2	2					
2.4	Chemical synapses	2	2					
3	NEUROPHYSIOLOGY						4 (ДО)	Тестовые задания, решение ситуационных задач на образовательной портале LMS Moodle
3.1	Neuronal membrane		2					
3.2	Electrical signals of the neurons	2						
3.3	Pre-synaptic mechanisms of neurotransmission	2						
3.4	Synaptic efficiency	2	2					
4	NEUROPHARMACOLOGY		2				2 (ДО)	Тестовые задания, решение ситуационных задач на образовательной портале LMS Moodle

4.1	Receptors and intracellular signaling	2						
4.2	Neuromediators	2						
4.3	Neuromodulators		2					
5	DEVELOPMENT OF THE NERVOUS SYSTEM	2					2 (ДО)	Тестовые задания, решение ситуационных задач на образовательной портале LMS Moodle
6	BRAIN INTEGRATIVE PROPERTIES							
6.1	Volume transmission	2						
6.2	Neuronal networks		2					
7	NEUROPHYSIOLOGICAL BASIS OF BEHAVIOUR	2						
	Total	24	18				12	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. From Neuron to Brain (5th Ed). By J.G. Nicholls, A.R. Martin, D.A. Brown, M.E. Diamond, D.A. Weisblat, P.A. Fuchs // Sinauer Associates is an imprint of Oxford University Press, 2011. – 621 p.
2. Neuroscience in the 21st Century: From Basic to Clinical. 2nd ed. / Edition by Donald W. Pfaff (Editor), Nora D. Volkow (Editor) Springer New York, 2016. –4155 p. (selected chapters only)
3. *Kandel E. R.* Principles of neural science / E. R. Kandel, J. H. Schwartz, T. M. Jessel, S.A. Siegelbaum, A.J. Hudspeth. New York: McGraw-Hill Education / Medical, 2012. – 1760 p.
4. *Hammond C.* Cellular and Molecular Neurobiology / C. Hammond. Academic Press, 2001. – 493 p.
5. *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 дополнительной литературы

1. *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.
2. *Hill, M.* UNSW Embryology / M. Hill // UNSW Embryology [Electronic resource]. 2011. Mode of access: <http://php.med.unsw.edu.au/embryology> Date of access: 15.09.2011.
3. *Hille B.* Ionic channels of excitable membranes / B. Hille. Sunderland, Mass.: Sinauer Assoc., 1992.-607 p.
4. Neurotransmitters, Drugs and Brain Function / Ed. R.A. Webster. Chichester: J. Wiley and Sons Ltd., 2001.- 520 p.
5. *Noback C. R.* The Human Nervous System: Structure and Function / Noback C. R., Ruggiero D. A., Demarest R. J., Strominger N. L. Humana Press, 2005.
6. *Sanes D. H.* Development of the Nervous System / D. H. Sanes, T. A. Reh, W. A. Harris. Academic Press, 2005.
7. *Spacek, J.* Atlas of Ultrastructural Neurocytology / J. Spacek // Atlas of Ultrastructural Neurocytology [Electronic resource]. 2018. Mode of access: <http://synapseweb.clm.utexas.edu/atlas> Date of access: 15.11.2018.
8. *Van De Graaff, K. M.* Human Anatomy / K. M. Van De Graaff. McGraw-Hill Companies, 2002.

Ресурсы интернет

1. Federations of European Neuroscience Societies <https://www.fens.org>
2. Neuroscience Online <https://nba.uth.tmc.edu/neuroscience>
3. International Brain Research Organization <https://ibro.org>

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

В качестве средств диагностики проводится контроль управляемой самостоятельной работы в виде решения задач открытого и закрытого типа, соответствующих выбранному разделу курса. Также предусмотрено промежуточное тестирование по отдельным темам учебной дисциплины.

Итоговая оценка формируется на основе оценки текущей успеваемости (с весовым коэффициентом 0,3) и экзаменационной оценки (с весовым коэффициентом 0,7). Оценка текущей успеваемости складывается из следующих составляющих:

- отметка по заданию УСР (разделы 2–5) – 20 %,
- оценка работы на практических занятиях – 40 %,
- промежуточное тестирование (средний балл) – 40 %.

Студент допускается к экзамену при условии положительной (не менее 4 баллов) оценки текущей успеваемости.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы обучающихся

Раздел 2. Структурная организация нервной ткани (4 ч.)

Решить предложенный перечень практико-ориентированных ситуационных задач. Ответить на вопросы в тестовой форме.

Форма контроля – решения заданий, представленные на образовательном портале LMS Moodle.

Раздел 3. Физиология нервных клеток и синапсов (4 ч.)

Решить предложенный перечень практико-ориентированных ситуационных задач. Ответить на вопросы в тестовой форме.

Форма контроля – решения заданий, представленные на образовательном портале LMS Moodle.

Раздел 4. Сигнальные механизмы действия веществ (2 ч.)

Решить предложенный перечень практико-ориентированных ситуационных задач. Ответить на вопросы в тестовой форме.

Форма контроля – решения заданий, представленные на образовательном портале LMS Moodle.

Раздел 5. Развитие нервной системы (2 ч.)

Решить предложенный перечень практико-ориентированных ситуационных задач. Ответить на вопросы в тестовой форме.

Форма контроля – решения заданий, представленные на образовательном портале LMS Moodle.

Примерная тематика практических занятий (2 часа каждое)

Практическое занятие № 1. Возникновение и эволюция нервной системы.
Практическое занятие № 2. Препараты нервной ткани.
Практическое занятие № 3. Передача сигналов в электрических синапсах.
Практическое занятие № 4. Морфология химических синапсов.
Практическое занятие № 5. Формирование мембранного потенциала.
Практическое занятие № 6. Электрические сигналы нервных клеток.
Практическое занятие № 7. Фармакология синаптической передачи.
Практическое занятие № 8. Модуляция синаптической передачи.
Практическое занятие № 9. Центральные генераторы ритма.

Описание инновационных подходов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется практико-ориентированный подход, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

При организации образовательного процесса также используются методы и приемы развития критического мышления, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимании информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной проблеме учебной дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка и написание рефератов, докладов, эссе и презентаций на заданные темы;
- подготовка к экзамену.

При составлении заданий УСР по учебной дисциплине необходимо предусмотреть возрастание их сложности: от заданий, формирующих достаточные знания по изученному учебному материалу на уровне узнавания, к заданиям, формирующим компетенции на уровне воспроизведения, и далее к заданиям, формирующим компетенции на уровне применения полученных знаний.

Темы реферативных работ и презентаций

1. Роль аксонного транспорта в реализации функций нейрона.
2. Дендритные шипики и их прижизненная динамика.
3. Сравнительная характеристика щелевых соединений позвоночных и беспозвоночных.
4. Молекулярная организация активной зоны синапса.
5. Трёхмерная организация пространства синаптической щели.
6. Постсинаптическая плотность и особенности её организации в синапсах разных типов.
7. Потенциалчувствительные каналы мембраны нервных клеток.
8. Методика локальной фиксации потенциала и её применение в нейрофизиологических исследованиях.
9. Неквантовая секреция нейромедиатора.
10. Ультраструктурная организация постсинаптической области.
11. Электрические синапсы и их роль в нейронной интеграции.
12. Клеточные и молекулярные основы долговременных изменений синаптической передачи.
13. Биологические эффекты ацетилхолина.
14. Биологические эффекты серотонина.
15. Биологические эффекты дофамина.
16. Биологические эффекты ГАМК.
17. Биологические эффекты глицина.
18. Биологические эффекты глутамата.
19. Биологические эффекты опиоидных пептидов.
20. Биологические эффекты пуринов.
21. Биологические эффекты монооксида азота (NO).
22. Биологические эффекты газообразных нейромодуляторов (CO и H₂S).
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. Квантовый характер высвобождения медиатора.
3. Особенности паракринного действия сигнальных молекул. Типы межклеточных сигналов.
4. Эволюция межклеточной коммуникации. Гипотеза полигенеза нервной ткани.
5. Расчет квантового выхода и способы его оценки. Эффективность синапса.
6. Клеточная организация мозга и его основные системы: иерархическая и диффузная.

7. Контакты, обеспечивающие герметизацию отсеков межклеточного пространства и механическое единство тканей. Их строение и распространение в организме.
8. Морфологические корреляты квантового выхода и везикулярная гипотеза высвобождения медиатора.
9. Кислотно-основное равновесие (pH) и температура как факторы объёмной передачи сигнала.
10. Строение и функциональные особенности щелевых контактов.
11. Белки щелевых контактов: мембранная топология и структура гена.
12. Молекулярные основы выделения медиатора: SNARE гипотеза.
13. Ацетилхолинергическая система: локализация в организме и метаболизм.
14. Структурно-функциональная организация синапсов 1-го (ассиметричные) и 2-го (симметричные) типов.
15. Шипиковый аппарат, морфология дендритных шипиков.
16. Синаптические потенциалы, связанные с увеличением проводимости мембраны. Ионные механизмы их опосредующие.
17. Ацетилхолинергическая система: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
18. Синапсы с электро-химическим механизмом передачи сигнала.
19. Синаптические потенциалы, связанные с уменьшением проводимости мембраны.
20. Гистаминергическая система: локализация в организме и метаболизм.
21. Избирательный перенос веществ через плазмолемму. Белки переносчики и каналные белки.
22. Развитие нервной системы на анатомической уровне.
23. Гистаминергическая система: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
24. Функционльная классификация нервных клеток.
25. Структурная классификация нервных клеток.
26. Перенос посредством транспортных белков: унипорт, симпорт, антипорт.
27. Клетки глии: астроциты и их функциональная роль.
28. Серотонинергическая система: локализация в организме и метаболизм.
29. Развитие нервной системы человека на гистологическом уровне.
30. Важнейшие мембранные транспортеры клетки: $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, Na^+/H^+ , Na^+/Cl^- обменники и другие.
31. Электрохимические (смешанные) синапсы. Возбуждающие и тормозные электрохимические синапсы.
32. Гематоэнцефалический барьер и его физиологическое значение.
33. Серотонинергическая система: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
34. Рабочий цикл и выполняемые функции Na^+/K^+ -АТФазы.

35. Кратковременные изменения в синапсах: синаптическое облегчение, депрессия и усиление, посттетаническая потенция. Механизмы их реализации.
36. Структурная организация миелиновой оболочки.
37. Классификация нервных волокон.
38. Дофаминергическая система: локализация в организме и метаболизм.
39. Классификация ионных каналов плазмолеммы.
40. Долговременные изменения в синапсах: долговременная потенция и депрессия. Молекулярные механизмы, опосредующие их протекание.
41. Дофаминергическая система: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
42. Нейрогенез в зрелом мозге.
43. Ультраструктурная организация синаптической щели.
44. Натриевые каналы возбудимых мембран: их подтипы, молекулярная, организация, регуляция работы.
45. Пути передачи сигнала через мембрану клетки.
46. Норадреналин и адреналинергические системы: локализация в организме и метаболизм.
47. Калиевые каналы возбудимых мембран: их подтипы, молекулярная организация, регуляция работы.
48. Тирозин-киназные рецепторы. Каскадное фосфорилирование протеинкиназ.
49. Норадреналин и адреналинергические системы: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
50. Кальциевые каналы возбудимых мембран: их подтипы, молекулярная организация, регуляция работы.
51. Рецепторы, связанные с G белками. Их молекулярная структура. Понятие о метаболитных рецепторах.
52. Возбуждающие аминокислоты: локализация в организме и метаболизм.
53. Система G белков, их субъединичное строение и механизм активации. Классификация G белков.
54. Синаптогенез и образование связей между нейронами в онтогенезе.
55. Возбуждающие аминокислоты: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
56. Мембранный потенциал и способы его измерения. Микроэлектродная техника.
57. Аденилатциклазная система вторичных внутриклеточных посредников.
58. ГАМКергическая система: локализация в организме и метаболизм.
59. Электрические свойства мембраны. Сопротивление и ёмкость.
60. Фосфолипаза C и инозитолфосфатная система вторичных внутриклеточных посредников.
61. ГАМКергическая система: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.

62. Вольт-амперная характеристика мембраны: задержанное и аномальное выпрямление.
63. Свободный кальций как вторичный посредник. Кальций связывающие белки.
64. Глицинергическая система: локализация в организме и метаболизм.
65. Постоянная времени и длины мембраны.
66. Общая характеристика рецепторов. Кривая «доза-эффект».
67. Глицинергическая система: рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
68. Пассивное и активное распространение тока по нервному волокну.
69. Преимущества активного распространения.
70. Агонисты (полные и неполные) и антагонисты (конкурентные и необратимые).
71. Контроль двигательной активности у человека.
72. Химический и физиологический антагонизм.
73. Общая характеристика и особенности метаболизма нейропептидов.
74. Временная и пространственная суммация.
75. Экспериментальные методы, используемые при исследовании функций сигнальных молекул: методы биоанализа, изучения поведения животных.
76. Центральные генераторы ритма.
77. Система быстрого и медленного аксонного транспорта, его молекулярные механизмы.
78. Нейронные сети мозжечка человека.
79. Развитие и временная динамика потенциала действия.
80. Количественные методы в нейрофизиологии: аффинная и высокоэффективная жидкостная хроматография.
81. Основные биологически значимые группы нейропептидов: опиоидные пептиды.
82. Рефлекторная дуга и её эволюционные изменения.
83. Локализация в организме, рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
84. Ассоциативные формы поведения животных.
85. Распространение потенциала действия по нервному волокну.
86. Функционирование клеток на молекулярном уровне: FRET, рентгеноструктурный анализ, биоинформационные методы.
87. Основные биологически значимые группы нейропептидов: галанин, нейротензин, нейропептид Y. Локализация в организме, рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
88. Ионные токи при потенциале действия, их динамика и способы разделения.
89. Критерии идентификации нейромедиаторов.
90. Эйкозаноиды и анандамид. Локализация в организме, метаболизм, рецепторы, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
91. Экспериментальная проверка ионной гипотезы Ходжкина-Хаксли.

92. Отличительные особенности нейромодуляторов.
93. Внеклеточные АТФ и аденозин: рецепторы к пуринам и пиримидинам, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
94. Неассоциативные формы поведения животных.
95. Ионные токи через одиночные каналы. Метод локальной фиксации потенциала (patch clamp) и его модификации.
96. Классификация нейромедиаторов и нейромодуляторов.
97. Газообразные нейромодуляторы: монооксиды азота (NO): локализация нитергических нейронов в ЦНС, метаболизм NO, передача сигнала внутрь клетки, биологические эффекты.
98. Высвобождения нейромедиатора при деполяризации. Роль ионов кальция.
99. Концепция объёмной и проводниковой передачи сигнала.
100. Газообразные нейромодуляторы: монооксид углерода (CO), сульфид водорода (H₂S). 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)
Клеточная биология	Клеточной биологии и биоинженерии растений	Изменения не требуются	Утвердить согласование без внесения изменений, протокол № 22 от 24 июня 2019 г.
Практикум по клеточной и молекулярной биологии	Клеточной биологии и биоинженерии растений Генетики Молекулярной биологии	Изменения не требуются	Утвердить согласование без внесения изменений, протокол № 22 от 24 июня 2019 г.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
