

УДК 577.25(075.8)
ББК 28.7я73
К 91

*Печатается по решению кафедры физиологии человека и животных
Академии биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского
Южного федерального университета
(протокол № 5 от 27 апреля 2021 г.)*

Рецензенты:

доцент кафедры «Биология и общая патология» Донского государственного
технического университета, кандидат биологических наук, старший научный
сотрудник *И. В. Соболева*; заведующий кафедрой физиологии человека
и животных Академии биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского
Южного федерального университета, кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник *Е. К. Айдаркин*

Кундупьян, О. Л.

К 91 Основы нейробиологии : учебник / О.Л. Кундупьян, А.С. Фомина,
М.Ю. Бибов ; Южный федеральный университет ; Донской государственный
технический университет ; Ростовский государственный медицинский уни-
верситет. — Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального
университета, 2022. — 384 с.

ISBN 978-5-9275-4062-4

Содержит полное и систематическое изложение материала, входящего в учебную
программу курса «Нейробиология», изучаемую студентами специальности «Биоло-
гия» Академии биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского Южного федерально-
го университета. Последовательно рассматриваются следующие темы: архитектура
нервной системы, нейрогенез зрелой ЦНС, роль астроглиальных клеток в ЦНС, стро-
ение и функции гематоэнцефалического барьера, особенности организации синапсов,
молекулярные механизмы внутриклеточной сигнализации в нервной ткани, нейроме-
диаторные системы мозга, механизмы сна и бодрствования, нейродегенеративные за-
болевания ЦНС. Содержит тестовые задания и ситуационные задачи. Предназначен
для студентов, которые обучаются по программам бакалавриата и магистратуры в об-
ласти физиологии, нейробиологии, психофизиологии и психоневрологии.

ISBN 978-5-9275-4062-4

УДК 577.25(075.8)
ББК 28.7я73

© Южный федеральный университет, 2022
© Кундупьян О.Л., Фомина А.С., Бибов М.Ю., 2022
© Оформление. Макет. Издательство
Южного федерального университета, 2022

Содержание

Введение.....	9
1. Архитектоника нервной системы. Основные эволюционные этапы и принципы формирования нервной системы	11
1.1. Нервная сеть кишечнополостных (Coelenterata): наиболее простой принцип организации нервной системы.....	11
1.2. Особенности организации нервной системы плоских червей (Plathelminthes): централизация и цефализация нервной системы	16
1.3. Особенности строения нервной системы кольчатых червей (Annelida) и членистоногих (Arthropoda)	18
1.4. Основные принципы организации нервной системы у хордовых (тип Chordata).....	19
1.5. Развитие нервной системы позвоночных	22
2. Роль и значение астроглиальных клеток в ЦНС	30
2.1. Общая характеристика глиальных клеток.....	30
2.2. Характеристика и функции астроцитов.....	31
2.3. Нейрон-глиальные взаимодействия.....	33
2.4. Нейроваскулярное сцепление (coupling)	36
2.5. Кальциевые волны в астроцитах	36
2.6. Синантоциты – новый подтип глии.....	39
2.7. Роль и значение астроглии при патологии головного мозга.....	41

3. Нейрогенез в зрелой ЦНС	47
3.1. Общая характеристика процесса нейрогенеза	47
3.2. Оценка процессов нейрогенеза с помощью специфических маркеров	53
3.3. Нейрогенез и микроглия	54
3.4. Регуляция процессов нейрогенеза в зрелом мозге посредством нейромедиаторов	55
3.5. Адаптивная роль нейрогенеза.....	56
4. Строение и функции гематоэнцефалического барьера	64
4.1. Общий план строения гематоэнцефалического барьера.....	64
4.2. Транспорт веществ через гематоэнцефалический барьер.....	68
4.3. Нарушения гематоэнцефалического барьера.....	69
5. Нейробиология синаптических контактов	72
5.1. Общая характеристика синаптических контактов.....	72
5.2. Электрические синапсы	73
5.3. Химические синапсы.....	76
5.4. Везикулярная гипотеза высвобождения медиатора	78
5.5. Передача возбуждения в химическом синапсе.....	83
6. Молекулярные механизмы внутриклеточной сигнализации в нервной ткани	91
6.1. GPCR-зависимые механизмы внутриклеточной сигнализации, опосредованные G-белками	92
6.1.1. Общие принципы G-белок-зависимой сигнализации	94
6.1.2. Цикл G-белков.....	97
6.1.3. Роль субъединиц G-белков в трансдукции сигнала	99
6.2. Эффекторные ферменты, ионные каналы и мембранные переносчики, модулируемые G-белками	101
6.2.1. Роль аденилатциклазы в процессах сигнализации, опосредованных G-белками	101
6.3. Фосфолипиды как источники вторичных мессенджеров.....	104
6.3.1. Роль ДАГ в качестве вторичного мессенджера.....	107

6.3.2. Роль ИФ ₃ в качестве вторичного мессенджера	108
6.3.3. Роль фосфолипазы А ₂ , арахидоната и различных метаболитов инозитола во внутриклеточной сигнализации	110
6.4. Сигнальный механизм PI3K/Akt/PKB/mTOR	111
6.5. Роль ионов Ca ²⁺ в качестве вторичных мессенджеров	112
6.5.1. Биологические эффекты Ca ²⁺ , опосредованные кальмодулином	113
6.6. Роль NO в регуляции активности гуанилатциклазы	114
6.6.1. Активация гуанилатциклазы	117
6.6.2. цГМФ-фосфодиэстераза как эффекторный фермент в формировании зрительного восприятия у позвоночных	117
6.7. Регуляция работы ионных каналов G-белками	118
6.8. Роль протеинкиназ в регуляции активности клеток нервной ткани	120
6.8.1. Строение и функции протеинкиназы А	123
6.8.2. Строение и функции Ca ²⁺ -кальмодулин-зависимых протеинкиназ	128
6.8.3. Структура и функции протеинкиназы С (PKC)	132
6.8.4. Роль тирозинкиназ в регуляции роста и дифференцировки клеток	134
6.9. Протеинфосфатазы	137
6.9.1. Строение и принципы регуляции PP-1 и кальцинейрина ...	138
6.9.2. Протеинфосфатаза-1 (PP-1)	140
6.9.3. Кальцинейрин (PP-2B)	140
6.10. Взаимодействие между различными сигнальными механизмами в нейронах головного мозга	143
6.11. Механизмы внутриклеточной сигнализации, действующие на уровне регуляции экспрессии генов	144
6.11.1. Внутриклеточные сигналы, оказывающие влияние на уровень транскрипции	148
6.11.2. Роль цАМФ и Ca ²⁺ в регуляции экспрессии генов	150
6.11.3. Транскрипционные факторы семейства AP-1	153
6.11.4. Гены немедленного раннего ответа	154
6.11.5. Регуляция гена c-fos	155
6.11.6. Регуляция гена c-jun	156
6.12. Краткое содержание главы	156

7. Механизмы бодрствования и сна	162
7.1. Механизмы медленноволнового сна	165
7.2. Механизмы быстрого сна	170
7.3. Роль мелатонина в регуляции цикла «бодрствование-сон»	173
7.4. Теории, объясняющие биологическую необходимость сна	174
7.4.1. Висцеральная теория	174
7.4.2. Биофизическая теория сна	175
7.4.3. Теория синаптического гомеостаза	176
7.5. Нарушения сна	177
8. Медиаторные системы мозга	184
8.1. Строение и функции рецепторов нейромедиаторов	187
8.2. Строение и функции ионотропных рецепторов	188
8.2.1. Строение и функции рецептора глицина	188
8.2.2. Ионотропные рецепторы пуриновых нуклеотидов	189
8.2.3. Метаботропные рецепторы, ассоциированные с G-белками: семейство рецепторов GPCR	189
8.3. Медиатор ацетилхолин. Общая характеристика	205
8.4. Ионотропные рецепторы	208
8.4.1. Строение и функции ацетилхолинового рецептора	208
8.4.2. Строение и функции нейронального рецептора nAChR	217
8.5. Мускариновый рецептор ацетилхолина (mAChR)	220
8.6. Роль ацетилхолина в механизмах памяти	221
8.7. Патология холинергической системы	222
8.8. Медиатор норадреналин	226
8.8.1. Общая характеристика норадреналина	226
8.8.2. Адренергические рецепторы	229
8.8.3. Роль норадреналина в механизмах памяти	229
8.8.4. Нарушение работы адренергической системы	230
8.9. Медиатор дофамин	234
8.9.1. Метаботропные рецепторы дофамина	236
8.9.2. Патология дофаминергической системы	237

8.10. Медиатор серотонин	241
8.10.1. Особенности строения ионотропного серотонинового рецептора 5-HT ₃	242
8.10.2. Метаботропные рецепторы серотонина	243
8.10.3. Патология серотонинергической системы	243
8.11. Медиатор ГАМК	249
8.11.1. Особенности строения и функций рецептора ГАМК _A	250
8.11.2. Метаботропный рецептор γ-аминомасляной кислоты (ГАМК _B)	252
8.11.3. Патология ГАМК-эргической системы	253
8.12. Медиатор глутамат	257
8.12.1. Строение и функции ионотропного рецептора глутаминовой кислоты (Glu)	258
8.12.2. NMDA-независимые рецепторы Glu	259
8.12.3. NMDA-зависимые рецепторы Glu	263
8.12.4. Метаботропные рецепторы глутаминовой кислоты (Glu) ..	266
8.12.5. Патология глутаматной системы	268
8.13. Гистамин	271
8.13.1. Патология гистаминергической системы мозга	272
9. Нейробиология болезни Альцгеймера	276
9.1. Общая характеристика заболевания	276
9.2. Стадии болезни Альцгеймера	277
9.3. Причины возникновения заболевания и патологическая анатомия	278
9.4. Гипотезы возникновения болезни Альцгеймера	280
9.4.1. Холиновая гипотеза	281
9.4.2. Гипотеза накопления дефектного β-амилоида и тау-белка	282
9.4.3. Кальциевая гипотеза болезни Альцгеймера – гипотеза «кальциевого дисгомеостаза»	284
9.4.4. Нарушение функции митохондрий в нейронах	287
9.4.5. Норадренергическая гипотеза – дисбаланс активации рецепторов к норадреналину	288
9.5. Роль периваскулярных пространств Вирхова – Робена в возникновении болезни Альцгеймера	289

10. Нейробиология болезни Паркинсона.....	296
10.1. Общая характеристика заболевания	296
10.2. Патологоанатомическая картина болезни Паркинсона – гибель дофаминергических нейронов.....	297
10.3. Дефектный α -синуклеин как фактор гибели дофаминергических нейронов	299
10.4. Нейрохимические нарушения при болезни Паркинсона	304
10.5. Митофагия при болезни Паркинсона.....	306
11. Нейробиология эпилепсии	315
11.1. Общая характеристика заболевания	315
11.2. Типы эпилептических расстройств	318
12. Нейробиология шизофрении	326
12.1. Общая характеристика заболевания	326
12.2. Теории возникновения шизофрении	328
12.2.1. Нейроанатомическая теория	328
12.2.2. Нейрохимическая теория.....	331
12.2.3. Гипотеза митохондриальной дисфункции.....	334
Ключи к тестовым заданиям	339
Список сокращений	343
Список использованной литературы	344