

УДК 611.018.1

ББК 28.070

Ф19

Перевод с английского *А. Анваера, Ю. Бородиной, К. Кашкина*

Фаллер Д.М., Шилдс Д.

Молекулярная биология клетки. Руководство для врачей. Пер. с англ. М.: Издательство БИНОМ. — 2017. — 256 с., ил.

Предлагаемая вниманию читателей книга американских специалистов посвящена изложению основ молекулярной биологии клетки. Особое внимание уделено строению клеточных мембран, внутриклеточных органелл, цитоскелета и митохондрий. Подробно рассматриваются процессы клеточного деления на молекулярном уровне и процессы межклеточного взаимодействия, механизмы межклеточной и внутриклеточной передачи сигналов. Достоинством книги является увязывание этих сведений с механизмами развития разнообразных врожденных, наследственных и приобретенных заболеваний и с современными методами их лечения.

Книга предназначена для студентов медицинских институтов, аспирантов, научных работников и врачей-клиницистов разных специальностей.

ISBN 978-5-9518-0436-5

© The original English language work has been

Published by Appleton & Lange, 1998

ISBN 0-8385-1384-0 (англ.)

©БИНОМ-Пресс, 2011

Научное издание

Фаллер Д.М., Шилдс Д.
МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ КЛЕТКИ.
РУКОВОДСТВО ДЛЯ ВРАЧЕЙ

Оформление *С.О. Мясниковой*
Компьютерная верстка выполнена в ООО «БИНОМ-ПРЕСС»

Зав. редакцией: *к.б.н. Е.В. Мосткова*

Корректор *Б. Б. Кузнецова*

Подписано в печать 2.12.2010. Формат 84 х 108/16. Печ. л. 16
Бумага офсетная. Печать офсетная. Дополнительный тираж 500 экз. Заказ № 1766.

ООО "Издательство БИНОМ", 2011 г.
103473, Москва, ул. Краснопролетарская 16

Отпечатано в типографии ООО «ТДДС-Столица-8».
Тел. 8 (495) 36348-84.

Предисловие к изданию на русском языке

Биология клетки или *клеточная биология* представляет собой стремительно развивающуюся область знаний, возникшую на стыке цитологии, биохимии, молекулярной биологии и биофизики всего одно-два десятилетия тому назад. Ее быстрое развитие в значительной мере обязано внедрению в биологию современных методов физики и химии, особенно электронной и световой микроскопии, методикам очистки и разделения макромолекул и субструктур клеток и определения последовательности мономеров в полимерных макромолекулах нуклеиновых кислот, белков и полисахаридов, тонкого строения липидов. Именно эти методы позволили детально охарактеризовать молекулярные основы архитектуры и состава клеток, их многообразия, образующих их составных частей, субструктур, органелл, их развития, жизнедеятельности, биогенеза и старения.

Наглядным примером достижений этой области является завершение проекта «Геном», позволившее, объединенными усилиями ученых ряда стран, установить полную последовательность нуклеотидов дезоксирибонуклеиновой кислоты, образующей геном человека. Эти сведения значительно расширили выявление и характеристику генов, кодирующих многие ферменты и другие жизненно-важные белки, что углубило понимание не только нормальных процессов жизнедеятельности, но и их нарушений, этиологии и патогенеза многих болезней, в особенности наследственных, связанных с мутациями генов и, вследствие этого, выпадением того или иного фермента, влекущего патологическое изменение соответствующего биохимического превращения и вызванные этим клинические симптомы.

Молекулярные основы структуры и функций клеток разных тканей, их субструктур, их взаимодействия, протекающих в них процессов роста, развития, размножения и гибели, патологических нарушений их жизнедеятельности определяют клинические проявления болезней и имеют важнейшее значение для диагностики и лечения. Понимание этих основ необходимо не только биологам и экспериментаторам, но и практическому врачу, наблюдающему и лечащему больного.

Предлагаемая книга известных американских специалистов Фаллера и Шилдса, возникшая на основе многолетнего опыта преподавания клеточной биологии, предназначена для врачей, студентов и аспирантов-медиков. Книга содержит современные сведения о многообразных клетках, их формировании и развитии, составных частях и органеллах клеток — ядре и субъядерных структурах — хроматине, ядрышках, ядерной оболочке, мембранах

клеток и органелл, митохондриях и производстве энергии в клетке, Эндоплазматическом ретикулуме и биосинтезе белков, их созревании и транспорте, комплексе Гольджи, организации и роли липидных и углеводных компонентов клетки, лизосомах и пероксисомах, внеклеточном матриксе и его функциях.

Отдельные главы посвящены везикулярному транспорту, митохондриям, клеточному циклу и делению клеток, цитоскелету и образующим его актиновым филаментам, микротрубочкам и промежуточным волокнам, взаимодействию клеток, адгезии и роли внеклеточного матрикса, путям передачи сигналов в клетку и в самой клетке, сигнальным путям гормонов, факторов роста и других лигандов и их рецепторам. Завершают книгу два приложения, касающиеся микроскопии, а также строения и свойств нуклеиновых кислот и аминокислот.

Весьма существенно, что материал изложен применительно к запросам врача, основное внимание уделено медицинским аспектам клеточной биологии, приводятся широкие сведения о наследственных болезнях и других расстройствах, вызываемых нарушениями различных функций, строения или метаболизма клеток. Книга богато иллюстрирована электронными микрофотографиями клеточных структур и схемами; содержит многочисленные таблицы и подробный предметный указатель. Таким образом настоящее издание может служить прекрасным пособием и справочником по медицинским аспектам молекулярных основ клеточной биологии.

Памнятуя эти сведения, врач, ставя диагноз и прибегая к лечению больного, задумается о возможных нарушениях биосинтеза тех или иных биологически важных молекул, их транспорта в клетки и внутри клеток, сигнальной системы, взаимодействия и адгезии клеток, рецепторов, связывающих гормоны, факторы роста и другие лиганды.

К сожалению, авторы недопустимо мало внимания уделяют достижениям неамериканских ученых. Так, описывая механизмы мышечного сокращения, они даже не упоминают основополагающие открытия российского ученого, академика В.А. Энгельгардта, впервые обнаружившего аденозинтрифосфатазную активность миозина и механохимическое изменение длины актомиозиновых нитей мышц при их взаимодействии с АТФ. Не упомянуты также важнейшие достижения в области биосинтеза белков и нуклеиновых кислот академиков А.Н. Белозерского и А.С. Спирина, А.А. Баева и Г.П. Георгиева. При описании окислительных процессов в клетке мы не находим сведений о выдающихся исследованиях в этой области академика В.П. Скулачева.

Академик РАН И.Б. Збарский

Содержание

Предисловие

Глава 1. Формирование различных клеточных фенотипов..... 12

Развитие научного направления.....	12	Различные фенотипы клеток четырех основных тканей	17
Фенотипы клеток млекопитающих.....	13	Регуляция экспрессии генов: краткий обзор	18
Организация клеток в ткани.....	13	Заключение.....	25

Глава 2. Молекулярное строение и функциональные компоненты клеточных мембран..... 26

Основные термины.....	26	Термодинамические законы.....	44
Значение мембран в функционировании клеток . . .	26	Два основных типа мембранных белков.....	44
Различия между мембранами.....	26	Интегральные белки перемещаются в плоскости мембраны.....	44
Белки и липиды.....	26	Интегральные белки.....	45
Важнейшие функции мембран.....	29	Белки, пронизывающие мембрану один раз (монотопные).....	45
Связь с клиникой: переливание крови и пересадка тканей.....	29	Белки, многократно пронизывающие мембрану (политопные).....	45
Строение и сборка мембран.....	30	Мембранные белки, связанные с липидами.....	45
Локализация синтеза.....	30	Белки, связанные с углеводами.....	45
Типы и функции мембранных липидов.....	31	Периферические белки.....	45
Глицерофосфолипиды (Фосфоглицериды).....	31	Цитоскелет мембраны.....	46
Сфинголипиды.....	32	Белки цитоскелета эритроцитов.....	46
Гликофинголипиды: клинические корреляция ...	33	Спектриновый цитоскелет.....	47
Холестерол.....	34	Структурная модель мембран эукариотических клеток.....	47
Функциональные свойства липидов.....	35	Поверхности мембран полярных клеток.....	48
Амфипатическая природа липидов.....	35	Апикальная поверхность клеток: специализация и различия.....	48
Организация мицелл.....	36	Апикальные поверхности клеток варианты строения.....	49
Липиды мембран формируют особую жидкую среду.....	37	Специализация мембран.....	49
Движение в плоскости мембранного бислоя.....	37	Базолатеральная поверхность эпителиальных клеток.....	49
Транслокация липидов и ее связь с функциями клетки.....	38	Поверхностные рецепторы клеточных мембран . . .	50
Мембранные липиды, участвующие в передаче сигналов.....	38	Поверхностные рецепторы: внеклеточный домен ...	50
Эйкозаноиды.....	38	Трансмембранные домены.....	50
Биосинтез простагландинов: связь с клиникой. ...	38	Монотопный трансмембранный домен.....	50
Образование арахидоновой кислоты в тромбоцитах.....	39	Цитоплазматический домен.....	50
Лейкотриеновый путь.....	39	Механизм трансмембранной передачи сигнала ...	51
Простагландины и лейкотриены: связь с клиникой.....	39	Заключение.....	52
Фосфоинозитиды.....	41	Библиография.....	53
Белково-липидная мозаика.....	42		
Мембранные белки: физические и химические свойства.....	42		

Глава 3. Структура и функции внутриклеточных органелл..... 54

Основные термины.....	54	Ядерный локализационный сигнал.....	62
Внутриклеточное движение.....	56	Роль импорта.....	62
Ноток белков: везикулярный поток.....	56	Растворение ядра и его восстановление.....	62
Клеточное ядро.....	56	Митохондрии.....	62
Синтез рибосом в ядрышке.....	58	Общая структура и функции.....	62
Ядерная оболочка.....	58	Митохондриальная ДНК.....	63
Ядерная пора и ядерной поровый комплекс	58	Наружная и внутренняя митохондриальные мембраны.....	63
Механизм ядерного импорта и экспорта.....	59	Митохондриальный матрикс.....	64

Механизм транспорта митохондриальных белков ...	64
Митохондриальные шапероны.....	64
Укладка полипептидной цепи:	
шапероны hsp60 и hsp70.....	66
Как работают шапероны.....	66
Пероксисомы.....	66
Структура и функция: корреляция с клиникой ...	66
Биогенез пероксисом.....	67
Импорт белков в пероксисомы.....	67
Основные пероксисомные болезни человека ...	69
Эндоплазматический ретикулум.....	69
Шероховатый эндоплазматический ретикулум. ...	69
Полость эндоплазматического ретикулума.....	69
Физико-химическая среда.....	69
Компоненты полости ЭПР.....	72
Задержка белков в ЭПР.....	73

Перенос белка.....	74
Обзор процесса синтеза белка: рибосомы, мРНК, сигнальные пептиды.....	74
Частица распознавания сигнала.....	75
Направленное перемещение рибосом.....	76
Механизмы переноса секреторных белков и монополярных мембранных белков.....	76
Механизмы формирования полиполярных белков. . .	77
Ядерное гликозилирование белков и липидов происходит в ЭПР.....	78
Биосинтез мембранных липидов.....	80
Механизмы сортировки и транспорта липидов ...	80
Механизмы переноса мембранных липидов.....	81
Везикулярный механизм и мономерный обмен ...	81
Библиография.....	83

Глава 4. Органеллы и везикулярный транспорт..... 84

Основные термины.....	84	Лизосома.....	97
Секреторные механизмы.....	86	Структура и функция.....	97
Изучение секреторного механизма.....	86	Уникальность лизосомных мембран.....	97
Механизм конститутивной секреции.....	87	Пути переноса веществ в лизосому.....	98
Регулируемая секреция.....	87	Одиссея лизосомных гидролаз.....	99
Потребность в кальции.....	87	Болезни синтеза и накопления	
Секреторные гранулы с плотным ядром.....	88	лизосомных ферментов.....	100
Секреция по умолчанию.....	89	Болезни накопления мукополисахаридов.....	100
Связь с клиникой: муковисцидоз.....	89	I-клеточная болезнь.....	100
Молекулярные механизмы формирования		Эндоцитоз.....	102
и движения пузырьков.....	90	Пиноцитоз.....	103
Отпочкование пузырьков.....	90	Рецепторно-опосредованный эндоцитоз.....	103
COP-I.....	90	Вход веществ в клетку путем	
COP-II.....	90	рецепторно-опосредованного эндоцитоза.....	103
Регуляция пузырьков.....	92	ЛНП-холестерол, трансферрин и факторы роста ...	103
Молекулярные переключатели.....	92	Нарушения рецепторно-опосредованного	
SNAREs и направление пузырьков.....	92	эндоцитоза.....	105
Межвидовая консервативность: NSF.....	92	Взаимосвязь с клиникой.....	105
Пузырьки, покрытые клатрином.....	93	Фагоцитоз.....	105
Компоненты клатриновой оболочки.....	93	Механизмы захвата частиц фагоцитами.....	106
Адаптины.....	93	Увеличение складок на поверхности.....	106
Направление движения пузырьков.....	93	Преобразование фагоцитарного сигнала.....	107
Формирование комплекса слияния.....	93	Образование фаголизосомы.....	107
СТРазы: стыковка и слияние.....	94	Трансцитоз.....	108
G-белки.....	94	Экзоцитоз.....	108
Мономерные СТРазы.....	94	Конститутивные и регулируемые органеллы ...	108
Rab-белки.....	94	Нейротрансмиттеры и синаптические п у з ы р ь к и ...	108
Везикулярный транспорт: заключение.....	94	Направление веществ к различным участкам	
Комплекс Гольджи.....	95	плазматической мембраны.....	109
Полярность комплекса Гольджи.....	95	Адресные маркеры.....	109
Цис-, промежуточные и транс-стопки Гольджи ...	95	Медицинские аспекты клеточной биологии	110
Биохимические процессы в комплексе Гольджи ...	96	Заключение.....	110
Процессы гликозилирования		Библиография.....	110
в комплексе Гольджи.....	96		
Направленный транспорт веществ			
из комплекса Гольджи.....	96		

Глава 5. Митохондрии и клеточная энергетика..... 112

Основные термины.....	112	Протоны и генерация энергии.....	114
Митохондрии и получение энергии.....	112	Углеводы и жиры.....	115
Строение митохондрий.....	112	Образование ацетил-СоА.....	117
Окисление.....	114	Хемиосмотическое сопряжение.....	117

Транспорт электронов.....	120
Роль протонного насоса в системе транспорта электронов.....	122

Синтез АТФ и дыхательная цепь.....	123
Заболевания, связанные с митохондриями	123
Библиография.....	125

Глава 6. Клеточный цикл и деление клетки..... 126

Основные термины.....	126
Основные законы клеточного цикла.....	126
Фазы нормального клеточного цикла.....	126
Продолжительность клеточного цикла.....	127
Поступательный характер клеточного цикла	127
Данные, полученные в опытах на яйцах лягушки. .	128
Процессы созревания половых клеток.....	128
Фактор, стимулирующий созревание.....	128
MPF: регулятор митотических процессов.....	129
Роль циклина В.....	129
Строение циклина В.....	129
Двигатель клеточного цикла.....	129
Разрушение циклина В.....	130
Блок разрушения и убиквитин.....	130
Участие MPF в процессах митоза.....	131
Регуляция клеточного цикла у млекопитающих . .	131
Роль многочисленных циклинзависимых киназ и циклинов.....	131
Роль комплексов Cdk-циклин.....	131
Регуляторные точки фаз клеточного цикла	132
Белок p53: связь с клиникой.....	132
Белки, ингибирующие комплексы Cdk-циклин. . .	133
Семейство p21.....	133
Семейство ингибиторов p15 и p16.....	134
Белки-супрессоры опухолей:	
клиническое значение.....	134
p53 и Rb.....	134
Апоптоз.....	134
Значение двухвалентных катионов.....	135
Изменения мембран апоптотических клеток	135
Механизмы передачи сигнала при апоптозе	135
Старение клетки.....	136

Старение клеток в культуре ткани:	
результаты исследований.....	136
Результаты исследований и их интерпретация	136
Гипотеза старения: окислительное воздействие. . .	137
Регуляция клеточного цикла в тканях.....	137
Роль тромбоцитарного фактора роста.....	137
Факторы роста.....	137
Часть клеточного цикла, не связанная с делением.....	138
Роль фазы G ₀ и генетического переключения. . .	138
Межклеточные контакты:	
когда нормальные клетки прекращают делиться. . .	138
Нерегулируемый клеточный рост:	
клиническое значение.....	138
Протоонкогены.....	138
Основные механизмы клеточного деления	139
Митоз.....	139
Конденсация хроматина.....	139
Растворение ядерной мембраны.....	140
Роль микротрубочек, микротубулярных двигателей и кинетохоров.....	142
Микротрубочки, образование веретена и метафаза.....	142
Центриоли.....	142
Кинетохор.....	142
Микротубулярные двигатели.....	143
Анафаза.....	143
Телофаза.....	143
Цитокинез.....	143
Заключение.....	143
Библиография.....	144
Дополнительная литература.....	144

Глава 7. Цитоскелет

145

Основные термины.....	145
Микротрубочки и centrosoma.....	145
Молекулярные двигатели.....	146
Актиновая кора.....	148
Промежуточные филаменты.....	147
Структура промежуточных филаментов.....	147
Белки промежуточных филаментов.....	147
Микротрубочки.....	149
Основная структура.....	149
Сборка микротрубочек <i>in vitro</i>	149
Микротрубочки и динамическая нестабильность . . .	150
Белки, ассоциированные с микротрубочками	152
Микротрубочки: связь с клиникой.....	152
Молекулярные двигатели:	
движение по микротрубочкам.....	153
Реснички и центриоли.....	154
Динеин — молекулярный двигатель	
ресничек и жгутиков.....	157
Связь с клиникой: дисфункция ресничек у человека.....	157
Актиновые филаменты.....	157
Полимеризация актина.....	158

Гидролиз АТФ при полимеризации актина.....	158
Контроль полимеризации актина и актин-связывающие белки.....	158
Актин-связывающие белки.....	159
Профилины.....	159
Тимозин-p4.....	159
Спектрин.....	159
Актин-белки.....	160
Функция актиновых филаментов:	
связь с клиникой.....	160
Регуляция сборки актина клеточной коры:	
связь с клиникой.....	161
Актиновый цитоскелет и рак.....	161
Клеточная сигнализация, кальций и гельзолин . .	161
Соляция.....	161
Гельзолин.....	161
Миозины и связанные с ними молекулы.....	162
Мышечная функция немускульных клеток	163
Микроворсинки.....	163
Мышца.....	164
Скелетная мышца.....	164
Мышечное сокращение.....	165

Цикл сокращения.....	165
Регуляция мышечного сокращения.....	168
Стехиометрия трогонниновых субъединиц.....	168
Роль Ca^{2+} в мышечном сокращении.....	169

Другие белки, необходимые для мышечного сокращения: дистрофии (мышечная дистрофия).....	169
--	-----

Механизм сокращения гладкой и сердечной мускулатуры.....	169
Библиография.....	171
Дополнительная литература.....	171

Глава 8. Клеточные контакты, межклеточная адгезия и внеклеточный матрикс

172

Основные термины.....	172
Межклеточные соединения и передача информации.....	172
Клеточные контакты и адгезия.....	172
Виды контактов.....	173
Плотные контакты.....	173
Базолатеральная поверхность: связь с клиникой.....	174
Прикрепительные контакты.....	175
Межклеточные адгезионные контакты.....	175
Кадгерины.....	176
Катенины.....	177
Клеточно-матриксные взаимодействия.....	177
Десмосомальные соединения.....	177
Десмосомальные соединения: связь с клиникой . . .	177
Полудесмосомы.....	178
Интегрины.....	178
Интегрины: связь с клиникой.....	178
Щелевые контакты.....	179
Внеклеточный матрикс.....	179
Фибробласты и секретируемые им вещества . . .	180

Базальная мембрана.....	181
Роль внеклеточного матрикса в процессе передачи сигнала и дифференцировке клеток ...	181
Основные свойства гликозаминогликанов.....	181
Основные группы гликозаминогликанов.....	181
Протеогликаны.....	181
Коллаген.....	183
Биосинтез коллагена.....	184
Проколлаген.....	184
Прочность коллагена.....	185
Коллаген IV типа.....	186
Связь с клиникой: коллагеновые болезни.....	186
Фибронектин.....	187
Интегрин-фибронективный рецептор: роль в процессе метастазирования опухолей	187
Ламинин.....	188
Энтактин.....	189
Молекулы клеточной адгезии.....	189
Нейрональные CAM.....	189
Клеточная адгезия и передача сигнала.....	190
Библиография.....	190

Глава 9. Молекулярные механизмы передачи сигнала: основные пути межклеточной сигнализации.....

191

Основные термины.....	191
Фосфорилирование и клеточная сигнализация . .	191
Киназы и фосфатазы.....	192
Роль фосфорилирования.....	192
Роль дефосфорилирования.....	192
Семейства СГРаз.....	192
Вторичные мессенджеры.....	193
cAMP.....	193
cGMP.....	193
Диацилглицерол.....	193
Инозитолтрифосфат.....	193
Кальций.....	193
Способы доставки сигнальных молекул к клеткам.....	195
Паракринный механизм.....	195
Аутокринный механизм.....	195
Юкстакринный механизм.....	195
Сигнализация с участием клеточных рецепторов . .	195
Приобретение и утрата функции.....	195
Некоторым клеткам требуется сигнальный лиганд, чтобы избежать программируемой клеточной смерти.....	196
Различные клетки по-разному отвечают на одинаковые сигналы.....	196
Обратная регуляция сигнала.....	196

Механизмы передачи сигнала в клетках млекопитающих.....	196
Группа 1: семейство липофильных рецепторов . .	196
Группа 2: семейство гидрофильных рецепторов . .	197
Сигнальные механизмы, не связанные с поверхностными рецепторами клетки.....	197
Передача сигнала: щелевые контакты.....	197
Роль секретина и кальция.....	197
Роль оксида азота в клеточной сигнализации . . .	198
Оксид азота: связь с клиникой.....	198
Липофильные лиганды и ядерные рецепторы . . .	199
Стероидная сигнальная система.....	200
Связь с клиникой: ожирение.....	200
Сигнализация с участием поверхностных рецепторов клетки.....	201
Рецепторы ионных каналов.....	201
Конформации ионных каналов: регуляторные механизмы.....	202
Рецепторы, сопряженные с G-белком.....	203
Семейство рецепторов, связанных с G-белками . .	203
G-белки: связь с клиникой.....	204
1. Семейство α -субъединиц G-белков.....	207
Как G-белки прикрепляются к клеточной мембране.....	207
2. Эффекторные механизмы G-белков.....	207
Роль аденилатциклазы, cAMP и Ca^{2+}	208

сАМР и протеинкиназа А.....	209	Физиологические функции РКС.....	213
Протеинкиназа А.....	210	Внутриклеточные кальциевые каналы.....	213
Метаболические процессы, регулируемые протеинкиназой А.....	210	Кальмодулин: самый распространенный кальций-связывающий белок.....	214
Процессы транскрипции, регулируемые РКА: сАМР контролирует различные гены.....	210	Молекулярные принципы передачи сигнала в сенсорных клетках.....	214
Роль протеинфосфатаз в передаче сигнала.....	210	Молекулярный механизм зрения.....	214
Мобилизация вторичного мессенджера: кальций . . .	211	Фоторецепторная сигнальная система: палочки. . .	214
Протеинкиназа С и клеточная сигнализация . . .	211	Фоторецепторная сигнальная система: колбочки . .	217
Роль мембранного фосфоинозитола.....	211	Молекулярные механизмы обоняния.....	217
Роль РКС в клеточной сигнализации.....	213	Библиография.....	217
Глава 10. Механизмы передачи сигнала:			
фермент-связывающие и фермент-содержащие рецепторы.....			218
Основные термины.....	218	Разделение передающих рецепторных субъединиц.....	229
Рецепторные тирозинкиназы.....	219	Плейотропия.....	229
Основная структура RPTK-рецепторов.....	219	Рецепторы гемопоэтических цитокинов.....	230
Наружный домен.....	219	Сигнальный механизм гемопоэтических цитокинов.....	231
Трансмембранный домен.....	220	Рецепторы с серин-треонинкиназным доменом . .	232
Цитоплазматический домен.....	220	Трансформирующий фактор роста р.....	233
Семейство рецепторных тирозинкиназ.....	220	Рецепторы TGF-р.....	233
Лиганды ЯРТКаз.....	220	Передача сигнала через интегриновые рецепторы .	234
Механизмы передачи сигнала ИРТКазами.....	221	Прикрепление интегрина к внеклеточному матриксу и цитоскелету.....	234
Передача сигнала от активированного RPTK-рецептора.....	221	Структура и компоненты адгезионных пластинок.....	234
Src-семейство внутриклеточных тирозинкиназ . .	225	Заклучение.....	236
Участие протеинфосфатаз в передаче сигнала. . .	227	Библиография.....	236
Передача сигнала от тирозинкиназных рецепторов.....	228		
Свойства нетирозинкиназных рецепторов.....	228		
Избыточность.....	228		
Приложение А. Микроскопия.....			237
Приложение В. Нуклеиновые кислоты и аминокислоты.....			240
Предметный указатель.....			244

Благодарности

Мы хотели бы выразить признательность за большой вклад со стороны других авторов. Мы особенно высоко ценим ту великодушную щедрость, которую проявили несколько авторов издательства «Appleton & Lange»: доктора Уолтер К. Балкаведж, Вильям Ф. Ганонг, Эрик Р. Кэндел, Роберт К. Мюррей и их соавторы. Кроме того, мы признательны за помощь, которую мы извлекли из двух учебников «золотого стандарта» по современной клеточной биологии: это — «Молекулярная биология клетки» доктора Брюса Альбертса и его коллег, а также «Молекулярная клеточная биология» доктора Харвея Лодиша и его соавторов.

Текстуальное построение этих книг во многом определило способ изложения в нашем учебном пособии.

Персонально мы хотели бы выразить признательность тем людям, которые помогали каждому из нас во многих отношениях. Господин Нельсон Л. Фуэнтес из Алабамского университета и госпожа Элис Риццо сыграли особенно важную роль, помогая авторам в выполнении рутинной работы и в построении каждой главы. Мы также благодарим госпожу Аманду Сьювер за то, что она взяла на себя задачу редактирования рукописи и подготовки ее к печати, а также решение некоторых трудных административных проблем.

*Джеральд М. Фаллер, PhD
Дэннис Шилдс, PhD*