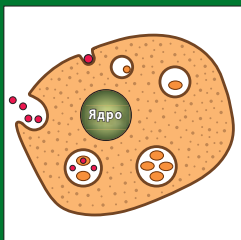


ЛУЧШИЙ ЗАРУБЕЖНЫЙ УЧЕБНИК



У. ЛЕВИНСОН

МЕДИЦИНСКАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ И ИММУНОЛОГИЯ

**МЕДИЦИНСКАЯ
МИКРОБИОЛОГИЯ
И ИММУНОЛОГИЯ**

REVIEW OF MEDICAL MICROBIOLOGY AND IMMUNOLOGY

ELEVENTH EDITION

Warren Levinson, MD, PhD

Professor of Microbiology

Department of Microbiology and Immunology

University of California, San Francisco

San Francisco, California



Medical

New York • Chicago • San Francisco • Lisbon • London • Madrid • Mexico City
Milan • New Delhi • San Juan • Seoul • Singapore • Sydney • Toronto



ЛУЧШИЙ ЗАРУБЕЖНЫЙ УЧЕБНИК

У. Левинсон

МЕДИЦИНСКАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ И ИММУНОЛОГИЯ

Перевод с английского
под редакцией
доктора мед. наук, профессора
В. Б. Белобородова

3-е издание



Москва
Лаборатория знаний

УДК 579
ББК 52.64
Л36

Серия основана в 2006 г.

Переводчики:

канд. биол. наук К. А. Луста (Части V–IX)

канд. мед. наук А. А. Митрохин (Части I–IV и X–XIII)

Левинсон У.

Л36 Медицина. Медицинская микробиология и иммунология / У. Левинсон ; пер. с англ. под ред. д-ра мед. наук, проф. В. Б. Белобородова. — 3-е изд. — М. : Лаборатория знаний, 2021. — 1181 с. : ил. — (Лучший зарубежный учебник).

ISBN 978-5-00101-276-4

В книге представлены как теоретические основы, так и практические вопросы бактериологии, вирусологии, микологии, паразитологии и иммунологии. Книга призвана обеспечить читателя краткой современной информацией. Сделан упор на клиническое применение базовых знаний по микробиологии и иммунологии при лечении инфекционных болезней. Наиболее важные аспекты микробиологии охвачены в более чем 600 практических вопросах, общих или касающихся клинических ситуаций, которые для диагностики требуют знания научных основ. Представлено множество микрофотографий микроорганизмов и описаны основные лабораторные тесты, а также современные антимикробные препараты и вакцины.

Для студентов медицинских и биологических специальностей.

УДК 579
ББК 52.64

В книге приводятся четкие показания к применению, противопоказания и дозировки препаратов. Однако читателю настоятельно рекомендуется сверять указанную информацию с данными производителей этих препаратов

Учебное издание

Серия: «Лучший зарубежный учебник»

Левинсон Уоррен

МЕДИЦИНСКАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ И ИММУНОЛОГИЯ

Ведущий редактор канд. биол. наук *В. В. Гейдебрехт*. Редактор *А. В. Любителей*

Художник *Н. А. Новак*

Технический редактор *Е. В. Денюкова*. Корректор *Н. Н. Устякова*

Компьютерная верстка: *В. И. Савельев*

Подписано в печать 01.10.20. Формат 70×100/16.

Усл. печ. л. 96,2. Заказ

Издательство «Лаборатория знаний»

125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3

Телефон: (499) 157-5272

e-mail: info@pilotLZ.ru, <http://www.pilotLZ.ru>

Отпечатано в АО «Первая Образцовая типография», филиал «Дом печати — ВЯТКА»

в полном соответствии с качеством предоставленных материалов.

610033, г. Киров, ул. Московская, 122. Факс: (8332) 53-53-80, 62-10-36

<http://www.gipp.kirov.ru>; e-mail: order@gipp.kirov.ru

Copyright © 2010 by The McGraw-Hill
Companies, Inc.
All rights reserved.

© Лаборатория знаний, 2021

ISBN 978-5-00101-276-4

Содержание

Предисловие	23
Благодарность	25
Как пользоваться этой книгой	25
ЧАСТЬ I. ОСНОВЫ БАКТЕРИОЛОГИИ	26
1. Сравнение бактерий с другими микроорганизмами	26
Возбудители инфекционных заболеваний	26
Характеристика	26
Эукариоты и прокариоты	27
Терминология	28
Практические вопросы	29
2. Строение бактериальной клетки	30
Форма и размер	30
Строение	31
Практические вопросы	47
3. Рост	48
Цикл роста	48
Аэробный и анаэробный рост	49
Ферментация сахаров	50
Метаболизм железа	50
Практические вопросы	51
4. Генетика	52
Мутации	52
Перенос ДНК внутри бактериальной клетки	54
Перемещение ДНК между бактериальными клетками	55
1. Конъюгация	55
2. Трансдукция	57
3. Трансформация	58
Рекомбинация	59
Практические вопросы	60
5. Классификация бактерий, имеющих клиническое значение	61
Практические вопросы	63
6. Нормальная микрофлора	64
Нормальная микрофлора кожи	66
Нормальная микрофлора дыхательных путей	67
Нормальная микрофлора кишечника	67
Нормальная микрофлора мочеполовой системы	68
Практические вопросы	70

7. Патогенез	71
Почему люди подвержены инфекционным заболеваниям?	72
Типы бактериальных инфекций	72
Стадии бактериального патогенеза	74
Определяющие факторы патогенеза бактериальных инфекций	74
1. Передача.	74
2. Прикрепление к поверхности клетки.	80
3. Инвазия, воспаление и внутриклеточное выживание	81
4. Выработка токсинов.	84
5. Иммунопатогенез	98
Бактериальные инфекции, связанные с раком	98
Различные штаммы бактерий могут вызывать различные заболевания	99
Типичные стадии инфекционных заболеваний	101
Действительно ли обнаруженный у пациента микроорганизм вызвал данное заболевание?	101
Практические вопросы	105
8. Иммунная защита	106
Врожденный (неспецифический) иммунитет	107
Приобретенный (специфический) иммунитет.	114
Недостаточность иммунной системы предрасполагает к инфекциям	116
Практические вопросы	119
9. Лабораторная диагностика	120
Бактериологические методы	122
Иммунологические методы	127
Методы определения нуклеиновых кислот.	130
Практические вопросы	132
10. Антимикробные препараты: механизм действия	133
Бактерицидное и бактериостатическое действие	133
Механизмы действия	135
Подавление синтеза клеточной стенки	135
1. Подавление синтеза клеточной стенки бактерий	135
2. Подавление синтеза клеточной стенки грибов	141
Подавление синтеза белков	141
1. Препараты, действующие на субъединицу 30S	143
2. Препараты, взаимодействующие с субъединицей 50S	145
Подавление синтеза аминокислот	148
1. Подавление синтеза предшественника	148
2. Подавление синтеза ДНК.	150
3. Подавление синтеза мРНК.	151
Изменение функции клеточной мембраны	151
1. Воздействие на мембрану бактериальной клетки	151
2. Воздействие на мембрану клетки грибов.	152

Антимикробные препараты с другими механизмами действия	153
1. Антибактериальное действие.	153
2. Противогрибковая активность.	154
Химиопрофилактика.	155
Пробиотики	155
Практические вопросы	160
11. Антимикробные препараты: резистентность	161
Генетические основы резистентности	163
Специфические механизмы резистентности.	165
Негенетические причины резистентности	168
Селекция резистентности бактерий за счет передозировки и неоптимального применения антибиотиков	168
Тестирование на чувствительность к антибиотикам	169
Применение комбинаций антибиотиков	171
Практические вопросы	175
12. Бактериальные вакцины	176
Практические вопросы	181
13. Стерилизация и дезинфекция	182
Скорость уничтожения микроорганизмов	182
Химические вещества	182
Разрушение клеточных мембран	183
Модификация белков	183
Модификация нуклеиновых кислот.	185
Физические факторы.	185
Нагревание	185
Облучение	186
Фильтрация	187
Практические вопросы	188
ЧАСТЬ II. КЛИНИЧЕСКАЯ БАКТЕРИОЛОГИЯ	189
14. Обзор основных патогенов и вводная информация по анаэробным бактериям.	189
Обзор основных патогенов	189
Вводная информация по анаэробным бактериям	191
Практические вопросы	193
15. Грамположительные кокки	194
<i>Staphylococcus</i>	194
<i>Streptococcus</i>	204
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	217
Обзор микроорганизмов.	221
Практические вопросы	221

16. Грамотрицательные кокки	222
<i>Neisseria</i>	222
1. <i>Neisseria meningitides</i>	225
2. <i>Neisseria gonorrhoeae</i>	227
Обзор микроорганизмов.	230
Практические вопросы	230
17. Грамположительные палочки	231
Спорообразующие грамположительные палочки	231
<i>Bacillus</i>	231
1. <i>Bacillus anthracis</i>	231
2. <i>Bacillus cereus</i>	234
<i>Clostridium</i>	236
1. <i>Clostridium tetani</i>	236
2. <i>Clostridium botulinum</i>	238
3. <i>Clostridium perfringens</i>	239
4. <i>Clostridium difficile</i>	241
Грамположительные палочки, не образующие спор.	243
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	243
<i>Listeria monocytogenes</i>	247
Обзор микроорганизмов.	249
Практические вопросы	249
18. Грамотрицательные бактерии кишечника	250
Обзор	250
Энтеробактерии и родственные микроорганизмы	253
Возбудители, вызывающие кишечные инфекции и инфекции другой локализации	257
<i>Escherichia</i>	257
<i>Salmonella</i>	262
Возбудители преимущественно кишечных инфекций	267
<i>Shigella</i>	267
<i>Vibrio</i>	269
1. <i>Vibrio cholerae</i>	270
2. <i>Vibrio parahaemolyticus</i>	272
3. <i>Vibrio vulnificus</i>	272
<i>Campylobacter</i>	273
<i>Helicobacter</i>	274
Представители кишечной микрофлоры, вызывающие инфекции вне кишечника	276
Группа <i>Klebsiella</i> — <i>Enterobacter</i> — <i>Serratia</i>	276
Группа <i>Proteus</i> — <i>Providencia</i> — <i>Morganella</i>	278
<i>Pseudomonas</i>	280
<i>Bacteroides</i> и <i>Prevotella</i>	284
Обзор микроорганизмов.	286
Практические вопросы	286

19. Грамотрицательные бактерии, вызывающие инфекции дыхательных путей	287
<i>Haemophilus</i>	287
<i>Bordetella</i>	290
<i>Legionella</i>	293
Обзор микроорганизмов.	295
Практические вопросы	295
20. Грамотрицательные бактерии — возбудители зоонозов	296
<i>Brucella</i>	296
<i>Francisella</i>	298
<i>Yersinia</i>	299
<i>Pasteurella</i>	302
Обзор микроорганизмов.	303
Практические вопросы	303
21. Микобактерии	304
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	305
Атипичные микобактерии	313
<i>Mycobacterium leprae</i>	315
Обзор микроорганизмов.	318
Практические вопросы	318
22. Актиномицеты	319
<i>Actinomyces israelii</i>	319
<i>Nocardia asteroides</i>	320
Обзор микроорганизмов.	321
Практические вопросы	321
23. Микоплазмы	322
<i>Mycoplasma pneumoniae</i>	322
Другие микоплазмы	324
Обзор микроорганизмов.	324
Практические вопросы	324
24. Спирохеты	325
<i>Treponema</i>	326
1. <i>Treponema pallidum</i>	326
2. <i>Невенерические трепонемы</i>	330
<i>Borrelia</i>	330
1. <i>Borrelia burgdorferi</i>	331
2. <i>Borrelia recurrentis</i> u <i>Borrelia hermsii</i>	333
<i>Leptospira</i>	334
Другие спирохеты.	335
Обзор микроорганизмов.	335
Практические вопросы	335

25. Хламидии	336
Обзор микроорганизмов.	341
Практические вопросы	341
26. Риккетсии	342
Обзор микроорганизмов.	347
Практические вопросы	347
27. Менее клинически значимые патогенные бактерии.	348
<i>Abiotrophia</i>	348
<i>Achromobacter</i>	348
<i>Acinetobacter</i>	349
<i>Actinobacillus</i>	349
<i>Aeromonas</i>	349
<i>Alcaligenes</i>	349
<i>Anaplasma</i>	349
<i>Arachnia</i>	350
<i>Arcanobacterium</i>	350
<i>Arizona</i>	350
<i>Bartonella</i>	350
<i>Bifidobacterium</i>	351
<i>Branhamella</i>	351
<i>Calymmatobacterium</i>	351
<i>Capnocytophaga</i>	351
<i>Cardobacterium</i>	352
<i>Chromobacterium</i>	352
<i>Chryseobacterium</i>	352
<i>Citrobacter</i>	352
<i>Corynebacterium jeikeium</i>	352
<i>Corynebacterium minutissimum</i>	352
<i>Edwardsiella</i>	353
<i>Ehrlichia</i>	353
<i>Eikenella</i>	353
<i>Erwinia</i>	353
<i>Erysipelothrix</i>	353
<i>Eubacterium</i>	353
<i>Fusobacterium</i>	354
<i>Gardnerella</i>	354
<i>Haemophilus aegyptius</i>	354
<i>Haemophilus ducreyi</i>	355
<i>Hafnia</i>	355
<i>Kingella</i>	355
<i>Lactobacillus</i>	355
<i>Micrococcus</i>	355
<i>Mobiluncus</i>	355

<i>Moraxella</i>	355
<i>Peptococcus</i>	356
<i>Peptostreptococcus</i>	356
<i>Pleisomonas</i>	356
<i>Porphyromonas</i>	356
<i>Propionibacterium</i>	356
<i>Pseudomonas pseudomallei</i>	357
<i>Rhodococcus</i>	357
<i>Sarcina</i>	357
<i>Spirillum</i>	357
<i>Streptobacillus</i>	357
<i>Tropheryma</i>	358
<i>Veillonella</i>	358
<i>Wolbachia</i>	358
<i>Yersinia enterocolitica</i> и <i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	358
Обзор микроорганизмов.	359
Практические вопросы	359
ЧАСТЬ III. ОСНОВЫ ВИРУСОЛОГИИ	360
28. Структура вирусов	361
Размер и форма	361
Нуклеиновые кислоты вирусов.	361
Капсид и симметрия вирусов	361
Белки вирусов	363
Оболочка вируса	364
Атипичные вирусоподобные агенты.	365
Практические вопросы	369
29. Репликация вирусов	370
Кривая роста вирусов	370
Специфические события в цикле роста	371
Лизогения	382
Практические вопросы	388
30. Генетика и генная терапия	389
Мутации	389
Взаимодействие.	390
Генная терапия и рекомбинантные вакцины.	391
Практические вопросы	394
31. Классификация вирусов, имеющих клиническое значение	395
ДНК-содержащие вирусы.	395
РНК-содержащие вирусы	397
Практические вопросы	400

32. Патогенез вирусов	401
Инфицированная клетка	401
Инфицированный пациент	402
Практические вопросы	411
33. Иммунная защита	412
Неспецифическая защита	412
1. Интерфероны	412
2. Естественные клетки-киллеры	414
3. Фагоциты	414
4. α -Дефенсины	414
5. Аполипопротеин В-РНК-редактирующий фермент (APOBEC3G)	415
6. Лихорадка	415
7. Мукоцилиарное очищение	415
8. Обрезание	415
9. Факторы, модифицирующие иммунную защиту	415
Специфический иммунитет	416
1. Активный иммунитет	416
2. Пассивный иммунитет	418
3. Массовый иммунитет	419
Практические вопросы	420
34. Лабораторная диагностика	421
Идентификация вируса в культуре клеток	421
Микроскопическая идентификация	423
Серологические методы	423
Определение вирусных антигенов	424
Определение вирусных нуклеиновых кислот	424
Практические вопросы	425
35. Противовирусные препараты	426
Подавление ранних событий	427
Ингибиторы синтеза вирусных нуклеиновых кислот	428
Подавление интегразы	433
Подавление расщепления полипептидов-предшественников	434
Подавление синтеза вирусного белка	435
Подавление выхода вирусов	435
Химиопрофилактика	436
Практические вопросы	438
36. Противовирусные вакцины	439
Активный иммунитет	439
Пассивный иммунитет	443
Групповой иммунитет	443
Практические вопросы	445

ЧАСТЬ IV. КЛИНИЧЕСКАЯ ВИРУСОЛОГИЯ.	446
ДНК-содержащие вирусы, покрытые оболочкой	446
ДНК-содержащие вирусы без оболочки	447
РНК-содержащие вирусы, покрытые оболочкой	447
РНК-содержащие вирусы без оболочки	448
Другие категории	449
37. ДНК-содержащие вирусы, покрытые оболочкой	450
Герпесвирусы.	450
Вирусы простого герпеса	453
Вирус ветряной оспы.	458
Цитомегаловирус	461
Вирус Эпштейна–Барр	464
Вирус герпеса человека 8-го типа (вирус герпеса, связанный с саркомой Капоши)	468
Вирусы оспы	469
Вирус натуральной оспы	469
Вирус контагиозного моллюска	471
Вирус гепатита В	472
Обзор микроорганизмов.	472
Практические вопросы	472
38. ДНК-содержащие вирусы без оболочки.	473
Аденовирусы	473
Вирусы папилломы человека	475
Парвовирусы	478
Полиомавирусы.	480
Обзор микроорганизмов.	480
Практические вопросы	480
39. РНК-содержащие вирусы, покрытые оболочкой	481
Ортомиксовирусы.	481
Вирусы гриппа	481
1. Вирус гриппа человека	483
2. Инфицирование человека вирусом «птичьего» гриппа	490
3. Инфицирование человека вирусом «свиного» гриппа	491
Парамиксовирусы.	492
Вирус кори.	493
Вирус эпидемического паротита	495
Респираторный синцитиальный вирус	497
Вирусы парагриппа.	499
Коронавирусы	501
Коронавирус.	501
Тогавирусы	503
Вирус краснухи	503
Другие тогавирусы	505

Рабдовирусы	506
Вirus бешенства	506
Ретровирусы	509
Лимфотропный Т-клеточный вирус человека	509
Обзор микроорганизмов.	513
Практические вопросы	513
40. РНК-содержащие вирусы без оболочки	514
Пикорнавирусы	514
Энтеровирусы	515
1. Полиовирус	515
2. Вирус Коксаки	519
3. Эховирусы.	521
4. Другие энтеровирусы	521
Риновирусы	522
Калицивирусы	523
Вirus Норуолк (норовирус).	524
Реовирусы	525
Ротавирус	525
Обзор микроорганизмов.	527
Практические вопросы	527
41. Вирусы гепатита.	528
Вirus гепатита А	529
Вirus гепатита В	531
Вирусы гепатита ни А-, ни В-типа	538
Вirus гепатита С	539
Вirus гепатита D (дельта-вирус)	542
Вirus гепатита Е	543
Вirus гепатита G	544
Обзор микроорганизмов.	544
Практические вопросы	544
42. Арбовирусы.	545
Арбовирусы, вызывающие заболевания в США.	547
Арбовирусы, вызывающие заболевания за пределами США	550
Обзор микроорганизмов.	553
Практические вопросы	553
43. Вирусы, вызывающие развитие опухолей	554
Обзор	554
Злокачественная трансформация клеток	554
Роль опухолевых вирусов в злокачественной трансформации	556
Провирусы и онкогены	557
1. Роль клеточных онкогенов в туморогенезе	557
2. Роль клеточных генов — супрессоров опухоли в туморогенезе	560
3. Роль клеточных микроРНК-генов в туморогенезе	560
Исходы инфицирования опухолевыми вирусами	560

Способы передачи опухолевых вирусов	.564
Свидетельства существования опухолевых вирусов человека	.564
Вакцины против рака	.567
Могут ли вирусы, вызывающие опухоли у животных, вызывать рак у человека?	.567
Вирусы, вызывающие опухоли у животных	.568
1. ДНК-содержащие опухолевые вирусы	.568
2. РНК-содержащие опухолевые вирусы (ретровирусы)	.569
Обзор микроорганизмов.	.570
Практические вопросы	.570
44. Медленные вирусные инфекции и прионы	.571
Медленные заболевания, вызываемые традиционными вирусами	.573
Медленные заболевания, вызываемые прионами.	.574
Медленные заболевания у животных	.578
Обзоры микроорганизмов.	.579
Практические вопросы	.579
45. Вирус иммунодефицита человека	.580
Обзор микроорганизмов.	.597
Практические вопросы	.597
46. Редкие вирусные патогены	.598
Астровирусы.	.598
Вирус ВК.	.598
Вирус долины Каш	.599
Вирус чикунгунья.	.599
Вирус Эбола	.599
Хантавирусы.	.600
Вирус Хендра	.601
Вирус герпеса В	.601
Бокавирус человека	.601
Вирус герпеса человека 6-го типа	.602
Метапневмовирус человека	.602
Вирус японского энцефалита	.602
Вирус лихорадки Ласса	.603
Вирус Луйо.	.603
Вирус лимфоцитарного хориоменингита	.603
Вирус Марбург	.604
Вирус Нипах.	.605
Вирусы оспы животного происхождения	.605
Спумавирусы	.606
Комплекс вирусов Такарибе	.606
Вирус Вайтвотер Арройо	.606
Вирус Зика.	.606
Обзор микроорганизмов.	.607
Практические вопросы	.607

ЧАСТЬ V. МИКОЛОГИЯ	608
47. Общая микология	608
Строение и рост грибов	608
Патогенез	610
Токсины грибов и аллергия	612
Лабораторная диагностика	612
Противогрибковая терапия	613
Практические вопросы	617
48. Кожные и подкожные микозы	618
Кожные микозы	618
Подкожные микозы	620
Обзор микроорганизмов.	621
Практические вопросы	621
49. Системные микозы	622
<i>Coccidioides</i>	622
<i>Histoplasma</i> (гистоплазма)	625
<i>Blastomyces</i> (бластомицеты)	628
<i>Paracoccidioides</i>	630
Обзор микроорганизмов.	631
Практические вопросы	631
50. Оппортунистические микозы	632
<i>Candida</i>	632
<i>Cryptococcus</i> (криптококки)	635
<i>Aspergillus</i> (аспергиллы)	637
<i>Mucor</i> и <i>Rhizopus</i>	640
<i>Pneumocystis</i> (пневмоцисты)	640
Грибы второстепенного значения	641
<i>Penicillium marneffei</i>	641
<i>Pseudallescheria boydii</i>	641
<i>Fusarium solani</i>	641
Обзор микроорганизмов.	642
Практические вопросы	642
ЧАСТЬ VI. ПАРАЗИТОЛОГИЯ	643
51. Простейшие кишечника и мочеполовой системы	645
Простейшие кишечника	645
<i>Entamoeba</i>	645
<i>Giardia</i>	651
<i>Cryptosporidium</i>	653
Простейшие мочеполовой системы	654
<i>Trichomonas</i>	654

Обзор микроорганизмов.	656
Практические вопросы	656
52. Протозойные инфекции крови и тканей	657
<i>Plasmodium</i> (плазмодии)	657
<i>Toxoplasma</i> (токсоплазма)	664
<i>Pneumocystis</i> (пневмоцисты).	667
<i>Trypanosoma</i> (трипаносома)	669
1. <i>Trypanosoma cruzi</i>	669
2. <i>Trypanosoma gambiense</i> и <i>Trypanosoma rhodesiense</i>	672
<i>Leishmania</i> (лейшмания)	675
1. <i>Leishmania donovani</i>	675
2. <i>Leishmania tropica</i> , <i>Leishmania mexicana</i> и <i>Leishmania braziliensis</i>	677
Обзор микроорганизмов.	678
Практические вопросы	678
53. Редкие возбудители протозойных инфекций	679
<i>Acanthamoeba</i> (акантамеба) и <i>Naegleria</i> (неглерея).	679
<i>Babesia</i> (бабезия)	680
<i>Balantidium</i> (балантидиум).	680
<i>Cyclospora</i> (циклоспора)	681
<i>Isospora</i> (изоспора)	682
<i>Microsporidia</i> (микроспоридии)	682
Обзор микроорганизмов.	682
Практические вопросы	682
54. Цестоды.	683
<i>Taenia</i> (цепни).	685
1. <i>Taenia solium</i>	685
2. <i>Taenia saginata</i>	689
<i>Diphyllobothrium</i> (широкий лентец).	690
<i>Echinococcus</i> (эхинококк)	692
Цестоды второстепенного значения.	693
1. <i>Echinococcus multilocularis</i>	693
2. <i>Hymenolepis nana</i>	694
3. <i>Dipylidium caninum</i>	694
Обзор микроорганизмов.	695
Практические вопросы	695
55. Трематоды	696
<i>Schistosoma</i> (шистосомы)	698
<i>Clonorchis</i> (китайская двуустка).	702
<i>Paragonimus</i> (легочный сосальщик)	703
Трематоды второстепенного значения	704
Обзор микроорганизмов.	705
Практические вопросы	705

56. Нематоды.	706
Кишечные нематоды	709
<i>Enterobius</i> (острицы)	709
<i>Trichuris</i> (власоглав)	712
<i>Ascaris</i> (аскариды)	714
<i>Ancylostoma</i> (анкилостома) и <i>Necator</i> .	715
<i>Strongyloides</i>	718
<i>Trichinella</i> (трихинелла)	719
Тканевые нематоды	721
<i>Wuchereria</i>	721
<i>Onchocerca</i> (онхоцерк)	724
<i>Loa</i> (лоа)	725
<i>Dracunculus</i> (ришта)	726
Нематоды, у которых заболевание вызывают личинки	727
<i>Toxocara</i> (токсокара)	727
<i>Ancylostoma</i> (анкилостома).	728
<i>Angiostrongylus</i>	728
<i>Anisakis</i> (анизакиды)	729
Обзор микроорганизмов.	729
Практические вопросы	729
 ЧАСТЬ VII. ИММУНОЛОГИЯ	730
57. Иммуитет	730
Введение	730
Особенности иммунного ответа	732
1. Клеточный иммунитет	734
2. Опосредованный антителами (гуморальный) иммунитет	734
Врожденный и адаптивный иммунитет	736
1. Врожденный иммунитет	736
2. Адаптивный (приобретенный) иммунитет.	740
Активный и пассивный иммунитет	741
Антигены.	742
Возраст и иммунный ответ	745
Практические вопросы	745
58. Клеточные основы иммунитета	746
Происхождение иммунных клеток.	746
Т-клетки	751
В-клетки	768
Антигенпрезентирующие клетки	770
Результат взаимодействий антигенпрезентирующих клеток, Т-клеток и В-клеток	772
Фолликулярные дендритные клетки	772

Естественные киллерные клетки	773
Полиморфоядерные нейтрофилы	774
Эозинофилы	775
Базофилы и тучные клетки	775
Основные цитокины	776
Практические вопросы	781
59. Антитела	782
Моноклональные антитела	783
Структура иммуноглобулинов	783
Классы иммуноглобулинов	787
Изотипы, аллотипы и идиотипы	791
Гены иммуноглобулинов	792
Переключение класса иммуноглобулинов (переключение изотипов)	793
Аллельное исключение	795
Каталитически активные антитела	795
Практические вопросы	795
60. Гуморальный иммунитет	796
Первичный ответ	796
Вторичный ответ	797
Ответ на действие нескольких антигенов, введенных одновременно	797
Функции антител	798
Антитела плода	798
Тесты для оценки гуморального иммунитета	798
Практические вопросы	798
61. Клеточный иммунитет	799
Тесты для оценки клеточного иммунитета	800
Роль адъювантов и липидов в клеточной реактивности	801
Практические вопросы	802
62. Главный комплекс гистосовместимости и трансплантация	803
Белки МНС	804
Биологическое значение белков МНС	805
Трансплантация	806
Влияние иммуносупрессии на отторжение трансплантата	810
Практические вопросы	812
63. Комплемент	813
Активация комплемента	813
Регуляция системы комплемента	815
Биологическое действие комплемента	816
Клинические аспекты работы комплемента	817
Практические вопросы	818

64. Реакции антиген—антитело в лаборатории	.819
Виды диагностических тестов	.820
Реакции антиген—антитело с участием эритроцитарных антигенов	.830
Практические вопросы	.835
65. Гиперчувствительность (аллергия)	.836
Тип I: гиперчувствительность немедленного типа (анафилактическая)	.837
Тип II: цитотоксическая гиперчувствительность	.843
Тип III: иммунный комплекс гиперчувствительности	.844
Тип IV: гиперчувствительность замедленного типа (клеточная)	.847
Практические вопросы	.850
66. Толерантность и аутоиммунные заболевания.	.851
Толерантность.	.851
Индукция толерантности	.853
Аутоиммунные заболевания	.854
Практические вопросы	.865
67. Противоопухолевый иммунитет	.866
Антигены, ассоциированные с опухолями	.866
Механизм противоопухолевого иммунитета	.866
Раково-эмбриональный антиген и альфа-фетопротеин	.867
Практические вопросы	.868
68. Иммунодефицит.	.869
Врожденный иммунодефицит	.869
Приобретенный иммунодефицит	.877
Практические вопросы	.879
ЧАСТЬ VIII. ЭКТОПАРАЗИТЫ.	.880
69. Эктопаразиты, вызывающие заболевания человека	.880
Насекомые.	.880
1. Вши	.880
2. Мухи	.883
3. Клопы	.885
Паукообразные	.885
1. Зудни.	.885
2. Клещи	.887
3. Пауки	.888
Обзор организмов	.888
ЧАСТЬ IX. КРАТКИЙ ОБЗОР МИКРООРГАНИЗМОВ, ИМЕЮЩИХ КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ	.889
Краткий обзор бактерий, имеющих клиническое значение	.889
Грамположительные кокки (гл. 15)	.889
Грамотрицательные кокки (гл. 16)	.897

Грамположительные палочки (гл. 17)	.899
Грамотрицательные бактерии кишечника (гл. 18)	.906
Грамотрицательные бактерии, вызывающие инфекции дыхательных путей (гл. 19)	.919
Грамотрицательные бактерии — возбудители зоонозов (гл. 20)	.922
Микобактерии (гл. 21)	.925
Актиномицеты (гл. 22)	.928
Микоплазмы (гл. 23)	.930
Спирохеты (гл. 24)	.931
Хламидии (гл. 25)	.934
Риккетсии (гл. 26)	.936
Менее клинически значимые патогенные бактерии (гл. 27)	.938
Краткий обзор вирусов, имеющих клиническое значение	.940
ДНК-содержащие вирусы, покрытые оболочкой (гл. 37)	.940
ДНК-содержащие вирусы без оболочки (гл. 38)	.946
РНК-содержащие вирусы, покрытые оболочкой (гл. 39)	.949
РНК-содержащие вирусы без оболочки (гл. 40)	.957
Вирусы гепатита (гл. 41)	.961
Арбовирусы (гл. 42)	.965
Вирусы, вызывающие опухоли (гл. 43)	.966
Медленные вирусные инфекции и прионы (гл. 44)	.967
Вирус иммунодефицита человека (гл. 45)	.969
Редкие вирусные патогены (гл. 46)	.970
Краткий обзор грибов, имеющих клиническое значение.	.971
Грибы, вызывающие кожные и подкожные микозы (гл. 48)	.971
Грибы, вызывающие системные микозы (гл. 49)	.973
Грибы, вызывающие оппортунистические микозы (гл. 50)	.977
Краткий обзор паразитов, имеющих клиническое значение.	.981
Простейшие кишечного тракта и мочеполовой системы (гл. 51)	.981
Протозойные инфекции крови и тканей (гл. 52)	.984
Редкие возбудители протозойных инфекций (гл. 53)	.990
Цестоды (гл. 54)	.992
Трематоды (гл. 55)	.996
Нематоды (гл. 56)	.999
1. Кишечные инфекции	.999
2. Тканевые нематоды	1004
3. Нематоды, у которых заболевание вызывают личинки	1007
Краткий обзор эктопаразитов, имеющих клиническое значение	1009
Эктопаразиты, вызывающие заболевания человека (гл. 69)	1009
1. Вши	1009
2. Мухи	1009
3. Зудни	1010
4. Клещи	1011
5. Пауки	1012

ЧАСТЬ X. КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ	1013
ЧАСТЬ XI. ИЗБРАННОЕ	1028
ЧАСТЬ XII. ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ	1039
Основы бактериологии	1039
Клиническая бактериология	1048
Основы вирусологии	1065
Клиническая вирусология	1073
Микология	1088
Паразитология	1093
Иммунология	1099
Расширенные сравнительные вопросы	1119
Вопросы по клиническим случаям	1124
ЧАСТЬ XIII. USMLE. ПРАКТИЧЕСКИЙ ЭКЗАМЕН	1141
Вопросы	1141
Предметный указатель	1164

Предисловие

Эта книга представляет собой полный обзор аспектов микробиологии и иммунологии, имеющих клиническое значение. Она охватывает как теоретические основы, так и практические вопросы бактериологии, вирусологии, микологии, паразитологии и иммунологии. Издание преследует две основные цели: (1) помочь в подготовке к экзаменам, в частности к USMLE (от англ. *United States Medical Licensing Examinations*) и (2) обеспечить студентам, слушателям курсов по клинической микробиологии, источник краткой современной информации. Автор попытался предоставить читателю точную, клинически значимую, информацию на уровне, достаточном для тех, кто начинает получать медицинское образование.

Настоящее новое издание содержит современные, клинически значимые, сведения из быстро меняющихся областей микробиологии и иммунологии, множество микрофотографий окрашенных микроорганизмов, а также описание основных лабораторных тестов. Кроме того, в книгу включена глава об эктопаразитах, таких как чесоточные клещи, и современная информация об антимикробных препаратах и вакцинах.

В издании использовано несколько форматов, которые должны сделать книгу полезной для студентов с разными учебными задачами и формами обучения.

1. Повествовательный текст с полной информацией.
2. Отдельная секция, содержащая сводные данные об основных микроорганизмах, — для быстрого обзора их главных особенностей.
3. Простые вопросы с ответами после каждой группы вопросов.
4. Практический экзамен состоит из 80 вопросов по микробиологии и иммунологии. Вопросы касаются различных клинических ситуаций и имитируют компьютеризированный экзамен. Ответы приведены в конце каждой группы из 40 вопросов.
5. Описания клинических случаев обеспечивают как клиническую, так и практическую информацию для экзаменов.
6. Раздел «Избранное» представляет важную информацию по эпидемиологии, необходимую для ответов на экзаменационные вопросы.
7. Многие изображения клинически важных поражений, встречающихся у пациентов с инфекционными заболеваниями, описанными в этой книге, доступны на веб-сайте учебного центра McGraw-Hill online (www.langetextbooks.com). Названия таких изображений в тексте выделены **красным**.

Успешному усвоению студентами-читателями материала этой книги способствуют ее особенности.

1. Современная информация представлена сжато, максимально ясно и интересно.
2. В тексте сделан упор на клиническое применение знаний по микробиологии и иммунологии при лечении инфекционных заболеваний.
3. В разделах, посвященных клинической бактериологии и вирусологии, выделены основные группы микроорганизмов. Это позволяет читателю сфокусироваться на изучении микроорганизмов, наиболее важных клинически.
4. Ключевая информация выделена в удобные таблицы. Важные концепции иллюстрированы цветными рисунками.

5. В конце каждой главы в разделе «Основные положения» перечислены важные факты.

6. Наиболее значимые аспекты бактериологии, вирусологии, микологии, паразитологии и иммунологии охватывают 645 практических вопросов. Отдельный раздел содержит расширенные сравнительные вопросы, в другом представлен ряд вопросов, касающихся клинических ситуаций.

7. Краткие суммирующие описания клинически значимых микроорганизмов собраны вместе в отдельном разделе для облегчения быстрого доступа к информации и упрощения сравнения одного микроорганизма с другим.

8. Описано 50 клинических ситуаций для того, чтобы их можно было проанализировать в коротком, разрешающем проблему формате. Эти ситуации демонстрируют важность знания научных основ для клинической диагностики.

9. В текст включены 70 цветных изображений, которые иллюстрируют клинически значимые сведения, такие как окраска бактерий по Граму, электронные микрофотографии вирусов и микроскопические изображения грибов, простейших и червей.

Многолетний опыт преподавания курсов клинической микробиологии и инфекционных заболеваний показывает, что читатели хорошо принимают книгу, представляющую наиболее важную информацию в интересном и удобном формате. Автор надеется на ваше согласие с тем, что это издание соответствует таким критериям.

Уоррен Левинсон, MD, PhD
Сан-Франциско, Калифорния,
май 2010

Благодарность

Я выражаю признательность редактору пятого издания Ивоне Стронг (Yvonne Strong), редактору шестого издания Саре Лин Коффи (Cara Lyn Coffey), редактору седьмого и девятого изданий Дженнифер Бернштайн (Jennifer Bernstein), редактору восьмого издания Линде Конхиди (Linda Conheady) и редактору десятого и одиннадцатого изданий Саните Догра (Sunita Dogra). Все они обеспечили высочайший стандарт грамматики и стиля.

Неоценима и заслуживает глубокой благодарности помощь моей жены Барбары, благодаря которой эта книга стала реальностью.

Я посвящаю эту работу моим отцу и матери, привившим мне любовь к науке, удовольствие от преподавания и неоценимую способность к самоорганизации.

Как пользоваться этой книгой

1. **Текст:** сжатое полное описание клинически важной информации для студентов данной профессии. Включает основы бактериологии и ее клинические аспекты (с. 26–358), основы вирусологии и ее клинические аспекты (с. 360–606), микологию (с. 608–641), паразитологию (с. 643–728), иммунологию (с. 730–878) и эктопаразитологию (с. 880–887).

2. **Краткий обзор микроорганизмов, имеющих клиническое значение:** краткий обзор для экзаменов, описывающий основные характеристики микроорганизмов (с. 889–1011).

3. **Избранное:** 11 таблиц, содержащих основную клиническую и эпидемиологическую информацию, которая может быть полезной для ответов на вопросы USMLE (с. 1028–1036).

4. **Практические вопросы:** 654 практических вопроса, которые можно использовать для подготовки к USMLE и другим экзаменам (с. 1038–1140).

5. **Практический экзамен:** два экзамена по 40 вопросов в формате USMLE (с. 1141–1163).

6. **Основные положения:** обобщенная информация в конце каждой главы, посвященная научным основам

7. **Клинические случаи:** 50 ситуаций, иллюстрирующих основные инфекционные заболевания с особым вниманием к диагностической информации (с. 1013–1026).

8. **Клинические изображения:** слова, выделенные **красным**, — названия клинических проблем, которые можно увидеть на веб-сайте учебного центра McGraw-Hill online (www.langetextbooks.com).

ЧАСТЬ I. ОСНОВЫ БАКТЕРИОЛОГИИ

1

Сравнение бактерий с другими микроорганизмами

Возбудители инфекционных заболеваний

Возбудители инфекционных заболеваний человека относятся к пяти основным группам организмов: бактериям, грибам, простейшим, гельминтам и вирусам. Бактерии принадлежат к царству прокариот, грибы (дрожжевые и плесневые) и простейшие относятся к царству протистов, а гельминты (черви) — к царству животных (табл. 1–1). Протисты отличаются от животных и растений тем, что они представлены либо одноклеточными, либо относительно простыми многоклеточными организмами. Гельминты являются сложными многоклеточными организмами, что выделяет их в царстве животных в отдельную группу. Гельминты и простейшие обычно носят общее название — паразиты. Вирусы существенно отличаются от других организмов — не имея клеточного строения, они могут размножаться только внутри клеток.

Таблица 1–1. Биологические взаимоотношения патогенных микроорганизмов

Царство	Патогенные микроорганизмы	Тип клеток
Животные	Гельминты	Эукариоты
Растения	Нет	Эукариоты
Протисты	Простейшие	Эукариоты
	Грибы	Эукариоты
Прокариоты	Бактерии	Прокариоты
	Вирусы	Не клетки

Характеристика

Основные характеристики микроорганизмов представлены в табл. 1–2. Их отличительной чертой является принадлежность бактерий, грибов, простейших и гельминтов к клеточным организмам, в то время как вирусов — к бесклеточным структурам. Это различие обусловлено тремя критериями.

Таблица 1–2. Сравнение микроорганизмов, имеющих клиническое значение

Характеристика	Вирусы	Бактерии	Грибы	Простейшие и гельминты
Клетки	Нет	Да	Да	Да
Приблизительный диаметр (мкм) ¹	0,02–0,2	1–5	3–10 (дрожжи)	15–25 (трофозоиты)
Нуклеиновая кислота	Либо ДНК, либо РНК	ДНК и РНК	ДНК и РНК	ДНК и РНК
Тип ядра	Ядро отсутствует	Прокариотический	Эукариотический	Эукариотический
Рибосомы	Нет	70S	80S	80S
Митохондрии	Нет	Нет	Имеются	Имеются
Устройство наружной поверхности	Белковый капсид и липопротеиновая оболочка	Жесткая стенка, содержащая пептидогликан	Жесткая стенка, содержащая хитин	Гибкая мембрана
Подвижность	Нет	Некоторая	Нет	Большинство
Способ размножения	Не бинарное деление	Бинарное деление	Почкование или митоз ²	Митоз ³

¹ Для сравнения: диаметр эритроцита человека составляет 7 мкм.
² Дрожжи делятся почкованием, тогда как плесневые грибы — при помощи митоза.
³ Клетки гельминтов делятся митозом, но размножение организма в целом происходит путем сложного полового жизненного цикла.

- (1) **Структура.** Ядра или нуклеоиды в клетках (см. ниже) содержат ДНК; они окружены цитоплазмой, в которой происходит синтез белков и генерируется энергия. У вирусов генетический материал представлен либо ДНК, либо РНК, но они не имеют цитоплазмы и зависимы от клетки-хозяина в обеспечении обмена веществ и энергии.
- (2) **Размножение клеток.** Размножение клеток происходит путем простого деления либо митозом, во время которого одна родительская клетка делится на две новые, наследующие ее структуру. Размножение клеток прокариот, т. е. бактерий, происходит путем деления, тогда как у эукариот — путем митоза. В отличие от них размножение вирусов происходит в результате продуцирования множества копий нуклеиновых кислот и белков, из которых затем образуется множество вирусов-потомков. Кроме того, размножение вирусов вынужденно происходит внутри клеток-хозяев в связи с тем, что, как было упомянуто выше, у них нет систем синтеза белка и генерации энергии. За исключением риккетсий и хламидий, которым для существования необходимо постоянно пребывать в клетках-хозяевах, размножение бактерий происходит вне клеток.
- (3) **Состав нуклеиновых кислот.** Клеточные организмы содержат как ДНК, так и РНК, тогда как вирусы содержат либо ДНК, либо РНК, но не обе одновременно.

Эукариоты и прокариоты

Клетки делятся на два фундаментально различных типа — эукариоты и прокариоты, которые различаются по структуре и сложности организации.

Грибы являются эукариотами, тогда как бактерии — прокариотами.

- (1) Клетки эукариот имеют истинное **ядро** с множеством хромосом, окруженных ядерной мембраной, и используют механизм митоза для обеспечения равного количества хромосом в дочерних клетках.
- (2) **Нуклеоид** прокариот — ДНК-содержащая зона, при этом отсутствует оболочка ядра и механизм митоза (табл. 1–3).

Таблица 1–3. Характеристики клеток прокариот и эукариот

Характеристика	Прокариоты (бактерии)	Эукариоты (человек)
ДНК в мембране ядра	Нет	Есть
Митотическое деление	Нет	Есть
ДНК, ассоциированная с гистонами	Нет	Есть
Число хромосом	Одна	Больше одной
Мембранные органеллы, такие как митохондрии и лизосомы	Нет	Есть
Размер рибосомы	70S	80S
Наличие пептидогликана в клеточной стенке	Есть	Нет

Кроме различия ядер два класса клеток отличаются еще по нескольким характеристикам.

- (1) Клетки эукариот содержат **органеллы**, такие как митохондрии и лизосомы, и более крупные (80S) — рибосомы, тогда как у прокариот органелл нет и рибосомы мельче (70S).
- (2) Наружная стенка большинства прокариот жесткая, содержит **пептидогликан**, полимер аминокислот и сахаров — уникальный для нее компонент. Эукариоты пептидогликан не содержат. Они либо связаны с гибкой клеточной мембраной, либо (в случае грибов) обладают жесткой клеточной стенкой, содержащей хитин, гомополимер N-ацетилглюкозамина, типичный компонент каркаса.
- (3) Мембрана клеток эукариот содержит **стеролы**, в то время как прокариоты, за исключением не имеющей стенки *Mycoplasma*, стеролов в клеточной стенке не имеют.

Еще одной особенностью, по которой можно различить эти микроорганизмы, является их **подвижность**. Большинство простейших и некоторые бактерии подвижны, тогда как вирусы и грибы неподвижны. Простейшие относятся к гетерогенной группе, обладающей тремя разными органами движения: жгутиками, ресничками и псевдоподиями. Подвижные бактерии перемещаются только с помощью жгутиков.

Терминология

Названия бактерий, грибов, простейших и гельминтов образуются в соответствии с биноминальной системой Линнея, использующей роды и виды, но но-

менклатура вирусов построена иначе. Например, у хорошо известной бактерии *Escherichia coli*, *Escherichia* — название рода, *coli* — название вида. Аналогично, название дрожжевого гриба *Candida albicans* состоит из названия рода *Candida* и названия вида *albicans*. Вирусы же, как правило, имеют однословное название, например полиовирус, вирус оспы или вирус бешенства. Некоторые вирусы именуются двумя словами (вирус простого герпеса), но и такие названия не отражают ни вид, ни род.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- К возбудителям инфекционных заболеваний человека относятся **бактерии, грибы (дрожжевые и плесневые), простейшие, гельминты (черви) и вирусы**.
- Бактериальные клетки имеют **прокариотическое** строение, тогда как у человека, грибов, простейших и гельминтов клетки имеют **эукариотическое** ядро. Вирусы клетками не являются и не имеют ядра.
- Все клеточные организмы включают одновременно ДНК и РНК, тогда как вирусы содержат либо ДНК, либо РНК — но не одновременно.
- Клетки бактерий и грибов окружены жесткой стенкой, тогда как у человека, простейших и гельминтов клетки имеют гибкие мембраны.
- Стенка бактериальной клетки содержит **пептидогликан**, тогда как стенка клетки грибов — хитин.

Практические вопросы:

USMLE и другие экзамены

Вопросы по темам, изложенным в этой главе, можно найти в Части XII («Основы бактериологии», с. 1039) и Части XIII (с. 1141).

Строение бактериальной клетки

Форма и размер

По форме бактерии делятся на три основные группы: **кокки**, **бациллы** и **спирохеты** (рис. 2–1). Кокки имеют форму шариков, бациллы — палочек и спирохеты — спиралей. Форма некоторых бактерий варьирует, и их называют **плеоморфными** (многоформными). Форма бактерии определяется жесткостью ее стенки. Вид бактерии при микроскопии — наиболее важный критерий, используемый для ее идентификации.

Кроме характерной формы важна также группировка бактерий. Например, определенные кокки группируются в пары (**диплококки**), некоторые в цепочки (**стрептококки**), другие — в кистеобразные кластеры (**стафилококки**). Эти группировки определяются ориентацией и степенью прикрепления бактерии

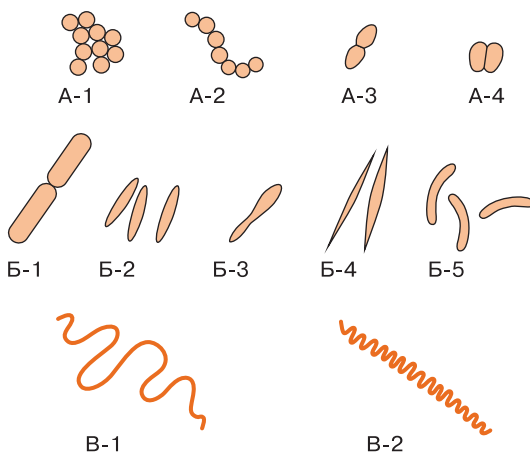


Рис. 2–1. Морфология бактерий. **А:** кокки в кластерах, например *Staphylococcus* (А-1); цепочках, например *Streptococcus* (А-2); в парах в виде цепочки, например *Streptococcus pneumoniae* (А-3); в парах почкообразной формы, например *Neisseria* (А-4). **Б:** Палочки (бациллы): с прямоугольными концами, например *Bacillus* (Б-1); с закругленными концами, например *Salmonella* (Б-2); булабовидные, например *Corynebacterium* (Б-3); веретенообразные, например *Fusobacterium* (Б-4); в форме запятой, например *Vibrio* (Б-5). **В:** Спирохеты: вытянутая спираль, например *Borrelia* (В-1); плотная спираль, например *Treponema* (В-2). (С разрешения из: Joklik WK *et al.* *Zinsser Microbiology*. 20th ed. Впервые опубликовано Appleton & Lange. Copyright 1992 by McGraw-Hill.)

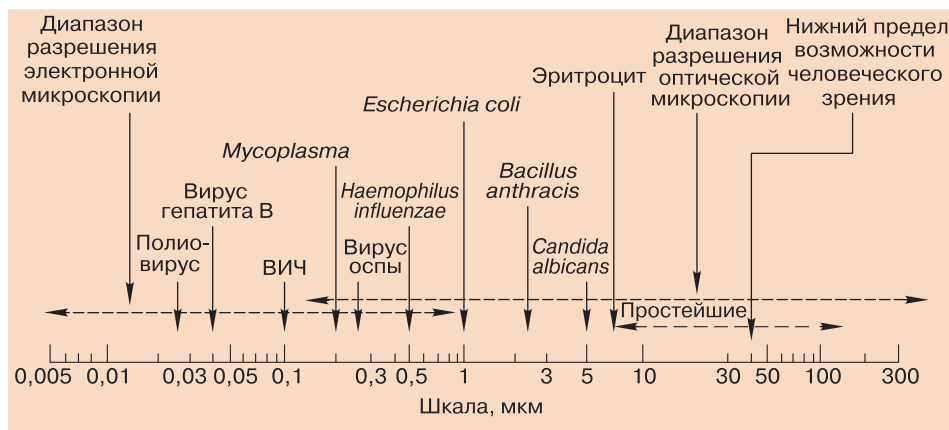


Рис. 2–2. Размеры бактерий, вирусов, дрожжевых грибов, простейших и эритроцита человека. Размеры бактерий варьируют от *Mycoplasma*, самой маленькой, до *Bacillus anthracis*, одной из самых крупных. Размеры вирусов варьируют от размера полиовируса, самого маленького, до размера вируса оспы, самого крупного. Дрожжевые грибы, такие как *Candida albicans*, в основном крупнее бактерий. Простейшие имеют много различных форм и их размеры варьируют очень широко. ВИЧ, вирус иммунодефицита человека. (С разрешения из: Joklik WK et al. *Zinsser Microbiology*. 20th ed. Впервые опубликовано Appleton & Lange. Copyright 1992 by McGraw-Hill.)

во время деления клетки. Группировка палочек и спирохет имеет меньшее клиническое значение и далее в этой вводной главе не упоминается.

Размер бактерий варьирует в диапазоне 0,2–5 мкм (рис. 2–2). Самая маленькая бактерия (*Mycoplasma*) приблизительно одного размера с самым большим вирусом (вирус оспы) и является самым маленьким организмом, способным существовать вне организма хозяина. Самая длинная бактерия-палочка приблизительно одного размера с некоторыми дрожжевыми грибами и эритроцитами человека (7 мкм).

Строение

Строение типичной бактериальной клетки представлено на рис. 2–3, а наиболее важные черты каждого ее компонента отмечены в табл. 2–1.

Клеточная стенка

Клеточная стенка показывает клетку снаружи, типична для всех бактерий (за исключением семейства микоплазм, которые окружены клеточной мембраной, но не стенкой). У некоторых бактерий на наружной поверхности клетки есть образования, такие как капсула, жгутики и пили. Эти структуры обнаружены не у всех бактерий и о них будет сказано ниже.

Клеточная стенка — многослойная структура, расположенная снаружи от цитоплазматической мембраны. Она состоит из внутреннего слоя **пептидогликана** (см с. 7) и внешней мембраны, толщина и химический состав которой варьируют в зависимости от типа бактерии (рис. 2–4). Пептидогликан обеспечивает структурную поддержку и сохраняет характерную форму клетки.

Таблица 2–1. Строение бактериальной клетки

Структура	Химический состав	Функция
Обязательные компоненты		
Клеточная стенка		
Пептидогликан	Основа в виде сахаров и поперечносшитых цепочек пептидов	Обеспечивает жесткость, защищает от осмотического набухания, область действия пенициллинов и цефалоспоринов, разрушается лизосомами
Наружная мембрана грамотрицательных бактерий	Липид А Полисахарид	Токсический компонент эндотоксина Основной поверхностный антиген, часто используется для лабораторной диагностики
Поверхностные волокна грамположительных бактерий	Тейхоевая кислота	Основной поверхностный антиген, редко используется для лабораторной диагностики
Плазматическая мембрана	Двойной слой липопротеинов без стеролов	Область расположения окислительных и транспортных ферментов
Рибосома	РНК и белок, находящийся в 50S и 30S субъединицах	Синтез белков; область действия аминогликозидов, эритромицина, тетрациклинов и хлорамфеникола
Нуклеоид	ДНК	Генетический материал
Мезосома	Инвагинация плазматической мембраны	Участвует в делении клеток и секреции
Периплазма	Пространство между плазматической и наружной мембранами	Содержит многие гидролитические ферменты, включая β-лактамазы
Необязательные компоненты		
Капсула	Полисахарид ¹	Защищают от фагоцитоза
Пили или фимбрии	Гликопротеин	Два типа: (1) обеспечивают прикрепление к поверхности клетки; (2) половой жгутик обеспечивает прикрепление двух бактерий во время конъюгации
Жгутики	Белок	Обеспечивают подвижность
Споры	Кератиноподобная оболочка, дипиколиновая кислота	Защищают от высыхания, нагревания и действия химических веществ
Плаزمиды	ДНК	Содержит набор генов, кодирующих резистентность к антибиотикам и синтез токсинов
Гранулы	Гликоген, липиды, полифосфаты	Место нахождения питательных веществ в цитоплазме
Гликокаликс	Полисахарид	Обеспечивает прикрепление к поверхностям

¹ За исключением *Bacillus anthracis*, у которой это полипептид D-глутаминовой кислоты.

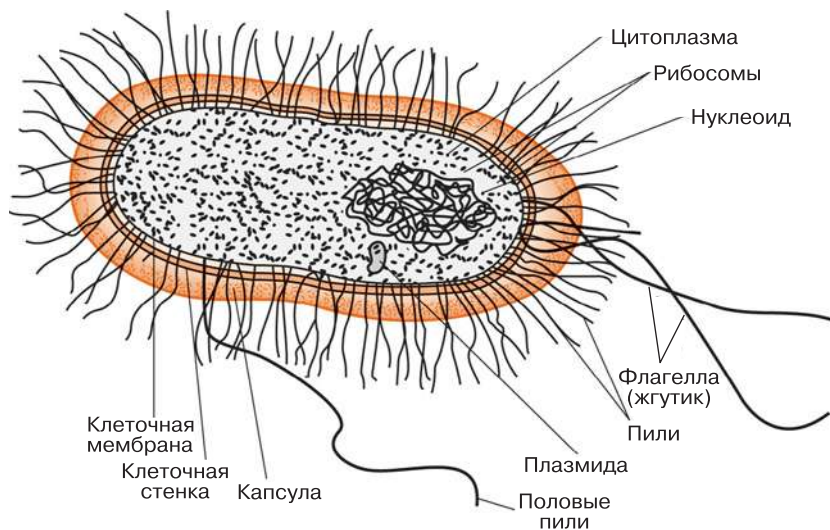


Рис. 2–3. Строение клетки бактерии. (С разрешения из: Ryan *et al.* *Sherrie Medical Microbiology*. 4th ed. Copyright 2004 McGraw-Hill.)

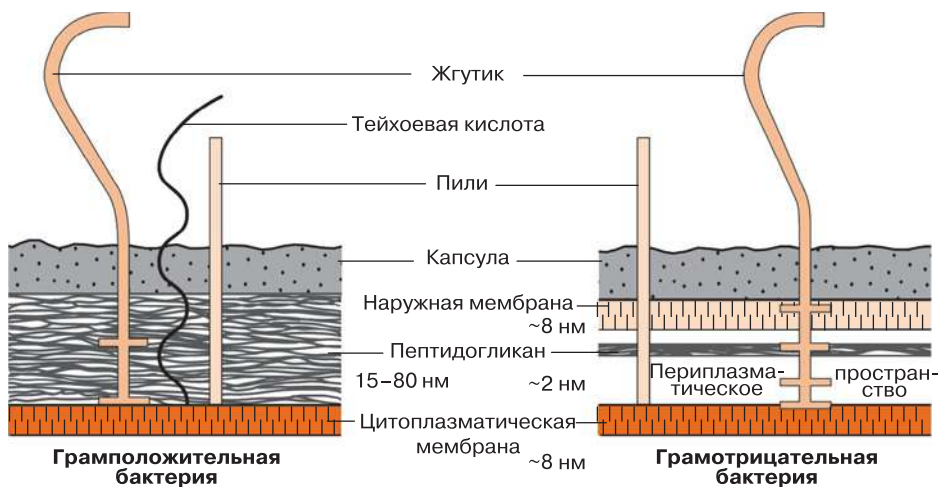


Рис. 2–4. Клеточная стенка грамположительных и грамотрицательных бактерий. Обратите внимание, что пептидогликан у грамположительных бактерий значительно толще, чем у грамотрицательных. Обратите внимание также на то, что только у грамотрицательных имеется наружная мембрана, состоящая из эндотоксина (липолисахарида [LPS]), и периплазматическое пространство, в котором находятся β -лактамазы. Некоторые клинически значимые грамположительные бактерии содержат тейхоевые кислоты. (С разрешения из: Ingraham JL, Maaloe J, Neihardt FC. *Growth of the Bacterial Cell*. Sinauer Associates; 1983.)

Клеточная стенка грамположительных и грамотрицательных бактерий

Структура, химический состав и толщина клеточной стенки грамположительных и грамотрицательных бактерий различны (табл. 2—2 и «Окраска по Граму»).

- (1) У грамположительных бактерий слой пептидогликана значительно толще, чем у грамотрицательных. Некоторые грамположительные бактерии имеют также тейхоевые кислоты, выступающие над пептидогликаном, отсутствующие у грамотрицательных бактерий.
- (2) В отличие от грамположительных грамотрицательные бактерии обладают сложным наружным слоем, состоящим из липополисахарида, липопротеина и фосфолипида. Между наружным мембранным слоем и цитоплазматической мембраной у грамотрицательных бактерий расположено **периплазматическое пространство**, в котором у некоторых видов находятся энзимы, называемые β -лактамазами (разрушают пенициллин и другие β -лактамы препараты).

Клеточная стенка обладает рядом других важных особенностей.

- (1) У грамотрицательных бактерий она содержит **эндотоксин**, представляющий собой липополисахарид (см. с. 37 и 85).
- (2) Липополисахариды и белки клеточной стенки служат антигенами, которые используют для лабораторной идентификации.
- (3) **Пориновые** белки клеточной стенки обеспечивают прохождения небольших гидрофильных молекул в клетку. Пориновые белки наружной мембраны грамотрицательных бактерий действуют как каналы, позволяющие проникать в клетку таким важным веществам, как сахара, аминокислоты, витамины и металлы, равно как и многим антимикробным препаратам, например пенициллину.

Клеточные стенки кислотоустойчивых бактерий

У микобактерий, таких как *Mycobacterium tuberculosis*, клеточная стенка необычна, что делает невозможным ее окраску по Граму. Считается, что эти бактерии должны быть **кислотоустойчивыми**, так как они устойчивы к кислотно-спиртовому обесцвечиванию после окраски карбоelfуксином. Это свойство связано с высокой концентрацией липидов, называемых **миколовыми кислотами**, в стенке клетки микобактерии.

С учетом их значимости три компонента клеточной стенки — пептидогликан, липополисахарид и тейхоевая кислота — будут рассмотрены детально.

Таблица 2—2. Сравнение клеточных стенок грамположительных и грамотрицательных бактерий

Компонент	Грамположительные клетки	Грамотрицательные клетки
Пептидогликан	Толще, многослойный	Тоньше, один слой
Тейхоевые кислоты	Есть	Нет
Липополисахарид (эндотоксин)	Нет	Есть

Пептидогликан

Пептидогликан представляет комплекс, состоящий из ковалентно сшитых слоев полимера и окружающий всю клетку. Он имеется *только* в клеточной стенке бактерий. Пептидогликан обеспечивает жесткую структуру клетки, что позволяет сохранять характерную форму и поддерживать постоянно осмотического давления в средах с низким осмотическим давлением, например в воде. Сегмент слоя пептидогликана представлен на рис. 2–4. Термин «пептидогликан» — производное от слов «пептиды» и «сахара» (гликаны), из которых состоит молекула. Синонимы пептидогликана — муреин и муреопептид.

На рис. 2–5 представлен углеводный скелет, состоящий из чередующихся молекул N-ацетилмураминовой кислоты и N-ацетилглюкозамина. Прикрепленный к каждой молекуле мурамовой кислоты тетрапептид состоит одновременно из D- и L-аминокислот, состав которых у бактерий различен. Две из этих аминокислот заслуживают особого внимания: диаминопимелиновая кислота, которая уникальна для бактериальной клетки, и D-аланин, который участвует в пере-

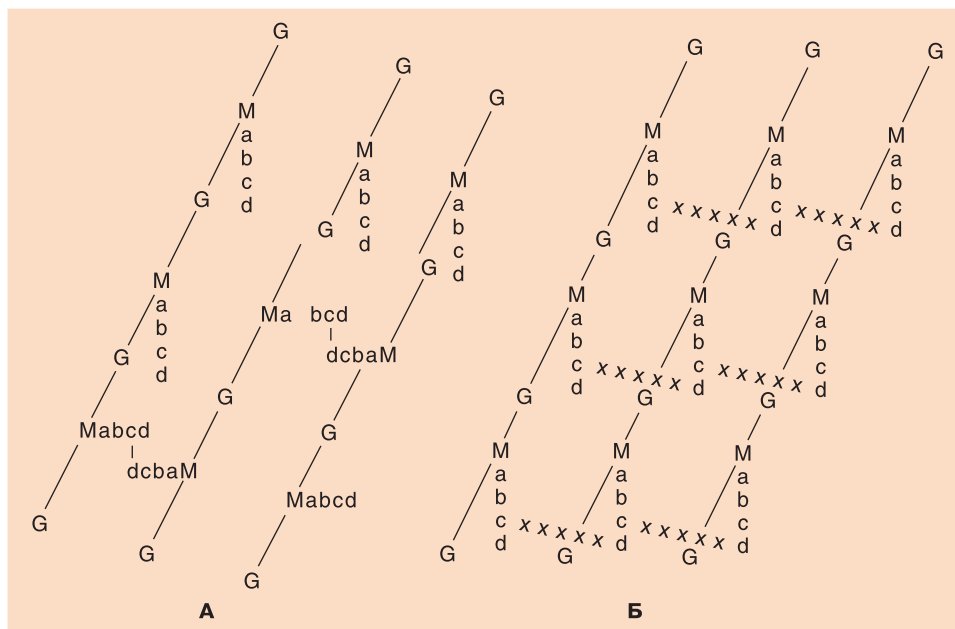


Рис. 2–5. Структура пептидогликана *Escherichia coli* (А) отличается от *Staphylococcus aureus* (Б) наличием поперечной сшивки. У *E. coli* пять молекул глицина прямо сшиты с d, тогда как у *S. aureus* они поперечно сшиты с c и d. Однако у обоих видов микроорганизмов молекула d-аланина является конечной частью сшивки. М — мурамовая кислота; G — глюкозамин; a — L-аланин; b — D-глутаминовая кислота; c — диаминопимелиновая кислота (А) или L-лизин (Б); d — D-аланин; x — пентагликановый мостик. (С разрешения из: Joklik WK *et al.* *Zinsser Microbiology*. 20th ed. Впервые опубликовано Appleton & Lange. Copyright 1992 by McGraw-Hill.)

крестной сшивке тетрапептидов и действию пенициллина. Следует обратить внимание на то, что этот тетрапептид содержит редкий D-изомер аминокислот; большинство белков содержат L-изомер. Другой важной особенностью является наличие поперечной сшивки между двумя тетрапептидами. Эта сшивка различна у разных видов бактерий: например, у *Staphylococcus aureus* пять молекул глицина связывают конечную молекулу D-аланина с предпоследней молекулой L-лизина.

ОКРАСКА ПО ГРАМУ

Этот способ окраски, разработанный в 1884 г. датским врачом Кристианом Грамом, стал одним из самых важных микробиологических методов. Он разделяет большинство бактерий на две группы: грамположительные, которые окрашиваются в голубой цвет, и грамотрицательные, которые окрашиваются красным цветом. Способ окраски по Граму состоит из четырех последовательных этапов.

- (1) Кристаллический фиолетовый краситель окрашивает все клетки в голубой/фиолетовый цвет.
- (2) Раствор йода (закрепитель) добавляют для образования кристаллического виолет-йодного комплекса; все клетки продолжают выглядеть голубыми.
- (3) Органический растворитель, такой как ацетон или спирт, экстрагирует комплекс голубой краски из богатой липидами, тонкостенной клетки грамотрицательных бактерий в большей степени, чем из бедных липидами толстостенных грамположительных бактерий. Грамотрицательные выглядят бесцветными, грамположительные остаются голубыми.
- (4) Обработка красным красителем сафранином изменяет цвет грамотрицательных клеток на красный/розовый; грамположительные бактерии остаются голубыми.

Применение окраски по Граму особенно важно для:

- (1) идентификации многих бактерий;
- (2) выбора антибиотика, так как в целом грамположительные бактерии более чувствительны к пенициллину, чем грамотрицательные.

По методике Грама, однако, окрашиваются не все бактерии. В табл. 2–3 приведены имеющие клиническое значение бактерии, которые не окрашиваются по Граму, и описаны причины этого. Там же даны альтернативные способы окраски.

Следует помнить, что для обнаружения 1 бактерии в поле зрения микроскопа с использованием (100×) линз масляной иммерсии, концентрация бактерий должна составлять приблизительно 100 000 клеток в 1 мл. Таким образом, чувствительность окраски по Граму невысока. Это объясняет то, почему кровь пациента не красят сразу, а инкубируют на кровяных культурах до следующего дня — за это время число бактерий увеличивается. Из данного правила есть одно важное исключение — при менингококцемии концентрация в крови *Neisseria meningitidis* может быть очень высокой.

В связи с тем, что пептидогликан имеется у бактерий, но отсутствует в клетках человека, он становится удобной мишенью для действия антибактериальных препаратов. Некоторые из лекарств, такие как пенициллин, цефалоспорины и ванкомицин, блокируют синтез пептидогликана, ингибируя транспептидазу, образующую перемычки между двумя расположенными рядом тетрапептидами (см. гл. 10).

Фермент **лизоцим** присутствует в слезах, слизи и слюне человека и может расщеплять каркас пептидогликана, разрушая его гликозидные связи и внося вклад в естественную резистентность организма против бактериальных инфекций. Действие лизоцима при высоком осмотическом давлении внутри клетки приводит к попаданию воды, набуханию и разрушению бактерий. Однако, если обработанные лизоцимом клетки находятся в растворе с таким же осмотическим давлением, что и внутри бактерии, они выживают, принимая сферические формы, которые называют протопластами, окруженными только цитоплазматической мембраной.

Липополисахарид

Липополисахарид (ЛПС) наружной мембраны клеточной стенки грамотрицательных бактерий является **эндотоксином**. Он обуславливает многие проявления заболеваний, такие как лихорадка и шок (особенно гипотензию), вызываемые этими микроорганизмами (см. с. 84). Название «эндо» показывает, что это составная часть клеточной стенки, в отличие от экзотоксинов, активно секретируемых бактериями. Комплекс симптомов, вызываемых эндотоксином одной грамотрицательной бактерии, сходен с таковым у другой, но тяжесть симптомов при этом может варьировать весьма широко. Симптомы, вызываемые экзотоксинами различных бактерий, напротив, обычно совершенно разные.

Таблица 2–3. Клинически значимые бактерии, не окрашивающиеся по Граму

Название	Причина	Альтернативная методика микроскопии
Микобактерии, включая <i>M. tuberculosis</i>	Краситель не может проникнуть через клеточную стенку из-за слишком большого содержания липидов	Кислотоустойчивая окраска
<i>Treponema pallidum</i>	Слишком тонка, чтобы ее видеть	Микроскопия в темном поле или реакция иммунофлуоресценции антител
<i>Micoplasma pneumoniae</i>	Нет клеточной стенки; очень малый размер	Нет
<i>Legionella pneumophila</i>	Слабо накапливает красный краситель	Удлинение времени контрастирования
Хламидии, включая <i>C. trachomatis</i>	Внутриклеточное существование; очень малый размер	Тельца включения в цитоплазме
Риккетсии	Внутриклеточное существование; очень малый размер	Окраска по Гимзе или другие способы окраски тканей

ЛПС состоит из трех определенных единиц (рис. 2–6).

- (1) Фосфолипид (называемый липидом А) отвечает за токсические эффекты.
- (2) Коровый (внутренний) полисахарид, состоящий из пяти сахаров, связан при помощи кетодиоксиоктоновой кислоты (КДО) с липидом А.
- (3) Полисахариды внешней мембраны, включающие до 25 повторяющихся единиц, состоящих из 3–5 сахаров. Этот наружный полимер является важным соматическим, или О-антигеном у нескольких грамотрицательных бактерий, который используется для идентификации микроорганизмов в клинических лабораториях.

Тейхоевая кислота

Это полимер глицеролфосфата или рибитолфосфата, расположенный в наружном слое стенки грамположительных клеток и выступающий из него. Некоторые полимеры глицеролтейхоевой кислоты penetрируют слой пептидогликана и ковалентно связываются с липидами цитоплазматической мембраны, в таких случаях это соединение называют **липотейхоевой кислотой**, другие прикрепляются к мураминовой кислоте пептидогликана.

Клиническое значение тейхоевых кислот заключается в их способности индуцировать шок при заболеваниях, вызываемых некоторыми грамположительными бактериями. Так, они активируют те же самые патологические процессы, что и эндотоксин (ЛПС) у грамотрицательных бактерий. Тейхоевые кислоты опосредуют прикрепление стафилококков к клеткам слизистой. У грамотрицательных бактерий тейхоевых кислот нет.

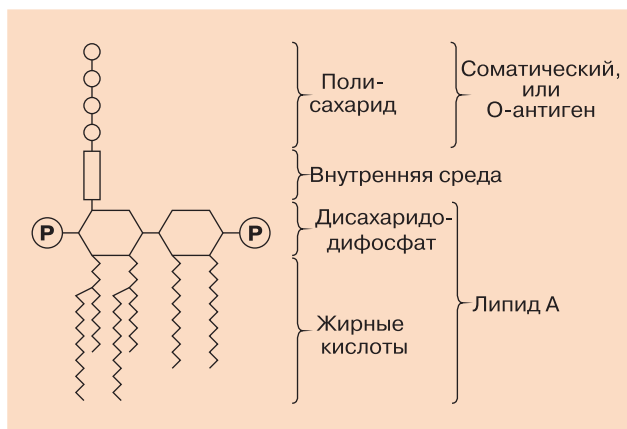


Рис. 2–6. Структура эндотоксина (ЛПС). Полисахаридный О-антиген расположен на наружной поверхности стенки, тогда как липид А обращен внутрь. (С разрешения из: Brooks GF *et al. Medical Microbiology*. 19th ed. Впервые опубликовано Appleton & Lange. Copyright 1991 McGraw-Hill.)

Плазматическая мембрана

Непосредственно под пептидогликаном находится плазматическая мембрана, которая состоит из двойного фосфолипидного слоя, при микроскопии похожего на таковой у клеток эукариот. Они похожи и химически, но мембраны эукариот содержат стеролы, тогда как у прокариот их в основном нет. Среди прокариот стеролы в мембране обнаруживаются только у представителей семейства микоплазм. Мембрана выполняет четыре основные функции: (1) осуществляет активный транспорт молекул в клетку, (2) вырабатывает энергию посредством окислительного фосфорилирования, (3) синтезирует предшественников клеточной стенки и (4) обеспечивает секрецию ферментов и токсинов.

Мезосома

Эта инвагинация плазматической мембраны важна во время деления клетки, при котором она функционирует как исходная точка образования поперечной перегородки, разделяющей клетку пополам, и как место связывания ДНК — генетического материала для обеих дочерних клеток.

Цитоплазма

При электронной микроскопии в цитоплазме можно выделить две зоны:

- (1) аморфный матрикс, содержащий рибосомы, гранулы с питательными веществами, метаболиты и плазмиды;
- (2) внутреннюю, нуклеоидную зону, состоящую из ДНК.

Рибосомы

Рибосомы бактерий — это место синтеза белков. От рибосом эукариот они отличаются размером и химическим составом. Размер рибосом бактерий составляет 70S, с субъединицами 50S и 30S, тогда как размер рибосом эукариот составляет 80S, с субъединицами 60S и 40S. Различия как в рибосомальных РНК, так и белках лежат в основе селективного действия некоторых антибиотиков, ингибирующих синтез белка бактерий, но не человека (см. гл. 10).

Гранулы

В цитоплазме есть несколько различных типов гранул, в которых хранятся питательные вещества и которые способны приобретать характерную окраску при обработке определенными красителями. Например, волютин служит источником энергии, хранящейся в форме полимеризованного метафосфата. Он выглядит как «метакромная» гранула, так как при обработке метиленовым синим приобретает красный цвет, а не синий, как можно было бы ожидать. Метахромные гранулы характерны для *Corynebacterium diphtheriae*, возбудителя дифтерии.

[...]

Настоящее издание содержит современные, клинически значимые сведения из быстро меняющихся областей микробиологии и иммунологии, множество микрофотографий окрашенных микроорганизмов, а также описание основных лабораторных тестов. В книгу включена глава об эктопаразитах и современная информация об антимикробных препаратах и вакцинах.