

Мікробіологія з основами імунології: підручник

Підручник складено відповідно до навчальної програми з дисципліни «Мікробіологія з основами імунології» підготовки фахівців II (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 22 «Охорона здоров'я» за спеціальністю 226 «Фармація, промислова фармація» з урахуванням вимог кваліфікаційних характеристик і стандартів освіти на основі нормативно-директивних матеріалів МОЗ України. У підручнику вміщено навчальний матеріал із загальної та клінічної мікробіології, екології та санітарної мікробіології, зокрема мікробіологічного контролю аптек і фармацевтичних виробництв лікарських препаратів. Описано організацію діагностичних лабораторій, принципи та характеристики класичних і сучасних методів діагностики інфекційних хвороб. Уперше висвітлено питання «Мікробіологічні основи біозахисту військ» з описом причини епідемій у військах, характеристики біологічної зброї та бактеріологічної масового знищення й основ протиінфекційного захисту. Особливу увагу приділено питанням розроблення, механізму дії, одержання, застосування та перспективних напрямів дослідження протимікробних лікарських препаратів. Для студентів фармацевтичних факультетів медичних закладів вищої освіти, а також для слухачів закладів післядипломної освіти, зокрема фармацевтів та провізорів.

В.В. ДАНИЛЕЙЧЕНКО
Й.М. ФЕДЕЧКО
О.П. КОРНІЙЧУК
І.І. СОЛОНИНКО

МІКРОБІОЛОГІЯ З ОСНОВАМИ ІМУНОЛОГІЇ

ПІДРУЧНИК

За редакцією
професора **В.В. ДАНИЛЕЙЧЕНКА**,
доцента **Й.М. ФЕДЕЧКА**

Третє видання

РЕКОМЕНДОВАНО
вченою радою Львівського національного
медичного університету імені Данила
Галицького як підручник для студентів
фармацевтичних факультетів медичних
закладів вищої освіти

Київ
ВСВ «Медицина»
2020

УДК 616-093;579.252
ББК 52.6;5254я73
М59

Рекомендовано вченою радою Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького як підручник для студентів фармацевтичних факультетів медичних закладів вищої освіти (протокол № 4 від 25.04.2019)

Автори:

В.В. Данилейченко, д-р мед. наук, професор кафедри мікробіології Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького;

Й.М. Федечко, канд. мед. наук, доцент кафедри лабораторної медицини Вищого навчального комунального закладу Львівської обласної ради «Львівська медична академія імені Андрея Крупинського»;

О.П. Корнійчук, д-р мед. наук, професор, зав. кафедри мікробіології Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького;

І.І. Солонинко, канд. біол. наук, доцент кафедри мікробіології Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького

Рецензенти:

Н.І. Філімонова, д-р мед. наук, професор, завідувач кафедри мікробіології, вірусології та імунології Національного фармацевтичного університету (м. Харків);

Д.В. Федорович, д-р біол. наук, професор, провідний науковий співробітник Інституту біології клітини Національної академії наук України (м. Львів)

Мікробіологія з основами імунології : підручник / В.В. Данилейченко, М59 Й.М. Федечко, О.П. Корнійчук, І.І. Солонинко ; за ред. В.В. Данилейченка, Й.М. Федечка. — 3-є вид. — К. : ВСВ «Медицина», 2020. — 376 с. + 8 с. кольор. вкл.

ISBN 978-617-505-810-7

Підручник складено відповідно до навчальної програми з дисципліни «Мікробіологія з основами імунології» підготовки фахівців II (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 22 «Охорона здоров'я» за спеціальністю 226 «Фармація, промислова фармація» з урахуванням вимог кваліфікаційних характеристик і стандартів освіти на основі нормативно-директивних матеріалів МОЗ України.

У підручнику вміщено навчальний матеріал із загальної та клінічної мікробіології, екології та санітарної мікробіології, зокрема мікробіологічного контролю аптек і фармацевтичних виробництв лікарських препаратів. Описано організацію діагностичних лабораторій, принципи та характеристики класичних і сучасних методів діагностики інфекційних хвороб.

Уперше висвітлено питання «Мікробіологічні основи біозахисту військ» з описом причини епідемій у військах, характеристики біологічної зброї та бактеріологічної масового знищення й основ протиінфекційного захисту.

Особливу увагу приділено питанням розроблення, механізму дії, одержання, застосування та перспективних напрямів дослідження протимікробних лікарських препаратів.

Для студентів фармацевтичних факультетів медичних закладів вищої освіти, а також для слухачів закладів післядипломної освіти, зокрема фармацевтів та провізорів.

УДК 616-093;579.252
ББК 52.6;5254я73

ISBN 978-617-505-810-7

© В.В. Данилейченко, Й.М. Федечко,
О.П. Корнійчук, І.І. Солонинко, 2009, 2020
© ВСВ «Медицина», оформлення, 2020

Зміст

Список скорочень	9
------------------------	---

Вступ	10
-------------	----

Частина 1 ЗАГАЛЬНА МІКРОБІОЛОГІЯ

Розділ 1. З ІСТОРІЇ МІКРОБІОЛОГІЇ ТА ІМУНОЛОГІЇ	12
Відкриття світу мікроорганізмів	12
Проблема самозародження мікроорганізмів.....	12
Мікроорганізми як причина заразних хвороб — розвиток ідей	13
Історія розвитку імунології	17
Українські вчені-мікробіологи.....	22
Сучасні напрями розвитку мікробіології та імунології	23
Розділ 2. СВІТ МІКРООРГАНІЗМІВ.....	25
Класифікація мікроорганізмів	26
«Нанобактерії».....	28
Розділ 3. МІКРОБІОЛОГІЧНА ЛАБОРАТОРІЯ	30
Завдання та організація лабораторій.....	30
Приміщення та режим роботи лабораторії.....	31
Правила роботи в мікробіологічній лабораторії	31
Базове обладнання мікробіологічних лабораторій.....	32
Розділ 4. МОРФОЛОГІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ	37
Основні відмінності будови прокариотів і одноклітинних еукариотів.....	37
Основні форми бактерій	38
Будова прокариотичної клітини	40
Мікроскопічний метод дослідження морфології мікроорганізмів	45
Розділ 5. ФІЗІОЛОГІЯ БАКТЕРІЙ	47
Хімічний склад мікроорганізмів	47
Джерела енергії для мікроорганізмів і типи живлення	49
Транспорт речовин у клітину.....	50
Обмін речовин у бактерій	51
Умови культивування мікроорганізмів	54
Типи живильних середовищ	56
Ріст і розмноження бактеріальних клітин	57
Живильні середовища для мікроорганізмів як товари медичного призначення	60
Розділ 6. ГЕНЕТИКА МІКРООРГАНІЗМІВ	63
Експериментальне доведення ролі ДНК як носія генетичної інформації.....	63
Хромосома бактерій.....	63
Гени бактерій	63

Реплікація геному	64
Транскрипція і трансляція	64
Генетичні зміни в бактерій	65
Генетичні взаємодії в бактерій	66
Генетичні технології, що застосовують у генній інженерії, геноідентифікації мікроорганізмів, генодіагностиці інфекційних хвороб. Принципи генної інженерії ...	68
Розділ 7. ВПЛИВ ФАКТОРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА МІКРООРГАНІЗМИ.....	72
Середовища існування мікроорганізмів	72
Дезінфекція	78
Асептика й антисептика	82
Дезінсекція	83
Дератизація	84
Мікробіологічний контроль ефективності стерилізації та дезінфекції	84
Запобігання мікробному псуванню харчових продуктів	85
Розділ 8. ЕКОЛОГІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ	87
Мікрофлора тіла людини	87
Дисбактеріоз	90
Мікрофлора довкілля.....	92
Санітарна мікробіологія	93
Мікробіологічний контроль аптек.....	96
Розділ 9. БАКТЕРІОФАГІЯ	101
Морфологія.....	101
Взаємодія фага з бактеріальною клітиною	101
Методи титрування бактеріофага	102
Специфічність бактеріофагів. Фаговари бактерій.....	102
Практичне використання бактеріофагів	103
Фаготерапія і фагопрофілактика	103
Розділ 10. ОСНОВИ МІКРОБНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ.....	106
Принципи одержання біотехнологічних препаратів	106
Мікроорганізми, що застосовують у біотехнологічних процесах	107
Мікробіологічний контроль біотехнологічного виробництва	107
Основні напрями сучасних мікробіологічних біотехнологій	108
Генно-інженерні біотехнології із застосуванням мікроорганізмів	112
Розділ 11. ОСОБЛИВОСТІ ФІЗІОЛОГІЇ ПАТОГЕННИХ МІКРООРГАНІЗМІВ.	
ФАКТОРИ ПАТОГЕННОСТІ І ВІРУЛЕНТНОСТІ	117
Взаємодія мікробних популяцій з макроорганізмом	117
Інфекція та інфекційний процес	121
Експериментальний метод у мікробіології	124
Розділ 12. ОСНОВИ ІМУНОЛОГІЇ	127
Імунологія як наука	127
Неспецифічні, або загальні, фактори резистентності.....	127
Клітинні фактори захисту. Фагоцитоз.....	130
НК-клітини	130
Взаємодія клітин, які захищають організм.....	131
Імунітет. Імунна система організму	133

Антигени	135
Імунна толерантність	137
Антитіла	137
Генетичний контроль і механізм імунної відповіді	140
Розділ 13. ІМУННІ МЕХАНІЗМИ ЗАХИСТУ ВІД ІНФЕКЦІЙНИХ АГЕНТІВ	144
Механізми захисту від бактерій	144
Особливості імунітету при паразитарних інфекціях	145
Імунітет при грибкових інфекціях	146
Протипухлинний захист	146
Трансплантаційний імунітет	147
Розділ 14. ІМУНОПАТОЛОГІЧНІ РЕАКЦІЇ	150
Автоімунні реакції	150
Імунологія вагітності та репродуктивної функції	152
Алергія	153
Розділ 15. ІМУНОДЕПРЕСИВНІ СТАНИ (ІМУНОДЕФІЦИТИ).....	158
Вроджені імунодефіцити	158
Набуті імунодефіцити. Імунодепресанти	158
Оцінювання імунного статусу організму	159
Препарати для імунокорекції.....	161
Розділ 16. СЕРОЛОГІЧНІ РЕАКЦІЇ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ	163
Серологічні реакції	163
Реакції з позначеними (міченими) антитілами	165
Імунологічні діагностичні препарати	167
Розділ 17. ІМУНОПРОФІЛАКТИКА ІНФЕКЦІЙНИХ ХВОРОБ.....	170
Вакцини	170
Лікарсько-профілактичні сироватки	173
Зберігання та транспортування вакцинно-сироваткових препаратів.....	175
Розділ 18. АНТИБІОТИКИ, ДЖЕРЕЛА ОДЕРЖАННЯ. МІКРООРГАНІЗМИ-ПРОДУЦЕНТИ.	
ХІМІОПРЕПАРАТИ	177
Антибіотики.....	177
Класифікація антибіотиків.....	177
Синтетичні антимікробні засоби.....	185
Стійкість мікроорганізмів до антибіотиків	187
Розділ 19. МЕТОДИ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ.....	191
Мікробіологічний діагностичний цикл.....	191
Мікроскопічний метод діагностики.....	193
Мікробіологічний метод діагностики.....	198
Метод біопроби (експериментальний) у діагностиці інфекційних хвороб.....	204
Виявлення антигенів мікроорганізмів у клінічному матеріалі.....	205
Виявлення генетичного матеріалу збудника в клінічному матеріалі	206
Серологічна діагностика.....	207
Діагностична імунохроматографія. Тест-системи для імунологічних експрес-досліджень.....	209
Алергодіагностика	210

Частина 2

СПЕЦІАЛЬНА МІКРОБІОЛОГІЯ. ПАТОГЕННІ БАКТЕРІЇ. НАЙПРОСТІШІ. ГРИБИ

Розділ 20. СТАФІЛОКОКИ.....	211
Розділ 21. СТРЕПТОКОКИ.....	217
Розділ 22. НЕЙСЕРІЇ.....	222
Менінгококи.....	222
Гонококи.....	224
Розділ 23. ЕНТЕРОБАКТЕРІЇ.....	227
Ешерихії.....	227
Сальмонели.....	229
Шигели.....	233
Єрсинії.....	234
Клебсієли.....	237
Протеї.....	238
Розділ 24. ХОЛЕРНИЙ ВІБРІОН.....	240
Розділ 25. ГЕЛІКОБАКТЕРІЇ ТА КАМПІЛОБАКТЕРІЇ.....	243
Розділ 26. ГРАМНЕГАТИВНІ ЗБУДНИКИ ПОВІТРЯНО-КРАПЛИННИХ ІНФЕКЦІЙ.....	245
Бордетели.....	245
Розділ 27. ЗБУДНИК ДИФТЕРІЇ.....	248
Розділ 28. МІКОБАКТЕРІЇ.....	251
Збудник прокази.....	251
Мікобактерії туберкульозу.....	251
Патогенні актиноміцети.....	254
Розділ 29. ПАТОГЕННІ АНАЕРОБИ.....	256
Збудник правця.....	256
Збудники газової гангрени.....	258
Збудник ботулізму.....	260
Неклостридіальні анаероби.....	261
Розділ 30. ГРАМПОЗИТИВНІ АЕРОБНІ БАЦИЛИ. ЗБУДНИК СИБІРКИ.....	264
Розділ 31. ГРАМНЕГАТИВНІ ПАЛИЧКИ — ЗБУДНИКИ БАКТЕРІАЛЬНИХ ЗООНОЗНИХ І САПРОНОЗНИХ ІНФЕКЦІЙ.....	266
Бруцели.....	266
Збудник туляремії.....	267
Буркгольдерії.....	267
Рід <i>Pseudomonas</i>	268
Ацинетобактерії.....	269
Розділ 32. ПАТОГЕННІ СПІРОХЕТИ.....	271
Трепоніми. Збудник сифілісу.....	271
Борелії.....	273
Лептоспіри.....	274

Розділ 33. РИКЕТСІЇ. БАРТОНЕЛИ. КОКСІЕЛИ. ХЛАМІДІЇ. МІКОПЛАЗМИ	276
Родина <i>Bartonellaceae</i>	276
Родина <i>Rickettsiaceae</i>	276
Збудник висипного тифу — <i>Rickettsia prowazeki</i>	277
Ерліхії.....	278
Хламідії	278
Мікоплазми	279
Розділ 34. ПАТОГЕННІ ГРИБИ	281
Значення грибів у патології людини. Мікотоксикози	283
Збудники мікозів у людини	283
Розділ 35. ПАТОГЕННІ НАЙПРОСТІШІ, ПРИНЦИПИ ЛАБОРАТОРНОЇ ДІАГНОСТИКИ.	
АНТИПРОТОЗОЙНІ ПРЕПАРАТИ.....	287
Клас саркодові.....	287
Клас джгутикові	288
Клас споровики.....	290
Частина 3	
ЗАГАЛЬНА І СПЕЦІАЛЬНА ВІРУСОЛОГІЯ	
Розділ 36. БІОЛОГІЯ ВІРУСІВ.....	295
Взаємодія вірусів з клітинами.....	297
Методи культивування вірусів	297
Розділ 37. ПАТОГЕНЕЗ ВІРУСНИХ ІНФЕКЦІЙ. ПРОТИВІРУСНИЙ ІМУНІТЕТ.	
ВІРУСОЛОГІЧНА ДІАГНОСТИКА. ПРОТИВІРУСНІ ПРЕПАРАТИ	303
Особливості імунітету при вірусних інфекціях.	
Індукція синтезу інтерферонів.....	304
Методи вірусологічної діагностики.....	306
Розділ 38. КЛАСИФІКАЦІЯ ВІРУСІВ.....	311
Розділ 39. РНК-ВМІСНІ ВІРУСИ.....	317
Буньявіруси.....	317
Тогавіруси	317
Флавовіруси	318
Ареनावіруси	319
Філовіруси	320
Реовіруси.....	320
Коронавіруси.....	321
Каліцивіруси.....	321
Астровіруси.....	321
Рабдовіруси.....	321
Ортоміксовіруси	322
Параміксовіруси	325
Пікорнавіруси.....	326
Ретровіруси.....	328
Вірус гепатиту E.....	332
Розділ 40. ДНК-ВМІСНІ ВІРУСИ	334
Поксвіруси.....	334
Герпесвіруси	335

Зміст

Аденовіруси	336
Папіломавіруси і поліомавіруси	337
Парвовіруси	337
Гепаднавіруси. Вірус гепатиту В — HBV	337
Онкогенні віруси	339
Повільні вірусні інфекції	340
Розділ 41. ВІРОЇДИ ТА ПРИОНИ	343
Частина 4	
КЛІНІЧНА МІКРОБІОЛОГІЯ. МІКРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ БІОЗАХИСТУ ВІЙСЬК	
Розділ 42. КЛІНІКО-МІКРОБІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	345
Визначення і завдання клінічної мікробіології	345
Правила взяття і транспортування клінічного матеріалу	346
Завдання мікробіологічного дослідження при хворобах, спричинених умовно-патогенними мікроорганізмами	346
Бактеріологічне дослідження крові	348
Бактеріологічне дослідження сечі	349
Бактеріологічні дослідження при захворюваннях нижніх дихальних шляхів і легень	349
Бактеріологічні дослідження виділень і мазків із носа та зіву	349
Бактеріологічні дослідження спинномозкової рідини	350
Бактеріологічне дослідження виділень із жіночих статевих органів	350
Бактеріологічне дослідження вмісту травного каналу	351
Бактеріологічне дослідження виділень із ран і ексудатів	352
Бактеріологічне дослідження при хворобах очей, вух	352
Частина 5	
ОСНОВИ ВІЙСЬКОВОЇ МІКРОБІОЛОГІЇ	
Розділ 43. МІКРОБІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ У ВІЙСЬКАХ	354
Причини епідемій у військах	354
Характеристика біологічної зброї	355
Основи протиінфекційного захисту військ	357
Специфічна та неспецифічна індикація бактеріологічної зброї	358
Система протиепідемічних профілактичних заходів у військах	361
Частина 6	
ФІТОПАТОГЕННІ МІКРООРГАНІЗМИ	
Розділ 44. ОСНОВНІ ЗБУДНИКИ ХВОРОБ РОСЛИН	365
Загальна характеристика фітопатогенів	365
Основні групи фітопатогенних мікроорганізмів і прояви патогенної дії	367
Способи поширення фітопатогенних мікроорганізмів серед рослин	369
Методи діагностики мікробних хвороб рослин	372
Запобігання хворобам рослин	373
Література	375

Вступ

Мікробіологія — галузь біології, яка вивчає мікроскопічні одноклітинні організми, а також неклітинні біологічні системи, здатні до самовідтворення за участю клітини, — віруси, віроїди, пріони.

Завданням мікробіології як науки є вивчення місця і ролі мікроорганізмів у біосфері; їх морфології, фізіології, генетики і застосування здобутих знань у діяльності людини.

Значення мікроорганізмів у біосфері описано таким поняттям, як «безмежно велика роль безмежно дрібних організмів». Це зумовлено роллю мікроорганізмів у фундаментальних процесах існування біосфери — еволюції біосистем та їх вирішальним значенням у колообігу біогенних елементів (азоту, вуглецю, фосфору, сірки, заліза та ін.). Мікроорганізми здатні асимілювати біогенні елементи з атмосфери і літосфери, від чого залежить загальна маса біосфери, тобто кількість усього живого на Землі. Окрім того, беруть участь у процесах біодеградації рослинних і тваринних залишків й органічних речовин, повертаючи їх у біосферу в доступній для організмів формі.

Основи життєдіяльності мікроорганізмів і їх роль у біосфері вивчає *загальна мікробіологія*.

Прикладне значення мікробіології реалізується такими її галузями, як технічна мікробіологія, яка є основою біотехнологічних процесів, що застосовуються в енергетиці й різних галузях промисловості, допомагають виявити й мінімізувати екологічні проблеми, що виникають унаслідок антропогенних впливів на довкілля, досліджує можливості й способи використання мікроорганізмів для одержання розмаїття біологічно активних речовин.

Значення мікроорганізмів у процесах ґрунтоутворення, функціонування рослинних біоценозів, мікробні хвороби рослин та інші аспекти агрокультурної діяльності людини, пов'язані з мікроорганізмами, вивчає *аграрна мікробіологія*, а збудників мікробних хвороб тварин — *ветеринарна мікробіологія*.

Окремим, дуже важливим розділом технічної мікробіології є *харчова мікробіологія*, яка вивчає мікробіологічні складові біотехнологічних процесів одержання компонентів харчових продуктів, їх виготовлення й безпечного використання.

Безпосереднє значення для медицини й фармації мають мікробні технологічні процеси одержання біологічно активних речовин і препаратів, що застосовуються як лікарські засоби.

Одна з основних галузей мікробіології — *медична мікробіологія*, завданням якої є вивчення мікроорганізмів як збудників хвороб людини та значення нормальної мікрофлори тіла людини.

Основні напрями досліджень медичної мікробіології:

— вивчення етіології та патогенезу хвороб, що спричиняють мікроорганізми. У результаті таких досліджень встановлюють причини заразних хвороб, роль мікробів у розвитку хвороб (що стосуються різних сфер медицини — терапії, хірургії, стоматології та ін.). Упродовж останніх років досліджується значення мікроорганізмів у розвитку системних патологічних процесів атеросклерозу, цукрового діабету, злоякісного (ракового) переродження клітин;

— вивчення мікрофлори тіла людини та її значення у фізіологічних механізмах організму;

— розроблення методів діагностики хвороб, спричинених мікроорганізмами, тобто способів виявлення і розпізнавання (ідентифікації) збудників хвороб у клінічному матеріалі, відтворення патологічного процесу на експериментальних тваринах, виявлення мікробного геному і специфічних речовин мікробів (антигенів) або специфічної імунної відповіді організму людини на ці речовини;

— розроблення і вивчення препаратів для специфічної профілактики інфекційних хвороб;

— пошук і вивчення речовин природного й синтетичного походження для винайдення лікарських антимікробних препаратів;

— дослідження екології та мікроекології мікроорганізмів, контролю за мікробними біоценозами довкілля, запобігання зараженню людей (*санітарна мікробіологія*).

На основі вивчення взаємодії мікро- і макроорганізмів розвинулась *імунологія* як окрема медико-біологічна наука про механізми захисту організму не лише від хвороботвірних мікрорганізмів, а й від генетично чужих біологічних агентів і від власних змінених біоструктур. Прикладне значення імунології полягає в розробленні препаратів і методів для специфічної діагностики, лікування та профілактики інфекційних хвороб, кореляції імунозумовлених процесів, вирішенні проблем імунодіагностики та імунотерапії онкологічних захворювань, питань трансплантації тканин і органів.

В окрему науку виділилась і *вірусологія*, що вивчає неклітинні біологічні системи — віруси, які в людини спричиняють більшість інфекційних хвороб, здатні включати власний геном у геном людини і спричиняти злякисне переродження клітин.

Наприкінці ХХ ст. на основі досягнень загальної мікробіології та генетики мікроорганізмів почала розвиватися *генна інженерія мікроорганізмів*. Вона вирішує найважливіші практичні завдання в усіх зазначених галузях мікробіології, зокрема одержання препаратів для лікування, профілактики й діагностики інфекційних хвороб.

Мікробіологія, вірусологія та імунологія як галузі науки мають оригінальні методи дослідження, що становлять предмет вивчення у вищій медичній школі як єдиний курс.

При вивченні курсу мікробіології з основами імунології студентам фармацевтам доцільно звернути особливу увагу на вивчення властивостей патогенних мікроорганізмів — збудників хвороб — та їх взаємодію з організмом людини як основу для належного оцінювання засобів і препаратів для діагностики й контролю над інфекційними хворобами. Препарати і засоби для діагностики, лікування та профілактики хвороб, що спричиняються мікроорганізмами або залежать від реакції імунної системи, становлять значний відсоток фармацевтичного ринку. Вивчення цих препаратів починається в курсі мікробіології.

Діяльність фармацевтів, провізорів, працівників фармацевтичних виробництв пов'язана з питаннями мікробіологічного контролю за станом приміщень, апаратури й обладнання, дотримання правил стерилізації, дезінфекції, асептики й антисептики, а також із дослідженням мікробного забруднення сировини і готових лікарських форм. Ці питання висвітлює санітарна мікробіологія аптек і фармацевтичних виробництв.

Вивчення фітопатогенних мікроорганізмів дає змогу правильно діагностувати хвороби лікарських рослин і вплив мікробів на рослину як сировину для виготовлення фармацевтичних препаратів.

На сучасному етапі для одержання біологічно активних речовин і лікарських препаратів широко застосовують біотехнологічні процеси, при яких використовуються мікроорганізми. Тому в курсі мікробіології студенти вивчають основи мікробних і біотехнологічних і генно-інженерних технологій.

Розділ 4

МОРФОЛОГІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ

ОСНОВНІ ВІДМІННОСТІ БУДОВИ ПРОКАРІОТІВ
І ОДНОКЛІТИННИХ ЕУКАРІОТІВ

Найважливіші відмінні ознаки прокаріотичних і еукаріотичних клітин показано у табл. 6.

ТАБЛИЦЯ 6

Особливості будови прокаріотичних і еукаріотичних клітин

Ознака	Прокаріотична клітина	Еукаріотична клітина
Структура геному	Гаплоїдний набір генів. Бактеріальна хромосома кільцевої форми, ядерна мембрана відсутня, ДНК зв'язана з гістоноподібними білками. Позахромосомні автономні генетичні елементи — плазмід, інтегрони	Диплоїдний набір генів. Кілька хромосом, сформоване ядро, оточене ядерною мембраною, ДНК зв'язана з гістонами, плазмідів виявлені тільки у грибів
Розмноження і передача генетичної інформації	Розмноження відбувається простим поділом. Передача генетичної інформації в процесах трансформації, трансдукції, кон'югації або за участю плазмід, або інших автономних генетичних елементів	Розмноження статевим шляхом, мітотичний поділ клітин, мейоз (у грибів можливе нестатеве розмноження)
Апарат синтезу білка	Рибосоми 70S. Нуклеотидні послідовності 16S РНК малої субодиниці рибосоми є основою геносистематики	Рибосоми 80S
Будова оболонки	До складу клітинної стінки еубактерій входять пептидоглікан, ліпополісахариди, тейхоеві кислоти	Оболонка — ліпопротеїдна мембрана. Клітинна стінка у грибів містить біополімери: хітин, целюлозу
Цитоплазматична мембрана	Біліпідний шар із фосфоліпідів	До складу входять стироли (у грибів) і фосфоліпідів
Внутрішня структура клітини	Відсутній цитоскелет. Немає мітохондрій	Складні внутрішньоклітинні мембранні структури, апарат Гольджі, цитоплазматичний ретикулум
Окисно-відновні процеси, синтез АТФ	За участю цитоплазматичної мембрани	У мітохондріях

ОСНОВНІ ФОРМИ БАКТЕРІЙ

Термін «бактерія» вживають у назві доменів, як загальну назву прокариотичних клітин, що мають клітинну стінку, а також у вужчому значенні — для паличкоподібних неспорівих прокариотів.

Для всіх бактерій властиві певна форма й розміри, які виражають у мікрометрах (мкм). Вони коливаються від 0,5—0,8 мкм до 10—15 мкм (кlostридії) завдовжки і від 0,1 до 1,5—2,5 мкм завширшки чи в діаметрі.

Розрізняють такі основні форми бактерій: кулясті (сферичні), або коки (від грец. *kokkos* — зерно); палички (циліндричні); звивисті (спіралеподібні); ниткоподібні (мал. 3).

Коки переважно кулястої форми (діаметром 1—1,5 мкм), але трапляються і бобоподібної, ланцетоподібної, еліпсоїдної. За характером взаємного розташування клітин, що утворюються після поділу, коки поділяють на такі групи:

— *мікрококи* (від лат. *micro* — малий) діляться в одній площині, розташовуються поодинокі й хаотично. Це сапрофіти, патогенних для людини немає;

— *диплококи* (від лат. *diplos* — подвійний) діляться в одній площині з утворенням пар клітин, що мають бобоподібну (нейсерія гонореї) або ланцетоподібну (пневмокок) форму;

— *стрептококи* (від грец. *streptos* — ланцюжок) діляться в одній площині, але з поділом клітини зберігають між собою зв'язок, утворюючи різної довжини ланцюжки. Патогенні стрептококи спричинюють (у людей) скарлатину, ангіну, гнійні запалення. Стрептококи відіграють провідну роль у розвитку карієсу зубів;

— *стафілококи* (від лат. *staphyle* — гроно винограду) діляться в кількох площинах, а утворені клітини розміщуються скупченнями, що нагадують грона винограду. Стафілококи спричинюють понад 100 різних захворювань людини гнійно-запального характеру;

— *тетракоки* (від лат. *tetra* — чотири) діляться у двох взаємоперпендикулярних площинах з утворенням тетрад. Патогенні для людини види трапляються дуже рідко;

— *сарцини* (від лат. *sarcina* — в'язка, пакет) діляться в трьох взаємоперпендикулярних площинах з утворенням пакетів з 8, 16, 32 і більше клітин. Найчастіше трапляються в повітрі. Серед них є умовно-патогенні представники.

Палички — бактерії циліндричної форми завдовжки від одного до кількох мікрометрів. Палички понад 3 мкм вважаються великими (бацили сибірки), 1,5—3 мкм — середніх розмірів (більшість збудників кишкових інфекцій), а менше ніж 1,5 мкм — короткими.

Діаметр паличок близько 1 мкм, тонкі — менше ніж 1 мкм (збудник туберкульозу), а товсті — понад 1 мкм (збудник газової гангрені). Форма може бути правильною циліндричною, з «обрізними» або із заокругленими кінцями. Деякі бактерії овоїдної форми (збудник чуми).

Залежно від взаємного розташування бактерій їх поділяють на: монобактерії — поодинокі і хаотично розташовані (більшість паличкоподібних форм); диплобактерії — розташовуються попарно; стрептобактерії та стрептобацили — ланцюжком. Вони мають такі групи:

— *бактерії* — неспоріві паличкоподібні прокариоти;

— *бацили* — аеробні спорові палички (від лат. *bacillus* — паличка), наприклад *Bacillus anthracis* — збудники сибірки. Анаеробні спорові палички, які стовщені на одному з кінців, називаються *кlostридіями* (від грец. *clostridie* — веретено), наприклад *Clostridium tetani* — збудник правця. А неспорові анаеробні палички із загостреними кінцями називаються *фузобактеріями* (від лат. *fusus* — веретено). Вони спричинюють некротичні процеси в тканинах;

— *коринебактерії* — булавоподібної форми зі стовщенням на кінці (*Corynebacterium diphtheriae* — збудник дифтерії).

Звивисті (спіралеподібні) бактерії. За кількістю і характером завитків, а також за діаметром клітин виділяють:

— *комоподібні вібріони* (від грец. *vibrio* — звиватись, згинатись), які мають один згин, що не перевищує чверті оберту спіралі (схожий на кому), патогенний вид — *Vibrio cholerae*;

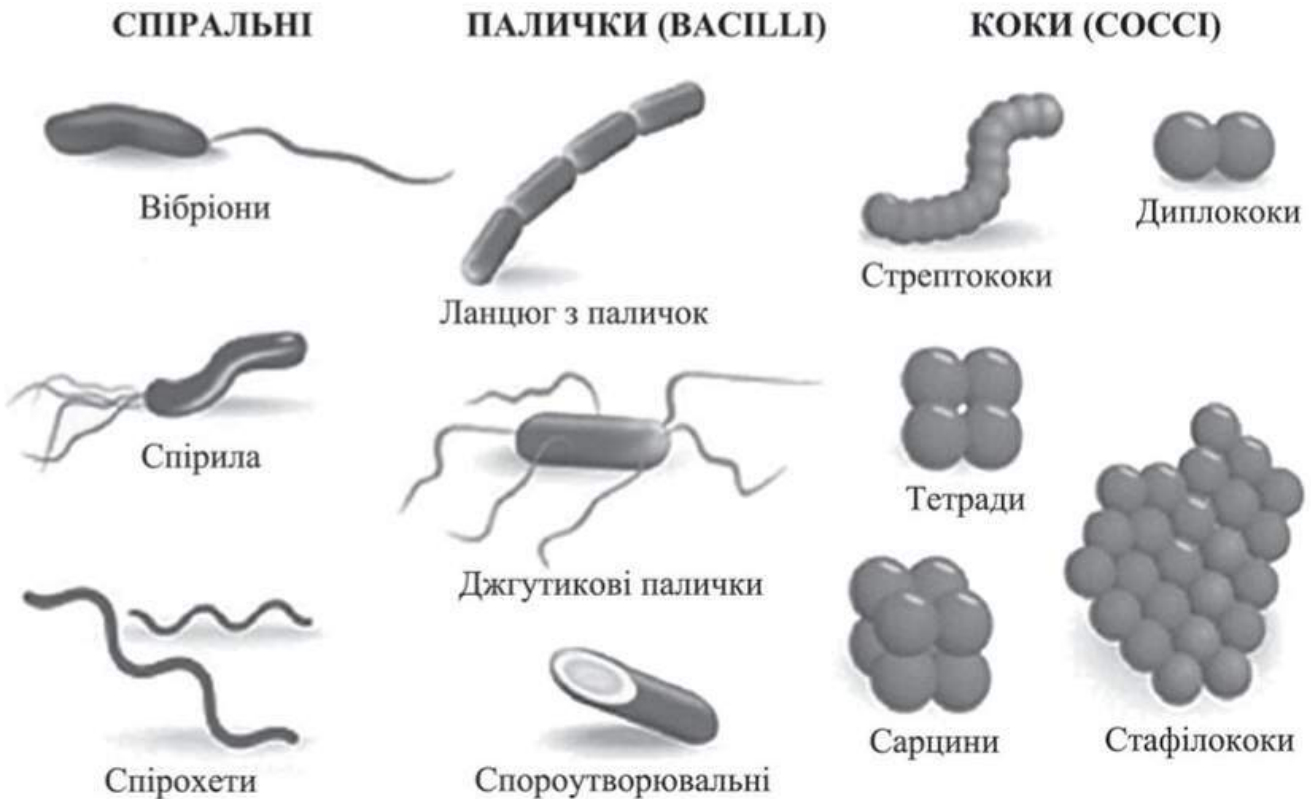
— *спірили* (від грец. *speira* — завиток) — клітини з малою кількістю (2–3) завитків;

— *гелікобактерії* — зігнуті палички, що нагадують дугу, по якій розміщується насіння соняшника. *Helicobacter pylori* спричинює хвороби шлунка — гастрит і виразки;

— *кампілобактерії* також дугоподібної форми;

— *ниткоподібні форми бактерій* можуть утворювати паличкоподібні бактерії в разі порушення умов їх росту або регуляції клітинного поділу (мікобактерії, коринебактерії). Ниткоподібна форма (інколи з розгалуженнями) властива *актиноміцетам*.

У домен *Eubacteria* входять (як окремий тип) спіралеподібні мікроорганізми — *спірохети* (морфологія спірохет розглядається в окремому розділі).



Мал. 3. Основні форми бактерій

БУДОВА ПРОКАРІОТИЧНОЇ КЛІТИНИ

До складу будь-якої бактерії входять: поверхневі структури, клітинна оболонка, цитоплазма (мал. 4, кольорова вклейка).

Поверхневі структури бактерій — глікокалікс, капсули, джгутики, мікрівійки, а також особливі структури — рецептори. Це видові характеристики бактерій, які використовують для ідентифікації мікроорганізмів.

Глікокалікс — поверхневий полісахаридний шар, властивий багатьом бактеріям, який забезпечує прилипання бактерій до слизових оболонок або інших тканин.

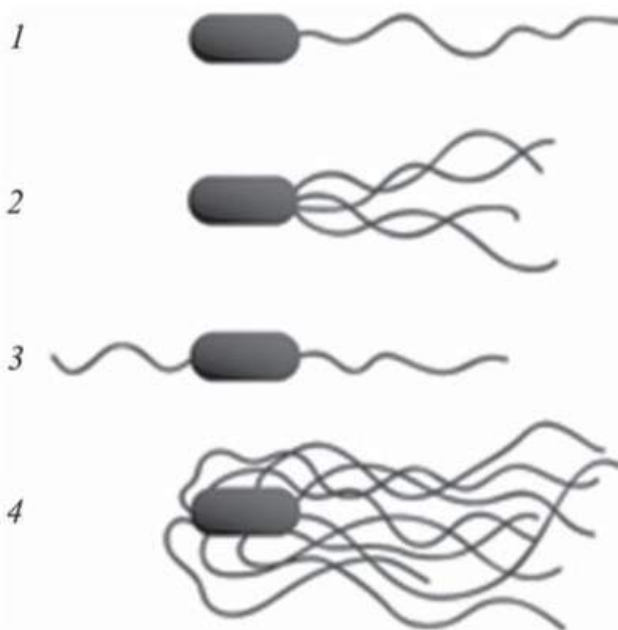
Капсули оточують клітинну оболонку багатьох бактерій, зокрема і патогенних. Розрізняють *мікрокапсули*; виявляють тільки при електронній мікроскопії у вигляді нашарування мукополісахаридних фібрил) і *макрокапсули* (виявляють при світловій мікроскопії). Капсула забезпечує адгезію (прилипання бактерій до тканин), захищає мікроорганізм від висихання, визначає антигенну специфічність та імуногенні властивості бактерій. Ця структура є важливим *фактором вірулентності* бактерій, запобігає фагоцитозу і дії антитіл. Експериментально встановлено, що капсульні різновиди бактерій вірулентніші, ніж безкапсульні цього самого виду. Наприклад, капсульний варіант палички сибірки спричинює тяжку хворобу в людей і тварин, а безкапсульний використовується як жива вакцина. Виявлення капсули має важливе значення для ідентифікації бактерій. Під час фарбування простими і складними методами Буррі—Гінса, Дроботька. Капсула у зв'язку з її гелеподібною консистенцією не затримує фарбу і виявляється у вигляді незабарвленої облямівки навколо забарвленого тіла мікроба.

Джгутики властиві багатьом бактеріям і забезпечують їх рухливість. Часто їх довжина більша за клітину і сягає 10—15 мкм (мал. 5). Вони складаються зі спіралеподібної нитки білка флагеліну (здатного до скорочення), «гачка» і базального тіла, що містить стержень, і 1—2 пари дисків, закріплених у цитоплазматичній мембрані. Ця структура є своєрідним «мотором», який забезпечує обертальні рухи джгутиків.

За характером розташування і кількістю джгутиків рухливі бактерії поділяють на *монотрихи* — з одним полярно розташованим джгутиком; *лофотрихи* — із пучком джгутиків на одному з полюсів; *амфітрихи* — із джгутиками на обох полюсах; *перитрихи* — із джгутиками по всій верхній клітині.

Білки джгутиків мають специфічні антигенні властивості, які виявляють при видовій і внутрішньовидовій диференціації бактерій.

Джгутики через малу товщину (12—18 нм) не вдається розгледіти за звичайних способів мікроскопії живих бактерій. Це можна зробити лише в



Мал. 5. Джгутики бактерій:

1 — монотрих; 2 — лофотрих; 3 — амфітрих; 4 — перитрих

разі застосування складних методів фарбування, наприклад обробленням таніном і нітратом срібла. Їх розташування вивчають за допомогою електронної мікроскопії, а рухливість бактерій (як непряме підтвердження наявності джгутиків) виявляють *методом роздавленої та підвищеної краплі*.

Мікрівійки (війки, пілі, фімбрії) властиві переважно грамнегативним бактеріям. Вони складаються зі спеціальних білків і мають ниткоподібну структуру, завтовшки 3—2,5 нм і завдовжки до 12 мкм. На поверхні клітин їх може бути від десятка до кількох тисяч.

Війки поділяють на: 1) пілі загального типу (звичайні, адгезивні), основна функція яких полягає в прикріпленні бактерій до субстрату, до тканин чи клітин макроорганізму; 2) F-пілі кон'югативні — специфічні утворення, що беруть участь у передачі генетичної інформації при кон'югації, виявляються в клітинах, які містять F-фактор фертильності. На поверхні клітини є також спеціальні структури з властивостями рецепторів, які зумовлюють специфічну адсорбцію бактеріофагів, бактеріоцинів, забезпечують комунікативну взаємодію між клітинами та між клітинами й середовищем.

Клітинна оболонка. Ця структура в більшості бактерій складається з клітинної стінки та цитоплазматичної мембрани. Деякі бактерії мають ще зовнішню мембрану як зовнішній шар клітинної стінки.

Клітинна стінка бактерій тонка, еластична і ригідна. Захищає бактерії від зовнішніх впливів, надає їм характерної форми, через неї відбувається транспорт поживних речовин і виділення метаболітів. Клітинна стінка підтримує постійність внутрішнього середовища і витримує значний тиск із середини; бере участь у регуляції росту і поділу клітин; визначає антигенну характеристику бактерій та їх імунобіологічні властивості. Структура і склад елементів клітинної стінки визначають здатність сприймати барвники, тобто *тинкторіальні властивості* бактерій.

Грампозитивні та грамнегативні бактерії. В основі одного з головних принципів диференціації бактерій — здатність сприймати і затримувати в клітині комплекс генціанового фіолетового (генціанвіолету) з йодом або втрачати його після оброблення спиртом. Цей принцип лежить в основі методу *фарбування за Грамом*. Х. Грам — датський учений, який у 1884 р. запропонував метод фарбування бактерій послідовно кількома барвниками, у результаті чого одні бактерії забарвлюються в синьо-фіолетовий (грампозитивні), інші — у рожевий колір (грамнегативні). Здатність забарвлюватися за Грамом є настільки важливою диференціальною ознакою бактерій, що обов'язково згадується в їх характеристиці. Характер забарвлення бактерій за Грамом зумовлений особливостями структури і хімічного складу клітинної стінки (мал. 6, кольорова вклейка). Під час фарбування за Грамом у грампозитивних бактерій утворюється стійкий комплекс генціанвіолету і йоду, який міцно утримується структурами стінки й не змивається спиртом, тому вони забарвлюються в колір основного барвника — генціанвіолету (темно-фіолетовий). У грамнегативних бактерій генціанвіолет вимивається спиртом і вони забарвлюються в червоний колір додаткового барвника (фуксину).

У *грампозитивних* бактерій (фірмікутів) клітинна стінка переважно складається з пептидоглікану (муреїну), розміщеного в кілька шарів (30—70 % сухої маси клітинної стінки) і тейхоевих кислот.

У клітинній стінці *грамнегативних* бактерій (грацилікутів) міститься тільки один шар пептидоглікану (10 % сухої маси), відсутні тейхоеві кислоти. Над пеп-

ridmi
ТВІЙ УЛЮБЛЕНИЙ КНИЖКОВИЙ

КУПИТИ