



**НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені О.О.БОГОМОЛЬЦЯ  
Кафедра клінічної фармакології та клінічної фармації**

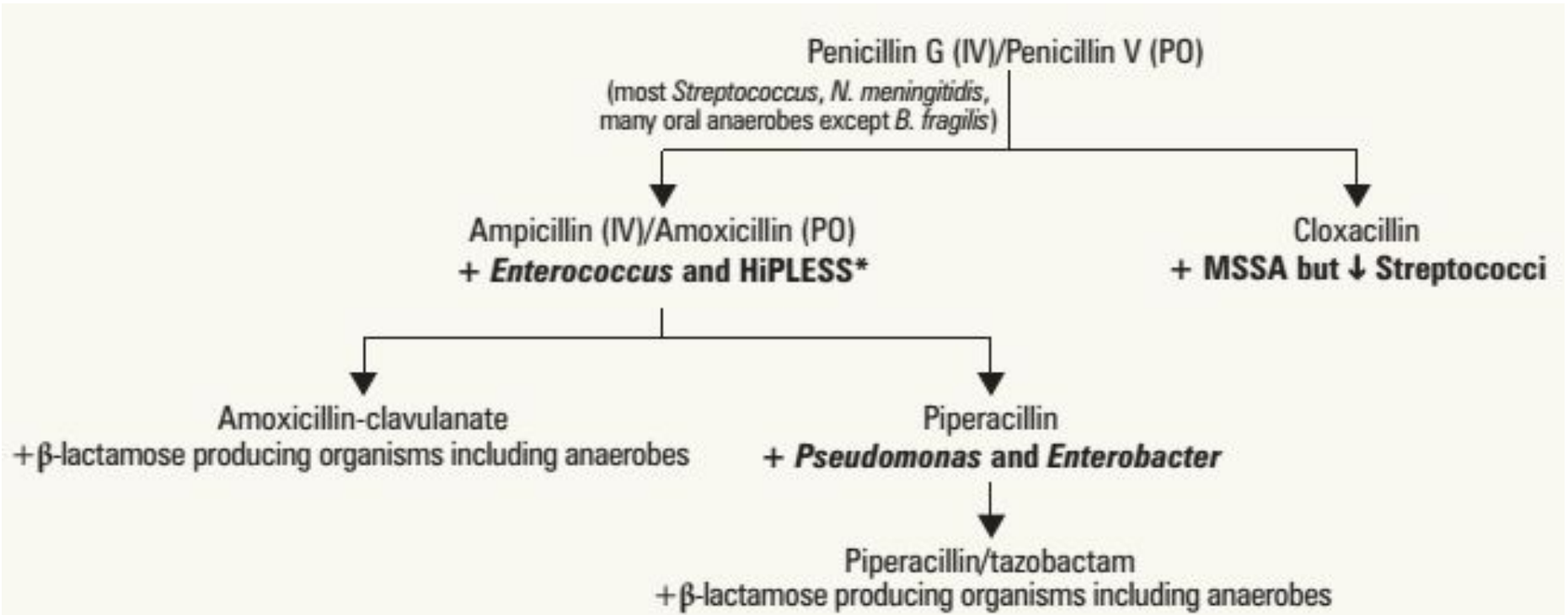
**ОСНОВИ РАЦІОНАЛЬНОЇ АНТИБАКТЕРІАЛЬНОЇ  
ТЕРАПІЇ.  
ФАРМАКОКІНЕТИЧНО/ФАРМАКОДИНАМІЧНА  
МОДЕЛЬ АНТИБІОТИКОТЕРАПІЇ**

**проф. М.В.Хайтович**

**4.04.2021**

# КЛАСИФІКАЦІЯ АНТИБІОТИКІВ

## 1. ПЕНІЦИЛІНИ



\*HiPLESS = *H. influenzae*, *Proteus*, *Listeria*, *E. coli*, *Salmonella*, *Shigella*

# КЛАСИФІКАЦІЯ АНТИБІОТИКІВ

## 2. ЦЕФАЛОСПОРИНИ (перорально/внутрішньовенно)

1 покоління - цефалексин/цефазолін (ГР+, деякі ГР-)

2 покоління - цефуроксим/цефпрозил (деякі ГР+, деякі ГР- анаероби)

3 покоління - цефксим/цефотаксим і цефтріаксон (добре Streptococcal coverage, переважно ГР-), і цефтазидим (ГР- і Pseudomonas)

4 покоління - ---/цефепім (більшість ГР+, більшість ГР-, Pseudomonas)

## 3. АМІНОГЛІКОЗИДИ (ГР-, аеробні бацили)

- гентаміцин, тобраміцин, амікацин

## 4. МАКРОЛІДИ (ГР+, Haemophilus, атипкові бактерії [Legionella, Chlamydophila, Mycoplasma])

еритроміцин, кларитроміцин, азитроміцин

# КЛАСИФІКАЦІЯ АНТИБІОТИКІВ

## 5. ФТОРХІНОЛОНИ (ГР-, але росте резистентність)

ципрофлоксацин (+ *Pseudomonas*), норфлоксацин (лише інфекція сечової системи)

**респіраторні** (деякі ГР+, ГР-, атипові бактерії [*Legionella*, *Chlamydothila*, *Mycoplasma*]) – левофлоксацин, □ моксіфлоксацин (+ анаероби)

## 6. КАРБАПЕНЕМИ (широкий спектр: ГР+, ГР-, анаероби)

іміпінем (+*Pseudomonas*), меропенем (+ *Pseudomonas*), ертапенем

## 7. ТЕТРАЦИКЛІНИ

доксидиклін/тетрациклін (ГР+, сифіліс, *Chlamydothila*, *Rickettsia*, *Mycoplasma*)

тайгециклін (резистентна ГР+, ГР-, анаероби, *Chlamydothila*, *Rickettsia*, *Mycoplasma*)

# КЛАСИФІКАЦІЯ АНТИБІОТИКІВ

## 8. ГЛІКОПЕПТИДИ

ванкоміцин (всі GR+ і *C. difficile*– оральні форми)

## 9. ІНШІ (оксазолідіони, ліпопептиди, лінкозаміди, нітрофурани, нітроїмідазоли, сульфаніламідати тощо)

лінезолід (резистентна GR+)

даптоміцин (резистентна GR+)

кліндаміцин (більшість GR+, GR- анаероби)

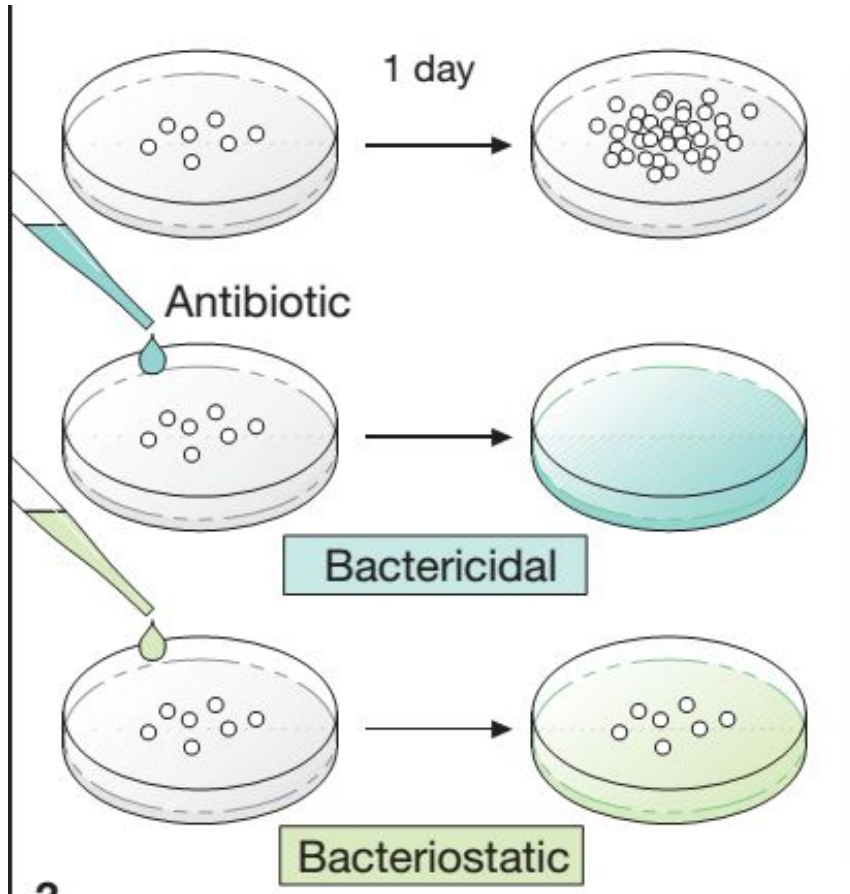
лінкоміцин (в костній тканині)

триметоприм/котримоксазол (*S. aureus* в т.ч. MRSA, GR- аероби, *Pneumocystis*)

нітрофурантоїн (GR- бацили, *S. saprophyticus*, *Enterococcus*)

метронідазол (анаероби, в т.ч.: *C. difficile*; *Trichomonas*, *Entamoeba*)

# БАКТЕРИЦИДНІ ТА БАКТЕРІОСТАТИЧНІ АНТИБІОТИКИ



Lüllmann et al., 2000

## Bactericidal Antibiotics

"Very Finely  
Proficient At CCell  
Murder"

Vancomycin

Fluoroquinolones

Penicillin

Aminoglycosides

Cephalosporins

Carbapenems

Metronidazole

Daptomycin

## Bacteriostatic Antibiotics

"ECSTaTiC"

Erythromycin (and  
other macrolides)

Clindamycin

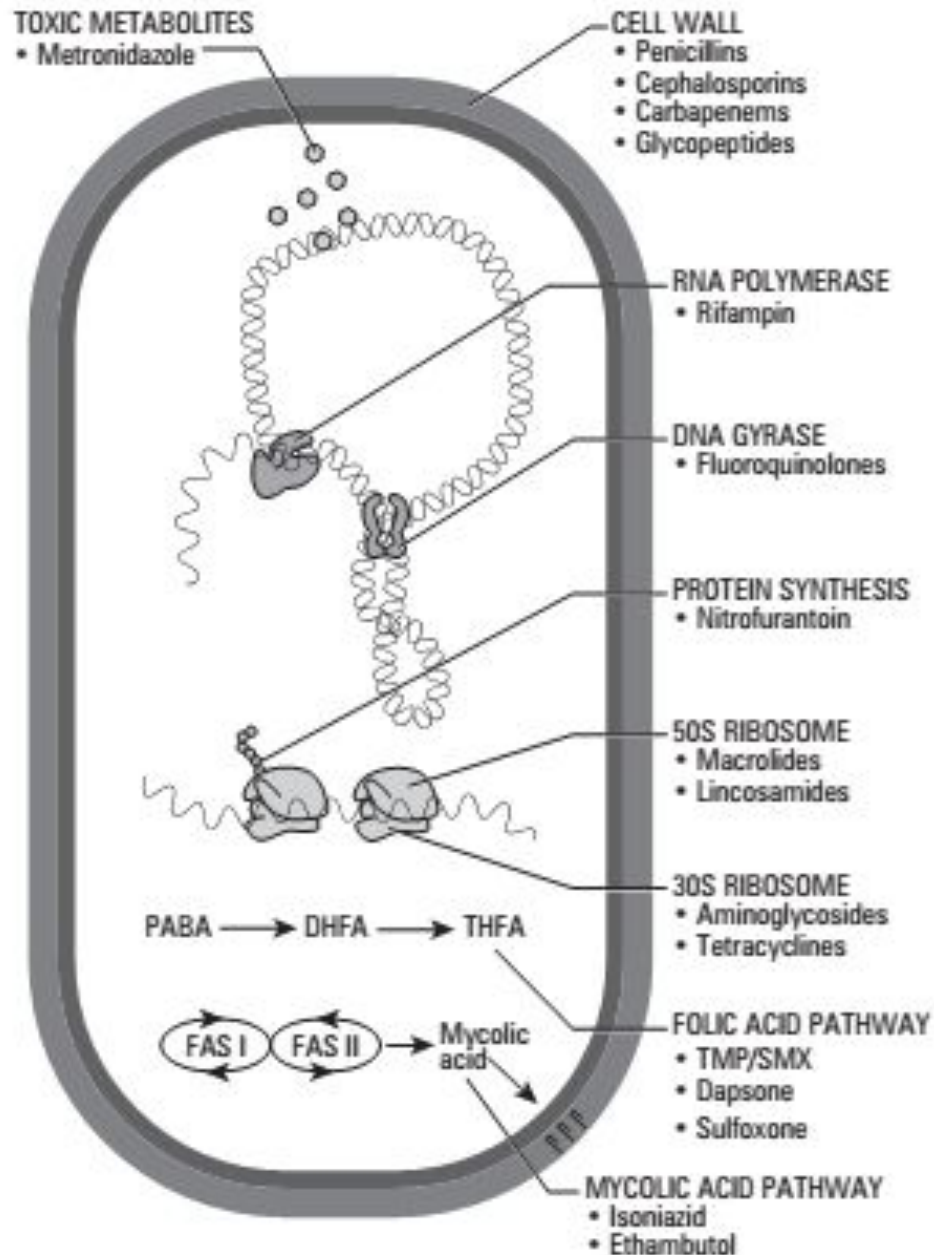
Sulfamethoxazole

Trimethoprim

Tetracyclines

Chloramphenicol

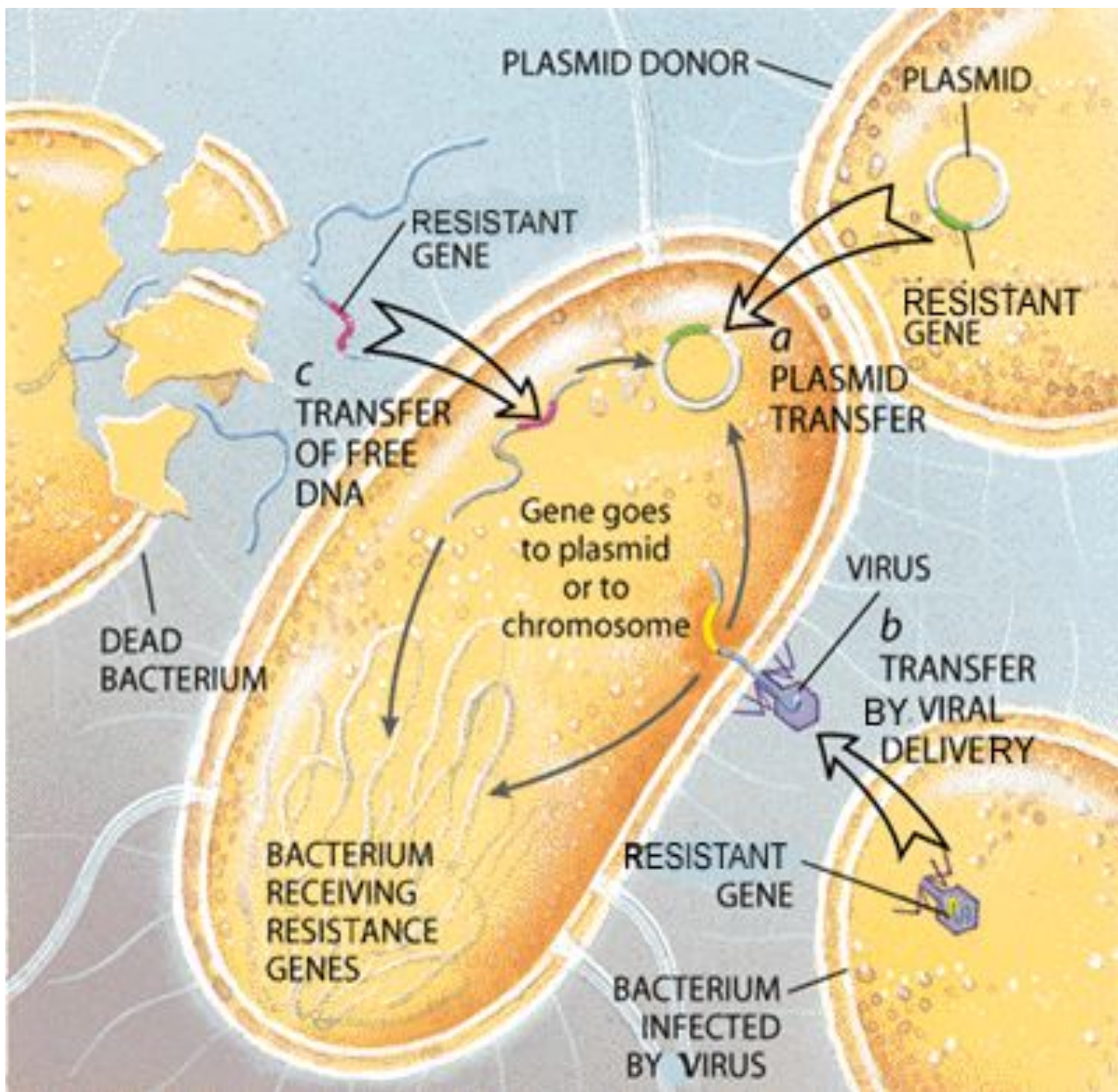
# МЕХАНІЗМ ДІЇ АНТИБІОТИКІВ



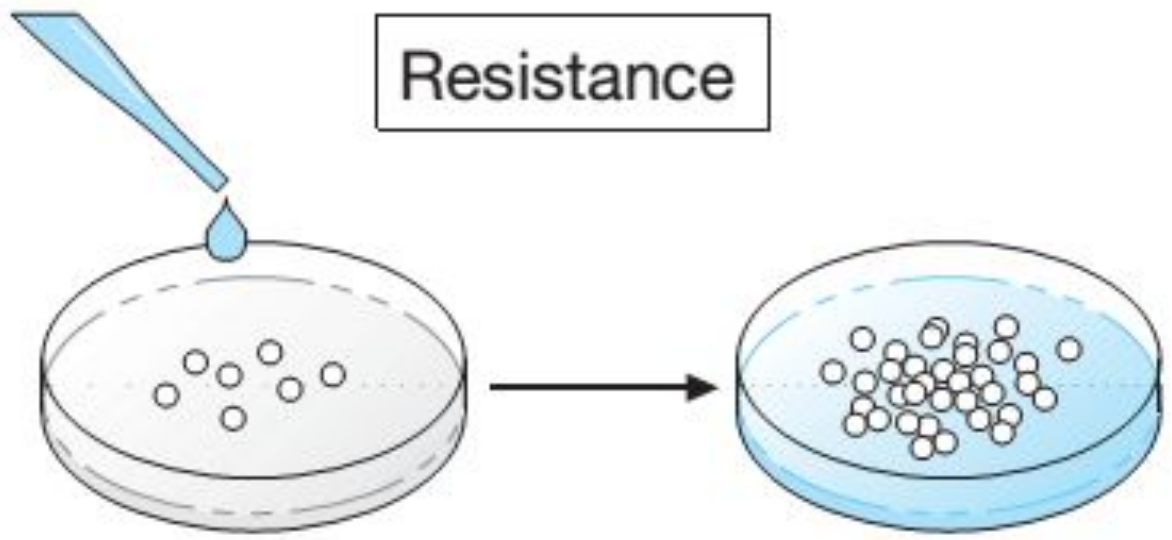
# НЕСПРИЯТЛИВІ ПОБІЧНІ РЕАКЦІЇ

- **Тип А - прогнозовані ефекти, залежні від дози (65-80%) –**
  - **фторхінолони**
    - тахікардія типу “пірует”,
    - подовження інтервалу QT,
    - гепатотоксичність,
  - **аміноглікозиди**
    - нефро – і ототоксичність
- **Тип В - непрогнозовані ефекти (не залежні від дози).**
  - Алергічні (пеніциліни, цефалоспорини)
- **Тип D - Тератогенність фторхінолонів тощо**

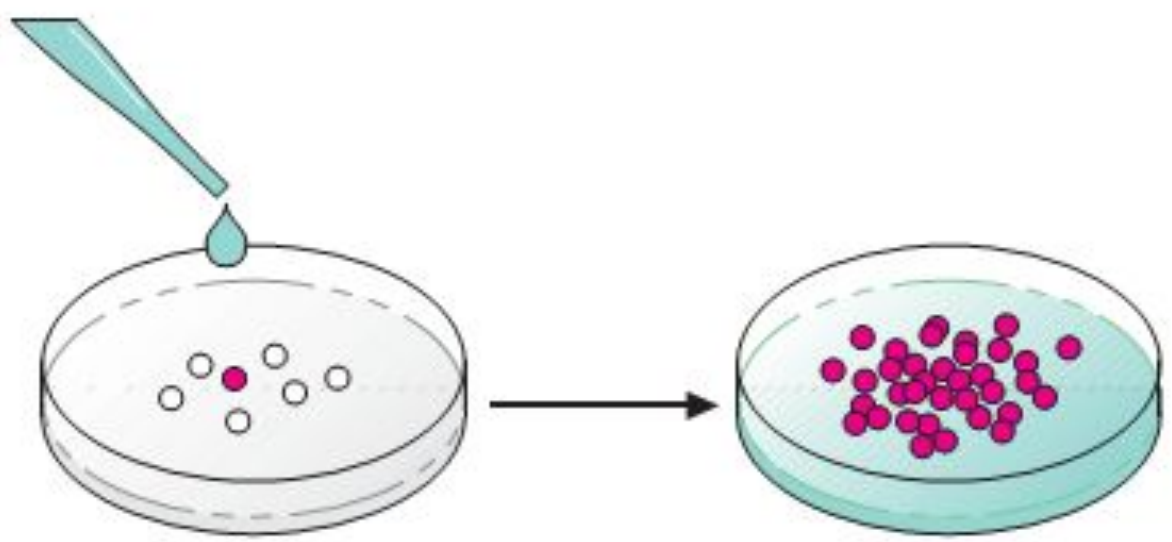




Resistance



Insensitive strain

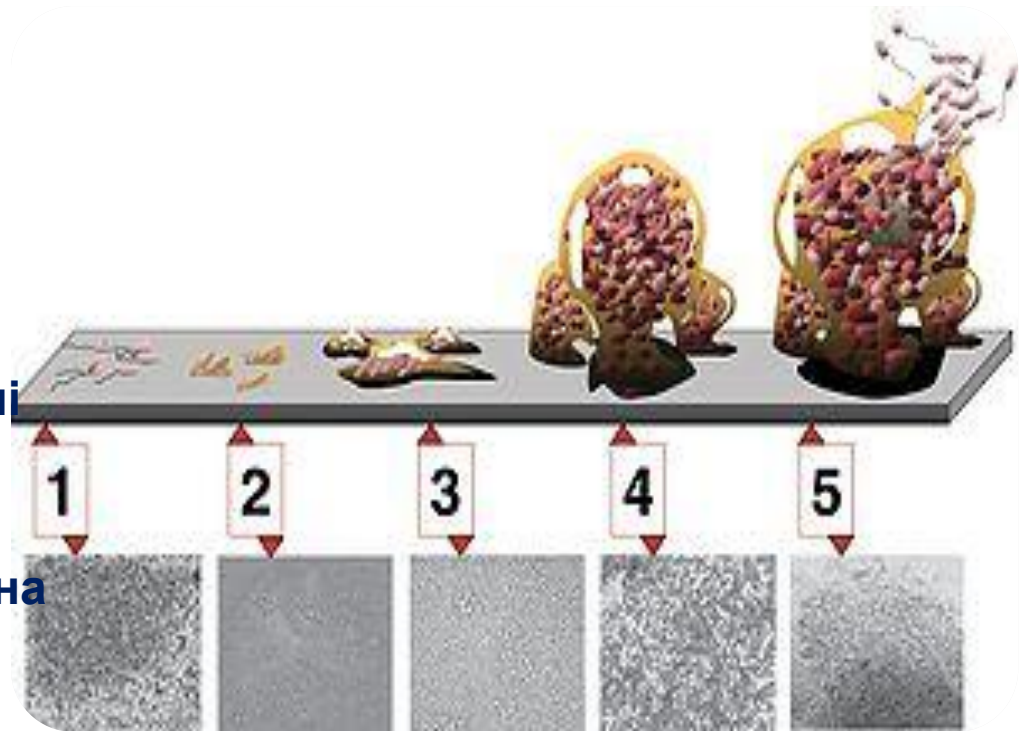


Sensitive strain with resistant mutant

Selection

# СТАДІЇ РОЗВИТКУ БІОПЛІВКИ

1. Первинне прикріплення мікроорганізмів до поверхні (адгезія)
2. Фіксація (бактерії виділяють позаклітинні полімери, що забезпечують міцну адгезію).
3. Визрівання (клітини, що прикріпилися до поверхні, полегшують прикріплення наступних клітин, позаклітинний матрикс утримує разом всю колонію. Накопичуються поживні речовини, клітини починають ділитися).
4. Зростання (зріла біоплівка, вона змінює свій розмір і форму. Позаклітинний матрикс служить захистом клітин від зовнішніх загроз).
5. Дисперсія (викид бактерій): в результаті поділу періодично від



## Біоплівка:

- умова антибіотикорезистентності
- зниження інфекційного контролю



# КАРБАПЕНЕМАЗЕ-ПРОДУКУЮЧІ ENTEROBACTERIACEAE

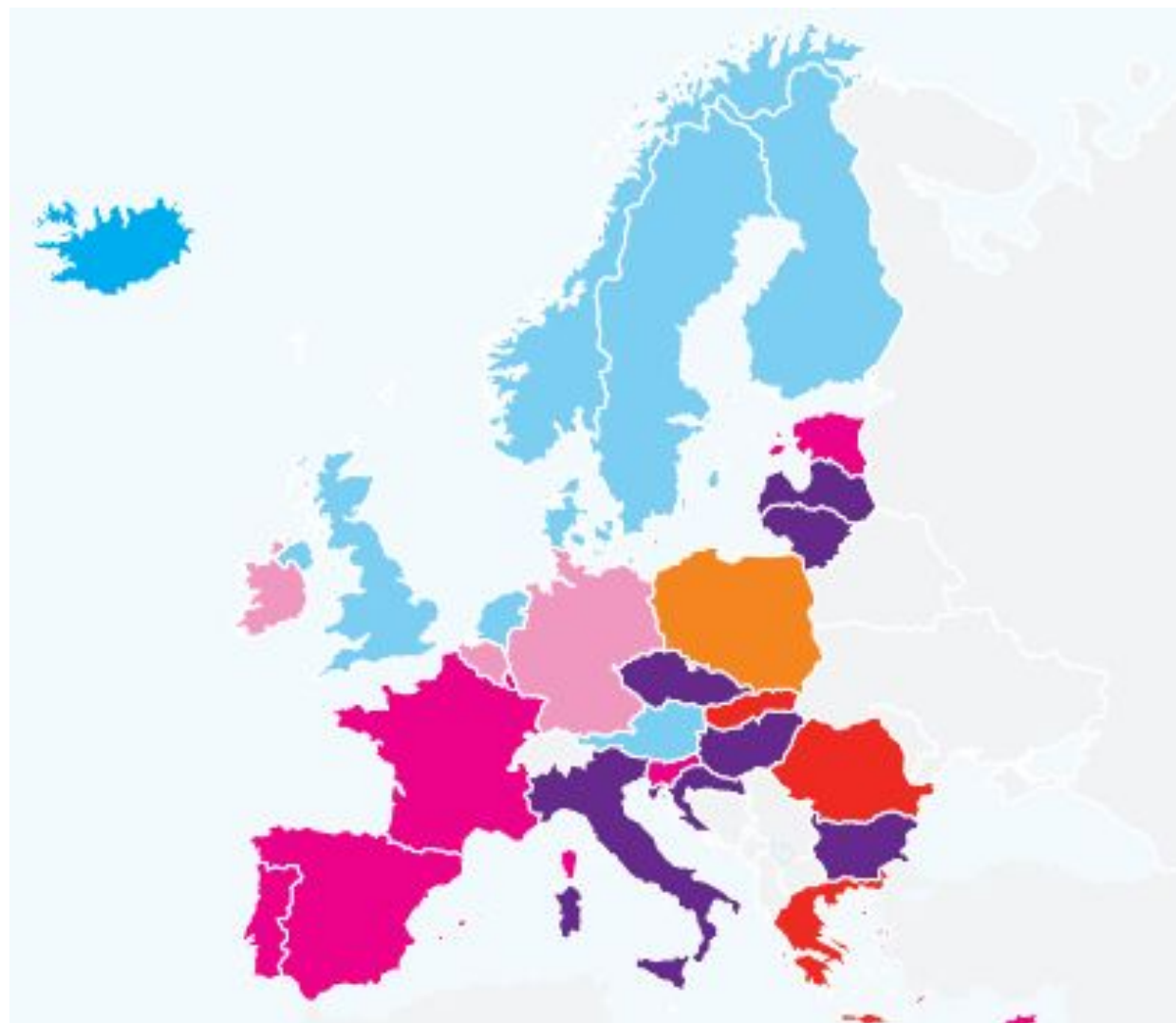
## Epidemiological stages, 2014-2015

- Countries not participating
- No case reported (Stage 0)
- Sporadic occurrence (Stage 1)
- Single hospital outbreak (Stage 2a)
- Sporadic hospital outbreaks (Stage 2b)
- Regional spread (Stage 3)
- Inter-regional spread (Stage 4)
- Endemic situation (Stage 5)



Частота виділення карбапенемазе-продукуючих штамів Enterobacteriaceae у Європі, 2015 (ECDC)

# РЕЗИСТЕНТНІСТЬ КЛ. PNEUMONIA (%) ДО ІІІ ГЕНЕРАЦІЇ ЦЕФАЛОСПОРИНІВ, ФТОРХІНОЛОНІВ 2014.



Orange square: No data or less than 10 isolates

Legend for resistance percentages:

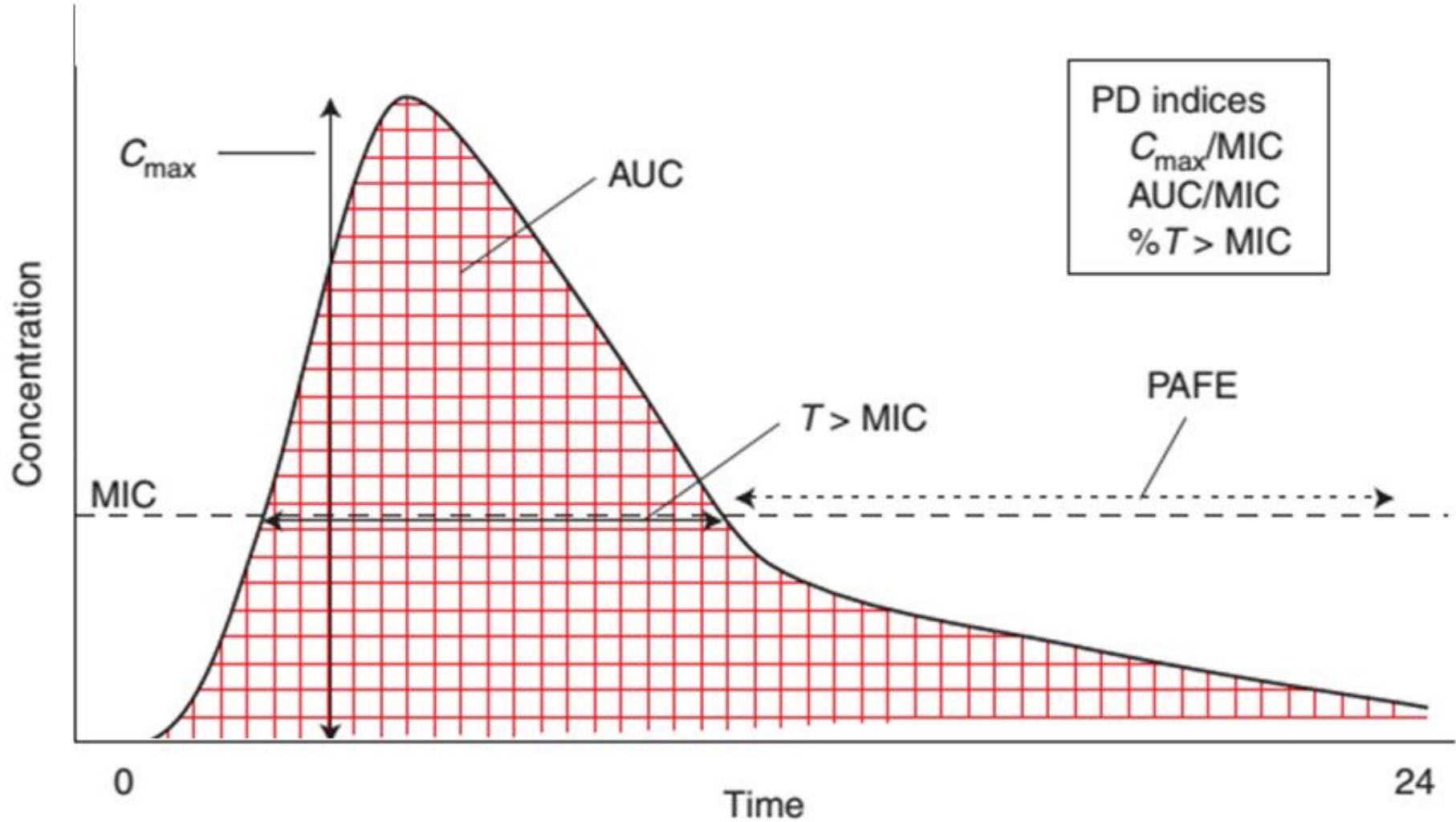
- Light blue square: <1%
- Medium blue square: 1% - <5%
- Pink square: 5% - <10%
- Magenta square: 10% - <25%
- Dark purple square: 25% - <50%
- Red square: >50%

## РЕЗИСТЕНТНІСТЬ KL. PNEUMONIA (%) в клініці м.Києва

www.imdlab.c  
om.ua

Код	Наименование антибиотика	Кол-во	%R	%I	%S
AMP_EM	Ampicillin	31	100	0	0
SAM_EM	Ampicillin/Sulbactam	27	81,5	0	18,5
AMC_EM	Amoxicillin/Clavulanic acid	29	62,1	0	37,9
PIP_EM	Piperacillin	26	76,9	3,8	19,2
TZP_EM	Piperacillin/Tazobactam	29	62,1	3,4	34,5
TIC_EM	Ticarcillin	10	100	0	0
TCC_EM	Ticarcillin/Clavulanic acid	1	100	0	0
FOX_EM	Cefoxitin	28	0	0	100
FEP_EM	Cefepime	27	77,8	3,7	18,5
CTX_EM	Cefotaxime	18	61,1	5,6	33,3
CAZ_EM	Ceftazidime	30	66,7	0	33,3
CRO_EM	Ceftriaxone	35	77,1	0	22,9

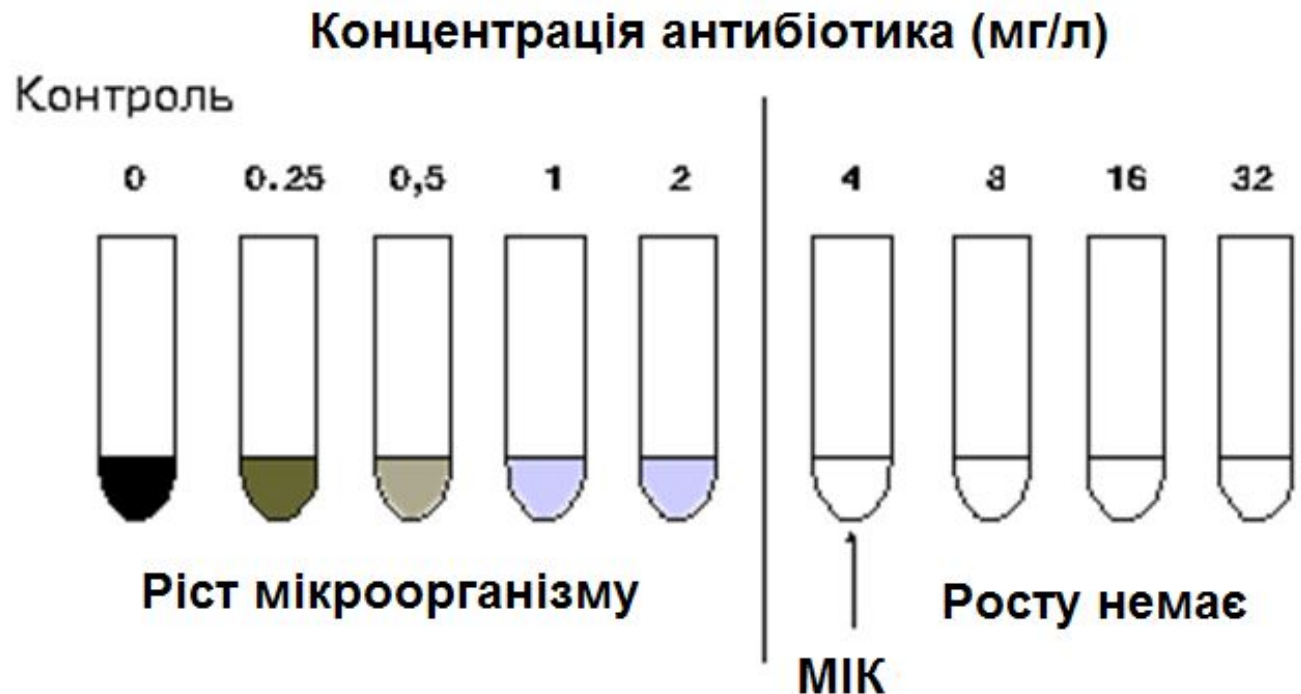
# ФАРМАКОКІНЕТИЧНІ ПАРАМЕТРИ



Lepak A.J., Andes D.R. Antifungal Pharmacokinetics and Pharmacodynamics. Cold Spring Harb Perspect Med. 2014

# ФАРМАКОДИНАМІКА АБ

- **МІК (МПК, МІС) – мінімальна інгібуюча (пригнічуюча) концентрація – найменша концентрація антибіотика, яка здатна пригнічувати ріст мікроорганізмів**



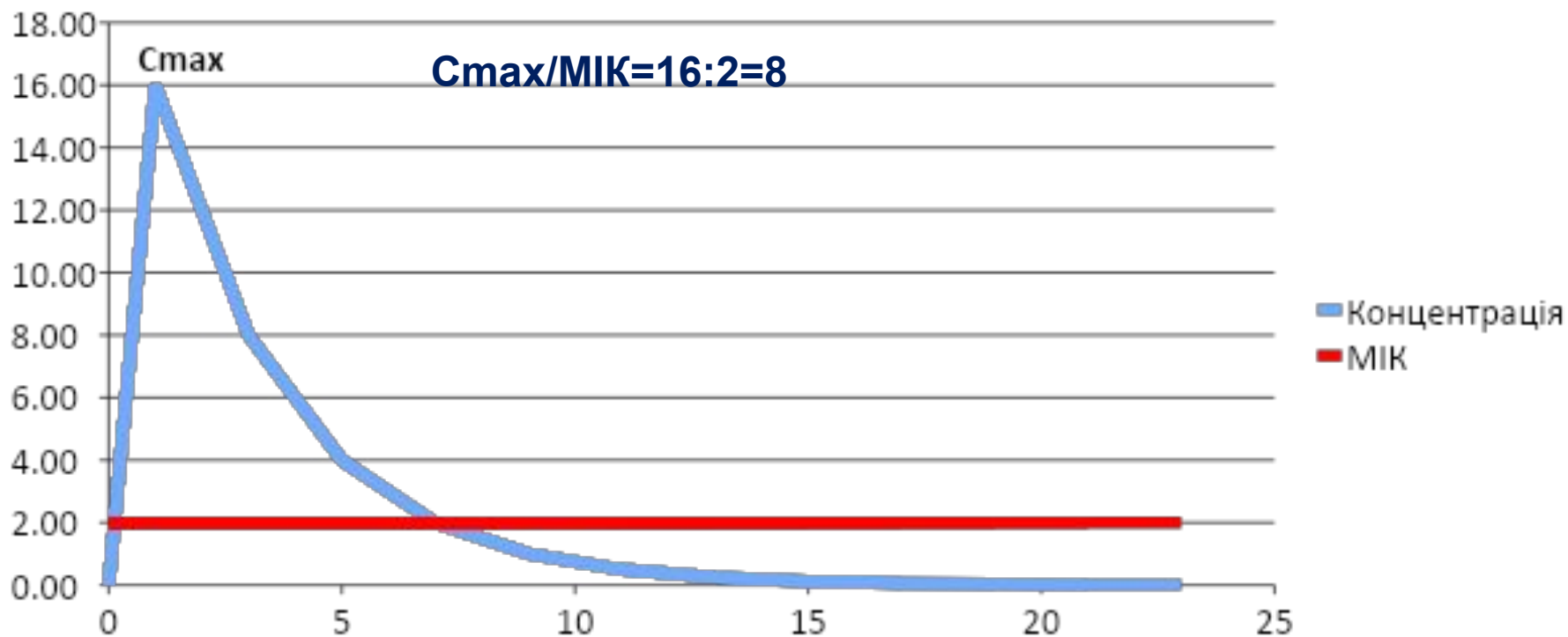


## ФК/ФД параметри

- **$C_{max}/MIC$  - для концентрацієзалежних антибіотиків (8-10)**
- **$T > MIC$  — для час-залежних антибіотиків (мінімально 40-50%)**
- **$24AUC / MIC$  - для антибіотиків, ефект яких залежить від загальної експозиції ЛЗ за добу (25-400)**

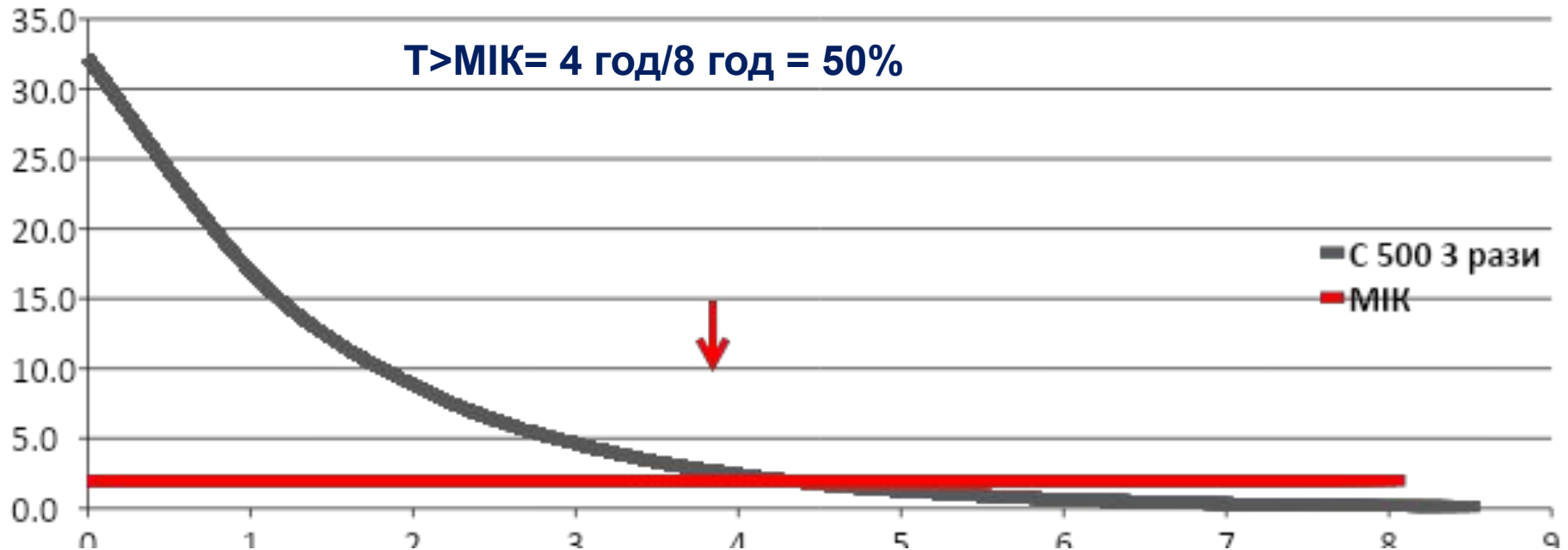
# КАТЕГОРІЇ АНТИБІОТИКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД МІК

Група	Характер дії	ПАЕ	Представники	Мета	ФК/ФД параметр
I	C – концентрація незалежна (доза) залежна	Тривалий	Аміноглікозиди Даптоміцин Кетоліди	MAX C	$C_{max}/MIC$ 8:1-10:1



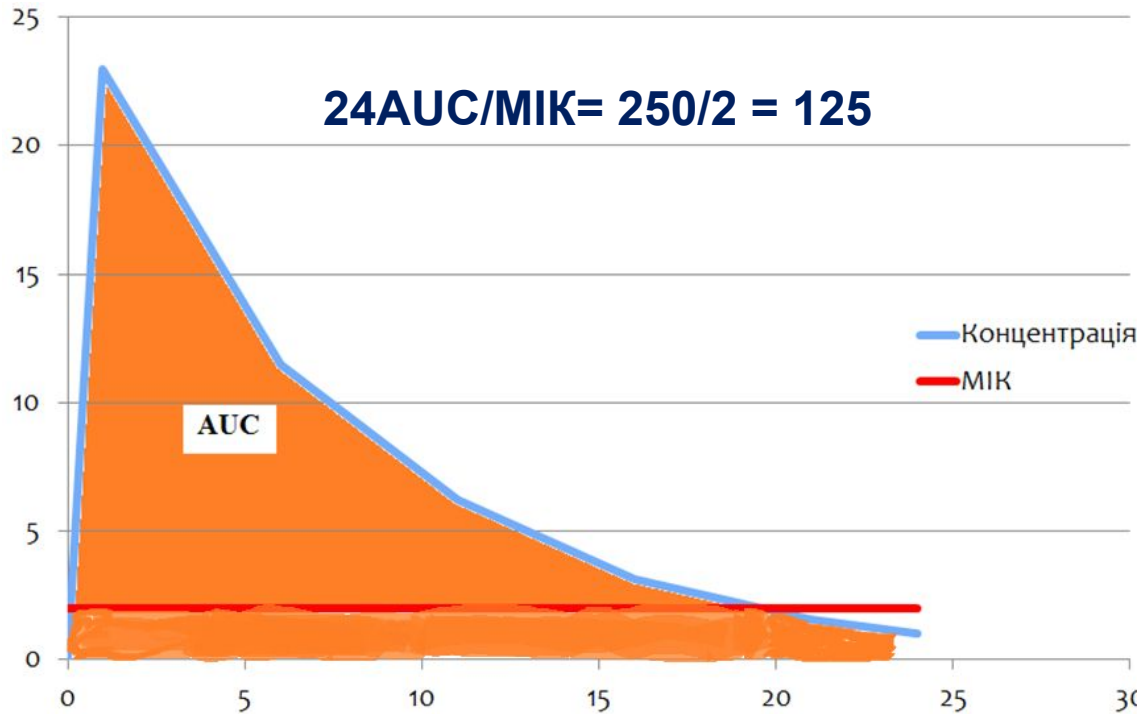
# КАТЕГОРІЇ АНТИБІОТИКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД МІК

Група	Характер дії	ПАЕ	Представник	Мета лікування	ФК/ФД параметр
II	Час залежний	MIN (у карбапенемів - тривалий)	Бета-лактами (пеніциліни, цефалоспорини, карбапенеми) Еритроміцин	МАХ тривалість дії	$T > MIC$ $\geq 40\%$



# КАТЕГОРІЇ АНТИБІОТИКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД МІК

Група	Характер дії	ПАЕ	Представники	Мета лікування	ФК/ФД параметр
III	Залежить від загальної експозиції	Помірний	Азітроміцин Фторхінолони Кліндаміцин Лінезолід Тайгециклін Ванкоміцин	МАХ сумарну дозу	24AUC/ MІК (25-400)



Organism Quantity:  
 Selected Organism: Klebsiella pneumoniae

Comments: *Ysp. pneumonia, bacterial culture reference*

Identification Information	
Selected Organism	Klebsiella pneumoniae
Analysis Messages:	Entered: Aug 31, 2017 09:35 CDT By: lab

Susceptibility Information		Card: AST-GN79	Lot Number: 5990238103	Expires: Jul 22, 2018 13:00 CDT	
		Completed: Aug 30, 2017 19:43 CDT	Status: Final	Analysis Time: 8.75 hours	
Antimicrobial	MIC	Interpretation	Antimicrobial	MIC	Interpretation
ESBL	POS	+	Ertapenem	<= 0.5	S
Ampicillin	>= 32	R	Meropenem	<= 0.25	S
Ampicillin/Sulbactam			Amikacin	>= 64	R
Piperacillin/Tazobactam	>= 128	R	Gentamicin	>= 16	R
Cefazolin	(-)	(-)	Tobramycin	>= 16	R
Cefoxitin			Ciprofloxacin	2	R
Ceftazidime	>= 64	R	Nitrofurantoin		
Ceftriaxone	>= 64	R	Trimethoprim/Sulfamethoxazole	>= 320	R
Cefepime	>= 64	R			

+ = Deduced drug \* = AES modified \*\* = User modified (-) = Susceptibility testing not recommended; species is a poor target for therapy

AES Findings:		Last Modified: Sep 8, 2016 10:18 CDT	Parameter Set: EUCAST+Phenotypic
Confidence Level:	Consistent		

## Clinical breakpoints

Organization

EUCAST News

Clinical breakpoints

- About "Clinical breakpoints".
- Splitting MIC wild type distributions
- When there are no breakpoints?
- Where clinical data is lacking!
- EUCAST setting breakpoints.

Expert rules and intrinsic resistance

Resistance mechanisms

Guidance documents

Consultations - New!

MIC and zone distributions and ECOFFs

## Clinical breakpoints

### Breakpoint tables for bacteria

- [Clinical breakpoints - bacteria \(v 8.1\) - pdf file for printing \(16 May, 2018\)](#)
- [Clinical breakpoints - bacteria \(v 8.1\) - excel file for screen \(16 May, 2018\)](#)
- [What to do when there are no clinical breakpoints!](#) Guidance from EUCAST 2018.

EUCAST instruction video on how to use the breakpoint table - [download here!](#)

The changes between EUCAST Breakpoint Tables v 8.0 (1 Jan, 2018) and 8.1 (16 May, 2018) are highlighted in light blue in v 8.1. They are:

- Enterobacterales, carbapenems comment 1
- Staphylococcus spp, penicillins comment 4
- Dosing tab, standard dosing of colistin

The most important changes between [EUCAST Breakpoint Tables v 7.1](#) and v 8.0 are marked in pale yellow (or as underlined text in footnotes) in the tables and are listed here:

Clinical breakpoints ▼

<b>Мікрорганізм</b>	<b>Kl.pneumonia</b>	<b>МПК</b>	<b>Бректоінт</b>	<b>Порядок розведення</b>	<b>Порядок вибору</b>	<b>Схема терапія</b>
<b>Вік</b>	<b>45</b>					
<b>матеріал</b>	<b>мокрота</b>					
<b>діагноз</b>	<b>вогнепальне</b>					
<b>Антибіотик 1</b>	<b>Ертапенем</b>	<b>0,5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>Другий вибір</b>	
<b>Антибіотик 2</b>	<b>Меропенем</b>	<b>0,25</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Перший вибір</b>	<b>Стандартна</b>



# **ПРИНЦИПИ РАЦІОНАЛЬНОЇ АНТИБІОТИКОТЕРАПІЇ**

- 1) Лише при наявності бактеріальної інфекції**
- 2) Емпірична антибіотикотерапія до отримання лабораторних результатів із урахуванням:**
  - спектру дії**
  - даних бактеріологічного моніторингу (бажано закладу)**
  - індивідуальних особливостей пацієнта**
  - ФК/ФД властивостей антибіотика**
- 3) Якщо виявлено збудник – призначається антибіотик, до якого чутливий мікроорганізм із урахуванням МІК**
- 4) Якщо збудник не виявлений, переоцінюється потреба в антибактеріальній терапії (при необхідності продовжується емпірична антибіотикотерапія)**
- 5) Тривалість курсу лікування – для забезпечення ерадикації збудника**
- 6) При необхідності – раціональна комбінована антибіотикотерапія**



# ПОКАЗАННЯ ДЛЯ АНТИБІОТИКОТЕРАПІЇ ЗА РІВНЕМ ПРОКАЛЬЦІТОНІНУ КРОВІ

Бактеріальна інфекція	Значення рівня прокальцитоніну (нг/мл)	Призначення антибіотика
можлива ( $\pm$ )	0,25-0,5	можливе
ПОЗИТИВНИЙ тест (+)	$\geq 0,5$	показано
негативний тест (-)	$< 0,25$	не показано, можлива відміна

# ПРИЧИНИ КОМБІНОВАНОЇ АНТИМІКРОБНОЇ ТЕРАПІЇ

- Полімікробна інфекція
- Емпірична терапія при захворюваннях, що викликаються резистентною флорою (*Enterococcus* spp., *Acinetobacter baumannii* тощо)
- Для профілактики розвитку резистентності

# МЕХАНІЗМ ДІЇ АНТИБІОТИКІВ ТА ЇХ КОМБІНОВАНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ПОДОЛАННЯ АНТИБІОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТІ

Механізм дії	Група	Препарати	Взаємодія
Порушення синтезу клітинної стінки	I	Пеніциліни, Цефалоспорини Монобактами, Карбапенеми Глікопептиди, Фосфоміцин, Циклосерин	I+I = 2 (адитивна) I+II = 3 (потенціювання) I+III = 0,75 (інгібування)
Порушення структури і функції цитопл. мембрани	II	Поліміксини Полієни	II+IIIa = 2 (адитивна) II+IIIб = 0,75 (інгібування)
Порушення синтезу нуклеїнових кислот	IIIa	Хінолони, Ріфампіцин, Нітрофурані, Нітроімідазоли, Фторхінолони	IIIa+IIIб = 2 (адитивна) IIIa+IIIa = 1
Порушення синтезу білку	IIIб	Аміноглікозиди, Тетрацикліни, Хлорамфенікол, Бридроміцин, Кліндаміцин	IIIб+IIIб = 0,75

Черний В.И. Фармакодинамические аспекты антибактериальной терапии / В.И.Черний, А.Н. Колесников, И.В. Кузнецова // Новини медичної фармації - Режим доступу:

<http://www.mif-ua.com/archive/article/7843> (остання дата звернення 20.11.16).

# Оптимальні комбінації за даними ФК/ФД моделювання при полі- та панрезистентних штаммах

## Pseudomonas aeruginosa:

карбопенем- і аміноглікозидрезистентні штами

- колістин + фосфоміцин
- колістин + карбапенеми (синергичність у 50%)

## A. Baumannii – панрезистентний штам

- колістин + ванкоміцин+доріпенем
- колістин + карбапенеми (синергичність у 77%)

## K. pneumoniae

- колістин + доріпенем

# **ФАКТОРИ, ЯКІ МОЖУТЬ СУТТЄВО ВПЛИНУТИ НА КОНЦЕНТРАЦІЮ АНТИБАКТЕРІАЛЬНОГО ЗАСОБУ В КРОВІ**

- **Взаємодія лікарських засобів із іншими лікарськими засобами, їжею, алкоголем, нікотинном тощо на етапах**
  - **всмоктування**
  - **розподілу**
  - **метаболізму**
  - **виведення**
- **Ниркова недостатність**
- **Печінкова недостатність**
- **Серцево-судинна недостатність**
- **Гіпоальбумінемія (зміна концентрації вільної фракції ЛЗ)**
- **Ожиріння (для ЛЗ, які накопичуються у жировій клітковині)**
- **Зневоднення (для ЛЗ, які мають малий об'єм розподілу)**

## Кейс 1

Хворому 30-ти років з діагнозом гострого остеомієліту призначили антибіотик, який добре проникає в кісткову тканину. Який засіб було обрано?

**Відповідь: лінкоміцин**

## КЕЙС 2

- У пацієнта, 15 років, з негоспітальною пневмонією після 3 –х днів неефективної антибіотикотерапії із застосуванням амоксициліну отримано результати мікробіологічного дослідження харкотиння - *Haemophilus influenzae*, чутлива до цефтібутену з MIC 1 мг/л.
- Завдання.
  - Надайте коротку клініко-фармацевтичну характеристику препарату цефтібутен.
  - Вкажіть до якої групи згідно ФК/ФД моделі відноситься цефтібутен.
  - Виберіть найбільш раціональний режим застосування цефтібутену.
  - Визначте значення ФК/ФД параметра

## Відповідь на кейс 2

Цефтібутен – пероральний цефалоспориновий антибіотик III покоління.

Як інші бета-лактамі антибіотики, чинить бактерицидний ефект, пригнічуючи синтез клітинної стінки бактерій.

Є високостійким до дії бета-лактамаз.

Біодоступність 90%

$T_{1/2}$  – 2 год

Відноситься до час-залежних антибіотиків

400 мг добова доза (краще за 2 прийоми)

Необхідно забезпечити  $T > MIC$  40% і більше



# Література

- **Nelson's Pediatric Antimicrobial Therapy, 23rd Edition 2017**
- **Antibiotic guidelines 2015-2016 Treatment Recommendations For Adult Inpatients**
- **Lepak A.J., Andes D.R. Antifungal Pharmacokinetics and Pharmacodynamics. Cold Spring Harb Perspect Med. 2014**
- **Merali Z. et al. Comprehensive medical reference and review for the Medical Council of Canada Qualifying Exam Part I and the United States Medical Licensing Exam Step 2. Toronto Notes. 32 Ed. 2016**
- **Lüllmann et al. Color Atlas of Pharmacology. 2000**
- **Частота виділення карбапенемазе-продукуючих штамів Enterobacteriaceae у Європі, 2015 (ECDC)**
- **Хайтович М.В. Фармакокінетично/фармакодинамічна модель антибіотикотерапії: клінічне застосування. Медична наука України. 2016; 3-4: 114-121.**
- **Черний В.И. Фармакодинамические аспекты антибактериальной терапии / В.И.Черний, А.Н.Колесников, И.В. Кузнецова // Новини медицини та фармації. - 2009. - Режим доступу: <http://www.mif-ua.com/archive/article/7843> (остання дата звернення 20.11.16).**