

# Podstawowe wskaźniki oceniające skuteczność antybiotykoterapii

*Basic parameters of evaluation of the effectiveness of antibiotic therapy*

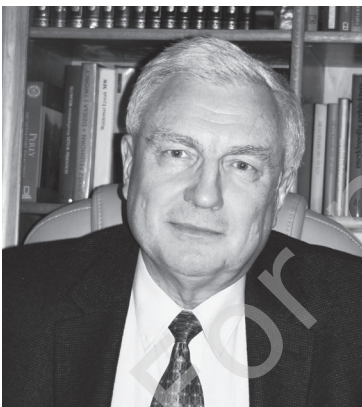
**Marek E. Prost<sup>1</sup>, Rafał Prost<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Klinika Okulistyczna, Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej w Warszawie

Centrum Okulistyki Dziecięcej w Warszawie

Kierownik: prof. dr hab. n. med. Marek E. Prost

<sup>2</sup> Apteka Farmix w Warszawie



## NAJWAŻNIEJSZE

Znajomość podstawowych wskaźników oceniających skuteczność antybiotykoterapii przez lekarza jest konieczna w celu właściwego leczenia chorób bakteryjnych narządu wzroku.

## HIGHLIGHTS

Knowledge of basic indicators of the effectiveness of antibiotic therapy by a physician is essential for the proper treatment of ocular bacterial diseases.

## STRESZCZENIE

Celem niniejszej publikacji jest przedstawienie w syntetycznej formie głównych wskaźników oceniających skuteczność antybiotykoterapii.

**Słowa kluczowe:** ocena skuteczności antybiotykoterapii, farmakokinetyka, antybiotyki

## ABSTRACT

The aim of this publication is to present, in a synthetic form, the main parameters of evaluation of the effectiveness of antibiotic therapy.

**Key words:** evaluation of the effectiveness of antibiotic therapy, pharmacokinetics, antibiotics

## WPROWADZENIE

Skuteczność leczenia przeciwbakteryjnego zależy przede wszystkim od aktywności antybiotyku wobec czynnika etiologicznego oraz od jego stężenia w miejscu zakażenia. Antybiotyk i wrażliwy na niego drobnoustroj muszą spotkać się w organizmie w tym samym czasie i miejscu (czyli w ognisku zakażenia), ich kontakt zaś musi trwać odpowiednio długo.

Działanie antybiotyku określają różne parametry, z których część może być zbadana *in vitro* i ocenia skuteczność leku w hamowaniu wzrostu lub powodowaniu śmierci komórki bakteryjnej. Stopień penetracji leku do miejsca zakażenia zależy jednak w dużej mierze od jego właściwości farmakokinetycznych i farmakodynamicznych.

Farmakokinetyka jest działem nauki zajmującym się badaniem losów leków oraz ich metabolitów w organizmie żywym w czasie, w tym ich uwalniania, wchłaniania, dystrybucji, metabolizmu i wydalania. Farmakodynamika natomiast jest działem zajmującym się badaniem wpływu leków na czynność narządów i ich układów w organizmie. W skrócie – farmakokinetyka zajmuje się tym, jak organizm wpływa na lek, farmakodynamika zaś – jak lek wpływa na organizm.

## OCENA SKUTECZNOŚCI ANTYBIOTYKOTERAPII

Oceny skuteczności działania antybiotyku można dokonać w warunkach laboratoryjnych, mierząc wrażliwości danego szczepu bakterii na badany antybiotyk *in vitro* oraz badając parametry farmakokinetyczno-farmakodynamiczne danego leku.

Ponieważ lekarz okulista spotyka się w swojej pracy zawodowej, w czasie szkoleń, spotkań z przedstawicielami firm farmaceutycznych itp. z różnymi parametrami dotyczącymi działania antybiotyków, celem niniejszej publikacji jest przedstawienie w syntetycznej formie głównych wskaźników oceniających skuteczność antybiotykoterapii.

I. Wskaźniki laboratoryjne oceniające wrażliwości danego szczepu bakteryjnego na antybiotyk (ryc. 1)

A. MIC50 i MIC90 (*minimal inhibitory concentration*)

– minimalne stężenie hamujące. To najmniejsze stężenie środka antybiotyku lub chemioterapeutyku hamujące wzrost bakterii lub grzybów w warunkach *in vitro*. MIC jest wyrażone w mg/l lub µg/ml. Wskaźnik MIC50 oznacza, że lek hamuje wzrost 50% drobnoustrojów, MIC90 zaś – 90%. MIC określa, jakie stężenie leku ma aktywność bakteriostatyczną, a więc obserwuje się tylko zahamowanie wzrostu bakterii lub grzybów, a nie ich śmierć.

MIC50 i MIC90 odnoszą się tylko do określonego (badanego) szczepu bakteryjnego.

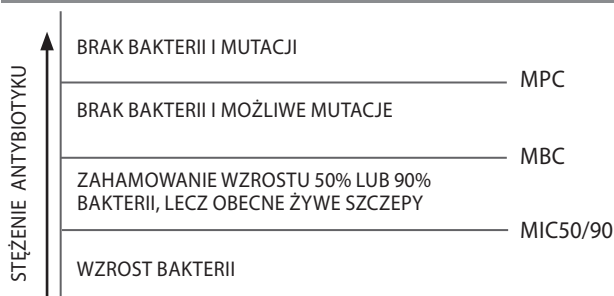
B. MBC (*minimal bactericidal concentration*) – minimalne stężenie bakteriobójcze. To najmniejsze stężenie antybiotyku lub chemioterapeutyku, przy którym ginie 99,9% bakterii w warunkach *in vitro*. MBC jest wyrażane w mg/l lub µg/ml. Wskaźnik ten odnosi się zazwyczaj do bakterii, natomiast w przypadku grzybów jest on nazywany raczej MFC (*minimal fungicidal concentration*). Zazwyczaj stężenie leku konieczne do osiągnięcia MBC jest ok. 4 razy wyższe niż w przypadku MIC90.

MBC odnosi się tylko do określonego (badanego) szczepu bakteryjnego.

Jeżeli stężenia antybiotyku osiągnane w surowicy lub tkankach są wyższe niż MIC90, a niższe niż MBC, lek ma działanie bakteriostatyczne. Jeżeli stężenia te są wyższe niż MBC, antybiotyk ma działanie bakteriobójcze (ryc. 2).

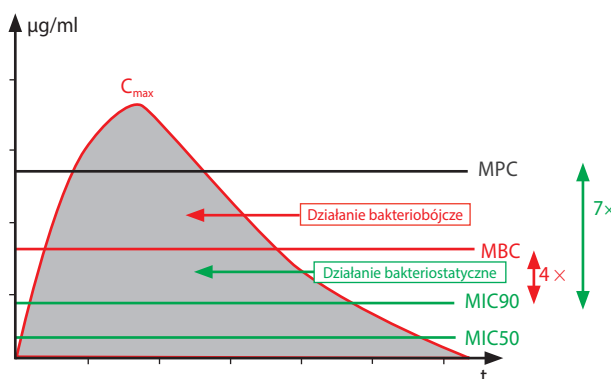
RYCINA 1

Znaczenie MIC, MBC i MPC.



RYCINA 2

Wskaźniki laboratoryjne oceniające wrażliwości danego szczepu bakteryjnego na antybiotyk a krzywa stężenia antybiotyku w surowicy lub tkankach w czasie.



C. MPC (*mutant prevention concentration*) – stężenie hamujące rozwój mutacji. To nowy wskaźnik oceniający skuteczność działania leków przeciwbakteryjnych. Określa on stężenie antybiotyku lub chemioterapeutyku, które hamuje rozwój mutacji bakteryjnych

prowadzących do rozwoju antybiotykooporności. MPC jest wyrażane w mg/l lub  $\mu\text{g/ml}$ . Zazwyczaj stężenie leku konieczne do osiągnięcia MPC jest ok. 7 razy wyższe niż w przypadku MIC90 [1, 2].

MPC odnosi się tylko do określonego (badanego) szczepu bakteryjnego.

MIC, MBC i MPC określa się w laboratorium metodami seryjnych rozcieńczeń na podłożu płynnym lub stałym (agar).

Jeżeli stężenia antybiotyku osiągnane w surowicy lub tkankach są wyższe niż MIC90, a niższe niż MBC, to lek ma działanie bakteriostatyczne. Jeżeli stężenia te są wyższe niż MBC, to antybiotyk ma działanie bakteriobójcze.

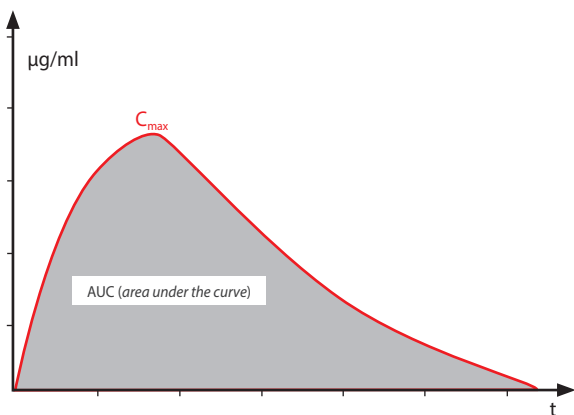
II. Wskaźniki farmakokinetyczno-farmakodynamiczne oceniające skuteczność antybiotykoterapii

A. MEC (*minimum effective concentration*) – minimalne skuteczne stężenie. Jest to najmniejsze stężenie antybiotyku lub chemioterapeutyku w surowicy lub tkance, w którym lek działa skutecznie. MEC jest wyrażane w mg/l lub  $\mu\text{g/ml}$ . W przypadku antybiotyków MEC jest równoważne z MIC.

B. MSC (*maximum safe concentration*) – maksymalne bezpieczne stężenie. Nazywane jest również MTC (*minimum toxic concentration*). To stężenie antybiotyku lub chemioterapeutyku w surowicy lub tkance, powyżej którego występują niepożądane działania uboczne (objawy zatrucia). MSC podaje się w jednostkach mg/l lub  $\mu\text{g/ml}$ . Stosunek MEC do MSC nazywany jest indeksem terapeutycznym. Informuje on, ile razy dawka toksyczna leku jest większa od dawki terapeutycznej.

C.  $C_{\text{max}}$  – szczytowe stężenie leku. Najwyższe stężenie leku uzyskane po pojedynczej dawce, wyrażane w mg/l lub  $\mu\text{g/ml}$  (ryc. 3) [6].

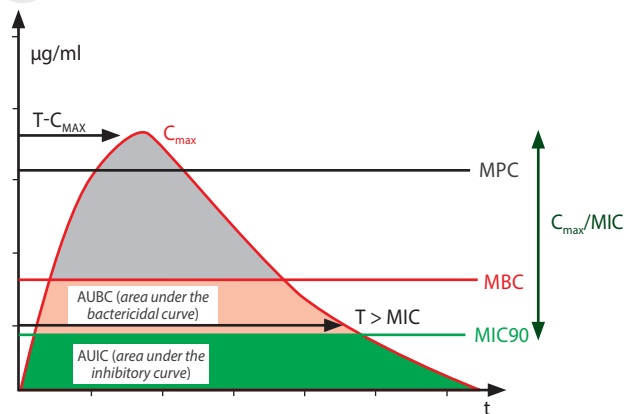
RYCINA 3  $C_{\text{max}}$  i AUC.



D. AUC (*area under the curve*) – obszar pod krzywą. To obszar pod krzywą stężenia antybiotyku w surowicy

lub tkance jako funkcji czasu, a zarazem jeden z najważniejszych parametrów stosowanych w farmakokinetyce, używany jako wartość referencyjna w obliczeniach farmakokinetycznych. Od wielkości tego pola zależą stężenie antybiotyku w surowicy lub tkance oraz czas jego działania – 2 podstawowe parametry określające skuteczność antybiotyku. AUC jest stosowany również jako wartość porównawcza w badaniach różnych dawek lub formułacji leku bądź różnych leków. Podaje się go w jednostkach mg h/l lub mg h/ml. Częściami AUC są AUIC (*area under the inhibitory curve*) – obszar pod krzywą hamującą, oraz AUBC (*area under the bactericidal curve*) – obszar pod krzywą bakteriobójczą. Pierwszy parametr określa, jak duża jest część AUC pod linią MIC90, drugi zaś – jak duża jest część pola pod linią MBC (ryc. 4) [6].

RYCINA 4 AUIC, AUBC,  $T-C_{\text{max}}$ ,  $T > \text{MIC}$  i  $C_{\text{max}}/\text{MIC}$ .



E.  $T-C_{\text{max}}$  – czas do osiągnięcia stężenia maksymalnego. Parametr ten określa, jak szybko lek zaczyna skutecznie działać w tkankach [6] (ryc. 4).

F.  $C_{\text{max}}/\text{MIC}$  – stosunek szczytowego stężenia leku po podaniu pojedynczej dawki do MIC.  $C_{\text{max}}/\text{MIC90}$  określany jest również jako IQ (*inhibitory quotient*) – iloraz hamowania (ryc. 4). Wartości  $C_{\text{max}}/\text{MIC}$  powinny wynosić dla aminoglikozydów > 8, dla fluorochinolonów > 10, zaś dla  $\beta$ -laktamów > 4 (przy  $T > \text{MIC} > 70\%$ ) (tab. 1) [3, 6].

TABELA 1 Zalecane wartości  $C_{\text{max}}/\text{MIC}$  dla wybranych antybiotyków na podstawie [3, 4].

Antybiotyk	$C_{\text{max}}/\text{MIC}$
Aminoglikozydy	> 8
Fluorochinolony	> 10
$\beta$ -laktamy	> 4 (przy $T > \text{MIC} > 70\%$ )

Parametr  $C_{max}/MIC$  stosuje się do oceny skuteczności antybiotyków o działaniu zależnym od stężenia, do których należą m.in. aminoglikozydy i fluorochinolony.

- G.  $T > MIC$  – czas w ciągu 24 h, w którym stężenie leku w surowicy lub tkance pozostaje powyżej MIC (ryc. 4). Jest wyrażany w procentach (tab. 2). Na jego podstawie możemy ocenić, jak długo antybiotyk skutecznie hamuje rozwój bakterii w surowicy lub tkance (ryc. 4). Parametr ten stosuje się do oceny skuteczności antybiotyków, których efektywność jest determinowana czasem utrzymywania się stężenia powyżej MIC. Należą do nich: penicyliny, cefalosporyny, karbapenemy, monobaktamy, makrolidy (erytromycyna, klarytromycyna) i linezolid [3].

TABELA 2

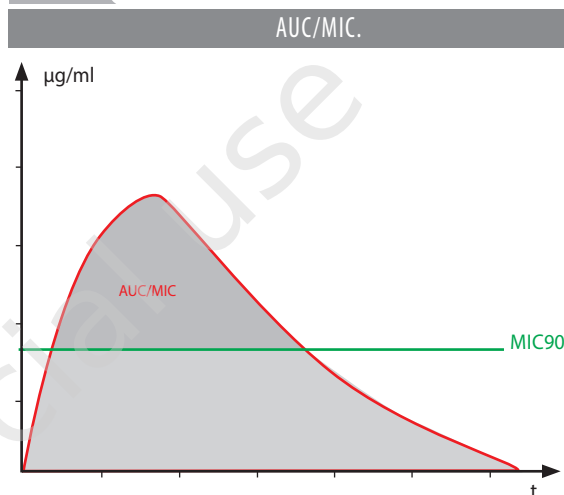
Wartości  $T > MIC$  dla wybranych grup antybiotyków na podstawie [3, 5].

Antybiotyk	$T > MIC$ (%)
Cefalosporyny	65–75%
Fluorochinolony	50%
Karbapenemy	40%

- H.  $AUC/MIC$  – to parametr określający obszar pola pod krzywą powyżej linii MIC (ryc. 5). Parametry te są wykorzystywane do oceny skuteczności działania antybiotyków o mieszanej formie działania (zależne od stężenia z komponentą czasowo-zależną). Należą do nich: tetracykliny, wankomycyna i azytromycyna [6].
- I.  $AUC_{24}/MIC$  – określa on obszar pola pod krzywą powyżej MIC w zależności od zmian stężenia leku we krwi lub w tkankach w ciągu 24 h. Podobnie jak

$AUC/MIC$  jest on stosowany w ocenie skuteczności działania antybiotyków o mieszanej formie działania (zależne od stężenia z komponentą czasowo-zależną) [6].

RYCINA 5



## PODSUMOWANIE

Obecnie dysponujemy wieloma wskaźnikami określającymi skuteczność antybiotykoterapii, zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i w organizmie pacjenta. Dlatego też znajomość podstawowych parametrów działania antybiotyków *in vitro* i *in vivo* przez okulistę jest nieodzowna do prowadzenia właściwego leczenia chorób bakteryjnych narządu wzroku.

**ADRES DO KORESPONDENCJI**  
prof. dr hab. n. med. Marek E. Prost  
Klinika Okulistyczna,  
Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej  
01-755 Warszawa, ul. Krasińskiego 54/56  
e-mail: mprost@wiml.waw.pl

## Piśmiennictwo

- Blondeau JM, Hansen G, Metzler K, et al. The role of PK/PD parameters to avoid selection and increase of resistance: mutant prevention concentration. *J Chemother* 2004; 16 suppl 3: 1-19.
- Metzler K, Hansen GM, Hedlin P, et al. Comparison of minimal inhibitory and mutant prevention drug concentrations of 4 fluoroquinolones against clinical isolates of methicillin-susceptible and -resistant *Staphylococcus aureus*. *Int J Antimicrob Agents* 2004; 24(2): 161-167.
- Szałek E, Tomczak H, Smuszkiewicz P, et al. Podstawowe wskaźniki PK/PD stosowane w antybiotykoterapii. *Anestezjologia i Ratownictwo* 2009; 3: 88-93.
- Scaglione F. Can PK/PD be used in everyday clinical practice? *Int J Antimicrob Agents* 2002; 19(4): 349-353.
- Jacobs MR. How can we predict bacterial eradication? *Int J Infect Dis* 2003; 7 Suppl 1: S13-20.
- Mouton JW, Dudley MN, Cars O, et al. Standardization of pharmacokinetic/pharmacodynamic (PK/PD) terminology for anti-infective drugs: an update. *J Antimicrob Chemother* 2005; 55: 601-607.