

**Гуменюк Владислав Олегович,**  
аспірант кафедри ортопедичної стоматології,  
цифрових технологій та імплантології,  
Національний університет охорони здоров'я України  
імені П. Л. Шупика  
ORCID ID: 0009-0001-9384-678X  
м. Київ, Україна

## ІНДЕКС МІКРОБНОГО ДИСБІОЗУ ПОРОЖНИНИ РОТА: ВІД МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ ДО ЄДИНОГО ЧИСЛА У ПЕРЕДІМПЛАНТАЦІЙНОМУ СКРИНІНГУ

**Вступ.** Мікробіологічний моніторинг на етапі підготовки до дентальної імплантації набуває дедалі більшого клінічного значення у зв'язку зі зростанням поширеності антибіотикорезистентних штамів в оральній мікробіоті та доведеним зв'язком між мікробіологічним профілем пародонтальних кишень і ризиком перімплантацийних ускладнень. Попри очевидну актуальність мікробіологічного скринінгу, стандартний лабораторний висновок надає якісну характеристику мікробіоти без кількісної міри дисбіотичних змін, придатної для стратифікації індивідуального ризику та обґрунтування клінічного рішення.

**Мета** – розробити та здійснити первинну валідацію індексу мікробного дисбіозу (МДІ) порожнини рота – кількісного показника для передімплантацийного скринінгу стану мікробіоти пародонтальних кишень, розрахованого на основі результатів рутинного бактеріологічного дослідження.

**Матеріали та методи.** До дослідження включено 59 пацієнтів із пародонтитом Stage II-III (EFP/AAP, 2017) на передімплантацийному етапі підготовки. Проведено мікробіологічне дослідження пародонтальних кишень із визначенням AMR-профілю (21 антибіотик). МДІ розраховувався як відношення кількості некоменсальних мікроорганізмів до загальної кількості виявлених таксонів. Для аналізу зв'язку МДІ з рівнем антибіотикорезистентності використано кореляцію Спірмена, критерій Краскела-Уолліса та ROC-аналіз.

**Результати.** Середнє значення МДІ склало  $21,0 \pm 19,9\%$  (медіана 25,0%). Некоменсальна мікрофлора виявлена у 55,9% пацієнтів. За рівнями МДІ пацієнти розподілилися: низький ризик (МДІ = 0%) – 26 (44,1%), помірний ризик (МДІ > 0–33,3%) – 22 (37,3%), високий ризик (МДІ > 33,3%) – 11 (18,3%). Встановлено статистично значущий кореляційний зв'язок між МДІ та рівнем антибіотикорезистентності ( $r=0,363$ ;  $p=0,005$ ). Рівень AMR у групі високого ризику вдвічі перевищував показники групи низького ризику (медіана 2,5 vs 1,0;  $N=8,146$ ;  $p=0,017$ ). AUC МДІ щодо MDR-ризиків становила 0,611 (95% ДІ: 0,463–0,759; поріг 33,3%). Множинна лікарська резистентність виявлена у 23 пацієнтів (39,0%); частота MDR зростала зі збільшенням рівня МДІ: 30,8% у групі низького ризику, 40,9% – помірного ризику, 54,5% – високого ризику.

**Висновки.** МДІ є клінічно доступним кількісним показником, що перетворює стандартний мікробіологічний висновок на числову міру дисбіотичного ризику і дозволяє стратифікувати пацієнтів за ризиками на етапі підготовки до дентальної імплантації. МДІ демонструє статистично значущий зв'язок із рівнем AMR ( $r=0,363$ ;  $p=0,005$ ) та обмежену, але відмінну від випадкової дискримінаційну здатність щодо MDR (AUC=0,611; 95% ДІ: 0,463–0,759), що дозволяє розглядати його як інструмент первинного скринінгу, придатний для інтеграції в комплексні системи оцінки ризику.

**Ключові слова:** мікробний дисбіоз, передімплантацийний скринінг, некоменсальна мікрофлора, антибіотикорезистентність, пародонтит, дентальна імплантація.

**Humeniuk Vladyslav Olegovich,** Postgraduate Student at the Department of Prosthetic Dentistry, Digital Technologies, and Implantology, Shupyk National University of Health of Ukraine; ORCID ID: 0009-0001-9384-678X, Kyiv, Ukraine

## ORAL MICROBIAL DYSBIOSIS INDEX: FROM MICROBIOLOGICAL REPORT TO A SINGLE NUMBER IN PRE-IMPLANT SCREENING

**Introduction.** Microbiological monitoring at the pre-implant stage is gaining increasing clinical importance due to the rising prevalence of antibiotic-resistant strains within the oral microbiota and the established association between the microbiological profile of periodontal pockets and the risk of peri-implant complications. Despite the evident relevance of microbiological screening, routine laboratory reports typically provide only qualitative characterization of the microbiota, lacking a quantitative measure of dysbiotic changes suitable for individual risk stratification and evidence-based clinical decision-making.

**Aim** – to develop and perform a preliminary validation of the Oral Microbial Dysbiosis Index (MDI) – a quantitative parameter for pre-implant screening of periodontal pocket microbiota, calculated based on routine bacteriological examination results.

**Materials and Methods.** The study included 59 patients with Stage II-III periodontitis (EFP/AAP, 2017) undergoing pre-implant preparation. Microbiological analysis of periodontal pockets was performed with determination of the antimicrobial resistance (AMR) profile (21 antibiotics). The MDI was calculated as the ratio of non-commensal microorganisms to the total number of identified taxa. The association between MDI and antibiotic resistance levels was assessed using Spearman's correlation, the Kruskal-Wallis test, and ROC analysis. **Results.** The mean MDI value was  $21,0 \pm 19,9\%$  (median 25,0%). Non-commensal microbiota were detected in 55,9% of patients. According to MDI levels, patients were stratified into: low risk (MDI=0%) – 26 (44,1%), moderate risk (MDI>0–33,3%) – 22 (37,3%), and high risk (MDI>33,3%) – 11 (18,3%).

© Гуменюк В. О., 2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії  
відкритого доступу CC BY 4.0

11 (18,6%). A statistically significant correlation was found between MDI and antibiotic resistance level ( $r = 0,363$ ;  $p = 0,005$ ). The AMR level in the high-risk group was twice that of the low-risk group (median 2,5 vs 1,0;  $H = 8,146$ ;  $p = 0,017$ ). The AUC of MDI for predicting MDR risk was 0,611 (95% CI: 0,463-0,759; threshold 33,3%). Multidrug resistance (MDR) was identified in 23 patients (39,0%); its prevalence increased with rising MDI levels: 30,8% in the low-risk group, 40,9% in the moderate-risk group, and 54,5% in the high-risk group.

**Conclusions.** The MDI is a clinically accessible quantitative parameter that transforms routine microbiological reports into a numerical measure of dysbiotic risk, enabling patient risk stratification at the pre-implant stage. The index demonstrates a statistically significant association with AMR levels ( $r = 0,363$ ;  $p = 0,005$ ) and a limited but above-chance discriminatory capacity for MDR (AUC = 0.611; 95% CI: 0,463–0,759). The empirically defined threshold of 33,3% requires confirmation in independent studies.

**Key words:** microbial dysbiosis, pre-implant screening, non-commensal microbiota, antibiotic resistance, periodontitis, dental implantation.

**Вступ.** Мікробіологічний моніторинг на етапі підготовки до дентальної імплантації набуває дедалі більшого значення у зв'язку із зростанням поширеності антибіотикорезистентних штамів в оральній мікробіоті та доведеним зв'язком між мікробіологічним профілем пародонтальних кишень і ризиком перімплантаційних ускладнень [1, 2, 3]. Пацієнти з хронічним пародонтитом є групою підвищеного ризику, оскільки їх мікробіом характеризується не лише присутністю класичних пародонтопатогенів, а й залученням некоменсальних мікроорганізмів – представників кишкової та опортуністичної мікробіоти, нетипових для здорового орального біотопу [4]. Попри очевидну в даній клінічній ситуації актуальність мікробіологічного скринінгу, існує певна методологічна проблема, а саме: стандартний мікробіологічний висновок надає лише якісну інформацію про перелік виявлених таксонів та їх чутливість до антибіотиків, однак не надає лікарю-імплантологу кількісний показник, придатний для стратифікації ризику та клінічного прийняття рішення на ґрунті інформації наскільки несприятливий індивідуальний мікробіологічний профіль має кожний пацієнт.

Зарубіжними дослідниками запропоновано ряд підходів до кількісної оцінки орального дисбіозу. На сьогодні найбільш опрацьованим можна вважати індекс SMDI (Subgingival Microbial Dysbiosis Index, Chen et al., 2021) [5], побудований на основі машинного навчання та аналізу 16S rRNA – методів, що потребують спеціалізованого обладнання для молекулярно-генетичних досліджень і є практично недоступними в рутинній клінічній практиці. Інші ж існуючі індекси орієнтовані на діагностику пародонтита або перімплантаційних ускладнень, які вже розвинулися, і не адаптовані для передімплантаційного скринінгу як окремого клінічного завдання [6, 7].

Принципово важливим також є те, що такі некоменсальні мікроорганізми, як *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp., *Pseudomonas* spp. та інші представники кишкової мікробіоти широко відомі як носії детермінант антибіотикорезистентності – генів  $\beta$ -лактамаз розширеного спектру (ESBL), карбапенемаз та ефлюкських помп [4, 8]. Відтак, ступінь дисбіотичної реорганізації орального мікробіому, зокрема відносна частка некоменсальних таксонів у загальній структурі мікробіоти, може слугувати непрямим маркером несприятливого AMR-профілю навіть ще до отримання результатів антибіотикограми. Саме цей патогенетичний зв'язок між дисбіозом біотопу порожнини рота і резистентністю до антибіотиків є концептуальною основою для розроблення та використання індексу

мікробного дисбіозу (МДІ) як скринінгового показника передімплантаційного мікробіологічного ризику.

Слід зауважити, що концепція розрахунку кількісних індексів дисбіозу на основі співвідношення між патогенною та коменсальною мікрофлорою добре розроблена в суміжних галузях медицини. До прикладу, у гастроентерології широко застосовуються індекси на основі співвідношення мікробних груп, зокрема індекс Firmicutes/Bacteroidetes для стратифікації пацієнтів із запальними захворюваннями кишківника та цирозом печінки [9, 10]. Blount et al. (2022) розробили МНІ-А – простий одинимірний біомаркер постантибіотичного дисбіозу на основі відношення некорисних до корисних таксонів, де серед маркерів дисбіозу фігурують такі некоменсальні таксони як *Klebsiella*, *Pseudomonas* та *Enterococcus* [11]. Wei et al. (2021) систематизували понад 20 різних індексів дисбіозу кишкового мікробіому і показали, що найбільш клінічно застосованими є саме прості індекси співвідношень мікроорганізмів, розраховані на основі результатів рутинних культуральних досліджень [12]. Екстраполяція цього методологічного підходу на оральний мікробіом у контексті передімплантаційного скринінгу на наш погляд може стати логічним і науково обґрунтованим кроком, оскільки принцип кількісної оцінки співвідношення некоменсальних і типових мікроорганізмів є універсальним і не залежить від біотопу. Таким чином, актуальною проблемою залишається заповнення певної прогалини між концепцією кількісної оцінки орального дисбіозу та потребами клінічної імплантологічної практики шляхом впровадження простого, відтворюваного у будь-якій лабораторії показника, який дозволив би перетворити стандартний мікробіологічний висновок на числовий показник рівня дисбіотичного ризику саме на етапі підготовки до дентальної імплантації.

**Мета дослідження:** розробити та первинно валидувати індекс мікробного дисбіозу (МДІ) порожнини рота як кількісний показник для передімплантаційного скринінгу стану мікробіому пародонтальних кишень у пацієнтів з пародонтитом, оцінити його зв'язок із рівнем антибіотикорезистентності та прогностичну здатність щодо множинної антимікробної резистентності.

**Методи дослідження.** Проспективне одноцентрове дослідження проводилося на базі кафедри ортопедичної стоматології, цифрових технологій та імплантології НУОЗ України імені П.Л. Шупика. До дослідження включено 59 пацієнтів (31 жінка, 28 чоловіків, середній вік  $48,3 \pm 10,7$  років) із діагностованим пародонтитом Stage II-III за класифікацією EFP/AAP (2017) [13], яким за клінічними показаннями призначено ден-

тальну імплантацію. Критерії включення: досягнення стабілізації пародонтита (BOP < 25%, відсутність пародонтальних кишень PPD ≥ 5 мм із кровоточивістю, PI ≤ 1,5) після проведення базового пародонтологічного лікування. Дослідження схвалено комісією з біоетики (протокол № 1513/2023).

**Мікробіологічне дослідження.** Матеріал збирали стерильними паперовими конусами з чотирьох пародонтальних кишень із найбільшою глибиною зондування у гелеве транспортне середовище Amies та доставляли у клінічну лабораторію Діла (м. Київ) у межах 24 год при температурі 18–25 °С. Ідентифікацію мікроорганізмів проводили методом бактеріологічного посіву на селективні та диференціально-діагностичні середовища. AMR-профіль визначали диско-дифузійним методом (панель 21 антибіотик, критерії EUCAST) [14]. Показник AMR визначали як кількість антибактеріальних препаратів, до яких виявлено резистентність щонайменше одного ізольованого мікроорганізму в межах одного пацієнта. Множинну лікарську резистентність (MDR) визначали на рівні пацієнта як наявність щонайменше одного ізолята, резистентного до ≥3 класів антимікробних препаратів (адаптовано за Magiorakos et al., 2012) [8].

Запропонований індекс мікробного дисбіозу (МДІ) адаптовано для умов рутинної лабораторної діагностики на основі концепції кількісної оцінки орального дисбіозу [5] і розраховується за формулою:

$$\text{МДІ}(\%) = (N_{\text{нк}} / N_{\text{заг}}) \times 100 \%$$

де  $N_{\text{нк}}$  – кількість некоменсальних мікроорганізмів;

$N_{\text{заг}}$  – загальна кількість виявлених мікроорганізмів у пацієнта.

До некоменсальних відносили мікроорганізми, нетипові для орального біотопу: *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp., *Citrobacter* spp., *Pseudomonas* spp., *Enterococcus faecalis*, а також *Candida* spp. як маркер дисбіотичного зсуву мікробіому [4, 15]. Даний розподіл є операційним і може варіювати залежно від методу дослідження.

МДІ може набувати значень від 0% (некоменсальна флора відсутня) до 100% (всі виявлені мікроорганізми є некоменсальними). Для попередньої клінічної інтерпретації МДІ запропоновано трирівневу шкалу з двома порогоми різної природи. Перший поріг МДІ = 0% є природною біологічною межею, що відображає якісну відмінність між мікробіомом без некоменсальних таксонів та мікробіомом із їх присутністю. Ця межа визначається самою структурою показника і не потребує статистичного обґрунтування. Другий поріг МДІ = 33,3% є емпірично визначеним на основі даних поточної вибірки за результатами ROC-аналізу методом індексу Юдена; він відповідає ситуації, коли більш ніж третина виявлених мікроорганізмів є некоменсальними, і потребує підтвердження у незалежних дослідженнях. Нормальність розподілу перевіряли тестом Шапіро-Уїлка; оскільки розподіл показників відхилявся від нормального ( $p < 0,05$ ), дані представлені у вигляді медіани та міжквартильного розмаху [IQR]. Зв'язок МДІ з кількістю резистентних антибіотиків оцінювали коефіцієнтом кореляції Спірмена ( $r$ ).

Порівняння між групами проводили критерієм Краскела-Уолліса (H). Прогностичну здатність МДІ щодо MDR оцінювали методом ROC-аналізу (AUC). Рівень значущості  $p < 0,05$ .

**Результати дослідження.** У 59 пацієнтів із пародонтитом на передімплантаційному етапі виявлено полімікробну структуру мікробіоти пародонтальних кишень із середньою кількістю  $2,78 \pm 0,74$  мікроорганізмів на одного пацієнта. Некоменсальна мікрофлора зафіксована у 33 пацієнтів (55,9%), що свідчить про суттєву поширеність дисбіотичних змін у досліджуваних осіб. Середнє значення МДІ склало  $21,0 \pm 19,9\%$  (медіана 25,0% [IQR: 0–33,3%], діапазон 0–50%). Такий розподіл із медіаною, що перевищує середнє, відображає виражену правосторонню асиметрію: значна частка пацієнтів має МДІ=0%, тоді як у частини пацієнтів МДІ досягає 50%, тобто половина виявлених мікроорганізмів є некоменсальними.

Стратифікація пацієнтів за рівнями ризику МДІ наведена в таблиці 1. До групи низького ризику (МДІ=0%) увійшли 26 пацієнтів (44,1%), в яких некоменсальна флора не виявлена, а мікробіом представлений виключно типовою оральною і пародонтопатогенною флорою. Групу помірнього ризику (МДІ > 0–33,3%) склали 22 пацієнти (37,3%), у яких некоменсальна мікрофлора виявлена, але не перевищує третини мікробного консорціуму; медіана кількості резистентних антибіотиків склала 1,0 [IQR: 1,0–2,0]. 11 пацієнтів (18,6%) увійшло до групи високого ризику (МДІ>33,3%), оскільки некоменсальні мікроорганізми склали більше третини загального мікробіому, що свідчить про виражену дисбіотичну реорганізацію; медіана AMR-2,5 [IQR: 1,0-5,0], що вдвічі перевищує показник групи низького ризику (таб. 1). Таким чином більше половини обстежених пацієнтів (55,9%) потребують підвищеної уваги до мікробіологічного компонента передімплантаційної підготовки.

Слід зазначити, що множинна лікарська резистентність (MDR) зафіксована у 23 пацієнтів (39,0%). При цьому частота MDR пропорційно зростала зі збільшенням рівня МДІ. Так, у групі низького ризику (МДІ=0%) MDR спостерігалась у 8 пацієнтів (30,8%), у групі помірнього ризику (МДІ>0–33,3%) – у 9 осіб (40,9%) та у групі високого ризику (МДІ>33,3%) – у 6 обстежених (54,5%), що додатково підтверджує прогностичну цінність запропонованого індексу (таб. 1).

Таблиця 1  
Розподіл пацієнтів за рівнями МДІ

Рівень МДІ	n = 59		Медіана AMR* [IQR]	MDR*	
	Абс.	%		Абс.	%
МДІ = 0 % (низький ризик)	26	44,1	1,0 [0,0–3,0]	8	30,8
МДІ > 0–33,3 % (помірний ризик)	22	37,3	1,0 [1,0–2,0]	9	40,9
МДІ > 33,3 % (високий ризик)	11	18,6	2,5 [1,0–5,0]	6	54,5

Примітка: \* AMR – кількість антибіотиків, до яких виявлено резистентність;

MDR – множинна лікарська резистентність (≥3 класи)

Встановлено статистично значущий позитивний кореляційний зв'язок між рівнем МДІ та кількістю резистентних антибіотиків:  $r=0,363$  ( $p=0,005$ ). Порівняльний аналіз рівня AMR між трьома групами ризику виявив статистично значущі відмінності (критерій Краскела-Уолліса  $H=8,146$ ;  $p=0,017$ ). Медіана кількості резистентних антибіотиків у групі низького ризику становила 1,0 [IQR: 0,0-3,0], у групі помірного ризику – 1,0 [IQR: 1,0-2,0], у групі високого ризику – 2,5 [IQR: 1,0–5,0]. Таким чином, у пацієнтів із МДІ > 33,3% медіанний рівень AMR вдвічі перевищував показник групи низького ризику (рис.1).

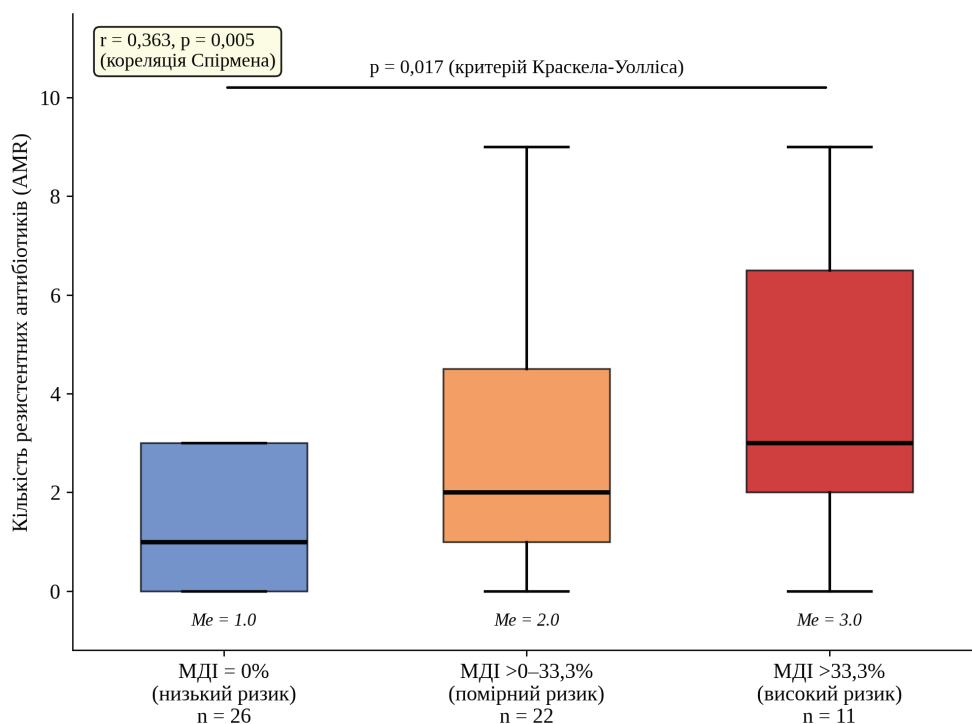
Звертає на себе увагу спостереження, що зв'язок МДІ з AMR ( $r=0,363$ ) є вищим порівняно з бінарною ознакою «наявність некоменсальної флори» ( $r=0,324$ ,  $p=0,012$ ), що підтверджує переваги кількісного підходу: не лише наявність, а й відносна частка некоменсальних мікроорганізмів є інформативним предиктором несприятливого AMR-профілю.

ROC-аналіз продемонстрував обмежену дискримінаційну здатність МДІ щодо прогнозування множинної лікарської резистентності: AUC=0,611 (95% ДІ: 0,463–0,759) (рис. 2). Отримане значення перевищує рівень випадкового класифікатора, однак 95% ДІ перетинає значення 0,5, що свідчить про помірну точність показника як інструменту первинного скринінгу. Оптиміальний поріг відсічення за індексом Юдена становить 33,3% (чутливість = 0,609, специфічність = 0,611). Аналогічні значення AUC (0,55–0,65) характерні для загальноновизнаних одновимірних скринінгових маркерів у медицині [16], що підтверджує відповідність МДІ критеріям скринінгового інструменту першого рівня.

Слід зазначити, що помірний рівень AUC (0,611) є очікуваним для одновимірного скринінгового показника, оскільки аналогічні значення AUC (0,55–0,65) демонструють загальноновизнані одновимірні скринінгові маркери в медицині [16]. Отже, МДІ позиціонується нами як інструмент першого рівня скринінгу, а не як остаточний предиктор, та в рамках нашої наукової роботи задля підвищення прогностичної точності буде інтегрований у більш складні комплексні показники, де він виступатиме мікробіологічним субкомпонентом.

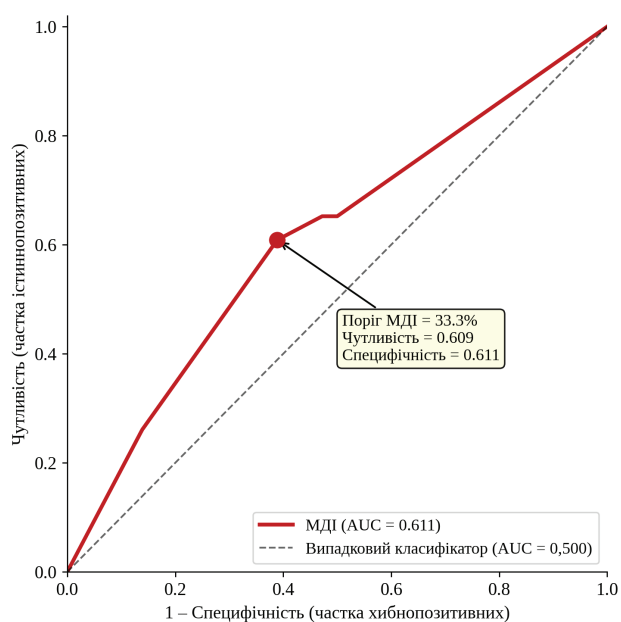
На наш погляд, практичною перевагою МДІ як клінічного інструменту є його розрахунок виключно на основі результатів стандартного бактеріологічного дослідження. Алгоритм застосування включає три кроки: 1) мікробіологічний посів з пародонтальних кишень із ідентифікацією таксонів; 2) розрахунок МДІ за запропонованою формулою; 3) стратифікація пацієнта і вибір тактики відповідно до рівня ризику. Порівняно з SMDI [5], який потребує молекулярно-генетичного обладнання і аналізу 49 дискримінуючих видів за даними 16S rRNA секвенування, МДІ є доступним у будь-якій клінічній лабораторії та не потребує додаткових витрат.

Дане дослідження є первинною валідацією запропонованого кількісного показника на клінічно однорідній вибірці пацієнтів, достатньою для встановлення статистично значущих кореляцій і первинної ROC-валідації, однак масштабування і уточнення порогових значень МДІ потребуватиме подальших багатоцентрових досліджень із залученням пацієнтів із різних регіонів з урахуванням географічної варіабельності AMR-профілів оральної мікробіоти.



**Рис. 1. Рівень антибіотикорезистентності (кількість резистентних антибіотиків) у групах пацієнтів із різними рівнями МДІ (n = 59)**

Горизонтальна лінія всередині боксу – медіана; межі боксу – 25-й і 75-й перцентилі; вуса – мінімум/максимум без викидів.  $p = 0,017$  (критерій Краскела-Уолліса);  $r = 0,363$ ,  $p = 0,005$  (кореляція Спірмена)



**Рис. 2. ROC-крива прогностичної здатності МДІ щодо множинної лікарської резистентності (MDR)**

AUC = 0,611; оптимальний поріг МДІ=33,3% (позначено точкою);

пунктирна лінія – рівень випадкового класифікатора

Отримані результати узгоджуються із сучасними уявленнями про дисбіоз як ключовий механізм формування антибіотикорезистентності в межах мікробних біоплівки, де міжмікробні взаємодії сприяють горизонтальному переносу генів резистентності [17–18]. Водночас помірний рівень AUC свідчить про те, що МДІ не варто розглядати як самостійний прогностичний інструмент, а використовувати як компонент комплексної оцінки ризику в системі передімплантаційного скринінгу.

Дослідження має певні обмеження, притаманні клінічним роботам даного дизайну. Одноцентровий характер і обсяг вибірки забезпечили однорідність досліджуваної групи та можливість виявлення статистично значущих зв'язків на етапі первинної оцінки показника, однак потребують подальшого підтвердження у більших багатоцентрових досліджен-

нях. Застосування культуральних методів відповідає умовам рутинної клінічної практики та забезпечує відтворюваність результатів, хоча може обмежувати виявлення некультивованих мікроорганізмів порівняно з молекулярно-генетичними підходами [17–20]. Класифікація мікроорганізмів як некоменсальних має операційний характер у межах поставленого клінічного завдання. Запропоновані порогові значення МДІ є емпірично визначеними для даної вибірки і потребують подальшої валідації у незалежних дослідженнях з урахуванням географічної варіабельності мікробіому.

**Висновки.** Запропонований індекс мікробного дисбіозу (МДІ) порожнини рота є клінічно доступним кількісним показником, що дозволяє перетворити стандартний мікробіологічний висновок на числовий вимір дисбіотичного ризику на передімплантаційному етапі підготовки пацієнтів із пародонтитом. Ключовою перевагою МДІ можна вважати простий розрахунок, заснований виключно на результатах рутинного бактеріологічного посіву. МДІ демонструє статистично значущий зв'язок із рівнем антибіотикорезистентності ( $r=0,363$ ;  $p=0,005$ ) та обмежену, але відмінну від випадкової дискримінаційну здатність щодо MDR (AUC=0,611; 95% ДІ: 0,463–0,759). Емпірично визначений поріг МДІ=33,3% відповідає ситуації – присутності більш ніж однієї третини некоменсальних мікроорганізмів у мікробіомі пародонтальних кишень і потребує підтвердження у незалежних дослідженнях. Тривірнева шкала МДІ (низький / помірний / високий ризик) дозволяє диференціювати пацієнтів і обирати відповідну тактику антибактеріального супроводу імплантації від стандартної антибіотикопрофілактики (МДІ=0%) до персоналізованого підходу на основі AMR-профілю (МДІ>0-33,3%) і корекції мікробіому (МДІ>33,3%).

Таким чином, МДІ може стати адаптацією концепції кількісної оцінки орального дисбіозу для умов рутинної клінічної практики та визначеного клінічного завдання – передімплантаційного скринінгу. На відміну від існуючих індексів, орієнтованих на діагностику пародонтита або встановлених периімплантатних ускладнень, МДІ придатний до застосування саме у передімплантаційному вікні ризику – проміжку між стабілізацією пародонтиту та встановленням дентального імплантату.

## REFERENCES

- Schwarz F, Derks J, Monje A, Wang HL. Peri-implantitis. J Clin Periodontol. 2018;45(Suppl 20):S246–S266. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcpe.12954>.
- Humeniuk VO. Results of the Assessment of the Antimicrobial Resistance Profile of Pathogenic Oral Microorganisms in Patients with Chronic Generalized Periodontitis at the Pre-Implantation Stage. Actual Dentistry. 2026;(6):62–67. DOI: <https://doi.org/10.33295/1992-576X-2025-6-62>.
- Hajishengallis G, Darveau RP, Curtis MA. The keystone-pathogen hypothesis. Nat Rev Microbiol. 2012;10(10):717–725. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2873>.
- Chen T, Marsh PD, Al-Hebshi NN. SMDI: An Index for Measuring Subgingival Microbial Dysbiosis. J Dent Res. 2022;101(3):331–338. DOI: <https://doi.org/10.1177/00220345211035775>.
- Caton JG, Armitage G, Berglundh T, et al. A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions. J Clin Periodontol. 2018;45(Suppl 20):S1–S8. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcpe.12935>.
- Renvert S, Persson GR, Piri FQ, Camargo PM. Peri-implant health, peri-implant mucositis, and peri-implantitis: Case definitions and diagnostic considerations. J Periodontol. 2018;89(Suppl 1):S304–S312. DOI: <https://doi.org/10.1002/JPER.17-0588>.
- Tonetti MS, Greenwell H, Kornman KS. Staging and grading of periodontitis. J Clin Periodontol. 2018;45(Suppl 20):S149–S161. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcpe.12945>.

- 
8. EUCAST. Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. Version 14.0. European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing; 2024. Available from: <https://www.eucast.org>
  9. Magiorakos AP, Srinivasan A, Carey RB, et al. Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. *Clin Microbiol Infect.* 2012;18(3):268–281. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2011.03570.x>.
  10. Mombelli A, Decaillet F. The characteristics of biofilms in peri-implant disease. *J Clin Periodontol.* 2011;38(Suppl 11):203–213. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2010.01666.x>.
  11. Steyerberg EW. *Clinical Prediction Models: A Practical Approach to Development, Validation, and Updating.* 2nd ed. Springer; 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-16399-0>.
  12. Stojanov S, Berlec A, Štrukelj B. The influence of probiotics on the Firmicutes/Bacteroidetes ratio in the treatment of obesity and inflammatory bowel disease. *Microorganisms.* 2020; 8(11): 1715. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8111715>.
  13. Blount K, Jones C, Walsh D, Gonzalez C, Shannon WD. Development and Validation of a Novel Microbiome-Based Biomarker of Post-antibiotic Dysbiosis and Subsequent Restoration. *Front Microbiol.* 2022;12:781275. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.781275>.
  14. Wei S, Bahl MI, Baunwall SMD, Hvas CL, Licht TR. Determining Gut Microbial Dysbiosis: a Review of Applied Indexes for Assessment of Intestinal Microbiota Imbalances. *Appl Environ Microbiol.* 2021;87(11):e00395-21. <https://doi.org/10.1128/AEM.00395-21>.
  15. Krivtsova MV., Kostenko YeYa. Dominantni mikrobni asociatsii porozhnynyh rota v umovakh heneralizovanoho parodontytu ta osoblyvosti yikh chutlyvosti do antybakterialnykh preparativ [Dominant microbial associations of the oral cavity in generalized periodontitis and their sensitivity to antibacterial agents]. *Studia Biologica.* 2020;14(1):51–62. <https://doi.org/10.30970/sbi.1401.613> [in Ukrainian].
  16. Tsai YC, Tai WC, Liang CM, Wu CK, Tsai MC, Hu WH, Huang PY, Chen CH, Kuo YH, Yao CC, Chuah SK. Alterations of the gut microbiota and the Firmicutes/Bacteroidetes ratio after biologic treatment in inflammatory bowel disease. *J Microbiol Immunol Infect.* 2025; 58(1): 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2024.09.006>.
  17. Di Spirito F, Giordano F, Di Palo MP, D'Ambrosio F, Scognamiglio B, Sangiovanni G, Caggiano M, Gasparro R. Microbiota of Peri-Implant Healthy Tissues, Peri-Implant Mucositis, and Peri-Implantitis: A Comprehensive Review. *Microorganisms.* 2024; 12(6): 1137. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12061137>.
  18. de Campos Kajimoto NC, de Paiva Buischi Y, Mohamadzadeh M, Loomer P. The oral microbiome of peri-implant health and disease: a narrative review. *Dent J (Basel).* 2024;12(10):299. <https://doi.org/10.3390/dj12100299>.
  19. Chun GK, Menon RK. The microbiome of peri-implantitis: a systematic review of next-generation sequencing studies. *Antibiotics (Basel).* 2023;12(11):1610. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12111610>.
  20. Mehrnia N, Van Dyke TE. Microbial dysbiosis and immune dysregulation in periodontitis and peri-implantitis. *Front Cell Infect Microbiol.* 2026;15:1678163. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2025.1678163>.

Дата першого надходження статті до видання: 16.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 11.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026