

УДК 616.34-008.8

[https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-2\(36\)-1039-1051](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-2(36)-1039-1051)

Гриценко Лариса Миколаївна кандидат медичних наук, доцент, НМУ імені О.О. Богомольця, бул. Тараса Шевченка, 13, м. Київ, 01601, тел.: (044) 234-92-76, <https://orcid.org/0000-0002-4327-3733>

Дюжикова Олена Михайлівна кандидат медичних наук, доцент, НМУ імені О.О. Богомольця, бул. Тараса Шевченка, 13, м. Київ, 01601, тел.: (044) 234-92-76, <https://orcid.org/0000-0002-6652-2886>

Шелкова Наталія Григорівна кандидат медичних наук, доцент, НМУ імені О.О. Богомольця, бул. Тараса Шевченка, 13, м. Київ, 01601, тел.: (044) 234-92-76, <https://orcid.org/0009-0006-8681-6941>

РОЗГЛЯД ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ МІКРОБІОТОЮ, РОБОТОЮ ІМУННОЇ СИСТЕМИ ТА РОЗВИТКОМ ХВОРОБ

Анотація. Сучасні дослідження в галузі медичної науки відкривають перед нами нові перспективи розуміння важливого взаємозв'язку між мікробіотою, роботою імунної системи та розвитком хвороб. Мікробіота, що населяє наше тіло, виявляється ключовим елементом в підтримці імунної відповіді та забезпеченні нормального функціонування організму. Ця стаття присвячена вивченню складної взаємодії між мікробіотою, імунною системою та розвитком хвороб в організмі людини. Передові дослідження показують, що мікробіота, що складається з великої різноманітності мікроорганізмів, грає ключову роль у підтримці здоров'я та виникненні захворювань. Розглянуто важливі аспекти, такі як склад та різноманіття мікроорганізмів в організмі, взаємодія між мікробіотою та імунною системою, а також вплив цієї взаємодії на розвиток різних хвороб. У статті розглянуто також важливі відкриття в цьому напрямку, зокрема взаємозв'язок між мікробіотою та захворюваннями, пов'язаними із порушенням балансу мікробіоти. В основі досліджень лежить важливість балансу між мікроорганізмами, що населяють організм людини, та імунною відповіддю для забезпечення оптимального функціонування організму. Проаналізовано вплив мікробіоти на розвиток імунної системи, її роль у підтримці здоров'я шлунково-кишкового тракту та синтезі корисних речовин. Дослідження висвітлює механізми, які ведуть до різних хвороб при дисбалансі мікробіоти та надмірному запаленні. Окремий акцент статті робиться на можливостях лікування та підтримки здоров'я на основі взаємодії з мікробіотою. Проаналізовано вплив мікробіоти на розвиток захворювань шкіри, слизових оболонок, а також психічного здоров'я пацієнтів. Загальною

метою статті є розкриття важливості вивчення взаємодії між мікробіотою та імунною системою для розробки ефективних стратегій лікування та підтримки здоров'я, враховуючи персоналізований підхід до кожного пацієнта. Велика увага приділяється перспективам використання цих знань для розвитку нових методів лікування та профілактики хвороб. Висвітлено можливості впливу на мікробіоту за допомогою пробіотиків, пребіотиків та інших стратегій для підтримки імунної системи та збереження здоров'я. Результати досліджень можуть бути використанні для встановлення механізмів взаємодії мікробіоти, імунної системи та розвитку хвороб, що може відкрити нові горизонти в лікуванні та профілактиці захворювань.

Ключові слова: мікробіота, імунна система, пробіотики, пребіотики, імунорегуляція, гормональний баланс.

Hrytsenko Larysa Mykolaivna candidate of medical sciences, associate professor, Bogomolets National Medical University, bul. Taras Shevchenko, Kyiv, 01601, tel.: (044) 234-92-76, <https://orcid.org/0000-0002-4327-3733>

Dyuzhikova Olena Mykhailivna PhD in Medical Sciences, Assistant Professor, Bogomolets National Medical University, bul. Taras Shevchenko, Kyiv, 01601, tel.: (044) 234-92-76, <https://orcid.org/0000-0002-6652-2886>

Shelkova Nataliia Hryhorivna PhD, Associate Professor of the Department, Bogomolets National Medical University, bul. Taras Shevchenko, Kyiv, 01601, tel.: (044) 234-92-76, <https://orcid.org/0009-0006-8681-6941>

CONSIDERATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE MICROBIOTA, THE WORK OF THE IMMUNE SYSTEM AND THE DEVELOPMENT OF THE DISEASE

Abstract. Modern medical science research opens new perspectives for understanding the critical relationship between the microbiota, the work of the immune system, and the development of diseases. The microbiota that inhabits our body is a crucial element in maintaining the immune response and ensuring the body's normal functioning. This article studies the complex interaction between the microbiota, the immune system and the development of diseases in the human body. Advanced research shows that the microbiota, consisting of various microorganisms, is crucial in maintaining health and preventing disease. Considered essential aspects, such as the composition and diversity of microorganisms in the body, the interaction between the microbiota and the immune system, and the impact of this interaction on the development of various diseases. The essential discoveries in this direction were also considered, particularly the relationship between microbiota and diseases associated with microbiota imbalance. At the heart of the research does the

importance of the balance between the microorganisms inhabit the human body and the immune response to ensure the body's optimal functioning. The influence of microbiota on the development of the immune system, its role in maintaining the health of the gastrointestinal tract and the synthesis of valuable substances was analysed. The study sheds light on the mechanisms that lead to various diseases when there is an imbalance of the microbiota and excessive inflammation. A particular emphasis of the article was made on the possibilities of treatment and health support based on interaction with microbiota. The impact of microbiota on the development of skin and mucous membrane diseases, as well as the mental health of patients, was analysed. The general goal of the article is to reveal the importance of studying the interaction between the microbiota and the immune system for developing effective strategies for treatment and health maintenance, taking into account a personalized approach to each patient. Much attention was paid to the prospects of using this knowledge to develop new methods of treatment and prevention of diseases. The possibilities of influencing the microbiota with the help of probiotics, prebiotics and other strategies to support the immune system and preserve health were highlighted. Research results can be used to establish the mechanisms of interaction between microbiota, the immune system and the development of diseases, which can open new horizons in treating and preventing diseases.

Keywords: microbiota, the immune system, probiotics, prebiotics, immunoregulation, hormonal balance.

Постановка проблеми. У сучасному науковому дослідженні надзвичайно важливим є розуміння взаємозв'язків між мікробіотою, імунною системою та розвитком хвороб в людському організмі. Мікробіота, що складається з мільярдів мікроорганізмів, населяючи шлунково-кишковий тракт та інші поверхні, виявляється ключовою ланкою для функціонування імунної системи. Останні наукові відкриття акцентують увагу на ролі кишкової мікробіоти в патогенезі різних захворювань, таких як ожиріння, діабет, колоректальний рак і розлади поведінки. Сучасне розуміння фенотипу людини показує, що він визначається не лише генетичною експресією, а й значною мірою метаболізмом мікроорганізмів, що заселяють організм.

Мікробіота кишечника виконує ключову роль у формуванні фенотипу людини, адже виявлено, що у кишечнику дорослої людини присутні понад 3 000 000 різних генів, і кількість бактерій в 10 разів перевищує кількість клітин у всьому тілі. Кишечник людини становить особливу мікробіотичну екосистему, населену приблизно 50 трильйонами різних мікроорганізмів. Ця вражаюча кількість перевищує загальну кількість клітин в організмі і досить значуще визначає здоров'я та функціонування людського організму. Зокрема, товстий кишечник є основним місцем зосередження цієї мікробіоти, з популяцією, яка коливається від $1 \cdot 10^9$ до $1 \cdot 10^{12}$ на 1 мл вмісту товстої кишки.

Бактерії є домінуючими представниками мікрофлори прямої кишки, становлячи значну частину сухої маси фекалій. Оцінки кількості видів мікроорганізмів у кишечнику різноманітні, проте вони коливаються від 300 до 1000 різних видів. Великою частиною цих видів формуються приблизно 500 мікробних спільнот. Характерними представниками нормальної мікробіоти товстої кишки є грамнегативні палички та облигатні анаероби роду *Bacteroides*. Що стосується біорізноманіття, практично 99% бактерій, представлені лише 30–40 видами. Ці дані свідчать про велику різноманітність та складність мікробної флори, яка визначає фізіологічну та метаболічну гармонію в організмі людини. Це підкреслює значення мікробіомів, які визначаються геномом кишечника, що розташовується на третьому місці після ядерного та мітохондріального геному. Не дивлячись на значний прогрес, роль бактеріальної флори в організмі людини ще залишається не повністю розкритою. Проте, попри значні досягнення, відкриття та розуміння впливу мікробіоти на імунну систему та розвиток хвороб ще потребують глибокого дослідження та аналізу. Деякі питання, які залишаються відкритими, включають розуміння того, як зміни в мікробіоті можуть призводити до змін в імунній відповіді та як це впливає на схильність до різних хвороб.

Додатково, важливо розглянути вплив різних факторів, таких як харчування, лікування антибіотиками, стрес та інші, на динаміку мікробіоти та її взаємозв'язок з імунною системою. Чітке розуміння цих механізмів може виявити важливе значення для розробки ефективних стратегій лікування та профілактики, що базуються на регуляції мікробіоти та імунної відповіді.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно із літературними даними, порушення балансу кишкової мікробіоти може призвести до різних метаболічних проблем. Крім того, авторами [1] досліджено, що порушення мікрофлори може бути супутнім фактором такого метаболічного порушення, як синдром СПКЯ. Цей концепт став предметом додаткових наукових досліджень, які прагнуть розкрити механізми взаємодії між мікробіотою та метаболізмом [1,2]. Інші наукові дослідження додатково підтверджують цей зв'язок, вказуючи на те, що композиція кишкової мікробіоти може впливати на обробку поживних речовин та енергії в організмі. Пробіотики, що є одним із ключових елементів у регулюванні кишкової мікрофлори, здобувають популярність як потенційний метод впливу на метаболічні процеси та покращення здоров'я. Останні дослідження підкреслюють, що взаємодія між кишківником та його мікрофлорою перевищує простий коменсалізм, представляючи собою складний мутуалізм [3]. Мікробні організми виконують низку корисних функцій для господаря, таких як анаеробне розщеплення матеріалів для енергетичного забезпечення, підтримка імунітету та запобігання росту шкідливих видів бактерій. Бактероїди, зокрема, беруть активну участь у вуглеводному обміні, біотрансформації жовчних кислот та гідролізу мукополісахаридів. Споживання полісахаридів є основним

джерелом енергії, а їхні метаболічні активності сприяють створенню сприятливого середовища для інших мікроорганізмів у шлунково-кишковому тракті. Треба зазначити, що *Bacteroides*, і зокрема *B. thetaiotaomicron*, що виступають як коменсальні або симбіотичні агенти, але їхні метаболічні властивості можуть сприяти виникненню патогенних інфекцій та хронічних захворювань. Це відкриває нові перспективи для розуміння впливу кишкового мікробіому на здоров'я та можливості контролю метаболічних захворювань через персоналізовані стратегії, такі як дієтичні втручання та трансплантація мікробіоти. Дисбаланс мікробіоти та імунна відповідь представлено в статті [4]. Авторами детально розглядається композиція кишкової мікрофлори в умовах нормального функціонування та при захворюваннях. Особлива увага приділяється механізмам, які відбуваються в лімфоїдній тканині, асоційованій з кишечником (GALT), і які стимулюють індукцію харчової толерантності. Також розглядається процес диференціації між коменсальними та патогенними мікроорганізмами, який визначає відповідні імунні реакції. В статті проведено спробу встановити взаємозв'язок між мікробіотою та системною імунною відповіддю, а також висвітлено фактори, що впливають на склад природної кишкової мікрофлори. Авторами [3,4] досліджено взаємозв'язок між мікробіотою, імунною системою та розвитком хвороб, а також визначає потенційні напрямки подальших досліджень та технологічні можливості для втручань в ці процеси з метою збереження та поліпшення здоров'я людини. Це дослідження спрямоване на зміну складу мікрофлори для лікування різних захворювань, таких як запальні кишкові захворювання, метаболічний синдром, аутоімунні та алергічні захворювання, а також захворювання нервової системи. Оскільки точні механізми впливу окремих компонентів мікрофлори на імунну систему не є чітко визначеними, в клінічній терапії використовується не окремі штами, а весь комплекс кишкової флори здорової людини [5]. Трансплантація кишкової флори успішно використовується для лікування інфекцій, спричинених *Clostridium difficile*, протягом п'ятдесяти років, та дослідження підтверджують позитивні результати цього методу і при інших захворюваннях.

Мета статті полягала у проведенні детального огляду наукових даних та встановленні взаємозв'язків між мікробіотою, роботою імунної системи та розвитком хвороб.

Виклад основного матеріалу. *Мікробіота та її функції.* Мікробіота головним чином зосереджена у шлунково-кишковому тракті, де вона виконує ключові функції, такі як розщеплення їжі, виведення корисних речовин та контроль над патогенами. Взаємодія мікробіоти з імунною системою є важливою для розвитку та підтримки здорової імунної відповіді, вони можуть активувати імунні клітини та виробляти речовини, що сприяють оборонній реакції. Деякі мікроорганізми синтезують вітаміни та інші корисні речовини, які важливі для організму. Крім того, мікробіота може впливати на обмін

речовин, регулювати рівень запалення та взаємодіяти з нервовою системою, що впливає на настрій та психічне здоров'я [4,6]. Розуміння цих функцій допомагає глибше зрозуміти вплив мікробіоти на організм та розглядати можливості покращення здоров'я через регулювання цього балансу. Важливість рівноваги між мікробіотою та імунною системою стає ключовою для забезпечення оптимального функціонування організму та збереження здоров'я.

На рис. 1 представлено структурну схему ключових функцій мікробіоти у роботі організму.



Рис. 1. Роль мікробіоти в підтримці гомеостазу

Важливість рівноваги між мікробіотою та імунною системою необхідна для забезпечення оптимального функціонування організму та збереження здоров'я. Імунна толерантність виникає завдяки рівновазі, що дозволяє імунній системі відрізнити корисні мікроорганізми від патогенів, запобігаючи надмірним реакціям на нешкідливі антигени. Правильна функція мікробіоти є ключовою для підтримки імунітету, завдяки чому зменшується ризик захворювань. Це сприяє швидкому виявленню патології та сприяє боротьбі зі збудниками. Збалансована мікробіота також відіграє роль у забезпеченні нормального функціонування шлунково-кишкового тракту, запобігаючи хронічним захворюванням та сприяючи ефективному травленню. Водночас дисбаланс мікробіоти може викликати надмірне запалення, пов'язане з різноманітними захворюваннями, такими, як запальні захворювання кишечника чи алергії. Забезпечуючи оптимальний стан мікробіоти, можна підтримувати

сильну та ефективну імунну відповідь на нові антигени [6]. Таким чином, збереження рівноваги між мікробіотою та імунною системою стає ключовим аспектом для збереження здоров'я, запобігання захворювань та підтримки внутрішньої гомеостазу.

Склад та різноманіття мікроорганізмів в організмі - це комплексна екосистема, що включає різні види бактерій, грибів та вірусів. Це мікробіота, яка населяє різні органи та системи, відіграючи ключову роль у забезпеченні здоров'я (рис. 2).



Рис. 2. Загальна класифікація мікроорганізмів у людському організмі

Це лише кілька прикладів, адже мікробіота включає сотні видів мікроорганізмів, кожен із яких виконує унікальні функції. Різноманіття мікроорганізмів є важливим для здоров'я, оскільки кожен вид вносить свій вклад у підтримку фізіологічної рівноваги в організмі [7]. Взаємодія між мікробіотою та імунною системою – це складний та динамічний процес, важливий для підтримки здоров'я та боротьби зі захворюваннями. Основні аспекти цієї взаємодії включають імунну толерантність, де мікробіота сприяє розвитку адекватної імунної відповіді та допомагає системі розрізняти корисні мікроорганізми та патогени. Деякі компоненти мікробіоти стимулюють імунні клітини, такі як макрофаги та лімфоцити, що активує захисну відповідь. Різноманітні сигнальні речовини, вироблені мікробіотою, регулюють вироблення цитокінів, що є важливим для сприяння запаленню або його стримування. Взаємодія з мікробіотою допомагає сформувати імунологічну пам'ять, зробити організм більш придатним до реагування на майбутні

інфекції. Здорові мікробіота конкурує з патогенами за ресурси та місце в організмі, запобігаючи їхньому розмноженню та поширенню. Оптиміальна мікробіота також допомагає утримувати запалення на нормальному рівні, що важливо для запобігання запальних захворювань. Ці аспекти взаємодії сприяють підтримці імунної системи та важливі для збереження загального здоров'я [8]. Основні аспекти регуляції імунної відповіді включають:

- Сприяння розвитку імунної толерантності. Мікробіота допомагає в розвитку імунної толерантності до невинних антигенів, запобігаючи надмірним імунним реакціям на корисні мікроорганізми та власні клітини організму.

- Модуляція цитокінів та запалення. Деякі види мікробіоти сприяють виробленню специфічних цитокінів, що можуть регулювати рівень запалення в організмі.

- Стимуляція імунної відповіді. Мікробіота активує імунні клітини, такі як Т- та В-лімфоцити, створюючи відповідь на конкретні антигени та забезпечуючи захисну реакцію.

- Роль протизапальних сполук. Деякі мікроорганізми виробляють сполуки, які можуть мати протизапальний ефект, сприяючи зменшенню відповіді на запалюючі чинники.

- Взаємодія з імунними рецепторами. Мікробіота взаємодіє з імунними рецепторами, такими як Toll-подібні рецептори, що активуються при виявленні патогенів або їх компонентів.

- Формування імунологічної пам'яті. Ефективна мікробіота сприяє формуванню імунологічної пам'яті, що робить організм більш придатним до швидкої реакції на повторний контакт з антигенами.

Ці механізми регуляції допомагають створити баланс між захистом від патогенів та утриманням толерантності до корисних мікроорганізмів, забезпечуючи оптиміальну функцію імунної системи.

Мікробіота виконує важливу захисну функцію, конкуруючи з патогенами за ресурси та простір в організмі, що допомагає утримати патогени під контролем та запобігти їхньому розмноженню. Здорові мікробіота витісняє патогени, забираючи їм доступ до живлення та місця для прикріплення на слизових оболонках та інших поверхнях організму. Деякі мікроорганізми у мікробіоті виробляють антимікробні речовини, які можуть інгібувати ріст патогенів та запобігати їхньому поширенню. Мікробіота активує імунні клітини, що може підвищити імунітет та зробити організм менш вразливим до інфекцій. Правильна мікробіота може допомагати утримувати запалення на низькому рівні, що може запобігти поширенню патогенів, які викликають запальні захворювання. Деякі мікроорганізми утворюють захисний бар'єр, який може заважати проникненню патогенів в тканини та органи. Здорові мікробіота може утруднити патогенам установалення стійкої колонізації в організмі.

Ці заходи створюють несприятливе середовище для патогенів, забезпечуючи ефективний захист організму та підтримуючи здоров'я. Quorum sensing (QS) є механізмом комунікації між бактеріями, який дозволяє їм сприймати та реагувати на щільність своєї популяції в середовищі. Цей процес грає важливу роль в регуляції різноманітних фізіологічних і метаболічних функцій у бактерій [9]. Щодо утруднення стійкої колонізації в організмі, QS може впливати на цей процес у декількох аспектах. Під час QS, бактерії можуть виробляти та виявляти специфічні хімічні сигнали, відомі як автіндуктори. Коли концентрація цих сигналів досягає певного рівня (порога), це вказує на високу щільність популяції бактерій. У контексті стійкої колонізації, QS може бути використаний для координації активності бактерій, що залучені до формування біоплівки чи бактеріальної колонії. Біоплівки – це структуровані агрегати мікроорганізмів, які прикріплюються до поверхні та взаємодіють між собою. QS може регулювати вироблення екзополісахаридів та інших молекул, необхідних для формування та утримання біоплівки. Біоплівки часто грають важливу роль в захисті бактерій від антимікробних агентів та імунної системи організму-господаря. QS може сприяти стабільності цих біоплівки, що робить їх менш доступними для впливу зовнішніх агентів або атак імунної системи.

Вплив дисбалансу мікробіоти на імунну систему. Дисбаланс мікробіоти, відомий також як дисбіоз, може впливати на імунну систему, порушуючи нормальний стан рівноваги між корисними та патогенними мікроорганізмами. Наслідки цього дисбалансу включають:

- Синдром подразненого кишківника:
- Дисбаланс мікробіоти може бути пов'язаний із такими симптомами, як біль, зміни в роботі кишечника та деякі форми запалення.
- Запальні захворювання кишечника:
- Хвороба Крона та виразковий коліт - це захворювання, які пов'язані із запальними процесами в кишечнику, а дисбіоз може грати роль у їхньому розвитку та прогресії.
- Цукровий діабет 2 типу:
- Деякі дослідження вказують на зв'язок між дисбіозом та ризиком розвитку цукрового діабету.
- Алергії та atopічні захворювання:
- Порушення балансу мікробіоти може впливати на імунну відповідь та бути пов'язаним зі збільшеним ризиком алергій та atopічних захворювань.
- Захворювання шкіри:
- Дисбаланс мікробіоти шкіри може викликати проблеми, такі як акне, екзема та псоріаз.
- Деякі випадки дисбіозу можуть сприяти розвитку інфекцій сечовивідних шляхів.

Механізми розвитку захворювань при дисбалансі мікробіоти можуть включати різні фактори, що взаємодіють з імунною системою та збільшують ризик захворювань. Деякі основні механізми включають зміни в запаленні, які можуть сприяти розвитку захворювань, таких як хвороба Крона або виразковий коліт. Порушення бар'єрних функцій є ще одним аспектом дисбалансу мікробіоти, оскільки зміни в ній можуть порушити надійність імунних бар'єрів, таких як слизові оболонки кишечника чи шкіри, що може призвести до проникнення патогенів та розвитку інфекцій. Модифікація імунної відповіді – це ще один механізм, який може виникнути внаслідок дисбалансу мікробіоти, змінюючи імунну відповідь та створюючи умови для розвитку захворювань. Надмірне запалення, особливо хронічне та системне, є іншим наслідком дисбалансу мікробіоти, і може бути асоційоване з ризиком захворювань, таких як цукровий діабет чи серцево-судинні захворювання. Дезінтеграція екосистеми мікробіоти викликає втрату видового різноманіття, зниження кількості корисних мікроорганізмів та сприяє переважанню патогенів. Генетичні та епігенетичні зміни можуть впливати на гени, пов'язані з імунітетом та запаленням, змінюючи схильність організму до розвитку захворювань. Взаємодія цих механізмів може створити умови для розвитку різноманітних захворювань та ускладнити процес лікування. Врахування важливості збереження здоров'я мікробіоти стає важливим аспектом сучасної медицини.

Дослідження та перспективи. Сучасні дослідження в галузі взаємодії мікробіоти та імунної системи розширюють наше розуміння важливості цієї взаємодії для здоров'я та захворювань. Деякі ключові аспекти включають вивчення впливу мікробіоти на розвиток імунної системи в дитинстві та його можливі наслідки для ризиків розвитку захворювань та адекватної імунологічної відповіді [10]. Вчені також досліджують взаємозв'язок між мікробіотою шкіри та розвитком захворювань, таких як екзема, акне та псоріаз. Виявлено, що мікробіота може впливати на мозкову функцію, пов'язану з ризиком розвитку різних захворювань, зокрема таких як депресія [6]. Також вивчено вплив мікробіоти на метаболізм та регуляцію енергетичного балансу, що має важливі наслідки для управління вагою та ризиками розвитку цукрового діабету. Роль мікробіоти в регуляції імунітету проти ракових клітин також вивчається, що відкриває можливості для нових стратегій лікування та профілактики. Дослідження ідентифікує потенціал пробіотиків та пребіотиків у відновленні та підтримці здоров'я мікробіоти та імунної системи. Ці відкриття свідчать про значущі зв'язки між мікробіотою та різними аспектами здоров'я, а їх розуміння може вказати на нові напрямки лікування та профілактики різних захворювань. Встановлення закономірностей взаємодії мікробіоти та імунної системи відкриває перспективи для розвитку інноваційних стратегій лікування різних захворювань. Деякі можливості використання цих результатів для лікування захворювань включають розвиток

пробіотиків та пребіотиків для відновлення та підтримки здоров'я мікробіоти, що може бути особливо корисним при захворюваннях шлунково-кишкового тракту. Також розробка продуктів, які модифікують мікробіоту шкіри, може бути ефективним методом лікування захворювань шкіри, таких як екзема чи акне. Спрямовані методи лікування, які враховують мікробіоту слизових оболонок, можуть допомагати при захворюваннях кишечника, таких як хвороба Крона чи виразковий коліт. Розуміння впливу мікробіоти на запалення дозволяє розробляти методи лікування, спрямовані на регулювання імунної відповіді та запалення. Врахування мікробіоти у лікуванні захворювань психічного здоров'я відкриває можливості використання пробіотиків для покращення стану пацієнтів. Розвиток персоналізованих методів лікування, які враховують індивідуальні характеристики мікробіоти, може поліпшити ефективність лікування та зменшити побічні ефекти. Ці підходи стають ключовими напрямками в сучасній медицині, де вивчення мікробіоти та її впливу на імунну систему приводить до інноваційних методів лікування та підходів до збереження здоров'я.

Висновки. Дослідження взаємодії між мікробіотою, роботою імунної системи та розвитком захворювань свідчать про визначальну роль цього взаємозв'язку у підтримці здоров'я та формуванні ризику захворювань. Дослідження механізмів впливу мікробіоти на імунну систему відкриває перспективні можливості для розробки інноваційних методів лікування та профілактики різноманітних захворювань. Визначено, що рівновага між мікробіотою та імунною системою є ключовим чинником для підтримки оптимального функціонування організму. Дослідження свідчать про те, що мікробіота виконує різноманітні функції, такі як підтримка правильного функціонування шлунково-кишкового тракту, участь у синтезі важливих речовин, та вплив на рівень запалення в організмі. Ці фактори взаємодії можуть визначати ступінь ризику виникнення хронічних та запальних захворювань. Важливими результатами досліджень є інформація про можливі шляхи лікування та підтримки здоров'я на основі впливу на мікробіоту. Розгляд взаємозв'язку мікробіоти із захворюваннями шкіри, слизових оболонок, а також психічного здоров'я відкриває перспективи для персоналізованих підходів у медицині. Ці підходи є ключовим для розуміння фізіології організму та розробки нових стратегій лікування, які можуть призвести до значного покращення якості медичної допомоги та забезпечення довголіття пацієнтів.

Література:

1. The impact of using probiotics on metabolic disorders of women with polycystic ovary syndrome / Z. Wesółowska et al. *Quality in Sport*. 2023. Vol. 9, no. 2. P. 18–22. URL: <https://doi.org/10.12775/qs.2023.09.02.002>.
2. OP39 Vedolizumab response in ulcerative colitis associates with reduced IgG+ plasma cells and FcγR signaling / P. Canales-Herrerias та ін. *Journal of Crohn's and Colitis*. 2024. T. 18, Supplement_1. C. i69–i70. URL: <https://doi.org/10.1093/ecco-jcc/jjad212.0039>.

3. Understanding respiratory microbiome-immune system interactions in health and disease / S. K. Di Simone et al. *Science Translational Medicine*. 2023. Vol. 15, no. 678. URL: <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.abq5126>.

4. The role of gut microbiota in T cell immunity and immune mediated disorders / J. A. Shim et al. *International Journal of Biological Sciences*. 2023. Vol. 19, no. 4. P. 1178–1191. URL: <https://doi.org/10.7150/ijbs.79430>.

5. Alterations in gut microbiome and metabolomics in chronic hepatitis B infection-associated liver disease and their impact on peripheral immune response / Y. Shen et al. *Gut Microbes*. 2022. Vol. 15, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1080/19490976.2022.2155018>.

6. Gut Microbiome and its Role in the Development of Neurological Disorder (Schizophrenia) / A. Ameen et al. *Pakistan Journal of Medical and Health Sciences*. 2023. Vol. 17, no. 5. P. 311–316. URL: <https://doi.org/10.53350/pjmhs2023175311>.

7. The interplay between the microbiome and colonic immune system in checkpoint inhibitor therapy / J. Dehinsilu et al. *Frontiers in Microbiomes*. 2023. Vol. 2. URL: <https://doi.org/10.3389/frmbi.2023.1061193>.

8. The role of the indoles in microbiota-gut-brain axis and potential therapeutic targets: A focus on human neurological and neuropsychiatric diseases / Y. Zhou et al. *Neuropharmacology*. 2023. P. 109690. URL: <https://doi.org/10.1016/j.neuropharm.2023.109690>.

9. Importance of gut microbiota metabolites in the development of cardiovascular diseases (CVD) / M. Hemmati et al. *Life Sciences*. 2023. Vol. 329. P. 121947. URL: <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2023.121947>.

10. Nutritional implications in the mechanistic link between the intestinal microbiome, renin-angiotensin system, and the development of obesity and metabolic syndrome / V. H. D. Guimarães et al. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 2022. P. 109252. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2022.109252>.

References:

1. Wesołowska, Z., Zdun, S., Walczak, K., Gaweł, W., & Jędruszczak, P. (2023). The impact of using probiotics on metabolic disorders of women with polycystic ovary syndrome. *Quality in Sport*, 9(2), 18–22.

2. Canales-Herrerias, P., Uzzan, M., Al-taie, Z., Seki, A., Verstockt, B., Livanos, A., ... & Mehandru, S. (2024). OP39 Vedolizumab response in ulcerative colitis associates with reduced IgG+ plasma cells and FcγR signaling. *Journal of Crohn's and Colitis*, 18(Supplement_1), i69-i70.

3. Di Simone, S. K., Rudloff, I., Nold-Petry, C. A., Forster, S. C., & Nold, M. F. (2023). Understanding respiratory microbiome-immune system interactions in health and disease. *Science translational medicine*, 15(678), eabq5126.

4. Shim, J. A., Ryu, J. H., Jo, Y., & Hong, C. (2023). The role of gut microbiota in T cell immunity and immune mediated disorders. *International Journal of Biological Sciences*, 19(4), 1178.

5. Shen, Y., Wu, S. D., Chen, Y., Li, X. Y., Zhu, Q., Nakayama, K., ... & Jiang, W. (2023). Alterations in gut microbiome and metabolomics in chronic hepatitis B infection-associated liver disease and their impact on peripheral immune response. *Gut Microbes*, 15(1), 2155018.

6. Ameen, A., Akram, M. N., Farooq, S., Fatima, M., Raza, H., Naz, R., ... & Hussain, A. (2023). Gut Microbiome and its Role in the Development of Neurological Disorder (Schizophrenia). *Pakistan Journal of Medical & Health Sciences*, 17(05), 311-311.

7. Dehinsilu, J., Sergaki, C., Amos, G., Fontana, V., & Pirmohamed, M. (2023). The interplay between the microbiome and colonic immune system in checkpoint inhibitor therapy. *Frontiers in Microbiomes*, 2, 1061193.

8. Zhou, Y., Chen, Y., He, H., Peng, M., Zeng, M., & Sun, H. (2023). The role of the indoles in microbiota-gut-brain axis and potential therapeutic targets: A focus on human neurological and neuropsychiatric diseases. *Neuropharmacology*, 109690.

9. Hemmati, M., Kashanipoor, S., Mazaheri, P., Alibabaei, F., Babaeizad, A., Asli, S., ... & Eslami, M. (2023). Importance of gut microbiota metabolites in the development of cardiovascular diseases (CVD). *Life Sciences*, 121947.

10. Guimarães, V. H. D., Marinho, B. M., Motta-Santos, D., Mendes, G. D. R. L., & Santos, S. H. S. (2023). Nutritional implications in the mechanistic link between the intestinal microbiome, renin-angiotensin system, and the development of obesity and metabolic syndrome. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 113, 109252.