

**Протокол №3**  
**засідання кафедри лабораторної медицини**  
**від 19.09.2022 р.**

**Голова:** Федорович У.М. (зав. кафедри, Засл. прац. осв. України).

**Секретар:** Засанська Г.М. (викладач вищої кваліфікаційної категорії).

**Присутні:** Вінярська М.С., Двудят-Лешневська І.С., Древо І.В., Гопаненко О.О., Менів Н.П., Любінська О.І., Різун Г.М., Сойка Л.Д., Сидор О.К., Цюник Н.П., Федечко Й.М., Шашков Ю.І.

**Відсутні:** сумісники - Крупка Н.О. (доцент за сумісництвом на 0,25 ставки),  
Фартушок Н.В. (доц. на 0,5 ст.).

**Порядок денний:**

1. Обговорення проведення круглого стола на тему “Мікробна спільнота на творах мистецтва” присвячений Міжнародному дню мікроорганізмів.

**1. СЛУХАЛИ та ОБГОВОРИЛИ:**

**Менів Н.П.** яка виступила з доповіддю про роль мікробів.

Сьогодні важко уявити життя без мікроорганізмів. Їх активно використовують у промисловості, зокрема у фармацевтичних виробництвах, харчовій галузі, біотехнології та екології.

17 вересня було обрано щоб відсвяткувати **Міжнародний день мікроорганізмів** у зв'язку з тим, що 17 вересня 1683 року голландський натураліст без університетських ступенів **Антоні ван Левенгук** (1632 – 1723 рр. Делфт, Республіка Об'єднаних провінцій Нідерландів) надіслав лист Лондонському Королівському товариству, в якому представив перший опис одноклітинного організму. У своєму знаменитому листі Лондонському Королівському товариству ним було зроблено вишуканий опис першого спостереження за живими бактеріями, присутніми на зубній бляшці, що супроводжувався малюнками мікроорганізмів та їх рухами. У кінцевому підсумку ці спостереження мікроскопічного життя в подальшому були закладені в основи мікробіології.

Антоні ван Левенгук – видатний дослідник-самоучка, творець мікроскопа, за допомогою якого у XVII-му столітті були відкриті невидимі світи бактерій, інфузорії та еритроцити крові. Він ішов значно попереду свого часу, оскільки спостерігав і описував уперше мікроорганізми.

Левенгук створив мікроскопи, що складаються з однієї високоякісної лінзи з дуже короткою фокусною відстанню

Цей маловідомий на той час вчений виявив безмежну цікавість, невтомну працездатність та був обдарований надзвичайним даром спостережливості. Він розробив і побудував свої мікроскопи (їх сотні!), вдосконалював лінзи своєї оптичної системи, що дозволяло отримувати надзвичайні для того часу збільшення.

**Вплив мікробів на мозок людини**

Інтерес вчених до мікробних спільнот, що існують в симбіозі з людиною (мікробіому) зростає з кожним роком. Багатьма дослідженнями доведено, що

мікробіом відіграє виняткову роль у розвитку та функціонуванні організму людини протягом усього її життя. Зокрема, він бере активну участь у формуванні та підтримці в тонусі імунної системи, перетравлюванні їжі, регуляції метаболізму, захисті від патогенів, токсинів, алергенів, канцерогенів і забезпеченні організму важливими компонентами харчування.

Дивно, але вплив мікробіому цим не обмежується та може поширюватися на всі органи і системи людини, в тому числі на головний мозок. Численні дослідження в цій області дозволили говорити про наявність в людському тілі осі «кишечник – мозок – мікробіом», що у великій мірі пояснюється здатністю кишкових мікроорганізмів синтезувати особливі метаболіти (нейротрансмітери), які можуть надавати безпосередній вплив на стан психічного статусу людини та вводити корективи в її поведінку. Слід зазначити, що цей зв'язок, що реалізується за допомогою блукаючого нерва (найдовшого з черепно-мозкових нервів, який контролює роботу практично всіх життєво важливих органів) є двостороннім, тобто сигнали можуть надходити як з мікробіому в мозок, так і в зворотному напрямку - з мозку в мікробіом. Наприклад, близько 90% серотоніну (нейрохімічного з'єднання, контролюючого настрій і багато інших життєво важливих функцій людини) синтезується в кишечнику за сприяння симбіотичних мікробів.

З'являється все більше наукових і клінічних даних, що доводять вплив мікробних попутників людини на його комунікабельність, здатність до навчання, настрій, образ мислення, апетит, сон, емоційну активність, реакцію на стрес і ряд інших характеристик, пов'язаних з функціонуванням мозку.

Поява при порушенні мікробіому неуважності, поганої пам'яті, почуття тривожності, безсоння, депресії фахівці пояснюють підвищенням проникності кишечника та формуванням так званого «дірявого кишечника». Цей патологічний стан призводить до проникнення мікробів і великих молекул в кровоносну систему, а кров'ю – в багато інших органів, сприяючи розвитку хронічного запалення, яке зазвичай супроводжує психічні розлади. Багато метаболітів патогенних мікробів здатні порушувати нормальну передачу нервових імпульсів, що може привести до серйозних розладів функцій центральної нервової системи.

Зокрема показано, що надходження до кровоплину всього лише десятої частки нанограма бактеріального ендотоксину (міститься в клітинах грамнегативних умовно-патогенних бактерій) викликає гостре занепокоєння, депресію, когнітивні розлади і підвищену чутливість до внутрішніх болів.

Вчені пов'язують порушення кишкового мікробіому з ризиком розвитку енцефалопатії і навіть таких серйозних форм патології центральної нервової системи, як шизофренія, аутизм, хвороби Паркінсона та Альцгеймера, епілепсія, розсіяний склероз та ін. Виявлено зв'язок вираженості порушень мікробіому з важкістю цих захворювань.

Однак, поки медична громадськість бурхливо обговорює ці вражаючі ефекти кишкового мікробіому, група вчених з Університету Алабами в Бірмінгемі (США) виявила мікроорганізми в самому мозку, що стало справжньою сенсацією в світовому науковому співтоваристві. Адже відомо, що, завдяки

гематоенцефалічному бар'єру в мозок не може потрапити багато молекул, не те що цілі мікробні клітини.

Разом з тим вчені виявили бактерії в ультраструктурних препаратах мозку 34 людей, отриманих після їхньої смерті. Бактерії розміщувалися всередині клітин (переважно в відростках астроцитів гематоенцефалічного бар'єру, дендритах і тілах гліальних клітин, а також всередині мієлінових аксонів). Під час отримання зразків виключалася можливість потрапляння бактерій із зовнішнього середовища. Той факт, що в зразках тканин людини бактерії знаходилися глибоко і специфічно, також свідчить проти випадкового обсіменіння зразків. Оскільки в усіх досліджених тканинах мозку були відсутні ознаки запалення, вчені заговорили про існування специфічного мікробіому мозку. Так як виявлені мікроорганізми належать до основних типів кишкових бактерій, передбачається, що вони можуть переміщуватися з кишечника до мозку по кровоносних судинах, а потім проникати в відростки нейрогліальних клітин, що формують гематоенцефалічний бар'єр.

Слід зазначити, що раніше гени окремих мікробів виявлялися в мозку жертв хвороби Альцгеймера, що вчені пов'язували з підвищенням у хворих людей проникності бар'єру між мозком і нервовою тканиною. Це дозволило припустити можливу участь не тільки пріонів, але також патогенних бактерій і вірусів в розвитку цієї хвороби.

Однак, з огляду на останні сенсаційні дані, можна припустити, що ряд бактерій, будучи фізіологічними мешканцями мозку, сприяють його нормальній роботі.

Особливу тривогу медичної громадськості викликає прогресуюче зростання частоти уражень центральної нервової системи у новонароджених дітей, які загрожують розвитком відстрочених неврологічних розладів (епілепсії, гідроцефалії, затримки статико-моторного та психопередмовного розвитку) і можуть мати важкі наслідки, що ведуть до інвалідності дітей.

Одним з методів профілактики цих форм патології є оздоровлення мікробіому вагітних і новонароджених. Важливість цього заходу підкріплюється даними, що свідчать про те, що здоровий мікробіом, сформований в ранньому дитинстві, є запорукою фізичного і психічного здоров'я протягом всього життя

Розуміння важливої ролі мікробіому в підтримці фізичного та психічного здоров'я, сприяло появі і розвитку нових стратегій лікування із застосуванням пробіотиків. Встановлено, що за допомогою пробіотиків можна не тільки покращувати настрій і пам'ять, але навіть контролювати емоційний стан у людей з хронічними мозковими розладами, такими як аутизм, хвороби Альцгеймера і Паркінсона. У зв'язку з цим навіть запропоновано пробіотики, що позитивно впливають на психічне здоров'я людини, називати «психобіотиками», деякі з яких, на думку вчених, незабаром зможуть замінити антидепресанти, а також надавати допомогу в усуненні інших серйозних проблем психічного здоров'я. Слід враховувати, що пробіотики, які дійсно здатні позитивно впливати на мозок, повинні володіти особливими (психобіотичними) активностями та обов'язково

містити високу концентрацію життєздатних клітин широкого комплексу цілющих бактерій

Дуже корисна пробіотична підтримка дітям, які страждають синдромом дефіциту уваги та гіперактивності. Мультипробіотики можуть надати істотну підтримку мозку цих дітей за рахунок покращення функцій мікробіому, оптимізації метаболічних процесів, відновлення балансу нейромедіаторів, забезпечення організму цінними поживними сполуками, що нормалізують мозкові функції.

І, звичайно ж, слід пам'ятати, що найкращий захист від хвороб – це їх профілактика!

**Федорович У.М.** доповіла про роль мікробної спільноти на творах мистецтва.

Мистецтво є невід'ємною частиною людської цивілізації. Мистецькі реліквії, від кам'яних пам'ятників до монументальних розписів, дають важливий погляд на життя тих, хто жив раніше. Проте мистецтво — це не лише свідчення людської творчості; він також є домом для різноманітних спільнот мікроорганізмів, включаючи численні види бактерій і грибів. Пошкоджуючи все, від каменю до пігментів фарби, ці мікроби становлять загрозу для безцінного мистецтва та артефактів. На жаль, стратегії запобігання та пом'якшення такого «біопсування» часто включають хімічну обробку і можуть бути шкідливими для самого твору мистецтва, що робить ці варіанти збереження не зовсім ідеальними. За іронією долі, саме тут діють певні мікроби не як руйнівники мистецтва, а як реставратори мистецтва, здатний підкріплювати пом'якшення каміння або з'їдати бруд, що затьмарює картини. У результаті, хоча деякі мікроби можуть бути прокляттям існування консерваторів мистецтва, інші можуть бути їхніми найближчими союзниками.

Мікроби відіграють важливу роль у руйнуванні творів мистецтва, у тому числі цих картин 12-го століття, що прикрашають каплицю Кормака в Ірландії.

### **Мікроби як руйнівники мистецтва: біознищення**

Біопсування – це процес, при якому мікробний метаболізм викликає небажані зміни властивостей матеріального об'єкта. У світі мистецтва такі зміни можуть бути естетичними (наприклад, зміна кольору пігментів на картині) або структурними (наприклад, деградація кам'яних пам'ятників або витікання фарби на фресках). Ці прояви біопсування часто йдуть рука об руку. Наприклад, структурні аберації можуть змінити зовнішній вигляд виробу.

На початок і прогрес біопсування впливають мікробні взаємодії один з одним, їх середовищем і самим мистецтвом. Існує безліч організмів причетні до цього процесу, причому найбільш добре вивчені бактерії та гриби. Хоча багато факторів формують мікробні спільноти, які співіснують на даному творі мистецтва, тип і вік субстрату мають вирішальне значення. Наприклад, хоча можуть бути певні збіги, мікроби, що населяють станкову картину, багату органічними матеріалами, такими як полотно, пігменти та клеї, відрізнятимуться від колонізуючих кам'яних фресок, які в основному складаються з неорганічних матеріалів і, отже, вимагають специфічних метаболічних можливостей для добування поживних речовин і виживання.

Хоча основний субстрат твору мистецтва допомагає охарактеризувати ідентичність його початкових мікробних колонізаторів, біохімічні реакції каталізують певними видами мікробів може змінити субстрат таким чином, що сприяє подальшій колонізації іншими видами. Біоплівки є особливою проблемою в реставрації мистецтва; екстраполімерна речовина, яка їх охоплює, служить пасткою для забруднюючих речовин, які можуть бути шкідливими для мистецтва, особливо на відкритому повітрі. Більше того, біоплівки є липкими і важко очищаються, виробляють зруйновані молекули та захищають мікроби від нападу.

Співтовариства шкідливих мікробів також зазнають сильного впливу навколишнього середовища в якому існує мистецтво. Такі фактори, як температура, вологість і вентиляція, сприяють і модулюють ріст одних мікробів, одночасно пригнічуючи інші. Крім того, люди прямо чи опосередковано створюють умови, які сприяють виживанню організмів, які пошкоджують зовнішній вигляд і структуру твору мистецтва. Наприклад, забруднення повітря, пов'язане з діяльністю людини, забезпечує поживні речовини, які чіпляються за камені та підтримують ріст мікробів.

### **Методи художньої реставрації**

Зрештою, здатність мікробів послаблювати й знищувати мистецтво означає, що моніторинг та знищення таких руйнівних організмів є критичним для збереження мистецьких реліквій. У закритих приміщеннях, як-от музеї, ретельно контролюють умови, включаючи температуру та вологість, щоб мінімізувати ризик розвитку мікробів. Однак суворий контроль за навколишнім середовищем менш можливий на відкритому повітрі. Тому профілактика біопсування залежить від регулярного моніторингу та швидкої реакції на проблемні мікроби.

Повне виключення "біодетерогенів" з творів мистецтва - непроста справа. Під час вибору стратегії пом'якшення слід враховувати низку факторів, включаючи рівні небезпеки для людей та навколишнього середовища, універсальність використання, економічну доцільність та екологічні вимоги. Найбільш доступні методи передбачають хімічне, механічне та фізичне руйнування мікробних консорціумів, і всі ці методи мають власний набір ризиків.

Наприклад, хімічна обробка творів мистецтва біоцидами та фунгіцидами є дешевою, ефективною проти широкого кола організмів і може застосовуватися у віддалених районах. Однак ці хімічні речовини можуть бути токсичними, неефективними для тривалого використання та можуть сприяти розвитку стійких до біоцидів мікробних спільнот. Механічні методи вимагають інструментів, таких як щітки, скальпелі, пілососи та мийки під тиском, щоб видалити забруднення з художніх поверхонь. Ці методи дозволяють обійти потребу в небезпечних хімічних речовинах, але вони можуть завдати шкоди певним типам творів мистецтва і навіть можуть заштовхнути мікроби глибше в субстрат. Наприклад, камінь для миття під тиском може загнати мікроби в його тріщини. Вибухи мистецтва гамма-випромінюванням або лазером виявилися успішною тактикою для знищення мікроорганізмів і, як і механічне пошкодження, не потребує

шкідливих сполук. Однак ці методи є дорогими і вимагають спеціалізованого персоналу для адміністрування, що зменшує доступність.

Оскільки жоден метод усунення не є досконалим, і існує велика потреба в шадних, ефективних та економних методах реставрації, захисники мистецтва все частіше звертаються до тих речей, з якими вони намагаються боротися, — до мікробів — для вирішення.

### **Мікроби як реставратори мистецтва: біореставрація**

Дослідники використовували бактерії для очищення чорних кірок з собору Флоренції.

Мікробний метаболізм можна використовувати для пом'якшення біологічного погіршення та управління наслідками загального вивітрювання та накопичення залишків на творах мистецтва. Примітно, що в порівнянні з традиційними методами відновлення мікроби є дешевшими, менш інвазивними, високоспецифічними та легше контролюються. Крім того, з точки зору самої ефективності «біовідновлення» може перевершити інші тактики. Порівнюючи хімічні, лазерні та мікробні методи очищення для видалення чорної кірки (сірчистої скупчення, яка часто зустрічається на камені в забруднених середовищах) із собору Флоренції, вчені прийшли до висновку, що мікроби були найкращим вибором.

Існує кілька способів використання мікробів для відновлення творів мистецтва. Біочищення передбачає застосування мікробів безпосередньо до мистецтва, де вони метаболізують проблемні відкладення, включаючи органічні речовини та солі, щоб видалити їх із твору мистецтва. Низка досліджень оцінює корисність цієї техніки, включаючи нещодавню доповідь, у якій життєздатний штам *Psuedomonas stutzeri* A29, бактерія, яку раніше хвалили за її потенціал біочищення, була використана для успішного очищення майже 400-річних настінних розписів у Ватикані. Музеї та Купола Пізанського собору в Італії. Для видалення графіті також залучено біочищення, яке має багатообіцяючі результати.

Крім метаболічного очищення, мікроби також зміцнюють його. Види бактерій, такі як *Desulfovibrio* і *Bacillus* утворюють скупчення кальцію, які підтримують руйнування каменів. Це називається «біоконсолідація», і це один з найбільш добре вивчених методів лікування на основі мікробів для відновлення кам'яних творів мистецтва. Наприклад, дослідники виділили бактерії з кам'яних блоків у монастирі Сан-Херонімо в Гранаді, Іспанія. Після визначення біомінералізаційних можливостей бактерій вони повторно застосували перспективні ізоляти до каменю. Завдяки утворенню великої кількості карбонату кальцію спостерігалось чудове ущільнення поверхні протягом 2-річного періоду. Ці мікроби були добре пристосовані до умов каменю, знайденого в цьому конкретному монастирському середовищі, що свідчить про потенціал місцевих мікробів для біоконсолідації.

Окрім наведеної вище тактики, дослідники використовують антагоністичні відносини між мікробами та/або їх секреторними продуктами для знищення шкідливих організмів. *Виду Bacillus* привернули особливу увагу в цьому відношенні, оскільки вони

виробляють широкий спектр продуктів метаболізму з антимікробним потенціалом, включаючи протигрибкові пептиди та ліпопротеїди, серед інших. Декілька досліджень перевірили можливість застосування *Bacillus* для пригнічення росту мікробів, що живуть у фарбі. Одне дослідження показало, що спори *Bacillus* (а саме *B. subtilis*, *B. pumilius* і *B. megaterium*) можуть майже повністю пригнічувати ріст грибів і бактерій, виділених із станкового живопису 17 століття. Інший звіт виділяв вторинні метаболіти, включаючи біоциди та ліпопротеїди, з чистих культур видів *Bacillus*. Ці сполуки пом'якшили ріст грибів, отриманих із біологічно розкладених фресок. Важливо, що через 5 місяців лікування не вплинуло на зовнішній вигляд репрезентативних фрагментів фрески, що свідчить про те, що це також досить безпечна техніка. Тим не менш, потрібна додаткова робота, щоб переконатися, що такі методи біоконтролю не впливають негативно на мистецтво в процесі його дезактивації.

### Рухатися вперед

Відносини між мистецтвом і мікробами складні, і нам ще багато чого потрібно дізнатися як про біопсування, так і про біовідновлення. Завдяки досягненням у секвенуванні ДНК більшість робіт зосереджена на каталогізації мікробів, які населяють твори мистецтва. Було проведено менше досліджень, щоб зрозуміти метаболічні функції цих мікробів, оскільки вони стосуються біопсування. Крім того, не всі мікроби на творі мистецтва становлять загрозу, а деякі насправді корисні.

Щоб усунути поточні прогалини в знаннях, деякі дослідження використовували профілювання спільнот на основі РНК або метаболомічний аналіз. Ідентифікувати гени та сполуки, пов'язані з погіршенням. Зрештою, багатогранний підхід із використанням культурно-незалежних і культурно-залежних методологій у поєднанні з функціональним аналізом дасть змогу краще зрозуміти потенціал погіршення мікробів на різноманітних творах мистецтва. Більше того, моніторинг та зв'язок змін у мікробних спільнотах із складом субстрату та умовами навколишнього середовища з часом буде мати важливу роль у визначенні найкращих методів дезактивації.

Успіх біовідновлення створює стимул для виявлення нових мікробів з перспективним відновлювальним потенціалом і визначення контекстів, у яких ці мікроби можуть і повинні застосовуватися. Ефективні формули та методика, які використовують відновлювальні мікроби, щоб запобігти руйнівному росту мікробів, не завдаючи шкоди ілюстрації, будуть пріоритетом. Важливими будуть також ефективність, корисність та економічна доцільність таких методів. Примітно, що нещодавно вчені створили агар-марлевий гель, збагачений життєздатними бактеріями, для очищення настінних картин, що спричинило значне зниження вмісту органічних речовин на картинах лише за 3-12 годин після введення. Інша група розробила процес сухого біоочищення, під час якого зневоднені дріжджові клітини наносили на кам'яні роботи. Вода, яка в природі міститься в камені, регідратувала клітини для метаболізму накопичення; Тест на Quattro Fontane в Римі показав захоплюючий потенціал. Мікроби не тільки можуть знищувати та відновлювати мистецтво, але й використовувати їх для його створення!

### **УХВАЛИЛИ:**

1. Інформацію прийняти до відома.

2. Зарахувати викладачам Менів Н.П. та Федорович У.М. круглий стіл “Мікробна спільнота на творах мистецтва” як науковий семінар.
3. Матеріали наукового семінару при потребі використовувати на заняттях.

**Голова**



**Заслужений працівник освіти  
України У. М. Федорович**

**Секретар**



**викладач вищої категорії  
Г. М. Засанська**