DOI: 10.26693/jmbs06.01.319

УДК 57.579.69. 579.26. 574.21-24

Погорєлова А. М., Соколова І. Є., Гаврилук В. Г.,
Виноградова К. О., Скляр Т. В.**АНАЛІЗ ПОСМЕРТНИХ ЗМІН МІКРОБІОМА ЛЮДИНИ**Дніпровський національний університет ім. О. Гончара,
Дніпро, Україна

pogorelovaanet@gmail.com

У статті представлені результати дослідження танатомікробіому 18 померлих. Відбір матеріалу для дослідження здійснювали у Відділі судово-медичної експертизи трупів КЗ «Дніпропетровське обласне бюро судово-медичної експертизи» Дніпропетровської обласної Ради протягом вересня 2020 р. Мікробіологічні дослідження проводились на базі кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології Дніпровського національного університету ім. О. Гончара.

Метою дослідження було визначення складу людського танатомікробіому та характерних для нього маркерних мікроорганізмів для застосування в криміналістиці. Серед виділених мікроорганізмів у складі танатомікробіому, найбільш поширеними були представники родів *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus* та родини *Enterobacteriaceae*. При визначенні особливостей танатомікробіому залежно від статі найбільша частота виділення більшості видів бактерій була виявлена у чоловіків. Найбільша частота виявлення мікроорганізмів спостерігалась на першу добу після смерті. *Staphylococcus spp.* та *Streptococcus spp.* були присутніми в посмертній мікрофлорі протягом всіх трьох днів спостереження, але частота їх виділення через 48 годин суттєво знижувалась. *Salmonella spp.* і *Pseudomonas spp.* були виявлені в танатомікробіомі лише на третій день після смерті. При дослідженні залежності мікробіоти від причин загибелі встановлено, що частота виділення *Streptococcus spp.* була вищою в об'єктах, що померли у результаті повішення, а бактерії родів *Staphylococcus*, *Enterococcus* і *Klebsiella* переважно виділялись у померлих від серцево-судинних розладів. Біомаркерами танатомікробіому слід вважати стафілококи, стрептококи та ентерококи, які разом становлять переважну більшість бактерій – 64 % у ротовій порожнині та 82 % у пахвах. Показовим біомаркером також є збільшення окремих видів ентеробактерій у процесі розкладання трупів. Специфічним маркером танатомікробіому ротової порожнини виявились дріжджі та клостридії.

Ключові слова: танатомікробіом, посмертна мікрофлора, нативна мікрофлора, маркерні мікроорганізми.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана в рамках ініціативної теми «Біологічні основи функціонування мікробіоценозів навколишнього середовища та організму людини», № державної реєстрації 0119U100097.

Вступ. Люди спільно еволюціонують з трильйонами мікробів, які населяють їх тіло і створюють складні, специфічні для організму та середовища існування, адаптивні екосистеми, що налаштовані на невпинну зміну фізіології господаря [1]. Після смерті середовище господаря змінюється через розкладання клітин і подальше вивільнення клітинних компонентів в навколишні тканини. Існує кілька послідовних подій, які відбуваються після смерті людини, що призводять до безперешкодного розмноження певних типів мікробних клітин до смерті клітин організму. При поступовому розкладанні людського тіла мікроби ще продовжують розмножуватись у крові, печінці, селезінці, серці і мозку залежно від часу [2]. У зв'язку з цим з'явився новий термін – танатомікробіом – який поєднує мікроорганізми, що колонізують внутрішні органи та отвори після смерті [3].

В останні роки проводиться багато досліджень танатомікробіому із застосуванням високотехнологічних методів. У 2015 р. методом секвенування ДНК і встановлення сайтів початку транскрипції вивчали різноманітність видів бактеріальних спільнот виявлених у частково скелетонізованих нижніх кістках ребер 12 трупів. Результати показали, що 99,2 % нуклеотидних послідовностей належали до шести типів бактерій: *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Acidobacteria* і *Chloroflexi* [4].

При використанні методів культивування бактерій, ізольованих з різних відділів організму, та ПЛР у режимі реального часу було встановлено, що після смерті відбувається міграція бактерій з кишечника в кров, печінку, комірну вену, мезентеріальний лімфатичний вузол і перикардіальну рідину. Було виявлено загалом 21 рід бактерій, п'ять із яких – з високою чисельністю: *Staphylococcus sp.*, *Streptococcus sp.*, *Clostridium sp.*, *Enterococcus sp.* і *Escherichia sp.* [5].

Ще одним важливим компонентом посмертного мікробіома людини є спільноти епінекротичних

мікробів, які складаються з прокаріотів, протистів, грибів та інших мікроеукаріотів [6].

Стимулом для вивчення мікробних спільнот у різних внутрішніх органах є нестача емпіричних даних про геномні послідовності мікроорганізмів танатомікробіому, що пов'язано з обмеженим доступом до цих органів до смерті та браком знань про переміщення мікробів всередині останків [2]. Посмертні мікробіологічні дослідження є цінними для: ідентифікації етіопатогенного агента при антемортальних інфекціях; визначення посмертного інтервалу; виявлення харчових отруєнь, інфекцій, пов'язаних із зловживанням наркотиками, та ятрогенних інфекцій після інвазивних процедур; скринінгу донорів тканин на наявність трансплантації органів, а також для оцінки інфекцій, що провокуються мультирезистентними штамми, в лікарняних умовах з подальшими гігієнічними та правовими наслідками [7].

Мета роботи. Метою дослідження було визначення складу людського танатомікробіому та характерних для нього маркерних мікроорганізмів. Відповідними завданнями стали: виділення та ідентифікація бактерій із ротової порожнини та пахв померлих, встановлення особливостей їх мікрофлори залежно від віку і статі, вивчення динаміки змін складу танатомікробіому.

Матеріал та методи дослідження. Дослідження проводили на базі Відділу судово-медичної експертизи трупів КЗ «Дніпропетровське обласне бюро судово-медичної експертизи» Дніпропетровської обласної Ради.

Робота була проведена відповідно до вимог «Інструкції про проведення судово-медичної експертизи» (наказ МОЗ України №6 від 17.01.1995), відповідно до вимог і норм, типовим положенням з питань етики МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р., «Порядку вилучення біологічних об'єктів від померлих, тіла яких підлягають судово-медичній експертизі і патологоанатомічному дослідженню, для наукових цілей» (2018).

Мікробіологічні дослідження з метою встановлення складу мікробіому здійснювали на базі кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології Дніпровського національного університету ім. О. Гончара.

Матеріал для дослідження брали стерильними ватними тампонами з ротової порожнини та пахв у 18 померлих різної статі віком від 32 до 82 років та доставляли зразки до лабораторії впродовж 1 год. у стерильних пробірках, охолоджених у термосі з льодом. Первинне виділення мікроорганізмів проводили шляхом висіву біоматеріалу штрихом на універсальні живильні середовища: м'ясо-пептонний агар (МПА) та 5 % кров'яний агар. Культури бактерій вирощували на вказаних серед-

овищах протягом 24 год. при температурі 37°C. Після культивування аналізували морфологію колоній та характер росту, робили мазки, фарбували їх за методом Грама та мікроскопіювали. Визначали форму клітин, характер їх розташування у мазках та належність до грампозитивних або грамнегативних мікроорганізмів.

Ідентифікацію бактерій проводили при вирощуванні на селективних і диференціально-діagnostичних середовищах та за допомогою фізіолого-біохімічних тестів. Стафілококи виявляли на молочно-жовточно-сольовому агарі, в реакціях на наявність гемолізу, плазмокоагулази, фосфатази та окиснення маніту. Стрептококи виділяли на стрептококовому агарі (Himedia, Індія). Для ідентифікації ентерококів ставили редуктазну пробу, а потім позитивні за редуктазою культури висівали на Ентерококове диференційно-діagnostичне середовище. Ентеробактерії вирощували на середовищі Ендо (Фармактив, Україна) та встановлювали здатність до ферментації вуглеводів (сахарози, лактози та маніту), утворення сірководню на середовищі Клігlera (Фармактив, Україна), індолу та аміаку. Клостридії культивували на залізо-сульфітному середовищі (Himedia, Індія), псевдомонади – на Агарі для виділення псевдомонад. Дріжджові гриби вирощували на МПА з 6 % сахарози і проводили мікроскопіювання. Остаточну ідентифікацію бактерій здійснювали згідно Визначника Берджі [8].

Результати дослідження. Через стабільність посмертного мікробіому у відповідний термін та можна виявити певні мікробні спільноти, які були пов'язані з певними способами і причинами смерті. Впродовж певного часу танатомікробіом та його особливості можуть надавати додаткові відомості при проведенні судово-медичної експертизи [9]. Тому одним з важливих завдань даного дослідження було вивчення особливостей посмертної мікрофлори залежно від віку, статі, причин смерті, посмертного часу та температури зберігання об'єктів.

На **рис. 1** представленні дані, що показують частоту виділення певних бактерій у посмертній мікрофлорі залежно від статі. Більша різноманітність мікроорганізмів у складі танатомікробіому була виявлена у чоловіків, ніж у жінок, а саме, показники частоти виявлення мікроорганізмів у них були вищими, за виключенням *Clostridium spp.* (1,1 %) та дріжджових грибків (2,2 %).

Показники частоти виділення домінуючих груп мікроорганізмів родів *Staphylococcus* і *Streptococcus* у чоловіків були відповідно у 1,5 і 1,3 рази більшими, ніж у жінок. Виявлено цікавий факт, що в мікробіоті жінок відсутні такі роди ентеробактерій, як *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia* і *Proteus*, та представники роду *Pseudomonas*.

Рис. 1. Частота виділення представників танатомікробіому залежно від статі

При визначенні особливостей танатомікробіому залежно від віку померлих (рис. 2) було встановлено, що найбільша різноманітність бактерій характерна для об'єктів II вікової групи (45-60 років), а найменша – для IV (76-90 років). Тобто кількість бактерій та їх видовий склад у танатомікробіомі змінюються залежно від віку об'єкта. *Proteus spp.* було виявлено тільки у I віковій групі (2,2 %), *Pseudomonas spp.* – у II (2,2 %). *Salmonella spp.* та

Shigella spp. були присутніми тільки у II групі (2,2 % і 3,3 %, відповідно). *Clostridium spp.* виділялись у об'єктів лише I і II груп (відповідно – 1,1 та 2,2 %), *Enterobacter spp.* – у I та IV груп з однаковою частотою – 1,1 %. Представники роду *Klebsiella* виявлялись у поодиноких випадках у об'єктів I та III груп (1,1 та 2,2 %). На відміну від нативного мікробіому *Escherichia coli* виділялась рідко, у окремих об'єктів II (1,1 %) і III (2,2 %) груп. Такі представники родів, як *Staphylococcus spp.*,

Streptococcus spp. та *Enterococcus spp.* були наявні у всіх вікових групах, проте частота їх виділення була різною: у стафілококів вона була найбільшою у II віковій групі (15,2 %), у стрептококів – у I і II групах (по 7,5 %). Для бактерій роду *Enterococcus* чіткої кореляції виявлено не було.

На рис. 3 представлена діаграма залежності виявлення бактерій від давності смерті, що може бути важливим при встановленні часу

Рис. 2. Частота виділення представників танатомікробіому залежно від віку

Рис. 3. Частота виділення представників танатомікробіому залежно від давності смерті

загибелі у судово-медичній експертизі. Як видно з рис. 3, найбільша частота виявлення мікроорганізмів спостерігалась на першу добу після смерті. *Staphylococcus spp.* та *Streptococcus spp.* були присутніми протягом трьох днів, але частота їх виділення з часом знижувалась. *Clostridium spp.* виділялись у продовж усіх 3-х днів з однаковою частотою (33,3 %). *Enterococcus spp.* та ентеробактерії (*Escherichia spp.*, *Klebsiella spp.*, *Enterobacter spp.* і *Proteus spp.*) виявлялись тільки протягом першої доби. Можливо це пов'язано з тим, що бактерії вказаних родів більш чутливі до токсинів, що

утворюються в процесі розкладання тканин трупів. Бактерії роду *Shigella* з'являлись в ізолятах на першу і третю добу з частотою 33,3 і 66,7 % відповідно. *Salmonella spp.* і *Pseudomonas spp.* були виявлені лише на третій день. Показники частоти їх виділення склали 100 %.

На рис. 4 представлені дані, що відображають особливості складу посмертної мікрофлори залежно від причини смерті. Слід відзначити, що більшість виділених бактерій у всіх досліджуваних групах була представлена стафілококами і стрептоко-

ками. Частота виділення *Streptococcus spp.* була вищою у об'єктів, що померли у результаті підвищення (7,6 %), а бактерії родів *Staphylococcus*, *Enterococcus* і *Klebsiella* переважно виділялись у померлих від серцево-судинних розладів (20,7; 3,3 і 2,2 %, відповідно). Сальмонели і шигели виявлялись в основному у групі з невизначеною причиною загибелі і, можливо, саме ці мікроорганізми були причиною смерті.

Представлені на рис. 5 діаграми характеризують загалом мікробний пейзаж танатомікробіому у

Рис. 4. Частота виділення представників танатомікробіому залежно від причини смерті

Рис. 5. Загальна кількість виділених мікроорганізмів з ротової порожнини (А) та пахв (Б)

ротовій порожнині та пахвах, включаючи всі виділені мікроорганізми. Помітно, що мікрофлора ротової порожнини більш різноманітна порівняно з пахвами. При детальному аналізі отриманих даних, можна виявити риси подібності видового складу бактерій. Так, переважну більшість складових татомікробіому і в ротовій порожнині, і в пахвах становлять представники роду *Staphylococcus* (39,6 і 47,7 % відповідно), представлені різними видами. Цікаво те, що частота виявлення *Staphylococcus aureus*, порівняно з іншими видами стафілококів, у трупів була меншою, ніж у нативній мікрофлорі. Це може бути пов'язано з процесами згортання крові у тілі та органах померлих, що створює селективні умови для життєдіяльності негемолітичних видів. Крім того, за даними дослідження Thomas et al [10] *Staphylococcus epidermidis* виділяє певні метаболіти, які можуть пригнічувати ріст *S. aureus*.

Друге місце за розповсюдженістю у посмертних мікробіотах посідають представники роду *Streptococcus*, частка яких у мікрофлорі ротової порожнини склала 18,7 %, а у пахвах – 27,3 %.

Третьою за розповсюдженістю групою можна вважати бактерії роду *Enterococcus*, які в обох досліджуваних нішах зустрічались з майже однаковою частотою – 6,3 та 6,8 % (рис. 5).

Зі збільшенням часу зберігання трупів мікроорганізми з різних ніш людського тіла виходять за межі свого біотопу та починають розповсюджуватись в інших місцях, де раніше їх розвиток стримували прижиттєві імунні реакції. Виявилось, що у ротовій порожнині і пахвах, окрім стафіло- і стреп-

тококів, притаманних для цих біотопів, були виділені бактерії родів, що частіше зустрічаються в інших порожнинах тіла. Так, на діаграмах рис. 5 видно, що представники родини *Enterobacteriaceae* виділялись з обох досліджуваних ділянок тіла, проте із різною частотою.

У ротовій порожнині більшість представників родини *Enterobacteriaceae* виділялись з невеликою частотою – по 2,1 %, окрім родів *Shigella* і *Proteus*, які виявлялись у 2 рази частіше – відповідно 4,2 і 4,1 % у цій ніші. Частота виділення ентеробактерій у пахвах в деяких випадках майже дорівнювала показникам, отриманим для ротової порожнини, а в деяких була встановлена розбіжність. Так, представники родів *Salmonella* та *Enterobacter* у пахвах виділялись з подібною до ротової порожнини частотою, бактерії роду *Shigella*, частіше зустрічались у ротовій порожнині, а родів *Escherichia* і *Klebsiella* – у пахвах (по 4,5 %). Шигели на шкірі пахв зовсім не виділялись. Загалом всі види бактерій родини *Enterobacteriaceae* склали у ротовій порожнині – 16,7 %, а у пахвах – 15,9 % відносно загальної кількості бактерій.

Окрім ентеробактерій, були виділені також представники родів *Pseudomonas*, *Clostridium* та дріжджові грибки. Частота виділення бактерій роду *Pseudomonas* була низькою, як у ротовій порожнині (2,1 %), так і пахвах (2,3 %). *Clostridium* spp. та дріжджі виявлялись лише у ротовій порожнині з частотою 6,2 і 10,4 % відповідно, що не є дивним, урахувавши здатність цих мікроорганізмів до анаеробіозу.

Згідно з даними деяких робіт [6, 7, 11], можна констатувати, що протягом перших трьох діб після смерті відбуваються суттєві зміни мікробіома, а саме, суттєво зменшується кількість бактерій, характерних для облигатної нативної мікрофлори – представників родів *Bacteroides*, *Lactobacillus* та *Bifidobacterium*. На відміну від останніх збільшується кількість протеобактерій, в тому числі, представників родини *Enterobacteriaceae* (роди *Salmonella* та *Shigella*) та роду *Pseudomonas*. Окрім перелічених біомаркерів, характерною ознакою танатомікробіому можна вважати зменшення кількості представників *Firmicutes*, зокрема *Staphylococcus* та *Streptococcus* у всіх анатомічних місцях, окрім носу, після перших двох днів розкладання [11]. Аналогічні тенденції у змінах танатомікробіома стосовно перелічених груп мікроорганізмів були відмічені і в нашому дослідженні.

Отже посмертний мікробіом, на відміну від нативного, має суттєві особливості, що може допомогти виявити характер та причину смерті. Про це свідчать як отриманні нами результати, так і дані інших авторів [9, 12].

Висновки

1. Серед виділених мікроорганізмів у складі танатомікробіому, найбільш поширеними були представники родів *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus* та родини *Enterobacteriaceae*.
2. При визначенні особливостей танатомікробіому залежно від статі найбільша частота

виділення більшості видів бактерій була виявлена у чоловіків.

3. Найбільшу частоту виявлення мікроорганізмів спостерігали на першу добу після смерті. *Staphylococcus spp.* та *Streptococcus spp.* були присутніми в посмертній мікрофлорі протягом всіх трьох днів спостереження, але частота їх виділення через 48 годин суттєво знижувалась. *Salmonella spp.* і *Pseudomonas spp.* були виявлені в танатомікробіомі лише на третій день після смерті.
4. При дослідженні залежності мікробіоти від причин загибелі встановлено, що частота виділення *Streptococcus spp.* була вищою в об'єктах, що померли у результаті підвищення, а бактерії родів *Staphylococcus*, *Enterococcus* і *Klebsiella* переважно виділялись у померлих від серцево-судинних розладів.
5. Біомаркерами танатомікробіому слід вважати стафілококи, стрептококи та ентерококи, які разом становлять переважну більшість бактерій – 64 % у ротовій порожнині та 82 % у пахвах. Показовим біомаркером також є збільшення окремих видів ентеробактерій в процесі розкладання трупів. Специфічним маркером танатомікробіому ротової порожнини виявились дріжджі та клостридії.

Перспективи подальших досліджень. На основі отриманих даних планується більш детальне вивчення танатомікробіома людини з інших ділянок тіла та оптимізація виділення та ідентифікації певних біомаркерів.

References

1. Lloyd-Price J, Abu-Ali G, Huttenhower C. The healthy human microbiome. *Genome Med.* 2016; 8(1): 51. doi: 10.1186/s13073-016-0307-y
2. Javan GT, Finley ShJ, Can I, Wilkinson JE, Hanson JD, Tarone AM. Human Thanatomicrobiome Succession and Time Since Death. *Sci Rep.* 2016; 6: 29598. doi: 10.1038/srep29598
3. Javan GT, Finley SJ, Smith T, Miller J, Wilkinson JE. Cadaver Thanatomicrobiome Signatures: The Ubiquitous Nature of Clostridium Species in Human Decomposition. *Front Microbiol.* 2017; 8: 2096. doi: 10.3389/fmicb.2017.02096
4. Damann FE, Williams DE, Layton AC. Potential Use of Bacterial Community Succession in Decaying Human Bone for Estimating Postmortem Interval. *J Forensic Sci.* 2015; 60(4): 844-50. doi: 10.1111/1556-4029.12744
5. Tuomisto S, Karhunen PJ, Vuento R, Aittoniemi J, Pessi T. Evaluation of postmortem bacterial migration using culturing and real-time quantitative PCR. *J Forensic Sci.* 2013; 58(4): 910-6. doi: 10.1111/1556-4029.12124
6. Javan GT, Finley SJ, Abidin Z, Mülle JG. The Thanatomicrobiome: A Missing Piece of the Microbial Puzzle of Death. *Front Microbiol.* 2016; 24(7): 225. doi: 10.3389/fmicb.2016.00225
7. Heimesaat MM, Boelke S, Fischer A, Haag, LM, Loddenkemper C, Kühl AA, et al. Comprehensive postmortem analyses of intestinal microbiota changes and bacterial translocation in human flora associated mice. *PLoS One.* 2012; 7(7): e40758. doi: 10.1371/journal.pone.0040758
8. Whitman WB, Holt JG. *Bergey's manual of systematic bacteriology.* 9th ed. Philadelphia: Lippicott Williams &Wilkins; 2000. 787 p.
9. Kaszubinski SF, Pechal JL, Smiles K, Schmidt CJ, Jordan HR, Meek MH, et al. Dysbiosis in the Dead: Human Postmortem Microbiome Beta-Dispersion as an Indicator of Manner and Cause of Death. *Front Microbiol.* 2020; 11: 555347. doi: 10.3389/fmicb.2020.555347
10. Thomas S, Izard J, Walsh E, Batich K, Chongsathidkiet P, Clarke G, et al. The Host Microbiome Regulates and Maintains Human Health: A Primer and Perspective for Non-Microbiologists. *Cancer research.* 2017; 77(8): 1783–1812. doi: 10.1158/0008-5472.CAN-16-2929

11. Pechal JL, Schmidt CJ, Jordan HR, Benbow ME. A large-scale survey of the postmortem human microbiome, and its potential to provide insight into the living health condition. *Sci Rep.* 2018; 8(1): 5724. doi: 10.1038/s41598-018-23989-w
12. Emmons AL, Mundorff AZ, Keenan SW, Davoren J, Andronowski J, Carter DO, et al. Characterizing the post-mortem human bone microbiome from surface-decomposed remains. *PLoS One.* 2020; 15(7): e0218636. doi: 10.1371/journal.pone.0218636

УДК 57.579.69. 579.26. 574.21-24

АНАЛИЗ ПОСМЕРТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МИКРОБИОМА ЧЕЛОВЕКА

Погорелова А. Н., Соколова И. Е., Гаврилюк В. Г., Виноградова К. А., Скляр Т. В.

Резюме. В статье представлены результаты исследования танатомикробиома 18 умерших. Отбор материала для исследования осуществляли в Отделе судебно-медицинской экспертизы трупов Коммунального учреждения «Днепропетровское областное бюро судебно-медицинской экспертизы» Днепропетровского областного Совета в течение сентября 2020 г. Микробиологические исследования проводились на базе кафедры микробиологии, вирусологии и биотехнологии Днепропетровского национального университета им. О. Гончара. Целью исследования было определение состава человеческого танатомикробиома и характерных для него маркерных микроорганизмов для применения в криминалистике. Среди выделенных микроорганизмов в составе танатомикробиома, наиболее распространенными были представители родов *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus* и семейства *Enterobacteriaceae*. При определении особенностей танатомикробиома в зависимости от пола наибольшая частота выделения большинства видов бактерий была обнаружена у мужчин. Наибольшая частота выявления микроорганизмов наблюдалась в первые сутки после смерти. *Staphylococcus spp.* и *Streptococcus spp.* присутствовали в посмертной микрофлоре в течение всех трех дней наблюдения, но частота их выделения через 48 часов существенно снижалась. *Salmonella spp.* и *Pseudomonas spp.* обнаруживались в танатомикробиоме только на третий день после смерти. При исследовании зависимости состава микробиоты от причин гибели установлено, что частота выделения *Streptococcus spp.* была выше в объектах, которые умерли в результате повешения, а бактерии родов *Staphylococcus*, *Enterococcus* и *Klebsiella* преимущественно выделялись у погибших от сердечно-сосудистых заболеваний. Биомаркерами танатомикробиома следует считать стафилококки, стрептококки и энтерококки, которые вместе составляют подавляющее большинство бактерий – 64% в ротовой полости и 82% в подмышках. Показательным биомаркером также было увеличение численности отдельных видов энтеробактерий в процессе разложения трупов. Специфическим маркером танатомикробиома ротовой полости оказались дрожжи и клостридии.

Ключевые слова: танатомикробиом, посмертная микрофлора, нативная микрофлора, маркерные микроорганизмы.

UDC 57.579.69. 579.26. 574.21-24

Analysis of Post-Mortem Changes in Human Microbiome

Pohorielova A. M., Sokolova I. Ye., Gavriluk V. G., Vinogradova K. O., Sklyar T. V.

Absract. The article presents the results of the thanatobiome study from 18 corpses. Biomaterial for the study was selected in the Department of forensic examination of corpses in “Dnipropetrovsk Regional Bureau of Forensic Medicine” of the Dnipropetrovsk Regional Council during September 2020. Microbiological investigation was conducted at the Department of Microbiology, Virology and Biotechnology of Oles Honchar Dnipro National University.

The purpose of the study was to determine the composition of the human thanatobiome and its characteristic marker microorganisms for using it in forensics. Therefore, the task of this research was to study the characteristics of the postmortem microflora depending on age, sex, causes of death, post-mortem time of objects.

Material and methods. To solve the assigned tasks such methods were used: microbiological, biochemical, physicochemical, statistical. Identification of microorganisms was conducted with using of selective and differential-diagnostic nutrient medium.

Results and discussion. Among the isolated microorganisms in the thanatobiome, the most common were represented by bacteria of genera *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus* and family *Enterobacteriaceae*. Determining of thanatobiome characteristics depending on sex was shown that the highest frequency of isolation for most bacterial species was found in men. The highest frequency of detection of microorganisms was observed on the first day after death. *Staphylococcus spp.* and *Streptococcus spp.* were presented in the postmortem microflora during all three days of observation, but frequency of their detection after 48 hours was significantly reduced. *Salmonella spp.* and *Pseudomonas spp.* were detected in

the thanatomicrobiome only on the third day after death. In the study of the dependence of the microbiota on the causes of death, it was found that the frequency of *Streptococcus spp.* was higher in subjects who died from hanging, and bacteria of the genera *Staphylococcus*, *Enterococcus*, and *Klebsiella* were predominantly isolated from those who died of cardiovascular disorders. Bacteria of genera *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, which together make up the vast majority of microorganisms was 64% in the oral cavity and 82% in the armpits should be considered as biomarkers of thanatomicrobiome. An indicative biomarker is also the increase of certain species of enterobacteria in the process of corpses destruction. Yeast and clostridia were specific markers of oral thanatomicrobiome.

Conclusion. The composition of the thanatomicrobiome and its features may provide additional information about the conditions of death.

Keywords: thanatomicrobiome, post-mortem microflora, native microflora, marker microorganisms.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.

Стаття надійшла 02.12.2020 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування