

УДК 616-089.165.6:613.5:579

**РОЛЬ МІКРОЧАСТОК У ПЕРЕНЕСЕННІ ПАТОГЕННОЇ МІКРОФЛОРИ
В ПОВІТРІ ОРТОПЕДИЧНИХ ОПЕРАЦІЙНИХ
(ДИСКУСІЙНА СТАТТЯ)***Васюк В.Л., Васильчишин Я.М., Васюк Ю.В.
Буковинський державний медичний університет*

UDC 616-089.165.6:613.5:579

**THE ROLE OF MICRO-PARTICLES IN THE TRANSFER OF PATHOGENIC
ORGANISMS IN THE AIR OF ORTHOPEDIC OPERATING ROOMS
(DISCUSSION PAPER)***Vasyuk V. L., Vasylychyshyn I.M., Vasiuk I.V.
Bukovinial State Medical University*

Емпіричним шляхом ще у 1972 р. John Charnley, винахідник першого цементного ендопротеза кульшового суглоба, встановив, що після впровадження фільтрації повітря в операційній кількості інфекційних ускладнень після ендопротезування кульшового суглоба знизилась з 9 до 1% [0]. Вивчення зв'язку між вмістом часток та мікробіологічною чистотою повітря в операційних триває і понині [0]. Проте, взаємозв'язок між кількістю та складом мікрочасток, що перебувають у зваженому стані в повітрі операційної, мікробіологічною чистотою повітря та кількістю інфекційних ускладнень після операцій вивчений недостатньо.

За даними сучасних літературних джерел, мікрочастки (МЧ) та наночастки (НЧ), постійно присутні в атмосферному повітрі у вигляді стійких аерозолів, мають суттєвий вплив на гомеостаз людського організму як самостійні чинники, так і опосередковано як носії патогенної мікрофлори. Єдиної класифікації часток, зважених у повітрі, не створено. Найчастіше використовуються наступні розмірні фракції часток у повітрі:

Загальний пил (total suspended particles, TSP) – сума зважених речовин:

In the year 1972 John Charnley, the inventor of the first cement hip endoprosthesis, found empirically that after implementation of air filtration in operation room, the number of infectious complications after hip replacements decreased from 9 to 1% [1]. Study of relationship between the concentration of particles and microbiological purity of air in operating room lasts to nowadays [2]. Although, relationship between the number and composition of micro-particles, suspended in the air of operating room, microbiological purity of air and number of infectious complications after operations are still not studied properly.

According to contemporary literary sources, microparticles (MP) and nanoparticles (NP), constantly present in the air of the atmosphere in form of stable aerosols, have a significant effect on the human body homeostasis not only as independent factors, but also indirectly as carriers of pathogenic organisms. There is no unified classification of particles suspended in the air. The most frequently used are the following size fractions of particles in the air:

General dust (total suspended particles, TSP) – the amount of suspended substances: includes all particles contained in the



включає всі частки, що містяться в повітрі.

PM (Particulate matter) -10: МЧ з аеродинамічним діаметром менше ніж 10 мкм.

PM-2,5: МЧ з аеродинамічним діаметром менше ніж 2,5 мкм.

PM-1: МЧ з аеродинамічним діаметром менше ніж 1,0 мкм.

Груба фракція (Coarse particles) – розміри від 2,5 до 10 мкм.

Найдрібніша частка (Ultrafine particles), або наночастка: МЧ з аеродинамічним діаметром менше ніж 0,1 мкм.

Наночастками прийнято називати тверді об'єкти діаметром менше 0,1 мкм, а мікрочастками – розмірами від 0,1 до 100 мкм.

Клінічне значення в профілактиці інфекційних ускладнень після операцій має дослідження часток, розміри яких дорівнюють діаметру клітин патогенних мікроорганізмів, а також крупніших часток, на поверхні яких мікроорганізми здатні осаджуватися та переміщуватися на значні відстані, що призводить до можливого контамінування операційної рани, хірургічних інструментів та рукавичок під час операції. У зоні операційного столу загрозовий розмір частинок (у тому числі бактерій і грибків) знаходиться в межах від 1 до 30 мкм із середнім значенням 10 мкм [0].

Вплив МЧ інтенсивно вивчається, про що свідчить велика кількість публікацій з даної теми протягом останніх років. Проте, їх роль вивчена недостатньо. На відміну від макрооб'єктів, МЧ мають настільки незначну швидкість гравітаційного осідання, що пересуваються в повітрі у випадкових напрямках за законами броунівського руху та з повітряними потоками на значні відстані, а дрібні фракції взагалі не осідають, а існують у вигляді стійкого

air.

PM (Particulate matter)-10: MP with an aerodynamic diameter less than 10 microns.

PM-2.5: MP with an aerodynamic diameter less than 2.5 microns.

PM-1: MP with an aerodynamic diameter less than 1.0 microns.

Coarse fraction (Coarse particles) – sized from 2.5 to 10 microns.

The smallest particle (Ultrafine particles), or nanoparticles: MP with an aerodynamic diameter less than 0.1 microns.

Nano-particles are solid objects with a diameter of less than 0.1 microns and sizes from 0.1 to 100 microns.

Clinically essential for prevention of infectious complications after operations is the study of particles, equal in size to the diameter of cells of pathogens, as well as bigger particles, on the surface whereof microorganisms are able to sediment and move over considerable distances, which leads to possible contamination of operating wounds, surgical instruments and gloves during the operation. As for the area of the operating table, threatening sizes of particles (including bacteria and fungi) is in the range from 1 to 30 microns, with a mean value of 10 microns [3].

Impact of MP is being intensively studied, as evidenced by the considerable number of publications on the topic over the recent years. However, their role is not explored completely. Unlike macro objects, MP have such imponderable speed of gravitational sedimentation that travel in air randomly, according to the laws of Brownian motion, and follow the air flows over considerable distances; smallest factions never settle at all, existing in the form of stable aerosol. NP are able to pass through the intact skin and mucous membranes, they are found in the blood

аерозолі. НЧ здатні проникати через непошкоджені шкіру, слизові оболонки, їх знаходять у крові, плазмі, всередині клітин, вони проникають крізь гематоенцефалічний та плацентарний бар'єри, тривало персистують в органах і тканинах, включаючи ЦНС, а частки розмірами менше 20 нм не підлягають фагоцитозу (рис. 1). Вплив даних об'єктів на імунний, біохімічний та інші статуси організму вивчений мозаїчно та потребує подальшого дослідження. Недостатньо розроблена також методологія вивчення впливу мікрочасток на здоров'я людини, оскільки їх вплив залежить не лише від дози, концентрації та хімічного складу, а й від ступеня дисперсності, форми, заряду часток та шляхів їх надходження. Наприклад, встановлено, що НЧ діоксиду титану мають канцерогенну дію, тоді як діоксид титану у звичайному стані є нетоксичною індиферентною сполукою, що широко використовується у фармацевтичній та парфюмерно-косметичній промисловості, причому частки дендричної та веретеноподібної форми мають вищу токсичну дію в порівнянні з частками сферичної форми [0].

Складність вивчення полягає ще й у тому, що частки різних розмірів по різному себе проявляють. Зокрема, встановлено, що НЧ здатні проникати в клітини, проходять будь-які бар'єри (гематоенцефалічний, плацентарний), вибірково накопичуються в різних типах клітин та певних клітинних структурах [0,0,0,0,0,0]. НЧ здатні до трансцитозу крізь епітеліальні та ендотеліальні клітини, розповсюджуються по ходу дендритів та аксонів у нервах, циркулюють в кровоносних та лімфатичних судинах, володіють тропністю до певних тканин [0,0].

plasma, inside the cells, they penetrate the blood-brain and placental barriers, persist for a long time in organs and tissues, including the CNS, and the particles sized less than 20 nm are not subject to phagocytosis (fig. 1). The impact of these objects on the immune, biochemical and other statuses of human body is studied incompletely and requires further study. Methods for study of micro-particles' effect on human health are elaborated insufficiently, since their influence depends not only on the dose, concentration and chemical composition, but also on the extent of dispersion, shape, charge of the particles and ways of arrival. For example, it is defined that the NP of titanium dioxide are of carcinogenic effect, while titanium dioxide in normal condition is non-toxic indifferent compound, widely used in pharmaceutical, perfume and cosmetic industry, at that particles of tree-like and fusiform shape have the highest toxic effect in comparison with spherical particles [4].

The difficulty of study is in the fact that particles of different sizes display themselves in a different way. In particular, it is established that NP are able to penetrate cells, overcome any barriers (hematoencephalic, placental), is randomly collected in cells of different types and certain cell structures [5, 6, 7, 8, 9, 10]. NP are able to transcytosis through epithelial and endothelial cells, distributing along the dendrites and axons of the nerves, circulating in the blood and lymph vessels, are tropic to certain tissues [5, 11].

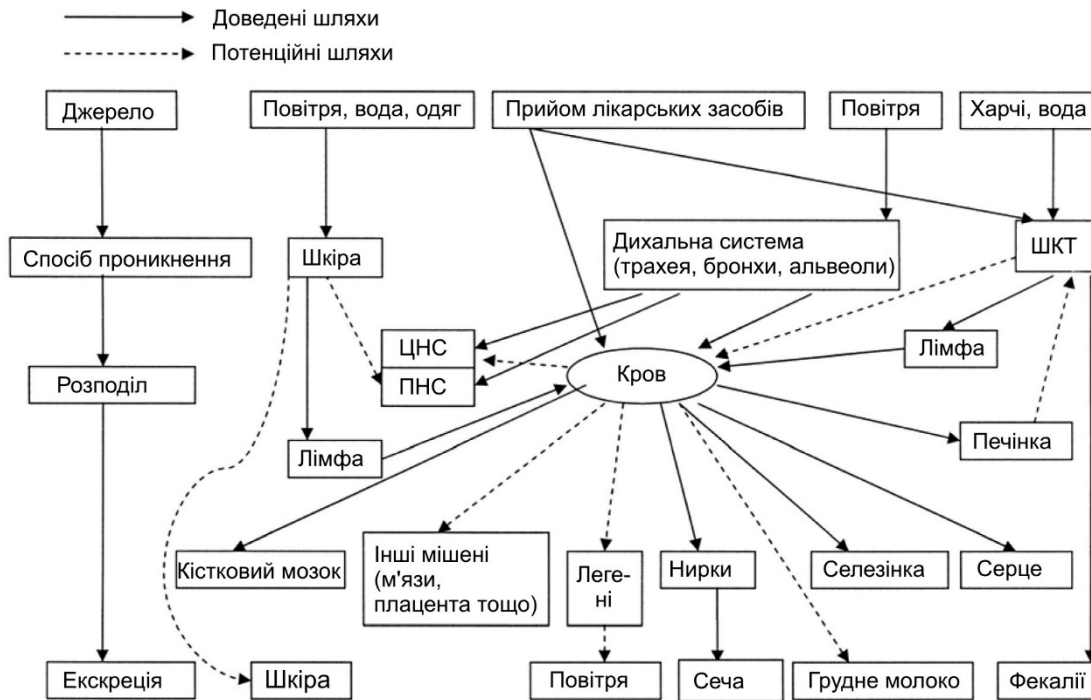


Рис. 1. Схема шляхів надходження, розподілу та виведення мікрочасток у організмі людини [0]

Fig. 1. The scheme of ways of arrival, distribution and excretion of micro particles in the human body [0].

Хоча дані літератури свідчать, що безпосередній вплив НЧ та МЧ на здоров'я людини вивчений недостатньо, ще менш вивченим є питання про транспортування на їх поверхні патогенної мікрофлори – бактерій, вірусів, грибків та їх асоціацій.

Метою роботи було з'ясування ролі мікрочасток різних розмірів, зважених у повітрі операційних, у перенесенні патогенної та умовно-патогенної мікрофлори на поверхню операційної рани, інструментарій та рукавиці хірурга, базуючись на даних літератури.

Повітря – несприятливе середовище для розмноження мікроорганізмів внаслідок відсутності поживних речовин і недостатнього вмісту вологи. Крім того, повітря вільно пропускає сонячне світло, в тому числі ультрафіолетове, що володіє вираженою мікробіцидною дією.

Although literature sources mention that direct impact of NP and MP on human health is not completely explored, the matter of transportation of pathogenic organisms – bacteria, viruses, fungi and their associations of surfaces thereof is studied even less.

The aim of this research was to explore the role of micro particles of different sizes, suspended in air in operating rooms, in transfer of pathogenic and conditionally pathogenic microphlore on the surface of surgical wound, tools and surgeon's gloves, based on data of literature sources.

The air in an unfavorable environment for reproduction of microorganisms due to lack of nutrients and low content of moisture. In addition, the air freely transmits sunlight, including ultraviolet, which has vivid microbicide effect.

Життєздатність мікроорганізмів в повітрі забезпечують зважені частинки води, слизу, пилу і фрагментів ґрунту. Атмосферне повітря і повітря закритих приміщень значно різняться за кількісним та якісним складом мікрофлори. Бактеріальна забрудненість житлових приміщень завжди вище, ніж атмосферного повітря, що справедливо і відносно патогенних мікроорганізмів, які потрапляють в повітря від хворих людей, тварин і бактеріоносців.

Мікрофлору повітря умовно поділяють на постійну (резидентну) і тимчасову, яку виявляють спорадично. Найбільша кількість мікробів міститься в навколосезонних шарах атмосфери. У міру віддалення від земної поверхні повітря стає чистішим.

Постійна мікрофлора атмосферного повітря формується ґрунтовими мікроорганізмами. Більш-менш регулярно в її склад входять *Micrococcus roseus*, *M. flavus*, *M. candidam*, *Sarcina flava*, *S. alba*, *S. rosea*, *Bacillus subtilis*, *B. mycoides*, *B. mesentericus*, види *Actinomyces*, гриби родів *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor* та ін. [0]

Тимчасова мікрофлора атмосферного повітря також формується за рахунок мікроорганізмів ґрунту і видів, що надходять з поверхні водойм. Мікрофлора повітря дуже динамічна, безперервно змінюється і оновлюється через коливання інтенсивності сонячної радіації та температур, вплив атмосферних опадів і вітру. Найбільшу кількість мікроорганізмів містить повітря крупних промислових міст. Повітря ж полів, лісів, луків, а також над водними просторами, у віддаленні від населених пунктів відрізняється порівняно чистотою. Значних змін зазнає мікрофлора повітря залежно від пори року. Максимальну кількість мікробів виявляють в літній

The viability of microorganisms in the air is ensured by suspended particles of water, mucus, dust and fragments of the soil. Atmospheric air and air of closed premises differ strongly in quantitative and qualitative composition of the microphlore. Bacterial contamination of residential premises is always higher than one of atmospheric air; it is true as well regards pathogenic microorganisms that enter the air from sick people, animals, and bacteria bearers.

Microphlore of the air is conditionally subdivided into constant (residential) and temporary, sporadically revealed. The largest number of microbes is found in the layers of the atmosphere nearest to the Earth. With distance from the Earth's surface, air becomes cleaner.

Constant microphlore of air is formed by the ground organisms. More or less regularly in includes *Micrococcus roseus*, *M. flavus*, *M. candidam*, *Sarcina flava*, *S. alba*, *S. rosea*, *Bacillus subtilis*, *B. mycoides*, *B. mesentericus*, *Actinomyces*, fungi of the genera *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, etc. [12].

Temporary microphlore of the atmospheric air is also formed at the account of microorganisms of the soil and species coming from the surface of the water. Microphlore in the air is very dynamic, constantly varies and updates through fluctuations in the intensity of solar radiation and temperatures, the influence of precipitation and wind. The largest number of microorganisms exists in the air of the large industrial cities. Air of fields, forests, meadows, as well as one of water spaces, distant from settlements, is comparatively pure. Microphlore changes significantly depending on seasons of a year. Maximum quantity of microbes in being revealed in summer, and the minimum – in winter.



час, а мінімальну – в зимовий час.

Контамінація повітря патогенними мікроорганізмами відбувається крапельним шляхом в складі аерозолів, що утворюються при розмові, кашлі, чханні, диханні. Крім того, мікроорганізми потрапляють в повітря з лусочками епітелію з шкірних покривів, пилом із забруднених одягу, постільної білизни, перев'язочного матеріалу.

Мікроорганізми в повітрі знаходяться в стані аерозолі. Аерозоль – колоїдна система, що складається з повітря, крапельок рідини або твердих частинок, і включає різні мікроорганізми. При чханні може утворюватися до 40 000 крапель. Розмір аерозольних часток варіює від 10 до 2000 нм.

Виділяють три основні фази бактеріального аерозолі в залежності від розміру часток, електричного заряду, швидкості руху: краплинну, пилову та краплинні ядрця.

Краплинна, або крупноядерна фаза представлена дрібними краплями розміром понад 100 мкм. Вона складається з бактеріальних клітин, оточених водно-сольовою оболонкою. Частинки осідають досить швидко: тривалість перебування в повітрі становить кілька секунд, а швидкість переміщення - в середньому 30 см /с.

Крапельні ядрця, або дрібноядерна фаза, утворюється при висиханні частинок першої фази і складається з бактеріальних клітин, що зберегли тільки хімічно зв'язану воду на своїй поверхні і вільну воду всередині клітин. У цій фазі частинки мають найменші розміри, легко переміщуються потоками повітря, тривалий час перебувають в ньому в підвішеному стані та можуть переноситися на значні відстані. Дрібноядерна фаза – це найбільш стійка фаза, діаметр більшості частинок не

Contamination of the air by pathogens occurs by droplets in the aerosols that are formed when talking, coughing, sneezing, and breathing. Moreover, microorganisms get into the air with the scales of the epithelium of the skin, dust from contaminated clothing, bedding, and dressing material.

Microorganisms exist in the air in form of aerosol. Spray is a colloid system consisting of the air, the liquid droplets or solid particles, and includes a variety of micro-organisms. Up to 40,000 droplets could be produced by sneezing. The size of aerosol particles varies from 10 to 2000 nm.

Three basic phases of bacterial aerosol particles are distinguished depending on size, charge, speed of particles: drop, dust, and droplet nucleus.

Droplet or nuclear phase is represented by tiny drops sized over 100 microns. It consists of bacterial cells, surrounded by water-salt shell. The particles subside fast enough: duration of their stay in the air consists of only a few seconds, and the speed of movement -30 cm/s in average.

Drop like nucleus, or small-nuclear phase is formed while drying of the first phase particles and consists of bacterial cells, which retained only chemically linked water on their surface and free water inside the cells. In this phase, the particles are of the smallest size, easy to move by air flows, remain suspended in the air for a long time and can cover long distances. Small-nuclear phase is the most stable one, size of the most particles does not exceed 5 microns, and the particle sedimentation rate is an average of 0,013 cm/sec. At that their velocity does not exceed 30 cm/s, so they can disperse over long distances.

перевищує 5 мкм, а швидкість осідання частинок складає, в середньому, 0,013 м /с. При цьому швидкість їх пересування перевищує 30 см /с, тому вони можуть розсіюватися на великі відстані. Ця фаза являє найбільшу епідеміологічну небезпеку, тому що в її складі поширюється більшість збудників повітряно-крапельних інфекцій, особливо малостійкі до зовнішніх впливів (наприклад, збудник коклюшу).

Пилова фаза – великі тверді частинки розміром від 50 до 500 мкм, що швидко осідають, в результаті чого утворюється пил, здатний легко підніматися в повітря. Бактерії можуть переходити до її складу з перших двох фаз. Її важлива властивість – здатність легко здійматися під впливом навіть малих струменів повітря. В залежності від розміру часток і швидкості повітряних течій, швидкість їх переміщення знаходиться в межах 0,5-30 см/с. Ця фаза бактеріального аерозолу переважає в повітрі житлових та службових приміщень і з нею розсіюються патогенні мікроорганізми, стійкі до висушування (мікобактерії, клостридії, стафілококи, стрептококи, гриби). Вона є надзвичайно небезпечною в операційних під час проведення операцій, оскільки може стати причиною ранніх та відтермінованих інфекційних ускладнень [0].

Патогенна мікрофлора практично не зустрічається в повітрі у вільному стані, а натомість практично завжди знаходиться на поверхні МЧ. Зокрема, відомо, що розміри вірусів коливаються в межах 10^{-8} - 10^{-6} м, розміри бактерій – 10^{-7} - 10^{-4} м, мікроскопічних грибків – від 10^{-5} м (рис. 2). Потребують вивчення закономірності відносного розміру патогенної мікрофлори та МЧ, здатних до її переносу.

This phase represents the largest epidemiological risk because most pathogens of airborne infections, especially irresistible to external effects are spreading with the content thereof (eg. pertussis pathogen).

Phase of dust stipulates large solid particles ranging from 50 to 500 microns, which quickly settle, resulting in a dust able to easily return to the air. The bacteria can move into its structure thereof from the first two phases. The ability to easily set up under the influence of even small jets of air is its important feature. Depending on size of the particles and velocity of airflows, speed of movements is within 0.5-30 cm / sec. This phase of bacterial spray air prevails in the air of residential and service premises, scattering pathogens resistant to drying (mycobacteria, clostridia, staphylococci, streptococci, fungi). It is extremely dangerous in surgical rooms during operations, because it could cause early and postponed complications [12].

Pathogenic microphlore is not observed in the air independently, but almost always is located on the surface of MP. Particularly, it is known that sizes of viruses varies in limits 10^{-8} - 10^{-6} m, sizes of bacteria – 10^{-7} - 10^{-4} m, sizes of microfungi – from 10^{-5} m (pic. 2). The patterns of relative size of pathogens and MP able to move them need to be studied.

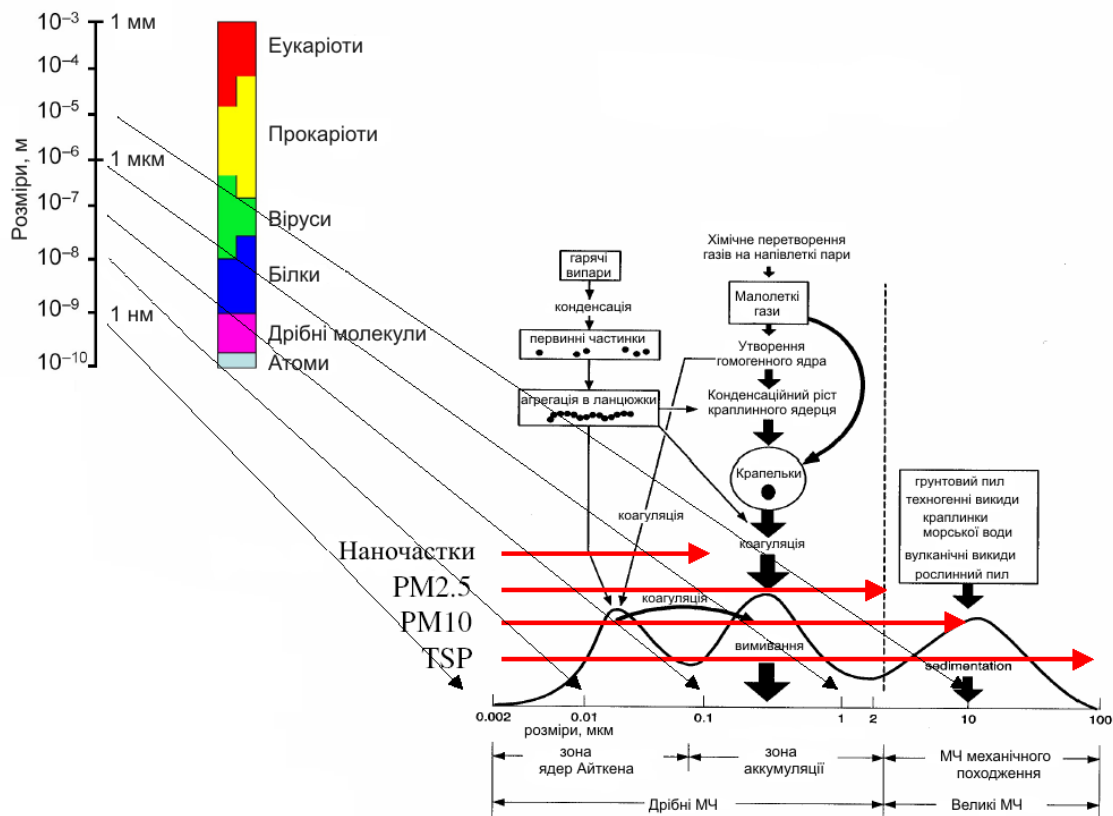


Рис. 2. Схема відносних розмірів МЧ та шляхів їх перетворень [0]

Fig. 2. The pattern of relative sizes of MP and ways of transformation thereof [50]

Концентрація МЧ у повітрі приміщень медичного призначення, включаючи операційні та палати інтенсивної терапії, у ряді країн регламентовано відповідними гігієнічними стандартами чистоти повітря [0, 0, 0]. Зокрема, в Україні приміщення класифікуються за групами по максимально допустимій кількості часток і колонієутворюючих одиниць (КУО), тобто життєздатних мікроорганізмів, у повітрі. Максимально допустима кількість частинок за класами чистоти визначається відповідно до ДСТУ ГОСТ ІСО 14644-1:2004 «Чисті приміщення і пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 1. Класифікація чистоти повітря (ГОСТ ІСО 14644-1-2002, ІДТ)». Категорія «особливо чисте» (ОЧ) приміщення відповідає терміну «чисте приміщення», визначеному ДСТУ ГОСТ ІСО 14644-1:2004. Особливо

Concentration of MP in medical premises, including operation rooms and intensive care chambers in some countries is regulated by proper hygienic standards of air cleanliness. [130, 014, 150]. Particularly, in Ukraine premises are subdivided into groups according to maximum allowable number of particles and colony forming units (CFU), i.e. viable microorganisms in the air. Maximum allowable number of particles for different cleanliness classes should be determined according to GOST ISO 14644-1: 2004 "Clean premises and associated controlled environments. Part 1. Classification of air cleanliness (GOST ISO 14644-1-2002, IDT). "Premises of "very clear" (very good) category corresponds to the term "clean room" defined by GOST ISO 14644-1: 2004. Especially clean

чисті (ОЧ) та чисті (Ч) приміщення за максимально допустимою кількістю часток повинні відповідати чистим зонам «Класу 8 ISO». Максимально допустима кількість часток (розміром $\geq 0,5$ мкм) у 1 м^3 повітря не повинна перевищувати 3 520 000 [0].

Мікробіологічне дослідження повітря в лікувальних закладах України згідно діючих норм проводять один раз на квартал при поточному санітарному нагляді центром Державного санітарно-епідеміологічного нагляду; один раз на місяць бактеріологічними лабораторіями лікарень і за епідеміологічними показниками. В системі гігієнічних і протиепідемічних заходів при поточному санітарному нагляді визначають загальне мікробне число повітря та кількість санітарно-показових мікроорганізмів (СПМ) в 1 м^3 повітря. При поточному нагляді до СПМ відносять золотистий стафілокок, стрептококи, грамнегативні бактерії і гриби (в аптеках).

В повітрі лікарняних приміщень домінують золотистий стафілокок і стрептококи. Співвідношення мікроорганізмів становить в середньому 70% і 30% відповідно. При цьому в 1 м^3 повітря операційних, післяопераційних палат, перев'язочних, відділень реанімації, пологових залів стафілококи і стрептококи повинні бути відсутні.

У зв'язку із зростанням частоти захворювань, що викликаються грамнегативними бактеріями, в нормативи включено визначення їх кількості в 1 м^3 повітря лікарняних приміщень.

В якості додаткових критеріїв як показник запиленості та відсутності вологого прибирання розцінюють присутність спороутворюючих паличок, а показником підвищеної вологості – цвілевих грибів [0]. Показник поганої освітленості – від-

(EC) and clean (C) premises according to maximum allowable amount of particles should meet the requirements to clean zones of "Class 8 ISO". The maximum allowable number of particles ($\geq 0,5$ microns in size) per 1 m^3 of the air shall not exceed 3,520,000 [130].

Microbiological studies of the air in the hospitals Ukraine under current regulations is performed on quarterly basis while routine sanitary supervision by the center of the State sanitary and epidemiological surveillance; once per month by bacteriological laboratories of hospitals and if required by epidemiological indicators. In structure of hygienic and anti-epidemic measures current sanitary surveillance should define total bacterial count of the air and the quantity of sanitary indicative microorganisms (SIM) in 1 m^3 of the air. SIM for the purpose of routine surveillance include *Staphylococcus aureus*, streptococci, gram-negative bacteria and fungi (in drugstores).

Staphylococcus aureus and streptococci prevail in the air of hospital premises. Interrelation of microorganisms in average consists of 70% and 30% respectively. At that in 1 m^3 of the air of operating rooms, post-operation rooms, and rooms for manipulation, intensive care and delivery rooms there must be no staphylococci and streptococci.

Due to the increasing rate of diseases caused by gram-negative bacteria, definition of quantity thereof in 1 m^3 of the air of hospital premises has been included into the regulations.

Additionally signs of dusting and lack of wet cleaning are spore-forming rods discovered; mold fungi indicate excessive moisture [120]. Lack of light is indicated by absence of pigment forms of bacteria (sometimes this figure may be subject to determination on the task TB specialists).



сутність пігментних форм бактерій (іноді цей показник може бути визначений за завданням фтизіатрів).

Згідно рекомендацій Асоціації інженерів медичних закладів Японії, для підтримання чистоти повітря в операційній на належному рівні, кратність повітрообміну повинна бути не менше 15 за годину, необхідно забезпечити ламінарний потік повітря, а також обмежити кількість персоналу та відкривання дверей в операційній під час проведення операції. Для фільтрації повітря слід застосовувати HEPA (High efficiency particulate air, високоефективні повітряні) фільтри, які забезпечують мікробіологічну чистоту (стерильність) фільтрованого повітря [0, 0].

V. Gorennoi, M. Schönermark та A. Hagen у результаті аналізу 1030 літературних джерел дійшли висновку, що додавання антибіотику в цемент при ендопротезуванні в поєднанні з системною антибіотикопрофілактикою ефективніше за лише системну антибіотикопрофілактику тільки в операційних, не обладнаних системами ламінарної подачі стерильного повітря [0]. З цього можна припустити, що обладнання операційної системою подачі стерильного повітря за ефективністю профілактики локальних інфекційних ускладнень не поступається додаванню антибіотика в цемент.

Ряд авторів вважають систему подачі стерильного повітря в операційній одним із факторів, що ефективно знижують частоту локальних інфекційних ускладнень після операцій [0, 0, 0]. Зокрема, Evans [0] підкреслює необхідність подальшого вивчення ефективності таких систем та вказує на недоцільність застосування ультрафіолетового опромінення через потенційні ризики для здоров'я персоналу та пов'язані з цим витра-

According to the guidelines of the Association of Engineers of medical institutions in Japan, to maintain air cleanliness in operating room at the proper level, the multiplicity of air exchange must be at least 15 per hour, it is necessary to ensure laminar air flow and limit the number of staff and events of opening the door of operating room during the operation. For air filtration HEPA (High efficiency particulate air, high-efficiency air) filters should be applied to ensure microbiologically pure (sterile) filtered air [140, 016].

V. Gorennoi, M. Schönermark and A. Hagen, having analyzed literature sources came to conclusion that adding antibiotics to the cement while arthroplasty, combined with system antibiotic prophylactics is more effective than just system antibiotic prophylactics only in operating rooms, not equipped with laminar sterile air supply systems [017]. Considering the mentioned above we could make an assumption that for efficient prevention of local infectious complications, equipping operation room with sterile air supply system is not worse than adding antibiotic to bone cement.

Some authors believe that system of sterile air supply to operation room is one of the factors, which could efficiently decrease the frequency of local infectious complications after surgery [18, 19, 20]. In particular, Evans [18] emphasized the need for further study of the effectiveness of such systems, and stresses the inadvisability of UV irradiation due to potential risks to the health of staff and associated costs. In the USA only 30% of hospitals where knee joint replacement is performed, are equipped with sterile air laminar supply systems, although over 75% of total amount of such surgical opera-

ти. У США лише 30% лікарень, що виконують ендопротезування колінного суглоба, обладнані системами ламінарної подачі стерильного повітря, проте в них виконують понад 75% від загальної кількості таких операцій. Загалом такими системами оснащені операційні з річною кількістю операцій ендопротезування колінного суглоба понад 25, незалежно від форми власності та відомчої належності [0].

Сама по собі стерилізація повітря в операційній не гарантує відсутності післяопераційних інфекційних ускладнень, але суттєво знижує їх частоту. Невивченим залишається питання про кореляційні зв'язки між концентрацією НЧ та МЧ, кількістю КУО в повітрі операційних та частотою післяопераційних інфекційних ускладнень. З іншого боку, відомо, що обладнання для ультрафільтрації та кондиціонування повітря в операційних входить до стандарту ISO 14644-1. В цей же час в Україні відсутні дослідження про вплив ультрафільтрації та кондиціонування повітря в операційних на частоту післяопераційних інфекційних ускладнень.

Висновок. Оскільки в Україні все ще не набуло широкого розповсюдження устаткування для ультрафільтрації та кондиціонування повітря в операційних (навіть у США тільки 30% ортопедичних операційних, в яких виконують ендопротезування, обладнані таким устаткуванням), вважаємо доцільним винести на обговорення інформацію про роль мікрочасток у перенесенні патогенної та умовно-патогенної мікрофлори на поверхню операційної рани, інструментарій та рукавиці хірурга для того, щоб розробити нові засоби профілактики інфекційних ускладнень ендопротезування суглобів та інших ортопедичних операцій. Для визначення ролі МЧ доцільно вивчити кореляційні

взаємозв'язки. In general such systems are installed in operation rooms with annual quantity of knee joint replacements exceeding 25, irrespective of property form and hierarchical subordination [21].

Air sterilization in operation room itself does not guarantee the absence of post-surgical complications, although reasonably decreases their frequency. Not properly studied is still the matter of correlation between concentration of NP and MC, quantity of CFU in the air of operation rooms and frequency of post-surgical complications. On the other hand, it is known that equipment for air filtration and conditioning in operating rooms is stipulated by the standard ISO 14644-1. At the same time Ukraine lacks in researches regards the influence of ultrafiltration and air-conditioning in operating rooms on a frequency of postoperative infectious complications.

Conclusion. Inasmuch equipment for air ultrafiltration and air conditioning in operation rooms is not widely distributed in Ukraine (even in the USA only 30% of orthopedic operating rooms where arthroscopy is performed are equipped thereby), we consider it expedient to propose for discussion information regards the role of microparticles in movement of pathogenic and conditionally pathogenic microphlore on the surface of operation wound, tools and gloves of a surgeon with the aim to develop new means for prevention of infectious complications while arthroplasty and other orthopedic operations. To define the role of MP, it is expedient to examine correlations between concentration of NP and MP, quantity of CFU in the air of operation rooms and quantity of infectious complications.



зв'язки між концентрацією НЧ та МЧ, кількістю КУО в повітрі операційних та частотою післяопераційних інфекційних ускладнень. Можливо, це призведе до кращого розуміння необхідності впровадження ультрафільтрації повітря в ортопедичних операційних.

This may lead to a better understanding of the need in implementation of air ultrafiltration in orthopedic operation rooms.

Література / References

1. Charnley J. Post-operative infection after total hip replacement with special reference to contamination in the operating room. Internal Publication 38, Centre for Hip Surgery, Wrightington Hospital, Wigan, Lancs., UK; 1972.
2. Particle counting and microbiological air sampling: Results of the simultaneous use of both procedures in different types of hospital rooms / Armadans-Gil L., Rodríguez-Garrido V., Campins-Martí M. Et al. // *Enferm Infecc Microbiol Clin.* – 2013. – Vol. 31(4). – P. 217-221.
3. Чистые помещения / [Алексашина О.Ф., Власенко В.И., Калечиц В.И. и др.] ; под ред. А.Е. Федотова. – 2-е изд. – М.: Изд-е АСИНКОМ, 2003. – 576 с.
4. Wang J. Acute toxicity and biodistribution of different sized titanium dioxide particles in mice after oral administration / J. Wang, G. Zhou, C. Chan // *The journal of physical chemistry.* — 2007. — 168. — P. 176 — 185.
5. Nanotoxicology: An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultrafine Particles / Oberdorster G., Oberdorster E., Oberdorster J. // *Environmental Health Perspectives.* – 2005. – Vol. 7 (13). – P. 823-839.
6. Nanomedicine and nanotoxicology: two sides of the same coin / Kagan V.E., Bayir H., Shvedova A.A. // *Nanomedicine: nanotechnology, biology and medicine.* – 2005. – Vol. 1. – P. 313-316.
7. Pulmonary toxicity of singlewall carbon nanotubes in mice 7 and 90 days after intratracheal instillation / Chin-Wing Lam, James J.T., McCluskey R. // *Toxicol. Science.* – 2006. – Vol. 77. – P. 126-134.
8. Powers K.W., Brown S.C. Characterization of nanoscale particles for toxicological evaluation // *Toxicol. Science.* – 2006. – Vol. 90. – № 2. – P. 296-303.
9. El-Ansary A., Al-Daihan S. On the toxicity of therapeutically used nanoparticles // *J Toxicol.* – 2009. – Article ID 754810. – 9 p.
10. Fischer H.C., Chan W.C. Nanotoxicity: the growing need for in vivo study // *Curr. Opin. Biotechnol.* – 2007. – Vol. 18 (6) – P. 565-571.
11. Проданчук Н.Г., Балан Г.М. Нанотоксикология: состояние и перспективы исследований // *Современные проблемы токсикологии.* – 2009. – №3-4. – С. 4-20.
12. Микрофлора окружающей среды и тела человека. Учебное пособие / Литусов Н.В., Сергеев А.Г., Григорьева Ю.В., Ишутинова В.Г. – Екатеринбург: 2008. - 28 с.
13. Наказ МОЗ України № 784 від 14.11.2011 р. «Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до розміщення, облаштування, обладнання та експлуатації перинатальних центрів».

14. Guideline for Design and Operation of Hospital HVAC Systems HEAS-02-2004. – Healthcare Engineering Association of Japan. – 2004. – 233 p.
15. Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). – Atlanta, 2003. – 249 p.
16. Fuji K., Mizuno J. Design, equipment, and management for air conditioning in operating room // Masui. – 2011. – Vol. 60(11). – P. 1347-1350.
17. Prevention of infection after knee arthroplasty / Gorennoi V., Schönermark M.P., Hagen A. / GMS Health Technol Assess. – 2010. – Vol. 6, doc. 10.
18. Evans R.P. Current concepts for clean air and total joint arthroplasty: laminar air-flow and ultraviolet radiation: a systematic review // Clin Orthop Relat Res. – 2011. – Vol. 469(4). – P. 945-953.
19. Infection prevention and control in the operating theatre: reducing the risk of surgical site infections (SSIs) / Weaving P., Cox F., Milton S. // J Perioper Pract. – 2008. – Vol. 18(5). – P. 199-204.
20. Kanemitsu K, Kaku M. Infection control measures in surgical wards and operating theaters // Nihon Geka Gakkai Zasshi. – 2006. – Vol. 107(5). – P. 211-214.
21. Infection control practices to reduce airborne bacteria during total knee replacement: a hospital survey in four states / Miner A.L., Losina E., Katz J.N. // Infect Control Hosp Epidemiol. – 2005. – Vol. 26(12). – P. 910-915.

РОЛЬ МІКРОЧАСТОК У ПЕРЕНЕСЕННІ ПАТОГЕННОЇ МІКРОФЛОРИ В ПОВІТРІ ОРТОПЕДИЧНИХ ОПЕРАЦІЙНИХ

Васюк В.Л., Васильчишин Я.М., Васюк Ю.В.

Буковинський державний медичний університет

Авторами проаналізовано наукові публікації, присвячені вивченню ролі мікрочасток різних розмірів, зважених у повітрі операційних, у перенесенні патогенної та умовно-патогенної мікрофлори. На думку авторів, впровадження ультрафільтрації повітря в операційних може стати заходом профілактики інтраопераційного контамінування операційної рани, рукавичок хірурга та хірургічного інструментарію, що зменшує частоту післяопераційних інфекційних ускладнень. Можливо, це призведе до кращого розуміння необхідності впровадження ультрафільтрації повітря в ортопедичних операційних.

Ключові слова. Мікрочастинки, наночастинки, ультрафільтрація повітря, HEPA, профілактика інфекційних ускладнень.