

УДК 616.728.2/.728.3-089-77:616-06-002.3:616-071-089.844

ВАСЮК С.В., ВАСИЛЬЧИШИН Я.М., ВАСЮК В.Л.
Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці

ЛАМІНАРНИЙ ПОТІК СТЕРИЛЬНОГО ПОВІТРЯ ТА УЛЬТРАФІОЛЕТОВЕ ОПРОМІНЕННЯ В ОРТОПЕДИЧНИХ ОПЕРАЦІЙНИХ

Резюме. Метою дослідження є порівняння ефективності знезараження повітря в ортопедичних операційних методом високоефективної фільтрації повітря та методом ультрафіолетового випромінювання. Проведено вивчення якісного та кількісного складу повітря та динаміку цих показників у двох операційних. У першій повітря знезаражувалось методом високоефективної фільтрації, у другій — за допомогою ламп ультрафіолетового опромінення (УФО). Загальна засіяність повітря операційних із системою його високоефективної фільтрації у 60 разів нижча, ніж в операційних, у яких для знезараження повітря використовується УФО. Порівняно з операційними, у яких для знезараження повітря використовується УФО, повітря операційних із системою його фільтрації не містить потенційно патогенних видів, здатних викликати післяопераційне нагноєння ран. Метод фільтрації повітря з метою його знезараження має ряд суттєвих переваг: покращується видовий склад мікрофлори — у повітрі не виявляються види, здатні викликати гнійно-запальні захворювання людини; повітря не тільки очищується і знезаражується, але й кондиціонується, унаслідок чого покращуються умови роботи персоналу (також профілактика різного роду ускладнень); мікробіологічні показники якості повітря утримуються на високому рівні протягом усього робочого часу; знезараження й очищення повітря здійснюється в присутності персоналу і хворого.

Ключові слова: знезараження повітря, ультрафільтрація, ультрафіолетове опромінення.

Вступ

Аналіз закордонної та вітчизняної літератури показав, що при вивченні причин інфекційних ускладнень після проведення великих ортопедичних операцій (ендопротезування, остеосинтез великих сегментів кінцівок, хребта, таза) недостатня увага приділяється такому важливому фактору інфікування операційної рани та інструментів, як ступінь мікробного забруднення повітря в операційних [1, 3, 5, 9]. У багатьох розвинених країнах розроблені відповідні регуляторні акти, прийняті міжнародні стандарти щодо забруднення біологічної природи для «чистих кімнат» та інших приміщень (ISO 14698-1/2) [9, 10].

Традиційно упродовж десятиліть із метою знезараження повітря застосовується ультрафіолетове опромінення (УФО). Проте цей метод не позбавлений недоліків: неможливість застосування в присутності персоналу та хворих, необхідність провітрювати приміщення для видалення шкідливого для здоров'я людини озону, недостатня ефективність [4, 10, 11]. У практику лікувальних закладів хірургічного профілю в розвинутих країнах впроваджується метод стерилізації повітря [6, 9].

Одним із перших стерилізацію повітря в операційних запропонував і впровадив John Charnley у 1969 році для зменшення частоти інфекційних ускладнень після тотального ендопротезування кульшового суглоба. До речі, саме John Charnley у 1963 році першим у світі виконав тотальне заміщення ураженого хворобою кульшового суглоба штучним із використанням кісткового цементу. Ефект від впровадження стерилізації повітря в операційних був вражаючим: за даними Charnley, Eftaknab (1972), частота інфекційних ускладнень після ендопротезування зменшилась у 9 разів — із 9 до 1 % [5, 10]. В абсолютних цифрах — це тисячі пацієнтів, які не отримали інфекційні ускладнення. Подібні характеристики містяться у переважній більшості сучасних публікацій, присвячених даній проблемі [2, 5, 6].

Саме значне поширення ендопротезування, коли в організм людини імплантують стороннє тіло (штучний суглоб) великих розмірів на тривалі терміни, фактично на все життя, загострило проблему

© Васюк С.В., Васильчишин Я.М., Васюк В.Л., 2013
© «Травма», 2013
© Заславський О.Ю., 2013

профілактики нагноєнь. Кількість подібних операцій вимірювалася десятками та сотнями тисяч. У Сполучених Штатах Америки у 2011 році було виконано більше ніж 500 000 операцій первинного ендопротезування кульшових та колінних суглобів. Вартість однієї операції сягала 35 000 доларів США, а вартість лікування внутрішньолікарняної інфекції (ВЛІ) даної категорії пацієнтів у країнах Євросоюзу становить від 14,7 до 19,1 млрд євро на рік, що свідчить про те, що профілактика ВЛІ є важливою не тільки медичною, але й соціальною проблемою [4, 5, 9]. По Україні подібних даних немає.

Окремо хотілося б звернути увагу на комфорт оперуючої бригади хірургів та анестезіологів, які завдяки створенню ідеального з точки зору температури та вологості мікроклімату можуть максимально якісно виконати свою роботу, що також можна вважати елементом профілактики різного роду ускладнень [7].

До 1989 року існували системи стерилізації повітря на основі фільтрів та компресорів. Одним із основних їх недоліків є створення турбулентних потоків повітря, що можуть призводити до змішування стерильного та нестерильного повітря, захоплювати нестерильні часточки, які, у свою чергу, можуть інфікувати операційну рану та імплантати в ній. На відміну від цього компанією Airsonett (Angelholm, Швеція) у 1997 році створено більш сучасні системи Airsonett airshower, у яких використовують ламінарний потік кондиціонованого повітря, що рухається згори донизу за рахунок градієнта температур [3, 7, 8].

Уперше в Україні, наскільки нам відомо, технологія стерилізації та кондиціонування повітря в операційних запроваджена у 2007 році в Центрі травматології та ортопедії шведсько-української клініки «Ангельхольм», м. Чернівці. При застосуванні системи подачі ламінарного потоку стерильного кондиціонованого повітря Airsonett airshower уміст часток у повітрі відповідає стандарту ISO 5 [3].

З огляду на вищесказане актуальним і необхідним завданням є вивчення результатів упровадження у практику лікувальних закладів (у першу чергу хірургічного профілю) нового, прогресивного методу стерилізації повітря в операційних. Це, у свою чергу, вимагає подальших досліджень переваг та

можливих недоліків методу високоефективної фільтрації порівняно із загальноприйнятими у медичних закладах України (зnezараження за допомогою УФО).

Мета дослідження: порівняння ефективності зnezараження повітря в ортопедичних операційних методом високоефективної фільтрації повітря та методом ультрафіолетового випромінювання.

Матеріали та методи

У процесі виконання роботи проведено вивчення якісного та кількісного складу повітря та динаміку цих показників у двох операційних. У першій повітря зnezаражувалося методом високоефективної фільтрації, у другій — за допомогою ламп УФО. Відбір проб здійснювали за допомогою апарата Кротова, згідно з інструкцією щодо експлуатації приладу. Сам апарат розміщували на рівні операційного столу. Швидкість забору повітря кожного разу була однаковою — 30 л на хвилину, тривалість забору — 3 хвилини. Тобто загальний об'єм, із якого проводився засів на поживне середовище, становив 90 л. Для більшої вірогідності отриманих даних кожного разу відбирали по дві проби по 90 л. Із метою вивчення динаміки кількісного та якісного складу повітря проби відбирали перед початком операційного дня, після проведення однієї та після проведення двох операцій. Усього в операційній, де застосовувалось УФО, відібрано й вивчено 33 проби, а в операційній із високоефективною фільтрацією — 26 проб. Час проведення досліджень — із 05.12.2012 по 01.03.2013 р.

Як поживне середовище використовували кров'яний м'ясо-пептонний агар (КрМПА).

Ідентифікацію виділених бактерій та грибків проводили загальноприйнятими для клінічної мікробіології методами.

Отримані дані оброблені з використанням методів варіаційної статистики.

Отримані результати та їх обговорення

Загальна засіяність повітря в операційних, де застосовувалася високоефективна фільтрація, була в 50–70 разів нижча, ніж в операційних, де використовували лампи ультрафіолетового опромінення (табл. 1, рис. 1).

Таблиця 1. Загальна засіяність повітря операційних із різними способами зnezараження повітря

Метод зnezараження повітря	Засіяність повітря (КУО в 1 м ³)		
	До початку операцій	Після проведення 1-ї операції	Після проведення 2 операцій
Лампи УФО	1309,60 ± 470,14, n = 5	1210,20 ± 343,66, n = 6	977,1 ± 303,24 n=4
Високоефективна фільтрація	18,90 ± 4,15, n = 5	17,80 ± 4,77, n = 5	19,90 ± 5,44, n = 5
t-критерій Стюдента	2,74	3,47	3,16
Імовірність похибки P	< 0,05	< 0,01	< 0,05

Видовий склад мікрофлори повітря в операційних, де застосовувалась високоефективна фільтрація, включав сапрофітні бактерії роду *Micrococcus*, *Bacillus*. Із стафілококів були виділені тільки *S.epidermidis* та *S.saprophyticus*. Зрідка виділялись цвільові грибки.

Видовий склад мікрофлори, що була висіяна з повітря операційної, де знезараження проводилось ультрафіолетовим випромінюванням, був набагато ширший. Крім *Micrococcus* spp., які є сапрофітами і часто виділяються як з повітря, так і інших об'єктів навколишнього середовища, були виділені *Corynebacterium* spp., *S.epidermidis*, що входять до складу мікробіоценозів шкіри, слизових оболонок та кишечника людини. Зареєстровані випадки виділення споруутворюючих бактерій роду *Bacillus*, які також є сапрофітами і виділяються найчастіше

з продуктів рослинного походження та ґрунту, хоча можуть входити до складу мікрофлори кишечника людини. З мікроскопічних грибів виділені цвільові гриби. Один раз — штам дріжджоподібних грибів роду *Candida*. Звертаємо особливу увагу на те, що з повітря операційних, де знезараження проводилося за допомогою ламп УФО, були виділені (хоч і в поодиноких випадках) умовно-патогенні та патогенні бактерії: *Streptococcus* spp., *E.coli*, *S.aureus*. Ці бактерії здатні викликати гнійно-запальні захворювання людини різного характеру, у тому числі і нагноєння післяопераційних ран. Виділений штам *S.aureus* виявився резистентним до бензилпеніциліну та азитроміцину. Крім того, мав здатність продукувати бета-лактамази, що характерно для штамів внутрішньолікарняного походження. Навіть серед виділених штамів *S.epidermidis*, що є складовою са-

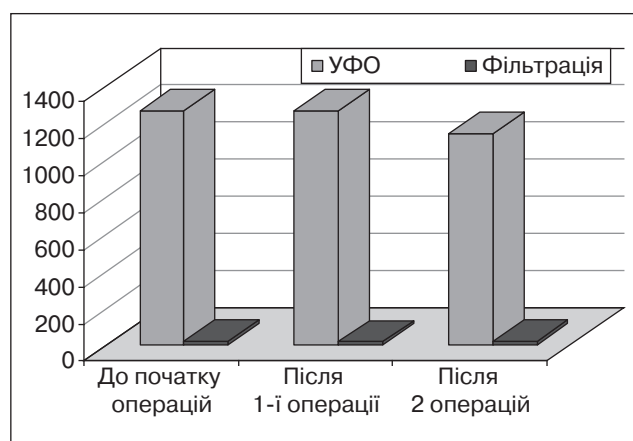


Рисунок 1. Засіяність повітря в операційних із різними способами знезараження повітря (КУО в 1 м³)

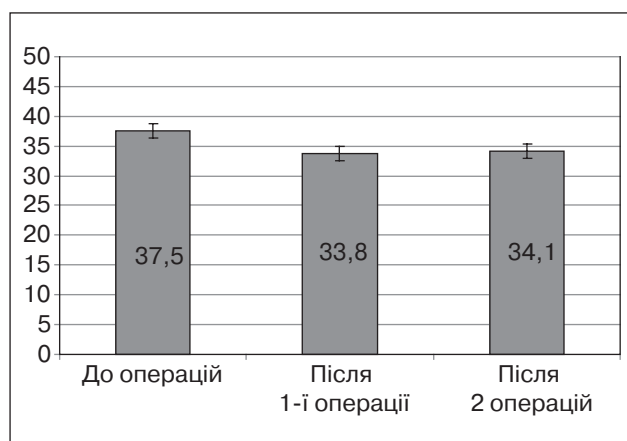


Рисунок 2. Відносна кількість випадків відсутності росту мікрофлори у пробах повітря в операційній із фільтрацією (%)

Таблиця 2. Частота виділення бактерій та грибів із повітря операційних, де застосовувались різні способи знезараження (%)

Мікрофлора	Операційна з фільтрацією повітря	Операційна з УФО	t-критерій Стьюдента	Імовірність похибки P
Кількість відібраних проб	26	28		
Відсутність росту	34,60 ± 16,17	0,0 ± 13,1	1,67	> 0,05
<i>Micrococcus</i> spp.	34,60 ± 16,17	64,30 ± 11,50	1,5	> 0,05
<i>Corynebacterium</i> spp.	0,00 ± 14,00	28,60 ± 16,27	1,33	> 0,05
<i>Bacillus</i> spp.	7,70 ± 19,22	39,30 ± 15,00	1,3	> 0,05
Сапрофітні стафілококи	46,20 ± 14,68	82,10 ± 8,13	2,14	< 0,05
<i>S.aureus</i>	0,0 ± 14,0	3,60 ± 18,90	0,15	> 0,05
<i>E.coli</i>	0,0 ± 14,0	3,60 ± 18,90	0,15	> 0,05
<i>Streptococcus</i> spp.	0,0 ± 14,0	3,60 ± 18,90	0,15	> 0,05
<i>Candida</i> spp.	0,0 ± 14,0	3,0 ± 18,90	0,15	> 0,05
Цвілі	11,50 ± 18,81	82,10 ± 8,13	3,45	< 0,01

профітної мікрофлори шкіри та слизових оболонок людини, здатність до продукції бета-лактамаз виявлена у 33,3 %. Резистентність до бензилпеніциліну виявлена у 33,3 %, до азитроміцину — 66,6 %. Тому контроль за їх кількістю в повітрі операційних теж є важливою складовою профілактики післяопераційних ускладнень.

При аналізі частоти виділення різних видів та родів бактерій та грибів із проб повітря, взятих в операційних із різними способами його знезараження виявлено, що 34,6 % проб з операційної із застосуванням фільтрації не дали росту (рис. 2). Тобто повітря було практично стерильним.

В операційній, де застосовувалось УФО, усі взяті проби дали ріст (табл. 2). Усі мікроорганізми, які вдалось ідентифікувати при проведенні цього дослідження, частіше виділялись з повітря операційної із

застосуванням ламп УФО, ніж з операційної, де застосовувалась фільтрація. Для цвілей і сапрофітичних стафілококів ця різниця статистично вірогідна (табл. 2).

На основі отриманих даних була також проаналізована динаміка загальної кількості та видового складу мікрофлори повітря операційних.

Як видно з табл. 1 та рис. 1, загальна засіяність повітря в операційних із застосуванням УФО протягом робочого дня виявляла тенденцію до зниження. Проте ці зміни не були статистично вірогідними.

При спробі проаналізувати динаміку кожного окремого представника мікрофлори повітря в цій операційній якихось закономірностей виявлено не було ні за відносними, ні за абсолютними показниками (рис. 3, 4).

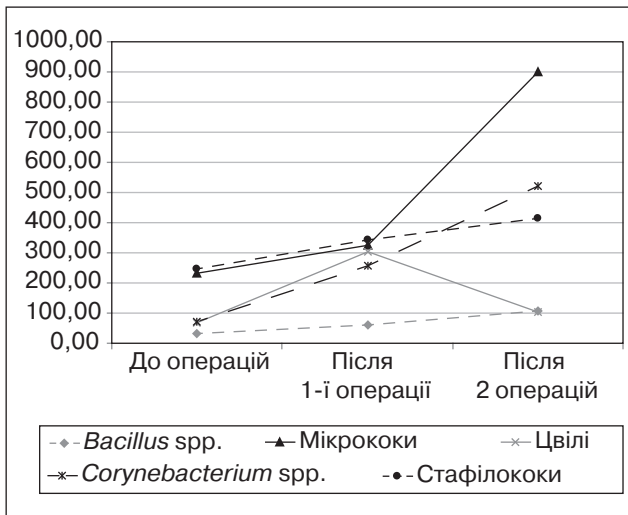


Рисунок 3. Динаміка мікрофлори протягом робочого дня в повітрі операційної із знезараженням УФО (КУО в 1 м³)

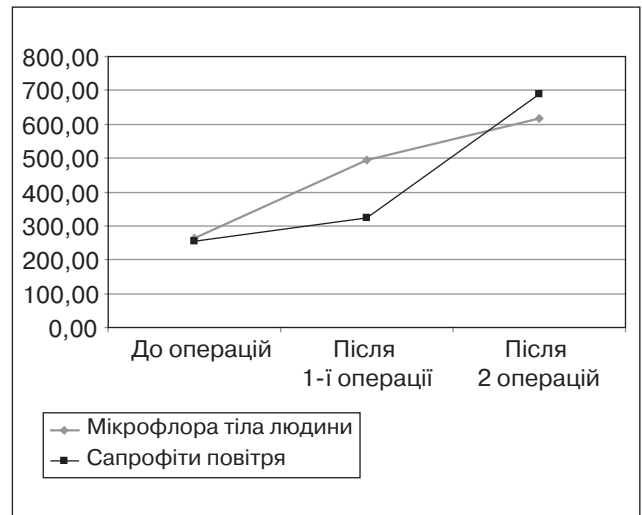


Рисунок 5. Динаміка мікрофлори протягом робочого дня в повітрі операційної із знезараженням УФО (КУО в 1 м³)

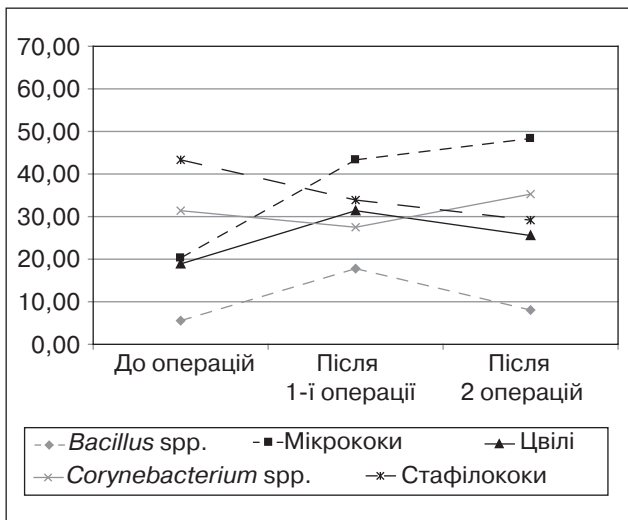


Рисунок 4. Динаміка мікрофлори протягом робочого дня в повітрі операційної із знезараженням УФО (відносна кількість)

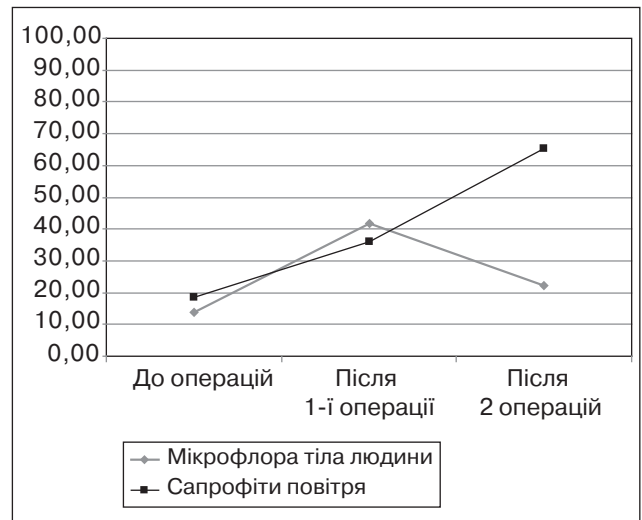


Рисунок 6. Динаміка мікрофлори протягом робочого дня в повітрі операційної з фільтрацією (КУО в 1 м³)

При розгляді видового складу мікрофлори, що була виділена з повітря обох операційних, помічено, що її можна розподілити на дві групи. Одна з них — це сапрофіти, що виділяються найчастіше з зовнішнього середовища (*Micrococcus* spp., *Bacillus* spp. та цвілі). Інша група включає представників, що характерні для мікрофлори тіла людини: стафілококи, коринебактерії, гриби роду *Candida*, стрептококи, ентеробактерії.

При аналізі динаміки загальної кількості представників обох груп в операційній із застосуванням УФО було виявлено, що кількість представників мікрофлори тіла людини до кінця робочого дня зростає (рис. 5). Те, що цвілі в цій операційній виділені з 82,1 % проб повітря і в досить значних кількостях (рис. 4), може бути наслідком високої відносної вологості. Загальновідомо, що підвищена вологість сприяє розмноженню мікроскопічних грибів, у тому числі і цвілей. Цей приклад підкреслює ще одну перевагу методу фільтрації: крім очищення повітря від пилу і мікрофлори, фільтраційна установка ще й кондиціонує його. Це покращує не тільки якість повітря, а й умови роботи персоналу операційної.

У повітрі операційної з фільтрацією загальна засіяність практично не змінювалась і, як уже згадувалось, була дуже низькою. Відсоток проб, у яких не було виявлено росту мікроорганізмів, до кінця робочого дня не знижувався (рис. 2). На відміну від операційної, де застосовувались лампи УФО, кількість представників мікрофлори тіла людини протягом робочого дня тут практично не змінювалась (рис. 6).

Дещо нижчу загальну засіяність повітря до операцій можна пояснити безперервною роботою системи фільтрації повітря у фоновому режимі в поєднанні з відсутністю персоналу та пацієнтів протягом усієї ночі. Відмічено помірне зростання кількості сапрофітів повітря в обох операційних (рис. 5, 6).

Висновки

1. Загальна засіяність повітря операційних із системою його високоефективної фільтрації у 60 разів нижча, ніж в операційних, у яких для знезараження повітря використовується УФО.

2. Порівняно з операційними, у яких для знезараження повітря використовується УФО, повітря операційних із системою його фільтрації не містить потенційно патогенних видів, здатних викликати післяопераційне нагноєння ран.

3. Застосування в операційних методу високоефективної фільтрації повітря з метою його знезараження має ряд суттєвих переваг порівняно з методом знезараження УФО:

— у десятки разів знижується загальна засіяність повітря;

— покращується видовий склад мікрофлори — у повітрі не виявляються види, які здатні викликати гнійно-запальні захворювання людини;

— повітря не тільки очищується і знезаражується, але й кондиціонується, унаслідок чого покращуються умови роботи персоналу;

— мікробіологічні показники якості повітря утримуються на високому рівні протягом усього робочого часу;

— знезараження й очищення повітря виконується в присутності персоналу і хворого.

Список літератури

1. Вакулєнко В.М. Раннее прогнозирование инфекционных осложнений после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава / В.М. Вакулєнко, А.В. Вакулєнко // Травма. — 2006. — Т. 7, № 1. — С. 61-64.
2. Грицай М.П., Ліненко О.М., Колов Г.Б. Діагностика та лікування інфекційних ускладнень після ендопротезування колінних суглобів // Вісник травматології, ортопедії та протезування. — 2007. — № 4. — С. 20-26.
3. Новітні технології профілактики повітряного забруднення операційної рани / Д. Крістенссон, В.Л. Васюк, Я.М. Васильчишин // Збірник наукових праць співробітників НМАПО імені П.Л. Шупика. — К., 2007. — Вип. 16, кн. 4. — С. 71-76.
4. Evans R.P. Current concepts for clean air and total joint arthroplasty: laminar airflow and ultraviolet radiation: a systematic review // Clin. Orthop. Relat. Res. — 2011. — Vol. 469(4). — P. 945-953.
5. Evans R.P. Laminar air flow in the operating room: how effective is it in reducing infection? // AAOS Bull. — 2006. — P. 12-14.
6. Evans R.P. American Academy of Orthopaedic Surgeons Patient Safety Committee. Surgical site infection prevention and control: an emerging paradigm // J. Bone Joint Surg. Am. — Vol. 2009, № 91(Suppl. 6). — P. 2-9.
7. Kristensson J. Local climate control and protective ventilation made possible with ceiling mounted low impulse air delivery devices // ASHARE conference. — Chicago, 1993.
8. 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. Infec. Microbiol. Clin. — 2012. — Vol. 30, № 4. — P. 209-211.
9. Prevention of infection after knee arthroplasty / Gorenoi V., Schönermark M.P., Hagen A. // GMS Health Technol. Assess. — 2010. — Vol. 6, Doc. 10.
10. Rutala W.A., Weber D.J.; The Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). CDC Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities, 2008. Available at: http://www.cdc.gov/hicpac/Disinfection_Sterilization/20_00reference.html
11. Ultraviolet lighting during orthopaedic surgery and the rate of infection / Ritter M.A., Olberding E.M., Malinzak R.A. // J. Bone Joint Surg. Am. — 2007. — Vol. 89. — P. 1935-1940.

Отримано 26.09.13 □

Васюк С.В., Васильчишин Я.Н., Васюк В.Л.
Буковинський державний медичний університет,
г. Чернівці

ЛАМИНАРНИЙ ПОТОК СТЕРИЛЬНОГО ВОЗДУХА І УЛЬТРАФІОЛЕТОВЕ ОБЛУЧЕННЯ В ОРТОПЕДИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИОННЫХ

Резюме. Целью исследования является сравнение эффективности обеззараживания воздуха в ортопедических операционных методом высокоэффективной фильтрации воздуха и методом ультрафиолетового облучения. Проведено изучение качественного и количественного состава воздуха и динамики этих показателей в двух операционных. В первой воздух обеззараживался методом высокоэффективной фильтрации, во второй — с помощью ламп ультрафиолетового облучения (УФО). Общая обсемененность воздуха в операционных с системой его высокоэффективной фильтрации в 60 раз ниже, чем в операционных, в которых для обеззараживания воздуха используется УФО. В сравнении с операционными, в которых для обеззараживания воздуха используется УФО, воздух операционных с системой его фильтрации не содержит потенциально патогенных видов, способных вызывать послеоперационное нагноение раны. Метод фильтрации воздуха с целью его обеззараживания имеет ряд существенных преимуществ: улучшается видовой состав микрофлоры — в воздухе не определяются виды, способные вызывать гнойно-воспалительные заболевания человека; воздух не только очищается и обеззараживается, но и кондиционируется, в результате чего улучшаются условия работы персонала (также профилактика разного рода осложнений); микробиологические показатели качества воздуха поддерживаются на высоком уровне в течение всего рабочего времени; обеззараживание и очистка воздуха осуществляются в присутствии персонала и больного.

Ключевые слова: обеззараживание воздуха, ультрафильтрация, ультрафиолетовое облучение.

Vas yu k S.V., Vas ych hys hin YaM ., Vas yu k V.L.
Bukov inia Stá e Měc á th ivě ity, Chėn ivtsi,
čėn e

LAMINAR FLOW OF STERILE AIR AND ULTRAVIOLET IRRADIATION IN THE ORTHOPEDIC OPERATING ROOMS

Summary. The aim of this study is to compare the effectiveness of air disinfection in orthopedic operating rooms by the method of highly effective air filtration and ultraviolet radiation (UVR). The authors carried out the study of the qualitative and quantitative composition of the air and the dynamics of these parameters in two operating rooms. In the first one the air was disinfected by method of highly effective filtration, in the second one — with the help of ultraviolet lamp. Total air contamination is operating rooms with its high filtration system is 60 times lower than in the operating rooms, in which for air disinfection UVR is used. In comparison with operating rooms, in which for air disinfection UVR is used, operating rooms with air filtration system does not contain potentially pathogenic species that can cause post-operative wounds abscess. The method of air filtration to disinfect it has some major advantages: improves species composition of microflora — in the air types that can cause purulent-inflammatory diseases are not defined; the air is not only cleaned and disinfected, but also air-conditioned, resulting in improved working conditions for staff (and prevention of various complications); microbiological parameters of air quality are maintained at a high level throughout the working hours; disinfection and cleaning of air is carried out in the presence of the staff and the patient.

Key words: air disinfection, ultrafiltration, ultraviolet irradiation.