

CZYSTOŚĆ MIKROBIOLOGICZNA POWIETRZA W SZPITALACH. SALE OPERACYJNE KLIMATYZOWANE

MICROBIAL AIR PURITY IN HOSPITALS. OPERATING THEATRES WITH AIR CONDITIONING SYSTEM

Adam Krogulski, Maciej Szczotko

Zakład Higieny Komunalnej
Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego - Państwowy Zakład Higieny, Warszawa

Słowa kluczowe: klimatyzacja, ogólna liczba bakterii w powietrzu, ogólna liczba grzybów w powietrzu, szpitale, sale operacyjne.

Key words: air - conditioning, total number of bacteria in air, total number of fungi in air, hospitals, operating theatres.

STRESZCZENIE

Celem pracy jest wykazanie wpływu prawidłowej regulacji systemu wentylacji/klimatyzacji na zanieczyszczenie mikrobiologiczne powietrza sal operacyjnych. W pracy wykorzystano wybrane wyniki pomiarów, stężenia bakterii i grzybów w powietrzu klimatyzowanych pomieszczeń szpitalnych, wykonywanych przez pracowników Zakładu Higieny Komunalnej Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego-Państwowego Zakładu Higieny od 2001r. Analizując wyniki pomiarów szukano przyczyn zbyt wysokiego stężenia bakterii w powietrzu niektórych sal. Porównując stężenia grzybów w powietrzu sal operacyjnych i w powietrzu atmosferycznym wykazano że filtry w systemach klimatyzacyjnych badanych sal działały prawidłowo. Dla dokładniejszego prześledzenia zmian stężenia bakterii w klimatyzowanych salach operacyjnych wykorzystano analizę sekwencji pojedynczych oznaczeń wykonywanych podczas jednego badania.

ABSTRACT

The aim of this study was to show the influence of air conditioning control for microbial contamination of air inside the operating theatres equipped with correctly working air-conditioning system. This work was based on the results of bacteria and fungi concentration in hospital air obtained since 2001. Assays of microbial air purity conducted on atmospheric air in parallel with indoor air demonstrated that air filters applied in air-conditioning systems worked correctly in every case. To show the problem of fluctuation of bacteria concentration more precisely, every sequences of single results from successive measure series were examined independently.

WSTĘP

W państwach Unii Europejskiej od 5 do 10 % pacjentów szpitali ulega wtórnemu zakażeniu, a jeden procent wtórnie zakażonych pacjentów umiera [2]. Ze względu na liczbę pacjentów ulegających wtórnemu zakażeniu jest to aktualnie najpoważniejszy problem zdrowia publicznego [2]. Mimo stałego postępu wiedzy i techniki procent zakażonych od wielu lat nie ulega zmianie. W Polsce oficjalny wskaźnik zarejestrowanych zakażeń wynosi 1-2 %. Niestety tak dobry wynik jest efektem małej skuteczności monitorowania zakażeń

[2]. Ocenia się że 70 % zakażeń szpitalnych powstaje na oddziałach zabiegowych i są one główną przyczyną śmierci pacjentów po zabiegach chirurgicznych [8]. W ramach kompleksowych działań mających na celu obniżenie ryzyka wystąpienia zakażeń wewnątrz szpitalnych wdrażane są liczne procedury i instrukcje [6]. Jednym z kierunków działania jest dążenie do ograniczenia kontaktu pacjentów z mikroorganizmami chorobotwórczymi znajdującymi się w powietrzu. Skutecznym sposobem na zapewnienie w pomieszczeniach szpitalnych powietrza o niskim stężeniu mikroorganizmów jest użycie nowoczesnych systemów wentylacji/

Adres do korespondencji: Adam Krogulski, Zakład Higieny Komunalnej, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego- Państwowy Zakład Higieny, 00-791 Warszawa ul. Chocimska 24, tel. 22 54 21 304, fax 22 54 21 287, e-mail: akrogulski@pzh.gov.pl

klimatyzacji o dużej wydajności. W przypadku sal operacyjnych optymalnym rozwiązaniem jest montaż stropów zapewniających laminarny nawiew uzdatnionego powietrza [1, 3, 7]. Takie systemy zostały w czasie kilku ostatnich lat zamontowane w wielu polskich szpitalach. Niepokój budzą jednak spostrzeżenia osób prowadzących badania. W licznych szpitalach brak jest współpracy i komunikacji między lekarzami, pielęgniarkami epidemiologicznymi, a pracownikami pionu technicznego. Problem ten precyzyjnie ujęli inżynierowie biorący bezpośredni udział w projektowaniu, budowie i eksploatacji systemów wentylacji/ klimatyzacji w szpitalach. Chodzi o brak odpowiedniej wiedzy i wykazywania dbałości o prawidłową eksploatację instalacji wentylacji/klimatyzacji przez administratorów szpitali oraz pracowników pionu technicznego i personelu medycznego [3]. Wyniki badań potwierdzają słuszność tych obaw. W znacznej części przebadanych klimatyzowanych sal operacyjnych stężenie bakterii w powietrzu pobieranym na ich obrzeżach znacząco przekraczało (często kilkakrotnie) 100 jtk/m³. Wprawdzie w klimatyzowanych salach operacyjnych z nawiewem laminarnym powietrze napływające przez filtry EU13 w pobliżu pola operacyjnego zawiera znacznie mniejsze stężenie mikroorganizmów od powietrza na obrzeżach sali [1, 3, 7]. Jednak znaczne zwiększenie zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza na obrzeżach sali jest sygnałem o nieprawidłowym działaniu klimatyzacji i zwiększonym ryzyku zakażenia w czasie operacji.

Celem pracy jest pokazanie wpływu prawidłowej regulacji systemu wentylacji/klimatyzacji na zanieczyszczenie mikrobiologiczne powietrza sal operacyjnych. Podjęto również próbę określenia przyczyn nadmiernego stężenia bakterii w powietrzu sal operacyjnych wyposażonych w systemy klimatyzacji z sprawnymi filtrami EU13. Dla dokładniejszego przesłedzenia zmian stężenia bakterii w klimatyzowanych salach operacyjnych wykorzystano analizę sekwencji pojedynczych oznaczeń wykonywanych podczas jednego badania.

MATERIAŁ I METODY

W pracy wykorzystano wyniki pomiarów, stężenia bakterii i grzybów w powietrzu pomieszczeń szpitalnych, wykonywanych przez pracowników Zakładu Higieny Komunalnej PZH od 2001r. Wszystkie klimatyzowane sale operacyjne, uwzględnione w badaniu, były wyposażone w trzystopniowy system filtracji powietrza z zamontowanym w sali filtrem o klasie EU13. Wszystkie sale, według informacji udzielonych przez pracowników, miały zapewnione co najmniej 15 wymian powietrza na godzinę. Wszystkie pomiary wykonywano w odległości do 0,5 metra od ścian.

Przy pomiarze stężenia mikroorganizmów w powietrzu stosowano następujące podłoża: 1) Malt extract agar firmy Oxoid o pH 5,4 ± 0,2 zalecane do wykrywania, izolacji i liczenia grzybów, drożdży i pleśni. 2.) TSA – Tryptone soya agar f-my Oxoid o pH 7,3 ± 0,2, podłoże bogate w składniki odżywcze, na którym rośnie wiele gatunków bakterii. Aparaty stosowane do kontroli mikrobiologicznej powietrza: Micro Bio (Air sampler MB 1 plus) firmy De Ville i mikrobiologiczny próbnik powietrza MAS – 100 (nowa wersja z 2001r). Oba aparaty pracują metodą zderzeniową, przy czym MB 1 osadza materiał na płytkach typu Rodac Ø 55 mm, a MAS – 100 na powszechnie używanych w mikrobiologii płytkach Ø 90 mm. Oba aparaty posiadają głowice z otworami (dyszami). Powietrze przechodzące przez jeden otwór trafia w jeden osobny punkt na pożywce. Do korekcji wyniku zaniżonego w przypadku trafienia dwóch lub więcej jtk (jednostek tworzących kolonie) w jeden punkt używano poprawkę według wzoru *Fellera*:

$$Pr = N[1/N + 1/N-1 + 1/N-2 + \dots + 1/N-r + 1]$$

Pr- wynik po korekcji,

N – liczba otworów w głowicy aparatu,

r – liczba kolonii na płytce.

Na płytkę z podłożem do liczenia bakterii lub grzybów osadzano mikroorganizmy z różnych objętości powietrza. Gdy liczba kolonii bakterii wyrosłych na jednej płytce przekraczała 140, a kolonii grzybów 70, przyjmowano, że wyliczone wartości jtk/m³ są zaniżone [4, 5]. Przy każdym pomiarze zarówno bakterie jak i grzyby osadzano na dziesięciu płytkach. Płytki z podłożami agarowymi inkubowano odwrócone wieczkiem do dołu. Płytki z bakteriami osadzonymi na pożywce TSA umieszczano w cieplarni w temperaturze 30°C. Kolonie liczone po 48 h inkubacji. Płytki z osadzonymi grzybami i ich zarodnikami umieszczano w cieplarni w temperaturze 25°C. Codziennie począwszy od 48 h płytki z grzybami przeglądano i liczone rosące kolonie. Liczenie przerywano, gdy w kolejnym dniu nie obserwowano dalszego przyrostu liczby kolonii.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przez osiem lat w Zakładzie Higieny Komunalnej Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego-Państwowego Zakładu Higieny prowadzono badania czystości mikrobiologicznej powietrza w szpitalnych i biurowych pomieszczeniach klimatyzowanych. Wśród najbardziej zanieczyszczonych pomieszczeń, o najwyższym stężeniu bakterii w powietrzu, były 4 sale operacyjne (tabela 1). Stężenia bakterii mierzone w powietrzu sal operacyjnych bezpośrednio przed, w czasie i bezpośrednio po operacji często bardzo się różniły.

Tabela 1 Zmiany stężenia mikroorganizmów w powietrzu klimatyzowanych sal operacyjnych w okresie bezpośrednio przed, po i w czasie operacji.
Fluctuations of bacteria and fungi concentration in air of operating theatres with air-conditioning systems before, during and directly after surgical procedure.

L.p	Liczba bakterii [jtk/m ³]		Liczba grzybów [jtk/m ³]	
	Sale operacyjne	K	Sale operacyjne	K
1.	>1385,0* >1385,0** 686,0***	386,0	5,8 6,5 1,4	1975,0
2.	1749,0* 774,0* 349,2**	46,7	0,0 0,0 0,4	72,0
3.	990,0* 621,0***	80,0	2,0 1,0	316,0
4.	539,2* 1306,0***	980,0	2,4 6,0	>2980
5.	408,0* 196,4* 175,6**	46,7	1,0 0,0 0,4	72,0
6.	335,3* 168,7**	zima	0,0 0,0	zima

* pomiar wykonany przed operacją.

** pomiar wykonany w czasie operacji

*** pomiar wykonany bezpośrednio po zakończeniu operacji

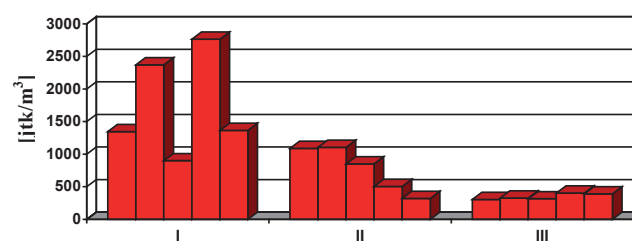
K- stężenie w powietrzu atmosferycznym.

Porównanie stężenia grzybów w powietrzu wewnętrznym i atmosferycznym pozwala na wykluczenie niesprawności filtrów jako przyczyny wysokich stężeń bakterii w powietrzu badanych sal operacyjnych. W czasie każdego badania nawiew uzdatnionego powietrza przechodzącego przez strop laminarny był wyraźnie wyczuwalny.

W czasie wykonywania pomiarów przed i w czasie operacji głównym źródłem bakterii na salach byli ludzie. W salach przebywało od 4 do 10 osób. Bezpośrednio po operacji na sali przebywała jedna, dwie lub najwyżej trzy osoby. Dodatkowo bakterie mogły się również przedostawać do sal operacyjnych z powietrzem przedostającym się z sąsiednich pomieszczeń. Podczas badań wykonanych w czasie trwania operacji, gdy na salach przebywało najwięcej osób (8-10), średnie (z pięciu oznaczeń) stężenie bakterii w powietrzu nie przekroczyło 200 jtk/m³ (tabela 1 sale 5-6). Tak więc w każdej z badanych sal klimatyzacja pracująca z wydajnością 15 wymian na godzinę powinna zapewnić utrzymanie średniego stężenia bakterii na poziomie jeżeli nie 100 to przynajmniej poniżej 200 jtk/m³. W żadnym jednak przypadku, przy zachowaniu deklarowanych przez pracowników szpitali 15 lub więcej wymian powietrza na godzinę, stężenie bakterii na sali operacyjnej nie może przekroczyć 1000 jtk/m³. Wyniki badań przedstawione w tabeli 1 dla sali 1 są dowodem na przeprowadzenie operacji przy zbyt niskim nawiewie

uzdatnionego powietrza. W tym przypadku wyniki badania nie różnią się od pomiarów wykonanych w salach nie klimatyzowanych.

Więcej informacji o regulacji wentylacji sal operacyjnych bezpośrednio przed, w czasie i bezpośrednio po operacji możemy uzyskać analizując wyniki kolejnych pojedynczych oznaczeń wykonanych podczas jednego pomiaru. W sali A w której powietrze jest silnie zanieczyszczone mikrobiologicznie, bezpośrednio po włączeniu lub znacznym zwiększeniu nawiewu czystego powietrza stężenie bakterii ulegało przez co najmniej 15 minut gwałtownym zmianom (ryc. 1).



I - po włączeniu klimatyzacji przed pierwszą operacją (czas wykonania 5 pomiarów około 15 minut).

II - przed pierwszą operacją po włączeniu klimatyzacji (czas wykonania kolejnych 5 pomiarów około 35 minut).

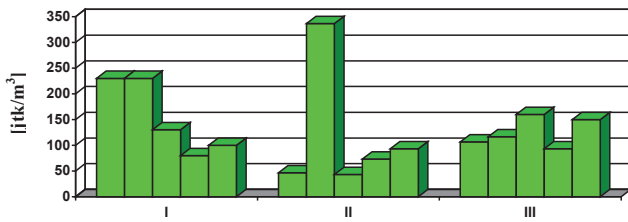
III - kilka godzin później w czasie kolejnej operacji (czas wykonania 5 pomiarów około 35 minut).

Ryc. 1 Stężenia bakterii w powietrzu sali operacyjnej A bezpośrednio przed operacją (I, II) i w czasie jej trwania (III)

Concentration of bacteria in air of operating theatre A. Sequences of single results from successive measure series conducted before (I and II) and during surgical procedure (III)

W następnych 35 minutach stężenie bakterii w powietrzu systematycznie spadało. Opisane powyżej zmiany stężenia według teoretycznych wyliczeń powinny trwać jedynie 30 minut [3]. Przyczyną różnicy między wyliczonym i faktycznym czasem potrzebnym na redukcję stężenia bakterii w sali operacyjnej mogła być mniejsza liczba wymian powietrza w stosunku do deklarowanej przez pracowników szpitala i przyjętej do obliczeń. Potwierdzeniem tego przypuszczenia jest stabilizacja stężenia bakterii w powietrzu sali operacyjnej w czasie operacji na niezadowalającym poziomie (powyżej 300 jtk/m³). Być może istotny wpływ na szybkość redukcji stężenia bakterii w powietrzu sal przed operacją miała też obecność ludzi przygotowujących ją do operacji (w wyliczeniach nie uwzględniono obecności ludzi na sali). Utrzymanie niskiego i stabilnego stężenia bakterii w powietrzu sal operacyjnych okazało się bardzo trudne. Nawet w salach, w których stężenia bakterii w powietrzu przedstawione jako wartości średnie z pięciu pomiarów były zadowalające, nie udawało

się uniknąć krótkich okresów gwałtownego wzrostu ich stężenia. (ryc. 2, pomiar II).



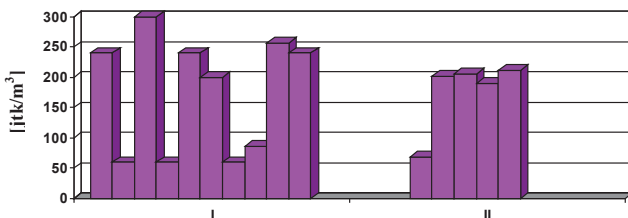
I - przed pierwszą operacją, kilkanaście minut po zintensyfikowaniu nawiewu (czas wykonania 5 pomiarów ok. 15 minut).

II - kolejne 5 pomiarów przed pierwszą operacją (czas wykonania 5 pomiarów ok. 35 minut).

III - kilka godzin później w czasie kolejnej operacji, (czas wykonania 5 pomiarów ok. 35 minut).

Ryc. 2 Stężenia bakterii w powietrzu sali operacyjnej B, bezpośrednio przed operacją (I i II) oraz kilka godzin później w czasie operacji (III)
Concentration of bacteria in air of operating theatre B. Sequences of single results from successive measure series conducted before (I and II) and a few hours later during surgical procedure (III)

Biorąc pod uwagę warunki pomiarów (przedstawione wartości to średnie dla pięciu prób z których każda była pobierana przez trzy lub pięć minut) wydaje się, że jedynym wyjaśnieniem gwałtownych i krótkotrwałych wzrostów stężenia bakterii w powietrzu sal operacyjnych w czasie zabiegu może być napływ zanieczyszczonego powietrza z sąsiednich pomieszczeń (ryc. 2 i 3).



I - Sala C. Czas wykonania pierwszych pięciu pomiarów ok. 15 minut, kolejnych pięciu ok. 35 minut.

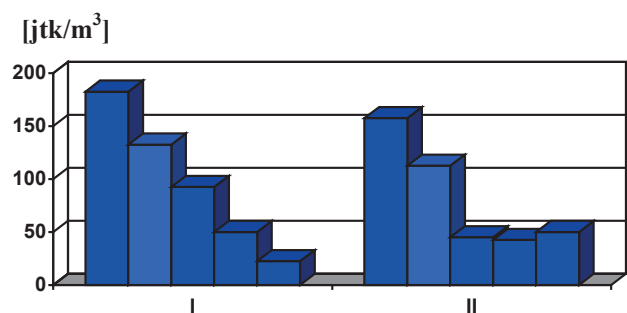
II - Sala D. Czas wykonania pomiarów ok. 35 minut.

Ryc. 3 Sale operacyjne C i D. Stężenia bakterii w powietrzu w trakcie operacji.
Concentration of bacteria in air of operating theatre C and D. Sequences of single results from successive measure series conducted during surgical procedure.

W niektórych szpitalach, w klimatyzowanych pomieszczeniach sąsiadujących z salą operacyjną, w czasie trwania operacji były wysokie stężenia bakterii (600 - 1800 jtk/m³). W sytuacji, gdy na czystość mikrobiologiczną powietrza w salach operacyjnych istotny wpływ ma niekontrolowany przepływ powietrza z pomieszczeń sąsiednich, bardzo ważne staje się zachowanie niskiego

stężenia mikroorganizmów w wszystkich pomieszczeniach bloku operacyjnego.

Po operacji przy zamkniętych drzwiach i 2 - 3 osobach na sali możliwe jest szybkie obniżenie stężenia bakterii w powietrzu do około 50 jtk/m³ (ryc. 4). Wymaga to jednak utrzymania intensywnego nawiewu uzdatnionego powietrza. Niestety w niektórych szpitalach bezpośrednio po zakończeniu operacji nawiew jest całkowicie wstrzymywany. Dopuszcza się w ten sposób do zanieczyszczenia mikrobiologicznego sal operacyjnych. W większości szpitali, w których prowadzono badania, pielęgniarki epidemiologiczne nie wiedziały kiedy nawiew uzdatnionego powietrza w salach operacyjnych jest włączany, wyłączany i jak jest zmieniana jego intensywność.



I - Sala E. Czas wykonania pomiarów ok. 35 minut.

II - Sala F. Czas wykonania pomiarów ok. 35 minut.

Ryc. 4 Stężenie bakterii w powietrzu sal operacyjnych E i F bezpośrednio po operacji (po opuszczeniu sali przez chorego i zespół operujący) i przy intensywnie pracującej klimatyzacji.
Concentration of bacteria in air of operating theatres E (I) and F (II). Sequences of single results from successive measure series conducted directly after surgical procedure. Air conditioning system was working intensively.

Badania własne wykonywane w pustych pomieszczeniach klimatyzowanych pokazują że nawiew powietrza poniżej 4 wymian na godzinę przechodzącego przez filtry EU9 wystarcza do uzyskania i utrzymania stężenia bakterii poniżej 20 jtk/m³.

WNIOSKI

1. Przyczyną wysokiego stężenia bakterii w powietrzu badanych sal operacyjnych była zbyt mała intensywność napływu uzdatnionego powietrza i/lub zanieczyszczone powietrze napływające z sąsiednich pomieszczeń.
2. Czystość mikrobiologiczna powietrza w salach operacyjnych w dużym stopniu zależy od czystości powietrza w pomieszczeniach sąsiadujących.

PIŚMIENNICTWO

1. *Charkowska A.*: Nowoczesne systemy klimatyzacji w obiektach służby zdrowia. IPPU MASTA Sp. z o.o., 2000
2. *Grzesiowski P.*: Zakażenia u bram. Menedżer Zdrowia 2007, 12.
3. *Kaiser K., Wolski A.*: Klimatyzacja i wentylacja w szpitalach. Teoria i praktyka eksploatacji. IPPU MASTA Sp. z o.o. 2007r.
4. *Krogulski A., Podsiadły T.*: Oznaczanie ogólnej liczby grzybów w powietrzu atmosferycznym i wewnątrz pomieszczeń. Roczn. PZH 2003, 54, NR 4, 383-392.
5. *Krogulski A., Podsiadły T.*: Metody oznaczania ogólnej liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym i wewnątrz pomieszczeń. Roczn. PZH 2006, 57, NR 1, 1-7.
6. *Mączyńska A., Kowalczyk P.*: Problem zakażeń szpitalnych. Menedżer Zdrowia 2003, 6.
7. *Porowski M., Szczechowiak E.*: Klimatyzacja pomieszczeń czystych. TERMEDIA Sp. z o.o. Poznań, 1999.
8. *Reiss J.*: Zakażenia szpitalne - ryzyko, możliwości, ograniczenia. Medycyna 2000, 1955, 51/52 (VI), 2-9.

Otrzymano: 12.03.2010

Zaakceptowano do druku: 17.09.2010

