

Adam Krogulski¹, Krzysztof Kanclerski²

CZYSTOŚĆ MIKROBIOLOGICZNA POWIETRZA W SZPITALACH - POMIESZCZENIA KLIMATYZOWANE

MICROBIOLOGICAL CLEANNESNESS OF THE AIR IN HOSPITALS – ROOMS WITH AIR-CONDITION

¹Zakład Higieny Komunalnej

²Zakład Zwalczania Skażeń Biologicznych

Narodowego Instytutu Zdrowia Publicznego – Państwowego Zakładu Higieny

STRESZCZENIE

Celem pracy była ocena efektywności działania systemu wentylacji/klimatyzacji w szpitalu. Dokonano tego w oparciu o wyniki pomiarów stężenia bakterii i grzybów w powietrzu. Pomiarów przeprowadzono w 10 pomieszczeniach chronionych filtrami EU 13 lub EU 9, w których jedynym istotnym źródłem grzybów mogło być przedostające się do ich wnętrza nieuzdatnione powietrze zewnętrzne. Tylko w czterech z nich stężenie grzybów w powietrzu było zadowalające i nie przekraczało 20 jtk/m³ (jtk – jednostki tworzące kolonie). Jednak w dwóch z nich po otwarciu okien stężenie grzybów wzrosło 4-5 razy. Stężenie grzybów w sali operacyjnej 2 (1-2 jtk/m³) pozwala na ocenę sprawności systemu wentylacji/klimatyzacji. Stężenie bakterii było najniższe w powietrzu sali OIOM i gabinecie zabiegowym nr 1 (73,0 jtk/m³ i 60,0 jtk/m³, odpowiednio), najwyższe w pokoju instrumentariuszek (1427 jtk/m³), który sądząc po wysokim stężeniu grzybów (116,0 jtk/m³), miał wyłączone klimatyzację i był wietrzony przez okno.

Słowa kluczowe: czystość mikrobiologiczna powietrza w szpitalu, stężenie bakterii w powietrzu, stężenie grzybów w powietrzu, zakażenia szpitalne

ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate effectiveness of the air condition system in hospitals. It was done by estimation of bacteria and fungi concentration in the air. The study were performed in ten hospital rooms which were protected by EU 13 or EU 9 filters. Possible the most important source of fungi was not treated air incoming from outside. Only in four of the rooms concentrations of the fungi in the air were satisfactory and not exceeded 20 cfu/m³ (cfu – colony forming unit). However in two of them the number of fungi rise 4 – 5 times after the windows were opened. Concentration of the fungi in operating theater number 2 (1-2 cfu/m³) allow to evaluate efficiency of air conditioning systems. The lowest bacteria concentration was in Intensive Care Unit (73 cfu/ m³) but the highest in instrumentlists room (1427 cfu/ m³. where according to high fungi concentration (116 cfu/m³) the air conditioning systems was switched of and the ventilation was by open windows.

Key words: microbiological cleanness of the air in hospitals, bacteria concentration in the air, fungi concentration in the air, hospital infection

WSTĘP

W Unii Europejskiej około 5-10 % pacjentów leczonych w szpitalach ulega zakażeniom związanym z udzielaniem świadczeń zdrowotnych (1). Zakażenia szpitalne uznano za poważny problem epidemiologiczny (2). Prawidłowe prowadzenie ich kontroli uznano za jedno z najważniejszych kryteriów oceny jakości pracy zakładów opieki zdrowotnej (3). Niska, w porównaniu z innymi państwami europejskimi, liczba rejestrowanych w Polsce zakażeń szpitalnych, poniżej 2% jest efektem braku sprawnego monitoringu, a nie dobrej jakości pracy szpitali (4). Działania ograniczające ryzyko tego

typu zakażeń opierają się głównie na eliminacji źródeł drobnoustrojów oraz przerywaniu dróg ich przenoszenia (5).

Jednym ze źródeł zakażeń szpitalnych jest mikrobiologicznie zanieczyszczone powietrze (6, 7). W praktyce znaczące obniżenie stężenia bakterii i grzybów w powietrzu pomieszczeń szpitalnych, w których przebywają ludzie, można uzyskać jedynie poprzez zastosowanie wentylacji wyposażonej w filtry o wysokiej sprawności (8). W tego typu klimatyzację, w ciągu ostatnich kilku lat, wyposażono liczne szpitale w Polsce. Jednak tylko prawidłowa eksploatacja tych systemów gwarantuje założony poziom stężenia drobnoustrojów w powietrzu (9).

Celem pracy była ocena efektywności działania systemów wentylacyjno- klimatyzacyjnych w oparciu o wyniki pomiarów stężenia bakterii i grzybów w powietrzu różnych pomieszczeń szpitalnych.

MATERIAŁY I METODY

Pomiary przeprowadzono w następujących pomieszczeniach: dwóch salach operacyjnych, sali wybudzeniowej, OIOM, sali chorych i pokoju instrumentariuszek, wyposażonych w filtry EU13, oraz w pomieszczeniach wyposażonych w filtry EU9: centralnej sterylizatorni (strona czysta i brudna) i w gabinecie zabiegowym. Równolegle wykonano pomiary w pomieszczeniach bez wentylacji mechanicznej.

Z badanych pomieszczeń klimatyzowanych jedynie sale operacyjne i pomieszczenie sterylizacji (strona brudna), nie miały okien. W salach operacyjnych pomiary wykonano przy ścianach, poza polem nawiewu laminarnego.

Do kontroli mikrobiologicznej powietrza zastosowano aparaty Micro Bio (Air sampler MB 1 plus) firmy De Ville i mikrobiologiczny próbnik powietrza MAS – 100 (10). 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 punkt na podłożu. Do korekcji wyniku zaniżonego w przypadku trafienia dwóch lub więcej jtk (jednostek tworzących kolonie) w jeden punkt używano poprawki 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 koloni na płycie.

Na płytkę z podłożem do liczenia bakterii lub grzybów osadzano mikroorganizmy z różnych objętości powietrza. Gdy liczba kolonii na płycie w przypadku bakterii przekraczała 140, a w przypadku grzybów 70 kolonii, przyjmowano że wyliczone wartości jtk/m³ są zaniżone (4, 5).

Przy każdym pomiarze zarówno bakterie jak i grzyby osadzano na dziesięciu płytkach.

Do hodowli i liczenia grzybów użyto malt extract agar firmy Oxoid o pH 5,4 ± 0,2, który jest zalecany do wykrywania i izolacji drożdży i pleśni. Do hodowli bakterii użyto Tryptone soya agar f-my Oxoid o pH 7,3 ± 0,2 (TSA).

Płytki inkubowano odwrócone przykrywką do dołu. Płytki z osadzonymi bakteriami inkubowano w temperaturze 30°C. Kolonie liczono po 48 h. Płytki z osadzonymi grzybami i ich zarodnikami inkubowano

w temperaturze 25°C. Płytki z grzybami przeglądano i liczono kolonie codziennie począwszy od 48 h. Liczenie przerywano, gdy w kolejnym dniu nie obserwowano przyrostu liczby kolonii.

WYNIKI I DYSKUSJA

Badania przeprowadzono w 10 pomieszczeniach szpitalnych chronionych filtrami EU 13 lub EU 9, w których jedynym istotnym źródłem grzybów w powietrzu mogło być przedostające się do ich wnętrza nieuzdatnione powietrze zewnętrzne. Tylko w czterech z nich (sali operacyjnej nr 2, sali chorych i w pierwszej serii pomiarów w obu gabinetach zabiegowych) stężenie grzybów w powietrzu nie przekraczało 20 jtk/m³ (tab. I i II). W pomieszczeniach szpitalnych i biurowych wyposażonych w klimatyzację z filtrami EU 9 lub EU 13 i przy zamkniętych oknach stężenie grzybów w powietrzu nie powinno przekraczać kilku, kilkunastu jtk/m³ (11, 12). Jedynie przy bardzo wysokim stężeniu grzybów w powietrzu atmosferycznym (powyżej trzech tysięcy) może się ono zbliżać do 30 jtk/m³ (11). Przy powtórnych pomiarze stwierdzono kilkakrotny wzrost stężenia grzybów w powietrzu gabinetów zabiegowych (tab. I i II). Podczas drugiej serii pomiarów w jednym gabinecie było otwarte okno, ponadto uzyskano informację że w drugim gabinecie „okno jest co jakiś czas na krótko otwierane”.

Z obserwacji i uzyskanych informacji wynika, że przyczyną wzrostu stężenia grzybów w powietrzu badanych gabinetów był dopływ nieuzdatnionego powietrza zewnętrznego. Wyniki pierwszej serii pomiarów w gabi-

Tabela 1. Stężenie bakterii i grzybów w powietrzu pomieszczeń wyposażonych w trzystopniowy system oczyszczania powietrza zakończony filtrami EU 13

Table I. Bacteria and fungi concentration in the rooms with three steps systems of the air purification with filters EU 13 at the end

Lp.	Miejsce badania	Bakterie jtk/m ³	Grzyby jtk/m ³
1./	Sala op. 4. – przed operacją	446,0	56,0
	Sala op. 4. – początek operacji	321,0	
	Sala op. 4. – koniec operacji	273,0	28,0
	Sala op. 4. – po operacji	205,0	
2./	Sala op. 2. – przed operacją	990,0	2,0
	Sala op. 2. – po operacji	621,0	1,0
3./	Sala wybudzeniowa pusta	313,0	60,0
	Sala wybudzeniowa z pacjentami	273,0	81,0
4./	OJOM	73,0	107,0
5./	Sala chorych	212,0	18,0
6./	Pokój instrumentariuszek	1427,0	116,0
7./	K- powietrze atmosferyczne	80,0	316,0

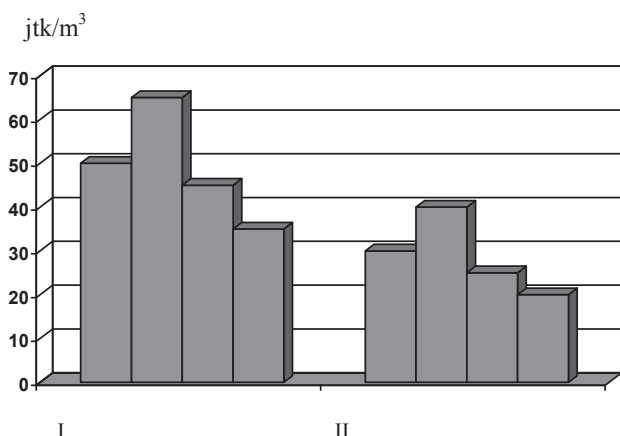
Tabela II. Stężenie bakterii i grzybów w powietrzu pomieszczeń wyposażonych w dwustopniowy system oczyszczania powietrza zakończony filtrami EU 9

Table II. Bacteria and fungi concentration in the rooms with two steps systems of the air purification with filters EU 9 at the end

Lp.	Miejsce badania	Bakterie jtk/m ³	Grzyby jtk/m ³
1./	Sterylizacja brudna	91,0	59,0
2./	Sterylizacyjczysta	80,0	58,0
3	Gabinet zabiegowy 1 przed pierwszym zabiegiem	78,0	9,0
	Gabinet zabiegowy 1 w czasie zabiegu .	102,0	48,0
4	Gabinet zabiegowy 2 w czasie zabiegu	178,0	12,0
	Gabinet zabiegowy 2 po zabiegach (okno)	60,0	47,0
5	K- powietrze atmosferyczne	80,0	316,0

netach zabiegowych są dowodem, że przy zamkniętych oknach system wentylacji działający w szpitalu może zapewnić spodziewany niski poziom stężenia grzybów. Obie badane sale operacyjne nie mają okien, ale tylko w sali nr. 2 stężenie grzybów w powietrzu mieściło się w oczekiwanym zakresie i wynosiło 2,0 jtk/m³ przed operacją i 1,0 jtk/m³ po operacji (tab. I).

W drugiej sali operacyjnej (nr 4), bardzo wysokie stężenie grzybów w powietrzu przed operacją, po zwiększeniu nawiewu stopniowo malało (tab. I, ryc. 1). Spadek stężenia grzybów, po zwiększeniu nawiewu powietrza jest dowodem, że ich pierwotne wysokie stężenie nie było spowodowane nieprawidłowym działaniem filtrów. Grzyby do sali operacyjnej musiały się przedostać poprzez sąsiadujące pomieszczenia posiadające okna. Jednak nawet po dwóch godzinach intensywnego nawiewu uzdatnionego powietrza, stęże-



Ryc. 1. Chwilowe stężenia grzybów w powietrzu sali operacyjnej nr. 4

I - przed i na początku operacji; II - dwie godziny później w czasie operacji

Fig. 1. Temporally fungi concentration in air in operation room no 4

I - before and at the beginning of the surgery; II - two hours later during surgery

nie grzybów w sali operacyjnej nr 4 było wielokrotnie wyższe niż w sali nr 2. (tab. I). Zwiększony nawiew uzdatnionego powietrza nie obniżył w sposób zadowalający stężenia grzybów, co świadczy, że niekontrolowany dopływ powietrza atmosferycznego nie został całkowicie zlikwidowany.

Bardzo wysokie stężenie bakterii w powietrzu sal 2 i 4 (tab. I) w porównaniu z prawidłowo wentylowanymi salami operacyjnymi (11, 12), wskazuje na niekontrolowany przepływ do nich powietrza z pomieszczeń sąsiadujących. Niskie stężenie grzybów w powietrzu sali 2 jest wynikiem zamknięcia okien w salach sąsiednich, a zatem odcięciem do nich dostępu powietrza atmosferycznego zanieczyszczonego grzybami. W pozostałych pięciu pomieszczeniach chronionych filtrami EU 13 lub EU 9 stężenie grzybów w powietrzu wynosiło od 53,0 do 116,0 jtk/m³ i nie było niższe od stężenia grzybów w powietrzu pomieszczeń nieposiadających wentylacji mechanicznej (tab. III). Świadczy to o przedostawaniu się do nich nieuzdatnionego powietrza atmosferycznego przez otwarte w nich lub sąsiednich pomieszczeniach okna. Ponieważ wszystkie dziesięć badanych pomieszczeń jest zaopatrywane w powietrze przez oddzielne i niezależne centrale wentylacyjne, niemożliwe jest, aby wadliwy montaż lub uszkodzenie filtrów było przyczyną tak wysokich stężeń grzybów w powietrzu wszystkich badanych sal. Najwyższe stężenie bakterii w powietrzu stwierdzono w pokoju instrumentariuszek. Ponieważ w powietrzu badanych pomieszczeń źródłem bakterii byli ludzie, a grzyby pochodziły z powietrza atmosferycznego, stężenie 1427,0 jtk/m³ bakterii i 116,0 jtk/m³ grzybów świadczy o wyłączeniu nawiewu uzdatnionego powietrza i wietrzeniu pokoju przez otwierane okno. Potwierdza to również tezę, że wysokie stężenia bakterii i grzybów w powietrzu sal operacyjnych są spowodowane przedostawaniem się ich z pomieszczeń sąsiednich. W badanych pomieszczeniach z wyjątkiem sal operacyjnych i pokoju instrumentariuszek stężenia bakterii w powietrzu, mimo otwierania okien, nie budzą zastrzeżeń. Najniższe stężenia oznaczono w sali OIOM i gabinecie zabiegowym 1 73,0 jtk/m³ i 60,0 jtk/m³. Niskie stężenia bakterii oznaczone w 7 pomieszczeniach ($\bar{x} = 123,9 \pm 83,4$) dobrze świadczą o spraw-

Tabela III. Stężenie bakterii i grzybów w powietrzu pomieszczeń bez wentylacji mechanicznej

Table III. Bacteria and fungi concentration in the rooms without mechanical air condition

Lp.	Miejsce badania	Bakterie jtk/m ³	Grzyby jtk/m ³
1./	sala zabiegowa	793,0	68,0
2./	sala zabiegowa	62,0	37,0
3./	sala zabiegowa	119,0	54,0
4./	korytarz	290,0	75,0
5./	K- powietrze atmosferyczne	80,0	316,0

ności filtrów. Otwieranie okien w przypadku bakterii nie przeszkadzało, ponieważ ich stężenie w powietrzu atmosferycznym było w czasie badania bardzo niskie (80,0 jtk/m³).

WNIOSKI:

1. Prawidłowa eksploatacja systemów klimatyzacji/wentylacji jest warunkiem utrzymania czystości mikrobiologicznej powietrza.
2. Warunkiem utrzymania niskiego stężenia grzybów w powietrzu pomieszczeń klimatyzowanych jest odcięcie dopływu nieuzdatnionego powietrza atmosferycznego.
3. Otwieranie okien pozbawia system wentylacyjno-klimatyzacyjny wpływu na stężenie grzybów w pomieszczeniach.

PIŚMIENNICTWO

1. Jeljaszewicz J, Dzierżanowski D, red. Zakażenia szpitalne. Warszawa: α-medica Press: 1999.
2. Reiss J. Zakażenia szpitalne. Ryzyko, możliwości, ograniczenia. *Medycyna* 2000; 51/52 (VI) 1995: 2-9.
3. Mączyńska A, Kowalczyk P. Problem zakażeń szpitalnych. *Menedżer Zdrowia*; 2003: 6
4. Grzesiowski P. Zakażenia u bram. *Menedżer Zdrowia*; 2007; 10:48-64.
5. Gregorowicz –Warpas D, Pałubicka A, Wolski A, Kaiser K. Czyste powietrze w salach operacyjnych. Materiały szkoleniowe dla pielęgniarek epidemiologicznych. Wrocław: Polskie Stowarzyszenie Pielęgniarek Epidemiologicznych, 2005 Zeszyt IV: 24-27.
6. Li Y, Leung GM, Tang JW, Yang X, i in. Role of ventilation in airborne transmission of infections agents in the build environment-a multidisciplinary systematic review. *Indoor Air* 2007; 17(1):2-18.
7. McDougall C. Maintaining Asepsis: Preventing Infection on the Surgical Site. W: McDougall Surgical Procedures for Nurses and Allied Healthcare Professionals. 2007: 113-129.
8. Hoffman PN, Williams J Stacey A, i in. Microbiological commissioning and monitoring of operating theatre suites. *J Hosp Infect* 2002; 52 (1): 1-28.
9. Kaiser K, Wolski A. Klimatyzacja i wentylacja w szpitalach. Teoria i praktyka eksploatacji. IPPU MASTA; 2007: 115-178, 216-217.
10. Nesa D, Lortholary J, Bouaklinne A, i in. Comparative performance of impactor air samplers for quantifications of fungi contaminations. *J Hosp Infect* 2001; 47: 149-155.
11. Krogulski A, Szczotko M. Czystość mikrobiologiczna powietrza w szpitalu- sale operacyjne klimatyzowane i nie klimatyzowane . *Roczniki PZH: (w druku)*.
12. Krogulski A, Szczotko M. Czystość mikrobiologiczna powietrza w szpitalach – sale operacyjne klimatyzowane. *Roczniki PZH: (w druku)*.

Otrzymano: 24.08.2009 r.

Zaakceptowano do druku: 22.09.2009 r.

Adres do korespondencji:

Dr Adam Krogulski

Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego

– Państwowy Zakład Higieny

Zakład Higieny Komunalnej

Tel. 022 54 21 304, 022 54 21 374

e-mail: akrogulski@pzh.gov.pl