

Vnitřní ovzduší nemocnice – vyšetření mikroorganismů a prachových částic

Indoor Environment in a Hospital – Examination of Microorganisms and Dust Particles

RNDr. Kateřina KLÁNOVÁ, CSc.,
Ing. Jitka HOLLEROVÁ
Státní zdravotní ústav, Praha

Článek uvádí výsledky získané vyšetřováním koncentrací mikroorganismů v ovzduší a na pevných površích a měřením prachových částic v ovzduší nemocnice. Sledováno bylo pět místností s různými požadavky na kvalitu prostředí a venkovní ovzduší. Byla zjištěna korelace mezi počtem částic a počtem bakterií v ovzduší. Korelace nebyla zjištěna mezi počtem pevných částic a počtem plísní v ovzduší.

Klíčová slova: nemocnice, ovzduší, bakterie, plísně, prachové částice

Recenzent
MUDr. Ariana Lajčíková, CSc.

The article puts forward the results obtained by investigation of micro-organism concentration in atmosphere and on solid surfaces and by measurement of dust particles in the hospital atmosphere. Five rooms with different requirements of environment qualities and outside atmosphere were monitored. A correlation was found between the number of particles and the number of bacteria in the atmosphere. The correlation was not found between the number of solid particles and the number of mildew in the atmosphere.

Key words: hospital, indoor air, bacteria, moulds, dust particles

Vnitřní prostředí nemocnic ovlivňuje zdravotní stav pacientů i ošetřujícího personálu. Na zajištění čistého prostředí v nemocnicích jsou vynakládány značné finanční prostředky a to jak na úklidové a dezinfekční přípravky, tak v neposlední řadě na klimatizační zařízení.

V mnoha případech je věnována malá pozornost kontrole účinnosti těchto postupů. Zejména znečištěná klimatizační zařízení mohou být zdrojem nejen prachových částic, bakterií a plísní, ale i virů nebo roztoců [1]. Přes značný technický pokrok provázející výstavbu nových a rekonstrukce starých nemocnic se stále objevují u pacientů infekční onemocnění. Pokud vznik tohoto onemocnění souvisí s pobytem v nemocnici, jedná se o tzv. nozokomiální nákazu [2].

Jedna z cest možného přenosu infekčního mikroorganismu je vzduchem. V ovzduší se vyskytují bakterie i spóry mikroskopických hub samostatně nebo ve shlucích či navázány na jiné částice. Neživých částic je v ovzduší mnohem více. I tyto částice mohou ovlivnit zdraví člověka. Způsobují řadu respiračních obtíží včetně alergických reakcí a představují celkovou zátěž respiračních orgánů.

Pro zdravotnické účely jsou definovány konvence pro odběr vzorků prachu podle velikosti částic, jež musí být používány při hodnocení možných účinků vdechovaného prachu na zdraví [3].

Ve zdravotnických zařízeních je jednou z prevencí nozokomiálních nákaz kontrola čistoty. Ta spočívá v současné době především ve sledování mikroorganismů na površích, i když je doporučováno i měření počtu částic a mikrobiologické vyšetřování ovzduší [2]. Právě vztah mezi těmito třemi typy vyšetření vnitřního prostředí v nemocnici jsme se pokoušeli nalézt.

V dětské nemocnici jsme vyšetřovali pět místností, na jejichž kvalitu prostředí jsou kladeny různé požadavky vzhledem ke stavu pacientů, kteří v nich pobývají. Jako původci nozokomiálních nákaz jsou z tohoto prostředí uváděny bakterie rodů *Klebsiella* a *Pseudomonas*.

Ve všech pěti místnostech jsme ve vyšetřovacích dnech zjišťovali přítomnost mikroorganismů v ovzduší i na pevných površích. Současně byla sledována prašnost z hlediska počtu částic v ovzduší. Vyšetřováno bylo i venkovní ovzduší před objektem.

Cílů práce bylo několik:

- Zjistit přítomnost bakterií rodů *Klebsiella* a *Pseudomonas* v místnostech a dále sledovat výskyt bakterií rodu *Staphylococcus*, které jsou nejčastějšími původci nozokomiálních nákaz v nemocnicích.
- Zařadit vyšetřovaná prostředí do tříd čistoty a kategorií znečištění podle připravované vyhlášky k § 13 zákona č. 258/2000 Sb. O ochraně veřejného zdraví, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí bytových místností některých staveb. V § 6 a 7 této vyhlášky jsou uvedeny limity čistoty prostředí podle počtu částic pevného aerosolu (shodné s [4]) a limity výskytu mikroorganismů ve vybraných prostorách staveb zdravotnických zařízení léčebně preventivní péče [5]. Prostory se zvýšenými nároky na čistotu prostředí, kam prostory vyšetřované v nemocnici patří, musí podle citované vyhlášky splňovat uvedené hygienické limity.
- Najít vztah mezi mikroorganismy v ovzduší a na pevných površích.
- Zjistit vztah mezi počtem živých mikroorganismů a počtem částic v ovzduší.

MATERIÁL A METODY

Stručná charakteristika místností

Sterilní stan – izolační plastický box pro pacienty s potlačenou imunitou; prostor je zásobován sterilním vzduchem.

Pokoj s klimatizací – vzduch přicházející do prostoru je filtrován a upravován. Pokoj s nepřímým větráním přes předstíšku do chodby.

Pokoj neinfekčních pacientů – pokoj pro pacienty bez známek infekčního onemocnění, lze větrat okny.

Pokoj „infekční“ – pokoj pro pacienty s infekčním onemocněním, místnost lze větrat okny.

V době našeho vyšetření byly ve všech pokojích pacienti, ve většině případů i jejich matky či oba rodiče.

Prostory pokoje se sterilním stanem, pokojem s klimatizací i pokoj s nepřímým větráním budou zrekonstruovány v nejbližší době; stávající provoz se přestěhuje do nových prostor.

STANOVENÍ MIKROORGANISMŮ

Vzduch byl odebírán aktivním nasáváním aeroskopem A-AIR-010. Otisky z pevných ploch byly odebírány převážně ze stolků, výjimečně zdí. Odběry, inkubace a ostatní mikrobiologická stanovení byly provedeny běžnými laboratorními technikami.

Měření pevných částic

Prašnost z hlediska počtu částic byla ověřována laserovým čítačem prachových částic Biotest Hycon typ APC Plus, který stanovuje a registruje počty prachových částic ve 4 velikostních intervalech od 0,3 do 10 μm – metodika FS 209 D (resp. E). Přístroj má zabudovanou vlastní sondu pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu. Počet částic byl sledován kontinuálně s automatickým odečtem v minutových intervalech současně s odběrem mikroorganismů. Ze zjištěných hodnot byly vypočteny průměrné hodnoty.

Přístroje a materiál dodaly firmy Merck a Aega.

Výsledky

- Bakterie rodů *Klebsiella* a *Pseudomonas* nebyly zjištěny v žádném z odebraných vzorků ovzduší ani z pevných povrchů.
- V ovzduší všech vyšetřovaných místností kromě sterilního stanu i ve venkovním ovzduší byly zjištěny bakterie rodu *Staphylococcus* v koncentracích 5 až 90 v metru krychlovém vzduchu. Z pevných povrchů byly tyto bakterie zjištěny pouze při vyšetření dne 9.4. v pokoji neinfekčních pacientů a v „infekčním“ pokoji. Většina těchto bakterií byla dále určena jako bakterie *S. epidermidis* a *S. hominis*. Přítomnost *S. aureus* nebyla zjištěna.
- Koncentrace bakterií a plísní v ovzduší zjištěné při našich vyšetřeních jsou uvedeny v tab. 1. Tyto koncentrace jsme porovnali s hodnotami uvedenými v citované vyhlášce [5]. Podle požadavků na mikrobiologicko-hygienickou kvalitu ovzduší byly vyšetřované místnosti zařazeny do kategorie velmi nízké nebo nízké znečištění, jak je vidět z tab. 2 s výjimkou odběru ovzduší v pokoji s nepřímým větráním při vyšetření dne 9.4.
- Prašnost z hlediska počtu částic ve dvou velikostních intervalech je uvedena v tab. 3. V tab. 4 je zařazení místností do tříd čistoty dle [5].
- V tab. 5 jsou uvedeny hodnoty teploty a relativní vlhkosti vzduchu.
- Počet bakterií a plísní nalezených na površích je uveden v tab. 6.
- Pro ovzduší pěti vyšetřovaných vnitřních prostor nemocnice i pro venkovní ovzduší byl sledován vztah mezi koncentrací bakterií a plísní a počtem částic. Byla zjištěna korelace ($r = 0,88$) mezi počtem částic intervalu $\geq 5,0 \mu\text{m}$ a počtem bakterií v ovzduší. Korelace nebyla zjištěna mezi počtem částic intervalu $\geq 0,5 \mu\text{m}$ a počtem bakterií a počtem pevných částic obou velikostních intervalů a počtem plísní v ovzduší.

Tab. 1 Koncentrace bakterií a plísní v ovzduší

Odběrové místo	Koncentrace (KTJ . m^{-3}) v ovzduší			
	bakterií		plísní	
Den odběru	19. 3.	9. 4.	19. 3.	9. 4.
1. Sterilní stan	50	25	nd	nd
2. Pokoj s klimatizací	20	10	nd	nd
3. Pokoj s nepřímým větráním	95	205	5	5
4. Pokoj neinfekčních pacientů	65	100	30	20
5. Pokoj „infekční“	55	40	15	10
Venkovní ovzduší	30	90	110	30

nd = nedetekovány

KTJ = kolonie tvořící jednotky (počet organismů)

Tab. 2 Zařazení vyšetřovaných místností podle požadavků na mikrobiologicko-hygienickou kvalitu ovzduší dle [5]

Odběrové místo	Kategorie znečištění / kritérium koncentrace v ovzduší			
	bakterie		plísně	
Den odběru	19. 3.	9. 4.	19. 3.	9. 4.
1. Sterilní stan	velmi nízké	velmi nízké	velmi nízké	velmi nízké
2. Pokoj s klimatizací	velmi nízké	velmi nízké	velmi nízké	velmi nízké
3. Pokoj s nepřímým větráním	nízké	*	velmi nízké	velmi nízké
4. Pokoj neinfekčních pacientů	nízké	nízké	nízké	velmi nízké
5. Pokoj „infekční“	nízké	velmi nízké	velmi nízké	velmi nízké

* = nelze zařadit

Tab. 3 Počet částic v ovzduší

Odběrové místo	Počet částic / m^3 $\geq 0,5 \mu\text{m}$			
	19. 3.	9. 4.	19. 3.	9. 4.
1. Sterilní stan	2,37.10 ⁵	1,25.10 ⁵	2,82.10 ³	4,58.10 ³
2. Pokoj s klimatizací	1,35.10 ⁵	2,15.10 ⁵	7,06.10 ²	1,77.10 ³
3. Pokoj s nepřímým větráním	5,15.10 ⁶	6,51.10 ⁶	5,15.10 ⁴	8,15.10 ⁴
4. Pokoj neinfekčních pacientů	3,71.10 ⁶	1,10.10 ⁷	1,87.10 ⁴	1,34.10 ⁴
5. Pokoj „infekční“	3,59.10 ⁶	1,05.10 ⁷	2,32.10 ⁴	4,23.10 ³
Venkovní prostředí	4,5.10 ⁶	1,67.10 ⁷	1,48.10 ⁴	1,16.10 ⁴

Tab. 4 Zařazení vyšetřovaných místností do tříd čistoty podle počtu částic uvedených v [4 a 5].

Odběrové místo	Třída čistoty podle počtu částic / m^3 $\geq 0,5 \mu\text{m}$			
	19. 3.	9. 4.	19. 3.	9. 4.
1. Sterilní stan	4	4	4	5
2. Pokoj s klimatizací	4	4	4	4
3. Pokoj s nepřímým větráním	5	*	5	*
4. Pokoj neinfekčních pacientů	5	*	5	5
5. Pokoj „infekční“	5	*	5	5

* = nelze zařadit

Tab. 5 Hodnoty vzdušné teploty a relativní vlhkosti vzduchu.

Odběrové místo	Teplota vzduchu ($^{\circ}\text{C}$) [$\pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$]		Relativní vlhkost vzduchu (%) [$\pm 1,0 \%$]	
	19. 3.	9. 4.	19. 3.	9. 4.
Den odběru	19. 3.	9. 4.	19. 3.	9. 4.
1. Sterilní stan	23	25	26	19
2. Pokoj s klimatizací	25	25	27	15
3. Pokoj s nepřímým větráním	25	26	42	30
4. Pokoj neinfekčních pacientů	23	25	31	19
5. Pokoj „infekční“	22	25	33	18
Venkovní prostředí	6	13	45	32

Tab. 6 Počet bakterií a plísni izolovaných otisky z pevných povrchů.

Odběrové místo	Počet (KTJ / 25 cm ²) na površích			
	bakterie		plísně	
Den odběru	19.3.	9.4.	19.3.	9.4.
1. Sterilní stan	2	103	nd	nd
2. Pokoj s klimatizací	118	8	nd	nd
3. Pokoj s nepřímým větráním	10	4	nd	1
4. Pokoj neinfekčních pacientů	34	4	3	1
5. Pokoj „infekční“	8	11	2	2

nd = nedetekovány

KTJ = kolonie tvořící jednotky (počet organismů)

DISKUSE

Na vzniku nozokomiálního onemocnění se podílí celá řada faktorů. Přesné údaje o výskytu bakterií a plísni v ovzduší a vznikem nemocí v nemocničním prostředí neexistují. Vztah mezi vznikem nozokomiálního onemocnění a nalezením příslušných bakterií či plísni v prostředí bývá publikován výjimečně. I v těchto případech jsou zpětně nalézány mikroorganismy v pevných či tekutých médiích nebo v prachu klimatizačního potrubí nikoli ovzduší. Překvapivá tedy není skutečnost, že jsme nenalezli v prostředí bakterie rodu *Klebsiella* a *Pseudomonas*, které ve vyšetřovaném prostředí uvedené nemocnice nejčastěji způsobují infekční onemocnění.

Bakterie rodu *Staphylococcus*, které jsme detekovali ve čtyřech vyšetřovaných místech, tj. i v místnosti s klimatizací, patří mezi bakterie, které se v ovzduší poměrně často vyskytují. Jsou odolné nejen k nepříznivým zevním vlivům, ale často i rezistentní na antibiotika. Pro vznik stafylokokové nákazy je třeba kromě dostatečně velké infekční dávky také oslabení celkové nebo místní obrany organismu. Bakterie *Staphylococcus aureus*, jejichž nález v klinickém materiálu bývá nejčastější, nebyly při našich vyšetřeních nalezeny.

Celková koncentrace bakterií v ovzduší sledovaných místností byla velmi nízká nebo nízká s výjimkou pokoje s nepřímým větráním. Spóry plísni v ovzduší se vyskytovaly výjimečně. Z hlediska koncentrace bakterií i plísni splňovaly čtyři z pěti vyšetřovaných místností mikrobiologicko-hygienické požadavky na kvalitu vnitřního prostředí nemocnice dle [5] (tab. 2). Jak je patrné z tab. 2 koncentrace bakterií v ovzduší pokoje s nepřímým větráním by se výrazně snížila vyvětráním okny.

Prašnost prostředí je odrazem kvality jeho čistoty. Podle počtu částic pevného aerosolu vyhovovala vyšetřovaná prostředí požadavkům třídy čistoty 4 nebo 5 (tab. 4). Třída čistoty 5 podle příkladového seznamu uvedeného v [5] odpovídá požadavkům kladeným např. na pooperační pokoj. Vyšetřované pokoje pacientů tedy hygienické požadavky splňovaly. Prostor sterilního stanu, místnosti s klimatizací i pokoje s nepřímým větráním nesplňovaly třídu čistoty 2, do které by měly patřit. Také z tohoto důvodu budou přemístěny do nových prostor, jak bylo zmíněno výše.

Počet bakterií i plísni zjištěný z pevných povrchů nesouvisel s jejich koncentrací v ovzduší (tab. 1 a 6). Překvapivě vysoká byla koncentrace bakterií na pevných površích v prostředí sterilního stanu a v pokoji s klimatizací. Tyto výsledky ukazují na skutečnost, že oba typy vyšetřování mikroorganismů v prostředí nemocnic mají svá opodstatnění.

Z hlediska lidského zdraví jsou nejzávažnější částice velikosti 0,5 až 5,0 μm, které se dostávají do plicních sklípků. Částice větší než 5 μm jsou zadržovány již v horních cestách dýchacích a částice menší než 0,5 μm jsou z větší části

vydechovány. Pokud byla prokázána závislost mezi celkovým počtem mikroorganismů a celkovým počtem pevných částic v ovzduší, byla vždy odlišná pro jednotlivá vyšetřovaná stanoviště [6].

V našich vyšetřeních jsme v šesti různých místech zjistili dobrou korelaci mezi počtem částic velikostního intervalu ≥ 5,0 μm a koncentrací bakterií v ovzduší. Vzájemná závislost nebyla zjištěna mezi počtem částic velikostního intervalu ≥ 0,5 μm a koncentrací bakterií. Mezi počtem pevných částic obou sledovaných intervalů a počtem plísni v ovzduší vzájemná závislost zjištěna nebyla.

Koncentrace mikroorganismů v ovzduší je závislá na faktorech, které jsou známy a na jevech, které dosud plně pochopeny nejsou. V jedné z posledních prací se uvádí, že koncentrace bakterií je více závislá na koncentraci prachových částic a zvyšuje se více než koncentrace plísni při pohybu osob v prostředí. Koncentrace plísni v ovzduší je pak spojována spíše s relativní vlhkostí vzduchu [7]. Tyto závěry jsme v naší práci potvrdili. Nízká relativní vlhkost vzduchu v místnostech s filtrovaným vzduchem (tab. 5) je v nemocnicích častým jevem, jak jsme publikovali již dříve a může souviset s neschopností spór plísni se v takovémto ovzduší pohybovat. Spór plísni v ovzduší nemocnic jsme doposud vždy našli méně než ve venkovním ovzduší či v běžných domácnostech. Extrémně nízká relativní vlhkost vzduchu 15 % detekovaná v místnosti s klimatizací při vyšetření dne 9. 4. však může vyvolat zdravotní obtíže z vysoušení sliznic a rozhodně nesplňuje požadavky kladené na vnitřní prostředí nemocnic, kde se požaduje relativní vlhkost vzduchu nejméně 30 % [5].

Stanovení pevných částic v ovzduší tedy umožňuje odhad zdravotního rizika souvisejícího s jejich výskytem v ovzduší, zařadí vyšetřované prostředí do třídy čistoty či upozornit na možný výskyt bakterií. Z počtu pevných částic pak nelze ani přibližně odhadnout počet plísni v ovzduší, přičemž plísně představují v ovzduší nemocnic výrazné ohrožení zdraví právě u pacientů s oslabenou imunitou [2]. Na základě stanovení počtu pevných částic pak není možné navrhnout nápravná opatření spočívající v cíleném použití dezinfekčního přípravku.

Vzdušné mikroorganismy, mikroorganismy usazené na površích a pevné částice jsou kontaminanty vnitřního prostředí, které jsou ve vnitřním, zejména nemocničním, prostředí nejvýznamnější. Kvalita čistoty vnitřního prostředí nemocnic by měla být kontrolována všemi uvedenými metodami, neboť jejich výsledky nelze navzájem nahrazovat. Pouze na základě zjištěných výsledků je pak možné navrhnout nápravná opatření.

Kontakt na autorky:

SZÚ, Šrobárova 48, 100 42 Praha 10, e-mail: klank@szu.cz, jhollerova@szu.cz

Literatura:

- [1] CHARKOWSKA, A. Znečištění klimatizačního zařízení a metody jeho odstraňování. Vytápění, větrání a instalace, 2001, roč. 10, č. 3, s. 129-133.
- [2] ŠRÁMOVÁ, H. Ovzduší. Nozokomiální nákazy II. Praha: Maxdorf Jesenius, 2001, s. 53-65. ISBN 80-85912-25-2.
- [3] ČSN EN 481 Ovzduší na pracovišti. Vymezení velikostních frakcí pro měření polétavého prachu. 10/1999.
- [4] ČSN EN 14644 Čisté prostory a přidružená regulovaná prostředí. 12/2000.
- [5] Návrh vyhlášky, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. www/mzcr.cz.
- [6] THAM, K.W. et al. Quantitative relationship between airborne viable microorganisms and particulates in air-conditioned office environments in Singapore. *Proceedings of Healthy Buildings* (Helsinki), 2000, s. 37-42.
- [7] RODRÍGUEZ, E. et al. Relationship between humidity, temperature and biological pollution in domestic buildings in a Coruna (Spain). *Proceedings of Healthy Buildings* (Helsinki), 2000; s. 353-358.