



Byli jste na dovolené mimo Evropu? Vrátili jste se z kongresu či stáže v USA, nebo z přednášky v Singapuru či jinde a váš let trval více než 5 hodin? Máte kromě často diskutovaných příznaků „jet lagu“ pocit, že na vás „něco leze“, pozorujete na sobě příznaky respirační infekce, nebo prostě nejste ve své kůži? Pak prosím věnujte pozornost našemu článku. Během své dlouholeté profesní kariéry jsem absolvoval více než 600 úsekových letů. V popisované situaci jsem se ocitl mnohokrát. Zprvu jsem to přičítal střídání klimatických pásů, posléze jsem vypořádal určitou závislost na délce letu. Mám poněkud prostorově výraznější postavu, s čímž konstruktéři interiéru ekonomické třídy evidentně nepočítají, a tak mi nezbyvá, pokud nezískám jedno z 5 míst, kam se vejdu, než buď snášet nepohodlí, nebo připlácet nemalé částky za upgrade do obchodní třídy. Není divu, že za těchto podmínek v letadle neusnu, strnule sedět několik hodin se také nedá, při průchodu uličkami ruším spolucestující, a tak většinou stojím u palubní kuchyně a debatuji s palubním personálem. Od nich vím, že trpí respiračními infekcemi, suchostí kůže, z ní vyplývajícími obtížemi apod.

Necítíte se po delší cestě letadlem ve své kůži? Možná víme proč...

MUDr. EMIL PAVLÍK, CSc.,^{1,2} Bc. VIKTORIYA GVOZDEVA,²

MUDr. DANIELA OBITKOVÁ,² Ing. MILAN MRÁZ²

¹ Ústav imunologie a mikrobiologie, 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Praze

² Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva, Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT, Kladno

Úvod

Když jsem byl vyzván k vypsání témat pro postgraduální studium na naší katedře, napadlo mě, že by nebylo od věci podívat se na mikrobiální kontaminaci palubní vzduchotechniky v dopravním letadle. Pilotní studie této problematiky se stala tématem bakalářské práce studentky bakalářského oboru Zdravotní laborant Viktoriye Gvozdevy. Cílem bylo především ověřit použitelnost určitých laboratorních postupů při dalším studiu této problematiky v rámci témat postgraduálních studentů MUDr. Daniely Obitkové a Ing. Milana Mráze.

Co je ECS a jak funguje

K udržení optimálního tlaku, teploty, vlhkosti vzduchu a koncentrace kyslíku v něm slouží v moderních dopravních letadlech systém ECS (Environmental Control System), který řídí ventilaci v kabině. Ta má zajišťovat minimálně

0,55 libry vzduchu za minutu pro každou osobu na palubě, což předpokládá, že se za hodinu provozu vzduch v kabině až 15x úplně vymění. ECS je z výroby nastaven na mísení 50 % čerstvého a 50 % recirkulovaného vzduchu, neboť tento poměr je považován za optimální.

Dopravní letadla Airbus řady A 319/320/321, která spolu s Boeingem 737 všech generací patří mezi komerčně nejprovozovanější stroje, mají celkem 3 větrací systémy, které se zapínají a vypínají současně se zapnutím elektrické energie. Pokud je dodáván elektrický proud, pracují nepřetržitě a nelze je vypnout. První systém slouží chlazení elektroniky letadla, jeho kulový přívodní ventil (INLET) je na levé straně letadla, výpustný ventil extraktoru (EXTRACT) na pravé. Oba ventily podléhají povinné prohlídce během předletové obchůzky kvůli poškození nebo zablokování. Za letu pracuje tento systém v uzavřeném režimu (indikátor VENT), což znamená, že se ochlazuje ve výměníku tepla. V případě hrozícího přehřátí se otevře malá vnitřní klapka, umožňující odvětrání chladícího vzduchu přes palubu v tzv. režimu Avionic Smoke. Toto se používá i před startem letadla, pokud je teplota venkovního vzduchu vyšší než 40 °F. Cestující to mohou zaznamenat na začátku samostatného pohybu letadla po letištní ploše těsně po zapnutí motorů po dobu



1 až 2 minut, kdy mají pocit, že dýchají výfuk ze starého autobusu či kamionu.

Druhý systém slouží větrání paluby s odtahem přes palubní kuchyni, třetí má odtaž přes toalety. Oba dva pracují obdobným způsobem. Vzduch je přiváděn zvenčí odvodušněním kompresorových částí motorů do výměníků klimatizační jednotky, odkud se zchlazený na teplotu přibližně 70 °C odvádí do směšovače, v němž se mísí s filtrovaným recyklovaným vzduchem z kabiny. Následně je ve výměníku tepla ochlazen na teplotu požadovanou v kabině a přichází do žaluzií a větracích otvorů stropní části kabiny a individuálních uzavíratelných ventilačních ok na spodní části zavazadelníku nad každým sedadlem. Odvod vzduchu z kabiny probíhá částečně odsávacími dýzami v podlaze při trupu letadla, hlavní odsávání se děje u jednoho okruhu přes prostor palubní kuchyně, odkud se odvádí přebytečné teplo vyzařované ohřívači jídla a kávovary a eventuální zápach, u druhého pak zápach z toalet. Část vzduchu odchází přes tlakový ventil ven z letadla, část jde přes filtr zpět do směšovače. Poměr by měl být 50 : 50, tak jak je nastaveno z výroby (viz obr. č. 1).

Výrobci letadel osazují palubní ventilace tzv. HEPA filtry (High Efficiency Particle Filters), podobnými těm na operačních sálech nemocnic, které mají schopnost

zachytit 99,97 % partikulí o velikosti minimálně 300 nanometrů. Přestože jsou jak výrobci, tak provozovatelé s čistotou vzduchu srovnatelnou s operačními sály spokojeni, je třeba si uvědomit, že většina virů infikujících člověka má velikost od 25 do 150 nanometrů, tudíž je téměř jisté, že viry v HEPA filtrech zachycovány nejsou. Recirkulace vzduchu probíhá velmi rychle. Navíc se tvrdí, že v letových hladinách kolem 10 000 metrů, kde je teplota vzduchu -55 °C a nižší, nasávaný vzduch údajně neobsahuje mikroby. Další antimikrobiální bariérou má být ohřívání vzduchu na 70 °C. To by mohlo sice zničit některé vegetativní formy bakterií, ovšem ve směšovači teplota rychle klesá mísením s o 50 °C nižší teplotou recyklovaného vzduchu z kabiny. A právě v kabině může být zdroj nákazy.

Nikdy není tak zle, aby nemohlo být ještě hůře. Výše uvedené údaje platí pro směšovací poměr 50 : 50. Minimální množství nově přiváděného vzduchu však činí 20 %. Takže směšovací poměr lze upravit až na 20 : 80. V roce 2009 uvedl časopis *The Economist*: *Obvykle letecká společnost nastaví rovnováhu směsi čerstvého a recirkulovaného vzduchu v poměru 50 : 50. Piloti však mohou snížit množství čerstvého vzduchu, aby šetřili palivo. Má se za to, že jej běžně nastavují na pouhých 20 %.* Proti tomuto tvrzení se ozval jak výrobce Boeing, tak někteří piloti B 737, kteří upozornili na skutečnost, že z pilotní kabiny není ovládání poměru ve směšovači možné. Možné to však je nastavit na přání provozovatele při pravidelných servisních prohlídkách letadla.

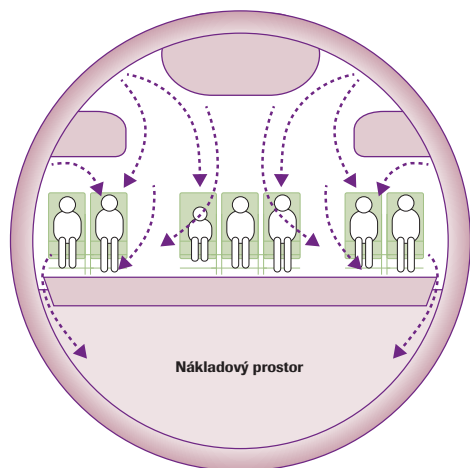
Vzduch na palubě a mikrobiální kontaminace

V posledních letech bylo provedeno několik studií zabývajících se mikrobiálním obsahem vzduchu v kabině letadla. Studie Federal Aviation Administration hodnotící časovou změnu výskytu vzdušných bakterií a hub uvádí klesající množství



mikrobů díky filtraci HEPA v průběhu letu, které však opět stouplo během výstupu cestujících po přistání, kdy zřejmě ECS není již dostatečně funkční. Madsen ve studii z roku 2015 upozorňuje na riziko přenosu infekcí šířených velkými kapkami, které ventilační filtrací nejsou eliminovány. Hladina kyslíku je určena tlakem na palubě a na vnější části letadla a je udržována automaticky, tlak v kabině je udržován v hodnotách odpovídajících nadmořské výšce 2 500 až 3 000 metrů, tedy vysokohorskému prostředí, což má vliv mimo jiné na funkci imunitního systému. Tlak je stejný ve všech prostorách letadla včetně nákladních.

Snížení počtu mikrobů na palubě se dosahuje rovněž úklidem. Obecné čištění letadla probíhá po každém letu, důkladnější protokol je uplatňován během denního servisu. Zde záleží pochopitelně na vhodném výběru dezinfekčních prostředků a jejich střídání. Neefektivní čištění může naopak způsobit šíření mikrobů v kabině. Problémem je situace během odstávky letadla. Když je po výstupu cestujících, odchodu posádky a pracovníků úklidu vypnut proud, je vypnut i ECS a nastávají podmínky pro růst populací přeživších mikrobů kontaminujících prostředí. Stojánkové portály, na něž se letadlo připojí po vypnutí motorů a z nichž je zásobováno elektrickou energií, takže ventilátor zůstává po celou dobu připojení funkční a zajišťuje pohyb vzduchu v kabině, mají jen některá moderní letiště. V mnoha případech však tyto systémy nebývají leteckými společnostmi využívány. Studie Auburnské university v Alabamě publikovaná v roce 2014 prokázala, že patogenní bakterie dokážou v kabině letadla přežít až 168 hodin.



▲ Obr. č. 1: Schéma proudění vzduchu v kabině



Dalším parametrem řízeným ECS je vlhkost vzduchu. Vzhledem k tomu, že je vzduch v letových hladinách suchý, je minimální udržovaná vlhkost 12 % (srovnatelná s prostředím pouště) zajišťována recirkulací vzduchu z kabiny. Zvlhčovat bohužel nelze vzhledem k riziku koroze konstrukčních prvků letadla. Existuje jediná výjimka, kterou je Boeing 787 Dreamliner, konstruovaný z kompozitních materiálů.

Přestože britská studie pracovní skupiny pro zdraví v letectví (zřízena vládou Spojeného království) publikovaná v roce 2004 uvádí, že kvalita ovzduší v kabině letadla není horší než v jiných dopravních prostředcích či veřejných prostorách, nelze tuto problematiku podceňovat. Vychází z výsledků měření 8 parametrů na celkem 14 letech stroji British Aerospace 146 (nyní AVRO 80 Jumbolino) a Boeing 737-300, porovnávaných s výsledky z jiných dopravních prostředků jako vlak nebo autobus. Není důvod, proč by v klimatizovaných interiérech jiných druhů hromadných dopravních prostředků nemohly být naměřeny podobné hodnoty. Navíc není pochyb, že v kontrolovaných strojích byly parametry filtrace i čištění a dezinfekce dle doporučení výrobce.

Co je zážející, ani ICAO (International Civil Airline Organisation), ani IATA (International Air Transport Association), sdružující obchodní letecké společnosti, nemají žádná doporučení týkající se vzduchotechniky v letadlech. A tak od výrobce instalované HEPA filtry mohou být vyměněny za jiné dle přání výrobce. Výrobci HEPA filtrů uvádějí jejich životnost 500 provozních hodin a během této doby doporučují dvojí profouknutí filtrů. Praxe však vypadá odlišně: filtry se mění až během periodických prohlídek letadel, kdy mohou mít nalétáno až několikrát násobek této doby. Pak se nelze divit ani prasknutí filtru. Takže všechno může vypadat jinak.

Koho se problém týká

28 000 obchodních dopravních letadel uskuteční denně 103 000 letů na 49 871 linkách. Jen 3 vedoucí aliance přepravců (Star Alliance, Sky Team, One World) denně nabízejí 47 777 letů.

Podle údajů společnosti Quora (www.quora.com) je ve světě registrováno 322 000 letuschopných letadel, z nichž je:

- 28 000 obchodních dopravních letadel (letecké společnosti);
- 92 000 vojenských letadel;
- 28 000 civilních vrtulníků;
- 33 000 vojenských vrtulníků.

International Air Transport Association (IATA) uvádí ve výroční zprávě za rok 2016, že v ní sdružené letecké společnosti přepravily 3,6 miliardy cestujících. To je přibližný nárůst o 800 milionů od roku 2010 (více než 2,8 miliardy).

Mezi lety 2010 a 2017: každoroční nárůst o 5 až 8 %.

Podle údajů společnosti Statista za rok 2008 bylo přepraveno:

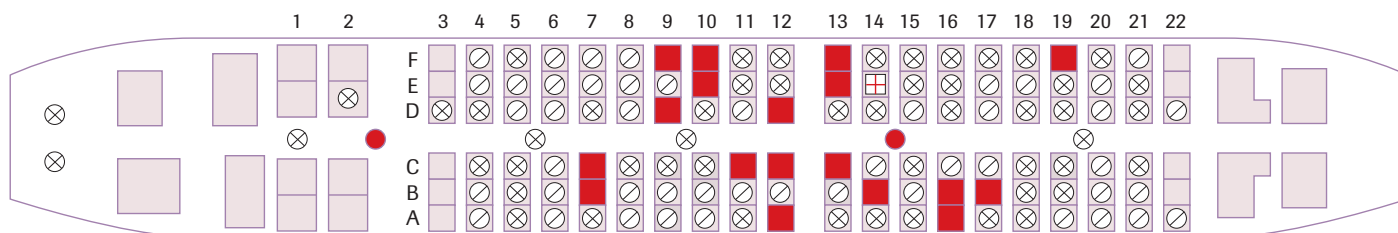
- Evropa: 670 000 000 cestujících;
- Blízký východ: 60 000 000 cestujících;
- Severní Amerika: 130 000 000 cestujících;
- Asie/Pacifik: 300 000 000 cestujících.

Infekce na palubách letadel

Ve druhé polovině minulého století byly nákazy zaznamenané na palubě letadla v převážné většině alimentárního původu



▲ Letadla, která jsou na světě ve vzduchu v jednom okamžiku (pátek 20:32 GMT)



▲ Obr. č. 2: Nečekaně difuzní přenos viru SARS při letu čínských aerolinií na lince z Hongkongu do Pekingu 15. 3. 2003

(viz tab. č. 1). Díky dnes používanému průmyslovému cateringu, využívanému naprostou většinou leteckých přepravců (a také díky výraznému omezení stravování cestujících během letu u nízkonákladových společností), se dnes vyskytují minimálně. U dalších nákaz, které byly evidovány, se předpokládá přenos přímým kontaktem, případně kapénkami na krátkou vzdálenost. V rámci této představy byli v případě zjištěných pasažérů s otevřenou tuberkulózou považováni za možné kontakty pouze cestující sedící ve stejné řadě a dvě řady sedadel před a za zdrojem. Přelom v chápání znamenal až tříhodinový let čínských aerolinií na lince z Hongkongu do Pekingu 15. 3. 2003, při němž došlo k přenosu viru SARS nejméně na 20 osob sedících difuzně po celém prostoru kabiny (viz obr. č. 2). Let trval 178 minut, na palubě bylo 120 cestujících a 8 členů posádky. Zdroj nákazy seděl na sedadle 14E (označen červeným křížkem). Prokazatelně onemocnělo 18 cestujících (označeni červeně) sedících od 7. do 19. řady. Ze 2 onemocněvších stewardů jeden obsluhoval business třídu (řady 1 a 2) a do přímého kontaktu se zdrojem nepřišel. Dalších 45 vyšetřených kontaktů ne onemocnělo (přeškrtnuto jednou čarou), zbytek účastníků letu (označeni křížkem) se nepodařilo dohledat. Případ se stal podkladem pro nařízení minimálního přísunu 4 m³ vzduchu na cestujícího za minutu.

Materiál a metody

Filtr z přetlakového ventilačního systému dopravního letadla Airbus A 319 byl vyňat v rámci pravidelné periodické kontroly technického stavu letounu

INFEKCE	POČET PŘÍPADŮ	KOMENTÁŘ
Tuberkulóza	2	Positivní kožní test (Mantoux)
SARS	4	Žádný případ po přijetí směrnice WHO
Meningokoková meningitis	21	V některých hlášeních není zdokumentován přenos na palubě
Chřipka (Influenza)	2	Žádný případ po zavedení ventilačního limitu – min. 4 m ³ vzduchu/min/osoba
Spalničky	3	Importované infekce
Běžné respirační infekce	Časté	Obtížně prokazatelný přenos na palubě

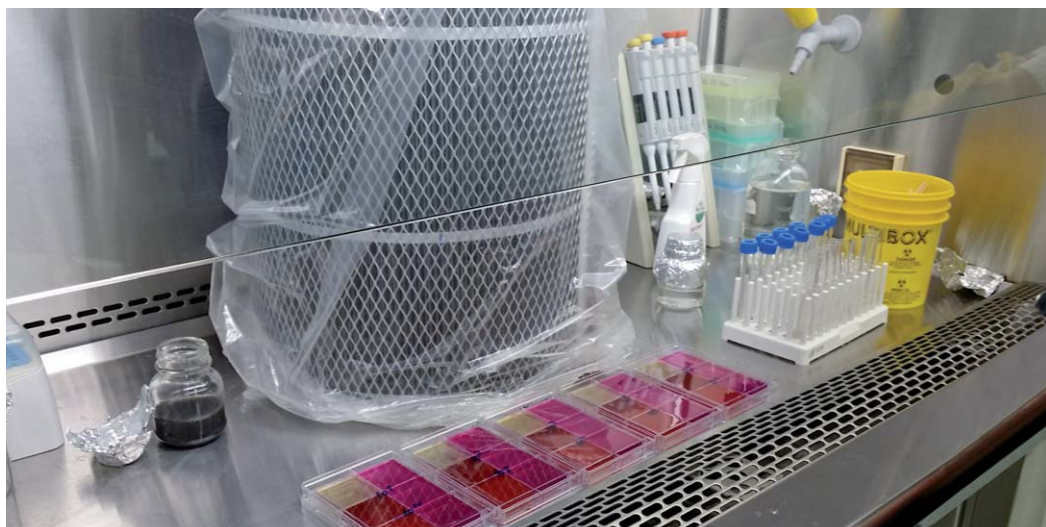
▲ Tab. č. 1: Fekálně-orální přenos nákaz zaznamenaný na palubách letadel v letech 1947–2000

AGENS	POČET PŘÍPADŮ	INFIKOVÁNO	ZEMŘELO
<i>Salmonella spp.</i>	15	4 000	7
<i>Staphylococcus aureus enterotoxin</i>	8		1
<i>Vibrio cholerae</i>	3	124	2
<i>Enteroviry</i>	1		1

▲ Tab. č. 2: Vzduchem přenosné nákazy hlášené leteckými přepravci

BAKTERIÁLNÍ SPECIES	VSTUPNÍ STRANA	VÝSTUPNÍ STRANA
<i>Staphylococcus aureus</i>	NE	ANO
<i>Streptococcus pyogenes</i>	ANO	ANO
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	NE	ANO
<i>Enterococcus faecalis</i>	ANO	NE
<i>Clostridium tetani</i>	NE	ANO
<i>Clostridium perfringens</i>	NE	ANO
<i>Escherichia coli</i>	ANO	NE
<i>Citrobacter spp.</i>	ANO	ANO
<i>Yersinia spp.</i>	NE	ANO
<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	ANO	ANO
<i>Morganella morganii</i>	ANO	NE
<i>Klebsiella ozeanae</i>	NE	ANO
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	NE	ANO

▲ Tab. č. 3: Patogenní bakterie zachycené na vstupní a výstupní části filtru přetlakové vzduchotechniky letadla Airbus A 319



▲ Obr. č. 3: HEPA filtr kabinové vzduchotechniky letounu Airbus A 319/320/321

za aseptických podmínek a byl uložen do sterilního přepravního polyetylenového vaku, v němž byl dopraven do laboratoře. V uplynulém předservisním období operoval letoun výhradně evropské linky, na nichž nalétal 4 200 letových hodin.

Vybalení filtru bylo provedeno v Biohazard boxu s laminárním prouděním (obr. č. 3). Následně byly sterilními dakronovými tampony provedeny stěry z povrchu vstupní i výstupní části filtru.

Paralelně byly provedeny stěry suchými a vlhkými (sterilní PBS) tampony. Stírali jsme povrchové struktury na vstupní i výstupní straně filtru a vzorky jsme očkovali na standardní sestavu tuhých agarů i tekutých médií. Ze všech stěrů byly provedeny i otiskové preparáty s následnou mikroskopií.

Byly izolovány čisté kultury a použity k identifikaci rodů a druhů za využití standardizovaných detekčních technik pro patogenní bakterie a plísně v rutinní diagnostice infekčních nemocí, včetně antibiotogramů.

Výsledky

Výsledky naší studie jsou uvedeny v Tabulkách 1 až 5. Proti našemu očekávání

byly zachyceny bakterie ve stěrech z povrchu výstupní strany filtru, což znamená, že tyto bakterie HEPA filtrem prošly, i když partikule větší než 300 nm by měl filtr zachytit. Navíc u bakterií zachycených na obou stranách filtru bylo jejich množství na výstupní straně přibližně o řád vyšší.

Vysvětlením může být nejméně desetinašobně překročena životnost doporučená výrobcem filtru. Při jeho zahlcení může nastat porucha integrity, k čemuž zřejmě v tomto případě došlo. Rozdíl v kvantitě lze vysvětlit zkoncentrováním bakterií jejich zachycením ve filtru, což by opět argumentačně podpořilo porušení integrity filtru po jeho zahlcení.

Překvapením byl pozitivní výsledek anaerobní kultivace klostridií ze stěrů vlhkými tampony, což podporuje názor, že filtrem prošly pravděpodobně spory germinující ve vlhkém tamponu.

Diskuse

Položme si zásadní otázku: Je filtrace vzduchu v palubní vzduchotechnice dostačující k zamezení šíření aerogenně přenosné infekce?

Argumenty pro:

1. VYSOKÁ TEPLOTA a STERILITA čerstvého vzduchu přiváděného do směšovače z motorů omezuje počet mikrobů.
2. ÚČINNOST HEPA filtrů je 99,97 % partikulí nad 0,3 μm , čímž je srovnatelná s filtry na operačních sálech nemocnic.
3. Nová směrnice pro ventilaci kabiny určující 4 m^3 vzduchu/cestující Y class/min (MIX 50 : 50) zajišťuje kompletní výměnu vzduchu v kabině 15x za hodinu.
4. NÍZKÁ VLHKOST kabinového vzduchu (12 %) a SUCHOST filtrů znemožňují přežití mikroorganismů.

BAKTERIÁLNÍ SPECIES	VSTUPNÍ STRANA ICU/cm ²	VSTUPNÍ STRANA CFU/ml	VÝSTUPNÍ STRANA ICU/cm ²	VÝSTUPNÍ STRANA CFU/ml
<i>Escherichia coli</i>	38	3,8 x 10 ⁶	156	1,56 x 10 ⁷
<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	41	4,1 x 10 ⁶	174	1,74 x 10 ⁷
<i>Citrobacter spp.</i>	32	3,2 x 10 ⁶	163	1,63 x 10 ⁷
<i>Clostridium tetani</i>	21	2,1 x 10 ⁶	90	9 x 10 ⁶

▲ Tab. č. 4: Kvantitativní porovnání záchytu bakteriálních druhů na vstupní i výstupní straně filtru



ANTIBIOTIKUM	mg/DISK	STAPHYLOCOCCUS EPIDERMIDIS Ø Inh. zóny		ENTEROCOCCUS FAECALIS+ Ø Inh. zóny		STAPHYLOCOCCUS AUREUS Ø Inh. zóny	
OXACILIN	1	0 mm	REZISTENTNÍ	0 mm	REZISTENTNÍ	14 mm	NEURČITÝ
AMPICILIN	2	0 mm	REZISTENTNÍ	0 mm	REZISTENTNÍ	0 mm	REZISTENTNÍ
ERYTROMYCIN	15	20 mm	SENZITIVNÍ	0 mm	REZISTENTNÍ	19 mm	NEURČITÝ
CO-TRIMOXAZOL	25	21 mm	SENZITIVNÍ	0 mm	REZISTENTNÍ	23 mm	SENZITIVNÍ
KLINDAMYCIN	2	0 mm	REZISTENTNÍ	0 mm	REZISTENTNÍ	13 mm	REZISTENTNÍ
CEFOXITIN	30	35 mm	SENZITIVNÍ	0 mm	REZISTENTNÍ	19 mm	NEURČITÝ

+ citlivý vůči VANKOMYCINU							
ANTIBIOTIKUM	mg/DISK	PROTEUS VULGARIS Ø Inh. zóny		PSEUDOMONAS AERUGINOSA Ø Inh. zóny			
AMOXYCILIN + KYSELINA KLAVULANOVÁ	30	20 mm	SENZITIVNÍ	0 mm	REZISTENTNÍ		
CEFTAZIDIM	30	23 mm	SENZITIVNÍ	19 mm	SENZITIVNÍ		
GENTAMICIN	10	15 mm	SENZITIVNÍ	17 mm	REZISTENTNÍ		
MEROPENEM	10	17 mm	SENZITIVNÍ	17 mm	REZISTENTNÍ		
CO-TRIMOXAZOL	25	0 mm	REZISTENTNÍ	0 mm	REZISTENTNÍ		
CIPROFLOXACIN	5	12 mm	REZISTENTNÍ	25 mm	SENZITIVNÍ		

▲ Tab. č. 5: Citlivost/rezistence vůči antibiotikům

5. KVALITA VZDUCHU v kabině letadla NENÍ HORŠÍ NEŽ V JINÝCH DOPRAVNÍCH PROSTŘEDCÍCH (britská studie NIPH 2015).

Argumenty proti:

1. VĚTŠINA VIRŮ JE MENŠÍCH NEŽ 300 nm, proto HEPA filtry PROCHÁZEJÍ, mnohé jsou odolné i vůči vysoké teplotě čerstvého vzduchu (70 °C).
2. Z důvodů úspory pohonných hmot někteří provozovatelé SNIŽUJÍ POMĚR čerstvého vzduchu ve směšovači na 20 % (The Economist 2009).
3. INTERVAL VÝMĚNY HEPA filtrů NĚKOLIKANÁSOBNĚ překračující životnost (5 000 vs. 500 hod.) vede k porušení INTEGRITY FILTRŮ a zvýšení propustnosti i pro bakterie.
4. Bakteriální spory PROCHÁZEJÍ FILTREM.
5. Před opuštěním letadla posádka VYPNE VENTILACI, čímž je umožněna adheze mikrobů a růst populací v různých částech vzduchotechniky.
6. Studie prokázaly, že bakterie v kabině přežívají několik dnů (stafylokoky až 170 hodin).

7. Suchý vzduch v kabině VYSUŠUJE SLIZNICE a odstraní tak jednu z imunitních bariér vůči infekci – hlen.

Další otázkou je, proč jsou rizikové dlouhé lety, a nikoli krátké do 3 hodin letu? Zde je odpověď v tlaku v kabině, který odpovídá nadmořské výšce 2 500 až 3 000 metrů, tedy vysokohorskému prostředí. Studie z oborů imunologie a sportovního lékařství uvádějí, že na změnu

nadmořské výšky reaguje lidský organismus řadou adaptačních procesů, mezi něž, velmi zjednodušeně řečeno, patří i aktivace imunitního systému. Jde o poměrně rychlý proces trvající řádově hodiny. Při nedostatečné antigenní stimulaci dochází k útlumu, návrat z tohoto areaktogenního stavu pak trvá podstatně déle. Proto u krátkých letů do 3 hodin sice k aerogenním, zejména virovým nálezům na palubě dochází, jsou však





okamžitě eliminovány imunitním systémem. Pokud je let delší než 5 hodin, někteří cestující s imunitou v areaktogenním stavu – navíc kvůli suchému vzduchu s další chybějící ochrannou bariérou – mohou být infikováni a onemocnět. S každou další hodinou letu se riziko zvyšuje a rozšiřuje na další jedince.

Závěry

1. V SOUČASNÉ DOBĚ POUŽÍVANÉ HEPA FILTRY ÚČINNĚ ZACHYCUJÍ ČÁSTICE VĚTŠÍ NEŽ 0,3 mm (= 300 nm). Patogenní VIRY o velikosti 20 až 150 nm těmito filtry PROCHÁZEJÍ A JSOU DISTRIBUOVÁNY PO CELÉ KABINĚ LETADLA (viz případ SARS).
2. Ani IATA (International Air Transport Association), ani ICAO (International Civil Aviation Organisation) NEMAJÍ ZÁVAZNÉ PŘEDPISY specifikující druh používaných filtrů a způsob jejich údržby, resp. INTERVAL jejich výměny. Obojí je na rozhodnutí provozovatele letadla. Přibližně u 10 % LETADEL NEJSOU při

výměně instalovány ani HEPA filtry. Výrobce doporučovaná životnost filtrů NENÍ VĚTŠINOU uživateli RESPEKTOVÁNA.

3. Za těchto podmínek může dojít k porušení integrity filtru a otevře se cesta k průchodu vegetativních forem bakterií a plísni skrze filtr a zamoření výfukových potrubí vedoucích vzduch do směšovače a směšovače samotného. Poté již nic NEBRÁNÍ PRONIKÁNÍ infekčních agens do kabiny a distribuci v ní, tak jak tomu bylo u námi vyšetřovaného filtru.
4. Podíváme-li se na cirkulaci vzduchu v kabině, PODMÍNKY pro aerogenní přenos infekce jsou POMĚRNĚ DOBRÉ.
5. NEBEZPEČÍ ŠÍŘENÍ INFEKCE hrozí i po vypnutí ventilátoru, kdy se pohyb vzduchu zastaví. Generační doba bakterií a způsob jejich dělení umožní exponenciální růst populace během velmi krátké doby.
6. KABINA JE PŘETLAKOVÁNA NA HODNOTY ODPOVÍDAJÍCÍ 2 500 až 3 000 m n. m., což lidský organismus vnímá jako vysokohorské prostředí. V prvních hodinách

pobytu je imunitní systém AKTIVOVÁN, aby po 4 až 5 hodinách přešel do ÚTLUMU. Tím se ZNAČNĚ ZVYŠUJE RIZIKO INFEKCE U DÁLKOVÝCH LETŮ.

7. Z hlediska bioteroristického útoku současná praxe značně zvyšuje jeho riziko.

ŘEŠENÍ:

1. **NEPŘEKRAČOVAT VÝROBCEM UDÁVANOU ŽIVOTNOST HEPA FILTRŮ, ČÍMŽ BUDE ZARUČENA JEJICH DEKLAROVANÁ ÚČINNOST.**
2. **ÚPRAVA ČÁSTI VENTILAČNÍHO SYSTÉMU V OBLASTI FILTRU A SMĚŠOVAČE:**
 - A) **VLOŽENÍM NANOTEXTILNÍHO FILTRU ZA HEPA, což zajistí filtraci virů. Vzhledem ke krátké životnosti nanotextilních filtrů (zahlcení) bude nutná technická úprava vzduchotechniky s cílem zpřístupnit místo instalace pro častější snadnou výměnu těchto filtrů;**
 - B) **INSTALACÍ UZAVŘENÉHO UVB ZÁŘIČE ZA SMĚŠOVAČ.**



MUDr. Emil Pavlík, CSc.

Akademický pracovník, Ústav imunologie a mikrobiologie, 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Praze, Studničkova 7, Praha 2. Odborný asistent katedry zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze se sídlem Sportovců 231, Kladno.

Kontakt: epavl@lf1.cuni.cz, pavliemi@fbmi.cvut.cz

Absolvent FVL UK v Praze 1980, obor Všeobecné lékařství, atestace z lékařské mikrobiologie II. stupně 1998, licence ČLK pro vedoucího lékaře-primáře 2000, CSc. v oboru Genetika 2001, školitel PGS v doktorském studijním programu FBMI.

INFORMAČNÍ ZDROJE

1. Airbus A320 CBT 18. Ventilation System. Youtube.com (online) Atlanta: USA 2016 (cit. 2018-02-12).
 2. Cabin Air Quality – risk of communicable diseases transmission. IATA (online) International Air Transport Association IATA, 2018.
 3. Breathing more easily. The Economist (online) London: Kogan Page 2009.
 4. Hocking MB: Trends in Cabin Air Quality of Commercial Aircraft: Industry and Passenger Reviews on Environmental Health 2002, 17:1, s. 1–50.
 5. Thornley CN, Emsley NA: Recurring Norovirus Transmission on an Airplane Clinical Infectious Diseases 2011, 53:6, s. 515–520.
 6. Infectious Disease Mitigation in Airports and on Aircraft (online) Washington D.C. Transportation Research Board of the National Academies 2013 ISBN 978-030-9283-496.
 7. Air Quality During Commercial Flight In. Triposavvy (online) New York Copyright Agent (Legal) 2017.
 8. Madsen E. Environmental Microbiology: from Genomes to Biogeochemistry 2nd Ed. Hoboken New Jersey J. Wiley and sons 2015, ISBN 978-111-8439-630.
 9. Can Flying make you ill? In The Telegraph London (online), London 2015
- Více citací ve: Viktoriya Gvozdeva: Mikrobiální kontaminace filtru kabinového vzduchu dopravního letadla Airbus A319 po vyjmutí v rámci pravidelné servisní výměny. Bakalářská práce. Studijní program: Specializace ve zdravotnictví. Studijní obor: Zdravotní laborant. Vedoucí práce: MUDr. Emil Pavlík, CSc. FBMI ČVUT, Kladno 2018.