

# **MIKROBIÁLNÍ KONTAMINACE OVZDUŠÍ OPERAČNÍHO SÁLU**

**Matoušková I.**

**Ústav preventivního lékařství LF UP v Olomouci**

**25. mezinárodní konference**

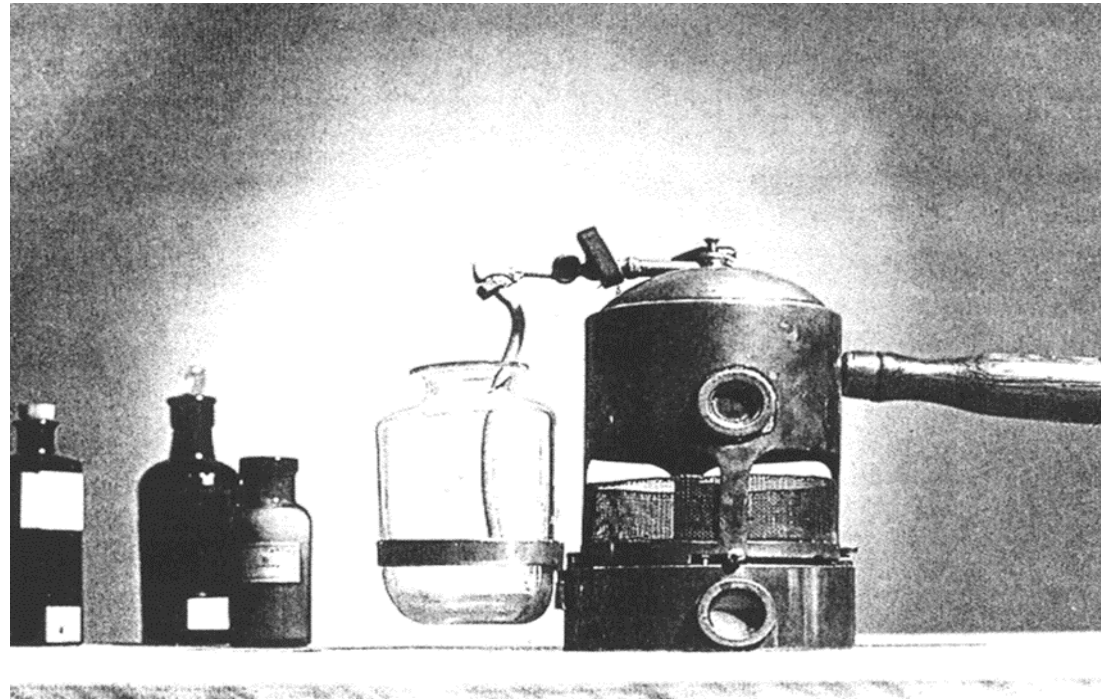
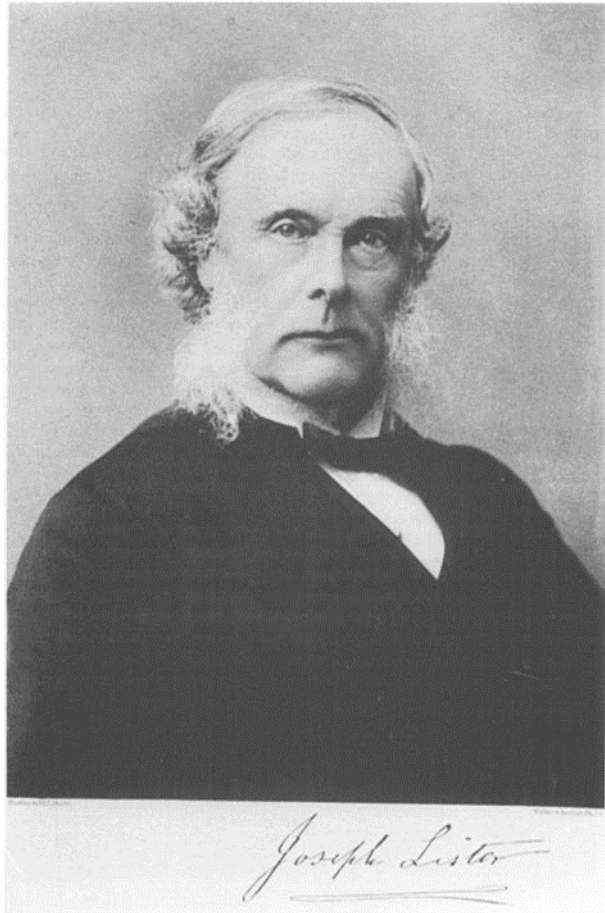
**NEMOCNIČNÍ EPIDEMIOLOGIE A HYGIENA**

**BRNO 17. – 18. dubna 2018**



## Joseph Lister and infection from the air

- r. 1864-1866
- 16 amputací z 35 – fatální konec
- roztok kyseliny karbolové – ruce, nástroje, šití, obvazový materiál, omytí končetiny před amputací

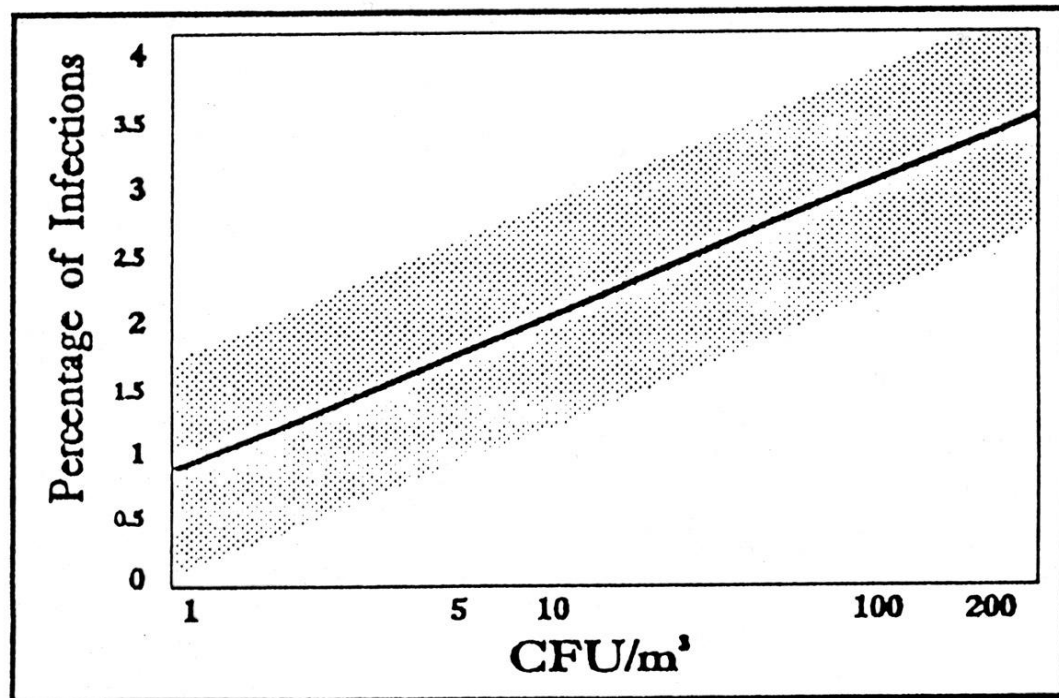


## Joseph Lister and infection from the air

- **konec 19. století – vehikula ubikvitérních částic ve vzduchu**
  - **ruce**
  - **oděv**
  - **oděv operatérů**
  - **instrumenty (zdravotnické prostředky)**
  - **šití a obvazový materiál**
  - **dezinfekční mytí rukou**
  - **„čisté“ prostředí**
- **r. 1891**
  - ***Staphylococcus aureus* – nejčastější původce hnisání operační rány**  
**více R na antiseptika než *Streptococcus pyogenes* a**  
***Bacillus pyocyaneus***

- **r. 1930 – UV záření – Wells – dezinfikovaný vzduch**
- **epidemie spalniček v západním Londýně – UV záření ve třídě**
- **r. 1930 Švýcarsko – HEPA filtr**
  
- **r. 1948 uzavřený oděv – redukce uvolnění bakterií do prostředí (OP) 10x –  
nekomfort**
  
- **r. 1960 – totální endoprotézy – vysoký stupeň sepsí**
  
- **filtrovaný vzduch**
- **textilní materiál pro oděv a rouškování**

**Lidwell O M et al.: Br. Med. J.: 1982; 285 (3):10-14.**



**Fig. 3 \_ Correlation between airborne bacteria charge and the percentage of post-operative infections (Source: Lindwell, 1990)**

- **1974 multicentrická studie**
- **> 8000 operací (náhrada kyčelního, kolenního kloubu)**
- **běžná ventilace x ultračistý vzduch (LAW)**
- **ultračistý vzduch snižuje hlubokou sepsi při totálních výměnách kloubů 2x**

- **PubMed Home**

- **bacteria of air in operating room - 823 článků**

- **Robertson EC, Doyle ME.**

**ON THE CONTROL OF AIR-BORNE BACTERIA IN OPERATING ROOMS  
AND HOSPITAL WARDS: A PRELIMINARY REPORT.**

**Ann Surg. 1940 Mar; 111(3):491-7.**

## **Základní informace**

**výměna vzduchu 8x/hod**

**přívod vzduchu přes papírové  
filtry – vlnitý papír**

**UV lampy Westinghouse  
Sterilamps – 8 kusů kolem  
operačního centrálního světla**

**Přítomné bakterie ve vzduchu**

**průměrně 62 bakterií/cu ft\***

**výměna vzduchu - pokles**

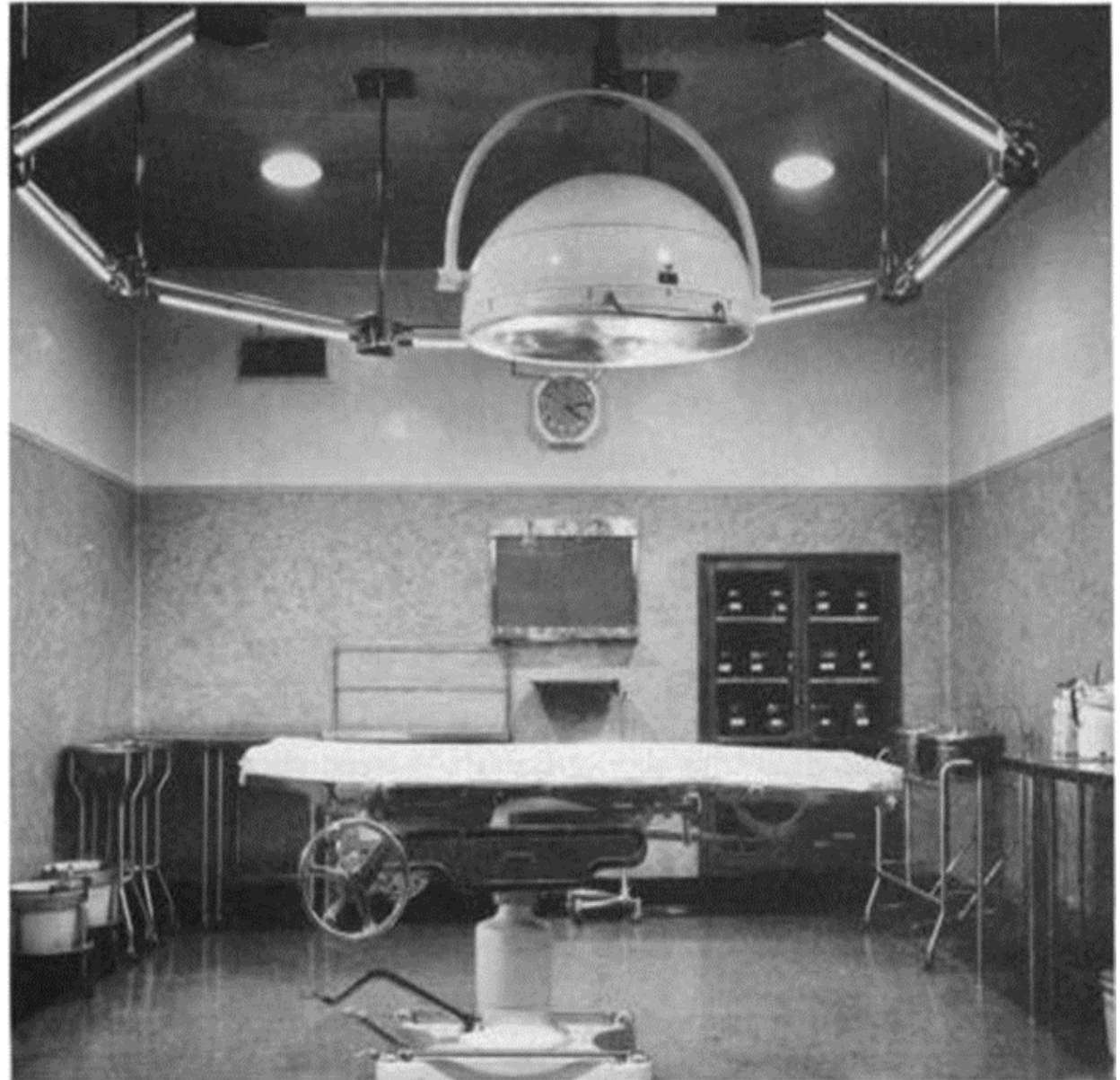
**26 bakterií**

**UV lampy - pokles 16 bakterií**

**výměna vzduchu + UV lampy**

**6 bakterií**

**\*1 cu ft = 0,028 m<sup>3</sup>**





**Vývoj technologie čistých prostorů (cleanroom)**  
a technologie kontrol kontaminace byla podmíněna:

- 1. vývojem HEPA filtru (High Performance Particulate Air) - r. 1930**
- 2. zajištěním jednosměrného proudění vzduchu - r. 1962 - W. J. Whitfield – podmínka k úspěšnému ovládnutí částic přítomných ve vzduchu**

# HEPA filtr

- **HEPA filtr**
  - **typ filtru vzduchu**
  - **HEPA je zkratkou z prvních písmen slov „high efficiency particulate air filter“**
  - **typ vzduchového filtru - odstranění ze vzduchu s minimálně 99,97% účinností částice o velikosti 300 nanometrů. ...**
  - **důležité parametry vláken**
    - **šířka těchto vláken**
    - **jejich vzájemná vzdálenost**
    - **tloušťka celého filtru**

# Vývoj používaných standardů

- r. 1966 - FS 209 - částice > 0.5 um / ft<sup>3</sup>
- tř. čistoty 1, 10, 100, 1000, 10 000, 100 000
  
- r. 1999 - ISO 14644-1 - částice > 0.1 um / m<sup>3</sup>
- tř. čistoty 1 – 9

## Srovnání mezi odpovídajícími tř. FS 209 a ISO 14644-1

<b>FS 209</b>	1	10	<b>100</b>	1000	10 000	100 000	třídy
<b>ISO 14644-1</b>	3	4	<b>5</b>	6	7	8	třídy

**ISO Cleanroom Classification Table (ISO 14644-1: 1999)**

	ISO classification	Highest levels of particle concentrations (particles/m <sup>3</sup> ) equal to or greater than the parameters listed as follows.					
		0.1 μm	0.2 μm	0.3 μm	0.5 μm	1.0 μm	5.0 μm
Certify every 6 months	Iso Class 1	10	2	-	-	-	-
	Iso Class 2	100	24	10	4	-	-
	Iso Class 3	1,000	237	102	35	8	-
	Iso Class 4	10,000	2,370	1,020	352	83	-
	Iso Class 5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29
Certify every 12 months	Iso Class 6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293
	Iso Class 7	-	-	-	352,000	83,200	2,930
	Iso Class 8	-	-	-	3,520,000	832,000	29,300
	Iso Class 9	-	-	-	35,200,000	8,320,000	293,000

## Typy proudění vzduchu:

- jednosměrné proudění vzduchu (laminární) - je nutné pro tř. čistoty ISO 3, 4, 5 - vzduch proudí v jednom směru, rovnoběžné směrnice, rychlostí  $v = 0,45\text{m/s}$ , proudění je homogenní v celém sledovaném průřezu
- nejednosměrné proudění vzduchu (turbulentní)
  - používá se pro tř. čistoty ISO 7, 8 - proudění vzduchu nesplňuje předcházející definici, vzdušina s obsahem aerosolových částic se v čistém prostoru ředí vzdušinou filtrovanou

## **Vybrané parametry vnitřního prostředí operačního sálu ISO tř. 5 / FS 209 tř. 100**

- **HEPA filtr s účinností 99,99 % pro částice > 0,5 um**
- **tlakový gradient nejvyšší v místě operačního pole**
- **min. 15 výměn vzduchu / hod.**
- **teplota vzduchu 20 - 22 °C**
- **relativní vlhkost vzduchu mezi 30-60 % (inhibice množení mikroorganismů)**
- **dekontaminace, kontroly, validace HVAC**

**Zdroj: WHO 2003**

# Personál a pacient

- Částicová a biologická kontaminace

Činnosti člověka	Počet částic > 0,5 um/min
sezení, stání bez pohybu	$1 \times 10^5$
sezení, stání s omezeným pohybem	$5 \times 10^5$
sezení, stání s pohyby těla a paží	$1 \times 10^6$
chůze	$10 \times 10^6$

## **Pracovníci a jejich oděv – zdroj kontaminace**

- **pracovník sám je zdrojem částic -  
částičky kůže, vlasů, bakterií, virů atd.**
- **emise částic je úměrná fyzické aktivitě  
pracovníka a stupni zakrytí nechráněných  
částí lidského těla**
- **emisi částic lze snížit vhodným oděvem :**
  - **jednoduchý střih, částice musí  
zůstat v oděvu**
  - **syntetický neprůhledný materiál zaručující  
vznik a únik minima prachových částic**





**syntetický neprůhledný materiál  
zaručující vznik a únik minimálního  
množství částic –**

**100 % polypropylen –  
165 částic / ft<sup>3</sup> )**

**Kasina et al. Comparison of three distinct clean air  
suits to decrease the bacterial load in the operating  
room: an observational study.**

**polypropylen – největší redukce cfu do vzduchu  
OP**

**bavlna/polyester - mobile laminar airflow unit**

**olefin – mobile laminar airflow unit**

**Patient Safety in Surgery 2016; 10:1-6.**

## Strategie pro minimalizaci rizika SSI

- **3 hlavní oblasti**
- **pacient** – vnitřní rizikové faktory (kouření, diabet atd.)
- **chirurgická technika** – typ chirurgického postupu redukuje riziko SSI
- **vnější prostředí** – optimalizace chirurgického prostředí  
**kvalita vzduchu na OR – VELMI DŮLEŽITÁ –**  
**IMPLANTAČNÍ CHIRURGIE – UDRŽOVÁNÍ MÉNĚ**  
**NEŽ 10 cfu/m<sup>3</sup>**

**Závěr:** pozitivní korelace mezi počtem osob, jejich pohybem na OR a cfu/m<sup>3</sup> ve vzduchu

Andersson AE et al. Traffic flow in the operating room: An explorative and descriptive study on air quality during orthopedic trauma implant surgery.

Am J Infect Control 2012; 40:750-5.

Peter Bischoff et al.

**Effect of laminar airflow ventilation on surgical site infections: a systematic review and meta-analysis. Lancet Infect Dis 2017; 17: 553–61.**

- MEDLINE, Embase, Cochrane Central Register of Controlled Trials, WHO regional medical database – 1990-2014
- **Otázka:** je užití laminární ventilace na OR spojeno s redukcí celkové nebo hluboké SSI u pacientů po chirurgické operaci?
- 12 observačních studií – porovnání laminární a konvenční (turbulentní) ventilace u ortopedické, břišní a cévní chirurgie
- 8 kohortových studií – totální kyčelní náhrada
- 6 kohortových studií – totální kolenní náhrada
  - **metaanalýza nevykázala riziko pro hlubokou SSI**

- riziko celkové SSI nebylo prokázáno ani v případě břišní nebo cévní chirurgie

**ZÁVĚR: metaanalýza neprokázala přínos laminární ve srovnání s konvenční (turbulentní) ventilací OR pro redukcí SSI**

- **ZAŘÍZENÍ NEMUSÍ BÝT INSTALOVÁNO V NOVÝCH OPERAČNÍCH SÁLECH**

- **von Vogelsang AC, Förander P, Arvidsson M, Löwenhielm P.**

**The effect of mobile laminar airflow units on airborne bacterial contamination during neurosurgical procedures.**

**J Hosp Infect. 2018 Mar 23. pii: S0195-6701(18)30175-0. doi:**

**10.1016/j.jhin.2018.03.024. [Epub ahead of print]**

- **kvalita vzduchu na OR – otvírání dveří, počet personálu**
- **neurochirurgické operace – riziko infekce**
- **turbulentní ventilace - MLAF**
- **ověřování účinnosti mobilního laminárního airflow (MLAF)**
  
- **mikrobiologický nález – koaguláza negativní stafylokoky**

# **Modelování obrazů proudění vzduchu ve standardním operačním sále**

- **Laminární strop –**
  - **hlavní prvek pro formování prostředí OR**
  - **jediný přívodní vzduchotechnický element**
  - **slouží pro distribuci a nejjemnější filtraci (3. stupeň filtrace) přiváděného vzduchu**
- **Standardní laminární strop zajišťuje požadovanou čistotu prostředí v operačním poli pacienta**
  - **na všech OR dochází k samoznečištění – po čase provozu dojde ke zvýšení koncentrace částic v operačním poli, tj. sníží se požadovaná třída čistoty**
  - **je to způsobeno přimícháváním vzduchu z prostoru OR do mezní vrstvy a pronikáním tohoto proudu v místech narušeného jednosměrného proudění**

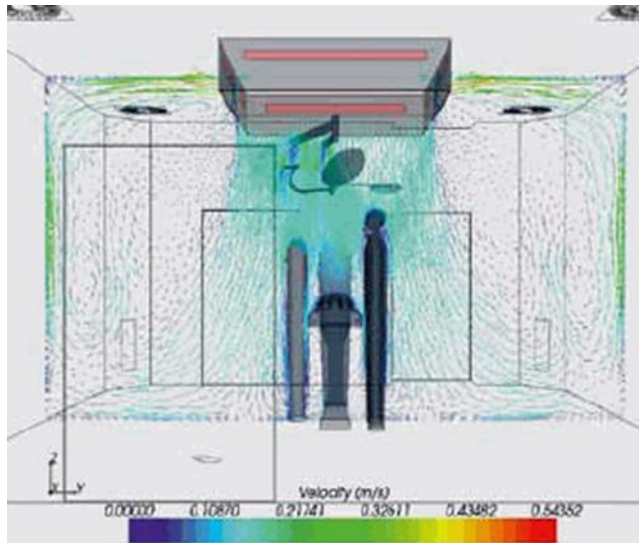
## **Dominantní zdroj částic v OR**

- **oděv zdravotnického personálu**
  - **částice kůže**
  - **kapalný aerosol**
  - **obvazový materiál**
  - **částice emitované lékařským vybavením**
- 
- **částice jsou lehké, velikosti cca 0,5 um v proudícím vzduchu OR téměř nesesedimentují a jsou unášeny zpětnými proudy do místa operačního pole pacienta**
  - **aby nedocházelo k přimíchání částic do operačního pole pacienta, je nutná změna proudění – částečná eliminace zpětných proudů**
  - **navržen nový koncový prvek pro přívod vzduchu do OR – kombinovaný laminární strop - boční vývody přiváděného vzduchu**

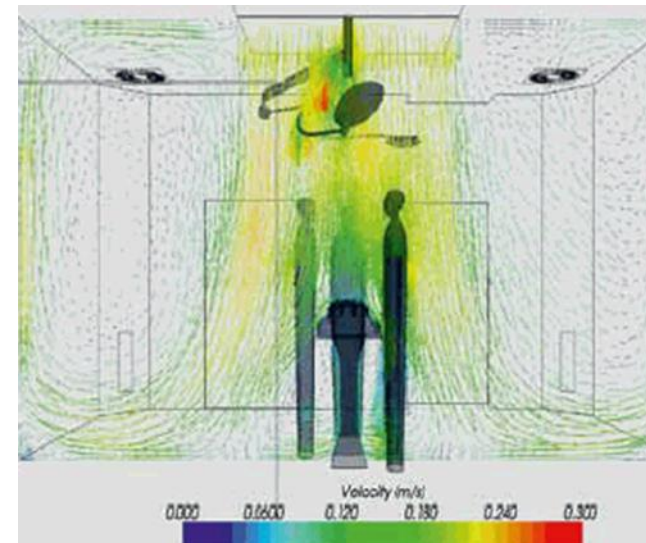
# Nový prvek pro přívod vzduchu na standardním operačním sále – kombinovaný laminární strop

Ing. Aleš Rubina

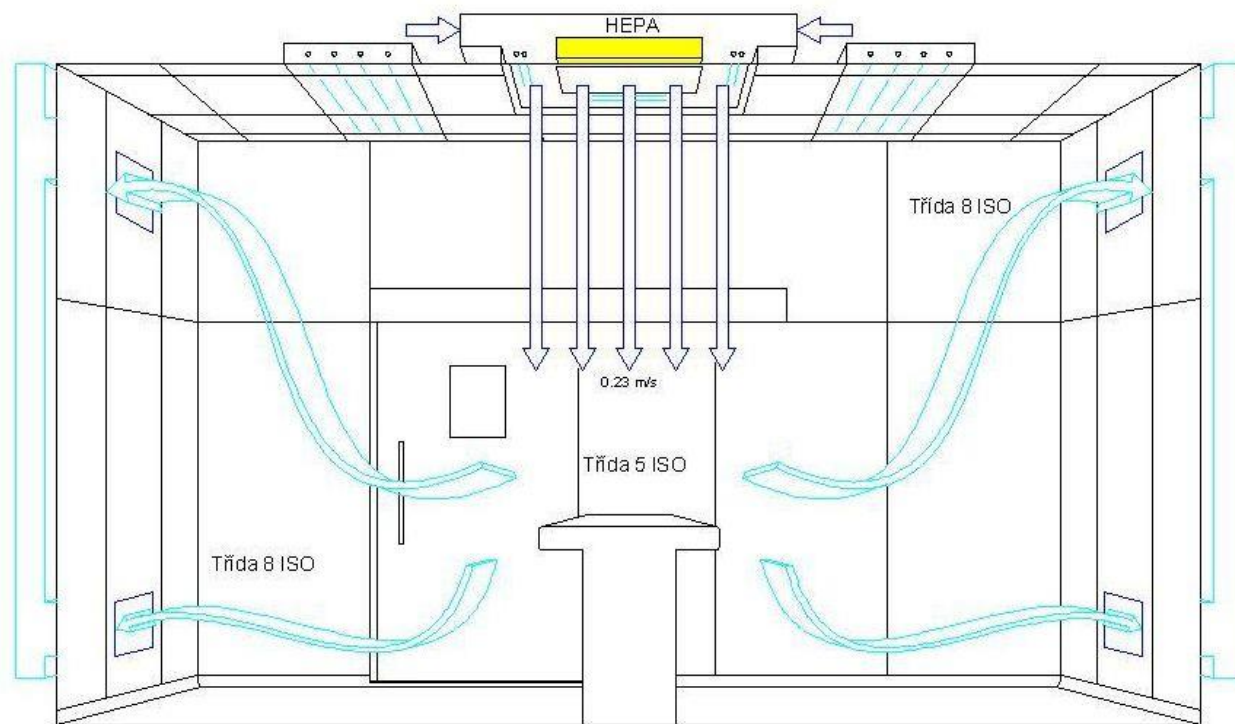
Obr. 1. Obraz proudění na OS s použitím kombinovaného laminárního stropu



Obr. 2. Obraz proudění na OS s použitím laminárního stropu



## Způsob ventilace operačního sálu a kvalita vnitřního vzduchu (Rubina, Rubinová)





# Alsved M. et al. Temperature – controlled airflow ventilation in operating room compared with laminar airflow and turbulent airflow.

J Hosp Infect 2018; 98:181-190.

- 3 typy ventilačních systémů
  - bakteriální kvalita vzduchu – 3 odběrová místa, 45 ortopedických operací
  - spotřeba energie
  - komfort personálu – hluk, průvan
- vertikální laminární proudění (LAF) – 10 cfu/m<sup>3</sup>
- turbulentní směsné proudění (TMF)
- teplotou kontrolované (řízené) proudění (T<sub>c</sub>AF) – 10 cfu/m<sup>3</sup>
  - Spotřeba energie o 28 % nižší než u LAF

# Schéma proudění přiváděného vzduchu

a/ TMA 3200 m<sup>3</sup>/h

b/ LAF 12 000 m<sup>3</sup>/h

c/ T<sub>c</sub>AF 5 600 m<sup>3</sup>/h

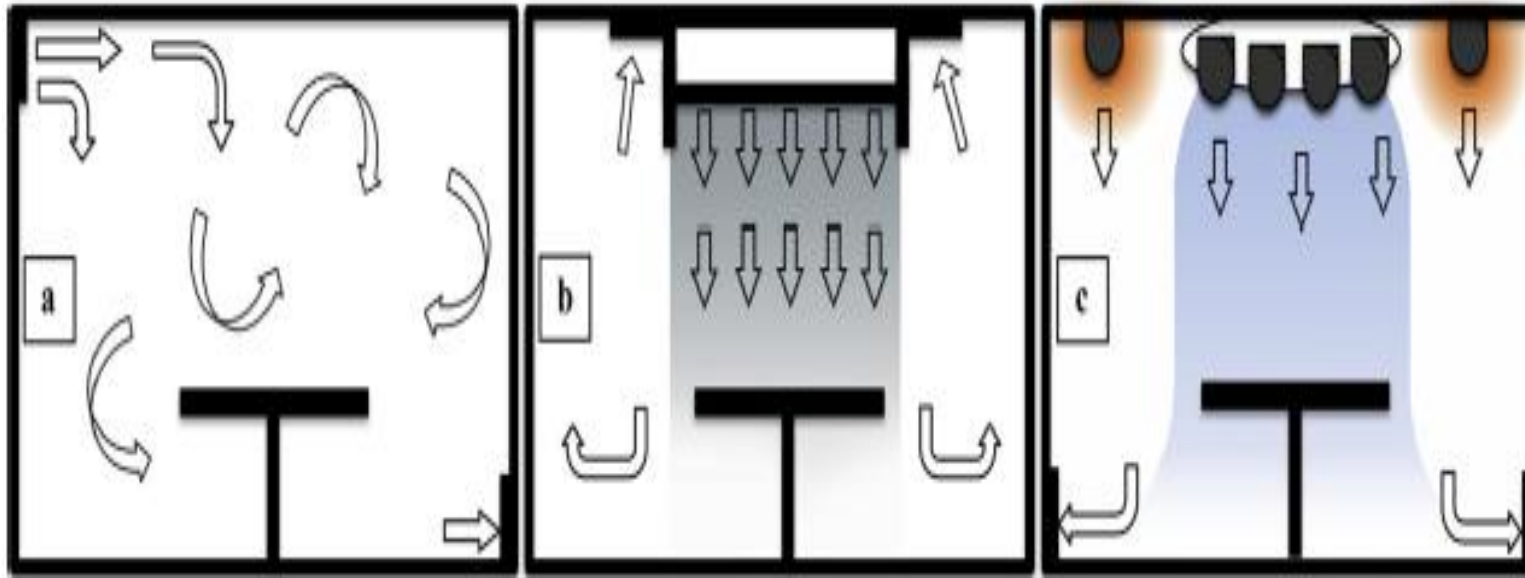


Figure 1. Schematic figures showing the airflow principles of the three ventilation systems: (a) turbulent mixing airflow; (b) laminar airflow; and (c) temperature-controlled airflow.

**Verkalla K. et al.:**  
**Cardio-thoracic surgery 1998; 14:206-210.**

**> 50 % infekcí v čisté chirurgii je způsobeno bakteriemi pocházejícími z kůže pacienta nebo personálu**

**Operační sál s běžnou ventilací:**

- kardiochirurgická operace
- operační oděv zamezující vzniku a uvolňování částic z těla personálu do ovzduší
- speciální rouškování

**kontaminace sternální rány byla redukována o 46 %**

# NEJMENOVANÁ MORAVSKÁ NEMOCNICE



**„Zdejší úmrtnost v důsledku chirurgických zákroků navíc navzdory všemu tomu blyštivému sklu a lesknoucím se pochromovaným nástrojům a vybavení nebyla o moc nižší než dřív.“**

**Edgar Berman**

**Se Schweitzerem v Africe**

**VYŠEHRAD, Praha 1999**

**Děkuji za pozornost**