

Luftrening i operationssalar – ett möjligt globalt behov

LUFTBUREN SMITTA EN ORSAK TILL POSTOPERATIVA SÅRINFEKTIONER

Jörgen Rutegård,
docent i kirurgi, senior
kirurg, institutionen
för diagnostik och
intervention, Umeå
universitet
● jorgen.rutegard@umu.se

Daniel Olsson,
doktorand, tekn lic,
CIT Renery

Catinka Ullmann,
tekn dr, C3
Contamination
Control Consulting

Lars Ekberg,
tekn dr, biträdande
professor, arkitektur
och samhällsbyggnad,
Chalmers tekniska
högskola

Att luftburen smitta är en viktig orsak till postoperativa infektioner klarades av den brittiske ortoped John Charnley et al för många år sedan [1], vilket lett till att man sedan flera decennier installerar avancerade ventilationslösningar i operationssalar i höginkomstländer. Dessa bygger ofta på parallellt luftflöde i vertikal riktning mot operationsbordet, men även omblandande strömning förekommer och har visat sig lika effektiv [2]. De konventionella lösningarna är dock tekniskt komplicerade, utrymmeskrävande och dyra. Vid särskilt känsliga ingrepp är strävan att bland annat med ventilationens hjälp skapa så kallad ultraren luft, med avsikt att hålla infektionsfrekvensen på en mycket låg nivå.

I låginkomstländer är infektionsfrekvensen klart förhöjd, belagt i en artikel i Lancet från 2018 där man

»Vid särskilt känsliga ingrepp är strävan att bland annat med ventilationens hjälp skapa så kallad ultraren luft, med avsikt att hålla infektionsfrekvensen på en mycket låg nivå.«

studerade gastrointestinal kirurgi [3], och även för kejsarsnitt, som är en av de vanligaste operationerna [4,5]. Erfarenhetsmässigt är de flesta operationssalar i låginkomstländer mekaniskt oventilerade och utan luftrening. Enkla luftkonditioneringsapparater förekommer, men dessa kyler luft utan någon reningsfunktion. Mätningar bekräftar att förekomsten av mikroorganismer i luften i sådana salar är många gånger högre än i motsvarande miljöer i höginkomstländer, vilket till stora delar beror på obefintlig eller undermålig ventilation. Även valet av operationskläder påverkar. I låginkomstländer används ofta textillkläder i bomull, slitna av många tvättar och steriliseringar, vilket ger hög genomsläpplighet. Engångsklädsel, som vi är vana vid, är betydligt bättre ur bakteriesynpunkt, men i många fall alltför dyr för att använda rutinmässigt i låginkomstländer.

Alternativ teknisk lösning

Rimligen bör renare luft i operationssalar kunna bidra till att sänka infektionsrisken även i låginkomstländer. Luftrenare har nämnts som ett tänkbart komplement till befintlig ventilation i andra sjukvårdssam-

manhang [6], och i ett pågående forskningsprojekt studerar Chalmers industriteknik och Chalmers tekniska högskola luftrenares inverkan i olika sjukvårdsmiljöer. Projektet baseras dels på mätningar vid Kungälvssjukhus [7], dels på installationer och mätningar i två operationsrum i staden Bukavu, Demokratiska republiken Kongo.

Målet är att framställa ett lättinstallerat och kostnadseffektivt koncept med luftrenare som ger en påtaglig reduktion av luftburna föroreningar (inklusive bakterier) och har hög driftsäkerhet, låg strömförbrukning, låg bullernivå och lågt servicebehov. Projektet löper över tre år, 2023-2025. Arbetet leds av en projektgrupp och en referensgrupp med bred kompetens (www.cleansurgeair.se).

Tekniskt sett bygger konceptet dels på att övertryck säkerställs genom att filtrerad luft tillförs lokalen (förhindrar att luft från intilliggande rum kommer in), dels på rening genom cirkulation och omblandning av rumsluften genom ett filter. Det sistnämnda åstadkoms genom speciellt utformade luftrenare från ett svenskt bolag, Light Air AB, med en patenterad elektrostatisk filtrering utan ozonbildning.

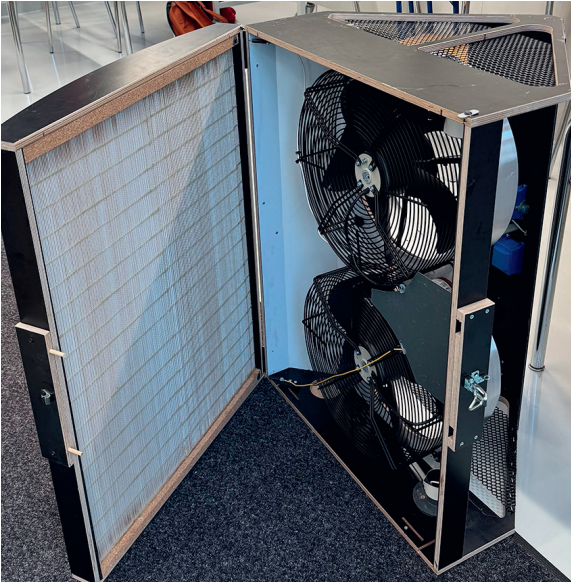
I varje luftrenarmodul finns fläktar som suger in luft och där partiklar laddas elektriskt med hög spänning genom en strömkrets. Luften blåser ut genom ett lamellbyggt filter med annan laddning, varvid partiklarna fastnar i filtret (Figur 1). Filtrets avskiljningsförmåga i kombination med dess nästan obetydliga flödesmotstånd gör luftrenarna utrymmeseffektiva, tysta och energisnåla. De är också enkla att underhålla, och filtren kan tvättas i vatten. Konceptet är även beprövat i andra sjukvårdssammanhang, såsom vårdrum [7].

Metod och förutsättningar för utvärdering

Mätbaserade utvärderingar utfördes i fyra steg, sammanställda i Tabell 1. Analyserna baserades främst på mikrobiologisk provtagning av rumsluftens bakterie-

HUVUDBUDSKAP

- Luftburen smitta anses vara en viktig orsak till postoperativa sårinfektioner. I låginkomstländer är risken förhöjd.
- Ett enkelt koncept baserat på elektrostatisk luftrening har efter omfattande test visat sig effektivt kunna reducera halten av partiklar och bakterier i luften.
- Detta har belagts i laboratoriemiljö och i simulerad operationsmiljö på Kungälvssjukhus samt i fältstudier på två sjukhus i ett låginkomstland.



Figur 1. Prototyp av luftrenare (installerades i Demokratiska republiken Kongo). Den öppna luftrenaren ses framifrån, med avtagbart och tvättbart elektrostatiskt lamellfilter till vänster.



Figur 2. Installation av tilluftsaggregat och 6 väggmonterade luftrenare i en enkel operationssal. CELPA-sjukhuset i Demokratiska republiken Kongo (test 5).

halt, men även partikelhalt, ljudalstring och luftdrag, med mera mättes.

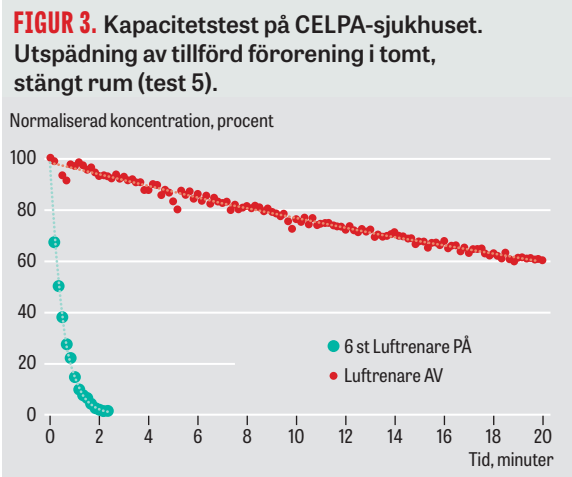
Installationer och test i Demokratiska republiken Kongo (test B och D) möjliggjordes genom personliga kontakter och medverkande personal på plats. Det ena testet genomfördes på Panzisjukhuset, känt från fredspristagaren dr Denis Mukweges arbete för att hjälpa våldsskadade kvinnor, det andra på ett mindre sjukhus, CELPA-sjukhuset, i centrala Bukavu. På Panzisjukhuset användes en nybyggd operationssal som kan representera något av framtiden, och på CELPA-sjukhuset en enkel sal av ordinärt snitt. Ingen av operationssalarna hade dessförinnan effektiv luftrening, även om operationssalen i Panzisjukhuset hade en viss grundventilation.

Installationen på Panzisjukhuset var av temporär karaktär och placerades på golvet i väntan på framtida installation i en intelligande operationsbyggnad under uppbyggnad. Installationen i CELPA-sjukhuset gjordes permanent med en fast monterad ventilationslösning för tilluft och 6 vägghängda luftrenare (Figur 2). I bägge operationsrummen installerades även en uravfuktare med automatisk drift, då den elektrostatiske luftreningen fungerar mindre effektivt vid hög luftfuktighet.

Efter installation genomfördes inledande kapacitetstest (Figur 3). Därefter mättes partikel- och bakteriehalt vid reella operationer, med registrering av antal personer och olika händelser såsom luftfuktighet, ljudnivå och antal dörröppningar. Parallellt genomfördes simulerade operationer i samma salar under förutbestämda och kontrollerade förhållanden, som en referens och ett komplement till de skiftande reella operationerna.

Resultat från Kungälv's sjukhus

Vid testen i personalrummet på Kungälv's sjukhus var resultaten anslående med kraftigt sänkta parti-



TABELL 1. Sammanställning av utförda test

Test	Var	Syfte och beskrivning
A	Chalmers (laboratorium)	● Syfte: Underlag för utveckling av luftrenarprototyper ● Utförande: Utspädningsmätningar för luftrenarkapacitet och ljudmätningar
B	Två sjukhus i Demokratiska republiken Kongo (operationsrum)	● Syfte: Underlag för erforderlig luftrenarkapacitet; referensvärden ● Utförande: Mätningar under ordinarie förutsättningar vid reella operationer
C	Kungälv's sjukhus (personalrum)	● Syfte: Underlag för erforderlig luftrenarkapacitet ● Utförande: Simulerad kirurgi med och utan luftrenare; test med bomulls- respektive engångskläder; luft rörelser studerades med konstgjord rök; totalt 16 »operationer«
D	Två sjukhus i Demokratiska republiken Kongo (operationsrum)	● Syfte: Installation och slutliga test ● Utförande: Samma upplägg som test B men dubblerad luftrenarkapacitet; totalt 20 reella + 13 simulerade operationer

kel- och bakteriehalter (Tabell 2). Mätresultaten vidimerade tydligt även det kända faktum att operationskläderna har betydelse för nivån av luftburna bakterier (CFU [kolonibildande enheter]/m³) [8]. Intressant nog påvisades en ytterligare minskning när simulerade överdragsstövlar (plastpåsar tejpade över vaderna) användes.

Resultat från Demokratiska republiken Kongo

Installationerna på de bägge sjukhusen i Demokratiska republiken Kongo gav mycket god effekt, särskilt den permanenta installationen på CELPA-sjukhuset, där luftrenarna hängdes på avsett vis på väggar. Vid simulerade operationer med bomullskläder sjönk bakteriehalten till 13 procent av ursprungshalten när tilluft och luftrenare aktiverades. Efter byte till engångskläder från Mölnlycke återstod 6 procent, och när slutligen även »stövlar« användes sjönk bakteriehalten till endast 1 procent av ursprungsvärdet. Utan luftrening hade dock engångskläderna ingen mätbar inverkan.

I Tabell 3 redovisas resultat för reella operationer i CELPA-sjukhuset avseende bakterie- och partikelhalt. Resultaten från Panzisjukhuset redovisas ej här, men var något sämre på grund av den tillfälliga installationens utformning.

Diskussion

Studiens styrka är de konsekutiva mätningarna i olika miljöer. En svaghet kan vara att mätning inte genomförts i miljö med mycket låga ingångsvärden, där vi alltså inte känner till luftrenarnas betydelse.

Resultaten från de olika studierna visar att vi med relativt enkla medel uppnådde en betydande reduktion av partiklar och bakterier i luften i operationssalarna, inte minst i CELPA-sjukhuset där luftrenarna hängdes på avsett vis på väggar. Detta trots att rummet hade tämligen smutsiga ytskikt, att operationspersonalen var klädda i urtvättade operationsrockar i bomull och att luftrenarnas effektivitet försämrades av att nätspänningen endast var 200 V.

Den erhållna bakteriehalten ligger i nivå med svenska riktlinjer [9] om max 100 CFU/m³ vid allmänkirurgi, dock över 10 CFU/m³ vid särskilt infektionskänslig kirurgi. Studien kunde även fastslå kläders och »stövlar« inverkan, särskilt vid de simulerade operationerna under kontrollerade förhållanden där dessa aspekter kunde isoleras.

Nu efterlyses kliniska studier för att undersöka i vil-

TABELL 2. Luftens bakteriehalt (CFU/m³). Medelvärden baserade på simulerade operationer i Kungälvssjukhus (test C).

Kläder	Luftrenare AV CFU/m³	Luftrenare PÅ CFU/m³
Bomull ¹	97	8
Engångs ²	37	2
Engångs med »stövlar« ³		0,5

1. Kirurg och assistent i byxor och rockar från Panzisjukhuset, övriga i byxor och blus, samtliga i öppna sandaler. 2. Kläder från Mölnlycke; kirurg och assistent i byxor och rock, övriga i byxor och blus, samtliga i öppna sandaler. 3. Som ovan, men fötter, sandaler och byxa förslutna i plast mot smalben.

TABELL 3. Luftens bakteriehalt och partikelhalt. Medelvärden baserade på reella operationer i CELPA-sjukhuset, Demokratiska republiken Kongo (test D).

Kläder och ventilation	CFU/m³	Partiklar >0,5 µm
Bomull ¹ – ordinarie ventilation (ingen)	1700	25 400
Bomull ¹ – 4 luftrenare	180	540
Bomull ¹ – 6 luftrenare	60	180

1. Kirurg och assistent i byxor och rockar från Panzisjukhuset, övriga i byxor och blus, samtliga i öppna sandaler.

ken mån renare luft verkligen bidrar till att reducera antalet kliniskt betydelsefulla postoperativa sårinfektioner i låginkomstmiljö. ○

- Potentiella bindningar eller jävsförhållanden: Daniel Olsson är anställd vid CIT Renergy. Catinka Ullmann driver företaget C3 Contamination Control Consulting.
- Pedro Gandra har bidragit med värdefulla råd och praktisk hjälp i Demokratiska republiken Kongo.
- Projektet har genomförts med ekonomiskt stöd från forskningsrådet Formas, anslag nr FR 2022/0006.

Läs mer!

Engelsk sammanfattning på Läkartidningen.se

Citera som: Läkartidningen. 2025;122:25009

REFERENSER

1. Lidwell OM, Lowbury EJ, Whyte W, et al. Effect of ultraclean air in operating rooms on deep sepsis in the joint after total hip or knee replacement: a randomised study. Br Med J (Clin Res Ed). 1982;285(6334):10-4.

2. Gandra P. Practical safety ventilation in ultraclean air operating rooms [avhandling]. Göteborg: Chalmers tekniska högskola, institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik; 2018.

3. Globalsurg Collaborative. Surgical site infection after gastrointestinal surgery in high-income, middle-income, and low-income countries: a prospective, international, multicentre cohort study. Lancet Infect Dis. 2018;18(5):516-25.

4. Sobhy S, Arroyo-Manzano D, Murugesu N, et al. Maternal and perinatal mortality and complications associated with caesarean section in low-income and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis. Lancet. 2019;393(10184):1973-82.

5. Biccard BM, Madiba TE, Kluyts HL, et al; African Surgical Outcomes Study (ASOS) investigators. Perioperative patient outcomes in the African surgical outcomes study: a 7-day prospective observational cohort study. Lancet. 2018;391(10130):1589-98.

6. Filipsson P, Ekberg L. Luftflöde i vårdlokaler – med ett fastighetstekniskt perspektiv. Göteborg: Chalmers tekniska högskola, institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, avdelningen för installationsteknik; 2024.

7. CIT Renergy; Filipsson P, Ekberg L, Olsson D. Luftförling och luftrening. Kompletterande mätningar till rapporten Luftflöde i vårdlokaler – med ett fastighetstekniskt perspektiv. 6 maj 2024.

8. Ullmann C, Ljungqvist B, Reinmüller B. Some aspects of protective efficacy of surgical clothing systems concerning airborne microorganisms in a dispersal chamber and during surgical procedures. Eur J Parent Pharmacol Sci. 2017;22(2):51-8.

9. Mikrobiologisk luftrenhet vid invasiva ingrepp – Förebyggande av luftburen smitta – Vägledning och grundläggande krav. SIS/TS 39:2025. Stockholm: Svenska institutet för standarder(SIS); 2025.