

Ventilazione a flusso laminare per la prevenzione delle infezioni del sito chirurgico: la posizione di Swissnoso

2018 / 01

Frank Bally (Seduno), Alexander Schweiger (Basilea), Matthias Schlegel (San Gallo), Andreas F. Widmer (Basilea), Stephan Habarth (Ginevra), Hugo Sax (Zurigo), Nicolas Troillet (Seduno) pour Swissnoso

Introduzione

La prevenzione delle infezioni del sito chirurgico

Le infezioni del sito chirurgico sono correlate a elevate percentuali di morbilità e mortalità, con conseguente compromissione della qualità di vita del paziente e aumento dei costi del ricovero.¹ Le raccomandazioni di diversi organismi internazionali², americani^{3,4} o europei⁵, suggeriscono l'adozione di misure pre-, peri- o postoperatorie, come pure organizzative, al fine di ridurre i rischi di questa complicazione che è frequente anche in Svizzera⁶.

La contaminazione esogena della ferita chirurgica per via aerea o per contatto diretto con materiale contaminato favorisce l'insorgenza delle infezioni.^{7,8} Il personale che lavora in sala operatoria libera batteri, la cui densità si può tuttavia ridurre tramite l'abbigliamento (facendo uso di mascherina, cuffia da sala operatoria e abbigliamento speciale) e limitando il numero delle presenze in sala operatoria. La ventilazione, la limitazione dell'apertura delle porte (che influisce sulla formazione di correnti d'aria), la pulizia della sala, la disinfezione cutanea, la disinfezione delle mani del chirurgo e l'ambiente sterile (abbigliamento, guanti, teli e strumenti sterili) riducono il rischio di contaminazione microbica del sito chirurgico.^{3,5,9,10}

Un pacchetto di misure preventive si è dimostrato efficace, a condizione, però, che tutte le misure del pacchetto siano applicate.^{11,12} Secondo un questionario inviato a 82 ospedali svizzeri nell'autunno 2013, solamente il 62 % degli ospedali partecipanti al sondaggio ha approvato diverse misure preventive raccomandate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) in percentuale superiore al 75 %.¹³

Ventilazione del tratto operatorio

Il trattamento dell'aria del blocco operatorio e delle sale operatorie assicura un ambiente confortevole (temperatura, umidità dell'aria, approvvigionamento dell'ossigeno, rumore). La ventilazione deve rispondere a esigenze tecniche e di sicurezza (tabella 1), illustrate nel Bollettino di Swiss-NOSO nel 2001¹⁴ e definite poco dopo dalla Società Svizzera degli ingegneri nella tecnica impiantistica (SITC).¹⁵ Si devono osservare altre norme a tutela della sicurezza del personale di sala operatoria. La Cassa nazionale dell'assicurazione infortuni svizzera (SUVA) prescrive, ad esempio, che ogni ora occorre ricambiare l'aria facendo entrare almeno 800 m³ di aria esterna per eliminare i gas anestetici.¹⁶ I chirurghi sono esposti anche ai fumi prodotti da trattamenti laser e di elettrocoagulazione, forse anche a patogeni (es. papillomavirus¹⁷).

La direttiva della SITC distingue tre differenti sistemi di ventilazione. Nei sistemi di *ventilazione turbolenta a flusso misto* l'aria filtrata viene immessa in genere dal soffitto, poi si mescola con l'aria ambiente e viene espulsa lateralmente. Il principio della ventilazione con *flusso laminare* (detta anche flusso laminare o unidirezionale) consiste nell'immettere grossi volumi di aria filtrata a velocità controllata (compresa tra 0,3 e 0,6 m/s) dal soffitto dirigendoli sul tavolo operatorio e sull'équipe chirurgica e nel farli poi fuoriuscire lateralmente (figura 1). Idealmente, questo flusso d'aria omogeneo, praticamente sterile, previene la contaminazione del sito chirurgico dalle particelle aviotrasportate presenti nella sala. La *ventilazione diffusiva a strati* consente di diffondere aria leggermente sottoraffreddata lateralmente a livello del pavimento della sala operatoria. A contatto con le fonti di calore presenti, in particolare le persone, l'aria si riscalda e sale verso l'alto, dove viene espulsa. La filtrazione batteriologica

dell'aria in ingresso, la presenza di condizioni di sovrappressione nella sala operatoria, un volume sufficiente di ricambio dell'aria e il controllo del flusso d'aria nella sala riducono la concentrazione di particolato aviotrasportato, in particolare di batteri, nell'aria del campo operatorio e quindi la sua introduzione nella ferita chirurgica.^{18,19}

Durante l'esercizio dell'impianto, sono richiesti controlli tecnici per dimostrare il mantenimento della qualità dell'aria. Due prove integrali sono in grado di verificare globalmente l'effetto della ventilazione, il tempo di recupero (ventilazione turbolenta a flusso misto) e il grado di protezione (ventilazione con flusso laminare). Il tempo di recupero '1:100' misura il tempo necessario per abbassare il tenore in particolato a un centesimo del picco di inquinamento prodotto dall'aggiunta di una carica tipo. Il fattore di protezione misura la protezione relativa della zona sotto l'impianto di ventilazione con flusso laminare rispetto a una carica di particolato che si trova al di fuori di tale zona.

La purezza dell'aria così ottenuta può essere espressa in classi, secondo la definizione data nella norma ISO 14644-1 (da ISO-1 a ISO-8, con la ISO-1 che pone i requisiti più rigorosi). La direttiva della SITC ritiene superflua la determinazione delle classi di purezza, se si eseguono i due test globali cui si è fatto riferimento in precedenza.¹⁵ Altri paesi, tra cui ad esempio la Francia, raccomandano per la sala operatoria durante interventi con impianto di protesi la classe ISO-6, anche se l'ideale sarebbe la classe ISO-5. Si ritiene che l'ultima classe possa essere raggiunta solo nel livello di protezione fornito dai sistemi di ventilazione con flusso laminare, giacché l'aria non si mescola (o si mescola poco) con l'aria della sala operatoria. I controlli microbiologici non sono consigliati, in quanto si eseguono tutti in assenza di persone. La quantità di batteri presenti nell'aria dipende non solo dalle condizioni di ventilazione, ma anche dall'attività delle persone presenti.^{14,15}

Si può solo supporre quale sia l'effetto positivo di tutte queste misure sul tasso di infezioni. Tra questi parametri soltanto l'effetto della ventilazione con flusso laminare è stato oggetto di studi. L'intervento in condizioni di ventilazione con flusso laminare viene proposto di norma solamente per operazioni che impongono i massimi requisiti di purezza, che consistono nell'impianto di protesi (es. protesi articolari o vascolari, valvole cardiache), più recentemente anche protesi mammarie,²⁰ in cui anche una minima contaminazione batterica peri operatoria può indurre l'insorgenza di un'infezione. Per gli altri tipi di intervento, in particolare per la chirurgia addominale e per gli interventi che non prevedono l'impianto di protesi, in cui la maggior parte delle infezioni secondarie non è causata da una fonte esterna, bensì dalla flora endogena del paziente, la ventilazione con flusso laminare non offre presumibilmente alcun vantaggio. Alcuni dati più attuali suggeriscono un vantaggio per la ventilazione con flusso laminare per interventi puliti-contaminati.²¹ Lo studio, però, confronta un

periodo prima e dopo l'installazione del sistema di ventilazione con flusso laminare e non può garantire che gli altri parametri di ventilazione e di condizioni di lavoro fossero effettivamente comparabili.²²

Figura 1: il principio del flusso laminare. Adattato da *Frontiers of Architectural Research* 2013;2:468-75.

Evidenza

L'effetto della ventilazione con flusso laminare dell'ultrafiltrazione dell'aria negli interventi ortopedici è stato oggetto di valutazione nell'ambito di uno studio randomizza-



to pubblicato da Lidwell et al. nel 1982. Gli autori hanno rilevato una riduzione significativa del tasso di infezione dall'1,5 % (sale con ventilazione convenzionale) allo 0,6 % (sale 'ultra-clean' con sistemi di filtrazione a elevata efficienza di fluidi (dall'inglese High Efficiency Particulate Air, HEPA) e ventilazione con flusso laminare).²³ In seguito, gli stessi autori hanno verificato il ruolo della profilassi antibiotica, che non era stato considerato nello studio randomizzato. Il tasso di infezione base è risultato pari al 3,4 % (flusso turbolento senza profilassi antibiotica), all'1,2 % solo con ventilazione con flusso laminare, allo 0,8 % solo con profilassi antibiotica e allo 0,3% con ventilazione con flusso laminare e profilassi antibiotica. Pertanto, la profilassi antibiotica ha dimostrato di avere un effetto comparabile a quello della ventilazione con flusso laminare e un effetto amplificato con la combinazione di ambedue i sistemi.²⁴

Una recente meta-analisi in cui sono stati considerati i dati provenienti da 8 studi di coorte (330.146 protesi dell'anca e 134.368 protesi del ginocchio; tabella 2), ha messo in dubbio l'effetto preventivo della ventilazione con flusso laminare. Questo studio non dimostra, in generale, una diminuzione del tasso di infezione a seguito dell'installazione di sistemi di ventilazione con flusso laminare, anzi per le protesi dell'anca evidenzia addirittura un aumento.²⁵ Il tasso di infezione negli studi considerati nella meta-analisi varia di dieci volte: secondo tre studi, le infezioni diminuiscono in maniera statisticamente significativa con l'impiego dei sistemi di ventilazione con flusso laminare, mentre quattro studi riscontrano un aumento del tasso di infezione senza spiegare questo risultato contrastante.

Discussione

L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha raccomandato di non utilizzare la ventilazione con flusso laminare², un'indicazione non condivisa da diversi organismi internazionali, che in alcuni casi sono addirittura contrari (tabella 3). Come si devono interpretare questi dati?

1. I dati disponibili provengono da studi retrospettivi (studi di coorte), tranne il primo²³. Mancano studi di livello qualitativamente elevato (studi randomizzati). Solo questo tipo di studi consentirebbe di controllare i vari fattori da mettere potenzialmente in discussione. È dunque possibile che un effetto reale della ventilazione con flusso laminare sia stato ignorato o sopravvalutato.
2. Persone e oggetti che interferiscono con il flusso causano turbolenze. La ventilazione con flusso laminare è in realtà un flusso turbolento, la qual cosa ne riduce l'efficienza teorica.
3. È possibile che la ventilazione con flusso laminare abbia un effetto preventivo che è, però, troppo debole per essere dimostrato nelle condizioni reali. Altri fattori hanno un maggiore effetto sull'insorgenza di infezioni, comprese le misure di cui si conoscono le ripercussioni, se non vengono applicate al momento opportuno (come, ad esempio, la profilassi antibiotica).
4. La concentrazione batterica nell'aria del campo operatorio è considerata importante e influisce sul rischio di infezione da contaminazione del sito chirurgico.
 - Altri parametri relativi alla ventilazione influiscono su questa concentrazione batterica nell'aria. Lo studio di Lidwell prende in considerazione due fattori per definire un ambiente 'ultra-clean': la ventilazione con flusso laminare e la filtrazione batteriologica dell'aria.²³ Al contrario, lo studio in questione non cita tra i parametri di ventilazione per le sale operatorie con flusso convenzionale la pressione positiva, la qualità del filtro e nemmeno il coefficiente di ricambio dell'aria per unità di tempo.²³ Un altro studio, che ha confrontato la contaminazione dell'aria a livello del sito chirurgico, dimostra che nelle sale con ventilazione con flusso laminare la carica batterica è più bassa. Tuttavia, queste sale erano dotate di un sistema di ventilazione molto più potente (un ricambio d'aria tre volte maggiore) e di filtri HEPA, mentre le sale di controllo avevano solo filtri "fini".²⁶ In tutti gli studi verificati, determinati parametri di ventilazione, in particolare la filtrazione dell'aria, non erano precisati oppure non sono confrontabili tra le sale con ventilazione con flusso laminare e le sale di controllo.^{23,24,26-29}
 - Il controllo di altri fattori consente effetti simili a quelli della ventilazione con flusso laminare.

Numerosi studi dimostrano che la frequente apertura delle porte e il numero di persone presenti in sala operatoria aumentano la concentrazione batterica nell'aria.^{26,30,31} In presenza di una ventilazione standard, ma non di ventilazione con flusso laminare, la carica batterica nell'aria aumenta con il numero di persone presenti nella sala (a persona il 13 % e più).²⁶ Ciò dimostra che l'applicazione di alcune misure, quali la limitazione del numero delle presenze in sala operatoria durante l'intervento, neutralizza (in parte) il possibile vantaggio prodotto della ventilazione con flusso laminare.

- La profilassi antibiotica rappresenta una misura innegabile per gli interventi ad alto rischio³² e neutralizza, almeno in parte, l'effetto protettivo della ventilazione con flusso laminare, riducendo la carica batterica di una ferita contaminata.
- 5. La ventilazione con flusso laminare potrebbe perfino creare un effetto disastroso:
 - le particelle che possono raggiungere il flusso verticale vengono convogliate sul campo operatorio.
 - Lo studio dimostra che il flusso d'aria reso visibile con il fumo che si diffonde dal ventilatore di uno scambiatore di calore (generatori termici; in uso in cardiocirurgia) può raggiungere il campo operatorio. Sono state accertate diverse infezioni da *M. chimaerae*, che è stato riscontrato nell'acqua dello scambiatore di calore.³³ (<https://www.youtube.com/watch?v=YZ41aLoHrhQ>)
 - I batteri che vengono liberati da ogni persona presente al tavolo, in particolare con i guanti dalle parti scoperte del viso, potrebbero finire nel campo operatorio.³⁴
 - Rispetto a un flusso convenzionale, la ventilazione con flusso laminare induce tendenzialmente un maggiore raffreddamento del paziente³⁵ e l'ipotermia rappresenta un fattore di rischio per l'infezione del sito chirurgico.³

Uno studio che possa vantare una buona potenza statistica per dimostrare un possibile effetto protettivo della ventilazione con flusso laminare in condizioni d'impiego ideali delle misure preventive conosciute richiederebbe una casistica molto elevata. Ed è improbabile che un tale studio si possa realizzare, mentre è probabile che la rigorosa applicazione delle misure preventive considerate efficienti minimizzi l'ulteriore beneficio derivante dalla ventilazione con flusso laminare, ammesso che esista. La ventilazione con flusso laminare è più costosa della ventilazione con flusso turbolento convenzionale. Supponendo una vita utile di 20 anni, si può stimare una maggiorazione di costi (in Germania) di circa 7.000 EUR all'anno per sala operatoria.³⁶

Conclusioni

Allo stato attuale delle conoscenze, non si sa se l'installazione e l'esercizio dei sistemi di ventilazione con flusso laminare riduca il rischio di infezione durante gli interventi con rigorosi requisiti dal punto di vista dell'asepsi, tra cui artroplastica o impianto di valvole cardiache. Alcuni nuovi dati dimostrano addirittura una tendenza all'aumento di tale rischio con l'uso della ventilazione con

flusso laminare. Swissnoso raccomanda invece di investire nell'attuazione di misure preventive il cui effetto sulla riduzione delle infezioni sia ben documentato e la cui applicazione possa essere ancora migliorata. L'efficace attuazione di tali misure eliminerebbe sicuramente, e forse anche in maniera vantaggiosa, l'effetto incerto della ventilazione con flusso laminare.

Tabella 1: Requisiti tecnici per i sistemi di ventilazione in sala operatoria in funzione della tecnologia di ventilazione. Adattato secondo la direttiva della SITC SWKI VA 105-01.¹⁵

Tecnologia di ventilazione	Ventilazione a dislocamento con flusso scarsamente turbolento Superficie del solaio circa 9 m ²	Ventilazione turbolenta a flusso misto oppure Ventilazione diffusiva a strati	Confronto fra Sala per interventi minori, rianimazione, assistenza pre- e postoperatoria
Classe (di pulizia) degli ambienti	1a	1b	2d
Gradiente di pressione	positiva		+/-
Ricambio dell'aria ogni ora		>25	10
Velocità del flusso d'aria verticale	≥0.25 m/s	(non applicabile)	
Immissione di aria esterna fresca ¹⁾	800 m ³ /h		100 m ³ /h
Filtro terminale	H13		F9
Temperatura	21 °C (18 °C - 24 °C)		24 °C - 26 °C
Umidità dell'aria	30 % - 50 %		(non indicata)
Test integrali ²⁾			
Tipologia di test	Grado di protezione ³⁾ (immissione dall'interno e dall'esterno)	Tempo di recupero ⁴⁾ in funzione del carico secondo la ISO 14644-3	Tempo di recupero ⁴⁾ in funzione del carico secondo la ISO 14644-3
Risultato atteso	Senza lampada scialitica: ≥4,0, Con lampada scialitica: ≥2,0	1 : 100 dopo ≤ 20 min	1 : 100 dopo ≤ 25 min
Classe di purezza secondo la norma ISO 14644-1	La mesure de la classe de pureté n'est pas considérée nécessaire si les deux tests intégraux ci-dessus sont conformes.		

¹⁾ Linee guida della SUVA2869/29.d "Esposizione a gas anestetici"¹⁶

²⁾ I test integrali misurano la funzione della ventilazione per intero.

³⁾ La misurazione deve fornire indicazioni in merito al grado di protezione relativo del campo operatorio rispetto all'ingresso di particelle aerodisperse provenienti dall'esterno (dall'area alle spalle dell'équipe chirurgica) o dall'interno (dal pavimento tra gli operatori). Il grado di protezione corrisponde alla differenza di concentrazione (in log) rispetto a una carica di riferimento prevalente al di fuori della zona di protezione. Il valore misurato più basso dopo la carica da fonti esterne o interne rappresenta il fattore decisivo.

⁴⁾ Si misura il tempo necessario per ridurre la contaminazione di un fattore 100 dopo l'esposizione a una carica di riferimento.

Tabella 2a e 2b: Meta-analisi di studi retrospettivi, che comparano l'effetto della ventilazione con flusso a spostamento definito a bassa turbolenza sul rischio di infezione e la ventilazione convenzionale.²⁵

Tabella 2a:Protesi dell'anca

	Ventilazione a dislocamento con flusso scarsamente turbolento		Ventilazione convenzionale		Odds ratio (IC95%)
	Infezioni/interventi	%	Infezioni/interventi	%	
Kakwani et al (2007) ³⁷	0/212	0,0	9/223	4,0	0,05 (0-0,9)
Brandt et al (2008) ³⁸	242/17657	1,4	99/10966	0,90	1,5 (1,2-1,9)
Dale et al (2009) ³⁹	324/45620	0,71	260/48338	0,54	1,3 (1,1-1,6)
Pedersen et al (2009) ⁴⁰	517/72423	0,71	80/8333	0,96	0,7 (0,6-0,9)
Breier et al (2011) ⁴¹	356/29530	1,2	77/11682	0,66	1,8 (1,4-2,4)
Hooper et al (2011) ⁴²	25/16990	0,15	21/34495	0,06	2,4 (1,4-4,3)
Namba et al (2012) ⁴³	46/8478	0,54	109/22013	0,50	1,1 (0,8-1,6)
Song et al (2012) ⁴⁴	34/2037	1,7	16/1149	1,4	1,2 (0,7-2,2)
Totale	1544/192947	0,80	671/137199	0,49	1,3 (0,98-1,7)

Tabella 2a:Protesi del ginocchio

	Ventilazione a dislocamento con flusso scarsamente turbolento		Ventilazione convenzionale		Odds ratio (IC95%)
	Infezioni/interventi	%	Infezioni/interventi	%	
Miner et al (2007) ⁴⁵	15/3513	0,43	13/4775	0,27	1,6 (0,8-3,3)
Brandt et al (2008) ³⁸	55/5993	0,92	22/3403	0,65	1,4 (0,9-2,3)
Breier et al (2011) ⁴¹	93/14456	0,64	36/6098	0,59	1,1 (0,7-1,6)
Hooper et al (2011) ⁴²	27/13994	0,19	23/22832	0,10	1,9 (1,1-3,3)
Song et al (2012) ⁴⁴	27/2151	1,26	23/937	2,45	0,5 (0,3-0,9)
Namba et al, (2013) ⁴³	105/16693	0,63	299/39523	0,76	0,8 (0,7-1,04)
Totale	322/56800	0,57	416/77568	0,54	1,1 (0,8-1,5)

Tabella 3: Posizione delle diverse organizzazioni con riferimento all'impiego della ventilazione con flusso a spostamento definito a bassa turbolenza in sala operatoria

Organizzazione	Anno	Paese	Raccomandazioni
Organizzazione Mondiale della Sanità ²	2016		La ventilazione con flusso a spostamento definito a bassa turbolenza non è consigliata
Centers for Disease Control and Prevention ³	2017	USA	Rimanda al Facility Guidelines Institute (v. sotto)
Facilities Guidelines Institute ⁴⁶	2018	USA	Flusso che corrisponde a una ventilazione con flusso a spostamento definito a bassa turbolenza
Society for Healthcare Epidemiology of America and Infectious Diseases Society of America ⁴	2014	USA	Nessuna indicazione
National Institute for Health and Care Excellence ^{5,47}	2008	Regno Unito	Nessuna indicazione
Department of Health ⁴⁸	2007	Regno Unito	Ventilazione convenzionale o ventilazione con flusso a spostamento definito a bassa turbolenza
Robert Koch Institut ⁴⁹	2007	Germania	Nessuna raccomandazione
Hygienegesellschaft ⁴⁹	2016	Germania	Ventilazione con flusso a spostamento definito a bassa turbolenza per interventi con rigorosi requisiti di asepsi
Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention ⁵⁰	2009	Germania	Nessuna raccomandazione
Société Française d'Hygiène Hospitalière ^{18,51}	2015	Francia	Flux unidirectionnel, en admettant l'absence de preuve
Direttiva della SITC VA 105-01 ¹⁵	2015	Svizzera	Nessuna raccomandazione

Bibliografia

- 1 Badia JM, Casey AL, Petrosillo N, Hudson PM, et al. Impact of surgical site infection on healthcare costs and patient outcomes: a systematic review in six European countries. *J. Hosp. Infect.* 2017; 96(1): 1-15.
- 2 Global guidelines on the prevention of surgical site infection. [Internet] World Health Organisation (WHO); 2016. Available from: <http://www.who.int/gpsc/ssi-prevention-guidelines/en/>
- 3 Berríos-Torres SI, Umscheid CA, Bratzler DW, Leas B, et al. Centers for Disease Control and Prevention Guideline for the Prevention of Surgical Site Infection, 2017. *JAMA Surg.* 2017; 152(8): 784-791.
- 4 Anderson DJ, Podgorny K, Berríos-Torres SI, Bratzler DW, et al. Strategies to Prevent Surgical Site Infections in Acute Care Hospitals: 2014 Update. *Infect. Control Hosp. Epidemiol. Off. J. Soc. Hosp. Epidemiol. Am.* 2014; 35(6): 605-627.
- 5 Surveillance report 2017 – Surgical site infections: prevention and treatment (2008) NICE guideline CG74. [Internet] 2017; Available from: <https://www.nice.org.uk/guidance/cg74/resources/surveillance-report-2017-surgical-site-infections-prevention-and-treatment-2008-nice-guideline-cg74-pdf-5649242244037>
- 6 Troillet N, Aghayev E, Eisenring M-C, Widmer AF, et al. First Results of the Swiss National Surgical Site Infection Surveillance Program: Who Seeks Shall Find. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* 2017; 38(6): 697-704.
- 7 Seropian R. The Importance of Airborne Contamination as a Factor in Postoperative Wound Infection. *Arch. Surg.* 1969; 98(5): 654.
- 8 Dancer SJ, Stewart M, Coulombe C, Gregori A, et al. Surgical site infections linked to contaminated surgical instruments. *J. Hosp. Infect.* 2012; 81(4): 231-238.
- 9 Dankert J, Zijlstra JB, Lubberding H. A garment for use in the operating theatre: the effect upon bacterial shedding. *J. Hyg. (Lond.)*. 1979; 82(1): 7-14.
- 10 Salassa TE, Swiontkowski MF. Surgical attire and the operating room: role in infection prevention. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2014; 96(17): 1485-1492.
- 11 Crolla RMPH, van der Laan L, Veen EJ, Hendriks Y, et al. Reduction of Surgical Site Infections after Implementation of a Bundle of Care. [Internet] *PLoS ONE*. 2012; 7(9)[citè 2018 mars 4] Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3433450/>
- 12 Koek MBG, Hopmans TEM, Soetens LC, Wille JC, et al. Adhering to a national surgical care bundle reduces the risk of surgical site infections. [Internet] *PLoS ONE*. 2017; 12(9)[citè 2018 mars 4] Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5587118/>
- 13 Vuichard D, Troillet N, Eisenring M-C, Dangel M, et al. Standards of Infection Control to Prevent Surgical Site Infections in Switzerland: A Cross-Sectional Survey in 82 Hospitals. *ECCMID Madrid*: 2014.
- 14 Ruef C, Troillet N. Lüftung im Spital: spitalhygienische Aspekte: I. Operationsabteilungen. *Swiss-NOSO Bull.* 8(1): 6-7.
- 15 Richtlinie SWKI / Directive SICC VA 105-01. 2015;
- 16 SUVA-Richtlinie 2869/29.d: Umgang mit Anästhesiegasen. [Internet] Available from: http://www.sohf.ch/Themes/Operation/2869_29_D.pdf
- 17 Hallmo P, Naess O. Laryngeal papillomatosis with human papillomavirus DNA contracted by a laser surgeon. *Eur. Arch. Oto-Rhino-Laryngol. Off. J. Eur. Fed. Oto-Rhino-Laryngol. Soc. EUFOS Affil. Ger. Soc. Oto-Rhino-Laryngol. - Head Neck Surg.* 1991; 248(7): 425-427.
- 18 Qualité de l'air au bloc opératoire et autres secteurs interventionnels. [Internet] 2015; Available from: https://sf2h.net/wp-content/uploads/2015/05/SF2H_recommandations_qualite-de-l-air-au-bloc-operatoire-et-autres-secteurs-interventionnels-2015.pdf
- 19 Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, Silver LC, et al. Guideline for prevention of surgical site infection, 1999. Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* 1999; 20(4): 250-278; quiz 279-280.
- 20 Barr SP, Topps AR, Barnes NLP, Henderson J, et al. Infection prevention in breast implant surgery – A review of the surgical evidence, guidelines and a checklist. *Eur. J. Surg. Oncol. EJSO.* 2016; 42(5): 591-603.
- 21 Barbadoro P, Bruschi R, Martini E, Savini S, et al. Impact of laminar air flow on operating room contamination, and surgical wound infection rates in clean and contaminated surgery. *Eur. J. Surg. Oncol. J. Eur. Soc. Surg. Oncol. Br. Assoc. Surg. Oncol.* 2016; 42(11): 1756-1758.
- 22 Barr SP, Topps AR, Kirwan CC, Northwest Breast Surgical Research Collaborative. Reply to: Impact of laminar air flow on operating room contamination and surgical wound infection rates in clean and contaminated surgery. *Eur. J. Surg. Oncol. J. Eur. Soc. Surg. Oncol. Br. Assoc. Surg. Oncol.* 2016; 42(11): 1759.
- 23 Lidwell OM, Lowbury EJ, Whyte W, Blowers R, 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): 10-14.
- 24 Lidwell OM, Elson RA, Lowbury EJ, Whyte W, et al. Ultraclean air and antibiotics for prevention of postoperative infection. A multicenter study of 8,052 joint replacement operations. *Acta Orthop. Scand.* 1987; 58(1): 4-13.
- 25 Bischoff P, Kubilay NZ, Allegranzi B, Egger M, et al. Effect of laminar airflow ventilation on surgical site infections: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect. Dis.* 2017; 17(5): 553-561.
- 26 Erichsen Andersson A, Petzold M, Bergh I, Karlsson J, et al. Comparison between mixed and laminar airflow systems in operating rooms and the influence of human factors: experiences from a Swedish orthopedic center. *Am. J. Infect. Control.* 2014; 42(6): 665-669.
- 27 Hansen D, Krabs C, Benner D, Brauksiepe A, et al. Laminar air flow provides high air quality in the operating field even during real operating conditions, but personal protection seems to be necessary in operations with tissue combustion. *Int. J. Hyg. Environ. Health.* 2005; 208(6): 455-460.
- 28 Diab-Elschahawi M, Berger J, Blacky A, Kimberger O, et al. Impact of different-sized laminar air flow versus no laminar air flow on bacterial counts in the operating room during orthopedic surgery. *Am. J. Infect. Control.* 2011; 39(7): e25-e29.
- 29 Hirsch T, Hubert H, Fischer S, Lahmer A, et al. Bacterial burden in the operating room: impact of airflow systems. *Am. J. Infect. Control.* 2012; 40(7): e228-232.
- 30 Smith EB, Raphael IJ, Maltenfort MG, Honsawek S, et al. The effect of laminar air flow and door openings on operating room contamination. *J. Arthroplasty.* 2013; 28(9): 1482-1485.
- 31 Ayliffe GA. Role of the environment of the operating suite in surgical wound infection. *Rev. Infect. Dis.* 1991; 13 Suppl 10: S800-804.
- 32 Bratzler DW, Dellinger EP, Olsen KM, Perl TM, et al. Clinical practice guidelines for antimicrobial prophylaxis in surgery. *Am. J. Health-Syst. Pharm. AJHP Off. J. Am. Soc. Health-Syst. Pharm.* 2013; 70(3): 195-283.
- 33 Sommerstein R, Rügge C, Kohler P, Bloemberg G, et al. Transmission of Mycobacterium chimaera from Heater-Cooler Units during Cardiac Surgery despite an Ultraclean Air Ventilation System. *Emerg. Infect. Dis.* 2016; 22(6): 1008-1013.
- 34 Owers KL, James E, Bannister GC. Source of bacterial shedding in laminar flow theatres. *J. Hosp. Infect.* 2004; 58(3): 230-232.
- 35 Yang L, Huang C-Y, Zhou Z-B, Wen Z-S, et al. Risk factors for hypothermia in patients under general anesthesia: Is there a drawback of laminar airflow operating rooms? A prospective cohort study. *Int. J. Surg. Lond. Engl.* 2015; 21: 14-17.
- 36 Seipp H-M, Bartz H, Hofrichter L, Diemer K. Energie- und Kostenvergleich von Operationsräumen der Raumklasse 1a und 1b. *GI - Gebäudetechn. Wiss. Prax.* 2013; 134(06): 372-392.
- 37 Kakwani RG, Yohannan D, Wahab KHA. The effect of laminar air-flow on the results of Austin-Moore hemiarthroplasty. *Injury.* 2007; 38(7): 820-823.
- 38 Brandt C, Hott U, Sohr D, Daschner F, et al. Operating room ventilation with laminar airflow shows no protective effect on the surgical site infection rate in orthopedic and abdominal surgery. *Ann. Surg.* 2008; 248(5): 695-700.
- 39 Dale H, Hallan G, Hallan G, Espehaug B, et al. Increasing risk of revision due to deep infection after hip arthroplasty. *Acta Orthop.* 2009; 80(6): 639-645.
- 40 Pedersen AB, Svendsen JE, Johnsen SP, Riis A, et al. Risk factors for revision due to infection after primary total hip arthroplasty. A population-based study of 80,756 primary procedures in the Danish Hip Arthroplasty Registry. *Acta Orthop.* 2010; 81(5): 542-547.
- 41 Breier A-C, Brandt C, Sohr D, Geffers C, et al. Laminar Airflow Ceiling Size: No Impact on Infection Rates Following Hip and Knee Prosthesis. *Infect. Control Amp Hosp. Epidemiol.* 2011; 32(11): 1097-1102.
- 42 Hooper GJ, Rothwell AG, Frampton C, Wyatt MC. Does the use of laminar flow and space suits reduce early deep infection after total hip and knee replacement?: the ten-year results of the New Zealand Joint Registry. *J. Bone Joint Surg. Br.* 2011; 93(1): 85-90.
- 43 Namba RS, Inacio MCS, Paxton EW. Risk factors associated with surgical site infection in 30,491 primary total hip replacements. *J. Bone Joint Surg. Br.* 2012; 94(10): 1330-1338.

- 44 Song K-H, Kim ES, Kim YK, Jin HY, et al. Differences in the risk factors for surgical site infection between total hip arthroplasty and total knee arthroplasty in the Korean Nosocomial Infections Surveillance System (KONIS). *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* 2012; 33(11): 1086-1093.
- 45 Miner AL, Losina E, Katz JN, Fossel AH, et al. Deep infection after total knee replacement: impact of laminar airflow systems and body exhaust suits in the modern operating room. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* 2007; 28(2): 222-226.
- 46 Guidelines for Design and Construction of Hospitals and Outpatient Facilities. [Internet] 2018; Available from: <https://psnet.ahrq.gov/resources/resource/4069/guidelines-for-design-and-construction-of-hospitals-and-outpatient-facilities>
- 47 Surgical site infections: prevention and treatment. [Internet] 2008; Available from: <https://www.nice.org.uk/guidance/cg74>
- 48 Heating and ventilation systems Health Technical Memorandum 03-01: Specialised ventilation for healthcare premises. [Internet] 2007; Available from: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/144029/HTM_03-01_Part_A.pdf
- 49 Hansis M, Christiansen B, Jürs U, Zastrow K, et al. Anforderungen der Hygiene bei Operationen und anderen invasiven Eingriffen. Mitteilung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention am Robert Koch-Institut. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 2000; 43: 644-48.
- 50 Mitteilung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO). Kommentar der KRINKO zur DIN 1946-4 (2008). *Epidemiol. Bull. Robert Koch Inst.* 2010(4): 35.
- 51 AVIS DE LA SF2H N° 2018-02 relatif au traitement d'air au bloc opératoire pour la prévention du risque infectieux en chirurgie. *Hygiènes.* 26(3): 72-77.

Swissnoso Bulletin

è pubblicato con il sostegno dell'Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP), dell'Associazione svizzera di igiene ospedaliera (SSIO) e della Società svizzera di infettologia (SGInf).

Redazione

Carlo Balmelli (Lugano), Stefan P. Kuster (Zurigo), Jonas Maschall (Berna), Alexander Schweiger (Basilea), Andreas F. Widmer (Basilea), Giorgio Zanetti (Losanna)

Impaginazione

Tobias Ryser, Swissnoso

Corrispondenza Internet

Prof. Dr. Giorgio Zanetti, CHUV, 1011 Lausanne VD
bulletin@swissnoso.ch
www.swissnoso.ch

Swissnoso controlla accuratamente i testi pubblicati per assicurarsi che la scelta e il dosaggio di medicinali e altri prodotti siano conformi alle raccomandazioni e alle prassi ufficiali. In considerazione dei progressi della ricerca e dello stato delle conoscenze scientifiche, come pure di eventuali modifiche a regolamenti, Swissnoso declina ogni responsabilità per eventuali conseguenze in relazione a errori nel dosaggio e l'utilizzo di medicinali o altri prodotti.