

# Flux unidirectionnels (laminaires) pour la prévention des infections du site opératoire : position de Swissnoso.

2018 / 01

Frank Bally (Sion), Alexander Schweiger (Bâle), Matthias Schlegel (Saint Gall), Andreas F. Widmer (Bâle), Stephan Habarth (Genève), Hugo Sax (Zurich), Nicolas Troillet (Sion) pour Swissnoso

## Introduction

### Prévention des infections du site opératoire

L'infection du site opératoire affecte la qualité de vie du patient, par une augmentation de morbidité et de mortalité, et augmente les coûts d'une hospitalisation.<sup>1</sup> Des recommandations de différentes agences ou sociétés internationales,<sup>2</sup> américaines<sup>3,4</sup> ou européennes<sup>5</sup> proposent des mesures pré-, péri- ou postopératoires ou encore organisationnelles afin de diminuer les risques de cette complication qui reste fréquente, y compris en Suisse.<sup>6</sup>

La contamination exogène de la plaie opératoire durant l'intervention par voie aérienne ou par contact direct avec du matériel contaminé contribue aux infections.<sup>7,8</sup> Les personnes se trouvant en salle libèrent des bactéries dont la charge peut être réduite par l'habillement (port du masque, du bonnet et d'habits spéciaux) et la limitation du nombre de personnes en salle. Le traitement de l'air (ventilation), la limitation d'ouvertures de portes (qui altèrent les flux d'air), le nettoyage de la salle, la désinfection cutanée, la désinfection des mains du chirurgien et l'environnement stérile (habillement, gants, champage et instruments stériles) réduisent le risque de contamination microbienne de la plaie opératoire.<sup>3,5,9,10</sup>

La réalisation d'un faisceau de mesures préventives ('bundles') s'est avérée efficace pour autant que l'ensemble des mesures qui constituent le faisceau soit appliqué.<sup>11,12</sup> Un questionnaire adressé à 82 hôpitaux Suisses en automne 2013 a montré que l'adhésion aux diverses mesures préventives recommandées par l'Organisation mondiale de santé (OMS) ne dépassait 75 % que dans 62 % des hôpitaux interrogés.<sup>13</sup>

### Ventilation du bloc opératoire

Le traitement de l'air du bloc opératoire et des salles d'opérations maintient un milieu confortable (température, humidité, oxygénation, bruit). La ventilation doit répondre aux exigences techniques et de sécurité (tableau 1), déjà discutés dans le bulletin swissnoso en 2001<sup>14</sup>, et définies peu après par la Société suisse des ingénieurs en technique de bâtiment (SICC).<sup>15</sup> D'autres normes visant la protection des personnes qui travaillent dans la salle d'opération sont à respecter. Ainsi la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (CNA) demande un apport d'air frais de l'extérieur d'au moins 800 m<sup>3</sup>/h pour l'élimination des gaz d'anesthésie.<sup>16</sup> Les opérateurs sont également exposés aux fumées (provoquées par les traitements par laser et l'électrocoagulation) avec, possiblement, des agents infectieux libérés durant l'opération (p.ex. Papillomavirus<sup>17</sup>).

La directive SICC distingue trois types de flux de ventilation. Le *flux turbulent* (ou non unidirectionnel) où l'air filtré entre en général au plafond, se mélange à l'air présent et sort par les côtés de la salle. Le principe du *flux unidirectionnel* (flux laminaire, aussi appelé flux de refoulement à faible turbulence), est de souffler de l'air filtré à vitesse contrôlée (entre 0.3 et 0.6 m/s), du plafond sur une grande surface englobant la table d'opération et l'équipe qui opère, et de l'aspirer latéralement (figure 1). Idéalement, ce flux d'air quasi stérile et homogène protège le site opératoire d'une contamination par des particules se trouvant ailleurs dans l'air de la salle. La *ventilation à déplacement d'air* souffle de l'air plus froid par des ouvertures proches du sol. L'air se réchauffe au contact avec des sources de chaleur, notamment le personnel présent, et monte pour être aspiré au plafond. Une filtration bactériologique de l'air entrant, une pression positive dans la salle, un nombre suffisant de renouvellements d'air et

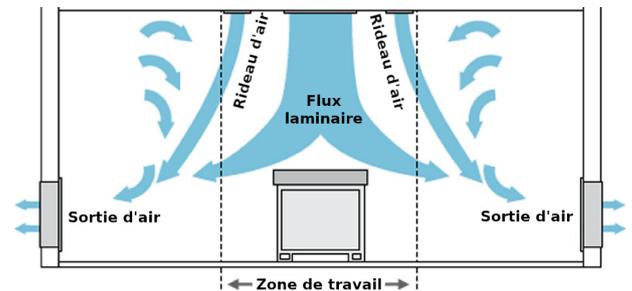
le contrôle du flux d'air dans la salle réduit l'importation de particules, y compris des bactéries, dans la plaie opératoire.<sup>18,19</sup>

Durant l'exploitation, des contrôles techniques réguliers sont nécessaires pour garantir le maintien de la qualité d'air. Deux tests globaux permettent de vérifier l'efficacité de la ventilation dans son ensemble, le test de récupération (ventilation à flux turbulent) et le facteur de protection (ventilation à flux unidirectionnel). Le test de récupération '1:100' mesure le temps nécessaire pour obtenir une diminution à un centième du pic de pollution après une charge prédéfinie de particules. Le facteur de protection mesure le degré de protection de la zone sous flux unidirectionnel contre la présence de particules à son extérieur.

La pureté de l'air obtenue peut être exprimée en classes de propreté selon la norme ISO 14644-1 (ISO-1 à ISO-8, ISO-1 étant l'exigence la plus élevée). La directive SICC juge que la mesure de la classe ISO n'est pas nécessaire si les deux tests globaux mentionnés ci-dessus sont conformes.<sup>15</sup> D'autre pays, p. ex. la France, recommandent, pour une salle d'opération avec implant de matériel, une classe ISO-6, idéalement une classe ISO-5. Il est supposé que cette classe de propreté ne peut s'obtenir que dans la zone couverte par un flux unidirectionnel du fait que l'air ne se mélange pas (ou moins) avec l'air de la salle. Des tests microbiologiques ne sont pas recommandés car les contrôles sont exécutés en l'absence de personnes dans la salle. La concentration bactérienne varie non seulement en fonction des conditions de ventilation, mais aussi en fonction de l'activité de personnes dans la salle.<sup>14,15</sup>

L'impact favorable de toutes ces mesures sur le taux d'infection n'est que supposé. De tous ces paramètres, seul l'impact du flux unidirectionnel sur le taux d'infections a été étudié. L'opération sous flux unidirectionnel n'est en règle proposée que pour des opérations aux exigences maximales de propreté qui comprennent l'implantation de corps étrangers (p. ex. prothèses articulaires et vasculaires, valves cardiaques), dernièrement aussi pour des implants mammaires,<sup>20</sup> où une contamination bactérienne même minime du site opératoire durant l'intervention peut entraîner une infection. Pour les autres types d'opérations, notamment en chirurgie viscérale et les opérations sans implant, le flux unidirectionnel n'est pas sensé amener un bénéfice du fait que la grande majorité des infections secondaires à ces opérations ne provient pas d'une source externe, mais de la flore bactérienne déjà présente chez le patient. Des données plus récentes suggèrent un avantage du flux unidirectionnel même pour les opérations propres-contaminées.<sup>21</sup> L'étude compare une période avant à la période après installation de flux laminaire et ne permet pas d'assurer que les autres paramètres de ventilation et conditions de travail soient comparables.<sup>22</sup>

Figure 1: Principe du flux laminaire. Adapté selon *Frontiers of Architectural Research* 2013;2:468-75.



### Niveau de preuve

L'effet du flux unidirectionnel et de l'ultrafiltration de l'air lors d'opérations orthopédiques a été analysé par une étude randomisée, publiée par Lidwell et al. en 1982. Elle a démontré une baisse significative du taux d'infections de 1.5 % (salles avec ventilation conventionnelle) à 0.6 % (salles 'ultra-clean' avec filtres 'High Efficiency Particulate Air' (HEPA) et flux unidirectionnel).<sup>23</sup> Plus tard, les mêmes auteurs ont réexaminé la contribution relative de la prophylaxie antibiotique qui n'était pas incluse dans la randomisation. Le taux d'infections de base était de 3.4 % (flux turbulent, pas de prophylaxie antibiotique), de 1.2 % avec le flux unidirectionnel seul, de 0.8 % avec l'antibio-prophylaxie seule et de 0.3 % avec le flux unidirectionnel et la prophylaxie antibiotique, suggérant un effet de la prophylaxie antibiotique similaire à celui du flux unidirectionnel, mais aussi un effet additif.<sup>24</sup>

L'effet préventif du flux unidirectionnel a été remis en question par une méta-analyse récente, réunissant les données de 8 études de cohorte (330'146 prothèses de hanche et 134'368 prothèses de genou ; tableau 2). Cette étude ne montre pas moins d'infections en général lors de l'utilisation d'un flux unidirectionnel, mais plutôt une tendance à un taux d'infections plus élevé pour les prothèses de hanche.<sup>25</sup> Le taux d'infections des études incluses varie du simple au décuple. Trois études dans l'analyse montrent une diminution statistiquement significative des infections avec flux unidirectionnel et quatre une augmentation, sans que ces constatations opposées puissent être expliquées.

### Discussion

L'organisation mondiale de santé recommande de ne pas utiliser de flux unidirectionnel,<sup>2</sup> mais les recommandations de différents organismes ou sociétés nationales ne sont pas unanimes, et parfois même contradictoires (tableau 3). Comment faut-il interpréter ces informations ?

1. Les données à disposition proviennent, à l'exception de l'étude initiale,<sup>23</sup> d'études rétrospectives (études de cohorte). Des études de haute qualité (études randomisées) font défaut. Seules ce type d'étude permettrait de maîtriser les facteurs confondants potentiellement en cause. Ainsi, un

effet réel du flux unidirectionnel aurait pu passer inaperçu ou être exagéré.

2. Les personnes et objets qui se trouvent dans le flux, provoquent des turbulences. Le flux unidirectionnel est en réalité turbulent, ce qui diminue son efficacité théorique.
3. Le flux unidirectionnel pourrait avoir un effet préventif, mais trop faible pour être démontré dans les conditions actuelles en raison d'autres facteurs qui ont un impact plus important sur la survenue d'infections, y compris le défaut d'application des mesures dont l'efficacité est démontrée (comme p.ex. la prophylaxie antibiotique au bon moment).
4. La concentration de bactéries dans l'air au-dessus du champ opératoire est reconnue comme importante et influence le risque d'infection par une contamination de la plaie opératoire.
  - Plusieurs paramètres de ventilation influencent cette concentration bactérienne dans l'air. Dans l'étude de Lidwell deux éléments sont pris en compte pour définir un environnement appelé 'ultra-clean' : le flux unidirectionnel et la filtration bactériologique de l'air.<sup>23</sup> Par contre, cette étude ne mentionne que la pression positive comme paramètre de ventilation des salles à flux conventionnel, sans préciser comment l'air y était aussi filtré, ni le nombre d'échanges d'air par unité de temps.<sup>23</sup> Une autre étude comparant la contamination de l'air proche du site opératoire montre une charge bactérienne diminuée dans les salles à flux unidirectionnel.<sup>26</sup> Cependant, ces salles étaient équipées d'un système de ventilation plus performant (trois fois plus d'échanges d'air) et avec des filtres HEPA alors que les salles témoins ne disposaient que de filtres « fins ».<sup>26</sup> En fait, dans toutes les études revues, les paramètres de ventilation, notamment la filtration de l'air, ne sont soit pas précisés, soit pas comparables entre les salles pourvues de flux unidirectionnels et les salles témoins.<sup>23,24,26-29</sup>
  - La maîtrise d'autres facteurs permet d'obtenir un effet similaire à celui du flux unidirectionnel. Plusieurs études montrent que la fréquence d'ouverture des portes de la salle d'opération et le nombre de personnes présentes augmentent la charge bactérienne dans l'air.<sup>26,30,31</sup> La charge bactérienne augmente avec le nombre de personnes présentes (de 13 % par personne), mais uniquement dans la salle à ventilation standard, pas sous flux unidirectionnel.<sup>26</sup> Cela indique que le respect de certaines mesures, telles qu'une limitation du nombre de personnes présentes durant l'opération, neutralise (en partie) le bénéfice possible du flux unidirectionnel.

- La prophylaxie antibiotique, une mesure incontestée pour les interventions à haut risque,<sup>32</sup> neutralise, en tout cas en partie, l'effet protecteur du flux unidirectionnel en réduisant la charge bactérienne d'une plaie contaminée.
5. Le flux unidirectionnel pourrait avoir un effet néfaste en lui-même :
    - Les particules qui arrivent à entrer dans le flux vertical sont projetées dans le champ opératoire,
      - L'expérience montre que le flux d'air, visualisé par de la fumée, propulsé par le ventilateur d'un échangeur de chaleur (« heater-cooler unit ») utilisé en chirurgie cardiaque arrive dans le champ opératoire. Plusieurs infections par *M. chimaerae*, un colonisant de l'eau de l'échangeur, ont été constatées.<sup>33</sup> (<https://www.youtube.com/watch?v=YZ41aLoHrhQ>).
      - Les bactéries cutanées que diffuse chaque opérateur, notamment par des squames provenant de son visage non couvert, pourraient être transportées dans le champ opératoire par le flux unidirectionnel.<sup>34</sup>
    - Le flux unidirectionnel a tendance à davantage refroidir les patients qu'un flux conventionnel<sup>35</sup> et l'hypothermie est un facteur de risque d'infection du site opératoire.<sup>3</sup>

Une étude dont la puissance statistique serait suffisante pour démontrer un possible effet protecteur du flux unidirectionnel dans des conditions idéales d'application des mesures préventives connues, nécessiterait l'inclusion d'un très grand nombre de cas. Il est improbable qu'une telle étude puisse être réalisée mais il est vraisemblable que l'application stricte des mesures préventives démontrées efficaces rendent minime le bénéfice additionnel du flux unidirectionnel, pour autant qu'il en existe un. Un flux unidirectionnel coûte plus cher qu'un flux turbulent. Supposant une utilisation sur 20 ans, ce surcoût peut être estimé (en Allemagne) à environ 7000 EUR par année et par salle d'opération.<sup>36</sup>

### Conclusion

Il est douteux, en l'état actuel des connaissances, que le flux unidirectionnel diminue le risque infectieux lors d'opérations à haute exigence d'asepsie, telles que des arthroplasties ou l'implantation de valves cardiaques. Certaines données récentes indiqueraient même une tendance du flux unidirectionnel à augmenter ce risque. Swissnoso recommande d'investir plutôt dans la réalisation de mesures préventives dont l'effet sur la diminution du risque d'infection est bien documenté, mais dont l'application peut être améliorée. En effet, l'application effective de ces mesures remplacerait avec certitude, et probablement avantageusement, l'effet incertain du flux unidirectionnel.

Tableau 1 : exigences techniques pour la ventilation d'une salle d'opération, selon type de ventilation. Adapté selon Directive SICC VA 105-01.<sup>15</sup>

Type de ventilation	Flux unidirectionnel surface du plafond env. 9m <sup>2</sup>	Flux turbulent ou ventilation par déplacement	Pour comparaison Locaux de petites interventions, réanimation, soins pré- et postopératoires
Classe	1a	1b	2d
Gradient de pression	positif		+/-
Renouvellements d'air par heure		>25	10
Vitesse du flux d'air vertical	≥0.25 m/s	(non applicable)	
Débit d'air neuf <sup>1)</sup>	800 m <sup>3</sup> /h		100 m <sup>3</sup> /h
Filtre final	H13		F9
Température	21 °C (18 °C - 24 °C)		24 °C - 26 °C
Humidité	30 % - 50 %		(pas précisée)
Tests intégraux <sup>2)</sup>			
Type de test	Degré de protection <sup>3)</sup> (apport extérieur et intérieur)	Test de récupération <sup>4)</sup> après charge selon ISO 14644-3	Test de récupération <sup>4)</sup> après charge selon ISO 14644-3
Résultats attendu	sans scalytique : ≥4.0, avec scalytique : ≥2.0	1 : 100 après ≤ 20 min	1 : 100 après ≤ 25 min
Classe de propreté selon ISO 14644-1	La mesure de la classe de pureté n'est pas considérée nécessaire si les deux tests intégraux ci-dessus sont conformes.		

<sup>1)</sup> Directive CNA 2869/29.f « Condition de travail lors d'exposition aux gaz anesthésiques »<sup>16</sup>

<sup>2)</sup> Les tests intégraux mesurent la performance de tous les composants d'une ventilation ensemble

<sup>3)</sup> La mesure doit fournir des indications sur le degré de protection de la zone d'opération contre l'apport d'impuretés (particules) aériennes externes, provenant de l'arrière-plan, ou internes, provenant d'une source proche du sol entre les opérateurs. Le degré de protection correspond à la différence de la concentration de particules au champ de travail (en log) par rapport à une charge de référence à l'extérieur du flux. Le degré de protection le plus bas de tous ceux mesurés par rapport à l'apport de charges externes et internes est déterminant.

<sup>4)</sup> Est mesuré le temps, après une charge particulaire de référence, pour obtenir un centième de la concentration maximale en particules.

Tableau 2a : Prothèses de hanche

	Flux unidirectionnel		Flux conventionnel		Odds ratio (IC95%)
	Infections/Interventions	%	Infections/Interventions	%	
Kakwani et al (2007) <sup>37</sup>	0/212	0.0	9/223	4.0	0.05 (0-0.9)
Brandt et al (2008) <sup>38</sup>	242/17657	1.4	99/10966	0.90	1.5 (1.2-1.9)
Dale et al (2009) <sup>39</sup>	324/45620	0.71	260/48338	0.54	1.3 (1.1-1.6)
Pedersen et al (2009) <sup>40</sup>	517/72423	0.71	80/8333	0.96	0.7 (0.6-0.9)
Breier et al (2011) <sup>41</sup>	356/29530	1.2	77/11682	0.66	1.8 (1.4-2.4)
Hooper et al (2011) <sup>42</sup>	25/16990	0.15	21/34495	0.06	2.4 (1.4-4.3)
Namba et al (2012) <sup>43</sup>	46/8478	0.54	109/22013	0.50	1.1 (0.8-1.6)
Song et al (2012) <sup>44</sup>	34/2037	1.7	16/1149	1.4	1.2 (0.7-2.2)
<b>Total</b>	<b>1544/192947</b>	<b>0.80</b>	<b>671/137199</b>	<b>0.49</b>	<b>1.3 (0.98-1.7)</b>

Tableau 2b : Prothèses de genou

	Flux unidirectionnel		Flux conventionnel		Odds ratio (IC95%)
	Infections/Interventions	%	Infections/Interventions	%	
Miner et al (2007) <sup>45</sup>	15/3513	0.43	13/4775	0.27	1.6 (0.8-3.3)
Brandt et al (2008) <sup>38</sup>	55/5993	0.92	22/3403	0.65	1.4 (0.9-2.3)
Breier et al (2011) <sup>41</sup>	93/14456	0.64	36/6098	0.59	1.1 (0.7-1.6)
Hooper et al (2011) <sup>42</sup>	27/13994	0.19	23/22832	0.10	1.9 (1.1-3.3)
Song et al (2012) <sup>44</sup>	27/2151	1.26	23/937	2.45	0.5 (0.3-0.9)
Namba et al. (2013) <sup>43</sup>	105/16693	0.63	299/39523	0.76	0.8 (0.7-1.04)
<b>Total</b>	<b>322/56800</b>	<b>0.57</b>	<b>416/77568</b>	<b>0.54</b>	<b>1.1 (0.8-1.5)</b>

Tableau 3 : Position de différentes instances sur l'utilisation de flux unidirectionnels en salle d'opération

Autorité	Année	Pays	Recommandation
Organisation Mondiale de la Santé <sup>2</sup>	2016		Flux unidirectionnel déconseillé
Centers for Disease Control and Prevention <sup>3</sup>	2017	USA	Se réfère au « Facilities Guidelines Institute » (cf. ci-dessous)
Facilities Guidelines Institute <sup>46</sup>	2018	USA	Flux correspondant à un flux unidirectionnel
Society for Healthcare Epidemiology of America and Infectious Diseases Society of America <sup>4</sup>	2014	USA	Non mentionné
National Institute for Health and Care Excellence <sup>5,47</sup>	2008	Royaume Uni	Non mentionné
Department of Health <sup>48</sup>	2007	Royaume Uni	Flux turbulent ou unidirectionnel
Robert Koch Institut <sup>49</sup>	2007	Allemagne	Pas de recommandation
Hygienegesellschaft <sup>49</sup>	2016	Allemagne	Flux unidirectionnel pour opérations à haute exigence d'asepsie
Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention <sup>50</sup>	2009	Allemagne	Pas de recommandation
Société Française d'Hygiène Hospitalière <sup>18,51</sup>	2015	France	Flux unidirectionnel, en admettant l'absence de preuve
Richtlinie SWKI / Directive SICCC VA 105-01 <sup>15</sup>	2015	Suisse	Pas de recommandation

## Références

- 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)[cité 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)[cité 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](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](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](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

est publié avec le soutien de l'Office Fédéral de la Santé Publique (OFSP), de la Société Suisse d'Hygiène Hospitalière (SSH), et de la Société Suisse d'Infectiologie (SSI).

#### Rédaction

Carlo Balmelli (Lugano), Stefan P. Kuster (Zurich), Jonas Maschall (Berne), Alexander Schweiger (Bâle), Andreas F. Widmer (Bâle), Giorgio Zanetti (Lausanne)

#### Mise en page

Tobias Ryser, Swissnoso

#### Correspondance Internet

Prof. Dr. Giorgio Zanetti, CHUV, 1011 Lausanne VD  
bulletin@swissnoso.ch  
[www.swissnoso.ch](http://www.swissnoso.ch)

---

Swissnoso contrôle rigoureusement le contenu du Bulletin afin d'assurer que le choix et le dosage des médicaments et des autres produits cités soient en accord avec les recommandations et la pratique en vigueur à l'heure de la publication. Cependant, en raison des progrès continus de la recherche et de l'état de la science, ainsi que des changements éventuels des réglementations, Swissnoso décline toute responsabilité vis-à-vis d'éventuelles conséquences liées à des erreurs de dosage, d'application ou d'usage de médicaments ou autres produits