

Turbulenzarme Verdrängungslüftung (Laminarflow) zur Prävention von postoperativen Wundinfektionen: Stellungnahme von Swissnoso

2018 / 01

Frank Bally (Sitten), Alexander Schweiger (Basel), Matthias Schlegel (St. Gallen), Andreas F. Widmer (Basel), Stephan Habarth (Genf), Hugo Sax (Zürich), Nicolas Troillet (Sitten) für Swissnoso

Einführung

Prävention von postoperativen Wundinfektionen

Postoperative Wundinfektionen beeinträchtigen durch eine erhöhte Morbidität und Mortalität die Lebensqualität des Patienten und erhöhen die Kosten einer Hospitalisation.¹ Die Empfehlungen verschiedener internationaler,² amerikanischer^{3,4} oder europäischer⁵ Agenturen oder Gesellschaften schlagen prä-, intra- oder postoperative, sowie organisatorische Massnahmen vor, um die Risiken dieser Komplikation, die auch in der Schweiz häufig ist, zu reduzieren.⁶

Die exogene Kontamination der Operationswunde auf dem Luftweg oder über direkten Kontakt mit kontaminiertem Material trägt zu diesen Infektionen bei.^{7,8} Die Personen, welche im Operationsaal arbeiten, scheiden Bakterien ab. Deren Dichte kann durch die Bekleidung (Tragen der Maske, der Operationshaube und von Spezialkleidung) und die Limitierung der Anzahl sich im Saal befindenden Personen reduziert werden. Die Belüftung, die Beschränkung der Anzahl Türöffnungen (welche die Strömungsverhältnisse der Luft beeinflussen), die Reinigung des Saals, die Hautdesinfektion, die Händedesinfektion des Chirurgen und die sterile Umgebung (Bekleidung, Handschuhe, sterile Abdeckung und Instrumente) reduzieren das Risiko einer mikrobiellen Kontamination der Operationswunde.^{3,5,9,10}

Verschiedene Bundles haben sich als wirksam in der Reduktion postoperativer Wundinfektionen erwiesen, sofern sämtliche Massnahmen dieses Bündels angewendet werden.^{11,12} Ein im Herbst 2013 an 82 Schweizer Spitäler adressierter Fragebogen hat aufgezeigt, dass die Compliance mit den verschiedenen von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlenen Präventionsmassnahmen nur in 62 % der befragten Spitäler 75 % übersteigt.¹³

Lüftung des Operationstrakts

Die Behandlung der Luft des Operationstrakts und der Operationssäle sorgt für eine angenehme Umgebung (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Sauerstoffversorgung, Lärm). Die Lüftung muss technischen und der Sicherheit dienenden Anforderungen genügen (Tabelle 1), wie sie im Swissnoso Bulletin im Jahr 2001¹⁴ diskutiert und kurz danach durch den Schweizerischen Verein von Gebäudetechnik-Ingenieuren (SWKI) definiert wurden.¹⁵ Andere Normen zum Schutz, der im Saal arbeitenden Personen sind einzuhalten. So schreibt die Schweiz. Unfallversicherungsanstalt (SUVA) vor, dass pro Stunde mindestens 800 m³ Aussenluft eingetragen werden, um die Anästhesiegase zu eliminieren.¹⁶ Die Operateure sind auch Rauchpartikeln, die durch Laserbehandlungen und Elektrokoagulation provoziert werden, möglicherweise auch Erregern (z. B. Papillomavirus¹⁷) ausgesetzt.

Die SWKI-Direktive unterscheidet drei Lüftungstypen. Bei der *turbulenten Mischlüftung* wird filtrierte Luft im Allgemeinen von der Decke her eingeblasen. Diese mischt sich mit der Raumluft und wird seitlich abgezogen. Das Prinzip der *turbulenzarmen Verdrängungslüftung* (Laminarfluss, auch unidirektionaler Fluss genannt) besteht darin, dass filtrierte Luft in kontrollierter Geschwindigkeit (zwischen 0.3 und 0.6 m/s) von der Decke grossflächig auf den Operationstisch und das operierende Team geblasen und seitlich abgezogen wird (Abbildung 1). Im Idealfall schützt diese homogene, praktisch sterile Luftströmung die Operationsstelle vor einer Kontamination mit Partikeln, die sich in der Luft des Saals befinden. Bei *Schicht-Quelllüftung* tritt leicht unterkühlte Luft seitlich in Bodennähe in den Saal ein. Die Luft erwärmt sich an vorhandenen Wärmequellen, insbesondere Personen, und steigt an die Decke, wo sie abgezogen wird. Eine

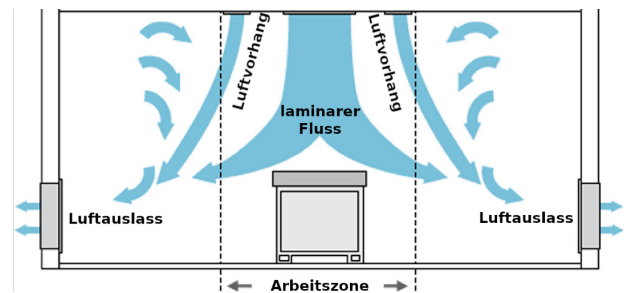
bakteriologische Filtrierung der eintretenden Luft, ein Überdruck im Saal, eine genügende Lufterneuerungsrate und die Kontrolle des Luftflusses im Saal reduzieren das aerogene Einschleppen von Partikeln, insbesondere Bakterien, in die Operationswunde.^{18,19}

Während des Betriebes muss durch technische Kontrollen das Einhalten der Luftqualität aufgezeigt werden. Zwei integrale Tests können die Wirkung der Lüftung gesamthaft prüfen, die Erholzeit (turbulente Mischlüftung) und der Schutzgrad (turbulenzarme Verdrängungslüftung). Die Erholzeit '1:100' misst die Zeit welche es braucht, den Gehalt an Partikeln auf ein Hundertstel der durch das Einbringen einer Musterladung erzeugten Verschmutzungsspitze zu senken. Der Schutzfaktor misst den relativen Schutz der Zone unter der turbulenzarmen Verdrängungslüftung gegenüber einer ausserhalb dieser Zonen befindlichen Partikellast.

Die erreichte Luftreinheit kann in Reinheitsklassen gemäss der Norm ISO 14644-1 (ISO-1 bis ISO-8, wobei ISO-1 die höchsten Anforderungen stellt) ausgedrückt werden. Die SWKI-Direktive hält nicht für notwendig, die Reinheitsklasse zu bestimmen, wenn die beiden obengenannten Globaltests erfüllt sind.¹⁵ Andere Länder, z.B. Frankreich, empfehlen für einen Operationssaal mit Fremdkörpereinbau die Klasse ISO-6, idealerweise ISO-5. Es wird angenommen, dass letztere Klasse nur im Schutzbereich der turbulenzarmen Verdrängungslüftung erreicht werden kann, da die Luft sich nicht (oder weniger) mit der Saalluft mischt. Mikrobiologische Kontrollen werden nicht empfohlen, da alle diese Kontrollen in Abwesenheit von Personen durchgeführt werden. Der Gehalt an Bakterien in der Luft hängt nicht nur von den Lüftungsbedingungen, sondern auch von der Personenaktivität im Saal ab.^{14,15}

Der positive Effekt aller dieser Massnahmen auf die Infektionsrate kann nur angenommen werden. Von diesen Parametern wurde nur der Einfluss der turbulenzarmen Verdrängungslüftung in Studien untersucht. Die Operation unter turbulenzarmer Verdrängungslüftung wird in der Regel nur für Operationen mit maximalen Anforderungen an die Reinheit vorgeschlagen, die Implantate von Fremdkörpern (z.B. Gelenks- oder Gefässprothesen, Herzklappen), kürzlich auch Brustimplantate,²⁰ beinhalten, bei denen selbst eine minimale Kontamination mit Bakterien während des Eingriffs eine Infektion auslösen kann. Für die übrigen Operationsarten, insbesondere der Viszeralchirurgie und Operationen ohne Implantate, bei denen der Grossteil der Sekundärinfektionen nicht durch eine externe Quelle, sondern durch die endogene Flora des Patienten hervorgerufen wird, bietet die turbulenzarme Verdrängungslüftung vermutlich keinen Vorteil. Aktuellere Daten legen einen Vorteil der turbulenzarmen Verdrängungslüftung sogar für sauber-kontaminierte Operationen nahe.²¹ Die Studie vergleicht jedoch eine Periode vor und nach dem Einbau von turbulenzarmer Verdrängungslüftung und kann nicht sicherstellen, dass die anderen Lüftungsparameter und Arbeitsbedingungen wirklich vergleichbar waren.²²

Abbildung 1: Grundsatz der turbulenzarmen Verdrängungslüftung (Laminarfluss). Adaptiert nach *Frontiers of Architectural Research* 2013;2:468-75.



Evidenz

Die Auswirkung der turbulenzarmen Verdrängungslüftung und der Ultrafiltration der Luft bei orthopädischen Operationen wurde in einer 1982 von Lidwell et al. veröffentlichten randomisierten Studie untersucht. Eine signifikante Reduktion der Infektionsrate von 1.5 % (Säle mit konventioneller Lüftung) auf 0.6 % ('ultra-clean'-Säle mit 'High Efficiency Particulate Air' (HEPA) Filtern und turbulenzarmer Verdrängungslüftung) wurde nachgewiesen.²³ Später überprüften dieselben Autoren den relativen Beitrag der Antibiotikaprophylaxe, der in der randomisierten Studie nicht berücksichtigt worden war. Die Basis-Infektionsrate betrug 3.4 % (turbulente Strömung, keine Antibiotikaprophylaxe), 1.2 % nur mit turbulenzarmer Verdrängungslüftung, 0.8 % nur mit Antibiotikaprophylaxe und 0.3 % mit turbulenzarmer Verdrängungslüftung und Antibiotikaprophylaxe. Damit wurde für die Antibiotikaprophylaxe eine ähnliche Wirkung wie für die turbulenzarme Verdrängungslüftung aufgezeigt und für die Kombination eine additive Wirkung nahegelegt.²⁴

In einer vor Kurzem realisierten Metaanalyse, welche die Daten von 8 Kohortenstudien ausgewertet hat (330'146 Hüftprothesen und 134'368 Knieprothesen; Tabelle 2), ist die Präventionswirkung der turbulenzarmen Verdrängungslüftung in Frage gestellt worden. Diese Studie zeigt im Allgemeinen beim Einsatz von turbulenzarmer Verdrängungslüftung nicht weniger Infektionen, für Hüftprothesen jedoch eine höhere Infektionsrate.²⁵ Die Infektionsrate in den eingeschlossenen Studien variiert um ein Zehnfaches. Drei Studien zeigen eine statistisch signifikante Reduktion der Infektionen mit dem Einsatz von turbulenzarmer Verdrängungslüftung, während vier Studien eine Erhöhung zeigen, ohne dass diese gegenteiligen Befunde erklärt werden können.

Diskussion

Die Weltgesundheitsorganisation empfiehlt, die turbulenzarme Verdrängungslüftung nicht einzusetzen,² aber die Empfehlungen verschiedener nationaler Organisationen oder Gesellschaften stimmen nicht überein oder widersprechen sich sogar manchmal (Tabelle 3). Wie ist dies zu interpretieren?

1. Die verfügbaren Daten stammen, mit Ausnahme der ersten Studie,²³ aus retrospektiven Studien (Kohortenstudien). Studien von hoher Qualität (randomisierte Studien) fehlen. Diese Art von Studien würde eine valide Aussage erlauben. So ist es möglich, dass eine reale Wirkung der turbulenzarmen Verdrängungslüftung unbeachtet geblieben oder überschätzt worden ist.
 2. Personen und Gegenstände, die sich in dieser Strömung befinden, verursachen Turbulenzen. Die turbulenzarme Verdrängungslüftung ist in der Realität dennoch eine turbulente Strömung, was ihre theoretische Effizienz reduziert.
 3. Es kann sein, dass die turbulenzarme Verdrängungslüftung eine präventive Wirkung hat, die aber zu schwach ist, um unter den aktuellen Bedingungen aufgezeigt zu werden. Andere Faktoren haben einen grösseren Einfluss auf das Auftreten von Infektionen, einschliesslich der Massnahmen, deren Auswirkungen bekannt sind, wenn sie (wie z. B. die Antibiotikaprophylaxe) nicht im richtigen Zeitpunkt angewendet werden.
 4. Die Bakterienkonzentration in der Luft über dem Operationsfeld wird als wichtig erachtet und beeinflusst das Infektionsrisiko durch eine Kontamination der Operationswunde.
 - Mehrere Lüftungsparameter beeinflussen diese Bakterienkonzentration in der Luft. In der Studie von Lidwell werden zwei Faktoren berücksichtigt, um eine 'ultra-clean' Umgebung zu definieren: die turbulenzarme Verdrängungslüftung und die bakteriologische Filtration der Luft.²³ Hingegen erwähnt diese Studie für die Säle mit konventioneller Strömung weder Positivdruck, noch die Filterqualität und die Lüfterneuerungsrate pro Zeiteinheit als Lüftungsparameter.²³ Eine andere Studie, welche die Kontamination der Luft in der Nähe der Operationsstelle vergleicht, zeigt in den Sälen mit turbulenzarmer Verdrängungslüftung eine geringere Bakterienbelastung.²⁶ Allerdings waren diese Säle mit einem viel stärkeren Lüftungssystem (dreimal höherer Luftaustausch) und mit HEPA-Filtern ausgestattet, während die Kontrollsäle nur über «feine» Filter verfügten.²⁶ In allen überprüften Studien werden gewisse Lüftungsparameter, insbesondere die Filtration der Luft, entweder nicht präzisiert oder sind zwischen den Sälen mit turbulenzarmer Verdrängungslüftung und den Kontrollsälen nicht vergleichbar.^{23,24,26-29}
 - Die Beherrschung anderer Faktoren ermöglicht ähnliche Wirkungen wie die turbulenzarme Verdrängungslüftung. Mehrere Studien zeigen auf, dass die Häufigkeit der Türöffnungen des Operationssaals und die Zahl der anwesenden Personen die Bakterienbelastung in der Luft erhöhen.^{26,30,31} Bei Standardbelüftung, nicht aber bei turbulenzarmer Verdrängungslüftung, wächst die Keimbelastung der Luft mit der Anzahl der im Saal anwesenden Personen (pro Person 13 % mehr).²⁶ Dies zeigt auf, dass die Anwendung gewisser Massnahmen, wie eine Begrenzung der Anzahl Personen, die während einer Operation anwesend sind, den möglichen Nutzen der turbulenzarmen Verdrängungslüftung (teilweise) neutralisiert.
 - Die Antibiotikaprophylaxe stellt eine unbestrittene Massnahme für Interventionen mit hohem Risiko dar³² und neutralisiert, mindestens teilweise, die Schutzwirkung der turbulenzarmen Verdrängungslüftung, indem sie die Bakterienbelastung einer kontaminierten Wunde reduziert.
 5. Die turbulenzarme Verdrängungslüftung könnte sogar selbst eine verhängnisvolle Wirkung entfalten:
 - Die Partikel, die in den vertikalen Fluss gelangen können, werden auf das Operationsfeld geblasen.
 - Der Versuch zeigt, dass der vom Ventilator eines Wärmeaustauschers (Heater-Cooler-Unit; bei Herzchirurgie im Gebrauch) ausgehende, mit Rauch sichtbar gemachte Luftstrom in das Operationsgebiet gelangen kann. Mehrere Infektionen mit *M. chimaerae*, welche im Wasser des Wärmeaustauschers nachgewiesen wurden, wurden festgestellt.³³ (<https://www.youtube.com/watch?v=Y-Z41aLoHrhQ>)
 - Die Bakterien, welche jede Person am Tisch insbesondere mit Hautschuppen vom nicht bedeckten Gesicht absondert, könnten in das Operationsfeld getragen werden.³⁴
 - Die turbulenzarme Verdrängungslüftung kühlt die Patienten tendenziell stärker ab als eine konventionelle Strömung³⁵ und die Hypothermie ist ein Risikofaktor für eine postoperative Wundinfektion.³
- Eine Studie, die über genügend statistische Power verfügt, um eine mögliche Schutzwirkung der turbulenzarmen Verdrängungslüftung unter idealen Anwendungsbedingungen der bekannten Präventionsmassnahmen aufzuzeigen, würde den Einbezug einer sehr grossen Anzahl von Fällen erfordern. Es ist unwahrscheinlich, dass eine solche Studie je realisiert werden kann. Hingegen ist

es wahrscheinlich, dass die strikte Anwendung der als effizient geltenden Präventionsmassnahmen den zusätzlichen Nutzen der turbulenzarmen Verdrängungslüftung, falls ein solcher existiert, minimiert. Die turbulenzarme Verdrängungslüftung ist teurer als eine konventionelle turbulente Lüftung. Ausgehend von einer Nutzungsdauer von 20 Jahren können die Mehrkosten (in Deutschland) auf rund 7000 EUR pro Jahr und pro Operationsaal geschätzt werden.³⁶

Schlussfolgerung

Beim aktuellen Kenntnisstand ist es zweifelhaft, ob Installation und Betrieb einer turbulenzarmen

Verdrängungslüftung das Infektionsrisiko bei Operationen mit hohen Ansprüchen in Bezug auf die Asepsis, wie bei Arthroplastik oder Herzklappenprothesen, reduzieren. Gewisse neue Daten zeigen sogar eine Tendenz zur Erhöhung dieses Risikos durch ihren Einsatz. Swissnoso empfiehlt daher, eher in die Umsetzung von Präventionsmassnahmen zu investieren, deren Wirkung auf die Reduktion der Infektion gut dokumentiert ist und deren Anwendung noch verbessert werden kann. Die effektive Umsetzung dieser Massnahmen würde mit Sicherheit, und wahrscheinlich sogar vorteilhaft, die ungewisse Wirkung der turbulenzarmen Verdrängungslüftung ersetzen.

Tabelle 1: Technische Anforderungen an die Belüftung eines Operationssaales, gemäss Belüftungsart. Angepasst nach SWKI-Direktive SWKI VA 105-01.¹⁵

Belüftungsart	turbulenzarme Verdrängungslüftung Deckenoberfläche ca. 9m ²	turbulente Mischlüftung oder Schicht-Quelllüftung	zum Vergleich: Raum für kleine Eingriffe, Reanimation, prä- und postoperative Pflege
Raumklasse	1a	1b	2d
Druckgradient	positiv		+/-
Lufterneuerungen pro Stunde		>25	10
Geschwindigkeit des vertikalen Luftflusses	≥0.25 m/s	(nicht anwendbar)	
Eintrag an frischer Aussenluft ¹⁾	800 m ³ /h		100 m ³ /h
Endfilter	H13		F9
Temperatur	21 °C (18 °C - 24 °C)		24 °C - 26 °C
Luftfeuchtigkeit	30 % - 50 %		(nicht erwähnt)
<i>Integrale Tests²⁾</i>			
Testtyp	Schutzgrad ³⁾ (Eintrag von innen und aussen)	Erholtest ⁴⁾ nach Ladung gemäss ISO 14644-3	Erholtest ⁴⁾ nach Ladung gemäss ISO 14644-3
Erwartetes Resultat	ohne Operationsleuchte: ≥4.0, mit Operationsleuchte: ≥2.0	1 : 100 nach ≤ 20 min	1 : 100 nach ≤ 25 min
Reinheitsklasse gemäss ISO 14644-1	Die Messung der Reinheitsklasse wird als nicht notwendig erachtet, wenn obengenannte Tests erfüllt werden.		

1) SUVA-Richtlinie 2869/29.d «Umgang mit Anästhesiegasen»¹⁶

2) Die integralen Tests messen die Funktion der Lüftung als Ganzes.

3) Die Messung muss eine Angabe betreffend des relativen Schutzgrades der Operationszone gegen den Eintrag von Luftpartikeln von aussen (aus dem Bereich hinter dem Operationsteam) oder innen (aus Bodennähe zwischen den Operateuren). Der Schutzgrad entspricht der Konzentrationsdifferenz (in log) gegenüber einer ausserhalb der Schutzzone herrschenden Referenzlast. Der niedrigste gemessene Schutzgrad nach Belastung von äusseren oder inneren Quellen ist ausschlaggebend.

4) Es wird die Zeit gemessen, welche es braucht, nach Einbringen einer Referenzlast die Verschmutzung um einen Faktor 100 zu verringern.

Tabelle 2a und 2b: Metaanalyse retrospektiver Studien, welche die Auswirkung der turbulenzarmen Verdrängungslüftung auf das Infektionsrisiko mit der konventionellen Lüftung vergleichen.²⁵

Tabelle 2a: Hüftprothesen

	turbulenzarme Verdrängungslüftung		konventionelle Lüftung		Odds ratio (IC95%)
	Infektionen/Interventionen	%	Infektionen/Interventionen	%	
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)
Total	1544/192947	0.80	671/137199	0.49	1.3 (0.98-1.7)

Tabelle 2b: Knieprothesen

	turbulenzarme Verdrängungslüftung		konventionelle Lüftung		Odds ratio (IC95%)
	Infektionen/Interventionen	%	Infektionen/Interventionen	%	
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)
Total	322/56800	0.57	416/77568	0.54	1.1 (0.8-1.5)

Tabelle 3: Position verschiedener Organisationen in Bezug auf den Einsatz von turbulenzarmer Verdrängungslüftung im Operationssaal

Organisation	Jahr	Land	Empfehlung
Weltgesundheitsorganisation ²	2016		turbulenzarme Verdrängungslüftung nicht empfohlen
Centers for Disease Control and Prevention ³	2017	USA	bezieht sich auf 'Facilities Guidelines Institute' (siehe unten)
Facilities Guidelines Institute ⁴⁶	2018	USA	Strömung, die einer turbulenzarmen Verdrängungslüftung entspricht
Society for Healthcare Epidemiology of America and Infectious Diseases Society of America ⁴	2014	USA	nicht erwähnt
National Institute for Health and Care Excellence ^{5,47}	2008	Vereinigtes Königreich	nicht erwähnt
Department of Health ⁴⁸	2007	Vereinigtes Königreich	konventionelle Lüftung oder turbulenzarme Verdrängungslüftung
Robert Koch Institut ⁴⁹	2007	Deutschland	keine Empfehlung
Hygienegesellschaft ⁴⁹	2016	Deutschland	turbulenzarme Verdrängungslüftung für Operationen mit hohen Anforderungen an Asepsis
Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention ⁵⁰	2009	Deutschland	keine Empfehlung
Société Française d'Hygiène Hospitalière ^{18,51}	2015	Frankreich	turbulenzarme Verdrängungslüftung, mit dem Zugeständnis, dass Beweise fehlen
Richtlinie SWKI / Directive SICCA 105-01 ¹⁵	2015	Schweiz	keine Empfehlung

Referenzen

- 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
- 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

wird mit der Unterstützung des Bundesamtes für Gesundheit (BAG), der Schweizerischen Gesellschaft für Spitalhygiene (SGSH) und der Schweizerischen Gesellschaft der Infektiologie (SGInf) veröffentlicht.

Redaktion

Carlo Balmelli (Lugano), Stefan P. Kuster (Zürich), Jonas Maschall (Bern), Alexander Schweiger (Basel), Andreas F. Widmer (Basel), Giorgio Zanetti (Lausanne)

Layout

Tobias Ryser, Swissnoso

Korrespondenz Internet

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

Swissnoso kontrolliert die publizierten Texte sehr sorgfältig, um sicherzustellen, dass die Auswahl und Dosierung von Medikamenten und anderen Produkte zur Zeit der Publikation mit den offiziellen Empfehlungen und Gepflogenheiten übereinstimmen. Aufgrund des Fortschritts in der Forschung und dem Stand der Wissenschaft, und eventuellen Veränderungen von Reglementen, lehnt Swissnoso jede Verantwortung für die eventuellen Konsequenzen im Zusammenhang mit Fehlern in der Dosierung oder Anwendung von Medikamenten oder anderen Produkten ab.