CEquiz 3 credits

คุณภาพอากาศในคลินิกทันตกรรม
Air Quality in Dental Clinic

รัชนี อัมพรอร่ามเวทย์[1]

Ruchanee Ampornaramveth[1]

[1]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

[1]Department of Microbiology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok

บทคัดย่อ

การให้การรักษาทางทันตกรรมนั้นมีการใช้เครื่องมือที่ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของเลือดและน้ำลาย ซึ่งอาจทำให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรคระหว่างทันตบุคลากรและผู้ป่วยที่มารับการรักษา การควบคุมคุณภาพของอากาศในคลินิกจึงมีความจำเป็นในการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อ บทความนี้จะกล่าวถึงลักษณะของการฟุ้งกระจายที่เกิดขึ้นขณะทำหัตถการทางทันตกรรม การตรวจวัดปริมาณเชื้อในอากาศ ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศในบริเวณต่าง ๆ ในคลินิกที่เป็นที่ยอมรับได้ รวมทั้งมาตรการต่าง ๆ ในการลดหรือกำจัดการฟุ้งกระจาย การจัดการกับอากาศในคลินิกที่ถูกวิธีนอกจากจะช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมที่ปลอดภัยในการทำงาน ยังส่งเสริมให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ป่วยที่มารับบริการทางทันตกรรมด้วย

คำสำคัญ: การควบคุมการติดเชื้อ, การระบายอากาศ, คุณภาพอากาศ, คลินิกทันตกรรม

Abstract

Dental treatments utilize the instruments those generate aerosol comprise of blood and saliva which able to spread the microbial among dental staffs and also the patients. The quality assurance of the air in dental clinic is crucial in control of the infection. This articles will explain how dental aerosol generate during dental treatment, methods of air microbial sample collection, index of microbial air contamination as well as

strategies to reduce or eliminate the aerosol. The proper management of air in dental clinic is not only provide the safe working environment for dental staffs but also provide safety for dental patients.

Keywords: Air quality, Dental clinic, Infection control, Ventilation

Received Date: Aug 25, 2016 Accepted Date: Oct 17,2016
doi: 10.14456/jdat.2017.1

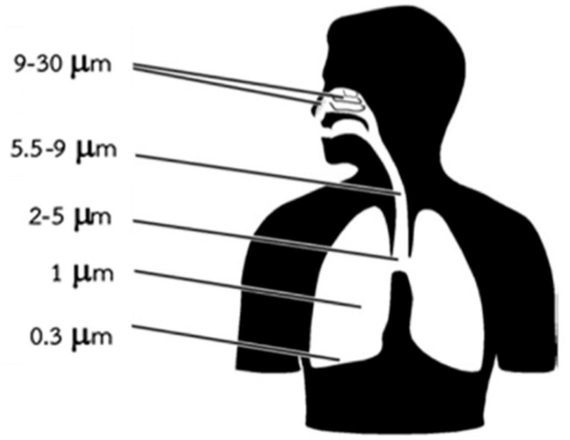
ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:
รัชนี อัมพรอร่ามเวทย์ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330 ประเทศไทย โทรศัพท์: 02-218-8682
โทรสาร: 02-218-8680 อีเมลล์: ruchanee.a@chula.ac.th

Correspondence to:
Ruchanee Ampornaramveth. Department of Microbiology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok 10330 Thailand
Tel: 02-218-8682 Fax: 02-218-8680 E-mail: ruchanee.a@chula.ac.th

บทนำ

การให้การรักษาทางทันตกรรมนั้นก่อให้เกิดละออง กระเด็น (splatter) และละอองลอย (aerosol) ได้มากกว่าการให้การรักษาโรคทั่วไปเนื่องจากในการรักษาทางทันตกรรมมีการใช้เครื่องกรอฟัน (rotary instrument) ทั้งแบบที่มีน้ำหล่อเย็นและไม่มี นอกจากนี้ยังมีการใช้หัวฉีดน้ำและลม (air-water syringe) ในการล้างฟัน ดังนั้นบุคลากรทางทันตกรรมรวมทั้งผู้ป่วยที่เข้ามารับบริการจึงมีโอกาสเสี่ยงต่อการรับเชื้อที่ฟุ้งกระจายออกมาขณะให้การรักษา ละอองกระเด็นและละอองลอยที่เกิดขึ้นนี้อาจประกอบไปด้วยเลือด น้ำลาย และอนุภาคที่เกิดจากบริเวณที่ทำหัตถการร่วมกับน้ำที่ถูกฉีดพ่นออกจากระบบน้ำของยูนิตทำฟัน

ละอองกระเด็น และละอองลอย ในทางทันตกรรมได้ถูกนิยามไว้โดย Micik และคณะ ในปี ค.ศ. 1969[1] โดยละอองกระเด็นหมายถึงอนุภาคในอากาศที่มีขนาดใหญ่กว่า 50 ไมโครเมตร โดยอนุภาคนี้จะกระเด็นออกมาจากแหล่งกำเนิดตามทิศทางแนวแรงและตกลงคล้ายกับลูกบอลที่ถูกขว้างออกไป อนุภาคนี้มีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะล่องลอยอยู่ในอากาศ ส่วนละอองลอยหมายถึงอนุภาคในอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 50 ไมโครเมตร ละอองลอยที่กำเนิดจากเครื่องมือทันตกรรมส่วนใหญ่มีขนาดอนุภาคประมาณ 5 ไมโครเมตร[2] ซึ่งอนุภาคขนาดนี้สามารถลอยฟุ้งอยู่ในอากาศได้นานก่อนที่จะตกลงสู่พื้นผิวสิ่งแวดล้อม และสามารถถูกสูดดมเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้โดยเฉพาะละอองลอยที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 - 10 ไมโครเมตร มีขนาดที่เล็กพอที่จะถูกสูดดมเข้าถึงถุงลมปอด (รูปที่ 1) จะสามารถนำโรคติดต่อของระบบทางเดินหายใจได้ดีขึ้น จากการศึกษาของ Earnest และ Loesche[3] พบว่าละอองลอยที่เกิดขึ้นระหว่างการกรอเพื่อกำจัดรอยผุของฟันมีการปนเปื้อนของเชื้อสเตร็ปโตค็อกคัส มิวแทนส์ (*Streptococcus mutans*) และ สเตร็ปโตค็อกคัส แซงกวินิส (*Streptococcus sanguinis*) ในปริมาณที่สูงโดยเฉพาะในบริเวณรอบ ๆ ตัวผู้ทำหัตถการ อาจมากถึง 200 ซีเอฟยู (CFU; colony forming unit) ในการกรอฟันเพียงแค่ 10 นาที ซึ่งนับว่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อที่ตรวจวัดได้ในบริเวณเดียวกันก่อนเริ่มหัตถการที่มีค่าเพียงแค่ 4 ซีเอฟยู



รูปที่ 1 *ความลึกของการแทรกซึมเข้าไปในระบบทางเดินหายใจของเชื้อโรคขึ้นกับขนาดของอนุภาคละออง*

Figure 1 *The depths of penetration into the respiratory tract of the inhaled microorganisms depend on the size of droplet nuclei.*

เป็นที่แน่ชัดว่าการติดต่อโรคจากการสูดดมเชื้อโรคในอากาศเข้าไป (air-borne infection) ในทางทันตกรรมนั้นเกิดได้จากการสูดดมละอองลอยที่มีขนาดเล็กกว่า 50 ไมโครเมตรที่ปนเปื้อนด้วยเชื้อโรคเข้าไป[4] อย่างไรก็ตามการกระเด็นของละอองก็ยังถือว่าก่อให้เกิดความเสี่ยงของการแพร่กระจายเชื้อโดยเฉพาะในกรณีของเชื้อไมโคแบคทีเรียมทูเบอคูโลซิส (*Mycobacterium tuberculosis;* TB) โดยส่วนใหญ่การติดต่อของเชื้อ TB เกิดจากการก่อตัวของอนุภาคละออง (droplet nuclei) ซึ่งเกิดเมื่อเสมหะหรือน้ำลายที่ปนเปื้อนด้วยเชื้อ TB ของผู้ป่วยด้วยโรควัณโรคกระเด็นออกมาจากตัวผู้ป่วยจากการไอ จาม หรือหัตถการทางทันตกรรม ละอองกระเด็นจะเริ่มระเหยและมีขนาดเล็กลง เกิดเป็นอนุภาคละออง[2] ทำให้อนุภาคละอองเหล่านี้สามารถล่องลอยอยู่ในอากาศได้นานขึ้น หรืออาจจะกลับมาฟุ้งกระจาย (reairborne) ได้อีกหลังจากตกลงสู่พื้นผิวแล้ว ดังนั้นทั้งละอองกระเด็นและละอองลอยที่เกิดขึ้นจากการให้การรักษาทางทันตกรรมสามารถนำพาโรคติดต่อได้ในคลินิก

การปนเปื้อนของน้ำลายและสารคัดหลั่งจากทางเดินหายใจ

สภาวะภายในช่องปากนั้นเปียกชื้นและถูกหล่อด้วยน้ำลายตลอดเวลา ของเหลวในช่องปากนั้นปนเปื้อนด้วยแบคทีเรียและไวรัสมากมายหลายชนิด คราบจุลินทรีย์บนฟัน (dental plaque) ทั้งที่อยู่เหนือเหงือก และภายในร่องเหงือกเป็นแหล่งที่อยู่หลักของเชื้อเหล่านี้[2] นอกจากนี้ช่องปากยังต่อกับโพรงจมูก (oronasal) และช่องคอ (pharynx) ดังนั้นภายในช่องปากจึงสามารถพบเชื้อโรคที่พบในโพรงจมูก คอ และระบบทางเดินหายใจได้ด้วย[2] หัตถการทางทันตกรรมที่ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของละอองกระเด็นและละอองลอยจึงสามารถก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของสารคัดหลั่งที่ปนเปื้อนไปด้วยเชื้อจากแหล่งต่าง ๆ เหล่านี้ได้

เชื้อที่เป็นอันตรายและพบได้ในละอองลอยจากสารคัดหลั่งที่พบภายในช่องปากได้แก่เชื้อ TB ซึ่งก่อให้เกิดโรควัณโรค หากจำเป็นต้องให้การรักษาผู้ป่วยวัณโรคที่อยู่ในระยะแพร่เชื้อจึงต้องกระทำในห้องพิเศษที่มีระบบป้องกันการแพร่กระจายเชื้อทางอากาศ และใช้มาตรการเสริมเพื่อป้องกันการติดเชื้อที่ติดต่อทางอากาศ (airborne precautions) นอกเหนือไปจากหลักการ standard precautions ที่ใช้อยู่เป็นปกติ นอกไปจากนี้น้ำลายและสารคัดหลั่งจากช่องจมูกและคอยังอาจปนเปื้อนด้วยเชื้อก่อโรคอื่น ๆ เช่น ไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคไข้หวัด ไข้หวัดใหญ่ ไวรัสซาร์ส (SARS) โรคเริม เชื้อสเตร็ปโตค็อกคัสก่อโรค (pathogenic Streptococci) และเชื้อสตาไฟโลค๊อกคัส (Staphylococcus) เป็นต้น ในกรณีของเชื้อไวรัสหากผู้ป่วยที่มารับการรักษาในคลินิกป่วยด้วยโรคไวรัสของระบบทางเดินหายใจ เช่น ไวรัสไข้หวัดใหญ่ โอกาสในการแพร่กระจายเชื้อมีได้ตลอดเวลาแม้ไม่ทำหัตถการใด ๆ (ตารางที่ 1) โดยปกติเราใช้หลักการของข้อพึงระวังมาตรฐาน (standard precautions) ในการให้การรักษาผู้ป่วยทางทันตกรรมทุกรายอยู่แล้ว โดยถือว่าผู้ป่วยทุกคนมีเชื้อก่อโรคที่สามารถติดต่อทางเลือดและสารคัดหลั่งอื่น ๆ (ยกเว้นเหงื่อ) เช่น ไวรัสตับอักเสบบี ไวรัสตับอักเสบซี และเชื้อเอชไอวี (HIV) มาตรการนี้ควรขยายให้ครอบคลุมไปถึงการป้องกันเชื้อที่อาจติดต่อทางละอองกระเด็นและละอองลอยที่เกิดขึ้นขณะให้การรักษาผู้ป่วยด้วย[3-4]

ตารางที่ 1 *ระยะที่เชื้อไวรัสที่ติดต่อทางอากาศสามารถฟุ้งกระจายไปได้จากตัวผู้ป่วยเมื่อแสดงพฤติกรรมต่าง ๆ*
Table 1 *Distance of airborne virus spreading from patients when performing different activites.*

พฤติกรรม	ละอองขนาดใหญ่และเล็ก (Large/small droplet) อนุภาคละออง	อนุภาคละออง (Droplet nuclei)
ไอ	1 – 5 ฟุต	160+ ฟุต
จาม	8 – 15 ฟุต	160+ ฟุต
พูด/ร้องเพลง	1 – 3 ฟุต	160+ ฟุต
หายใจทางปาก	1 – 3 ฟุต	160+ ฟุต

การปนเปื้อนมีแหล่งกำเนิดจากบริเวณที่ทำหัตถการ

หัตถการทางทันตกรรมส่วนใหญ่ที่ใช้เครื่องมือเชิงกล (mechanical instrumentation) มักก่อให้เกิดละอองฟุ้งกระจายจากบริเวณที่ทำหัตถการนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น การใช้ด้ามกรอฟัน เครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิค หัวขัด และเครื่องมือเป่าลม (air abrasion) เป็นต้น เครื่องมือเหล่านี้ก่อให้เกิดการกระเด็นและฟุ้งกระจายของละอองกระเด็นและละอองลอยทั้งที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า และไม่สามารถมองเห็นได้ โดยมากมักเกิดกับเครื่องมือที่หมุนด้วยความเร็ว (rotary instrument) เครื่องมือที่มีการสั่นแบบอัลตราโซนิค หรือการสเปรย์น้ำร่วมกับอากาศ มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าหากใช้เครื่องขูดหินปูนอัลตราโซนิคโดยไม่ใช้น้ำเพื่อหล่อเย็น ยังสามารถพบละอองกระเด็นของน้ำกระจายออกรอบ ๆ หัวขูดขณะเดินเครื่อง แสดงให้เห็นว่าละอองกระเด็นของน้ำที่กระจายออกมาขณะเดินเครื่องนั้นคือน้ำที่อยู่บริเวณที่ทำหัตถการ ซึ่งก็คือเลือด น้ำลาย หรือนำในร่องเหงือกนั่นเอง ละอองกระเด็นที่ฟุ้งกระจายออกมานี้สามารถมองเห็นได้ด้วยตาว่ากระเด็นไปได้ไกลถึง 18 นิ้วจากบริเวณที่ทำหัตถการ[5] ตัวอย่างของหัตถการทางทันตกรรมที่ก่อให้เกิดละอองกระเด็นและละอองลอยแสดงในตารางที่ 2[6]

ตารางที่ 2 *อัตราการผลิตเชื้อ (ซีเอฟยู/นาที) และร้อยละของอนุภาคละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอนที่เกิดจากหัตถการทางทันตกรรมที่แตกต่างกัน*

Table 2 Rate of microbial production (CFU/min) and percentage of droplet nuclei of size less than 5 microns generate from different dental procedures.

หัตถการ	อัตราการผลิตเชื้อ (CFU/min)	ร้อยละของอนุภาค ละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอน
การตรวจช่องปาก	3	-
ขูดหินน้ำลาย	1	-
ล้างฟันด้วยการฉีดน้ำ	10	-
ขัดฟันด้วยผงพิวมิส	42	43
การกรอฟันด้วยหัวกรอช้า (ไม่มีน้ำ)	58	80
การเป่าฟันด้วยลม	72	65
การกรอฟันด้วยหัวกรอเร็วที่มีน้ำหล่อเย็น	1,000	95
การขัดวัสดุอุดฟันด้วยหัวขัดบริเทิลบลัช	2,300	55

เป็นการยากที่จะวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบของละอองกระเด็นหรือละอองลอยที่ฟุ้งกระจายออกมาจากบริเวณที่ทำหัตถการทางทันตกรรม องค์ประกอบเหล่านี้จะเปลี่ยนไปในผู้ป่วยแต่ละราย หัตถการที่ทำ และตำแหน่งที่ทำหัตถการ อย่างไรก็ตามเราสามารถกล่าวโดยรวมว่าละอองเหล่านี้น่าจะประกอบไปด้วย น้ำลาย สารคัดหลั่งจากโพรงจมูกและคอ คราบจุลินทรีย์ เศษฟันหรือวัสดุที่เกิดจากการกรอรวมทั้งเลือด

การตรวจวัดการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศ

หนึ่งในตัวชี้วัดคุณภาพอากาศคือปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อ ซึ่งแสดงเป็นค่าดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศ (Index of microbial air contamination, IMA)[9-10] การวัดปริมาณเชื้อในอากาศนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การนับจำนวนเชื้อในอากาศโดยการเปิดฝาจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อทิ้งไว้และรอให้เชื้อในอากาศตกลงบนวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อในช่วงเวลาที่กำหนด หรือเรียกย่อว่าการเปิดฝาจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ (settle plates) และการเก็บตัวอย่างเชื้อในอากาศโดยใช้เครื่องดูดอากาศเพื่อเพาะเชื้อ (active air samplers) ข้อดีและข้อเสียของการเก็บตัวอย่างเชื้อจากอากาศทั้งสองวิธีแสดงไว้ในตารางที่ 3 โดยส่วนมากจะใช้วุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อผสมเลือด (blood agar) ซึ่งสามารถเพาะเชื้อได้หลากหลาย นับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นบนวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อและรายงานเป็นซีเอฟยูต่อลูกบากศ์เมตร (colony-forming unit/cubic meter) วิธีนี้สามารถบอกปริมาณเชื้อที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในช่วงเวลานั้นได้ แต่ไม่สามารถแยกแยะได้ว่าเชื้อที่พบนั้นเป็นเชื้อก่อโรคหรือไม่ นอกจากนี้เชื้อที่ต้องการอาหารเลี้ยงเชื้อที่จำเพาะเช่นเชื้อ TB เชื้อที่ไม่ต้องการออกซิเจนที่พบในร่องลึกปริทันต์ และเชื้อไวรัส จะไม่สามารถเพาะขึ้นหากทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการนี้[9]

ตารางที่ 3 ข้อดีและข้อเสียของการเก็บตัวอย่างเชื้อจากอากาศด้วยการเปิดฝาจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อไว้และวิธีการใช้เครื่องดูดอากาศ

Table 3 Pros and Cons of microbial air sampling by settle plates and active air samplers tecniques.

การใช้เครื่องดูดอากาศ	การเปิดฝาจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อไว้
ข้อดี	**ข้อดี**
- สามารถเก็บตัวอย่างและคำนวณเป็น CFU/m^3 ได้ตามที่ระบุในแนวทางปฏิบัติส่วนใหญ่ - สามารถเก็บตัวอย่างได้รวดเร็ว	- ราคาถูก - สามารถทำได้เลยโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ - ทำให้ปราศจากเชื้อได้ง่าย - เก็บตัวอย่างในหลายบริเวณได้ในคราวเดียว - เหมาะกับการตรวจสอบปริมาณเชื้อในอากาศที่ตกลงบนพื้นผิวที่เป็นจุดเสี่ยง - ให้ผลที่น่าเชื่อถือ - นำค่าที่วัดได้มาเปรียบเทียบในเชิงปริมาณได้ - ไม่รบกวนการไหลเวียนของอากาศภายในห้อง - ใกล้เคียงกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง
ข้อเสีย	**ข้อเสีย**
- อุปกรณ์ทำให้ปราศจากเชื้อยาก - อุปกรณ์ราคาแพง - มีเสียงดัง - ให้ผลไม่แน่นอน - เชื้อที่ตกลงตามแรงโน้มถ่วงจะไม่ถูกนับ - ต้องทำการสอบเทียบเครื่องบ่อย ๆ - ทำให้การไหลเวียนอากาศในห้องเปลี่ยนไป - เชื้อส่วนหนึ่งอาจตายจากแรงดูดที่ตกกระทบกับจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ	- ไม่เป็นที่ยอมรับ ในแนวทางปฏิบัติส่วนใหญ่

การเก็บตัวอย่างเชื้อในอากาศด้วยวิธีเปิดฝาจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อไว้[10]

อาศัยหลักการที่ว่าเชื้อล่องลอยเป็นอนุภาคอยู่ในอากาศจะตกลงตามแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยอัตราเร็ว 0.46 เซนติเมตรต่อวินาที (cm/s)[8] หากวางจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อในบริเวณที่ต้องการเก็บตัวอย่างก็จะสามารถเก็บเชื้อที่ตกลงมานั้นไปเพาะเลี้ยงได้ เชื้อที่ขึ้นบนจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อถึงแม้จะไม่ใช่ปริมาณแบคทีเรียที่พบในอากาศทั้งหมด แต่จะเป็นสัดส่วนที่สัมพันธ์กับปริมาณเชื้อที่พบในอากาศบริเวณนั้น อย่างไรก็ตามการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีนี้ไม่ถือว่าเป็นการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ (non-quantitative collection method) และไม่สามารถนำไปใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศในบริเวณที่เป็นจุดเสี่ยงได้ (critical environment) เนื่องจากเหตุผลที่กล่าวมาและการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีนี้ถูกรบกวนได้ง่ายจากขนาดและรูปร่างของอนุภาค การเคลื่อนที่ของมวลอากาศภายในห้องที่เก็บตัวอย่าง และไม่ทราบปริมาตรที่แน่นอนของอากาศ ดังนั้นการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการนี้จึงไม่สามารถนำไปเปรียบเทียบกับการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการอื่น ๆ ได้ อย่างไรก็ตามการเก็บตัวอย่างเชื้อในอากาศด้วยวิธีเปิดฝาจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ตามเวลาที่กำหนดนี้สามารถทำได้ง่าย ราคาถูก และสามารถเก็บข้อมูลในเชิง

คุณภาพได้ (qualitative collection method) สามารถนำมาใช้แสดงให้เห็นถึงการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในบริเวณใกล้ ๆ กับที่ทำหัตถการได้ โดยให้ข้อมูลที่สามารถทำซ้ำได้และมีความน่าเชื่อถือ (reproducible and reliable) สามารถเก็บข้อมูลพร้อมกันได้หลายบริเวณในคราวเดียว ไม่รบกวนการไหลเวียนของอากาศภายในห้องที่เก็บตัวอย่าง เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีสำหรับวัดการปนเปื้อนของพื้นผิว แผล หรือเครื่องมือจากเชื้อในอากาศ หากอ้างอิงถึงมาตรฐานทางด้านแบคทีเรียของประเทศสหราชอาณาจักร (British bacteriological standard)[8] การปนเปื้อนของเชื้อในอากาศของห้องผ่าตัดที่ต้องการความสะอาดมากควรมีค่าน้อยกว่า 10 ซีเอฟยูต่อลูกบากศ์เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราการปนเปื้อนของพื้นผิวจากเชื้อในอากาศวัดจากการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีเปิดฝาจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ตามเวลาที่กำหนดที่ <350 ซีเอฟยูต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง (CFU/m^2/h) วิธีการเก็บตัวอย่างนี้ใช้เป็นวิธีหลักในวงการอุตสาหกรรมการผลิตยาเนื่องจากการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศลงสู่ขั้นตอนการผลิตยาส่วนใหญ่อาศัยกลไกการตกของเชื้อที่ล่องลอยในอากาศลงสู่พื้นผิวของกระบวนการผลิตในกรณีการฟุ้งกระจายของเชื้อในอากาศในคลินิกทันตกรรม สิ่งที่เราควรคำนึงถึงเป็นไปได้ทั้งสองลักษณะ กล่าวคือ การที่บุคลากรหายใจเอาเชื้อที่ฟุ้งกระจายนั้นเข้าไป และการที่เชื้อที่ฟุ้งกระจายนั้นตกลงสู่พื้นผิวและก่อให้เกิดการติดต่อโรคโดยการสัมผัส ซึ่งทั้งสองสิ่งนี้อาจต้องใช้การเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน

ในปี ค.ศ. 1970 ได้มีความพยายามจะกำหนดมาตรฐานการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีเปิดฝาจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกันได้[9] โดยกำหนดให้ ใช้จานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อผสมเลือด ขนาด 9 เซนติเมตร วางให้สูงจากพื้น 80 – 100 เซนติเมตร และห่างจากผนัง 100 – 150 เซนติเมตร เปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปเพาะที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และคำนวณผลการเพาะเชื้อที่ได้เป็นปริมาณเชื้อที่พบทั้งหมด (total microbial count) หน่วยเป็น ซีเอฟยูต่อตารางเดซิเมตร (CFU/dm^2) นอกจากนี้ยังพบว่าการไหลเวียนของอากาศที่เปลี่ยนไป (air turbulence) ขณะเก็บตัวอย่างไม่มีผลต่อปริมาณเชื้อที่เก็บด้วยวิธีนี้[9] การวัดปริมาณเชื้อที่ปนเปื้อนในอากาศที่ใช้ในโรงพยาบาล ด้วยดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศใช้หลักการเก็บตัวอย่างแบบ 1/1/1 ซึ่งหมายถึง เปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อนาน 1 ชั่วโมง/วางจานอาหารเลี้ยงเชื้อสูง 1 เมตรจากพื้น/วางจานอาหารเลี้ยงเชื้อห่าง 1 เมตรจากกำแพง Fisher ได้กำหนดระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้ และยอมรับไม่ได้ (degree of bio-risk) ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาลไว้ดังแสดงในตารางที่ 4[9]

ตารางที่ 4 *ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล*

Table 4 *The acceptable and non-acceptable level of air microbial contamination in different areas of the hospital (degree of bio-risk).*

บริเวณ	**ปริมาณจุลชีพรวม (Total microbial count; CFU/dm^2/h)**		
	พอเหมาะ (Optimal)	**ยอมรับได้** (Acceptable)	**ยอมรับไม่ได้** (Not acceptable)
หออภิบาลผู้ป่วย	0 - 450	451 - 750	>751
แผนกศัลยกรรม	0 - 250	251 - 450	>451
ห้องยา	0 - 100	101 - 180	>181
ห้องปลอดเชื้อ	0 - 50	51 - 90	>90
ห้องผ่าตัด (ขณะพัก)	0 - 4	5 - 8	>9
ห้องผ่าตัด (ขณะใช้งาน)	0 - 60	61 - 90	>90

ใช้การเก็บตัวอย่างด้วยวิธีเปิดฝาจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อไว้
โดยใช้จานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อผสมเลือดขนาด 9 เซนติเมตร เปิดฝาทิ้งไว้ตามหลักการ 1/1/1

การเก็บตัวอย่างเชื้อในอากาศโดยใช้เครื่องดูดอากาศ[10]

หากต้องการเก็บตัวอย่างของเชื้อแบคทีเรียในอากาศที่มีปริมาตรที่แน่นอนมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องเก็บตัวอย่างแบบดูดอากาศ โดยเครื่องจะทำการดูดอากาศตามปริมาตรที่กำหนดมาลงบนจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อที่บรรจุไว้ที่ด้านท้ายอุปกรณ์ ทำให้สามารถวัดปริมาณเชื้อในอากาศที่มีหน่วยเป็นซีเอฟยูต่อลูกบากศ์เมตรได้ อย่างไรก็ตามเครื่องเก็บตัวอย่างชนิดนี้มีหลายยี่ห้อและเครื่องแต่ละยี่ห้ออาจให้ผลที่แตกต่างกันแม้จะเก็บในบริเวณและเวลาเดียวกัน ดังการเปรียบเทียบปริมาณเชื้อที่เก็บจากเครื่องมือต่างยี่ห้อกันจึงทำได้ยาก นอกจากนี้อุปกรณ์ยังมีราคาแพง มีเสียงดัง ยากที่จะทำให้ปราศจากเชื้อ และต้องทำการสอบเทียบบ่อยครั้งเพื่อให้เครื่องดูดปริมาตรอากาศได้คงที่ตามที่ต้องการ หากตั้งค่าให้เครื่องดูดอากาศในปริมาณมากอาจรบกวนการไหลเวียนของอากาศในห้องที่ทำการเก็บตัวอย่าง อากาศที่เครื่องปล่อยออกมาอาจถูกดูดกลับเข้าไปใหม่ทำให้ปริมาณเชื้อในอากาศที่วัดได้ไม่เป็นไปตามจริง สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กบางชนิดอาจถูกยับยั้งการเจริญเติบโตจากแรงตกกระทบลงบนวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อได้ การเลือกชนิดของอุปกรณ์เก็บเชื้อในอากาศโดยใช้เครื่องดูดอากาศต้องคำนึงถึงความสามารถในการตรวจวัดปริมาณการปนเปื้อนได้แม้มีปริมาณน้อย อัตราการดูดพอเหมาะ มีความแรงของการตกกระทบของมวลอากาศที่เหมาะสม สามารถกำหนดปริมาตรของอากาศที่ดูดได้ เลือกใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสม อุปกรณ์มีขนาดและน้ำหนักที่พอเหมาะ ใช้งานง่าย ทำความสะอาดฆ่าเชื้อง่าย ไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของอากาศที่เพิ่มขึ้นจากการใช้งานอุปกรณ์[7]

ดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศ
(Index of microbial air contamination; IMA)

การวัดค่า IMA นั้นมีความสำคัญในการตรวจสอบสถานที่ที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนและติดเชื้อ ค่าสูงสุดของดัชนีชี้วัดนี้คือ 76 ค่าที่สูงมาก ๆ ของดัชนีนี้เช่น 1000 อาจพบในบริเวณที่สกปรกมาก ๆ ดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศถูกแบ่งออกเป็น 5 ระดับ (ตารางที่ 5) ค่าดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศสูงสุดที่ยอมรับได้ในบริเวณที่มีความเสี่ยง แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 *ดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศและการนำไปใช้*
Table 5 *Index of microbial air contamination and their application.*

ค่าดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศ (IMA value)	โคโลนีต่อตารางเดซิเมตรต่อชั่วโมง (CFU/dm^2/h)	สมรรถนะ (Performance)	ในบริเวณที่มีความเสี่ยง (In place at risk)
0 – 5	0 – 9	Very good	Very high
6 – 25	10 – 39	Good	High
26 – 50	40 – 84	Fair	Medium
51 – 75	85 – 124	Poor	-
≥ 76	≥ 125	Very poor	-

ตารางที่ 6 *ค่าดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศสูงสุดที่ยอมรับได้ในบริเวณที่มีความเสี่ยง*

Table 6 *The maximum acceptable index of microbial air contamination in risk area.*

ระดับความเสี่ยงของสิ่งแวดล้อม (Environment at risk)	สถานที่ (Places)	ค่าดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศสูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximum acceptable level of IMA)
สูงมาก	ห้องปราศจากเชื้อ (Ultra clean rooms: reverse isolation), ห้องผ่าตัดสำหรับเปลี่ยนข้อ (operating room for joint replacement), อุตสาหกรรมอีเล็กทรอนิคและอุตสาหกรรมยา	5
สูง	ห้องปลอดเชื้อ (Clean room): ห้องผ่าตัด (operating theatres), ห้องเฝ้าระวัง (continuous care unit), หน่วยไตเทียม	25
ปานกลาง	บริเวณภายในโรงพยาบาล (Day hospital), หออภิบาลผู้ป่วย, อุตสาหกรรมอาหาร, ห้องครัว	50
ต่ำ	บริเวณอำนวยความสะดวก (Facility)	75

วิธีการลดปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศในคลินิกทันตกรรม

ในการให้บริการทางทันตกรรมมีความจำเป็นที่จะต้องให้ความสำคัญกับการควบคุมปริมาณเชื้อที่ปนเปื้อนบนพื้นผิว เครื่องมือ อากาศ และน้ำที่ออกมาจากยูนิตทำฟัน หากมีการปนเปื้อนจำเป็นต้องได้รับการทำความสะอาดฆ่าเชื้อ หรือทำให้ปราศจากเชื้อ นอกเหนือไปจากหลักการของข้อพึงระวังมาตรฐาน สิ่งที่ควรปฏิบัติเพื่อลดความเสี่ยงของการแพร่เชื้อจากการฟุ้งกระจายของละอองและละอองลอยที่เกิดขึ้นจากหัตถการทางทันตกรรม[5] ได้แก่

1. ควบคุมคุณภาพของน้ำที่ออกมาจากระบบน้ำของยูนิตทำฟัน ให้มีการปนเปื้อนของเชื้อในระดับที่ยอมรับได้ คือเท่ากับหรือใกล้เคียงกับน้ำดื่ม
2. มีการบำรุงรักษาด้ามกรอฟัน (dental handpieces) เนื่องจากด้ามกรอฟันสามารถปนเปื้อนไปด้วยเชื้อจากช่องปากผู้ป่วย เศษฟันหรือเนื้อเยื่อที่กรอภายหลังจากการใช้งาน ดังนั้นด้ามกรอฟันควรได้รับการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยความร้อนโดยการนึ่งด้วยหม้อนึ่งอัดไอน้ำ
3. ใช้ระบบป้องกันการดูดกลับ (anti-retraction valve) ของด้ามกรอฟัน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการดูดกลับของน้ำภายในช่องปากกลับเข้าไปในระบบน้ำของยูนิตทำฟัน และระบบนี้ควรได้รับการบำรุงรักษาเป็นระยะเพื่อมั่นใจว่าระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. ทำการเดินเครื่องไล่น้ำออกจากสายส่งน้ำก่อนเริ่มปฏิบัติงานและในระหว่างเปลี่ยนผู้ป่วยทุกรายเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 20 – 30 วินาที การเดินเครื่องไล่น้ำออกจากสายส่งน้ำนี้ช่วยลดปริมาณเชื้อที่ค้างอยู่ในท่อและไล่น้ำจากช่องปากที่อาจจะถูกดูดกลับออกจากระบบน้ำของยูนิตทำฟัน
5. ทันตบุคลากรที่ปฏิบัติงานในคลินิกควรใส่อุปกรณ์ป้องกันตนเองอย่างครบถ้วนและเคร่งครัด ได้แก่ เสื้อกาวน์ หน้ากากอนามัย แว่นป้องกันตา และถุงมือ เป็นต้น

การควบคุมการฟุ้งกระจายของละอองกระเด็นและละอองลอยที่เกิดจากหัตถการทางทันตกรรมสามารถทำได้ไม่ยาก หลักการสำคัญคือการกำจัดละอองกระเด็นหรือละอองลอยเหล่านั้นให้เร็วที่สุดตั้งแต่เริ่มแรกในขณะที่ยังไม่ฟุ้งกระจายออกไป โดยการสร้างเสริมพฤติกรรมป้องกันตนเองเหล่านี้ ได้แก่ การใส่อุปกรณ์ป้องกันตนเองอย่างถูกต้องและเหมาะสม การให้ผู้ป่วยบ้วนปากด้วยน้ำยาบ้วนปากที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ เช่น คลอเฮกซิดีน ก่อนเริ่มทำหัตถการ[4] การใช้เครื่องดูดความแรงสูง (high power suction หรือ high volume evacuators) อย่างถูกวิธีในหัตถการที่มีการฟุ้งกระจาย โดยเครื่องดูดความแรงสูงหมายถึงเครื่องดูดที่มีอัตราการดูดได้ประมาณ 6 – 15 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (cubic feet per minute, cfm) หรือ 3 – 7 ลิตร

ต่อวินาที (L/s) การใช้สายดูดน้ำลายที่ติดมากับยูนิตทำฟัน (saliva ejectors) ไม่มีส่วนช่วยในการลดการฟุ้งกระจายของละอองลอย การมีระบบระบายอากาศและระบบปรับอากาศที่ดีภายในคลินิก การใช้แสงอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นในช่วง 250 – 265 นาโนเมตร (UV-C) เพื่อฆ่าเชื้อในอากาศเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดปริมาณเชื้อในอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความยาวคลื่นของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ 254 นาโนเมตร สามารถฆ่าเชื้อรา ไวรัส และแบคทีเรียได้โดยทำให้เกิดการเสียคุณสมบัติของสายดีเอ็นเอและทำให้โปรตีนเสื่อมสภาพ เครื่องฆ่าเชื้อในอากาศด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็นในคลินิกทันตกรรมในระดับใกล้เคียงกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการติดเชื้ออื่น ๆ การจัดตำแหน่งของผู้ป่วยขณะให้การรักษาทางทันตกรรมก็มีความสำคัญ ควรจัดให้ผู้ป่วยนอนในท่านอนราบ เพื่อป้องกันไม่ให้ทันตแพทย์ต้องเข้าทำงานใต้ลมหายหายใจออกของผู้ป่วย นอกจากนี้ทันตบุคลากรควรได้รับการฉีดวัคซีนป้องกันโรคอย่างสม่ำเสมอ

จากรายงานของ ศิริพันธุ์ และคณะ[11] แสดงให้เห็นว่าการใช้สเปรย์ปรับอากาศฆ่าเชื้อในคลินิกภายหลังเสร็จสิ้นการรักษาในแต่ละวันนั้นไม่มีผลทำให้ปริมาณเชื้อที่ตรวจพบในอากาศในเช้าวันรุ่งขึ้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หากแต่ปริมาณเชื้อที่ตรวจพบในตอนเช้าก่อนเริ่มปฏิบัติงานนั้นมีค่าลดลงต่ำกว่าตอนเย็นหลังเสร็จสิ้นการปฏิบัติงานอย่างมีนัยสำคัญไม่ว่าจะใช้หรือไม่ใช้สเปรย์ปรับอากาศฆ่าเชื้อ ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อในอากาศตกลงสู่พื้นผิวในขณะที่ห้องไม่มีการใช้งาน ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับการทำความสะอาดพื้นผิวในคลินิกทันตกรรมก่อนเริ่มปฏิบัติงานในแต่ละวัน

ระบบระบายอากาศในคลินิกทันตกรรม

การระบายอากาศ (ventilation) หมายถึงการเคลื่อนที่ของมวลอากาศจากภายนอกห้องหรืออาคารเข้ามาแทนที่อากาศภายในห้อง/อาคาร และการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องหรืออาคารนั้น วัตถุประสงค์หลักของการควบคุมการระบายอากาศภายในห้องหรืออาคารเพื่อให้มีอากาศที่มีคุณภาพดีเพียงพอสำหรับคนในห้องหรืออาคารใช้หายใจ นอกจากนี้อากาศบริสุทธ์ยังช่วยเจือจางและกำจัดมลพิษในอากาศภายในห้องหรืออาคาร ตัวชี้วัดการระบายอากาศในโรงพยาบาลมี 3 องค์ประกอบพื้นฐาน คือ[12]

1. อัตราการระบายอากาศ (ventilation rate) หมายถึงปริมาณอากาศทั้งหมดที่ไหลเข้ามาต่อหน่วยเวลา (ลิตรต่อนาที; l/s หรือ คิวบิกเมตรต่อชั่วโมง; m3/hr) หรืออัตราการเปลี่ยนอากาศ (air-change rate; ACH) ซึ่งหมายถึงปริมาณสัมพัทธ์ของการไหลเข้าของอากาศต่อหน่วยเวลา โดยทั้งสองหน่วยวัดมีความสัมพันธุ์กันตามสมการนี้

   Ventilation rate (l/s) = Air-change rate x room volume (m^3) x 1000 (l/m^3)/3600 (s/hr)
2. ทิศทางการไหลของอากาศ (airflow direction) หมายถึงภาพรวมของทิศทางการไหลของอากาศภายในห้องหรืออาคาร อากาศควรจะไหลจากบริเวณที่สะอาดไปยังบริเวณที่สกปรก
3. การกระจายตัวของอากาศ (air distribution) หรือลักษณะการไหลของอากาศ (airflow pattern) อากาศจากภายนอกควรถูกส่งเข้าไปถึงทุก ๆ บริเวณภายในห้องหรืออาคารอย่างทั่วถึง และมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้น ณ จุดใดจุดหนึ่งในห้องหรืออาคารควรถูกนำพาออกไปจากบริเวณนั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การออกแบบระบบระบายอากาศภายในห้องหรือตัวอาคารสามารถทำได้ 2 ระบบ คือการระบายอากาศเชิงกล (mechanical ventilation) หมายถึง การทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศโดยใช้เครื่องมือทางกลช่วย ซึ่งสามารถควบคุมอัตราการไหลได้แน่นอนไม่ขึ้นกับลม อุณหภูมิ หรือลักษณะการไหลของอากาศภายนอกห้องหรืออาคารนั้น ๆ ระบบระบายแบบนี้สามารถผนวกอยู่กับเครื่องปรับอากาศ และสามารถติดตั้งระบบกรองอากาศควบคู่ไปได้ การออกแบบทิศทางการไหลของอากาศในกรณีนี้ควรเป็นไปในทิศทางจากแหล่งกำเนิดการติดเชื้อไหลไปยังบริเวณที่ไม่มีผู้ปฏิบัติงานอยู่ การระบายอากาศโดยธรรมชาติ (natural ventilation) โดยใช้ลมธรรมชาติร่วมกับการเปิดหน้าต่างหรือประตูเป็นวิธีที่ก่อให้เกิดอัตราการระบายอากาศที่สูงและประหยัด การเปิดหน้าต่างสามารถก่อให้เกิดอัตราการเปลี่ยนอากาศได้สูงถึง 28 ACH อย่างไรก็ตามไม่แนะนำให้เปิดประตูหรือหน้าต่างทิ้งไว้ขณะห้องมีการใช้งาน การออกแบบระบบระบายอากาศภายในห้องหรืออาคารให้เป็นแบบใดนั้นควรขึ้นกับหลายปัจจัยรวมทั้งภาระด้านงบประมาณ ในหลาย ๆ กรณีบริเวณที่ให้การรักษาผู้ป่วยอาจจำเป็นต้องใช้ระบบระบายอากาศเชิงกลเท่านั้น เช่นห้องแยกโรคติดเชื้อทางอากาศ (airborne infection isolation room) ห้องผ่าตัด เป็นต้น ส่วนหออภิบาลผู้ป่วยอาจใช้ระบบระบายอากาศโดยธรรมชาติได้[12]

ระบบระบายอากาศในคลินิกทันตกรรมควรได้รับการ

ใส่ใจเป็นพิเศษเนื่องจากลักษณะของงานทันตกรรมนั้นเป็นหัตถการที่ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจาย ตัวอย่างของการกำหนดมาตรฐานการระบายอากาศในคลินิกทันตกรรมนั้นแตกต่างกันเล็กน้อยตามหน่วยงานที่กำหนด[7] ดังตัวอย่างในตารางที่ 7 อย่างไรก็ตามในหลาย ๆ ประเทศไม่มีการกำหนดมาตรฐานของระบบอากาศในคลินิกทันตกรรมรวมทั้งประเทศไทย ทำให้การออกแบบคลินิกทันตกรรมใช้ระบบระบายอากาศแบบเดียวกับห้องทำงานทั่วไปซึ่งไม่น่าจะเพียงพอ

ตารางที่ 7 *อัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมในบริเวณต่าง ๆ ของคลินิกทันตกรรม*

Table 7 *Appropriate air change rate in different area of dental clinic.*

บริเวณต่าง ๆ ในคลินิก	Total* (ACH)	OSA** (ACH)	Pressure#	Filtration##
Indian Health Service				
ห้องทำหัตถการทางทันตกรรม	10	2	'- Or N	90 %
บริเวณทำความสะอาดเครื่องมือ	10	2	N	90 %
ห้องปฏิบัติการ	6	2	N	90 %
ห้องมืด	10	2	N	90 %
ห้องถ่ายภาพรังสีเพื่อการจัดฟัน	2	2	V	90 %
บริเวณต้อนรับ	2	2	V	90 %
Department of Defense				
หัตถการทั่วไป/ทันตกรรมป้องกัน	6	2	-	25 %
ห้องปฏิบัติการ	12	3	N	25 %
ศัลยกรรมช่องปาก	12	3	P	90 %
ปริทันตวิทยา	12	3	P	90 %
บริเวณล้างฟิล์ม	10	2.5	N	25 %
บริเวณถ่ายภาพรังสีในช่องปาก	6	2	P	25 %

**Minimum total air changes per hour, ** Minimum air changes of outdoor air per hour, # Relative (room) pressurization, ##ASHRAE dust-spot efficiency*

N = Negative, P = Positive, - = Neutral, V = Variable

ระบบอากาศในคลินิกทันตกรรมควรเป็นระบบที่แยกต่างหากจากบริเวณอื่น ๆ อย่างไรก็ตามมีหลายคลินิกที่ถูกออกแบบมาให้เปิดโล่ง ในบางแห่งถึงแม้จะมีประตูแต่ก็มักเปิดประตูค้างไว้ การควบคุมอากาศภายในห้องให้มีแรงดันที่เป็นบวกหรือลบจึงไม่สามารถทำได้ ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับการเพิ่มอัตราการระบายอากาศ (ventilation rate) ในบางบริเวณอาจต้องมีการกั้นกำแพงแยกเป็นสัดส่วนชัดเจนเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค อัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมภายในห้องขึ้นกับหัตถการที่ทำภายในห้องนั้น ๆ (ตารางที่ 7) ตำแหน่งที่จะติดเครื่องดูดอากาศควรออกแบบให้เหมาะสมกับแต่ละสถานที่ บริเวณที่เป็นห้องปฏิบัติการทางทันตกรรมควรมีระบบแรงดันภายในห้องเป็นลบ หรือต่ำกว่าห้องอื่น ๆ ในบริเวนใกล้เคียง การติดตั้งเครื่องกรองอากาศควรมีประสิทธิภาพในการกรองประมาณร้อยละ 80 – 90 หรืออย่างน้อยไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 – 80

การลดการปนเปื้อนของไอระเหยสารเคมีในอากาศในคลินิกทันตกรรม

ในทางทันตกรรมอาจมีความจำเป็นต้องใช้ยาสลบ เช่น ไนตรัสออกไซด์ (Nitrous oxide, N_2O) ซึ่งก๊าซนี้มีโอกาสรั่วไหลออกมาปะปนกับอากาศภายในคลินิก ถึงแม้เครื่องมือที่ใช้จ่ายก๊าซจะมีระบบกำจัดก๊าซในตัวแล้วก็ตาม ภายในห้องที่มีการใช้อุปกรณ์ดังกล่าวควรมีระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพ การใช้เครื่องกรองหรือฟอกอากาศยังไม่เพียงพอที่จะกำจัดก๊าซไนตรัสออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้ท่อดูดอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 3 นิ้ว และมีอัตราการดูดที่ 250 คิวบิกฟุตต่อนาที (cubic feet per minute; cfm) (118 L/s) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ[13] การติดเครื่องดูดอากาศออกจากห้องควรติดบริเวณกำแพงในบริเวณที่มีความเข้มข้นของก๊าซสูง เช่นบริเวณใกล้เครื่องจ่ายก๊าซและติดในระดับต่ำ เนื่องจาก

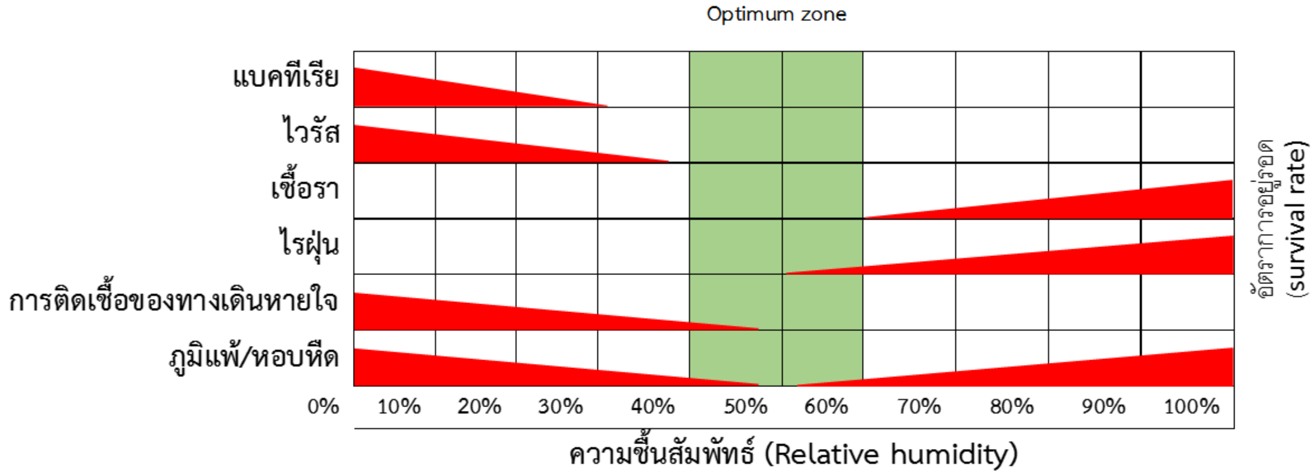
ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ของก๊าซไนตรัสออกไซด์มีค่าสูงกว่าอากาศ (ไนตรัสออกไซด์ : อากาศ = 1.53 : 1)[14]

ในคลินิกทันตกรรมอาจมีการใช้น้ำยาเคมีในการกำจัดเชื้อ สารเคมีเหล่านี้บางชนิดมีฤทธิ์กัดกร่อนทางเดินหายใจ เช่น กลูตารัลดีไฮด์ (Glutaraldehyde) การใช้งานมักทำในบริเวณที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องมือ หากคลินิกมีพื้นที่จำกัดบริเวณล้างทำความสะอาดเครื่องมือนี้อาจอยู่ใกล้กับบริเวณที่ให้การรักษาผู้ป่วย ซึ่งทำให้ทันตบุคลากรและผู้ป่วยมีความเสี่ยงที่จะสูดดมสารเหล่านี้เข้าไป การประชุมนักชีวอนามัยของอุตสาหกรรมภาครัฐของประเทศสหรัฐอเมริกา (The American Conference of Government Industrial Hygienists; ACGIH) ได้กำหนดค่าจำกัดความทนทาน (Threshold Limit Value, TLV) ของกลูตารัลดีไฮด์ไว้ว่าไม่ควรเกิน 0.05 ส่วนในล้านส่วน (part per million; ppm) เมื่อวัดที่ระดับเพดาน กลูตารัลดีไฮด์มีค่าความถ่วงจำเพาะที่ 1.06 มีค่าความดันไอ (vapor pressure) เท่ากับ 0.0012 ทอร์ (torr) ที่ 20 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นของไอระเหย (vapor density) เท่ากับ 0.64 (อากาศมีความหนาแน่นของไอระเหยเท่ากับ 1) ขณะใช้งานควรบรรจุในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด และควรติดตั้งเครื่องดูดอากาศเพิ่มเติมในบริเวณที่มีการใช้งาน ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องดูดอากาศควรเป็นบริเวณกำแพงหลังอ่างแช่เพื่อเครื่องจะได้ดูดไอระเหยออกจากตัวผู้ปฏิบัติงาน การติดในลักษณะนี้จะมีประสิทธิภาพมากกว่าการติดเครื่องดูดอากาศในตำแหน่งเหนือเพดานหรือเหนืออ่างแช่[7]

นอกเหนือไปจากไอระเหยของสารเคมีห้องปฏิบัติการทางทันตกรรมเป็นบริเวณที่มีการปนเปื้อนของฝุ่นละอองในอากาศสูง ฝุ่นของวัสดุต่าง ๆ เช่น ซิลิกา (silica) ซิลิคอนคาร์ไบด์ (silicon carbide) เซรามิค (ceramics) เมทัลลิกอัลลอยด์ (metallic alloy) ยิปซัม (gypsum) ละอองฝุ่นเหล่านี้ส่วนใหญ่มีขนาดเล็กเพียงพอที่จะสูดดมเข้าไป (เล็กกว่า 5 ไมโครเมตร) ดังนั้นบุคลากรที่ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการทันตกรรมจึงมีโอกาสเสี่ยงที่จะเป็นโรคของระบบทางเดินหายใจมากกว่า ในห้องปฏิบัติการทางทันตกรรมจึงควรติดเครื่องดูดอากาศแบบเป็นช่องยาว (slot-type) บริเวณที่เหมาะสมที่สุดคือบนกำแพงระดับใกล้เคียงกับเคาท์เตอร์หรือโต๊ะทำงาน (bench level)

ความชื้นของอากาศภายในคลินิก

ความชื้นของอากาศมีผลต่อการอยู่รอดของเชื้อโรคต่าง ๆ (รูปที่ 2) ดังนั้นความชื้นที่เหมาะสมภายในอาคารรวมทั้งคลินิกทันตกรรมควรอยู่ในช่วงร้อยละ 40 – 60 เนื่องจากเป็นระยะที่มีการอยู่รอดของเชื้อโรคในอากาศต่ำที่สุดและส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้อยู่ภายในห้องน้อยที่สุด หากอากาศภายในห้องมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเกินไปจะส่งเสริมให้ละอองกระเด็นหรือละอองลอยระเหยและเกิดเป็นอนุภาคละอองซึ่งมีขนาดเบาและสามารถนำพาเชื้อไวรัสล่องลอยในอากาศได้เป็นเวลานานขึ้น โดยไม่ตกลงตามแรงโน้มถ่วง ประกอบกับหากเกิดการไหลเวียนของอากาศภายในห้องไม่ว่าจะด้วยการเคลื่อนไหวของคน หรือระบบระบายอากาศอนุภาคละอองเหล่านี้อาจฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศได้ตลอดเวลา



รูปที่ 2 *ความชื้นในระดับต่าง ๆ มีผลต่อการอยู่รอดของเชื้อโรคในสิ่งแวดล้อมและมีผลต่อสุขภาวะของผู้ปฏิบัติงาน (สีแดง) ในสถานที่ดังกล่าว ระดับความชื้นที่เหมาะสมอยู่ในบริเวณสีเขียว*

Figure 2 *Range of relative humidity that favor the survival of microorganisms or affecting health of personnel working in that area. The optimum zone indicates as green area.*

องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Environment Protection Agency) ของประเทศสหรัฐอเมริกา รับรองการควบคุมคุณภาพอากาศภายในอาคารด้วยเครื่องมือต่อไปนี้

1. การกรองอากาศด้วยแผ่นกรองซึ่งมีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคในอากาศที่มีขนาดตั้งแต่ 0.3 ไมโครเมตรขึ้นไปได้ถึงร้อยละ 99.97 ตัวอย่างแผ่นกรองได้แก่ แผ่นกรอง HEPA (High-efficiency particulate arresting)
2. โคมไฟอัลตราไวโอเลตฆ่าเชื้อ (Germicidal UV lights; UV-C) รังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 250 – 265 นาโนเมตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา และเชื้อโรคอื่น ๆ ได้แก่ ลิจิโอเนลลา (Legionella) เบซิลลัส แอนทราซิส (Bacillus antracis) ไมโคแบคทีเรียม ทูเบอคูโลซิส ไวรัสไข้หวัดใหญ่ (Influenza virus) และ แอสเปอร์จิโลซิส (Aspergillosis) เป็นต้น
3. การกรองด้วยอากาศที่ถูกทำให้เป็นแม่เหล็ก (Magnetized Air Media Filtration) หรือการกรองด้วยไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic filters) ใช้หลักการของไฟฟ้าสถิตย์ในการดูดอนุภาคที่มีประจุในอากาศ โดยดูดอากาศผ่านเครื่องที่สามารถส่งถ่ายประจุให้อนุภาค ซึ่งอนุภาคที่มีประจุนั้นจะถูกดึงดูดเข้าไปในแผ่นกรองซึ่งมีประจุตรงข้าม
4. อุปกรณ์ฆ่าเชื้อที่ใช้เทคโนโลยีการแตกตัวเป็นอิออนแบบสองขั้ว (Bi-Polar Ionization; Germicidal Medical Lamp) เป็นเครื่องสร้างประจุลบ (anions) ให้อากาศ ซึ่งจะไปจับกับอนุภาคเล็ก ๆ ที่ล่องลอยในอากาศ ทำให้อนุภาคเหล่านั้นมีน้ำหนักมากขึ้นและตกลงตามแรงโน้มถ่วงเร็วขึ้น ลดการฟุ้งกระจายของอนุภาคดังกล่าวในอากาศบริเวณที่บุคลากรใช้หายใจ (breathing zone)
5. เทคโนโลยีที่อาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (Photo-catalytic oxidation) เช่นการใช้นาโนไททาเนียมไดออกไซด์ (Nano TiO2) ช่วยเปลี่ยนก๊าซซึ่งเป็นมลพิษในอากาศให้เป็นผลผลิตที่ไม่เป็นอันตรายด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เร่งปฏิกิริยาด้วยแสง หากเคลือบพื้นผิวด้วยสารตัวนี้เมื่อถูกแสงนาโนไททาเนียมไดออกไซด์จะแตกตัวเป็นไฮโดรซิลแรดีคัล (hydroxyl radical) และซูเปอร์ออกไซด์ไอออน (superoxideions) ซึ่งจะช่วยทำให้ฤทธิ์ของก๊าซที่ปนเปื้อนในอากาศหมดไป

สรุป

การควบคุมคุณภาพอากาศภายในคลินิกทันตกรรม ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสร้างความปลอดภัยแก่บุคลากรผู้ปฏิบัติงานและผู้ป่วยที่มารับบริการ วิธีการที่มีประสิทธิภาพอาจต้องเริ่มตั้งแต่การออกแบบบริเวณต่าง ๆ ในคลินิก การใช้อุปกรณ์ช่วยในการทำให้เกิดการไหลเวียนถ่ายเทของอากาศในคลินิก การใช้อุปกรณ์ทำความสะอาดอากาศที่มีเทคโนโลยีต่าง ๆ รวมทั้งการควบคุมความชื้นภายในคลินิก อย่างไรก็ตามมาตรการเหล่านี้ไม่สามารถป้องกันโรคที่สามารถติดต่อทางทางเดินหายใจบางชนิดได้ร้อยเปอร์เซ็นต์ มาตรการคัดกรองผู้ป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจ และเลื่อนการรักษาทางทันตกรรมที่ไม่เร่งด่วนออกไปจนกว่าจะพ้นระยะแพร่เชื้อจึงยังคงแนะนำให้ปฏิบัติตลอดเวลา

เอกสารอ้างอิง

1. Micik RE, Miller RL, Mazzarella MA, Ryge G. Studies on dental aerobiology, I: Bacterial aerosols generated during dental procedures. *J Dent Res* 1969;48:49-56.
2. Bentley CD, Burkhart NW, Crawford JJ. Evaluating splatter and aerosol contamination during dental procedures. *J Am Dent Assoc* 1994;125:579-84.
3. Earnest R and Loesche W. Bacteria in dental aerosols. *J Am Dent Assoc* 1991;122:55-7.
4. Cottone JA, Terezhalmy GT, Molinari JA. Practical infection control in dentistry. Baltimore: Williams & Wilkins; 1996. P. 139-40.
5. Harrel SK, Barnes JB, Rivera-Hidalgo F. Aerosol and splatter contamination from the operative site during ultrasonic scaling. *J Am Dent Assoc* 1998;129:1241-9.
6. Miller RL and Micik RE. Air pollution and its control in the dental office. *Dent Clin North Am* 1978;22:453-76.
7. Ninomura PT and Byrns G. Dental Ventilation Theory and Applications. *ASHRAE Journal* 1998;48-52.
8. Whyte W. Sterility assurance and models for assessing bacterial contamination. *J Parenter Sc Technol* 1995;40:188-97.
9. Harrel SK and Molinari O. Aerosols and splatter in dentistry: A brief review of the literature and infection

control implications. ***J Am Dent Assoc*** 2004;135:429-37.
10. Pasquarella C, Pitzurra O, Savino A. The index of microbial air contamination. ***J Hosp Infect*** 2000;46:241-56.
11.Kattapong S, Subbalekha K, Shinheng W, Ampornaramveth R. Study of the reduction of airborne bacteria and fungi in oral surgery clinic after spraying with chemical disinfectants. ***CU Dent J*** 2015;38:117-28.
12. Atkinson J, Chartier Y, Pessoa-Silva CL, Jensen P, Li Y, Seto WH. Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings. World Health Organization 2009.
13. Mickelsen RL, Jacobs DE, Jensen PA, Middendorf PJ, O'Brien DM, Fischbach TJ, *et al.* Auxiliary ventilation for the control of nitrous oxide in a dental clinic. ***Appl Occup Environ Hyg*** 1993;8:564-570.
14. McGlothlin JD, Crouch KG, Mickelsen RL. Control of Nitrous Oxide in Dental Operatories. ***National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH)*** 1994;94;129.