

Lecture Note สำหรับวิศวกรอาสา

เรื่อง

ระบบระบายอากาศสำหรับคลินิกทันตกรรม ในยุควิกฤต Covid-19

โดย

ผศ.ดร.ตุลย์ มณีวัฒนา

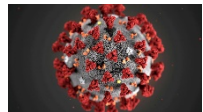
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์: 081-836-9582 E-mail: tul.m@chula.ac.th

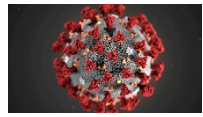
วัตถุประสงค์

เพื่อสาธิตให้เห็นถึงแนวทางในการออกแบบระบบระบายอากาศที่ถูกต้องเพื่อลดความเสี่ยงจากการติดเชื้อ **Coronavirus (Covid-19)** ในห้องที่ให้การรักษาทางทันตกรรม



ACAT Covid-19: ระบบระบายอากาศสำหรับคลินิกทันตกรรมในยุควิกฤต Covid-19

พื้นฐานสำคัญ



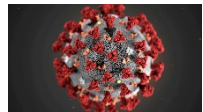
ACAT Covid-19: ระบบระบายอากาศสำหรับคลินิกทันตกรรมในยุควิกฤต Covid-19

- Risk of indoor airborne infection transmission (Risk %)
- Basic reproductive number in a shared indoor airspace (R_0)

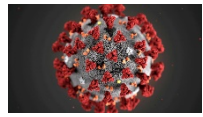
Airborne Infection Doses (Quanta)	
Infectious Agent	Mean Quanta Production Rate Quanta/hr
TB	12.7
Influenza	100
Measles	570
Clinical Patients not undergoing AGP	less than 60
Bronchoscopy	240-360
Covid-19 Undergoing Dental AGP	Unknown

Governing Parameters
Generation Rate of Infectious (Quanta/hr) + EOS
Quanta/m ³
ACH + HEPA-Filtration + UVGI + etc..
Breathing Rate Per Person (m ³ /hr) + Mask
Total Exposure Time
Number of People in Space

Simulation Parameters
Room Size 3 x 4 x 2.7 m
1 ACH = 19.1 CFM, 12 ACH = 229.2 CFM, 3 ACH = 57.3 CFM
Air Conditioning Unit Size = 12,000 Btuh, 400 CFM
A/C Unit Circulation = 400/19.1 = 20.9 ACH
Number of People in Space = 3
Covid-19 Undergoing Dental AGP, assumed 100-1000 Quanta/hr
Total Exposure Time 1 & 1.5 hr
EOS Efficiency = 60%
HEPA (N95) Mask Eff. = 95%, Surgical Mask Eff. = 40%



มาตรฐานการระบายอากาศ



ACAT Covid-19: ระบบระบายอากาศสำหรับคลินิกทันตกรรมในยุควิกฤต Covid-19

Table 6-1 Minimum Ventilation Rates in Breathing Zone

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Default Values		Air Class	OS (6.2.6.1.4)
	cfm/person	L/s·person	cfm/ft ²	L/s·m ²	Occupant Density			
					#/1000 ft ² or #/100 m ²			
Outpatient Health Care Facilities^{a,b}								
Birthing room	10	5	0.18	0.9	15		2	
Class 1 imaging rooms	5	2.5	0.12	0.6	5		1	
Dental operatory	10	5	0.18	0.9	20		1	
General examination room	7.5	3.8	0.12	0.6	20		1	
Other dental treatment areas	5	2.5	0.06	0.3	5		1	

a. Outpatient facilities to which the rates apply are freestanding birth centers, urgent care centers, neighborhood clinics and physicians offices, Class 1 imaging facilities, outpatient psychiatric facilities, outpatient rehabilitation facilities, and outpatient dental facilities.

b. The requirements of this table provide for acceptable IAQ. The requirements of this table do not address the airborne transmission of airborne viruses, bacteria, and other infectious contagions.

Informative Note: These rates are intended only for outpatient dental clinics where the amount of nitrous oxide is limited. They are not intended for dental operatories in institutional buildings where nitrous oxide is piped.

Our Room “**GENERAL VENTILATION**” is calculated as follow;

- Area = 3*4 = 12 Sq.m = 12*10.76 Sq.ft
- Minimum Outdoor Air = 10*3 + 0.18*12*10.76 = 53 CFM = 53/19.1 = 2.77 ACH
- Minimum Exhaust Air = 53 + 20% = 64 CFM = 64/19.1 = 3.35 ACH (Negative Pressure Rm)

Conclusion: Design FA = 55 CFM, EX = 65 CFM (Additional +30% is also recommended)

ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2019
(Supersedes ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2016)
Includes ANSI/ASHRAE addenda listed in Appendix O

Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality

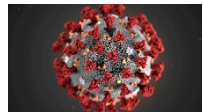
See Appendix O for approval dates by ASHRAE and the American National Standards Institute.

This Standard is under continuous maintenance by a Standing Standard Project Committee (SSPC) for which the Standards Committee has established a documented program for regular publication of addenda or revisions, including procedures for timely, documented, consensus action on requests for change to any part of the Standard. Instructions for how to submit a change can be found on the ASHRAE website (www.ashrae.org/continuous-maintenance).

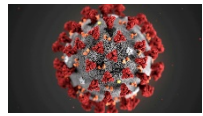
The latest edition of an ASHRAE Standard may be purchased from the ASHRAE website (www.ashrae.org) or from ASHRAE Customer Service, 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GA 30329-2305. E-mail: orders@ashrae.org. Fax: 678-539-2129. Telephone: 404-636-8400 (worldwide), or toll free 1-800-527-4723 (for orders in US and Canada). For reprint permission, go to www.ashrae.org/permissions.

© 2019 ASHRAE ISSN 1041-2336





ความปลอดภัยของทันตบุคลากร



ACAT Covid-19: ระบบระบายอากาศสำหรับคลินิกทันตกรรมในยุควิกฤต Covid-19

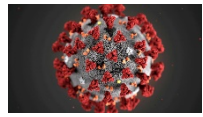
Surgical Mask (Efficiency 40%) & No EOS											
0.2 ACH = No MV, 3 ACH = Standard 62.1 "GV", 24 ACH = "GV" (3 ACH) + "Recirculated through HEPA" (21 ACH)											
Exposure Time (Hr)	Infection Dose Quanta/hr	Ventilation by FA + Ventilation by HEPA Filter (+ Equipvalent Ventilation by UVGI...etc)									
		0.2 ACH		3 ACH "GV"		6 ACH		12 ACH		24 ACH	
		Risk %	R ₀	Risk %	R ₀	Risk %	R ₀	Risk %	R ₀	Risk %	R ₀
1	100	40.6	0.81	22.4	0.45	14.3	0.29	8.1	0.16	4.3	0.09
	200	64.7	1.29	39.7	0.79	26.6	0.53	15.6	0.31	8.5	0.17
	300	79.0	1.58	53.2	1.06	37.1	0.74	22.5	0.45	12.5	0.25
	400	87.5	1.75	63.7	1.27	46.1	0.92	28.8	0.58	16.3	0.33
	500	92.6	1.85	71.8	1.44	53.8	1.08	34.6	0.69	19.9	0.40
	600	95.6	1.91	78.1	1.56	60.4	1.21	39.9	0.80	23.4	0.47
	700	97.4	1.95	83.0	1.66	66.1	1.32	44.8	0.90	26.7	0.53
	800	98.4	1.97	86.8	1.74	70.9	1.42	49.3	0.99	29.9	0.60
	900	99.1	1.98	89.8	1.80	75.1	1.50	53.4	1.07	32.9	0.66
	1000	99.5	1.99	92.0	1.84	78.7	1.57	57.2	1.14	35.8	0.72
1.5	100	67.8	1.36	35.2	0.70	21.9	0.44	12.3	0.25	6.5	0.13
	200	89.6	1.79	58.0	1.16	39.0	0.78	23.1	0.46	12.6	0.25
	300	96.7	1.93	72.8	1.46	52.3	1.05	32.5	0.65	18.3	0.37
	400	98.9	1.98	82.4	1.65	62.8	1.26	40.8	0.82	23.7	0.47
	500	99.7	1.99	88.6	1.77	70.9	1.42	48.1	0.96	28.7	0.57
	600	99.9	2.00	92.6	1.85	77.3	1.55	54.5	1.09	33.3	0.67
	700	100.0	2.00	95.2	1.90	82.3	1.65	60.1	1.20	37.7	0.75
	800	100.0	2.00	96.9	1.94	86.1	1.72	65.0	1.30	41.7	0.83
	900	100.0	2.00	98.0	1.96	89.2	1.78	69.3	1.39	45.5	0.91
	1000	100.0	2.00	98.7	1.97	91.5	1.83	73.1	1.46	49.1	0.98

* Simulated by Gammaitoni and Nucci Infection Risk Model

*** Surgical Mask is not safe for Covid-19, except that when ventilation rate is very high (24 ACH) ***



หมายเหตุ: ถ้ามี EOS ก็เสมือนลด Quanta/hr ไป 60% ความเสี่ยงก็จะต่ำลงมาก (ประมาณครึ่งหนึ่ง)



ACAT Covid-19: ระบบระบายอากาศสำหรับคลินิกทันตกรรมในยุควิกฤต Covid-19

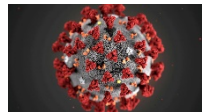
HEPA Mask (Efficiency 95%) & No EOS											
0.2 ACH = No MV, 3 ACH = Standard 62.1 "GV", 24 ACH = "GV" (3 ACH) + "Recirculated through HEPA" (21 ACH)											
Exposure Time (Hr)	Infection Dose Quanta/hr	Ventilation by FA + Ventilation by HEPA Filter (+ Equipvalent Ventilation by UVGI...etc)									
		0.2 ACH		3 ACH "GV"		6 ACH		12 ACH		24 ACH	
		Risk %	R ₀	Risk %	R ₀	Risk %	R ₀	Risk %	R ₀	Risk %	R ₀
1	100	4.2	0.08	2.1	0.04	1.3	0.03	0.7	0.01	0.4	0.01
	200	8.3	0.17	4.1	0.08	2.5	0.05	1.4	0.03	0.7	0.01
	300	12.2	0.24	6.1	0.12	3.8	0.08	2.1	0.04	1.1	0.02
	400	15.9	0.32	8.1	0.16	5.0	0.10	2.8	0.06	1.5	0.03
	500	19.5	0.39	10.0	0.20	6.2	0.12	3.5	0.07	1.8	0.04
	600	22.9	0.46	11.9	0.24	7.4	0.15	4.2	0.08	2.2	0.04
	700	26.2	0.52	13.7	0.27	8.6	0.17	4.8	0.10	2.6	0.05
	800	29.3	0.59	15.5	0.31	9.8	0.20	5.5	0.11	2.9	0.06
1.5	100	9.0	0.18	3.5	0.07	2.0	0.04	1.1	0.02	0.6	0.01
	200	17.2	0.34	7.0	0.14	4.0	0.08	2.2	0.04	1.1	0.02
	300	24.7	0.49	10.3	0.21	6.0	0.12	3.2	0.06	1.7	0.03
	400	31.5	0.63	13.5	0.27	7.9	0.16	4.3	0.09	2.2	0.04
	500	37.7	0.75	16.5	0.33	9.8	0.20	5.3	0.11	2.8	0.06
	600	43.3	0.87	19.5	0.39	11.6	0.23	6.4	0.13	3.3	0.07
	700	48.4	0.97	22.4	0.45	13.4	0.27	7.4	0.15	3.9	0.08
	800	53.0	1.06	25.1	0.50	15.2	0.30	8.4	0.17	4.4	0.09
900	57.3	1.15	27.8	0.56	16.9	0.34	9.4	0.19	4.9	0.10	
1000	61.1	1.22	30.3	0.61	18.6	0.37	10.4	0.21	5.5	0.11	

* Simulated by Gammaitoni and Nucci Infection Risk Model

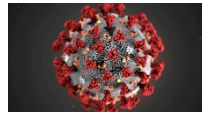


*** คุณหมอและผู้ช่วยปลอดภัยเสมอถ้าใส่ HEPA Mask และจัดให้มีการระบายอากาศอย่างน้อย 3 ACH (PAPR จะยิ่งดี) ***

หมายเหตุ: ถ้ามี EOS ก็เสมือนลด Quanta/hr ไป 60% ความเสี่ยงก็จะต่ำลงมาก

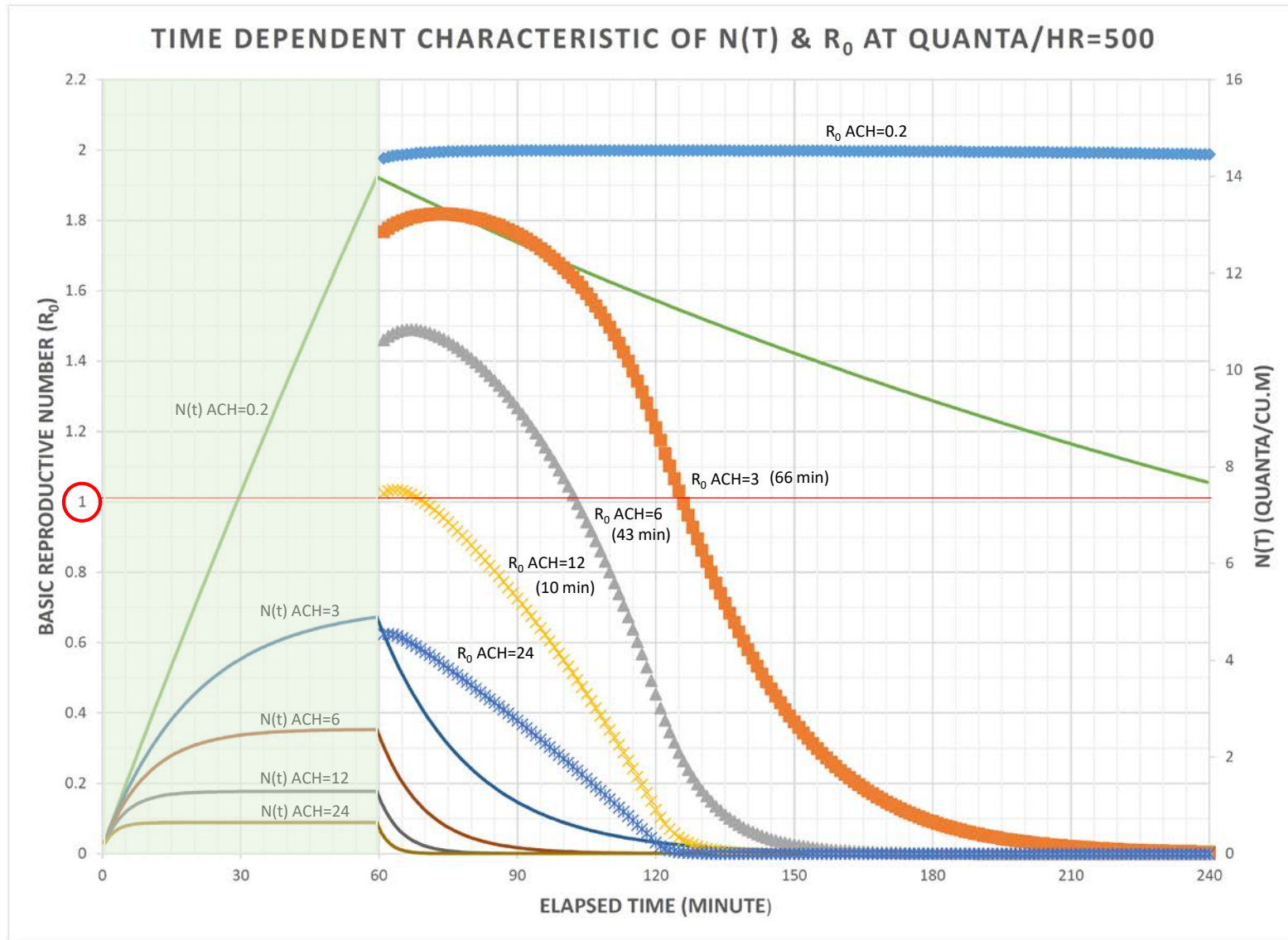


ความปลอดภัยของผู้มารับการรักษา



ACAT Covid-19: ระบบระบายอากาศสำหรับคลินิกทันตกรรมในยุควิกฤต Covid-19

***** Next Patient Risk (patient do not wear mask) *****

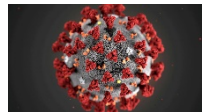


R_0 at 61 minute for "Safe Entry"

Infection Dose	R_0 at 61 minute				
	0.2 ACH	3 ACH	6 ACH	12 ACH	24 ACH
100	1.2	0.7	0.5	0.3	0.1
200	1.7	1.2	0.8	0.5	0.3
300	1.9	1.5	1.1	0.7	0.4
400	1.9	1.6	1.3	0.9	0.5
500	2.0	1.8	1.5	1.0	0.6
600	2.0	1.9	1.6	1.2	0.7
700	2.0	1.9	1.7	1.3	0.8
800	2.0	1.9	1.8	1.4	0.9
900	2.0	2.0	1.8	1.5	1.0
1000	2.0	2.0	1.9	1.5	1.1

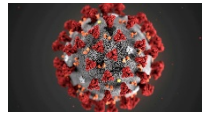
***** EOS double these values *****

R_0 at 91 minute for "Safe Entry" are very much the same



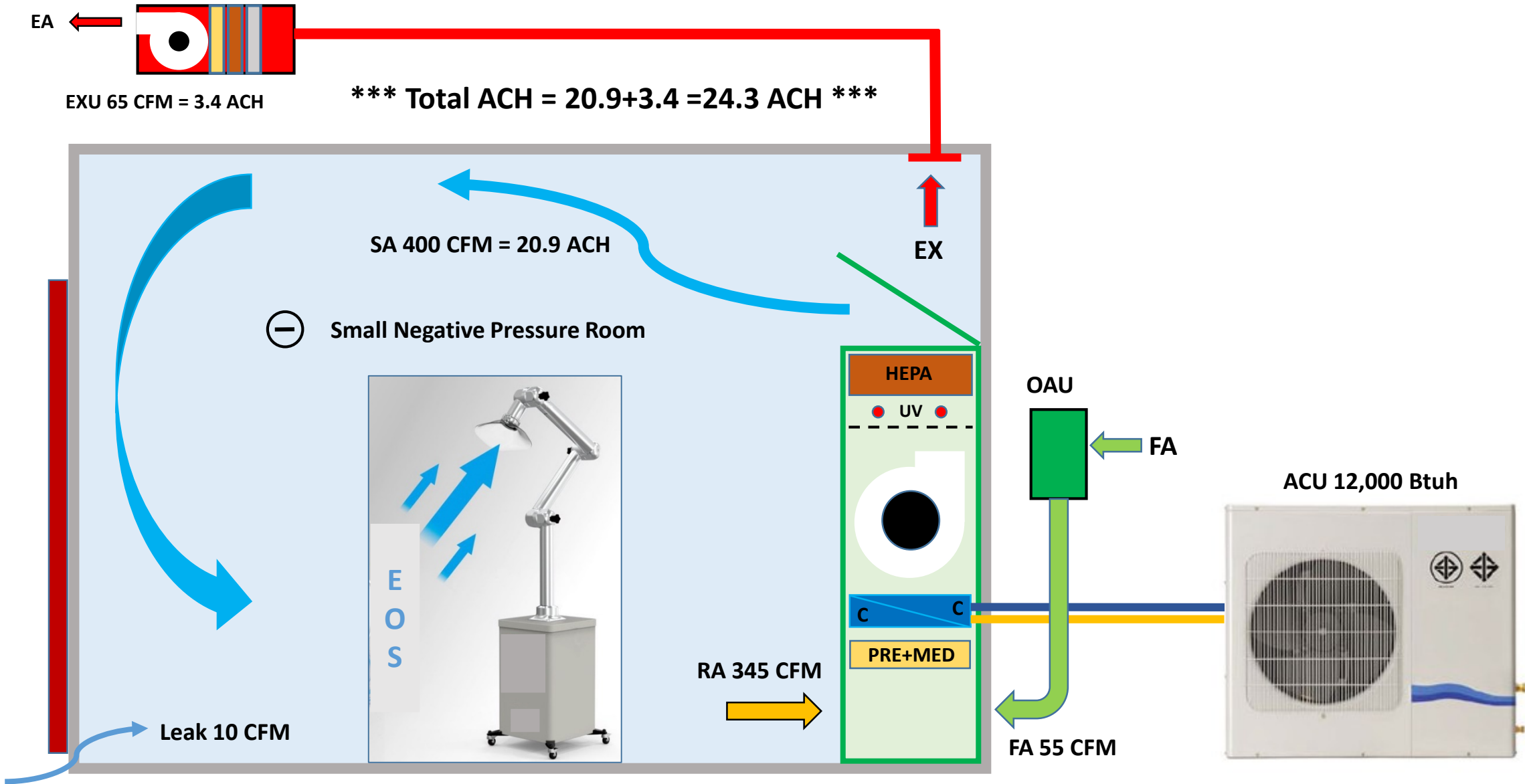
ACAT Covid-19: ระบบระบายอากาศสำหรับคลินิกทันตกรรมในยุควิกฤต **Covid-19**

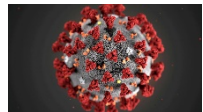
แอร์ติด Covid



ACAT Covid-19: ระบบระบายอากาศสำหรับคลินิกทันตกรรมในยุควิกฤต Covid-19

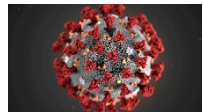
*** เรื่องสำคัญมากคือตัวตู้ตั้งนี้เสียงต้องเงียบ ***





ACAT Covid-19: ระบบระบายอากาศสำหรับคลินิกทันตกรรมในยุควิกฤต Covid-19

New Normal

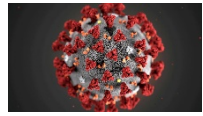


ACAT Covid-19: ระบบระบายอากาศสำหรับคลินิกทันตกรรมในยุควิกฤต Covid-19

- น้ำยาบ้วนปาก
- Rubber Dam
- Ante Room & PPE-HEPA Mask/PAPR
- EOS
- Patient, please do not talk too much?

- Short Period
- Small Number of People
- Ventilation & Fresh Air
- Air Filtration & New FCU
- UVGI, ...ect.
- Big Clean every turn & Purging
- Safe exhaust

- No more waiting (Room)
- Negative Pressure & Positive Pressure
- Airflow direction in rooms and the whole clinic
- ...etc.



Thank You for Your Attention!



หากมีข้อสงสัยใดๆ กรุณาส่งคำถามมาทาง
Inbox ใน Facebook Page

“ตุลย์ มณีวัฒนา/Tul Manewattana”

และสุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณทันตแพทย์
หลายๆท่านที่กรุณาให้ข้อมูลและอธิบายอะไร
หลายๆอย่างให้เข้าใจอย่างกระจ่างจนสามารถ
ทำคลิปชุดนี้ขึ้นมาได้