

รูปแบบของการส่งผ่าน SARS-CoV-2:

สิ่งที่เรารู้ตอนนี้ และวิธีป้องกันตัวเอง

ศาสตราจารย์ โจเซ่ แอล เจมินีส

มหาวิทยาลัยโคโลราโด โบลเดอร์

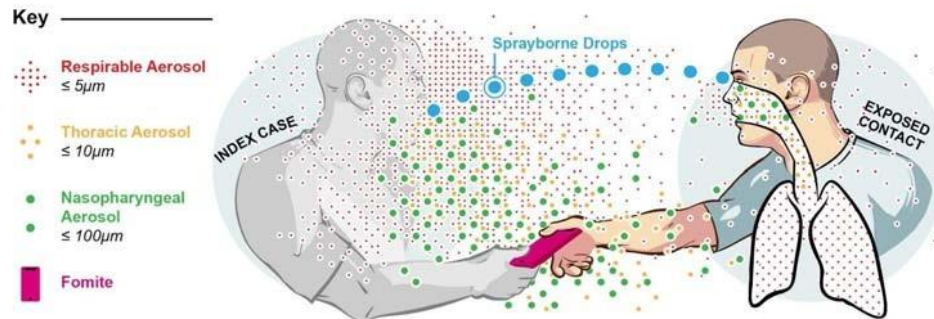
Jose.jimenez@colorado.edu Twitter: @jljcolorado

<http://tinyurl.com/covid-estimator> <http://tinyurl.com/faqs-aerosol>

1. เรารู้อะไรเกี่ยวกับรูปแบบของการแพร่กระจายเชื้อ?

2. เราจะปกป้องตนเองจากการติดเชื้อได้อย่างไร?

### ละอองหยด เทียบกับ ละอองลอย เทียบกับ พื้นผิว



#### • ละอองหยด:

- ลักษณะการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง คล้ายการตกของขีปนาวุธ
- ติดเชื้อจากการตกกระทบกับตา จมูก หรือปาก

#### • ละอองลอย

- ล่องลอยในอากาศ
- ติดเชื้อจากการสูดดม

### เรารู้อะไรเกี่ยวกับรูปแบบของการแพร่กระจายเชื้อ?

พื้นผิวไม่สำคัญ: เช่น การล้างมือช่วยลดการส่งผ่านเชื้อลง 16%

## Airborne transmission of SARS-CoV-2

Kimberly A. Prather<sup>1</sup>, Linsey C. Marr<sup>2</sup>, Robert T. Schooley<sup>3</sup>, Melissa A. McDiarmid<sup>4</sup>, Mary E. Wilson<sup>5,6</sup>, Donald K. Milton<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Scopes Institution of Oceanography, University of California San Diego, La Jolla, CA 92037, USA; <sup>2</sup>Civil and Environmental Engineering, Virginia Tech, Blacksburg, VA 24061, USA; <sup>3</sup>Department of Medicine, University of California San Diego, La Jolla, CA 92093, USA; <sup>4</sup>Division of Occupational & Environmental Medicine, University of Maryland School of Medicine, Baltimore, MD 21205, USA; <sup>5</sup>School of Medicine, University of California, San Francisco, CA 94143, USA; <sup>6</sup>Harvard T.H. Chan School of Public Health, Boston, MA 02115, USA; <sup>7</sup>Institute for Applied Environmental Health, University of Maryland, College Park, MD 20742, USA

\*Corresponding author. Email: kprather@ucsd.edu

There is overwhelming evidence that inhalation of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) represents a major transmission route for coronavirus disease 2019 (COVID-19). There is an urgent need to harmonize discussions about modes of virus transmission across disciplines to ensure the most effective control strategies and provide clear and consistent guidance to the public. To do so, we must clarify the terminology to distinguish between aerosols and droplets using a size threshold of 100  $\mu\text{m}$ , not the historical 5  $\mu\text{m}$  (3). This size more effectively separates their aerodynamic behavior, ability to be inhaled, and efficacy of interventions.

Viruses in droplets (larger than 100  $\mu\text{m}$ ) typically fall to the ground in seconds within 2 m of the source and can be sprayed like tiny cannonballs onto nearby individuals. Because of their limited travel range, physical distancing reduces exposure to these droplets. Viruses in aerosols (smaller than 100  $\mu\text{m}$ ) can remain suspended in air for many seconds to hours, like smoke, and be inhaled. They are highly concentrated near an infected person, so they can infect people most easily in close proximity. But aerosols containing infectious virus (2) can also travel more than 2 m and accumulate in poorly ventilated indoor air, leading to superspreading events (8).

Individuals with COVID-19, many of whom have no symptoms, release thousands of virus-laden aerosols and far fewer droplets when breathing and talking (4–6). Thus, one is far more likely to inhale aerosols than be sprayed by a droplet (2), and so the balance of attention must be shifted to protecting against airborne transmission. In addition to existing mandates of mask-wearing, social distancing, and hygiene efforts, we urge public health officials to add clear guidance about the importance of moving activities outdoors, improving indoor air using ventilation and filtration, and improving protection for high-risk workers (8).

### REFERENCES AND NOTES

1. National Academies of Science, Engineering, and Medicine, “Video 31–CQ1: reflection and synthesis: Identifying opportunities and gaps on the path ahead by Kim Prather” (Airborne Transmission of SARS-CoV-2: A Virtual Workshop, 26 to 27 August 2020). [www.nationalacademies.org/event/08-26-2020/airborne-transmission-of-sars-cov-2-a-virtual-workshop](https://www.nationalacademies.org/event/08-26-2020/airborne-transmission-of-sars-cov-2-a-virtual-workshop)
2. J. A. Lednicky et al., *J. Infect. Dis.*, 30.1016/j.jid.2020.09.025 (2020).

3. S. L. Miller et al., *Indoor Air*, 30.1111/ina.12753 (2020).
4. K. A. Prather, C. C. Wang, R. T. Schooley, *Science* 368, 1422 (2020).
5. V. Stashenko, C. E. Bax, A. Bax, P. Antonsen, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 117, 11875 (2020).
6. J. Masi et al., *Clin. Infect. Dis.*, 10.1093/cid/ciaa283 (2020).
7. N. Chou et al., *Bull. Environ. Int.*, 10.1016/j.benv.2020.09.001 (2020).
8. L. Morawski et al., *Environ. Int.*, 142, 105832 (2020).

### COMPETING INTERESTS

K.A.P. is Director of the National Science Foundation Center for Aerosol Impacts on Chemistry of the Environment (C.A.I.C.E.) and is a member of the Science Advisory Board and holds stock options for Phylagen and is a paid reviewer for the Alfred P. Sloan Foundation. R.T.S. is a member of the Global Sciences Scientific Advisory Board and chairs Data Safety and Monitoring Boards for VIK, Glaxo, and Merck. Honoraria for these activities are paid to the Regents of the University of California. R.T.S. has served as a scientific consultant to Pfizer and to AbbVie. M.A.M. is the (long) Chair of the National Academy of Medicine Committee on Personal Protective Equipment for Workplace Safety and Health.

Published online 5 October 2020  
10.1126/science.abb6521

First release: 5 October 2020

[www.sciencemag.org](https://www.sciencemag.org)

(Page numbers not final at time of first release) 1

ศูนย์ควบคุมและป้องกันโรคสหรัฐฯ (CDC) ยอมรับละอองลอยเป็นทางหลักของการส่งผ่าน

- อับเดทอย่างฉับพลัน ในวันที่ 9 ต.ค. 2020
- นำภาษาใส่กลับเข้าไปหลังจากที่ลบไปจากการอัปเดตก่อนหน้านี้
- สามารถสูดดมได้เฉพาะละอองลอย (< 100  $\mu\text{m}$ ) เท่านั้น
- หากสามารถถูกสูดดมเข้าไป มันสามารถแพร่ไปได้เกิน 1 เมตร
- CDC เรียกมันว่า “ละอองลอยขนาดเล็ก” เพื่อสนับสนุน “มาตรการป้องกันละอองหยด” ในโรงพยาบาล... ซึ่งป้องกันละอองลอยได้ค่อนข้างดี!

## ละอองลอยที่สะสมในทางเดินหายใจ

- มีศึกษามากมายที่เกี่ยวกับการทำสงครามเย็น โดยใช้อาวุธชีวภาพ มลพิษ อาชีวอนามัย คำนวณหริ การส่งยาไปยังปอด เป็นต้น
- ละอองลอยที่มีขนาด  $< 100 \mu\text{m}$  เท่านั้นที่สามารถสูดดมเข้าไปได้  
หากสามารถหายใจเอาเข้าไปได้ ก็สามารถแพร่ไปไกลในตัวคนได้  $> 1$  เมตร!
- เฉพาะละอองลอยขนาด  $\sim 5 \mu\text{m}$  เท่านั้นที่สามารถเข้าถึงปอดชั้นลึกได้  
เช่น วัณโรค
- แต่ละอองลอยส่วนใหญ่ที่มีขนาด  $5 \mu\text{m}$  จะถูกสะสมที่บริเวณส่วนหัว

## สารจากองค์การอนามัยโลก

**FACT CHECK: COVID-19 is NOT airborne**

The virus that causes COVID-19 is mainly transmitted through droplets generated when an infected person coughs, sneezes, or speaks. These droplets are too heavy to hang in the air. They quickly fall on floors or surfaces.

You can be infected by breathing in the virus if you are within 1 metre of a person who has COVID-19, or by touching a contaminated surface and then touching your eyes, nose or mouth before washing your hands.

To protect yourself, keep at least 1 metre distance from others and disinfect surfaces that are touched frequently. Regularly clean your hands thoroughly and avoid touching your eyes, mouth, and nose.

**COVID -19 IS CONFIRMED AS AIRBORNE AND REMAIN 8 HRS IN THE AIR! SO IF YOU ARE REMAINING IN THE AIR WEAR MASK EVERYWHERE!!**

This message spreading on social media is incorrect. Help stop misinformation. Verify the facts before sharing.

World Health Organization

March 28 2020

#Coronavirus #COVID19

This message spreading on social media is incorrect. Help stop misinformation. Verify the facts before sharing.

บทสรุปทางวิทยาศาสตร์ล่าสุดของ WHO

WHO: การระบายอากาศเป็นสิ่งสำคัญ! แต่ทำไม?

- ในสัปดาห์ที่แล้ว:

การระบายอากาศเป็นสิ่งสำคัญ ควรเปิดหน้าต่าง

- แต่พวกเขาไม่พูดถึง?

คริสเตียน ครอสเทน: “เราต้องอธิบายว่าไวรัสแพร่กระจายอย่างไร”

เรารู้อะไรเกี่ยวกับรูปแบบของการแพร่กระจายเชื้อ?

พื้นผิวไม่สำคัญ: เช่น การล้างมือช่วยลดการส่งผ่านเชื้อลง 16%

การแพร่กระจายเชื้อเกิดขึ้นได้ง่ายหากอยู่ใกล้กัน

WHO: เหตุใดการเว้นระยะห่างทางสังคมจึงช่วยได้?

อยู่ระยะใกล้: ละอองหยดสามารถส่งผ่านเข้าทางตา จมูก ปาก

อยู่ระยะไกล: ละอองหยดจะตกลงบนพื้น

จำแนกประเภทตาม WHO: การติดเชื้อเกิดขึ้นง่ายในบริเวณใกล้เคียง เป็นหลักฐานยืนยันของการส่งผ่านทาง  
ละอองหยด

จริง ๆ แล้วมันเป็นแค่สมมติฐาน

คำอธิบายทางเลือกของระยะห่างทางสังคม

ปริมาณจริงของคาร์บอนไดออกไซด์ที่  
ถูกปล่อยออกมาจากการหายใจ

การจำลองการไหลของของไหล

- การหายใจออกเมื่อพูดจะสูญเสียโมเมนต์ใน  $<0.5-1$  เมตร และเริ่มสูงขึ้น
  - สามารถอธิบายได้ว่าทำไมการเว้นระยะห่างทางสังคมจึงช่วยลดการแพร่กระจายของโรคได้
- ผลลัพธ์ที่น่าสนใจ
  - คาร์บอนไดออกไซด์ถูกถ่ายภาพโดยตรง (การทดลอง) แต่ให้ความคมชัดของภาพน้อยกว่าและช่วงการมองเห็นน้อยกว่าการจำลอง

ความใกล้ชิด และ ห้องรวมอากาศ

- อากาศที่หายใจออกถูกมองเห็นได้ในลักษณะควัน
- เหตุการณ์หายใจเอาอากาศออก สามารถอธิบายการทำงานเว้นระยะห่างทางสังคมได้
  - การสังเกตว่าระยะห่างทางสังคมมีประสิทธิภาพ ไม่ได้พิสูจน์ว่าละอองหยดหรือละอองลอยเป็นตัวการ เราต้องดูหลักฐานเพิ่มเติม
- ห้องรวมอากาศ?
  - ถ้าละอองหยด: ปลอดภัย
  - หากเป็นละอองลอย: ไม่ปลอดภัย ด้วยเวลายาวนานและการระบายอากาศที่น้อย ทำให้การติดเชื้อสามารถเกิดขึ้นได้

เรารู้อะไรเกี่ยวกับรูปแบบของการแพร่กระจายเชื้อ?

พื้นที่ที่สำคัญ: เช่น การล้างมือช่วยลดการส่งผ่านเชื้อลง 16%

การแพร่กระจายเชื้อเกิดได้ง่ายในบริเวณใกล้เคียง

การแพร่กระจายเชื้อเกิดในที่ร่ม มากกว่า ที่โล่งแจ้ง

การแพร่กระจายเชื้อในที่ร่ม และ ที่โล่งแจ้ง



ละอองหยด เทียบกับ ละอองฝอย : ในที่ร่ม และ ที่โล่งแจ้ง

• ละอองหยด:

- เคลื่อนที่แบบขีปนาวุธ ไม่ถูกรบกวนเมื่ออยู่กลางแจ้งและมีลมเบา
- การติดเชื้อควรจะคล้ายกันเมื่ออยู่กลางแจ้ง

• ละอองลอย

- ลอยอยู่ในอากาศ ถ้าลอยสูงขึ้น จะถูกกำจัดอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- คาดว่าจะมีการติดเชื้อน้อยกว่ามากเมื่ออยู่กลางแจ้ง

เรารู้อะไรเกี่ยวกับรูปแบบของการแพร่กระจายเชื้อ?

พื้นผิวไม่สำคัญ: เช่น การล้างมือช่วยลดการส่งผ่านเชื้อลง 16%

การแพร่กระจายเชื้อเกิดได้ง่ายในบริเวณใกล้ชิด

การแพร่กระจายเชื้อเกิดในที่ร่ม มากกว่า ที่โล่งแจ้ง

• WHO: “เห็นแตกต่าง” มากกว่าการยอมรับว่าเป็นโรคติดต่อส่งผ่านทางอากาศ:

- การแพร่เชื้อทางอากาศ: หัด วัณโรค อีสุกอีใส
- COVID-19 คล้ายกับ “โรคละอองน้ำ” เช่น ไข้หวัดใหญ่
  - $R_0 \sim 2.5$
- การกระจายตัวสูง “superspreading”
  - 10-20% ของผู้ติดเชื้อนำไปสู่ 80% ของการติดเชื้อใหม่ ( $R_0 \sim 10-20$ )

## เรารู้อะไรเกี่ยวกับรูปแบบของการแพร่กระจายเชื้อ?

พื้นผิวไม่สำคัญ: เช่น การล้างมือช่วยลดการส่งผ่านเชื้อลง 16%

การแพร่กระจายเชื้อเกิดได้ง่ายในบริเวณใกล้ชิด

การแพร่กระจายเชื้อเกิดในที่ร่ม มากกว่า ที่โล่งแจ้ง

- WHO: “เห็นแตกต่าง” มากกว่าการยอมรับว่าเป็นโรคติดต่อทางอากาศ:

- การแพร่เชื้อทางอากาศ: หัด วัณโรค อีสุกอีใส

- COVID-19 คล้ายกับ “โรคละอองน้ำ” เช่น ไข้หวัดใหญ่

- $R_0 \sim 2.5$

- การกระจายตัวสูง “superspreading”

- 10-20% ของผู้ติดเชื้อนำไปสู่ 80% ของการติดเชื้อใหม่ ( $R_0 \sim 10-20$ )

## ตัวอย่างเหตุการณ์ Superspreading: Skagit Choir

### • กรณีที่ชัดเจนที่สุดในความคิดของฉัน

- คณะนักร้องประสานเสียงไม่ได้เข้าเข้าสังคมกัน มาทันเวลาและขึ้นร้องเพลง แล้วพัก 10 นาที  
หลังจากร้องเสร็จกลับทันที

- ซ้อมร้องเพลง 2.5 ชั่วโมง: พบผู้ป่วยรายแรก และตามมาด้วยผู้ติดเชื้อรายใหม่ 52 ราย (อยู่ด้านหลัง 13 เมตร) PH & Choir: สถานที่ที่มีการซ้อมคือจุดเริ่มต้นของการระบาด

### • พาหนะนำโรค/ พื้นผิว?

- ตกลงว่าไม่มีประสิทธิภาพ (เช่น CDC)
- พวกเขาเกี่ยวข้องกับโควิด-19 และตระหนักตั้งแต่เนิ่นๆ ว่าบนพื้นผิว ไม่ให้มีการสัมผัส ใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ  
เปิดประตู

- ผู้ป่วยรายแรกไม่ได้สัมผัสวัตถุใด ๆ มีเพียง 3 คนเท่านั้นที่ใช้ห้องน้ำร่วมกัน

### • ละอองหยด?

- ไม่มีใครอยู่ใกล้ผู้ป่วยรายแรก ในระยะ 3 เมตร และผู้ป่วยก็ไม่ได้พูดคุยกับผู้อื่น ส่วนคนอื่นๆ คุยกับ  
2-3 คน ในช่วงพัก 10 นาที

- ดังนั้นติดเชื้อรายใหม่ 52 ราย ไม่มีทางสัมผัสหยดน้ำตา จมูก ปาก

- CDC พูดว่า “ระยะเวลา 15 นาที และความใกล้ชิด” มีความสำคัญ

### • ละอองลอย?

- การระบายอากาศต่ำ อยู่ในห้องร่วมกัน เป็นระยะเวลานาน ไม่มีการสวมหน้ากากอนามัย → อธิบาย  
ถึงการแพร่เชื้อได้ง่าย

- จำนวนไวรัส สูงขึ้น 10 เท่าของบนรถประจำทางและร้านอาหาร (ร้องเพลงตลอดเวลา เทียบกับ พูดเป็น  
ช่วงๆ สอดคล้องกับการตรวจวัด)

- เหตุการณ์ Superspreading ทั้งหมดชี้ไปที่ละอองฝอย ไม่มีการพุ่งเป้าไปที่ฟองหรือละอองหยด

### เรารู้อะไรเกี่ยวกับรูปแบบของการแพร่กระจายเชื้อ?

พื้นผิวไม่สำคัญ: เช่น การล้างมือช่วยลดการส่งผ่านเชื้อลง 16%

การแพร่กระจายเชื้อเกิดได้ง่ายในบริเวณใกล้เคียง

การแพร่กระจายเชื้อเกิดในที่ร่ม มากกว่า ที่โล่งแจ้ง

• WHO: “เห็นแตกต่าง” มากกว่าการยอมรับว่าเป็นโรคติดต่อทางอากาศ:

- การแพร่เชื้อทางอากาศ: หัด วัณโรค อีสุกอีใส

- COVID-19 คล้ายกับ “โรคละอองน้ำ” เช่น ไข้หวัดใหญ่

- $R_0 \sim 2.5$

- การกระจายตัวสูง “superspreading”

- 10-20% ของผู้ติดเชื้อนำไปสู่ 80% ของการติดเชื้อใหม่ ( $R_0 \sim 10-20$ )

• มักเกิดการติดต่อไม่มาก

- หลายคนไม่มีการแพร่กระจายเชื้อให้บุคคลอื่น

- อัตราการโจมตีของเชื้อโรคที่เกิดภายในครัวเรือนไม่สูงมาก

- “ข้อควรระวังละอองหยด” ใช้ได้ดีกับผู้ป่วยที่ป่วยหนัก

### โรคที่ส่งผ่านทางละอองหยดและละอองลอย

#### โรค A

- ส่งผ่านละอองหยด จะสำเร็จต้อง

สัมผัสใกล้ชิดภายในระยะ 1 เมตร

- ภายหลังการรักษาในโรงพยาบาลของผู้ป่วย 182 ราย

มีผู้ป่วยเพียงรายเดียวที่ติดเชื้อซ้ำ

แม้ว่าจะมีอากาศหมุนเวียนอย่างอิสระ

- การระบายบนเรือ ในรถโรงเรียน โรงเรียน

ในห้องที่มีการระบายอากาศไม่ดี และในบาร์

#### โรค B

- การแพร่กระจายของละอองหยดจากทางเดินหายใจ อาจเกิดขึ้นเมื่อสัมผัสใกล้ชิด (ภายใน 1 เมตร) กับผู้ติดเชื้อ

- ไม่มีการแพร่เชื้อไปยังเจ้าหน้าที่ดูแลสุขภาพ 41 คน เมื่อมีการสัมผัสเป็นเวลามากกว่า 10 นาที และผู้ป่วยที่มีการใส่ท่อช่วยหายใจ ในระยะน้อยกว่า 2 เมตร สวมหน้ากากทางการแพทย์ (85%) ของ N95 (15%)

- การระบายบนเรือ รถโดยสาร ร้านอาหารที่มีการระบายอากาศไม่ดี บาร์ คณະนักร้องประสานเสียง

โรคที่ส่งผ่านทางละอองหยดและละอองลอย

โรค A

- ส่องผ่านละอองหยด จะสำเร็จต้องสัมผัสใกล้ชิดภายในระยะ 1 เมตร

วัณโรค (1950) &  
โรคหัด (1985)

- ภายหลังการรักษาในโรงพยาบาลของผู้ป่วย 182 ราย มีผู้ป่วยเพียงรายเดียวที่ติดเชื้อซ้ำ แม้ว่าจะมีอากาศหมุนเวียนอย่างอิสระ

โรคหัด (1985)

- การระบาดบนเรือ ในรถโรงเรียน โรงเรียนในห้องที่มีการระบายอากาศไม่ดี และในบาร์

วัณโรคและหรือโรคหัด

โรค B

- การแพร่กระจายของละอองหยดจากทางเดินหายใจ อาจเกิดขึ้นเมื่อสัมผัสใกล้ชิด (ภายใน 1 เมตร) กับผู้ติดเชื้อ

โควิด-19

- ไม่มีการแพร่เชื้อไปยังเจ้าหน้าที่ดูแลสุขภาพ 41 คน เมื่อมีการสัมผัสเป็นเวลามากกว่า 10 นาที และผู้ป่วยที่มีการใส่ท่อช่วยหายใจ ในระยะน้อยกว่า 2 เมตร สวมหน้ากากทางการแพทย์ (85%) ของ N95 (15%)

โควิด-19

- การระบาดบนเรือ รถโดยสาร ร้านอาหารที่มีการระบายอากาศไม่ดี บาร์ คณะนักเรียนประสานเสียง

เปรียบเทียบนกอินทรีกับไก่

- ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ บางคน:

- “ถ้าโรคสามารถบินได้เหมือนนกอินทรี SARS-CoV-2 บินก็เหมือนไก่ที่บิน”
- ความหมายโดยนัย : เมื่อโรคแพร่ในอากาศจะมองเห็นได้ทันที พวกเขาลาดไม่ได้!

- ปัญหาเล็กน้อย:

- ผู้เชี่ยวชาญใช้เวลา 75 ปีบอกเราว่าโรคหัดเป็นไก่ที่บินได้ (จนถึง ~ 1985)
- และ 40 ปีที่บอกเราว่าวัณโรคเป็นไก่ที่บินได้ (จนถึง ~ 1950)

- ในความเป็นจริง:

- โรคหัด เปรียบเหมือน อินทรี
- SARS-CoV-2 เปรียบเหมือน นกพิราบ
- วัณโรค เปรียบเหมือน ไก่ทอง
- เชื้อโรคอาศัยในอากาศได้ด้วยธรรมชาติของตัวโรคเอง ไม่ต้องอาศัยการแพร่ระบาด

ความแปรปรวนของการปล่อยละอองฝอยที่มีเชื้อ

- แบบจำลองทางจิตของ WHO: ละอองฝอยถูกปล่อยออกมาตลอดและในปริมาณที่สูงจากผู้ติดเชื้อทุกคน

- หากไม่สอดคล้องกันกับสิ่งแปลกปลอม ให้สรุปว่าเป็นโรค (แทนที่จะเป็นบางคน) ไม่เป็นละอองฝอย

- Superspreading?

- ผิดที่ ผิดเวลา (คนเยอะ เวลา การระบายอากาศน้อย ไม่ใส่หน้ากาก การใช้เสียง)
- Super spreader บางคนปล่อยละอองฝอยที่ประกอบไปด้วยไวรัสจำนวนมากเพิ่มขึ้น 10 เท่า
- ละอองฝอยที่มีเชื้อมีความแปรปรวนสูง อาจทำให้ไม่มีการแพร่เชื้อหากไม่มีละอองฝอยในเวลานั้น แต่

ก็ไม่เสมอไป

- โรคหัด: ใช้เวลา 75 ปีในการได้รับการยอมรับว่ามาจากการแพร่กระจายของละอองฝอย ซึ่งก่อนหน้านี้บอกว่าไม่มีการแพร่เชื้อในที่ที่ใช้อากาศร่วมกัน

- การติดเชื้อแบบแอโรโซลโรปิก เช่น การติดเชื้อรา สำหรับไข้หวัดใหญ่ (ดอน มิลตัน)

- ปริมาณเชื้อในละอองขนาดเล็กที่เข้าสู่ปอดต่ำกว่าการสะสมที่จมูก 100 เท่า
- สำหรับอาการเดียวกัน ให้ขนาดยาเพิ่มขึ้น 100,000 เท่าถ้าเกิดที่จมูก

เรารู้อะไรเกี่ยวกับรูปแบบของการแพร่กระจายเชื้อ?

พื้นผิวไม่สำคัญ: เช่น การล้างมือช่วยลดการส่งผ่านเชื้อลง 16%

การแพร่กระจายเชื้อเกิดได้ง่ายในบริเวณใกล้เคียง

การแพร่กระจายเชื้อเกิดในที่ร่ม มากกว่า ที่โล่งแจ้ง

- WHO: “เห็นแตกต่าง” มากกว่าการยอมรับว่าเป็นโรคติดต่อทางอากาศ:

- การแพร่เชื้อทางอากาศ: หัด วัณโรค อีสุกอีใส

- COVID-19 คล้ายกับ “โรคละอองน้ำ” เช่น ไข้หวัดใหญ่

- $R_0 \sim 2.5$

- การกระจายตัวสูง “superspreading”

- 10-20% ของผู้ติดเชื้อนำไปสู่ 80% ของการติดเชื้อใหม่ ( $R_0 \sim 10-20$ )

- มักเกิดการติดต่อไม่มาก

- หลายคนไม่มีการแพร่กระจายเชื้อให้บุคคลอื่น

- อัตราการโจมตีของเชื้อโรคที่เกิดภายในครัวเรือนไม่สูงมาก

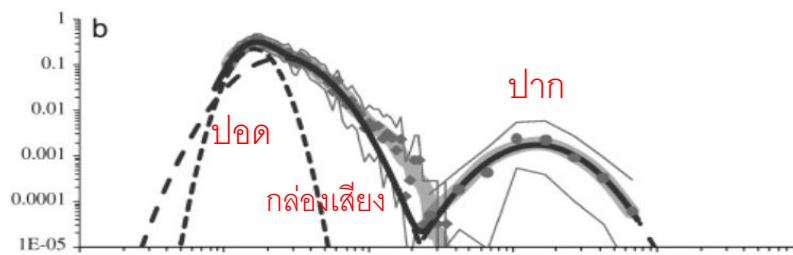
- “ข้อควรระวังละอองหยด” ใช้ได้ดีกับผู้ป่วยที่ป่วยหนัก

- WHO: ขนาดของละอองหยดที่ใหญ่ขึ้นจะมีจำนวนไวรัสจะมากขึ้นไปด้วย

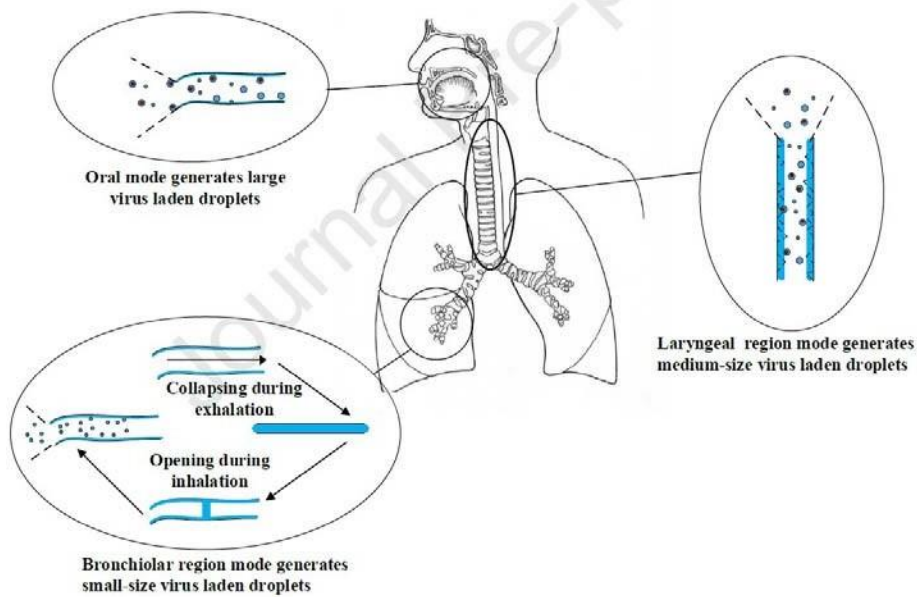
- แนวคิดนี้ถูกต้องหรือไม่

บทสรุปทางวิทยาศาสตร์ล่าสุดของ WHO

ละอองหยด และ ละอองลอย ที่กระจายเมื่อมีการสนทนาพูดคุย

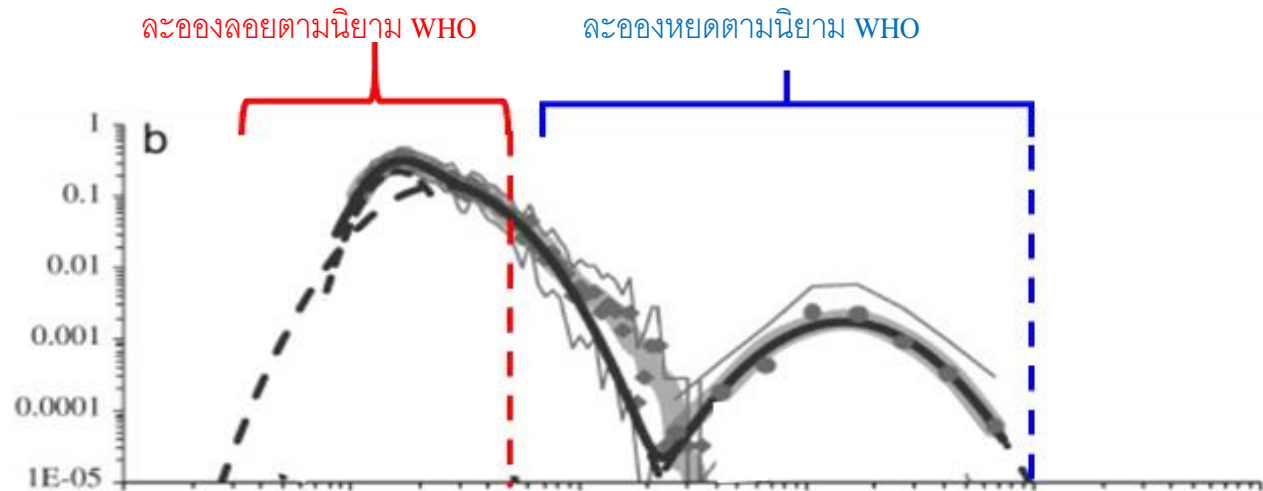


แหล่งที่มาของละอองลอยจากทางเดินหายใจ





ละอองหยดที่ปล่อยออกมาขณะพูด ตามมุมมองของ WHO



- ละอองลอยมีปริมาณมากกว่าละอองหยด 50 เท่า
- ละอองหยดมีขนาดใหญ่กว่า จึงสามารถนำพาไวรัสได้มากกว่า

CDC: "Aerosols 101" tutorial on their web page  
<https://www.cdc.gov/niosh/topics/aerosols/default.html>

## Particle Settling in Still Air

Time to settle 5 feet by unit density spheres

0.5 $\mu\text{m}$	1 $\mu\text{m}$	3 $\mu\text{m}$	10 $\mu\text{m}$	100 $\mu\text{m}$
41 hours	12 hours	1.5 hours	8.2 minutes	5.8 seconds

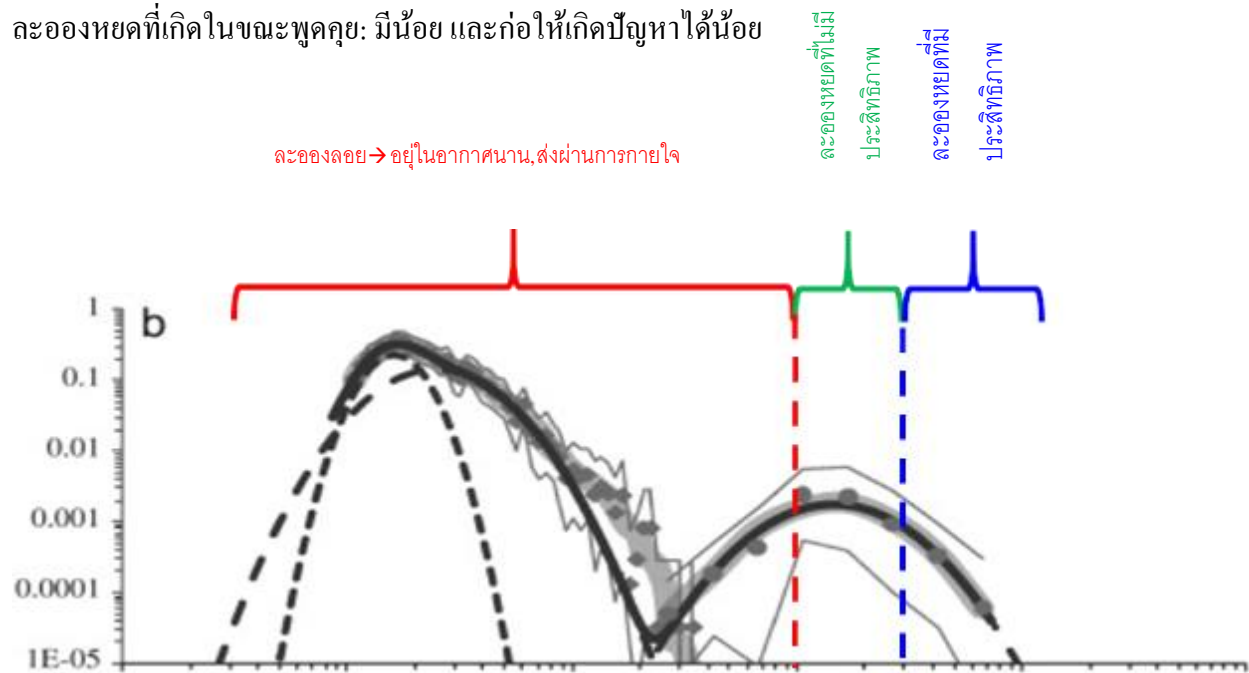
Aerodynamic diameter definition:  
diameter of a unit density sphere that  
settles at the same velocity as the particle  
in question

ดร. แอนโทนี ฟอซี ยอมรับว่า ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับขนาดอนุภาค 5  $\mu\text{m}$  ในวันที่ 10 กันยายน

“มีความเข้าใจผิดบางอย่างเกี่ยวกับละอองหยดที่เกิดจากทางเดินหายใจ และสิ่งที่เรียกว่าอนุภาคละอองลอย นักฟิสิกส์ละอองลอยและอนุภาคที่ได้แลกเปลี่ยนความรู้กับพวกเรา บอกเราว่าเราเข้าใจผิดมาหลายปีแล้ว ซึ่งอนุภาคที่ขนาดมากกว่า 5  $\mu\text{m}$  ยังคงอยู่ในอากาศนานกว่าที่เราคิด ซึ่งเราเคยพูดไปก่อนหน้านี้ว่า อนุภาคที่ขนาดมากกว่า 5  $\mu\text{m}$  จะตกลงสู่พื้น และ อนุภาคที่ขนาด 5  $\mu\text{m}$  อาจถูกทำให้เป็นละอองลอย แต่ตอนนี้เรารู้แล้วว่าไม่เป็นเช่นนั้น”

“สิ่งสำคัญที่สุดคือ: มีละอองลอยมากกว่าที่เราคิดไว้มาก”

ละอองหยดที่เกิดในขณะพูดคุย: มีน้อย และก่อให้เกิดปัญหาได้น้อย



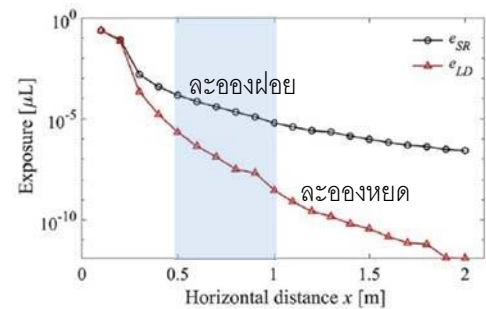
- ทุกๆละอองหยดขนาดใหญ่มี 1,000 ละอองฝอย
- ละอองหยดต้องตกกระทบโคนป้้าหายใจที่ลึกมาก
- ละอองลอยสามารถลอยในอากาศได้เป็นระยะเวลานานปละ มีโอกาสถูกหายใจเอาเข้าไปเยอะ

ปริมาณการติดเชื้อ:

ละอองหยดกับละอองลอยเมื่อพุดคุย

- ปริมาณละอองลอยมี 100-2000 เท่าของปริมาณละอองหยด

ระยะห่างในขณะพุดคุย



THE LANCET  
Respiratory Medicine

VIEWPOINT | VOLUME 5, ISSUE 5, P24-30, SEPTEMBER 2020  
Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control

Kevlin P Fennelly, MD, A, BS

Published: July 24, 2020 • DOI: [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30322-4](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30322-4) • Check for updates

Reviewing the literature on large droplet transmission, one can find no direct evidence for large droplets as the route of transmission of any disease.

- สำหรับโรคทั้งหมด พบว่า เชื้อโรคที่อนุภาคขนาดเล็ก (ส่วนใหญ่น้อยกว่า  $5 \mu\text{m}$ ) จะมีปริมาณมาก
- วัณโรค โรคหัด ไข้หวัดใหญ่ RSV

## เรารู้อะไรเกี่ยวกับรูปแบบของการแพร่กระจายเชื้อ?

พื้นผิวไม่สำคัญ: เช่น การล้างมือช่วยลดการส่งผ่านเชื้อลง 16%

การแพร่กระจายเชื้อเกิดได้ง่ายในบริเวณใกล้เตียง

การแพร่กระจายเชื้อเกิดในที่ร่ม มากกว่า ที่โล่งแจ้ง

- WHO: “เห็นแตกต่าง” มากกว่าการยอมรับว่าเป็นโรคติดต่อทางอากาศ:

- การแพร่เชื้อทางอากาศ: หัด วัณโรค อีสุกอีใส

- COVID-19 คล้ายกับ “โรคละอองน้ำ” เช่น ไข้หวัดใหญ่

- $R_0 \sim 2.5$

- การกระจายตัวสูง “superspreading”

- 10-20% ของผู้ติดเชื้อนำไปสู่ 80% ของการติดเชื้อใหม่ ( $R_0 \sim 10-20$ )

- มักเกิดการติดต่อไม่มาก

- หลายคนไม่มีการแพร่กระจายเชื้อให้บุคคลอื่น

- อัตราการโจมตีของเชื้อโรคที่เกิดในครัวเรือนไม่สูงมาก

- “ข้อควรระวังละอองน้ำ” ใช้ได้ดีกับผู้ป่วยที่ป่วยหนัก

- WHO: ขนาดของละอองหยดที่ใหญ่ขึ้นจะมีจำนวนไวรัสจะมากขึ้นไปด้วย

- แนวคิดนี้ถูกต้องหรือไม่

- เป็นการยากที่จะสุ่มตัวอย่างการติดเชื้อไวรัสจากอากาศในห้อง

- ถึงแม้เป็นความจริง แต่ไม่เคยทำสำหรับโรคหัดหรือวัณโรค

- จำเป็นต้องมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่ล้ำสมัย (VIVAS) โดย Lednicky et al. (2020)

เรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการส่งผ่านละอองลอย

- แนะนำให้ดูการสัมมนาผ่านเว็บของ Don Milton

- แพทย์ และ นักชีววิทยาทางอากาศ

- <https://t.co/sL6bwRflu4>

- สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติม (สนทนา 11 ชั่วโมง + อภิปราย)

- การประชุมเชิงปฏิบัติการจากสถาบันวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และการแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา

- การประชุมเชิงปฏิบัติการนี้เป็นพื้นฐานสำหรับ เพอร์เชอร์ และคณะ ทำจดหมายถึงวารสาร Science

ฉบับวันที่ 5 ตุลาคม <https://science.sciencemag.org/content/370/6514/303.2>)

- <https://www.nationalacademies.org/event/08-26-2020/airborne-transmission-of-sars-cov-2-a-virtual-workshop>

เรามาดูถึงจุดนี้ได้อย่างไร?

- ทฤษฎีมีพลาสมา (miasmas) ที่ว่าโรคสามารถส่งผ่านอากาศไปได้ในระยะไกล
- ทศวรรษ 1860: ปาสเตอร์ค้นพบเชื้อโรค
  - มีการสะสมหลักฐานสำหรับการแพร่ของโรคต่างๆ
- 1910: แหล่งที่มาและรูปแบบการติดเชื้อของ Chapin
  - “การติดเชื้อจากการสัมผัส”
    - เชื้อโรคไม่ได้อยู่นอกร่างกาย ในหนองน้ำ ฯลฯ
    - เชื้อโรคอาศัยอยู่ภายในร่างกายมนุษย์ ต้องมีการสัมผัสกับคนอื่นในการติดเชื้อ
    - ตระหนักว่าความใกล้ชิดนำไปสู่การติดเชื้อ (ถูกต้อง)
  - ปัญหา: “เป็นไปได้ที่จะบอกผู้คนให้หลีกเลี่ยงจากการสัมผัสเพื่อลดการติดเชื้อ ทั้งที่พวกเขาเชื่อมั่นอย่างแน่วแน่  
ว่าอากาศเป็นช่องทางหลักของการติดเชื้อ”
    - “ในการติดเชื้อทางอากาศ เป็นที่ชัดเจนว่าความรู้ของเรายังไม่เพียงพอ และหลักฐานที่มีอยู่ยังไม่สามารถ  
สรุปได้”
  - การแก้ไข
    - ข้อบ่งชี้ของละอองหยด (Flügge 1894) แต่ละอองลอยยังวัดไม่ได้
    - “ไม่มีหลักฐานว่า [การติดเชื้อในอากาศ] เป็นปัจจัยที่ที่นำมาใช้ในการดูแลรักษาโรคติดต่อทั่วไป แต่  
รับประกันได้ว่ามันเป็นสมมติฐานที่เป็นไปได้ได้ และเป็นจุดมุ่งหมายหลักของเราในการป้องกันการติดเชื้อ  
จากการสัมผัส”
  - เพื่อพิสูจน์การติดเชื้อในอากาศ: จำเป็นต้องมีหลักฐานเพิ่มเติม
  - กลายเป็นกระบวนการที่เบียดเบียนและเข้าไปถึงองค์การอนามัยโลกจนถึงทุกวันนี้
- ทศวรรษที่ 1930 เป็นต้นมา: เวลส์, โรลีย์ และคนอื่นๆ ต่อสู้กับการต่อต้านอย่างดุเดือด
  - โรคหัด อีสุกอีใส วัณโรค: มีละอองหยดเป็นพาหะมานานหลายทศวรรษ
    - ท้ายที่สุดสรุปได้แค่เพียงว่าเป็นโรคติดต่อ และ/หรือหลักฐานไม่ชัดเจน
    - แต่ความก้าวหน้าอย่างมากในการต่อสู้กับเชื้อโรค เช่น วัคซีน ยาปฏิชีวนะ ฯลฯ ไม่เคยเป็นประเด็นสำคัญจนถึง  
ตอนนี้
- ตอนนี้: เกิดความสับสนของเหตุการณ์ในประวัติศาสตร์และกฎแห่งธรรมชาติ
  - “โรคติดต่อจากละอองลอยทั้งหมดต้องเป็นโรคติดต่อร้ายแรง”

### แรงจูงใจของ Chapin

- 1910: แหล่งที่มาและรูปแบบการติดเชื้อของ Chapin
  - “การติดเชื้อจากการสัมผัส”
    - เชื้อโรคไม่ได้อาศัยอยู่นอกร่างกาย ในหนองน้ำ ขยะ ฯลฯ
    - เชื้อโรคอาศัยอยู่ในคน การสัมผัสกับคนอื่นที่จำเป็นสำหรับการติดเชื้อ
    - ตระหนักถึงความใกล้ชิดทำให้เกิดการติดเชื้อ (ถูกต้อง)
- ปัญหา: “เป็นไปได้ที่จะบอกผู้คนให้หลีกเลี่ยงจากการสัมผัสเพื่อลดการติดเชื้อ ทั้งๆที่พวกเขาเชื่อมั่นอย่างแน่วแน่ว่าอากาศเป็นทางหลักของการติดเชื้อ”
  - “ในการติดเชื้อทางอากาศ เป็นที่ชัดเจนว่าความรู้ของเรายังไม่เพียงพอ และหลักฐานที่มีอยู่ยังไม่สามารถสรุปได้”
- การแก้ไข
  - ข้อบ่งชี้ของละอองหยด (Flügge 1894) ละอองลอยยังวัดไม่ได้
  - “ไม่มีหลักฐานว่า [การติดเชื้อในอากาศ] เป็นปัจจัยที่ถูกลำเอียงใช้ในการดูแลรักษาโรคติดต่อทั่วไป แต่รับประกันได้ว่ามันเป็นสมมติฐานที่เป็นไปได้ได้ และทุ่มเทความสนใจหลักของเราในการป้องกันการติดเชื้อจากการสัมผัส”
- เพื่อพิสูจน์การติดเชื้อในอากาศ: จำเป็นต้องมีหลักฐานเพิ่มเติม
- กลายเป็นกระบวนการที่เป็ที่ยอมรับและเข้าถึงองค์การอนามัยโลกจนถึงทุกวันนี้

เรามาถึงจุดนี้ได้อย่างไร? ส่วนที่ 2

- ละอองลอยไม่เคยถูกมองว่ามีความสำคัญต่อการแพร่กระจายของโรค
  - ส่วนใหญ่ไม่มีการชำนาญในสาขาการแพทย์และระบาดวิทยา
  - ขาดผู้เชี่ยวชาญในองค์การอนามัยโลก
- คณะกรรมการหลักขององค์การอนามัยโลกถูกครอบงำโดยแนวความคิดการล้างมือ
  - สิ่งแรกที่พวกเขาแนะนำในการป้องกันโควิด-19 คือการล้างมือบ่อยๆ
    - ตอนนีเรารู้แล้วว่าลดการส่งผ่านเชื้อโรคได้แค่ 16% (จากการศึกษาในสหราชอาณาจักร)
- พวกเขาได้ตีพิมพ์บทความที่แสดงถึงข้อผิดพลาดและความเข้าใจผิดเกี่ยวกับละอองฝอยแล้ว

กระบวนการที่ กำลังจะเกิดขึ้น

- ข้อผิดพลาดในปี 1910 ของ Chapin ในที่สุดก็ชัดเจนขึ้น
  - โรคของระบบทางเดินหายใจส่วนใหญ่ (อย่างน้อยก็บางส่วน) ผ่านละอองฝอย
    - ส่งผ่านได้ดีที่สุดในบริเวณใกล้เคียง
    - สามารถส่งผ่านอากาศในห้องรวมที่มีการระบายอากาศต่ำ
    - โรคติดต่อส่วนใหญ่สามารถแพร่ระบาดในระยะใกล้ได้
    - การแพร่ระบาดในวงกว้าง (COVID = mid + disp)
- ความหมายที่ยิ่งใหญ่
  - สำหรับใช้วัดใหญ่ตามฤดูกาล โรคระบาดในอนาคต และอื่นๆ
- แนวการรับมือที่สำคัญ
  - การเปลี่ยนแปลงของทางการรักษาและระบาดวิทยาถูกผลักดันโดย “ผู้บุกรุกที่ไม่รู้”
- สิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการทำงานร่วมกันข้ามสาขาวิชา
  - วิทยาศาสตร์ละอองฝอยไม่ใช่สิ่งที่สำคัญที่สุด แต่ความผิดพลาดเป็นสิ่งสำคัญ



1. เรารู้อะไรเกี่ยวกับรูปแบบของการส่งผ่านเชื้อโรค?

2. เราจะป้องกันตนเองจากการติดเชื้อได้อย่างไร?

คำถามที่พบบ่อยเกี่ยวกับการป้องกันตนเองจากการแพร่กระจายของละอองฝอย COVID-19

0. คำถามเกี่ยวกับคำถามที่พบบ่อยเหล่านี้

0.1. เป้าหมายของคำถามที่พบบ่อยเหล่านี้คืออะไร?

0.2. ใครเป็นคนเขียนคำถามที่พบบ่อยเหล่านี้?

0.3. ฉันพบข้อผิดพลาดหรือต้องการเพิ่มหรือชี้แจงอะไรได้บ้าง คุณทำได้ไหม?

0.4. คำถามที่พบบ่อยเหล่านี้มีให้บริการในภาษาอื่น ๆ หรือไม่?

0.5. ฉันสามารถใช้ข้อมูลนี้ในสิ่งพิมพ์อื่น ๆ ฯลฯ ได้หรือไม่?

1. คำถามทั่วไปเกี่ยวกับการแพร่เชื้อ COVID-19

1.1. ฉันจะติด COVID-19 ได้อย่างไร?

1.2. อะไรคือความสำคัญสัมพัทธ์ของเส้นทางการส่งสัญญาณ?

1.3. แต่ถ้า COVID-19 ถูกส่งผ่านละอองฝอย มันจะแพร่เชื้อได้สูงเหมือนโรคหัด  
ไม่ใช่หรือ และมี R0 และการติดต่อยุทธศาสตร์ที่สูงมาก?


### ป้องกันการแพร่กระจายของ COVID-19


- เราต้องการ “การป้องกันหลายชั้น” ไม่มีการรักษาใดที่ทำให้หายขาด
- ลองนึกถึงการพยายามไม่สุดวันบุรี
- บางคนยังคิดว่าถ้าพวกเขาสวมหน้ากากและอยู่ห่างกัน 6 ฟุต พวกเขาจะปลอดภัยโดยสิ้นเชิง – นี่มันผิด
- อยู่กลางแจ้ง ห่างไกล และสวมหน้ากาก ก็จะปลอดภัยแล้ว นี่คือวิธีที่ดีที่สุด
- ในร่มไม่เคยปลอดภัยอย่างสมบูรณ์ ไม่มีหนทางที่ดีที่สุด
  - หลีกเลียงหรือลด
  - แออัด
  - ในร่ม
  - การระบายอากาศต่ำ
  - ความใกล้ชิด
  - ระยะเวลา
  - ไม่สวมใส่ผ้าปิดจมูก


- พุด/ร้องเพลง/ตะโกน
- (ช่วยในการจำ: "A CIViC DUTy")


**COVID-19 Is Airborne:**  
**Here Is What You Can Avoid**


## COVID-19 Avoid


  
**Crowding**

  
**Indoors**

  
**low Ventilation**

  
**Close Proximity**

  
**long Duration**

  
**Unmasked Talking singing Yelling**

A CIVIC DUTY

**What Does This Mean?**


- "Aerosol" (aka as "airborne") transmission is similar to droplet transmission (that we can see)
- But the bits of fluid are tiny
- And they can linger in the air for minutes to hours


Think of smoke to help your risk assessment & risk reduction strategies. Just imagine that others you encounter are all smoking; the goal is to breathe as little smoke as possible, and avoid those "smoke filled areas."


Full article: [www.time.com/5883081/covid-19-transmitted-aerosols](http://www.time.com/5883081/covid-19-transmitted-aerosols)


**COVID-19 Is Airborne:**  
**Here Is What You Can Do**

## COVID-19 Do

  
**Do as many activities outdoors as possible, but outside is not magic!**

  
**Do wear masks - they are essential, even when we are able to maintain social distance - make sure they fit snugly!**

  
**Do think about ventilation and air cleaning by filtration!**

We should continue doing what has already been recommended: wash hands, keep six feet apart, etc. But that is not enough - follow @jilcolorado on  for more

Source: [www.time.com/5883081/covid-19-transmitted-aerosols](http://www.time.com/5883081/covid-19-transmitted-aerosols)

Editable copies in several languages [https://docs.google.com/presentation/d/1a9p7r7Lxcw63MwW3mG5At22bROm2syZCil8d-ZL\\_wk/edit#slide=id.g94e30fbf10\\_172\\_23](https://docs.google.com/presentation/d/1a9p7r7Lxcw63MwW3mG5At22bROm2syZCil8d-ZL_wk/edit#slide=id.g94e30fbf10_172_23)

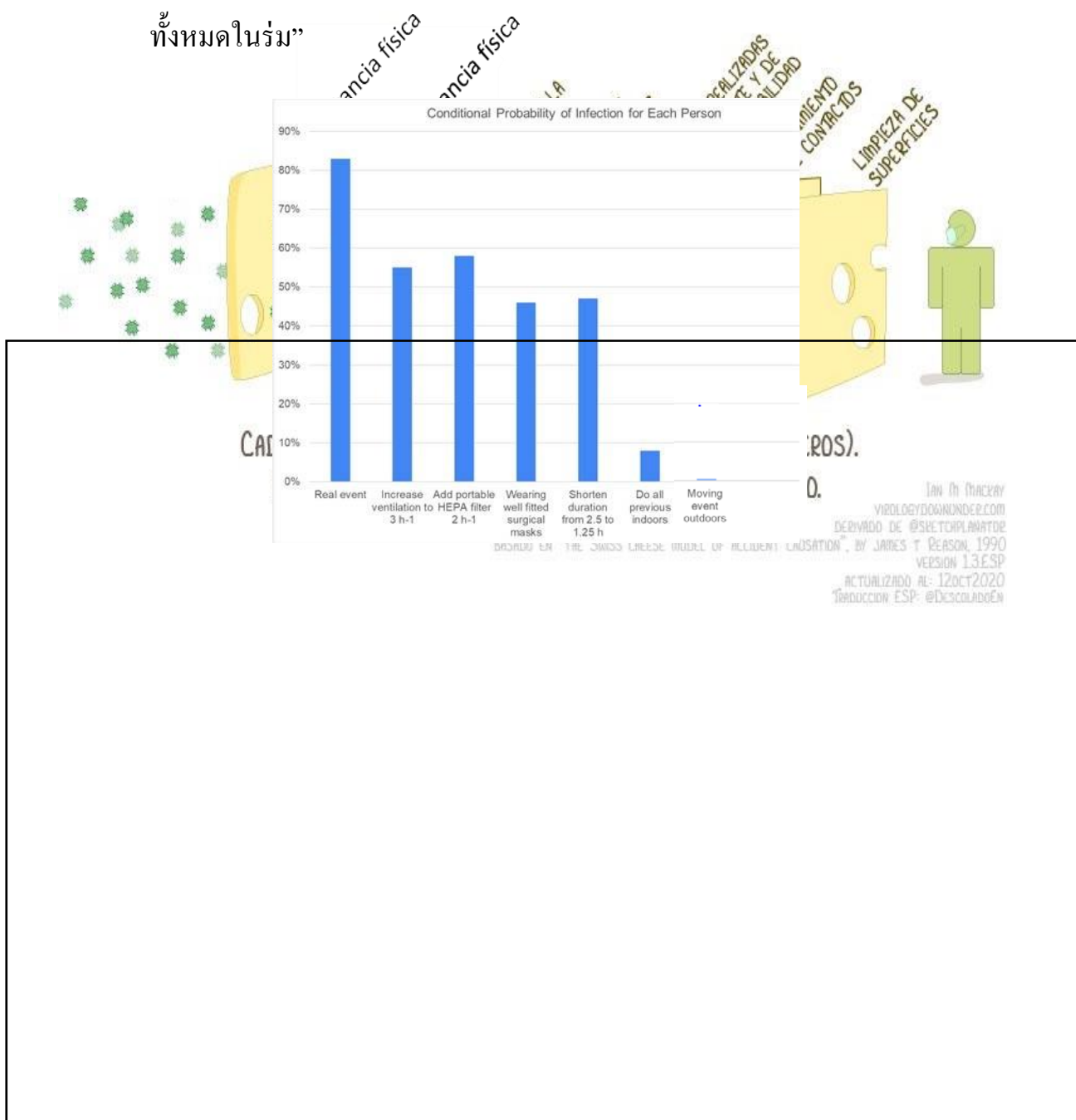
ความเสี่ยงจากสถานการณ์ต่างๆ

Type and level of group activity	Low occupancy			High occupancy		
	Outdoors and well ventilated	Indoors and well ventilated	Poorly ventilated	Outdoors and well ventilated	Indoors and well ventilated	Poorly ventilated
<b>Wearing face coverings, contact for short time</b>						
Silent	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
Speaking	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
Shouting, singing	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red
<b>Wearing face coverings, contact for prolonged time</b>						
Silent	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Red
Speaking	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red
Shouting, singing	Green	Yellow	Red	Yellow	Red	Red
<b>No face coverings, contact for short time</b>						
Silent	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red
Speaking	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Shouting, singing	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red
<b>No face coverings, contact for prolonged time</b>						
Silent	Green	Yellow	Red	Yellow	Red	Red
Speaking	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red
Shouting, singing	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red



- พื้นที่ร่มไม่เคยปลอดภัยอย่างแท้จริง แต่สามารถผ่อนปรนได้
- จะเกิดอะไรขึ้นถ้าเราสามารถเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขสถานการณ์ได้

ทั้งหมดในร่ม”



ต้องการอัตราการระบายอากาศเท่าใด

- ลิตร/วินาที/คนเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีที่สุด (ดีกว่า ACH)
- การระบาดของ COVID-19 ที่ ~1-3 ลิตร/วินาที/คน
- แนะนำอย่างน้อย 12.5 ลิตร/วินาที/คน (REHVA) หรือมากกว่านี้ถ้าเป็นไปได้

	High Ventilation Dorm	Low Ventilation Dorm
CO2 concentrations in rooms	1230 ppm	1490 ppm
Dorm rooms' ventilation rates	6 L/s/person	2 L/s/person
# ARI cases / total subjects	1 / 11	47 / 109

ventilation rates of **< 5 L/s per person** may be impacting acute respiratory infections

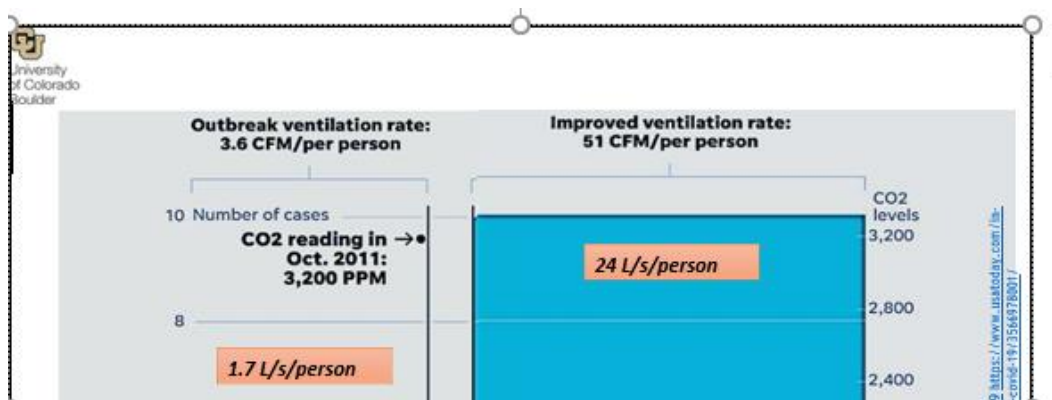
Zhu S, Jenkins S, Addo K, et al. Ventilation and laboratory confirmed acute respiratory infection (ARI) rates in college residence halls in College Park, Maryland. *Environment International*. 2020;137:105537. doi:10.1016/j.envint.2020.105537

outdoor air supply rates **< 25 L/s per person** increase the risk of sick building symptoms, increase short-term sick leave, and decrease productivity

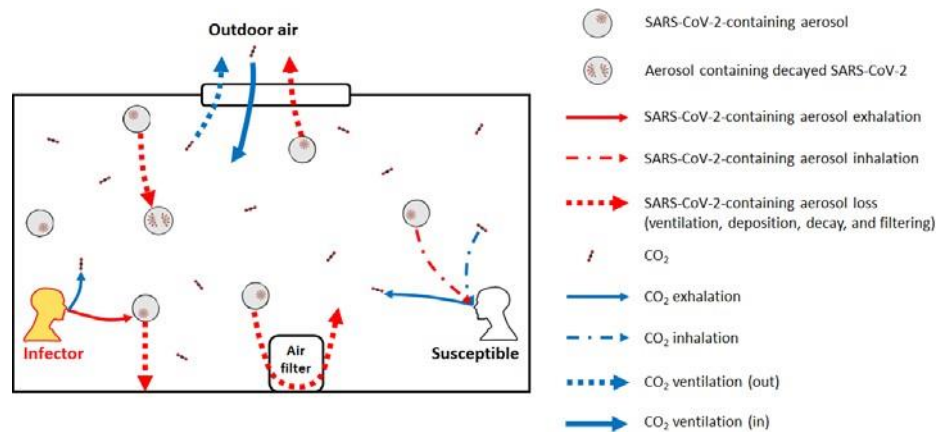
Wargocki P, Sundell J, Bischof W, et al. Ventilation and health in non-industrial indoor environments: report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting (EUROVEN). *Indoor Air*. 2008;18:205-21. doi:10.1034/j.1600-0668.2008.00401.x



การระบายอากาศหยุดการระบาดของวัณโรค



ใช้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวบ่งชี้ (<700 ppm)



ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (NDIR technology)

~400 ppm = 0% / 800 = 1% อากาศที่ไ้หายใจ / 4400 = 10% อากาศที่ไ้หายใจ

สภาพห้องนอก



ในรถที่มีผู้ใหญ่ 2 คนและเด็ก

ปิดหน้าต่าง ทำให้เกิด  
การหมุนวนของอากาศ

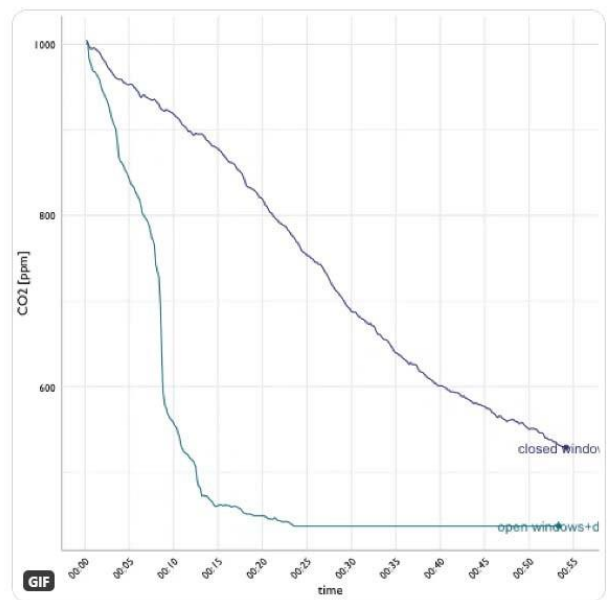


สถานที่สาธารณะควรแสดงถึงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์  
บาร์  
ยิม  
โรงเรียน

- ตัวบ่งชี้การระบายอากาศ ณ ขณะนั้นทุกที่
  - หลายคนจะได้เรียนรู้ว่าอะไรปลอดภัยและไม่ปลอดภัยอย่างรวดเร็ว
  - จะจัดการกับการกรองได้อย่างไร
- เทคโนโลยีมีอยู่เพื่อทำสิ่งนี้ที่ราคา \$200 ต่อหน่วย (ถูกลงถ้าพื้นที่ขนาดใหญ่)

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในขณะที่มีการเปิด เทียบกับ การปิด หน้าต่าง

- การทดลองง่ายๆ: ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์  
จากนั้นทิ้งไว้เพื่อดูการลดลง
  - สามารถบอกระดับอันตรายการระบาย  
อากาศ
- เปิดหน้าต่าง ซึ่งเป็นการเพิ่มการระบาย  
อากาศอย่างมาก
- ต้องเปิดหน้าต่างอย่างน้อยแค่ไหน
  - ขึ้นกับสภาพของห้อง อากาศ และทิศทางลม
  - จำเป็นต้องทำการวัดปริมาณ  
คาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้ทราบค่าที่แท้จริง

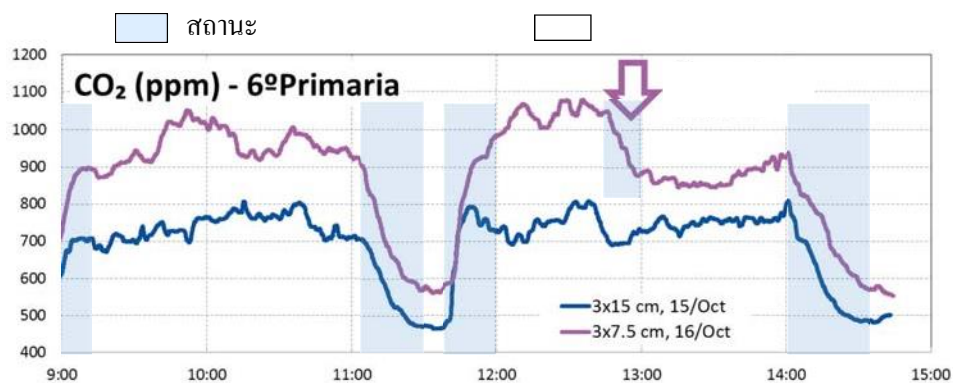




## หลักการระบายอากาศเบื้องต้นและการวัดคาร์บอนไดออกไซด์

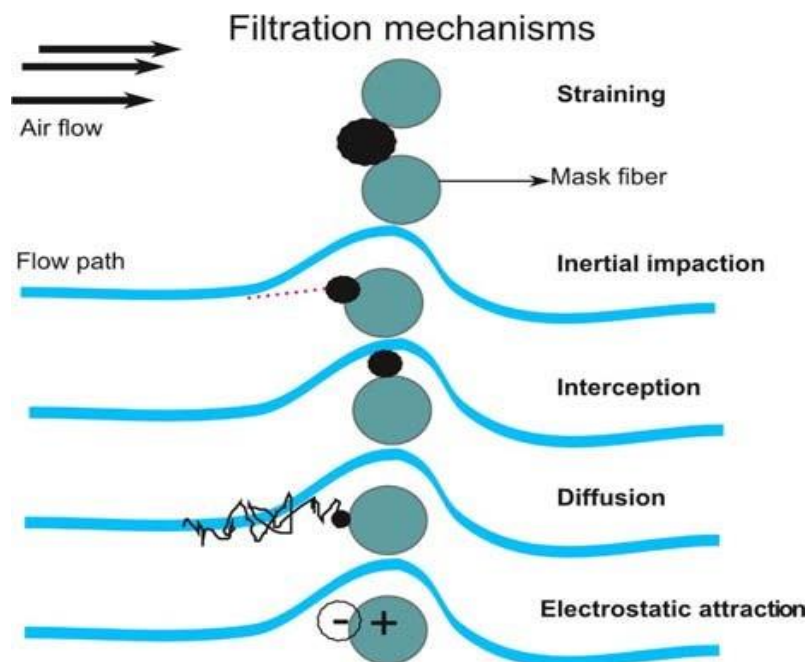
การเปลี่ยนแปลงระหว่าง 2

สถานะคงที่ (โดยประมาณ)

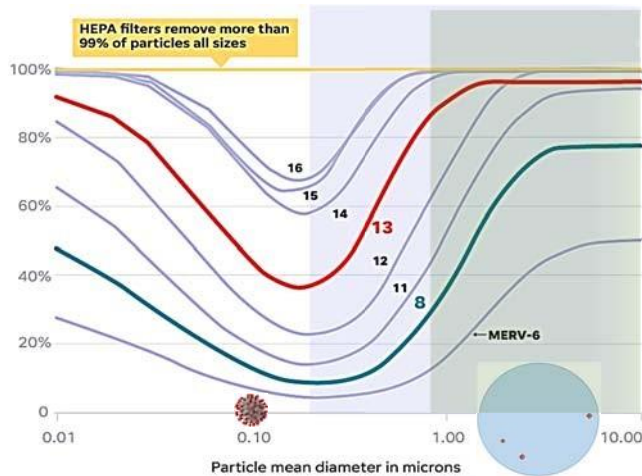


- ห้องเข้าสู่สภาวะคงที่อย่างรวดเร็วสำหรับอากาศที่หายใจออกและมีคาร์บอนไดออกไซด์
  - เร็วแค่ไหน? ขึ้นกับตารางเวลาการระบายอากาศ
- การเปิดในระดับที่พอเหมาะก็เพียงพอแล้ว
  - ขึ้นอยู่กับลมในห้องอื่นอย่างมาก
  - แต่จำนวนหน้าต่างห้องเรียนอื่นไม่เพียงพอ (ไม่แสดง)

หน้ากากอนามัย/ฟิลเตอร์ไม่ใช่ตะแกรง!



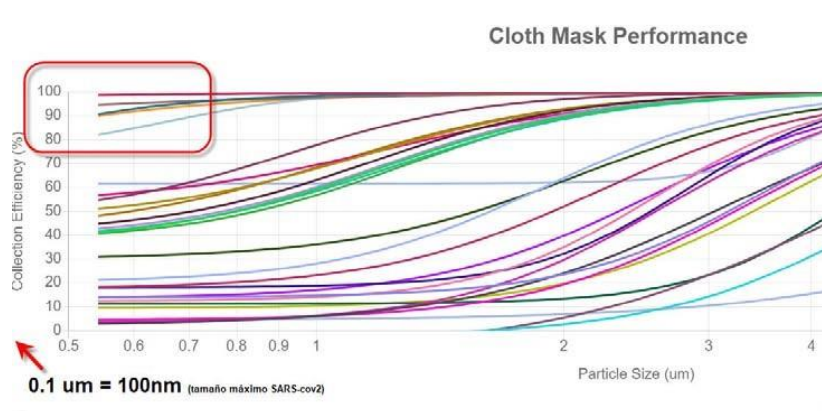
## การทำงานของหน้ากากอนามัย/ฟิลเตอร์



- ไวรัสไม่ได้ลอยอยู่ในอากาศ
- ช่วง Supermicron มีแนวโน้มว่าจะเป็นสิ่งที่สำคัญมากที่สุด
- การเปลี่ยนจาก MERV 8 เป็น MERV 13 เป็นการปรับปรุงครั้งใหญ่
- HVAC ที่มีอยู่ส่วนใหญ่ไม่สามารถทนต่อ HEPA เนื่องจากพัดลมไม่แรงพอ
- สิ่งที่สำคัญคือการกำจัดโดยรวม (ประสิทธิภาพการไหล) ไม่ใช่ 100% ในการผ่านครั้งเดียว

- การบอกว่าหน้ากากหรือแผ่นกรองไม่กำจัดไวรัสบางตัวออกจากอากาศ ก็เหมือนบอกว่าคุณจะไม่ร้อนขึ้นถ้าคุณใส่เสื้อโค้ท มันขัดแย้งกับฟิสิกส์พื้นฐาน มันเหมือนกับทฤษฎีโลกแบน

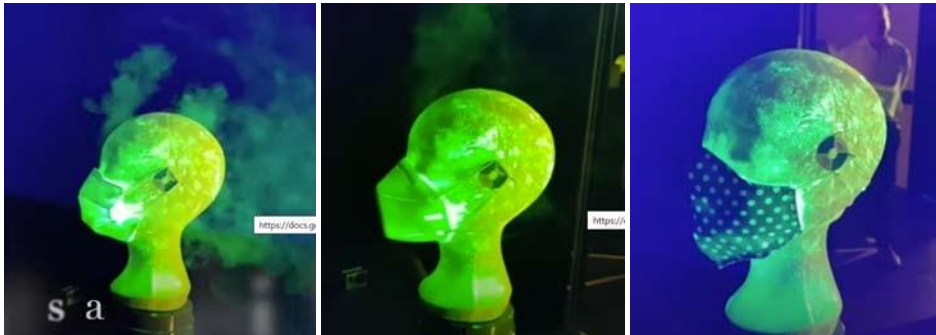
## ประสิทธิภาพของหน้ากากอนามัยชนิดผ้า มีความแตกต่างกันมาก



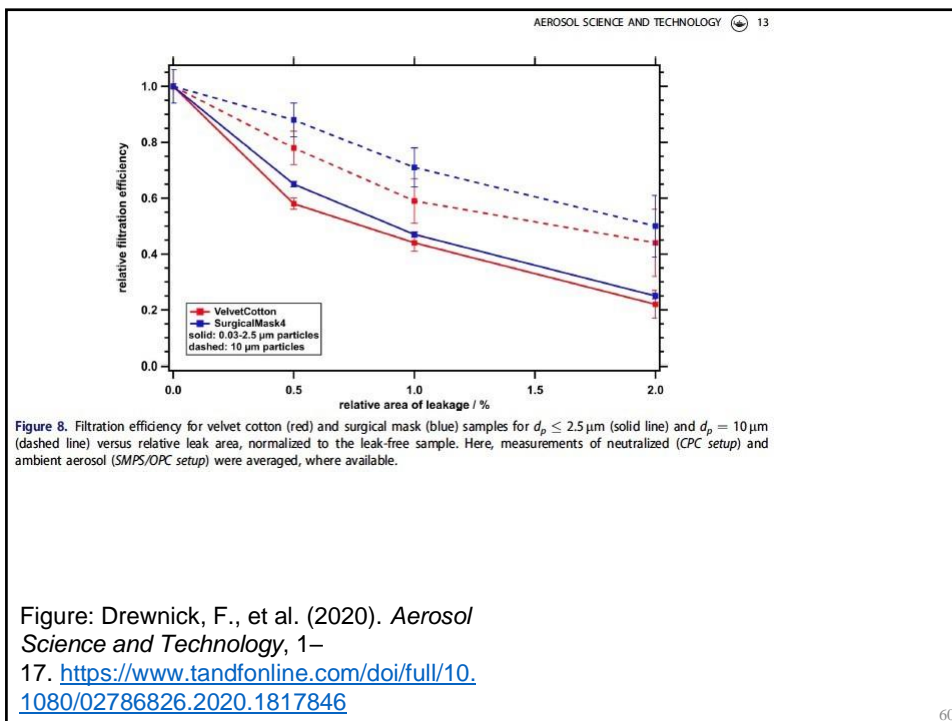
ประสิทธิภาพของหน้ากากผ้ามีความหลากหลายมาก:

- บางอย่างเกือบจะดีเท่ากับ N95
- บางชนิด (เช่น ผ้าพันคอ) พอกันได้บ้าง แต่น้อยกว่ามาก

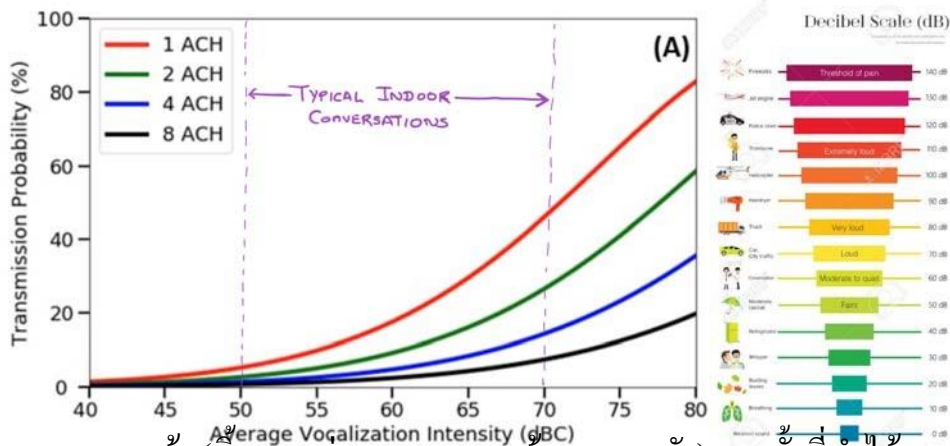
## การสวมใส่หน้ากากอนามัยให้พอดี มีความสำคัญ



- ใส่ใจกับความพอดีของหน้ากาก: หลีกเลี่ยงช่องว่าง แน่นรอบจมูก
  - จินเห็นคนจำนวนมากสวมใส่หน้ากากอนามัยแบบหลวมๆ
  - อย่ายื่นข้างหลังคนที่สวมหน้ากากอนามัยแบบไม่เหมาะสม
- ใส่หน้ากากขณะพูด เนื่องจากละอองฝอยเกิดมากกว่าการหายใจถึง 10 เท่า
  - เกิด 50 เท่าเมื่อตะโกนหรือร้องเพลงเสียงดัง



## ลดระดับเสียงในการพูดเพื่อลดการส่งผ่านเชื้อโรค



- สนทนากลางแจ้ง (ทั้งระยะห่าง และ สวมหน้ากากอนามัย) ทุกครั้งที่ทำได้

## การทำอากาศให้บริสุทธิ์

- คำแนะนำตามลำดับนี้:

1. มีการระบายอากาศ

2. มีการกรอง

- ระบบกลไก HEPA แบบพกพา หรือพัดลม + ตัวกรอง

3. ยูวีฆ่าเชื้อโรค

- ออกแบบ ติดตั้ง และบำรุงรักษาโดยผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น

1. เราไม่แนะนำ

1. ฉีดพ่นน้ำยาฆ่าเชื้อ (HOCl, โอโซน ฯลฯ)

- เฉพาะเมื่อไม่มีใครอยู่และต้องปล่อยทิ้งไว้ช่วยหนึ่งเพื่อกำจัดยาฆ่าเชื้อ

2. เครื่องฟอกอากาศที่ใช้สารเคมี (โอโซน, พลาสมา, OH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

- หลายชนิดฆ่าเชื้อโรคได้

- เคมีแบบเดียวกันกับที่ฆ่าเชื้อก่อโรคลก็ทำปฏิกิริยากับสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)

มากมายภายในอาคาร และนำไปสู่การก่อตัวของละอองฝอย (สารเคมี) ที่อาจเป็นพิษและ VOCs ที่ถูกออกซิไดซ์

เครื่องฟอกอากาศด้วยระบบกรอง ได้ผลจริง!

Airmega 300S Smart HEPA Air Purifier by Coway

Model: 300S - SMJL-e06213

★★★★★ (9 Reviews) Ask Question



List Price: \$649.00

**Sale: \$515.00**

Free 3 Day Delivery to 80009

In Stock - Order Now. Your item will ship Thursday, Apr 30th.

Quantity: 1

Add To Cart

Or save as:  
\$25.77 / Month\*

$ACH = CADR / \text{Room Volume}$

<https://calculadora-cadr.web.app/>



ฆ่าเชื้อโรคด้วย UV ได้ผลจริง!

### Air Disinfection in Day Schools\*

W. F. WELLS

Associate Professor in Research in Air-borne Infection, Laboratories for the Study  
of Air-borne Infection,† Department of Preventive Medicine and Public  
Health, University of Pennsylvania School of Medicine,  
Philadelphia, Pa.

ประโยคแรกของบทความนี้กล่าวว่า “ความชุกของการติดเชื้อทางเดินหายใจในช่วงที่มีการชุมนุมใน  
ร่มแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ตามธรรมชาติระหว่างการระบายอากาศและโรคติดต่อ”

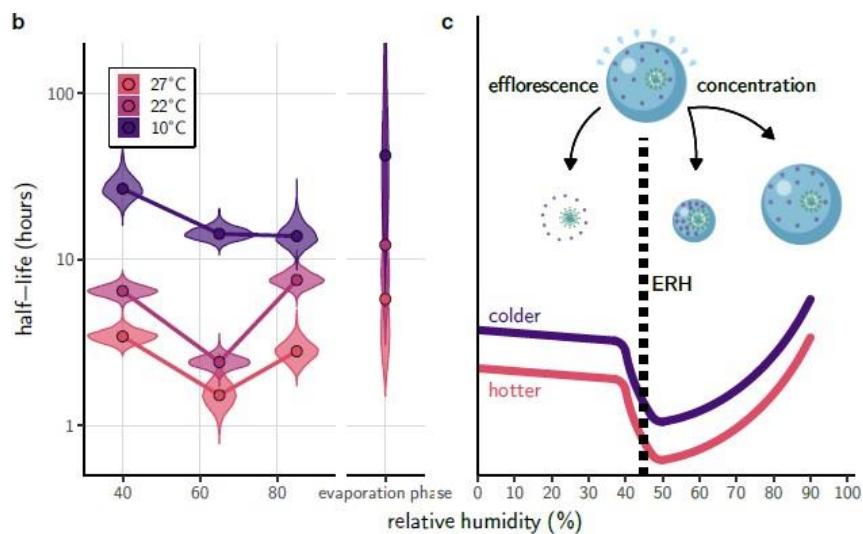
- ราคาแพงกว่าและระบบซับซ้อนกว่า
- เพิ่มความเสี่ยงมากขึ้น
- ต้องอาศัยความชำนาญ

เครื่องฟอกอากาศตามหลักการทางเคมี?

เครื่องทำประจุ, พลาสมา, ออกซิเดชัน, การเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง

- ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ทำลาย VOCs ผ่านกระบวนการเคมี
  - VOCs สูงในที่ร่ม
- พวกมันสร้าง VOCs และ (สารเคมี) ที่ถูกออกซิไดซ์ ซึ่งเป็นพิษมากกว่า VOCs
  - ไม่ได้เรียน TMK
  - หลักการป้องกันไว้ก่อน → แนะนำไม่ได้

การหยุดไวรัส ขึ้นกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์



ผลของอุณหภูมิ ความชื้น และ แสงยูวี

- สำหรับไวรัสที่มีตัวห่อหุ้ม อัตราการรอดชีวิตที่สูงขึ้นที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ
  - ไข้หวัดใหญ่ SARS-CoV-2
  - ผลลัพธ์บางอย่างแตกต่างกัน
- อุณหภูมิต่ำยืดอายุของไวรัส
  - แต่มีผลน้อย
  - แต่มีความสำคัญสำหรับการบรรจุเนื้อสัตว์ ( $10^{\circ}\text{C}$ )
- แสงยูวีลดอายุของไวรัส
  - 5 นาที – 30 นาทีกลางแจ้ง ขึ้นอยู่กับละติจูด ฯลฯ

• เชื้อไวรัสซึ่งปะปนอยู่ในห้อง

- ไม่สนใจรายละเอียดของการผสมซึ่งอาจมีความสำคัญในบางครั้ง แต่มีความเฉพาะเจาะจงมากสำหรับแต่ละสถานการณ์ (คิดหรือทดสอบด้วยควีน)
- หายใจลำบากมากขึ้นเมื่อมีเชื้อเหล่านั้น ความน่าจะเป็นของการติดเชื้อ (Wells-Riley)
- เหมือนกับการสร้างแบบจำลองเรดอน สมการเชิงอนุพันธ์สามัญ แก้ในเชิงวิเคราะห์
  - การคำนวณเชิงตัวเลขก็เป็นไปได้เช่นกัน (บางทีในอนาคตอาจมีเหตุการณ์ที่ซับซ้อนกว่านี้)
- นำไปแปลผลในสเปรดชีต
- อ่าน “readme” และ “FAQs” หากคุณต้องการใช้ข้อมูลเพิ่มเติม <http://tinyurl.com/covid-estimator>



## ประมาณการการส่งละอองฝอย

A	B	C	D	E	F	G
<b>Estimation of COVID-19 aerosol transmission: master spreadsheet, adapt this one to your case - Default values are for</b>						
This is a general spreadsheet applicable to any situation, under the assumptions of this model - See notes specific to this case (if applicable) at the very bottom						
Important inputs as highlighted in orange - change these for your situation						
Other, more specialized inputs are highlighted in yellow - change only for more advanced applications						
Calculations are not highlighted - don't change these unless you are sure you know what you are doing						
Results are in blue - these are the numbers of interest for most people						
<b>Environmental Parameters</b>						
	<b>Value</b>			<b>Value in other units</b>		<b>Source / Comments</b>
Length of room	25 ft			7.6 m		Can enter as ft or as m (once entered as m, changing in ft does
Width of room	20 ft	=		6.1 m		Can enter as ft or as m (once entered as m, changing in ft does
	500 sq ft			47 m2		Can overwrite the m2 one. If you want to enter sq ft, enter "=B1!
Height	10 ft	=		3.1 m		Can enter as ft or as m (once entered as m, changing in ft does
Volume				142 m3		Volume, calculated. (Can also enter directly, then changing dim
Pressure	0.95 atm					Used only for CO2 calculation
Temperature	20 C					Use <a href="#">web converter</a> if needed for F -> C. Used for CO2 calcula
Relative Humidity	50 %					Not yet used, but may eventually be used for survival rate of vir
Background CO2 Outdoors	415 ppm					See readme
Duration of event	50 min			0.8 h		Value for your situation of interest
Number of repetitions of event	180 times					For e.g. multiple class meetings, multiple commutes in public tr

- บทช่วยสอนเป็นภาษาอังกฤษและสเปน:

<https://www.youtube.com/channel/UChUCsAMXy8f01R3rWqj4z6A>

- เครื่องคำนวณจำนวนมากได้รับแรงบันดาลใจจากเครื่องนี้หรือได้รับมาอย่างอิสระ ซึ่งทั้งหมดสอดคล้องกับความรู้ของฉัน

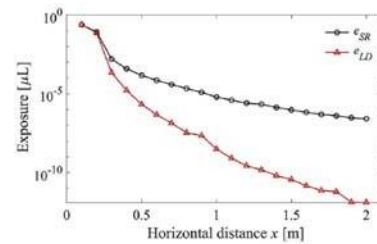


## บทสรุป

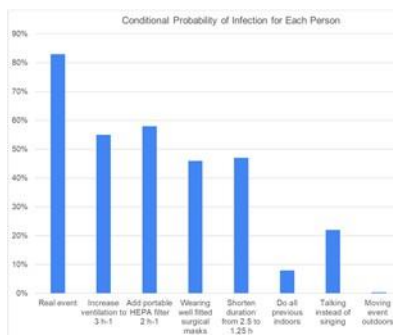
การเปรียบเทียบลักษณะเป็นคว้น: ความใกล้ชิด & ห้อง



ละอองฝอยเกิดมากเมื่อพูด



ในที่รุ่มต้องป้องกันอย่างเคร่งครัด



สวมใส่หน้ากากอนามัยให้เหมาะสม

