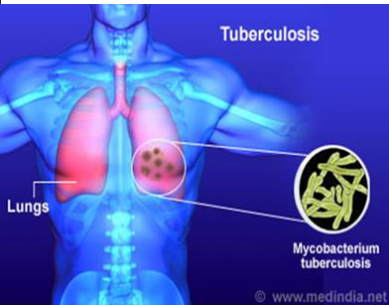
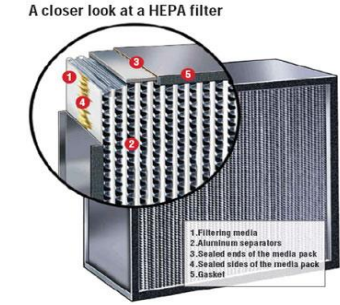




Optimum Airborne and Droplet Precautions

Gompol Suwanpimolkul MD., M.Sc.

Assistant Professor

Infectious Diseases Division

Internal Medicine Department

King Chulalongkorn Memorial Hospital

Center of Disease Control (CDC)

- **Infection transmission** Precaution
 - Air-borne transmission
 - Standard isolation
 - Droplet transmission
 - Air-borne precaution
 - Contact transmission
 - Droplet precaution
 - Vector-borne
 - Contact precaution
 - Blood-borne

Airborne transmission

- Airborne transmission occurs only when infectious particles of $< 5 \mu\text{m}$
- Most lung infections result in **droplet transmission** whereby the large particles from the cough are transmitted for $< 1 \text{ m}$ and do not remain suspended in the air

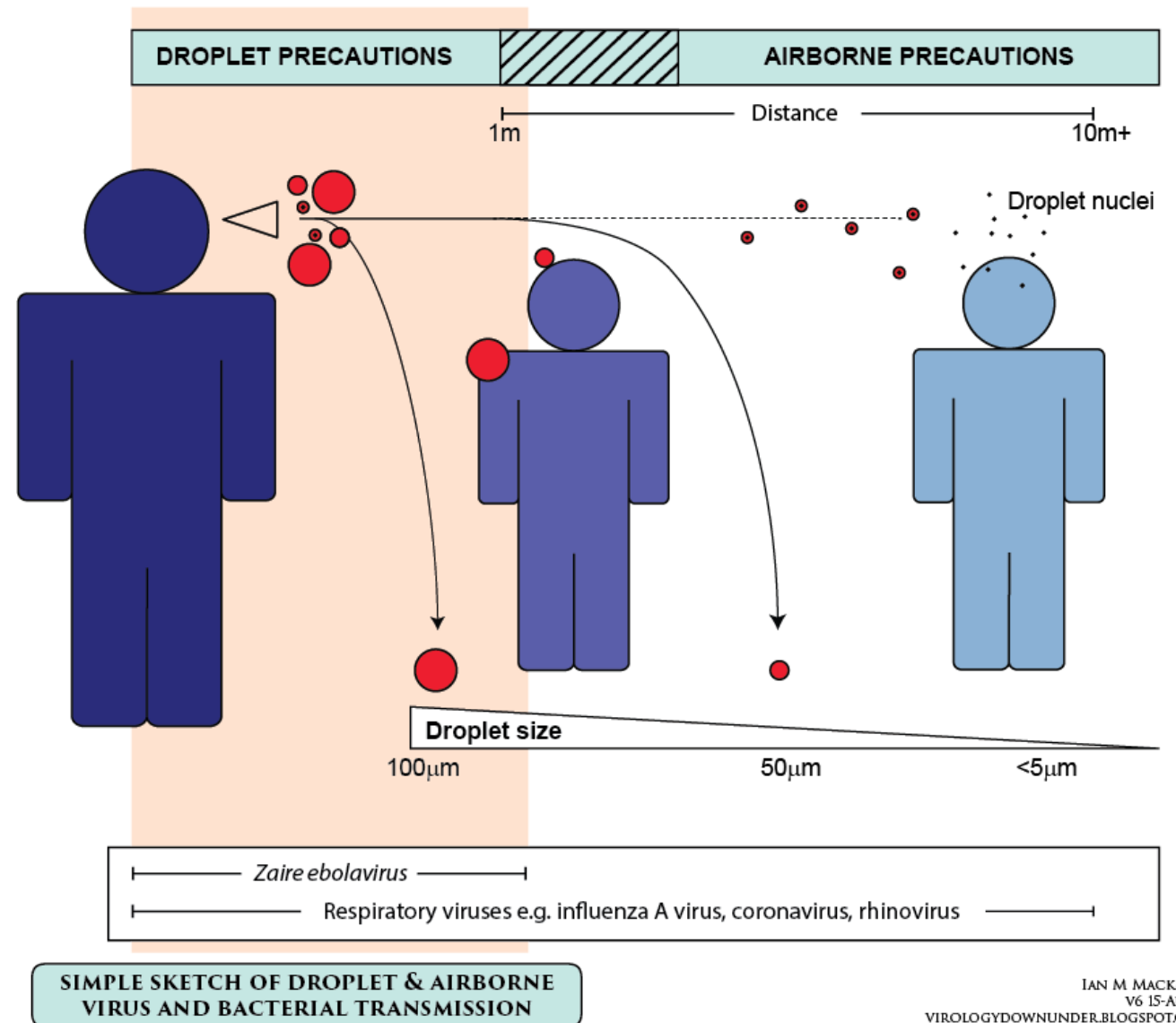


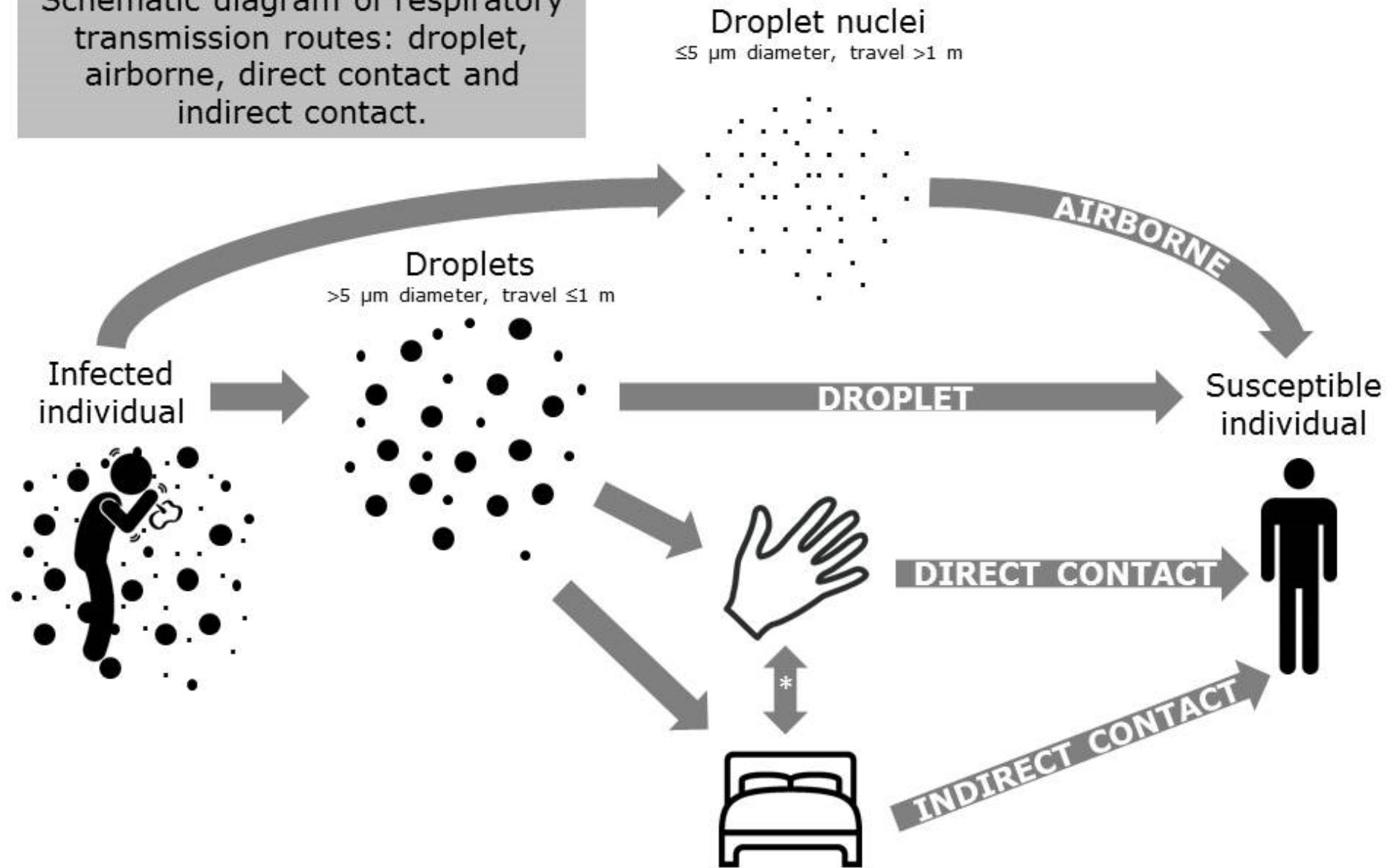
Table 1

Behaviour of Droplets in Still Air

(adapted from Evans, 2000)

ขนาด (ไมครเมตร)	แรงโน้มถ่วง (เซนติเมตร/วินาที)	เวลาที่ใช้ในการตก ไกล 3 เมตร
100.0	25.0	10 sec
30.0	2.7	70 sec
10.0	0.31	17 min
3.0	0.028	3 hours
0.3	0.00042	8.4 days
0.03	0.000022	159 days

Schematic diagram of respiratory transmission routes: droplet, airborne, direct contact and indirect contact.



* Transmission routes involving a combination of hand & surface = indirect contact.

Microorganisms associated with airborne transmission

	Fungi	Bacteria	Viruses
Numerous reports in health-care facilities	<i>Aspergillus</i> spp. Mucorales (<i>Rhizopus</i> spp.)	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Measles VZV
Atypical, occasional reports	<i>Acremonium</i> spp. <i>Fusarium</i> spp. <i>Pseudoallescheria boydii</i> <i>Scedosporium</i> spp. <i>Sporothrix cyanescens</i>	<i>Acinetobacter</i> spp. <i>Bacillus</i> spp. <i>Brucella</i> spp. <i>Staphylococcus aureus</i> Group A Streptococcus	Smallpox Influenza viruses Respiratory syncytial virus Adenoviruses Norwalk-like virus SARS
Airborne in nature; airborne transmission in health care settings not described	<i>Coccidioides immitis</i> <i>Cryptococcus</i> spp. <i>Histoplasma capsulatum</i>	<i>Coxiella burnetii</i> (Q fever)	Hanta virus Lassa virus Marburg virus Ebola virus Crimean-Congo virus
Under investigation	PCP	-	-

U.S. Department of Health and Human Services
Centers for Disease Control and Prevention (CDC)

Airborne transmission

- **Obligate airborne**: การแพร่เชื้อผ่านทาง airborne เพียงอย่างเดียว

Example: Tuberculosis

- **Preferential airborne**: การแพร่เชื้อได้หลายทาง (contact และ droplet ด้วย) แต่ส่วนใหญ่จะแพร่แบบ airborne

Example: Chicken pox and Measles

- **Opportunistic airborne**: การแพร่เชื้อมักจะเป็น contact กับ droplet เป็นหลัก แต่อาจแพร่แบบ airborne ได้ในบางสถานการณ์ เช่น ระหว่างการทำหัตถการที่ทำให้เกิด aerosol-generating procedures

Example: Influenza, Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS),

Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus (MERS-CoV)

NEJM 2005

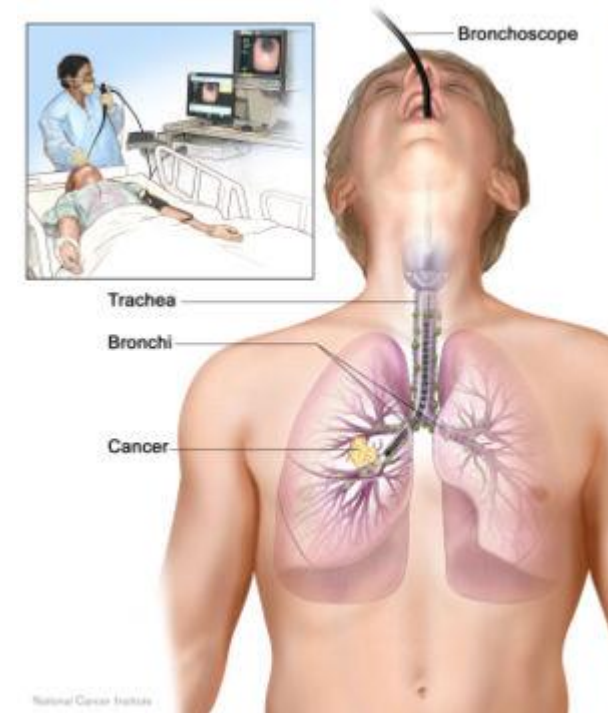
What is an aerosol-generating procedure?

Bronchoscope
Endotracheal intubation

Positive pressure ventilation (BiPAP and CPAP)
Manual ventilation before intubation
Airway suction,
Chest physiotherapy,
Nebulizer treatment,
Sputum induction

Influenza may transmit via air-borne

- It has been postulated that healthcare personnel exposed to high risk cough-inducing and **aerosolization procedures** may benefit the most from higher levels of protection → guidelines for **influenza and MERS CoV prevention**



ธรรมชาติของเชื้อวัณโรค

การติดเชื้อวัณโรค และ การป่วยเป็นวัณโรค



**1/3 ติดเชื้อ
วัณโรค**

**2/3 ไม่ติด
เชื้อวัณโรค**

10% ป่วย

90% ไม่ป่วยตลอดชีวิต
(เชื้อซ่อนอยู่ในร่างกาย และไม่แพร่เชื้อ)

**5% ป่วยใน 2 ปีแรก (early
progression)***

**5% ป่วยหลังจาก 2 ปี
(reactivation)**

*แต่คนใช้ภูมิคุ้มกันไม่ดีมีโอกาสป่วยใน 2 ปีแรกได้ > 5% เช่น
คนไข้เอดส์อาจป่วยแบบ รวดเร็วภายใน 2 ปี ได้ถึง 40%

Risks factors associated with tuberculosis

Fold risk of developing active Tuberculosis (ป่วยใน 2 ปี แรกหลังรับเชื้อ)		Risk of progression to active tuberculosis in those with presume latent tuberculosis
HIV	20-40	50-110
CRF needing dialysis	3-4	30
TNF alpha inhibitors	7-50	10-25
Rx with steroid	2	4.9
Diabetes	3	2-3.6
Undernourished	12	2-3
Smoking	2	2-3
Alcohol use	3	1.5
Age	high incidence <4 years	2-5 (young age when infected (<4 y)
Genetic polymorphisms	Gene expression	
Transplantation	15-20	20-74
Overcrowding and poverty	increased risk	increased risk
Recent TB infection (≤ 2 years)	NA	15
Apical fibronodular changes on Chest radiograph	NA	6-19

ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของวัณโรค

- ปัจจัยด้านปริมาณของเชื้อ
 - การย้อมเสมหะ:
 - เสมหะย้อมสีให้ผลบวก; 10^8 - 10^{10} ตัว/วัน
 - เสมหะย้อมสีให้ผลลบ; $< 10^3$ ตัวต่อ 1
เสมหะ 1 มล.
 - มีโพรงหนอง หรือ ไม่มี
 - รักษาด้วยยามาแล้ว ส่วนใหญ่ 2-4 สัปดาห์หลัง
รักษา (วัณโรคที่ไม่ดื้อยา) เชื้อมักจะไม่แพร่แล้ว

โอกาสของการแพร่กระจายของเชื้อ

- การไอ 1 ครั้ง สามารถมีเชื้อ 3000 infectious droplet nuclei = การพูดต่อเนื่องนาน 5 นาที และ การจาม 1 ครั้ง สามารถมีเชื้อ ได้ มากกว่า 3000 infectious droplet nuclei
- โดยปกติแล้ว การได้รับเชื้อเพียง 1 droplet ก็สามารถติดเชื้อมีโรคได้
- อากาศในห้องที่เป็นระบบปิด ในห้องผู้ป่วยที่เป็นวัณโรคจะมีเชื้อวัณโรคลอยอยู่ในอากาศได้นานกว่า 120 นาที แม้ว่าผู้ป่วยวัณโรคจะออกจากห้องไปแล้ว

WHO ได้รายงานว่ บุคลากรทางการแพทย์ มีภาวะเสี่ยงต่อการเกิด
LTBI และ TB disease สูงมากกว่าประชากรทั่วไปถึง 5.7 เท่า

TB-Infection Controls: Simplified

- Administrative: WHO ??
 - Who is a TB suspect?
 - Who is at risk from exposure?
 - Who has infectious TB?
 - Who has drug resistant TB?
- Environmental: WHERE?
 - Where is optimal place to minimize risk?
- Personal Respiratory Protection: Special high risk settings

Administrative

1. risk assessment: data
2. Infection control plan
3. HCW training
4. Early identification and diagnosis
5. Patient education
6. Sputum collection
7. Triage of suspect TB patients
8. Reduce exposure in the laboratory.
9. Evaluating infection control interventions

Environment control

มาตรการด้านสิ่งแวดล้อม

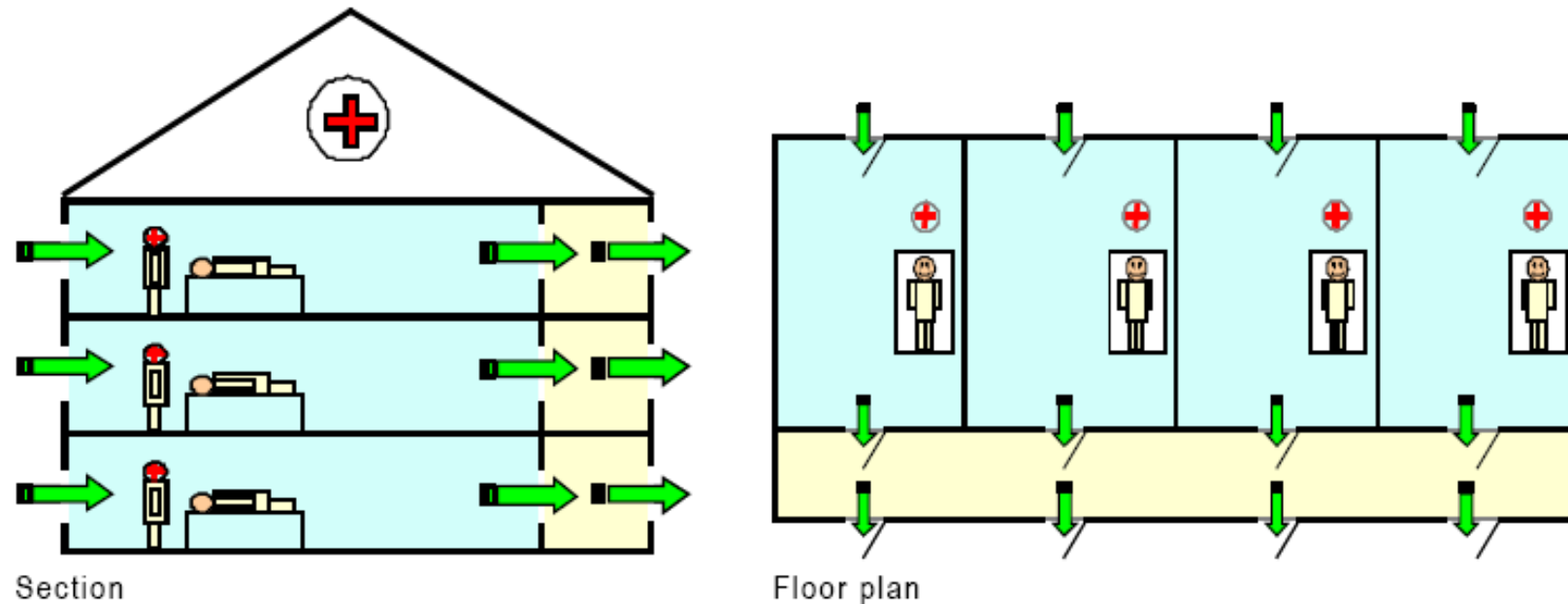
Prevention ถ้ายังไม่มี การแพร่กระจายของเชื้อ
ไม่ควรให้มีแหล่งกำเนิดเชื้อในพื้นที่โดยไม่จำเป็น

Exhaustion เมื่อต้องมีการแพร่กระจายของเชื้อ
การควบคุม ณ แหล่งกำเนิดเชื้อวัณโรคภายในสิ่งแวดล้อม โดยใช้ระบบระบายอากาศ ณ แหล่งกำเนิดเชื้อ

Dilution ในขณะที่มีการแพร่กระจายของเชื้อ
การทำให้เชื้อโรคที่ปะปนในอากาศเจือจางโดยใช้ระบบระบายอากาศ (โดยวิธีธรรมชาติและหรือวิธีกล)

Elimination เมื่อมีการแพร่กระจายของเชื้อแล้ว
ต้องการควบคุมไม่ให้เชื้อแพร่กระจายจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่ง โดยการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ

From Theory to Application (?)



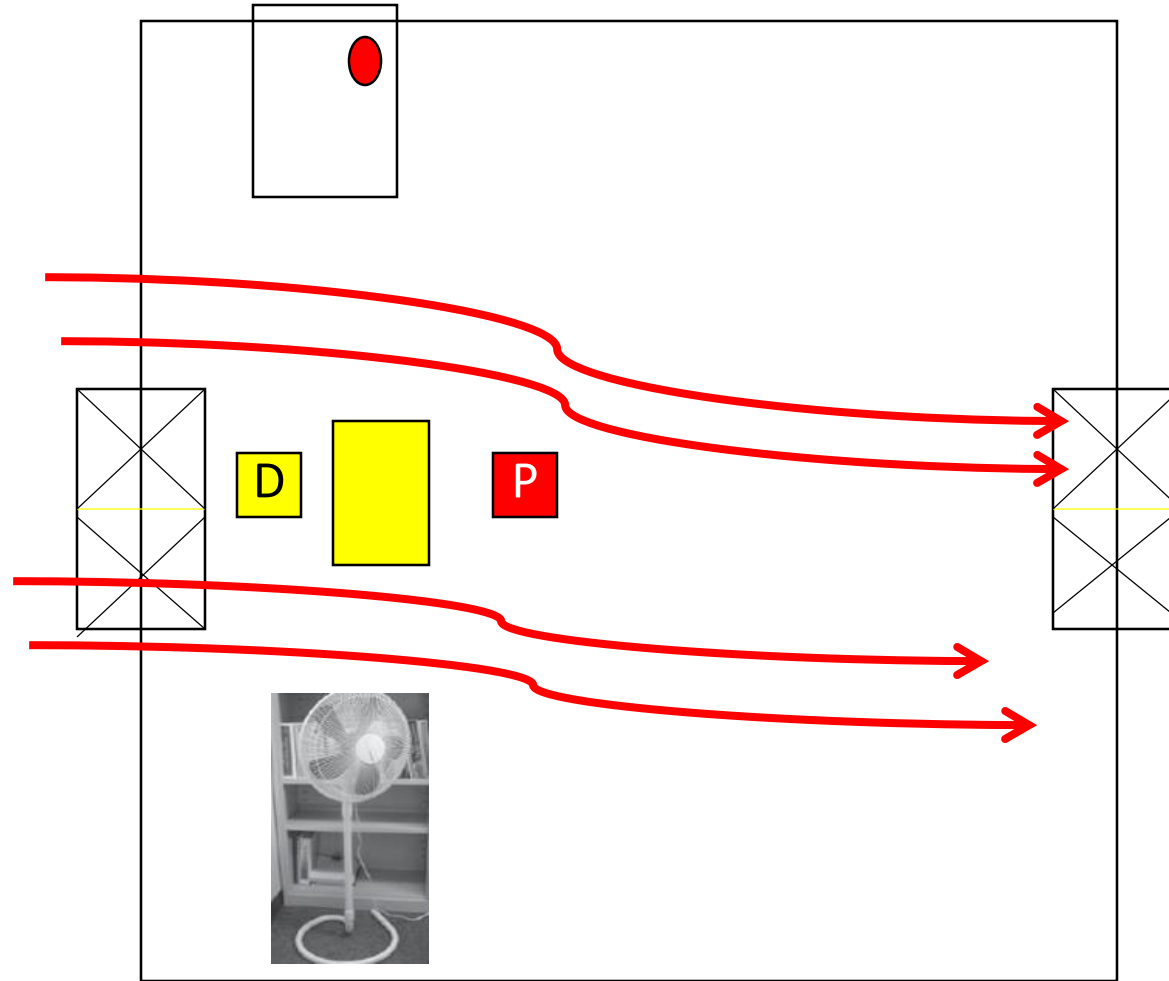
Note: This conceptual drawing should be used with care, and realistic limitations need to be considered.

Figure 5.4 Wind-driven natural ventilation in the single-side corridor type hospital with wind entering the ward

General ventilation

- 1. Ventilation rates: Air change per hour (ACH)**
 - Natural ventilation
 - Mechanical ventilation
- 2. Control of airflow patterns in room**
 - 1. Single-pass air system: all air out**
 - 2. Recirculation: HEPA or UVGI**
- 3. Monitor negative pressure: pressure differential should be ≥ 2.5 Pa (0.01" water gauge)**
bathroom>isolation room>anteroom>corridors

Natural ventilation



เราจะทดสอบทิศทางลมอย่างไร ?

ห้องผู้ป่วยที่มี active TB ถูกกำหนดจะต้องให้มีอย่างน้อย 12 ACH (air change per hour)

Filtration rate

**Air changes per hour (ACH) and time required for removal efficiencies
of 99% and 99.9% of airborne contaminants**

ACH	Minutes required for removal efficiency	
	99%	99.9%
2	138	207
4	69	104
6	46	69
12	23	35
15	18	28
20	7	14
50	3	6
400	< 1	1

TB clinic ควรจะเป็น

Natural ventilation หรือ
Mechanical ventilation??

General ventilation

1. Ventilation rates: Air change per hour (ACH)

- มีการศึกษาที่ South Africa พบว่าการปรับพื้นที่ของให้มีการระบายอากาศที่ดีแบบ natural ventilation สามารถป้องกันการแพร่กระจายของ XDR-TB ได้ 33% (8-35% ขึ้นอยู่กับทิศทางลม)
- การศึกษาที่ประเทศ เปรู เปรียบเทียบ natural ventilation กับ mechanical ventilation

Natural Ventilation for the Prevention of Airborne Contagion

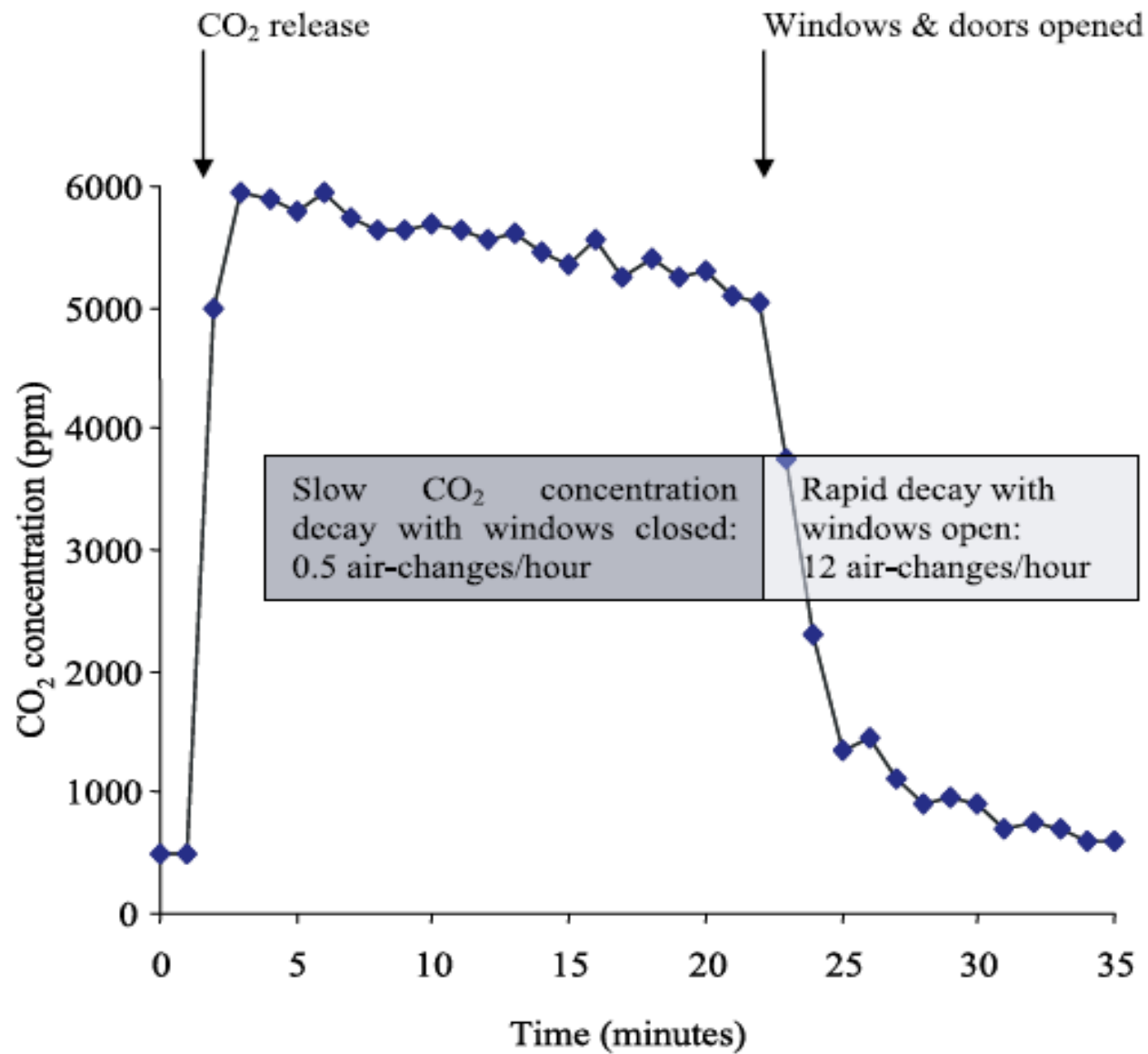
A. Roderick Escombe^{1,2,3*}, Clarissa C. Oeser³, Robert H. Gilman^{3,4}, Marcos Navincopa⁵, Eduardo Ticona⁵, William Pan⁴, Carlos Martínez⁵, Jesus Chacaltana⁶, Richard Rodríguez⁷, David A. J. Moore^{1,2,3}, Jon S. Friedland^{1,2}, Carlton A. Evans^{1,2,3,4}

1 Department of Infectious Diseases & Immunity, Imperial College London, London, United Kingdom, **2** Wellcome Trust Centre for Clinical Tropical Medicine, Imperial College London, London, United Kingdom, **3** Asociación Benéfica PRISMA, Lima, Perú, **4** Department of International Health, Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health, Baltimore, Maryland, United States of America, **5** Hospital Nacional Dos de Mayo, Lima, Perú, **6** Hospital Nacional Daniel Carrión, Lima, Perú, **7** Hospital de Apoyo Maria Auxiliadora, Lima, Perú

The study was carried out in eight hospitals in Lima, Peru;

- 5 รพ.ที่เป็น “old fashioned” design built pre-1950, and
- 3 รพ.ที่เป็น “modern” design, built 1970–1990
- Mechanical ventilation





Mechanical ventilation กำหนด **air change** ได้
12 ACH ทายซิครับว่า **natural ventilation** ได้กี่ **ACH**

1. 10
2. 20
3. 30
4. 40
5. 50

Summary statistics for measures of ventilation and calculated TB transmission risk

Type of ventilation	ACH		Absolute ventilation (m ³ /h)		Calculated risk of TB transmission (%)	
	Median	IQR	Median	IQR	Median	IQR
All natural vent	28	18-46	2,477	1,162-4,345	16	10-30
Natural ventilation build pre-1950	40	26-52	3,769	2,477-5,104	11	7.9-16
Natural ventilation build 1970-1990	17	12-23	1,174	812-1,627	33	24-47
Mechanical vent	12	-	402	330-1,209	39	37-44

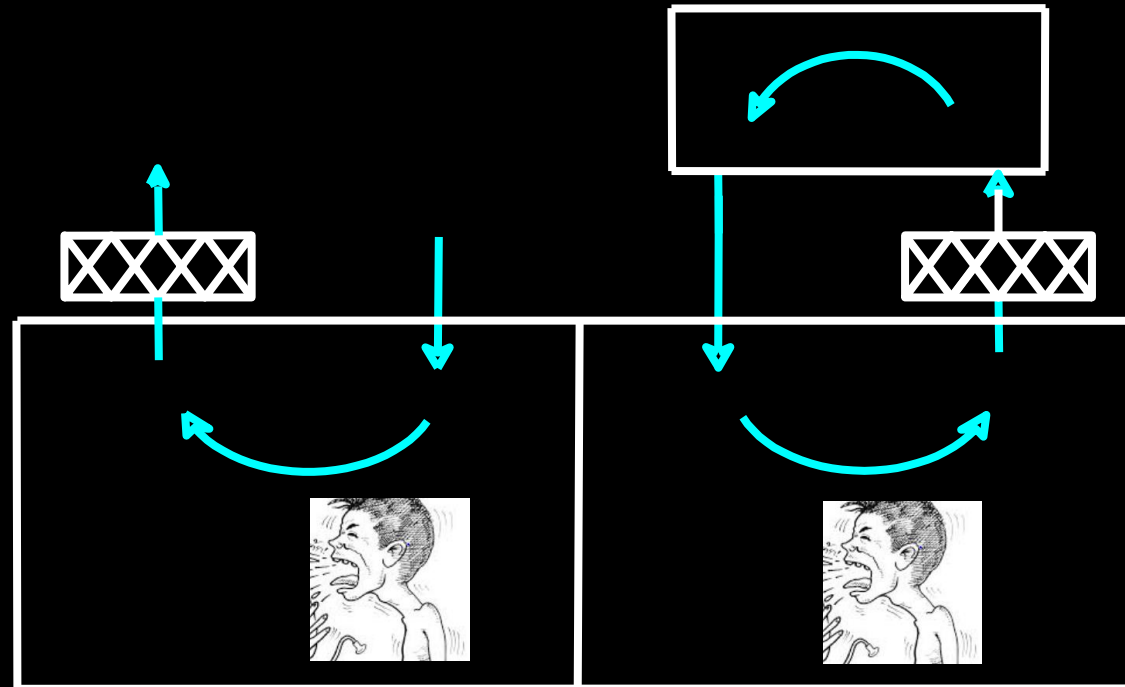
ACH; air change per hour

General ventilation

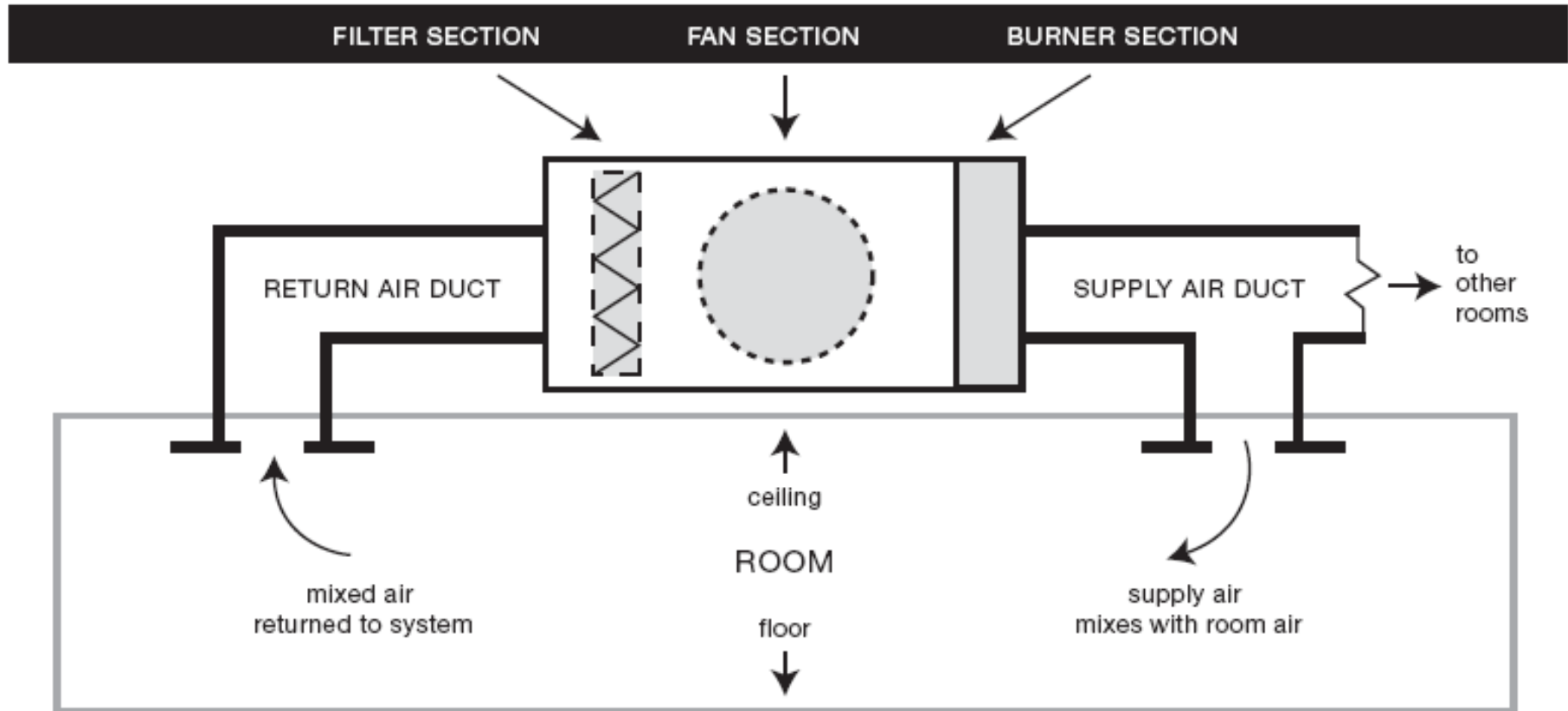
1. Ventilation rates: Air change per hour (ACH)
- 2. Control of airflow patterns in room**
 - 1. Single-pass air system: all air out**
 - 2. Recirculation: HEPA or UVGI**
3. Monitor negative pressure: pressure differential should be $\geq$ 2.5 Pa (0.01" water gauge)
bathroom > isolation room > anteroom > corridors

Examples of Mechanical Ventilation

- Single pass
 - First choice
- Recirculating
 - HEPA filtration



Recirculating Central Ventilation Unit



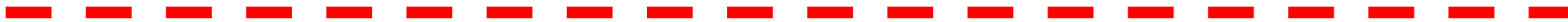
General ventilation

1. Ventilation rates: Air change per hour (ACH)
2. Control of airflow patterns in room
 1. Single-pass air system: all air out
 2. Recirculation: HEPA or UVGI
3. **Monitor negative pressure: pressure differential should be ≥ 2.5 Pa (0.01" water gauge)**
bathroom>isolation room>anteroom>corridors

Positive pressure room



Supply air > exhaust air



Engineered specifications for positive and negative pressure room

	Positive pressure areas (e.g., protective environments [PE])	Negative pressure areas (e.g., airborne infection isolation [AII])
ความแตกต่างของความดัน	> + 2.5 Pa (0.01” water gauge)	> - 2.5 Pa (0.01” water gauge)
Air changes per hour (ACH)	> 12	≥ 12 (for renovation หรือ new construction)
ประสิทธิภาพของการกรอง Filtration	Supply (อากาศขาเข้า): HEPA (99.97%) Return air: not required	Supply (อากาศขาเข้า): 90% (dust) Return: HEPA (99.97%)
Airflow direction	ออกนอกพื้นที่รอบๆ	เข้ามาในห้อง
การกำหนดทิศทางการเดินของอากาศ Clean-to-dirty airflow	Away from the patient (immunosuppressed patient)	Towards the patient (airborne disease patient)

What is the usefulness of this equipment??



A. Rapid rectal swab for screening CRE

B. Tube for testing positive or negative pressure room

C. Novel tube suction for decreasing rate of pneumonia

D. Special tube for oral care in ICU patient to prevent VAP

ค่าที่อ่านได้	Inches of H2O แปลงเป็น Pa	
-0.01	คูณด้วย 249.0819	เท่ากับ -2.49 Pa
-0.015	คูณด้วย 249.0819	เท่ากับ -3.74 Pa
-0.02	คูณด้วย 249.0819	เท่ากับ -4.98 Pa
-0.025	คูณด้วย 249.0819	เท่ากับ -6.23 Pa
-0.03	คูณด้วย 249.0819	เท่ากับ -7.47 Pa
-0.035	คูณด้วย 249.0819	เท่ากับ -8.72 Pa
-0.04	คูณด้วย 249.0819	เท่ากับ -9.96 Pa
-0.045	คูณด้วย 249.0819	เท่ากับ -11.21 Pa
-0.05	คูณด้วย 249.0819	เท่ากับ -12.45 Pa



Air-cleaning methods

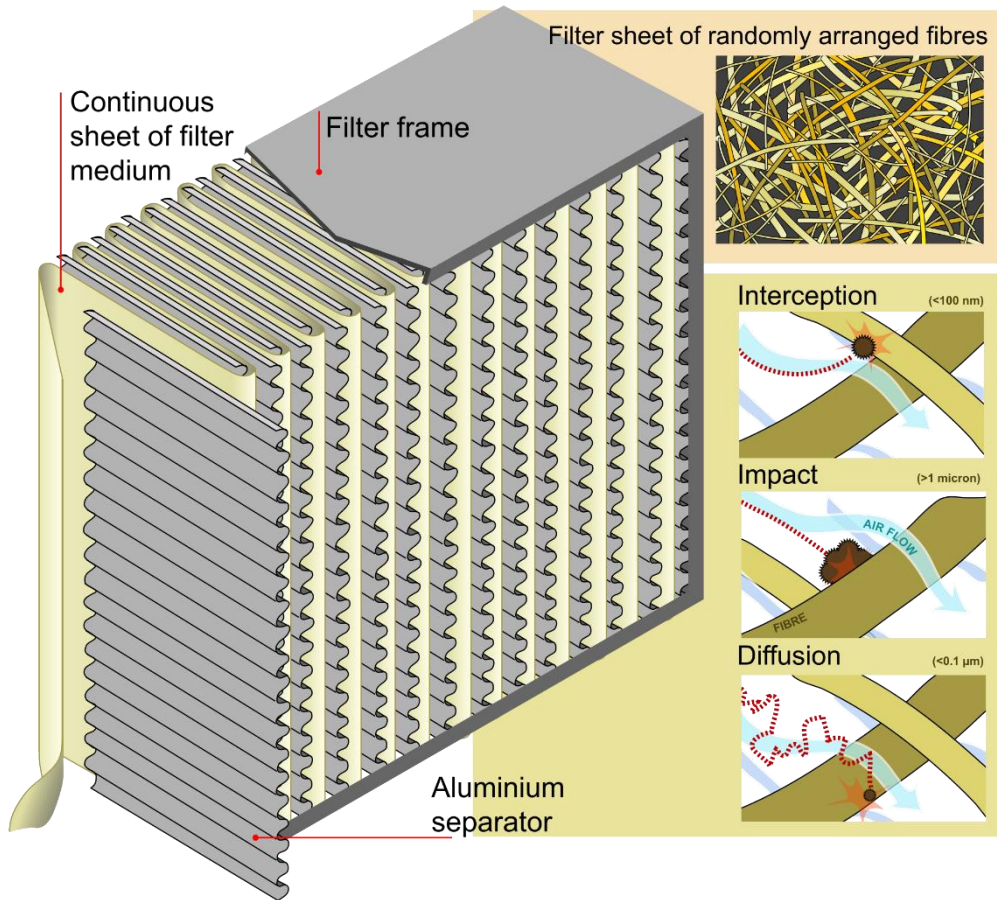
1. HEPA filtration



2. Ultraviolet germicidal irradiation



High-efficiency particulate air (HEPA)



- An air filter must remove (from the air that passes through) 99.97% of particles that have a size of 0.3 µm.

American Society of Mechanical Engineers, ASME AG-1a–2004, "Addenda to ASME AG-1–2003 Code on Nuclear Air and Gas Treatment", 2004

HEPA filter

- Installed in the duct
- On the wall (Ceiling type)
- Portable air cleaner



Portable HEPA filter ช่วยไหม??

**Small HEPA filter unit
150-250 (cubic feet per minute:
CFM)**



**Large HEPA filter unit
300-1200 CFM**



HEPA Filter Selection Table

ROOM VOLUME	AIRFLOW REQUIRED FOR 6 ACH	LISTED MINIMUM AIRFLOW
800 ft³	80 CFM	100 CFM
1,000 ft³	100 CFM	130 CFM
1,500 ft³	150 CFM	190 CFM
2,000 ft³	200 CFM	250 CFM
4,000 ft³	400 CFM	500 CFM
8,000 ft³	800 CFM	1,000 CFM

She measures the room. It is 8 feet wide by 10 feet long. The ceiling is 9 1/2 feet high. She then calculates the room volume:

$$\begin{aligned}\text{Room volume} &= \text{width} \times \text{length} \times \text{height} \\ &= 8 \times 10 \times 9.5 \\ &= 760 \text{ cubic feet}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Airflow required for 6 ACH} &= \text{room volume} \times 6 \text{ ACH} \\ &= 760 \times 6 \\ &= 4,560 \text{ cubic feet per hour} \\ &= \frac{4,560}{60 \text{ cubic feet per minute (CFM)}} \\ &= 76 \text{ CFM}\end{aligned}$$

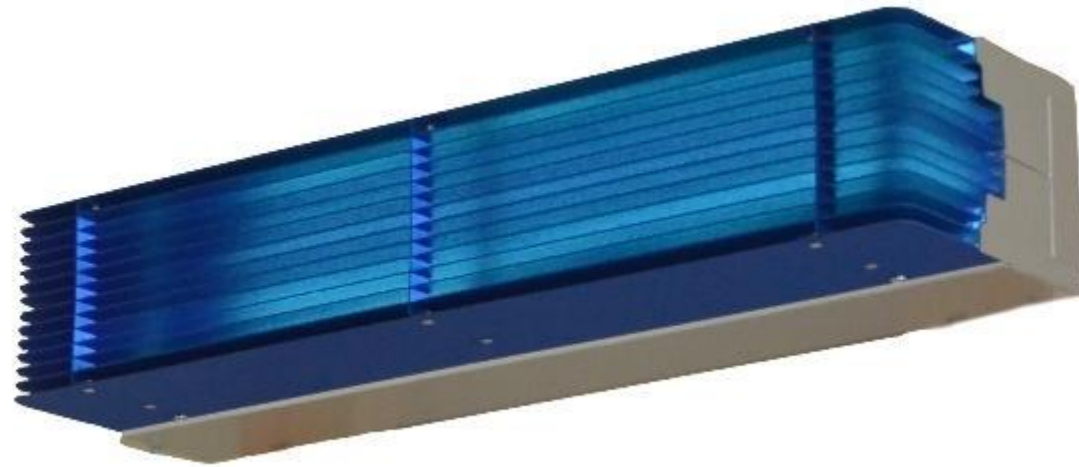
The actual airflow may be less than advertised. To compensate, Catherine adds a 25% safety factor to get a required airflow of 95 CFM.

$$76 \text{ CFM} \times 1.25 = 95 \text{ CFM}$$

- Portable HEPA filters are used to
 - a) temporarily recirculate air in rooms with no general ventilation,
 - b) augment systems that cannot provide adequate airflow, and
 - c) provide increased effectiveness in airflow

Portable HEPA units are useful engineering controls that help clean the air when the central HVAC system is undergoing repairs, but these units do not satisfy fresh-air requirements

**Ultraviolet germicidal
irradiation มีประโยชน์หรือไม่??**



ท่าน คิดว่า **Ultraviolet germicidal irradiation** มีประโยชน์ในข้อใดถูกต้อง?

1. ทำให้ห้องมีความเป็น **negative pressure** มากขึ้น
2. ช่วยเพิ่ม **Air change per hour**
3. ช่วยกำหนดทิศทางการไหลเวียนของอากาศ

Ultraviolet germicidal irradiation (UVGI)

- **Radiometer:** ตรวจวัดปริมาณความเข้มชั้นของรังสี (มากไป หรือ น้อยไป)
- ฝุ่นที่เกาะที่หลอด UV: at least every 3 mo (ผ้าชุบน้ำหรือ alcohol)
- **Contact time** (เชื้อต้องถูก UV ในเวลาที่เหมาะสม): ถ้าห้องที่ air change ดีอยู่แล้ว ไม่เหมาะ เพราะ contact time จะสั้น



ความชื้นสัมพัทธ์: not recommended for rooms in which relative humidity > 70%

- การระคายเคืองต่อตา และ ผิวหนัง

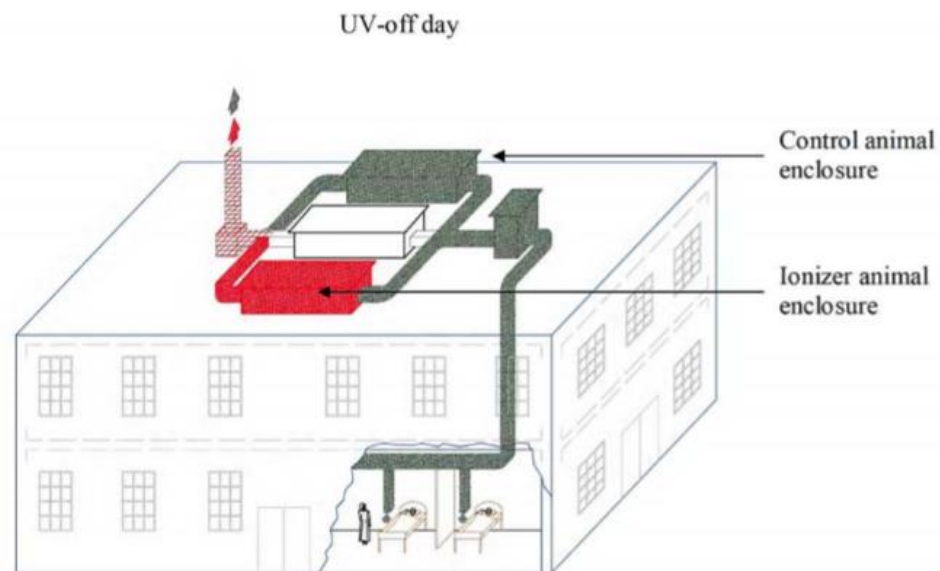
Relative humidity in Thailand

• North	74 %
• North-East	72 %
• Central	73 %
• East	76 %
• South East coast	79 %
• South west coast	80 %
• Peru	87 %

UVGI

- UVGI upper room system:
สามารถให้ air change per hour
ประมาณ **10-20 ACH** ในห้อง ถ้ามีการวัด
และติดตั้งอย่างถูกต้อง
- มีการศึกษาใน หนูทดลองที่ประเทศแอฟริกา พบว่า UVGI สามารถลด TB transmission ลงได้ จาก **35%** เหลือ **9.5%** และ ลดการเกิด active TB ในหนูได้ **8.6%** เหลือ **3.6%**

A



Air injection vent

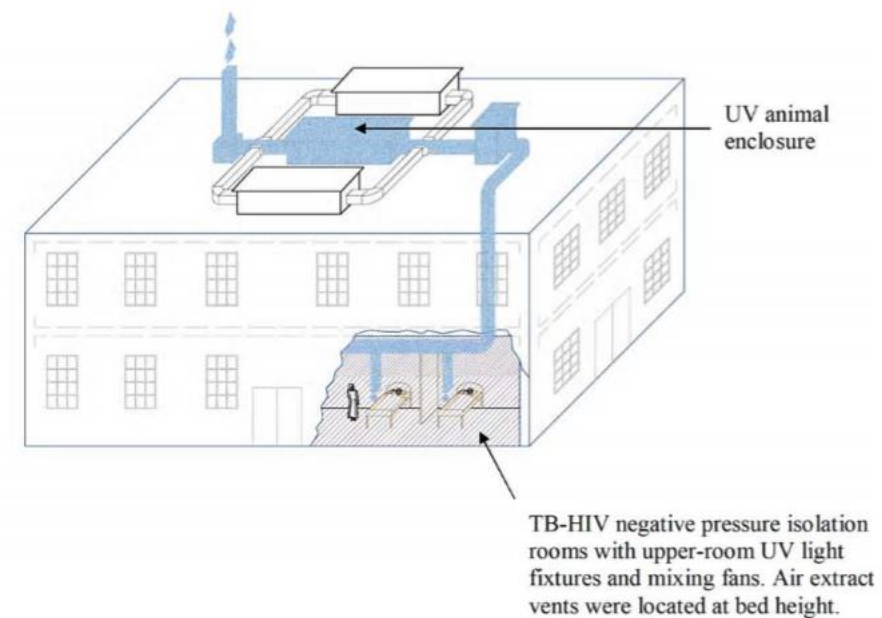
Upward facing
UV fixture

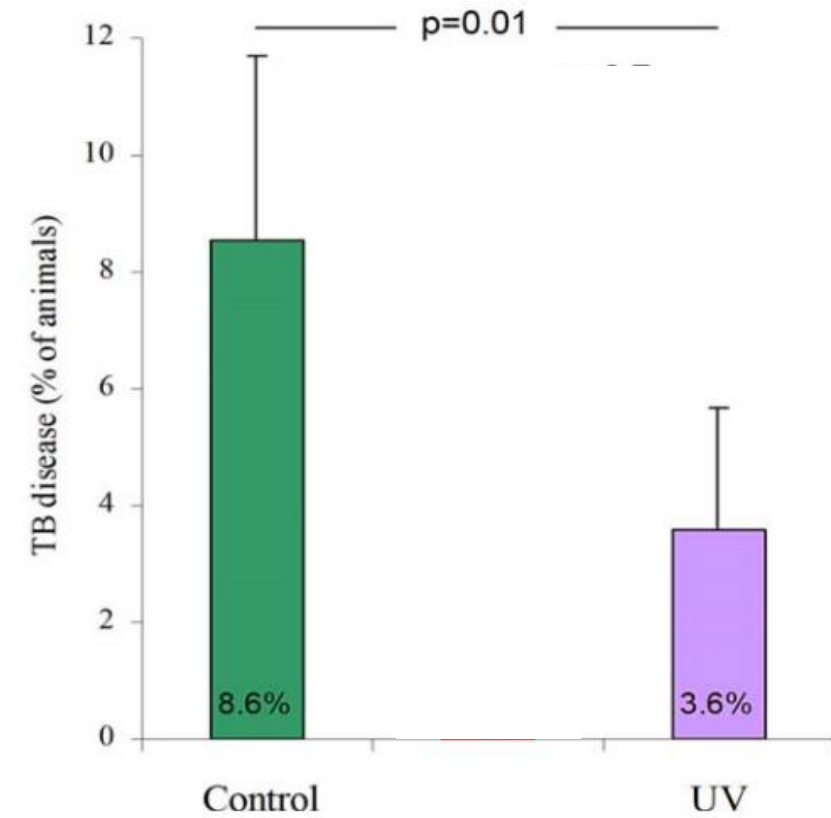
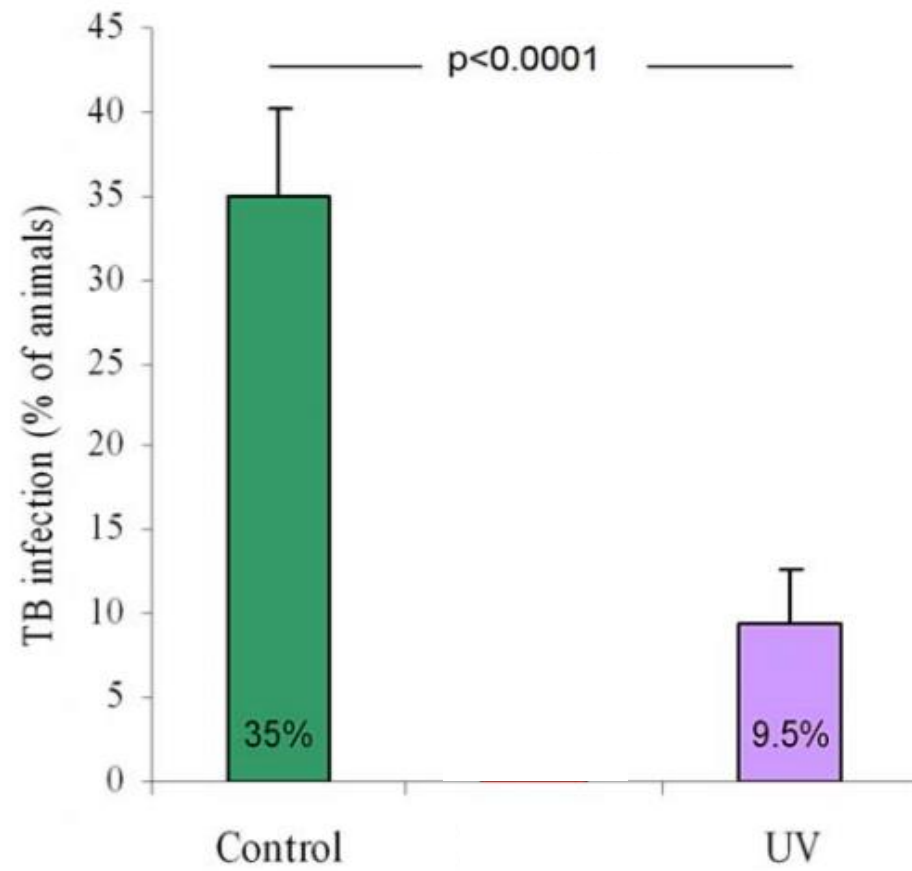
Simple mixing fan

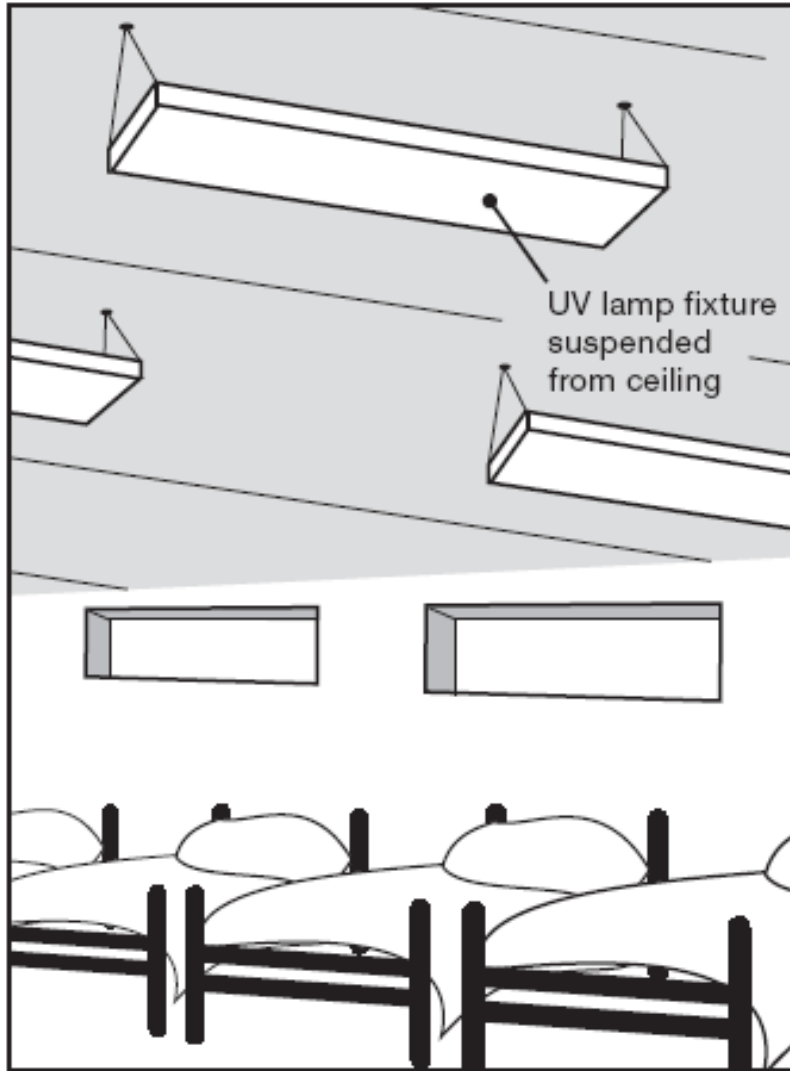
Air extraction vent
1 m above floor

B

UV-on day







- Although upper-air UVGI will help dilute the overall room concentration of *M. tuberculosis*, *it will have little beneficial effect on this near field infection risk.*

Ultraviolet germicidal irradiation (UVGI)

- ผลของการฆ่าเชื้อด้วย UV ไม่สามารถนำมาเทียบเคียงได้กับการกำหนดให้มีอัตราการถ่ายเทที่เหมาะสม
- ถ้าระบบ HEPA-filtered ได้มาตรฐาน และ มีการใช้ PPE ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมแล้ว การนำ UVGI มาใช้อาจไม่มีผลมากนักในการช่วยลดการติดเชื้อ
- เหมาะสำหรับการใช้ในห้องขนาดเล็กที่ไม่สามารถควบคุมความชื้นและอุณหภูมิของอากาศที่ดี เช่น nurseries, birthing room, เป็นต้น

Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI)

- **Used as supplement or back-up to dilution ventilation**
- **Does NOT provide negative pressure**
- **Requires maintenance, esp. cleaning bulbs**
- **Not effective at high humidity (>70%)**
- **Occupational exposure limits: eye & skin**

Simple natural ventilation is better
than bad mechanical ventilation

แต่ข้อจำกัดของ **natural ventilation**

- ไม่สามารถกำหนดทิศทางของ **air flow** ได้แน่นอนขึ้นกับทิศทางลม
- ถ้าเป็นพื้นที่ที่มีตึกบัง ไม่ได้เป็นพื้นที่โล่ง จะมีผลต่อทิศทางลมและ **ACH**
- ใช้เครื่องวัด **air change per hour (ACH)** ให้แม่นยำได้ยาก
- **Climate dependent:** หนาว ฝนตก หรือ ร้อนเกินไป

TB-Infection Controls: Simplified

- Administrative: WHO ??
 - Who is a TB suspect?
 - Who is at risk from exposure?
 - Who has infectious TB?
 - Who has drug resistant TB?
- Environmental: WHERE?
 - Where is optimal place to minimize risk?
- **Personal Respiratory Protection: Special high risk settings**

ท่านทราบหรือไม่ว่า หน้ากาก **respirators** ชนิด **N95** นั้น ตัวอักษร **N**
และ ตัวเลข **95** หมายความว่าอะไร ?

Nonpowered air-purifying respirator filter ชนิดต่างๆ

Resistance to efficiency		Filter efficiencies		
Filter degradation	95 (95%)	99 (99%)	100 (99.97%)	
N (<u>N</u> ot resistant to oil)	N95	N99	N100	
R (<u>R</u> esistant to oil)	R95	R99	R100	
P (Oil <u>p</u> roof)	P95	P99	P100	

ท่านเคยได้รับการทดสอบ **Fit testing**
หรือไม่ ท่านทราบหรือไม่ว่า **Fit testing**
คืออะไรและมีประโยชน์อย่างไร?

Fit testing

- Saccharin – a sweet tasting solid aerosol;
- Isoamyl acetate – a liquid that produces a sweet smelling vapor similar to bananas;
- Bitrex™ – a bitter tasting solid aerosol; and
- Irritant smoke – a solid aerosol made of stannic oxychloride that produces hydrochloric acid when it comes in contact with water vapor. Exposure to the hydrochloric acid produces an involuntary cough reflex.

Respirator Reuse Recommendations (N95)

- Extended use **is favored over** reuse because it is expected to involve less touching of the respirator and therefore less risk of contact transmission.
- Suggests limiting the number of reuses to **no more than five uses per device** to ensure an adequate safety margin.
- The straps **stretched out so much** that they no longer provide enough **tension** for the respirator to seal to the face

Not reuse in cases of:

- N95 respirators following use during **aerosol generating procedures.**
- N95 respirators **contaminated** with blood, respiratory or nasal secretions, or other bodily fluids from patients.
- N95 respirators following close contact with any **patient co-infected with an infectious disease requiring contact precautions.** (SARS)

Surgical Face Masks Worn by Patients with Multidrug-Resistant Tuberculosis

Impact on Infectivity of Air on a Hospital Ward

Ashwin S. Dharmadhikari^{1,2}, Matsie Mphahlele³, Anton Stoltz⁴, Kobus Venter³, Rirhandzu Mathebula³, Thabiso Masotla³, Willem Lubbe³, Marcello Pagano⁵, Melvin First⁶, Paul A. Jensen⁷, Martie van der Walt³, and Edward A. Nardell^{1,2}

¹Division of Pulmonary and Critical Care Medicine, and ²Division of Global Health Equity, Brigham and Women's Hospital, Harvard Medical School, Boston, Massachusetts; ³South African Medical Research Council, Tuberculosis Epidemiology and Intervention Research Unit, Pretoria, South Africa; ⁴Division of Infectious Diseases, University of Pretoria, Pretoria, South Africa; ⁵Department of Biostatistics and ⁶Department of Environmental Health, Harvard School of Public Health, Boston, Massachusetts; and ⁷Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, Georgia

Rationale: Drug-resistant tuberculosis transmission in hospitals threatens staff and patient health. Surgical face masks used by patients with tuberculosis (TB) are believed to reduce transmission but have not been rigorously tested.

Objectives: We sought to quantify the efficacy of surgical face masks when worn by patients with multidrug-resistant TB (MDR-TB).

Methods: Over 3 months, 17 patients with pulmonary MDR-TB occupied an MDR-TB ward in South Africa and wore face masks on alternate days. Ward air was exhausted to two identical chambers, each housing 90 pathogen-free guinea pigs that breathed ward air either when patients wore surgical face masks (intervention group) or when patients did not wear masks (control group). Efficacy was based on differences in guinea pig infections in each chamber.

Measurements and Main Results: Sixty-nine of 90 control guinea pigs (76.6%; 95% confidence interval [CI], 68–85%) became infected, compared with 36 of 90 intervention guinea pigs (40%; 95% CI, 31–51%), representing a 56% (95% CI, 33–70.5%) decreased risk of TB transmission when patients used masks.

Conclusions: Surgical face masks on patients with MDR-TB significantly reduced transmission and offer an adjunct measure for reducing TB transmission from infectious patients.

Keywords: infection control; multidrug-resistant tuberculosis; transmission; surgical mask

AT A GLANCE COMMENTARY

Scientific Knowledge on the Subject

Tuberculosis (TB) transmission in hospitals, clinics, and other congregate settings threatens the health of health care workers and patients and remains an important obstacle to achieving TB control. In TB-endemic, resource-poor settings, infection control strategies such as mechanical/natural ventilation, air disinfection, personal respiratory protection, and patient isolation may be difficult to access, implement, or sustain. Simple face masks worn by patients, however, may offer an additional approach to reduce TB transmission. Unfortunately, there is no prior field evidence to support their efficacy in actual clinical settings.

What This Study Adds to the Field

This study suggests that surgical masks worn by infectious patients with multidrug-resistant TB on a hospital ward reduced transmission from these patients by 56% compared with periods when masks were not worn.

กลุ่มผู้ป่วยวัณโรค 2 กลุ่ม เปรียบเทียบกับหนู 2 กลุ่ม



ขณะที่ผู้ป่วยใส่หน้ากากอนามัย **surgical mask** หนู
ตะเภาดิดเชื้อ **TB 36/90** ตัว **(40%)**



เมื่อไม่ใส่ **surgical mask** ทำให้หนู
ตะเภาดิดเชื้อ **TB 69/90** ตัว **(76.6%)**

สรุปผลการศึกษา ของ **Harvard** **university** ทำในประเทศแอฟริกาใต้

หน้ากากอนามัย สามารถลดการแพร่กระจายของเชื้อไวรัสโรค
ในอากาศได้ **56%**

ผู้ที่สัมผัสใกล้ชิด

- นิยามของผู้ที่สัมผัสใกล้ชิด (Close contact) คือ
 - ผู้ที่อยู่ในสถานที่เดียวกัน เช่น บ้านเดียวกัน ห้องนอนเดียวกัน ห้องเรียนเดียวกัน มีการสัมผัสใกล้ชิดที่ต่อเนื่องตั้งแต่ **8** ชั่วโมงขึ้นไป
 - ถ้าเป็นการสัมผัสไม่ต่อเนื่องให้คิดเวลารวมตลอดเดือน ถ้ามากกว่า **120** ชั่วโมงขึ้นไป

อายุที่ได้รับเชื่อกับโอกาสการติดเชื้อ ในช่วงชีวิต

อายุตอนที่รับเชื้อ	โอกาสของการเป็นวัณโรคในช่วงชีวิต
< 1 ปี	43%
1-5 ปี	24%
11-15 ปี	15%
ผู้ใหญ่	5-10%

ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆด้วยเช่น ระยะเวลาที่อยู่ร่วมกับผู้ป่วย, ระยะเวลาเจ็บป่วย
ผู้ป่วย, มีโพรงหนอง

การศึกษานาน 30 ปีเพื่อที่จะยืนยัน ว่า การให้ ยา isoniazid (INH) เพื่อ
ป้องกันในเด็กมีประโยชน์ในการลดภาวะป่วยเป็นวัณโรคในเด็กและวัยรุ่น

	อัตราการเกิดวัณโรค(/1,000)
ใน	<u>ให้ INH เทียบกับ ไม่ให้ INH</u>
ตามไปอีก 20 ปี	4.2 เทียบกับ 10.1
ตามไปอีก 30 ปี (เฉพาะที่ < 3 ปี)	0.5 เทียบกับ 7.5

- เด็กที่มีอายุน้อยกว่า **5** ปี จะถือว่ามีความเสี่ยงสูงสุดที่จะป่วยเป็นวัณโรค และถ้าเป็นแล้วก็จะมีโอกาสกระจายทั่วร่างกาย และเป็นวัณโรคในเยื่อหุ้มสมองได้สูง (การฉีดวัคซีน **BCG** จะช่วยลดอุบัติการณ์การเป็นวัณโรคทั่วร่างกายและวัณโรคในเยื่อหุ้มสมองได้มาประมาณร้อยละ 60)
- ในทางปฏิบัติเด็กที่อายุน้อยกว่า **5** ปีที่มีประวัติสัมผัสใกล้ชิดกับผู้ป่วยวัณโรค โดยทั่วไปแล้วแนะนำให้รับประทาน ยา **isoniazid** เพื่อป้องกันการเป็นวัณโรค **6-9** เดือนทุกราย
- แต่ต้องตรวจสอบให้แน่ชัดก่อนให้ยาป้องกันว่าเด็กไม่ได้เป็นวัณโรคอยู่ก่อนแล้ว (ควรถ่ายภาพเอกซเรย์ปอดก่อนให้ยาป้องกัน)
- ส่วนเด็กที่อายุมากกว่าหรือเท่ากับ **5** ปีให้พิจารณาเป็นรายๆ ไปตามผลการทดสอบ **Tuberculin skin test**

การทำ tuberculin skin test ในการทดสอบว่ามีเชื้อวัณโรคซ่อนอยู่ในร่างกายหรือไม่??



	BCG+	BCG -
Cut-off	15	10
กลุ่มเสี่ยง	10	10
กลุ่มภูมิคุ้มต่ำ	5	5

FAST for TB Settings

- Finding TB Patients
- Actively: cough surveillance and rapid molecular sputum testing
- Separating safely
- Treatment

Take home messages

- การแพร่กระจายของผู้ป่วยวัณโรค ขึ้นอยู่กับ ปริมาณเชื้อ (grading AFB smear), ผู้ป่วยมีอาการไอ??, ก่อนหรือหลังได้รับยา anti-TB, contact time, air change per hour ของห้อง เป็นต้น
- วัณโรคไม่ได้เป็นโรคที่น่ารังเกียจ หรือติดง่ายอย่างที่คิดคนที่แข็งแรงดี ร่างกายก็จะสามารถกำจัดเชื้อที่เข้ามาในปอดได้ หรือ cell เม็ดเลือดขาวสามารถโอบล้อม ไม่ให้เชื้อ active (latent infection)
- หลักการสำคัญของ environment control คือ การให้ air change per hour > 12 ACH, Control of airflow patterns in room, negative pressure
- การใช้ Natural ventilation เปิดหน้าต่าง ในตึกที่มีการระบายอากาศได้ดี ก็ยังสามารถทำเป็น TB clinic ได้ในประเทศไทย ถ้าไม่สามารถใช้ mechanical ventilation ได้อย่างถูกต้อง และ maintenance อย่างเหมาะสม

Take home messages

- ถ้าผู้ป่วย admit ห้องแยกโรคที่ดีที่สุดควรจะทำเป็น All room (negative pressure with anti-room) แต่มีอย่างจำกัด ก็ควรทำเป็นห้องแยกโรคที่มีการระบายอากาศ ติดพัดลมดูดอากาศ และมีการปล่อยอากาศเสียทิ้งออกไปอย่างเหมาะสม (HEPA, UV duct, ต่อ duct สูงขึ้นไป > 3 m เหนือระดับที่มีผู้คนเดินไปมา)
- Ultraviolet germicidal irradiation (UVGI) อาจนำมาช่วยเสริมในการช่วยเพิ่ม ACH เหมาะสำหรับนำไปใช้ในห้องที่ไม่สามารถควบคุมระบบไหลเวียนอากาศที่ดี เช่น homeless shelters, ER waiting room, เรือนจำ และราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับ portable HEPA filter
- ...