

Luftsmitta, droppsmitta, aerosolsmitta – eller vad?

Ett diskussionsunderlag

Carl-Johan Fraenkel

Vi behöver skapa en samstämmig bild över hur smitta går till som stämmer överens med de rekommenderade skyddsåtgärderna

- Begrepp
- Nuvarande paradig
- Historisk kontext
- Vad covid-19 har visat
- Lärdomar för framtiden

Fysiska begrepp

- Droppe

Vätskeinnehållande partikel – från mycket liten till mycket stor (μm - mm).

Användningen varierar från ovanstående till att bara beteckna ballistiska droppar $> 100 \mu\text{m}$ till skillnad mot aerosoler.

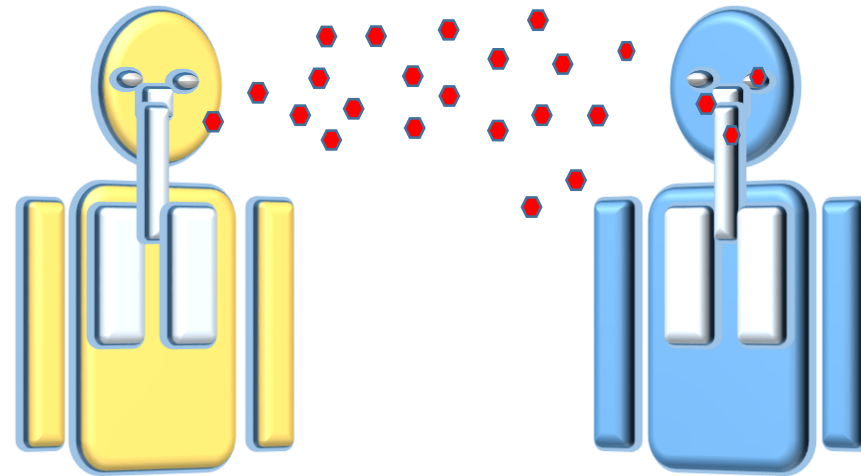
- Aerosol

Partiklar blandade i gas (luft). Partiklarna kan hålla sig blandade mer än ett par sekunder ($< 100 \mu\text{m}$)

Nuvarande paradig

- **Droppsmitta**

- Stora droppar av luftvägssekret > 5 μm
- Bildas fr.a. vid hosta och nysningar
- Landar i öga och övre luftvägar
- Inom 1-2 m



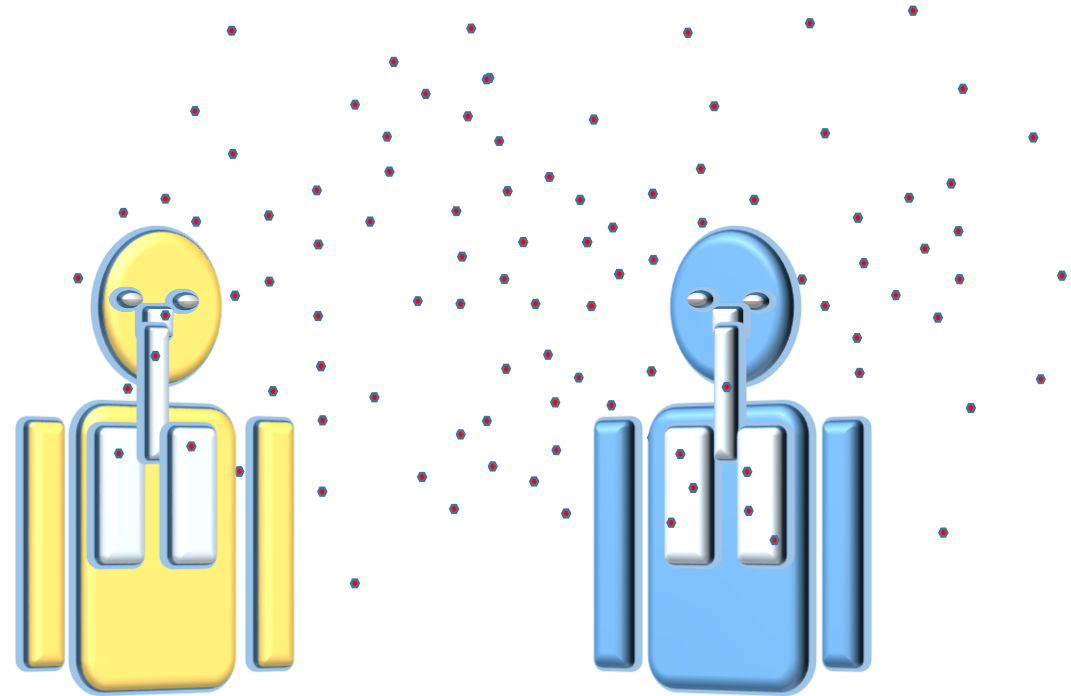
Skydd: Visir och munskydd

Nuvarande paradig

• Luftsmitta

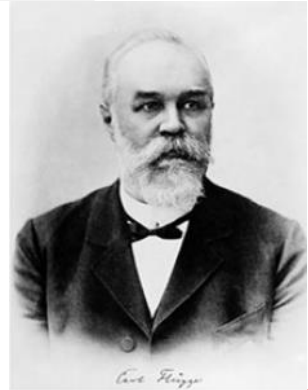
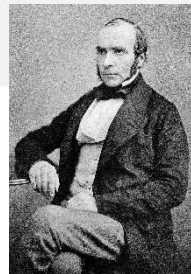
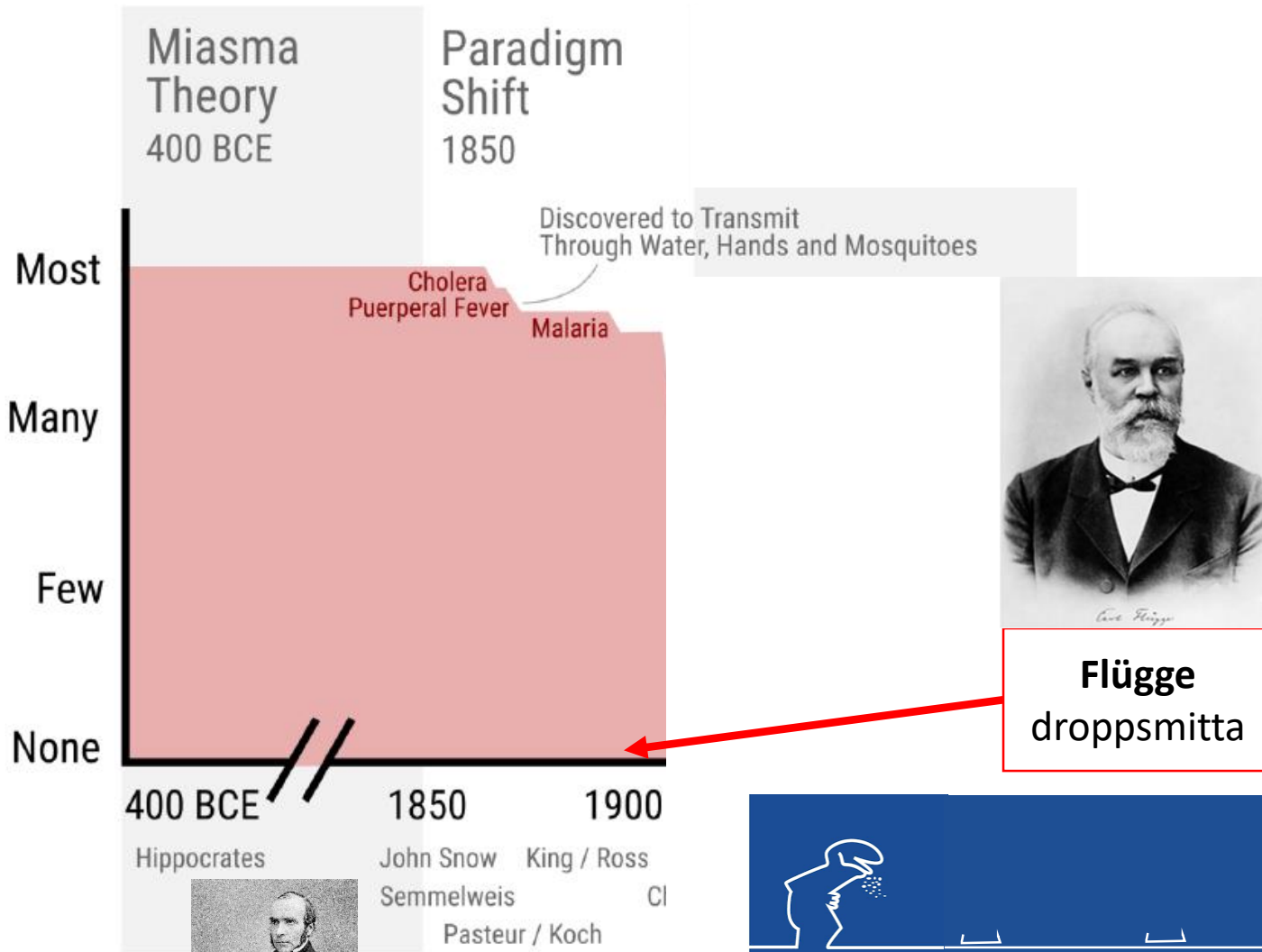
- Små aerosolpartiklar $< 5 \mu\text{m}$
- Bildas vid andning, tal, hosta och AGP
- Inhaleras till lungan
- Förs med ventilationsströmmar och kan smitta på flera meters avstånd samt angränsande lokaler
- Gäller fr.a. smittämnen
tuberkulos, mässling, vattenkoppor

Skydd: andningsskydd och ventilation

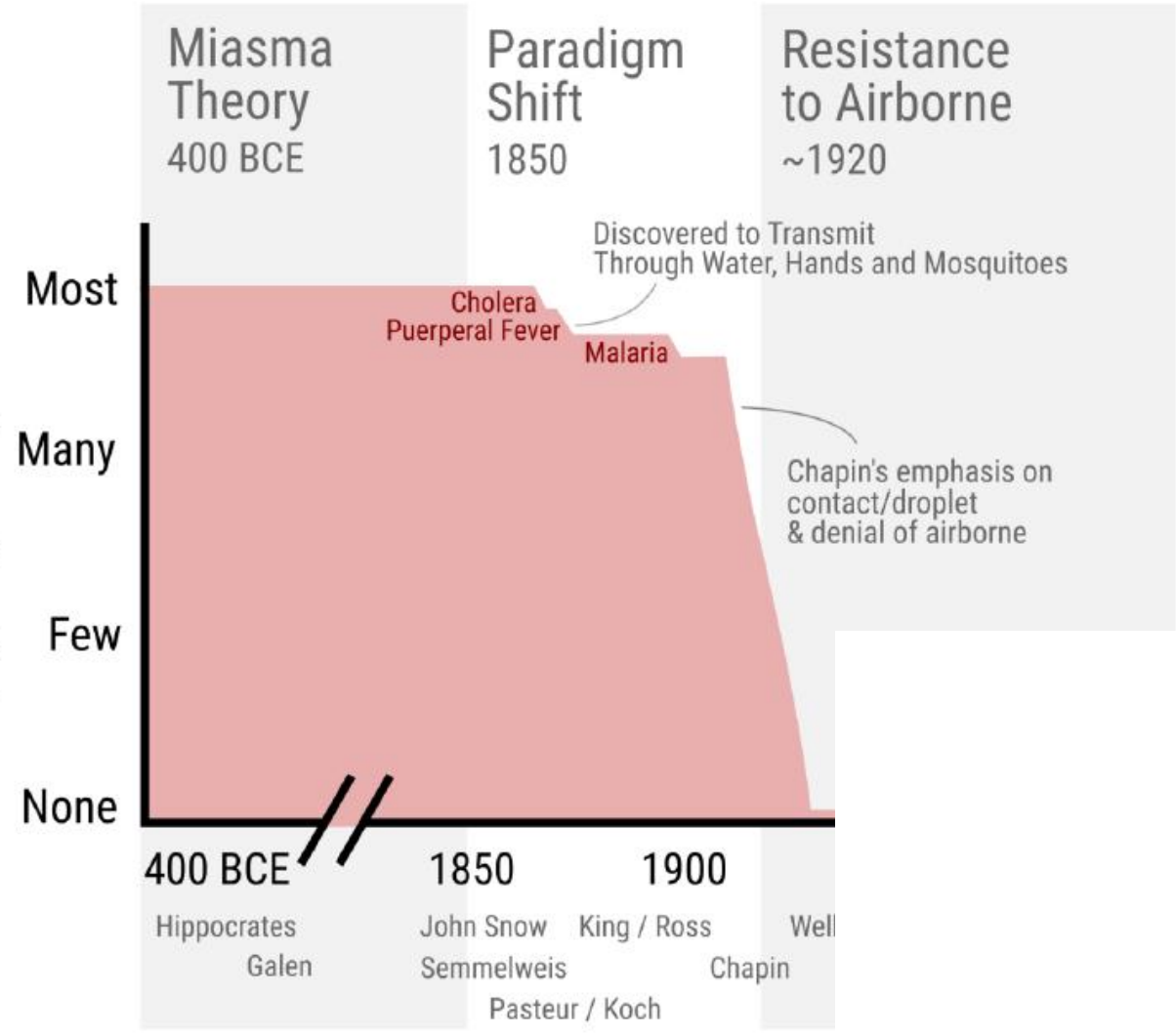


Hur har vi hamnat här?

Dominant Thinking on Diseases Propagating through Air



Dominant Thinking on Diseases Propagating through Air



Chapin 1910 "The Sources and Modes of Infection"

In reviewing the subject of air infection it becomes evident that our knowledge is still far to scanty....

If it should prove, as I firmly believe that contact infection is the chief way in which the contagion is spread, an exaggerated idea of air-borne infection is most mischievous.

It is impossible, as I know from experience, to teach people to avoid contact infection while they are firmly convinced that the air is the chief vehicle of infection

We are warranted, then, in disregarding airborne transmission as a working hypothesis and devoting our chief attention to the prevention of contact infection

Droppsmitta vs luftsmitta – en historik

- 1933 presenterade Wells konceptet med luftburen smitta via droppkärnor och större droppar ($>100 \mu\text{m}$) som ”droplet infection proper”¹
- 1937 visar Wells att UVGI i klassrum kan minska mässlingssmitta.²
- 1959 visar Riley och Wells att marsvin kan bli smittade av tuberkulos via ventilationen från tuberkulospatienter.⁵

1. WELLS, V. F. ON AIR-BORNE INFECTION.* STUDY II. DROPLETS AND DROPLET NUCLEI. *American Journal of Epidemiology*, Volume 20, Issue 3, November 1934, Pages 611–618

2. Wells WF, Wells MW, Wilder TS. The environmental control of epidemic contagion I: an epidemiologic study of radiant disinfection of air in day schools. *Am J Hyg* 1942;35:97-121.

3. Duguid JP. The size and duration of air-carriage of respiratory droplets and droplet nuclei. *J Hyg (Lond)* 1946;44:471-9.

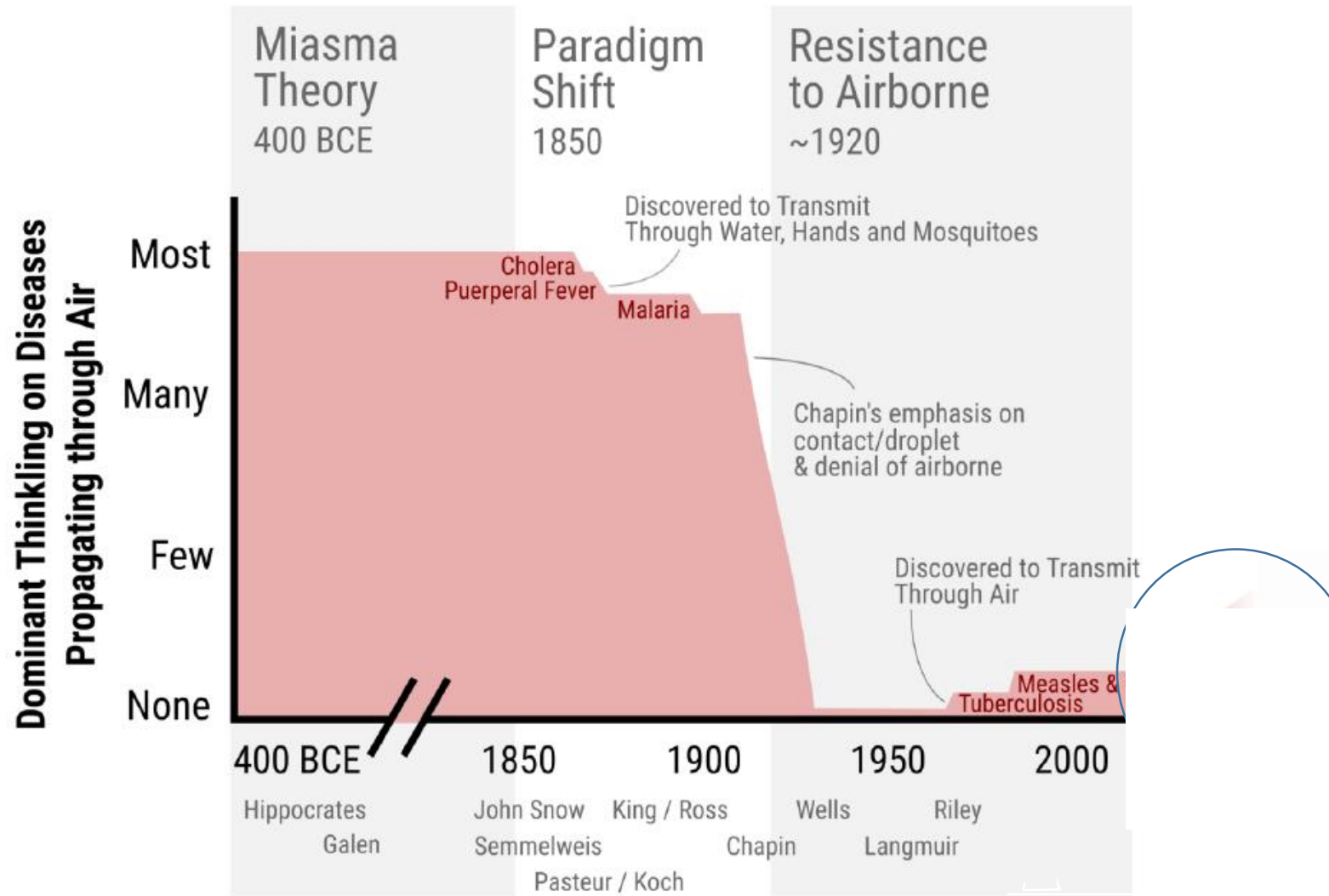
4. HATCH, T. F. (1942). *Aerobiology*. Washington, D.C.: Amer. Ass. Adv. Sci.

5. Riley, R. L. et al. Aerial dissemination of pulmonary tuberculosis. A two- year study of contagion in a tuberculosis ward. *Am. J. Hyg.* **70**, 185–196 (1959).

Skepsisen mot luftsmitta fortsatt stor

Bl.a. från Langmuir – CDCs första chef

- 60-talet tuberkulos accepteras som luftsmitta
- 80-talet mässling och vattenkoppor accepteras som luftsmitta



1. Randall K, Ewing ET, Marr LC, et al. How did we get here: what are droplets and aerosols and how far do they go? A historical perspective on the transmission of respiratory infectious diseases. *Interface Focus* 2021;11(6):20210049. doi: 10.1098/rsfs.2021.0049

2. Jimenez JL, Marr LC, Randall K, et al. What were the historical reasons for the resistance to recognizing airborne transmission during the COVID-19 pandemic? *Indoor Air* 2022;32(8):e13070. doi: 10.1111/ina.13070

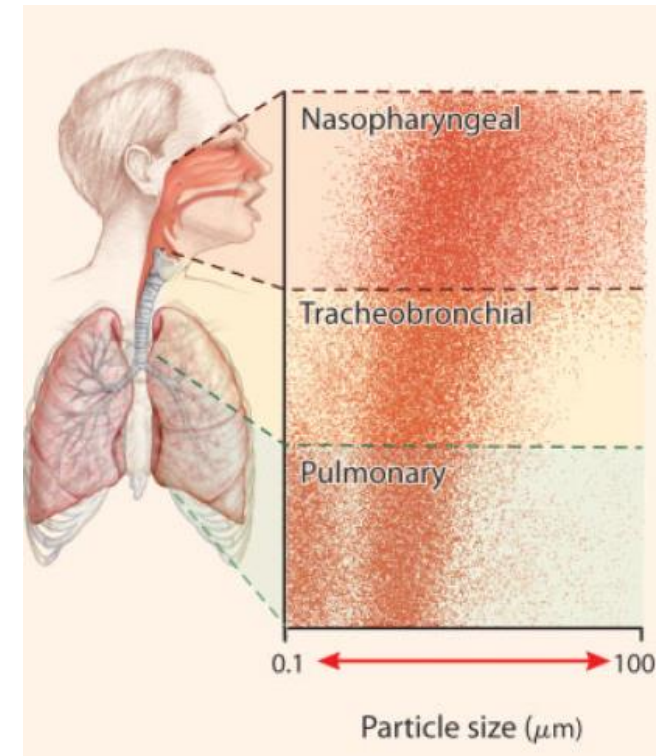
Gränsdragningen mellan dropp och luftsmitta

- 5 μm gränsen
 - Är hämtad ifrån studier var inhalerade partiklar i olika storlekar hamnar
 - $< 5 \mu\text{m}$ hamnar oftast i alveolerna - var en partikel hamnar är viktigt för tuberkulos
 - Men har i övrigt inget med omblandning i luft att göra.

Droppl vs luftsmitta - storleksgränsen

Storleksgränsen för luftburenhet är inte samma som för att inhalerbarhet till nedre luftvägar

- Att hinna avdunsta innan man når marken beror delvis på luftfuktigheten men gränsen ligger nära 100 μm .
- Partiklar mindre än 20 μm når långt ner i lungorna
- Ett smittämne kan spridas/smitta via luften i små partiklar även om det inte har sitt målorgan i nedre luftvägar.



Gränsdragningen mellan dropp och luftsmitta

- 1-2 meters gränsen
 - Kommer delvis från (missuppfattningar av) Flügges experiment.
 - Delvis från studier med optiska instrument på 40-50 talet (som inte såg mindre partiklar)
 - Och en uppfattning att smitta vid nära kontakt berodde på stora droppar som efter 1-2 m sedimenterar till golvet.

Droppl vs luftsmitta

- Avståndsgränsen 1-2 meter är inte en gräns som särskiljer inhalerbarhet.
 1. Droppar $> 100 \mu\text{m}$ som beter sig som en ballistisk projektil faller ofta inom 1-2 meter – men beror naturligtvis på utgångshastigheten. Vid nysning/hostning 6-8 m.^{1,2}
 2. Bara för att man är nära behöver det inte betyda att man är smittad av stora ($> 100 \mu\text{m}$ droppar).
 - De flesta aerosolpartiklar som produceras vid tal, hosta m.m. är $< 5 \mu\text{m}^3$
 - Ju närmare källan man är desto högre koncentration.
 - Aerosolpartiklar $< 5 \mu\text{m}$ verkar ofta innehålla en majoritet av utsöndrad patogen – gäller tuberkulos så väl som influensa⁴

Bourouiba L. Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19. JAMA **2020**; 323(18): 1837-8.

Xie X, Li Y, Chwang AT, Ho PL, Seto WH. How far droplets can move in indoor environments--revisiting the Wells evaporation-falling curve. Indoor Air **2007**; 17(3): 211-25.

Morawska L. Droplet fate in indoor environments, or can we prevent the spread of infection? Indoor Air **2006**; 16(5): 335-47.

Fennelly KP. Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control. Lancet Respir Med **2020**; 8(9): 914-24.

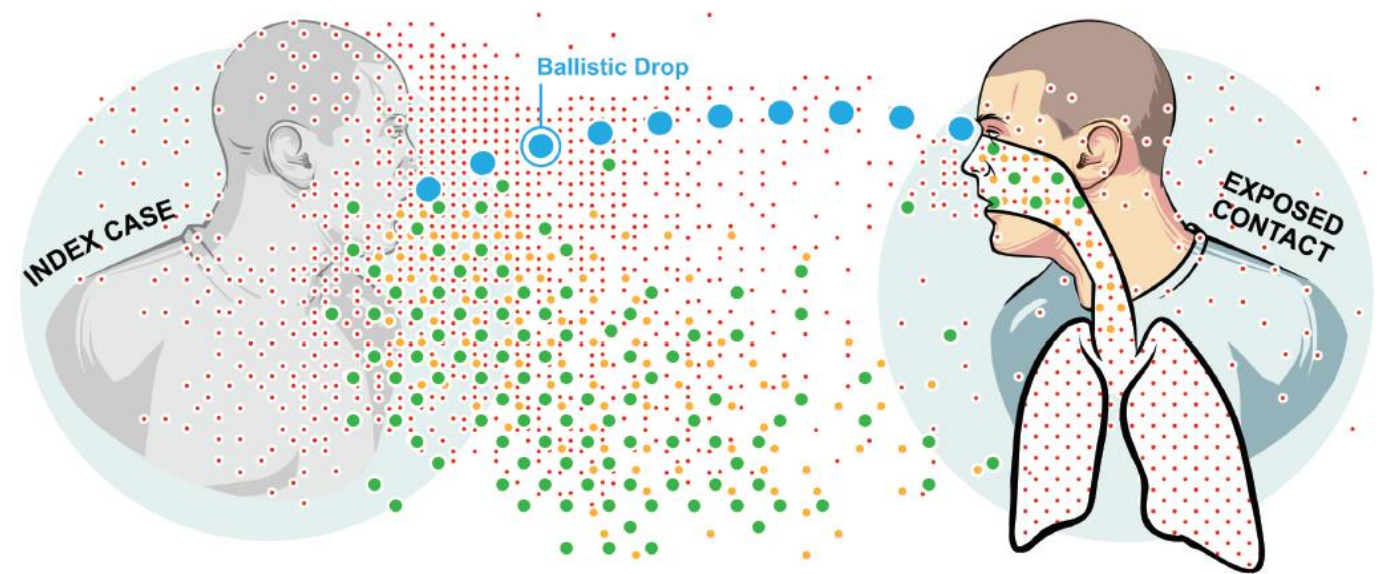
Verkligheten

När vi andas, talar och hostar skickas ett moln av droppar (partiklar) i olika storlekar ut.

Molnet av små droppar (aerosol) omblandas med luften, och koncentrationen minskar med avståndet från källan.

Större droppar ($>100\ \mu\text{m}$) snabbt faller till golvet oftast inom 1-2 m

De mindre dropparna $<5-15\ \mu\text{m}$ följer luftströmmar och blir ventilationsberoende.



Aerosols

Respirable Aerosol
 ≤ 2.5 to $5\ \mu\text{m}$

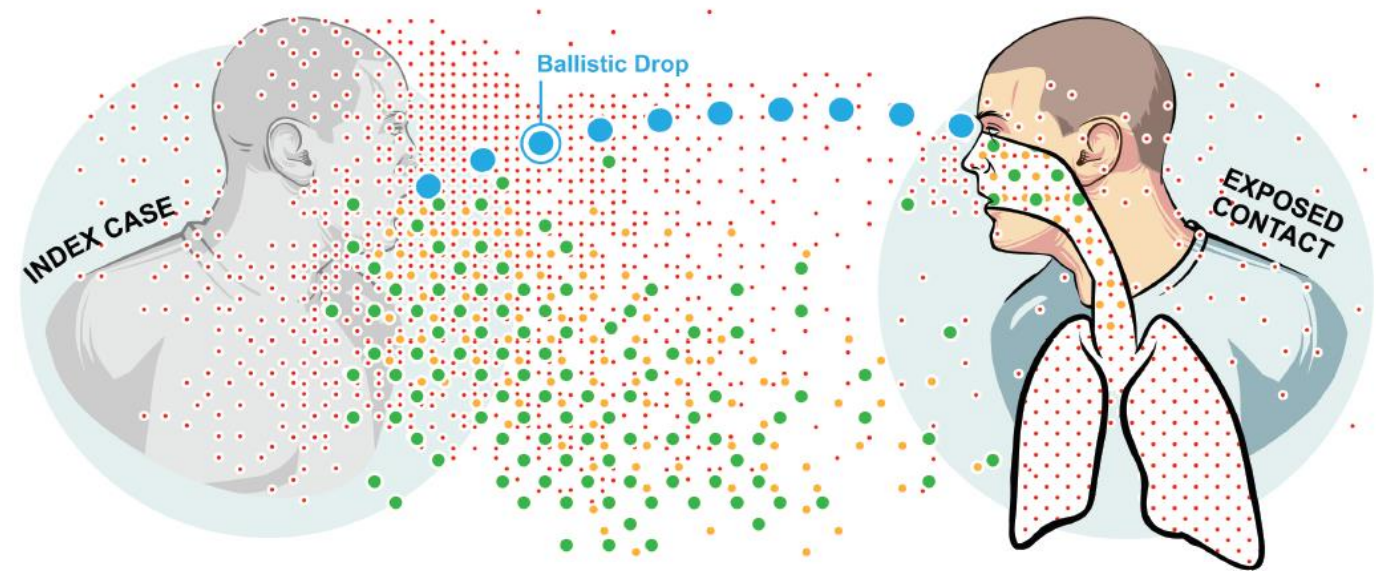
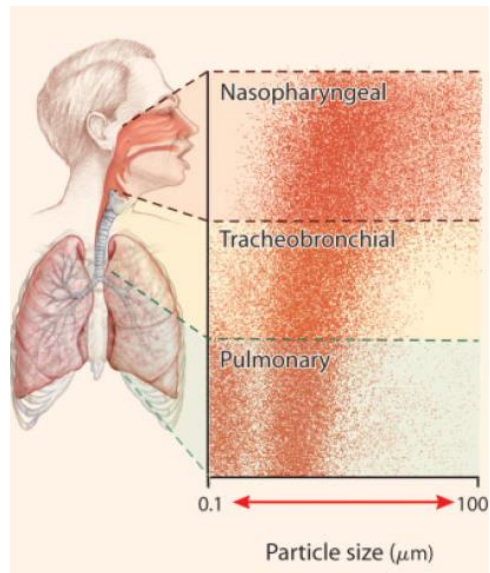
Thoracic Aerosol
 ≤ 10 to $15\ \mu\text{m}$

Inhalable Aerosol
 $\leq 100\ \mu\text{m}$

Milton DK. A Rosetta Stone for Understanding Infectious Drops and Aerosols. J Pediatric Infect Dis Soc 2020; 9(4): 413-5.

Verkligheten

Alla partiklar över 100 μm kan inhaleras – men hamnar företrädevisvis i olika regioner i luftvägarna beroende på storlek



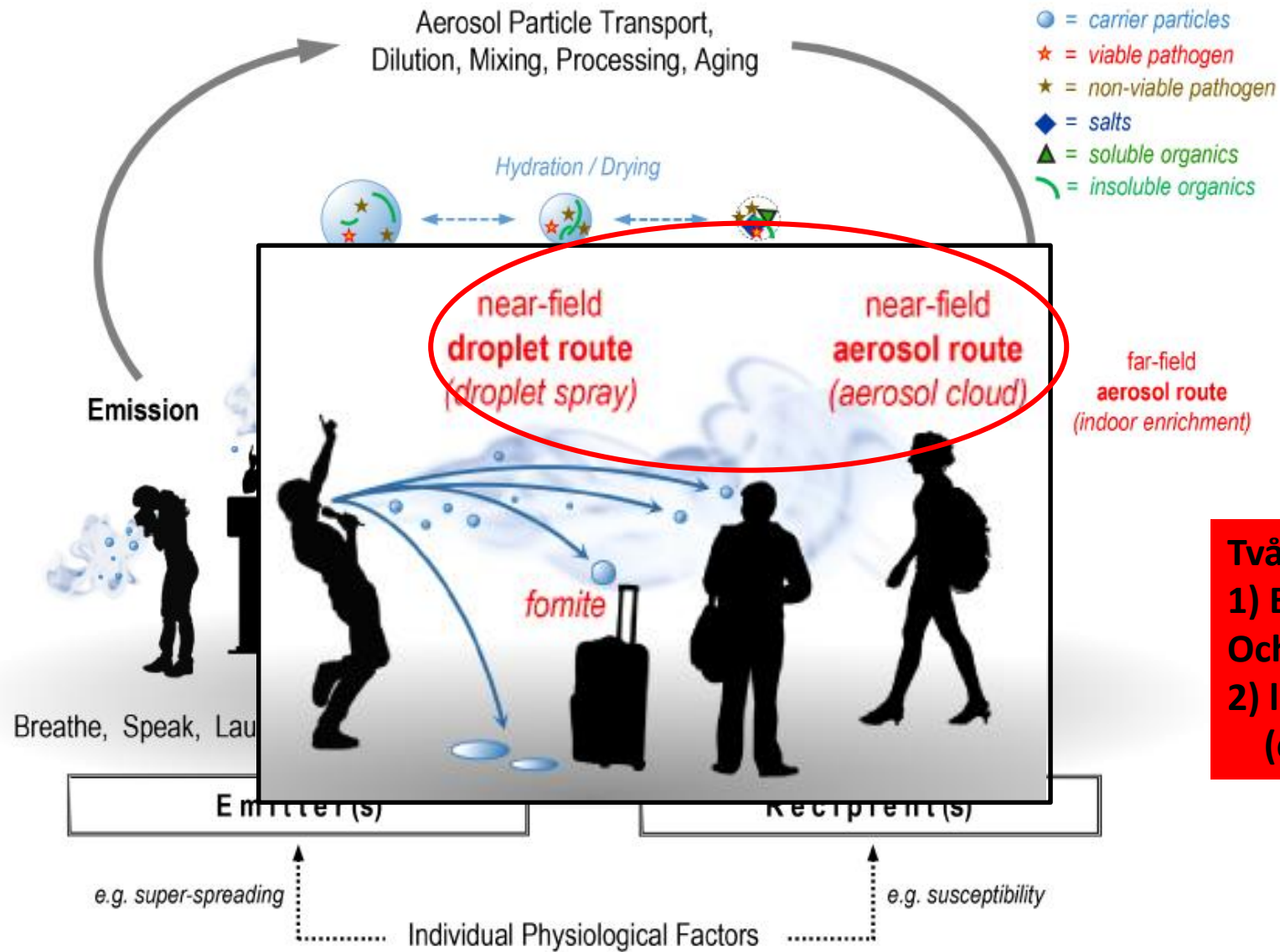
Aerosols

 **Respirable Aerosol**
 ≤ 2.5 to $5\mu\text{m}$

 **Thoracic Aerosol**
 ≤ 10 to $15\mu\text{m}$

 **Inhalable Aerosol**
 $\leq 100\mu\text{m}$

Milton DK. A Rosetta Stone for Understanding Infectious Drops and Aerosols. *J Pediatric Infect Dis Soc* 2020; 9(4): 413-5.



Två separata smittvägar
1) Ballistiska droppar
Och
2) luftsmitta på kort avstånd
(close range airborne)

FIG. 1 Conceptual scheme of the aerosol and droplet pathogen transmission routes along with relevant physicochemical properties of respiratory particles.

Vilken är viktigast ballistiska droppar eller aeroslsmitta på kort avstånd

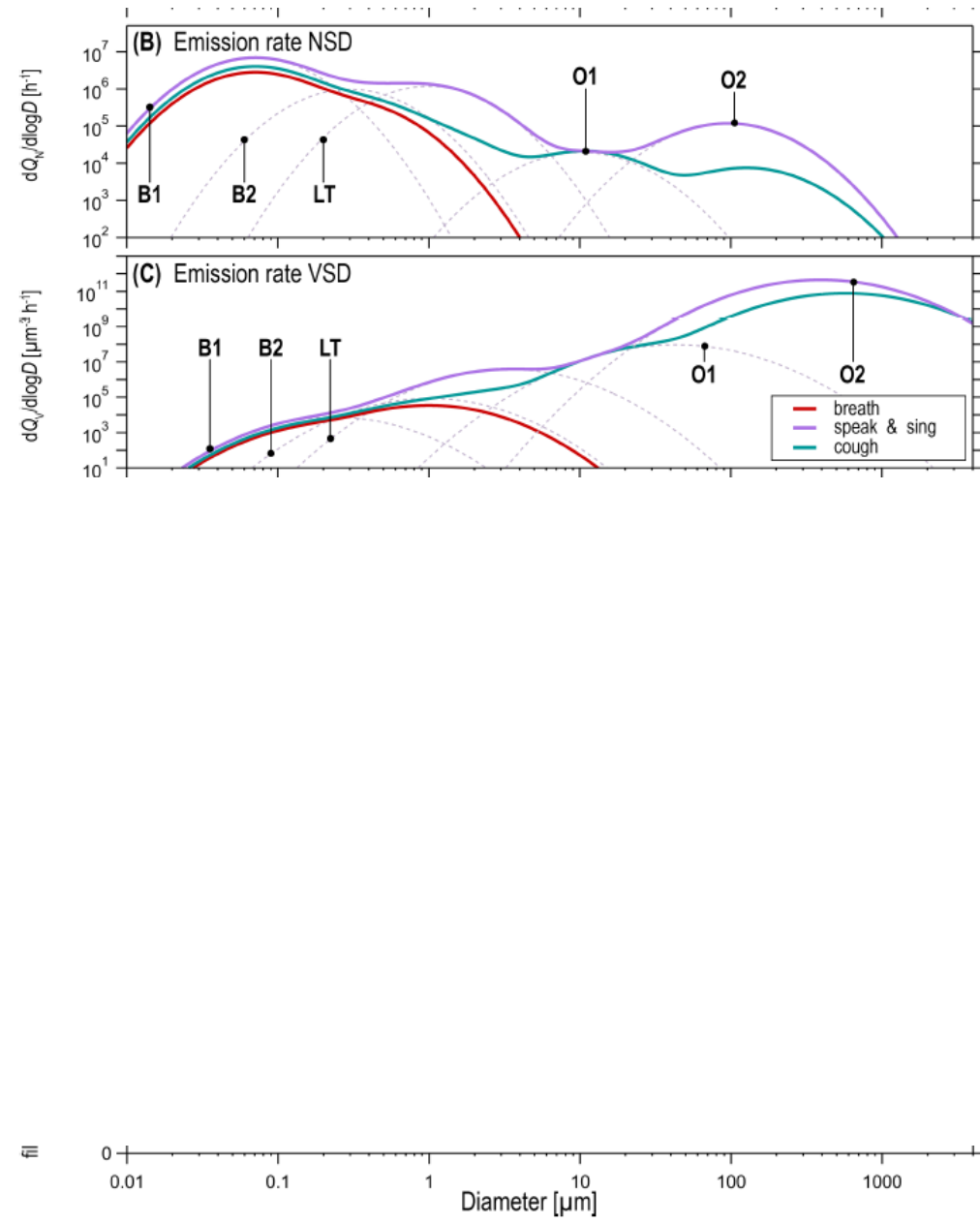
- Mycket talar för att luftsmitta på kort avstånd dominerar

Droppsmitta (ballistisk)

“Reviewing the literature on large droplet transmission, one can find no direct evidence for large droplets as the route of transmission of any disease.”¹

Beräkningar talar för att ballistiska droppar kan ha betydelse på ett avstånd på 0,2-0,5 m.

1. Chen WZ, Zhang N, Wei JJ, et al. Short-range airborne route dominates exposure of respiratory infection during close contact. *Building and Environment* 2020;176 doi: ARTN 106859
10.1016/j.buildenv.2020.106859



Transmissibility and transmission	HCoV	IV	MeV	PIV	RSV	HMPV	VZV	RhV	HAdV ^a
Evidence for aerosol transmission^{c,e}									
Infectious virus survival in experimentally generated aerosols	✓	✓	✓	✓	✓	–	–	–	✓
Virus genetic material recovered in aerosols in human exhaled breath ^f	✓	✓	–	✓	✓	✓	–	✓	–
Infectious virus recovered in aerosols in human exhaled breath	–	✓	–	–	–	–	–	–	–
Virus genetic material recovered in aerosols in the air	✓	✓	✓	✓	✓	–	✓	✓	✓
Infectious virus recovered in aerosols in the air	✓	✓	–	–	✓	–	–	–	–
Infection initiated via exposure to infectious virus in aerosols demonstrated in volunteer studies	–	✓	–	–	–	–	–	✓	✓
Transmission of laboratory-confirmed infection via aerosols demonstrated in observational studies	✓	✓	✓	–	–	–	✓	–	–
Transmission of laboratory-confirmed infection via aerosols demonstrated in volunteer studies	–	–	✓	–	–	–	✓	✓	–
Evidence for droplet transmission^{c,e}									
Infectious virus survival in experimentally generated droplets	–	✓	–	(✓)	–	–	–	–	–
Virus genetic material recovered in droplets in human exhaled breath ^f	(✓)	(✓)	–	(✓)	(✓)	(✓)	–	(✓)	–
Infectious virus recovered in droplets in human exhaled breath	–	(✓)	–	–	–	–	–	–	–
Virus genetic material recovered in droplets in the air	(✓)	(✓)	(✓)	–	(✓)	–	–	(✓)	(✓)
Infectious virus recovered in droplets in the air	–	–	–	–	(✓)	–	–	–	–
Infection initiated via exposure to infectious virus in droplets demonstrated in volunteer studies	✓	✓	–	–	✓	✓	–	✓	(✓)
Transmission of laboratory-confirmed infection via droplets demonstrated in observational studies	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Transmission of laboratory-confirmed infection via droplets demonstrated in volunteer studies	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Evidens i parentes om studier endast innefattar 5-100 µm

Covid-19 WHO

Mars 2020: Transmitted in large droplets that fell to the ground close to the infected person, as well as by touching contaminated surfaces.

..was not airborne (except in the case of very specific “aerosol-generating medical procedures”) and that it was “misinformation” to say otherwise.

Juli 2020 short-range aerosol transmission, particularly in specific indoor locations, such as crowded and inadequately ventilated spaces over a prolonged period of time with infected persons cannot be ruled out

Dec 2021 The virus can spread from an infected person’s mouth or nose in small liquid particles when they cough, sneeze, speak, sing or breathe. Another person can then contract the virus when infectious particles that pass through the air are inhaled at short range (this is often called short-range aerosol or short-range airborne transmission) or if infectious particles come into direct contact with the eyes, nose, or mouth (droplet transmission).

The virus can also spread in poorly ventilated and/or crowded indoor settings, where people tend to spend longer periods of time. This is because aerosols can remain suspended in the air or travel farther than conversational distance (this is often called long-range aerosol or long-range airborne transmission).

Covid CDC (nu)

Infectious exposures to respiratory fluids carrying SARS-CoV-2 occur in three principal ways (not mutually exclusive):

- **Inhalation** of air carrying very small fine droplets and aerosol particles that contain infectious virus. Risk of transmission is greatest within 3 to 6 feet of an infectious source where the concentration of these very fine droplets and particles is greatest.
- **Deposition** of virus carried in exhaled droplets and particles onto exposed mucous membranes (i.e., “splashes and sprays”, such as being coughed on). Risk of transmission is likewise greatest close to an infectious source where the concentration of these exhaled droplets and particles is greatest.
- **Touching** mucous membranes with hands soiled by exhaled respiratory fluids containing virus or from touching inanimate surfaces contaminated with virus.

Covid CDC (nu)

Transmission of SARS-CoV-2 from inhalation of virus in the air farther than six feet from an infectious source can occur

- **Enclosed spaces with inadequate ventilation or air handling** within which the concentration of exhaled respiratory fluids, especially very fine droplets and aerosol particles, can build-up in the air space.
- **Increased exhalation** of respiratory fluids if the infectious person is engaged in physical exertion or raises their voice (e.g., exercising, shouting, singing).
- **Prolonged exposure** to these conditions, typically more than 15 minutes.

FoHM (nu)

- Spridning av covid-19 sker i första hand vid nära kontakter mellan personer genom små och stora droppar från luftvägarna. När en infekterad person nyser, hostar, talar eller andas ut sprids små droppar till omgivningen. Dessa droppar kan variera i storlek, där vissa snabbt faller ned på marken medan mindre droppar rör sig längre i luften. Smittan kan ta sig in i kroppen både via inandning eller genom att man rör med orena händer i ögon eller på slemhinnor i näsa och mun.
- Även om covid-19 inte räknas till de så kallade luftburna smittorna, där partiklar hänger kvar i luften under lång tid och där smittan kan färdas långa sträckor, kan det i vissa situationer finnas risk för smittspridning trots att man håller avstånd. En sådan situation kan vara vistelse med andra personer i trånga utrymmen med bristande ventilation.

Vårdhandboken

När någon exempelvis hostar, nyser eller kräks produceras ett moln av droppar i olika storlekar som successivt faller mot marken. Om personen bär på en smitta i luftvägarna eller är magsjuk kan smittämnet fastna på dessa droppar och föras vidare till omgivningen. Den del av ett droppmoln som innehåller mycket små droppar kallas för aerosol. Dessa kan hänga kvar i luften och spridas längre sträckor än ett par meter. De kan även torka ihop och bilda mindre droppkärnor som vid inandning når djupt in i andningsvägarna.

Smittspridning via så kallad "droppsmitta" sker vanligen inom 1 - 2 meter från den sjuke, genom att personer i närheten inandas eller får droppar innehållandes smittämnen på sina slemhinnor, exempelvis i ögonen. De flesta luftvägsinfektioner sprids i första hand genom denna smittväg. Dropparna kan även falla ner på föremål eller ytor och föras vidare som indirekt kontaktsmitta via händerna.

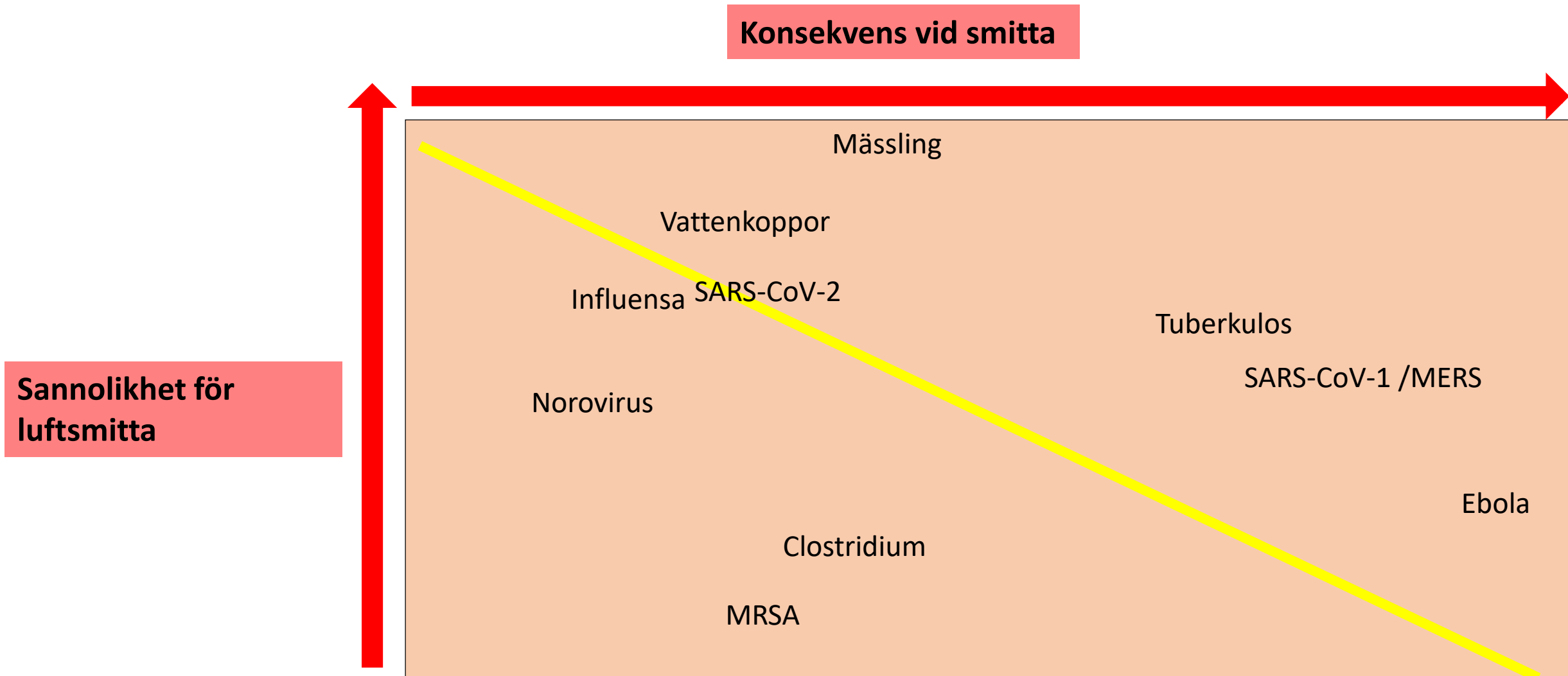
När man talar om så kallad "luftburen smitta" har smittämnet även förmågan att spridas via aerosol och droppkärnor på längre avstånd än vid droppsmitta. Smitta sker då en person inandas en tillräckligt stor mängd smittbärande aerosol eller droppkärnor. Hur stor mängd som krävs för att bli smittad varierar för olika smittämnen. Smittriskan ökar också inomhus vid låg luftomsättning och minskar utomhus där dropparna blåser bort och späds ut. Mässling, vattkoppor och tuberkulos är exempel på infektioner som kan spridas via luftburen smitta.

Begrepp fram över

- Vi behöver en gemensam berättelse
 - Hur går smittan till?
- Gemensamt användande av begrepp.
 - Droppar, "ballistiska" droppar, stora droppar, små droppar, aerosoler
- Som passar in i dagens sjukvård och rekommenderade vårdhygieniska rutiner

Luftsmitta risk och konsekvens

– fritt efter Fraenkel.....



Förslag

- Anamma Vårdhandbokens beskrivning av droppsmitta
 - Dvs inkludera både (den sannolikt relativt betydelselösa?) **ballistiska droppsmittan och luftsmitta på kort avstånd** (eller använda begreppet aerosol här?)

Kvarstående frågor

- Rekommendationer kring 1-2 m???
- Förklaring till visiret...
- Hur ta hänsyn till att luftsmitta på längre avstånd kan finnas samtidigt beroende på expositionstid, smittsamhet och ventilation (samt ev individuell känslighet)?

Förslag

Kvarstående frågor

- Förklaringsmodellen betyder också att vi rekommenderar munskydd som ett lite sämre andningsskydd – för att det räcker...
- AGP
- Luftsmitta på längre avstånd...
- Alternativ:
 - droppsmitta/aerosolsmitta, luftsmitta
 - Aerosolsmitta lågrisk resp aerosolsmitta högrisk