

Populärvetenskaplig sammanfattning

Infektionssjukdomar är en naturlig del av vår miljö och vårt samhälle. De cirkulerar ständigt bland människor, djur och växter, och de har stor påverkan på både individ- och samhällsnivå eftersom de gör oss och våra närstående sjuka. Ibland ställer de till med storskaliga utbrott – epidemier eller pandemier. Infektionssjukdomar som kan spridas via luft är ofta svåra att kontrollera och riskerar att spridas snabbt. Några exempel på sådana är lungtuberkulos, pest (digerdöden), mässling, influensa och SARS. Troldigtvis också covid-19.

Idag vet vi att smitta orsakas av bakterier och virus och att dessa kan spridas via direktkontakt med en smittad person eller via smittämnen som denne avgett till miljön, till exempel på ytor, i vätskor eller i luft. Smitta som sprids via luften är speciellt svår att få stopp på eftersom vi inte kan avstå från att andas luften vi har omkring oss. Partiklar som svävar i luften kallas aerosolpartiklar och de är så små att vi inte kan se dem – mindre än en tiondels millimeter. Det är därför svårt att veta när smittsamma aerosolpartiklar finns i luften omkring oss.

Biologiska aerosoler kallas bioaerosoler, och exempel på dessa är bakterier och virus i luften. Generellt sett är luften en otrevlig miljö för bakterier och virus eftersom den är torr, näringsfattig, och öppen för skadligt UV-ljus. Många bakterier och virus är därför inte längre smittsamma efter att ha varit i luft. För att en infektionssjukdom ska kunna spridas via luft krävs det först och främst att virus eller bakterier på något sätt blir luftburna – att de aerosoliseras. Aerosolisering kan ske genom att en smittad person nyser, hostar, pratar eller andas, eller också när någon spolar i en toalett efter en diarré, eller via hud- och hårfragment som vi människor avger naturligt (ca en miljon partiklar i timmen!). Sedan måste de smittsamma partiklarna transporteras i luften utan att förstöras och nå fram till en ny person. Slutligen krävs det också att en tillräckligt stor dos av de smittsamma bakterierna eller virusen når den plats i kroppen där personen är mottaglig för infektion.

I arbetet som lett fram till denna avhandling har vi studerat 1) möjliga källor till smittsam bioaerosol på sjukhus, 2) hur virus och bakterier överlever aerosolisering och transport i luften genom experiment i laboratorium, och 3) metoder för att minska luftburen smitta: effektiv ventilation och effektiva mätmetoder.

Ett exempel på ett väldigt smittsamt virus är det som orsakar vinterkräksjukan – norovirus. Det kan räcka med så lite som några tiotal virus för att orsaka en infektion och i en kräkning finns det över en miljon virus per milliliter kräkvätska. Vinterkräksjukan anses vanligtvis inte smitta via luft, men vi lyckades samla in luftprover på sjukhus och identifiera norovirus i dessa. Resultaten visade att en stor andel av proverna som samlades in en kort tid efter att en smittad patient kräkts var norovirus-positiva. Vår slutsats var följaktligen att kräkningar kan vara en källa till luftburet norovirus. I tidigare fallstudier beskrivna i litteraturen har man också sett samband mellan kräkningar och utbrott av sjukdom. Nästa steg var därför att se om de virus man kan samla in från luften är smittsamma.

Norovirus som smittar människor (humant norovirus) är svåra att odla i ett laboratorium och vi gjorde därför en studie på norovirus för möss (murint norovirus). Vi aerosoliserade virusen i en experimentuppställning (se bild) och kunde sedan samla in dem efter en kort tid – ca 10 sekunder – i luften. Genom att infektera cellodlingar med de insamlade proverna kom vi fram till att de murina norovirusen fortfarande var smittsamma efter experimentet, även om smittsamheten minskat 100 gånger. Man kan anta att smittsamheten för humant norovirus också minskar i luften, men att någon andel behåller sin förmåga att infektera.

Vinterkräksjuka, tillsammans med många andra infektionssjukdomar dominerar under vintern, och man har i århundraden undrat varför. Några studier har sett en koppling mellan torr luft och bioaerosolers smittsamhet. Under vintern värmer vi upp luften inomhus vilket gör den torrare. Därför undersökte vi hur luftburna bakterier påverkas av olika luftfuktighet. Vi aerosoliserade miljöbakterien *Pseudomonas syringae* (bakterier från samma släkte kan orsaka lunginflammation) i vår experimentuppställning och såg att bakterierna överlevde i större grad i låg luftfuktighet jämfört med hög. Något som ändras vid olika luftfuktighet är torktiden för de aerosoliserade dropparna som innehåller bakterierna. Vid låg luftfuktighet torkar droppar fortare än vid hög luftfuktighet. Samma sak borde gälla om man varierar storleken på dropparna. Vi jämförde därför bakteriernas överlevnad efter den korta torktiden i aerosol –

några sekunder, med en längre torktid – någon timme, genom att torka större droppar deponerade på en yta. Resultaten visade att bakteriernas överlevnad var ca 100 gånger större efter den snabba uttorkningen i aerosol jämfört med den långsamma uttorkningen på en yta. Vi drog slutsatsen att en kort torktid ökar *Pseudomonas*-bakteriernas förmåga att överleva.



Experimentuppställning för aerosolisering av virus och bakterier i laboratorium. Foto: Kennet Ruona.

Ett kritiskt moment då man vill ha så lite bioaerosol som möjligt är under en kirurgisk operation. Man använder därför avancerade ventilationssystem för att minimera risken att bakterier i luften deponeras i det öppna såret och orsakar en postoperativ sårinfektion. Postoperativa sårinfektioner vållar ofta stort lidande för patienten och leder till ökade vårdkostnader eftersom behandlingstiden är lång. Vi studerade tre olika ventilationssystem för operationssalar genom att mäta koncentrationen bakterier i luften under pågående operationer. Vi kom fram till att de två ventilationssystemen som introducerade den rena luften ovanför operationsbordet, med ett neråtriktat luftflöde, var bättre på att minimera koncentrationer av luftburna bakterier nära det öppna såret än omblandande ventilation. Vi genomförde dessutom en enkätundersökning om hur arbetsmiljön upplevdes som visade att personalen uppskattade ventilationssystem som hade låg ljudnivå, mindre kalldrag och behaglig temperatur.

För att minska luftburen smittspridning behövs, utöver effektiv ventilation, också bra metoder för att detektera bioaerosoler i luften. Koncentrationen av bioaerosol i luften är generellt låg, så man använder instrument med höga luftflöden för att provta en så stor volym luft som möjligt. Höga luftflöden riskerar att skada känsliga strukturer på bakterierna och virusen, och då kan det bli svårt att analysera proverna. Vi utvärderade därför en nyutvecklad provtagare som samlar in bioaerosol med ett lägre flöde, men till en väldigt liten volym vätska, 0,3 milliliter. Den lilla vätskevolymen gör att koncentrationen i provet blir hög, vilket underlättar för analysen. Insamlaren skulle kunna användas för att samla ta prover på till exempel sjukhusluft eller utandningsluft från misstänkt smittsamma patienter.

Smittspridning är ett komplext problem med många komponenter att ha hänsyn till: den smittbärande personen, virusens eller bakteriernas egenskaper, och förhållandena runt den friska personen som smittas. För att förstå hur det går till krävs fältmätningar där smittan sker, kontrollerade laboriestudier och teoretiska förklaringsmodeller. Och detta är inte ett enmansjobb utan något som kräver tvärvetenskapliga samarbeten med expertis från läkare, sjuksköterskor, mikrobiologer, virologer, och teoretiska och experimentella aerosolfysiker – en kombination av dessa är vad som lett fram till denna avhandling.