



Referentgranskad – accepterad för publicering i Norska Tandläkarföreningens tidskrift Tidende 10 augusti 2020. Artikeln är översatt från norska av Cecilia Hallström, Köpenhamn, Danmark.

# Risken för smitta genom aerosol i tandvårdskliniken

**Aerosolutveckling i samband med behandling i munhålan kan innebära risk för smittöverföring mellan patienter och tandvårdspersonal. Denna artikel beskriver vilka situationer och procedurer som orsakar mikrobiella aerosoler i tandvårdskliniken. Smittrisken för infektiös aerosol beskrivs med exempel från några bakteriella och virusöverförbara sjukdomar i tandvårdskliniken.**




## Författare

### Anne M Gussgard

(bild), försteamanuens, specialist i parodontologi, Ph D, Institutt for klinisk odontologi, Det helsevitenskapelige fakultet, UiT Norges arktiske universitet, Tromsø; Universitetssykehuset Nord-Norge, Tromsø, Norge. E-post:

anne.m.gussgard@uit.no

**Håkon Valen**, seniorforskarer, tdl, Ph D, Nordisk Institutt for Odontologiske Materialer – NIOM, Oslo, Norge. 

Aerosol i samband med patientbehandling har blivit ett aktuellt tema på grund av regler och krav från olika nationella och internationella hälsomyndigheter om att begränsa aerosolgenererande procedurer (AGP) beroende på risken för smitta under den pågående covid-19-pandemin. För tandvårdspersonal är ämnet mycket aktuellt eftersom många procedurer i munhålan bildar aerosoler från material, vävnad och vätska.

Aerosol i tandvårdskliniker har varit en källa till bekymmer i många tiotals år och har beskrivits i otaliga publikationer, där fokus avseende hälso-riskerna växelvis varit riktat mot yrkeshygieniska, toxikologiska och allergiassocierade problemställningar samt smittrisken från aerosol som innehåller mikroorganismer.

Potentiell infektiös aerosol i tandvårdskliniken orsakas inte bara av AGP, aerosoler genereras också genom andning, tal, hosta och nysningar. För att kunna förebygga smitta från en infektiös aerosol måste man veta vilka situationer och vilka arbetsprocedurer som kan producera möjlig smittförande aerosol och hur smittrisken kan minimeras.

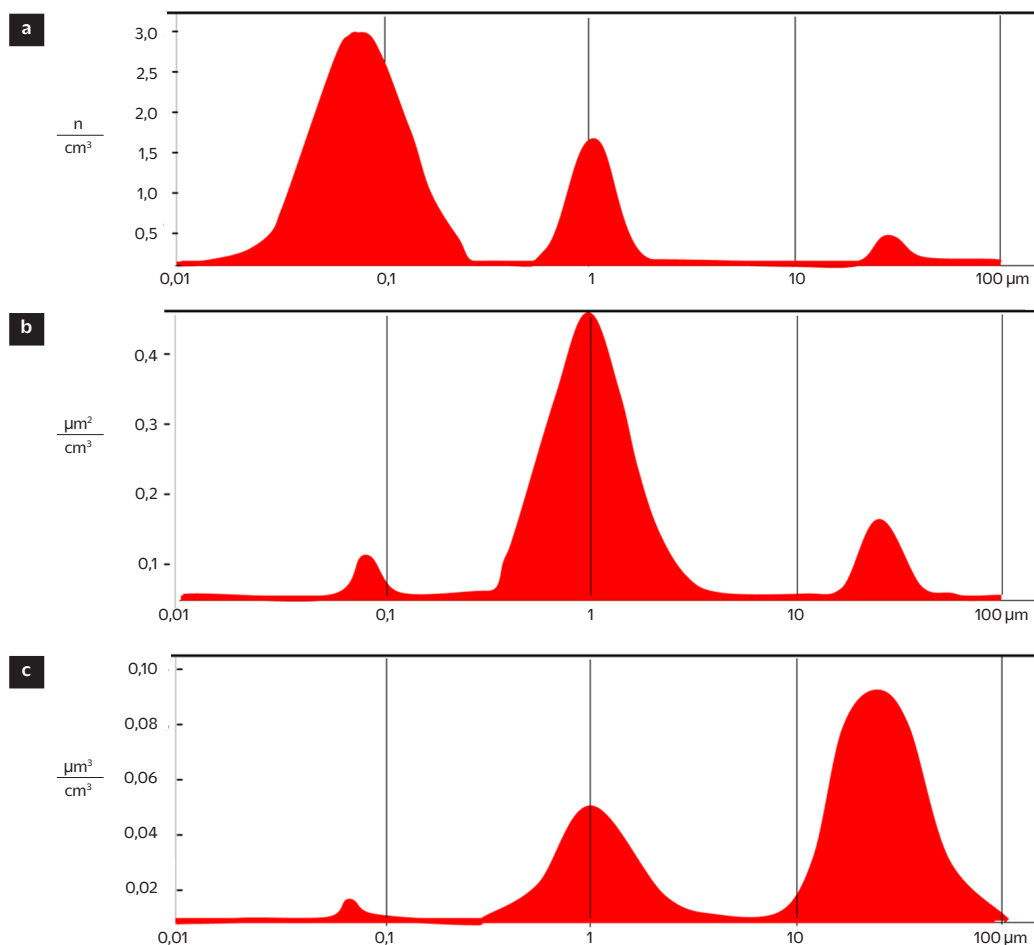
Avsikten med denna artikel är att beskriva aerosoler, sammanfatta vad vi vet om utvecklingen av aerosoler i tandvårdskliniken och att ange vilka aerosoler i tandvårdskliniken som kan innebära en hälsorisk. I en parallell artikel (redaktionens anmärkning: publicerad endast i Norska Tandläkarföreningens tidskrift Tidende) summeras vilka åtgärder som kan vidtas för att förhindra och begränsa uppkomsten av aerosoler.

## VAD ÄR AEROSOL?

En aerosol består av två faser, en gasfas och en partikelfas. Partiklarna kan vara fasta eller i form av vätska, eller bestå av både fasta partiklar och vätska. Storleken på partiklarna varierar från cirka 2 nanometer (nm) till cirka 100 mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) [1]. Vi är konstant omgivna av aerosol, både utomhus och inomhus. Aerosol kan vara naturlig eller människoskapad och den kan vara flyktig eller mer statisk i rum och tid [2].

Under de senaste månaderna har det blivit uppenbart att det råder betydande språklig förvirring kring ordet "aerosol". I en del publikationer används ordet som en beteckning för partiklar eller droppar i luften som är mindre än 5 mikrometer. I denna artikel används emellertid uttrycket aerosol konsekvent för att beteckna både partiklarna (fasta eller vätska) och luft som en samlad enhet.

Aerosol omnämns och diskuteras i litteraturen med utgångspunkt i olika kvantitativa eller kvalitativa kännetecken. I vissa sammanhang är det viktkoncentrationen av partiklar i luften som är mest relevant, och mängden anges som mikrogram partiklar per kubikmeter luft ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). I andra sammanhang kan det vara luftvirveln av en lokal aerosol som studerats, till exempel aerosoler som orsakats av hostning eller nysning [3]. Ett tredje exempel är studier av de enstaka partiklarnas rörelse i en aerosol för att kunna bedöma nyttoeffekt av att dosera en medicin ner till lungalveolerna vid användning av inhalator eller nebulisator, utan att det uppstår oönskade biverkningar [4].



**Figur 1.** Egenskaper för en polydispers aerosol med avseende på fördelningen av partiklarna efter aerodynamisk diameter: a) Totalt antal partiklar per  $\text{cm}^3$  luft/gas. b) Total ytarea ( $\mu\text{m}^2$ ) av partiklarna per  $\text{cm}^3$  luft/gas. c) Total volym ( $\mu\text{m}^3$ ) av partiklarna per  $\text{cm}^3$  luft/gas.

Partiklar i en aerosol varierar avseende geometrisk form. De kan vara sfäriska, ha fiber- eller oregelbundna former, med eller utan porer, eller bestå av aggregeringar av nanopartiklar som kan vara kompakta, lösningsbara eller linjära. Termen nanopartikel är internationellt definierad som partiklar på mellan 1 nm och 100 nm. För att ange ett gemensamt mått på storleken oberoende av form används ofta beteckningen aerodynamisk diameter som motsvarar en teoretisk diameter av en sfärisk partikel. Aerodynamisk diameter anges med hjälp av olika matematiska omräkningsformler beroende på partiklarnas geometriska form, täthet och massa (vikt). En partikel med en täthet på  $1\text{ g/cm}^3$  och en diameter på  $1\ \mu\text{m}$ , har en aerodynamisk diameter på  $1\ \mu\text{m}$ . Oavsett geometrisk form, densitet och massa, kommer partiklar av samma aerodynamiska diameter att uppvisa samma dynamiska rörelser i luft, inklusive fallhastigheten till marken. I en tandvårdsklinik är aerosoler polydispersa, det vill säga partiklarna i luften har olika storlek. Förhållandet mellan mängden, den totala ytan och den samlade volymen av partiklarna är som visas i figur 1.

#### AEROSOL OCH HÄLSA

Partiklarna i aerosoler påverkar primärt slemhinorna i luftvägarna och ögonen [5]. Nanopartiklar kan också penetrera hud och spridas i blodbanan via lungorna [6]. Biologisk respons på cellnivå kommer bland annat vara beroende av om partiklarna är organiska eller oorganiska [7].

Hälsoriskerna i förbindelse med exponering av aerosol bedöms utifrån en rad faktorer där de centrala parametrarna kommer att vara partiklarnas storlek, antal, sammanlagda ytarea i en inhalerbar fraktion samt potentialen för infektion, allergi eller toxicitet. Det är inte en exakt korrelation mellan partikelstorlek och hälsorisk eftersom det kan variera för olika storleksfraktioner. Tolkning av resultaten från experimentella studier är beroende av vilka statistiska modeller som används och extrapoleringen från epidemiologiska observationsdata är öppen för olika tolkningar [8]. Kunskapsbasen för att bedöma hälsoriskerna vid exponering av olika luftpartiklar och luftkvalitet är dynamisk och därför har riktlinjerna för internationella åtgärder förändrats kontinuerligt och kommer troligtvis fortsätta att förändras

#### Författare

→ **Ørjan Olsvik**, prof i medicinsk mikrobiologi, Ph D, Institutt for medisinsk biologi, Det helsevitenskapelige fakultet, UiT Norges arktiske universitet, Tromsø, Norge.

**Asbjørn Jokstad**, prof, specialist i oral protetik, dr odont, Institutt for klinisk odontologi, Det helsevitenskapelige fakultet, UiT Norges arktiske universitet, Tromsø, Norge.

**Tabell 1. Arbetsmoment i tandvårdskliniker som utvecklar aerosol och hälsorisker**

År (ca)	Behandlingsmoment	Innehåll	Utsatt grupp	Hälsorisker utöver kontaktsmitta
-1950 →	Putsning, polering, avtagbar akrylprotes/mjukrebasering	Partiklar	Patient/personal	Ögonskada/-infektion Dropp/luftburen smitta, bakteriell
-1960 →	Roterande instrument/trevägsspruta, hård- och mjukvävnad	Vätskedroppar & partiklar	Personal	Dropp/luftburen smitta, bakteriell
-1965 →	Luftscalor & ultraljud, maskinell tandrengöring	Vätskedroppar & partiklar	Personal	Dropp/luftburen smitta, bakteriell
-1980 →	Slipning, pustning, polering, metaller & amalgam	Partiklar	Patient/personal	CNS-toxicitet Ögonskada
1983–2005	Roterande instrument/ultraljud	Vätskedroppar	Patient/personal	(Blod)dropp/luftburen smitta HIV-virus Hepatit B-virus
2000 →	Vattenslangar i behandlingsenhet	Vätskedroppar	Personal	Vattendroppssmitta/luftburen smitta Legionella
2003–2004	Roterande instrument/ultraljud/trevägsspruta	Vätskedroppar & partiklar	Patient/personal	Vatten/slem/salivdroppssmitta, luftburen smitta SARS-virus
2008–2009	Roterande instrument/ultraljud/trevägsspruta	Vätskedroppar & partiklar	Patient/personal	Vatten/slem/salivdroppssmitta, luftburen smitta H1N1-virus
2009 →	Kontakt, potentiellt mycket smittsamma patienter	Vätskedroppar & partiklar	Personal	Luftburen smitta Mycobacterium tuberculosis
2012 →	Slipning, putsning, polering, nanokomposit	Partiklar	Patient/personal	Ögon-lung-nanotoxikologi
2020 →	Aerosolgenererande procedurer (AGP) (= roterande instrument/ultraljud/trevägsspruta) & kontakt, potentiellt höginficerade patienter	Vätskedroppar & partiklar	Patient/personal	Vatten/slem/salivdroppssmitta, luftburen smitta SARS-CoV-2-virus

efter hand som man bättre förstår hälsoeffekterna av ultrafina partiklar och nanopartiklar [9].

Den biologiska svarsreaktionen på luftpartiklar orsakas av att partiklar fastnar på målorganen. För inhalerbara partiklar kommer den totala dosen bero på en rad faktorer såsom koncentrationen av partiklar i aerosolen, exponeringens varaktighet, luftvägarnas anatomi, lungventilationen och partiklarnas egna egenskaper [10]. När partiklarna har deponerats i luftvägarna är det flera biologiska mekanismer som kan bidra till att lösgöra dem igen, såsom hostning och nysning, mukociliär transport, upptag av makrofager eller epitelceller, partikelupplösning eller translokering, det vill säga att partiklarna flyttas från ytan till en annan punkt i luftvägarna eller till en annan vävnad [11].

Innehållet av damm i inne- och uteluften anges vanligtvis i tre fraktioner; PM 10 (partiklar med aerodynamisk diameter mellan 2,5 och 10 µm), PM 2,5 (partiklar mellan 0,1 och 2,5 µm) och PM 0,1 (ultrafina partiklar under 0,1 µm i aerodynamisk diameter) [12]. Partiklarnas storlek är en viktig egenskap i relation till var i luftvägarna som de kommer att deponeras, och den aerodynamiska diametern kan vara utgångspunkten för att beräkna detta.

Förutom de faktorer som diskuterats ovan kommer den skadliga potentialen hos aerosoler i utomhus- och inomhusmiljön att bero på den kemiska sammansättningen av organiska och oorganiska partiklar – eller av partiklar som består av en kombination –, förekomsten av eventuella mikroorganismer eller komponenter från mikroorganismer samt på den exponerades individuella känslighet. Det senare kommer att variera från person till person och beror på faktorer som ålder och underliggande sjukdomar. Dessutom finns det en biologisk variation i fråga om

värdrespons [13], delvis orsakad av att partiklarna är bundna till muciner på slemhinnors ytor och att kvaliteten och kvantiteten av mucin varierar från person till person och över tid [14]. Kombinations-exponeringar för olika inomhus- och utomhusaerosoler kan påverka hälsan i större utsträckning än enstaka exponeringar [8, 9, 15, 16].

#### TYPEN AV AEROSOL I TANDVÅRDSKLINIKEN

Dentala aerosoler kan vara problematiska ur ett hälsoskadeperspektiv och har därför studerats under lång tid, med ett uttalat mål att begränsa aerosolutveckling i arbetsmiljön eller hitta lösningar för att skydda alla involverade (tabell 1).

Speciellt har aerosoler med partiklar som är så små att de kan nå ända ner till de nedre luftvägarna studerats. Tidigare arbeten har med hjälp av elektronmikroskopi funnit att många partiklar är i nanometerskala. Mängden nanopartiklar och ultrafina partiklar kunde inte kvantifieras för 50 år sedan, men man uppskattade ändå att dentala aerosoler innehöll en betydande mängd partiklar som var mindre än 1 µm [17]. Det är först efter millennieskiftet som ny mätteknik har gjort det möjligt att exakt kvantifiera mängden partiklar mindre än 1 µm i luften i tandvårdskliniker [18, 19]. Studier av inomhusluften i dessa kliniker har visat att aerosoler från roterande instrument innehåller betydligt fler nanopartiklar än man tidigare trott [20–24]. Vid putsning av komposit, som innehåller nanopartiklar, har man inte påvisat ”rena” nanopartiklar, så som de lagts till materialet, utan partiklarna har varit omgivna av en organisk matris. Ny kunskap om aerosolisering av nanopartiklar som tillsatts i nya material och av ultrafina partiklar från tandmaterial öppnar för att

riskbedömningar av hälsoeffekterna eventuellt ska omvärderas [25].

Tidigare riskvärderingar av aerosoler i samband med dentala biomaterial har haft varierande fokus. Toxiciteten har varit generellt omtalad [26] och i relation till amalgam [27, 28] och komposit [23, 29]. Ett annat fokus har varit på hälsorisker associerade med aerosol från oädla legeringar [30], pneumokonios (dammlunga) [31, 32] och idiopatisk fibros [33] från slipdamm, beryllios från beryllium i gjutna legeringar [34] och allergi från aerosoliserat handskpulver i gummihandskar [35]. Även aerosoliserad titandioxid som används i samband med intraorala digitala avtryck har problematiserats [36].

Antal, storlek och masskoncentration av partiklar i aerosoler i tandvårdskliniker och tandtekniska laboratorier varierar beroende på material, arbetsmetoder och använd utrustning. Generellt gäller att partiklar med låg densitet förblir svävande längre än partiklar med samma fysiska dimension men med högre densitet.

Densiteten hos material som ingår i typiska aerosoler i en tandvårdsklinik:

- gummihandskpulver, cirka 0,5 g/cm<sup>3</sup>
- akryl, cirka 1 g/cm<sup>3</sup>
- kompositplast och dentin, cirka 2 g/cm<sup>3</sup>
- keramer, cirka 2,5 g/cm<sup>3</sup>
- emalj och zinkoxid, cirka 2,5–3 g/cm<sup>3</sup>
- titanlegering, cirka 4,5 g/cm<sup>3</sup>
- zirkonia, cirka 6 g/cm<sup>3</sup>
- amalgam och oädla legeringar, cirka 8 g/cm<sup>3</sup>
- ädla legeringar, cirka 14–17 g/cm<sup>3</sup>

Partiklar med hög densitet, såsom slipdamm från en metallegering, kommer att ha mindre fysisk diameter än partiklar med samma aerodynamiska diameter, som till exempel akryldamm. Relevansen av storlek och ytkemi i förhållande till inandning, luftventilation och hälsoaspekter är utförligt beskriven i ett stort antal artiklar, inklusive flera av de artiklar som citeras i avsnittet ovan.

I samband med kirurgi i munhålan kan det uppstå mer eller mindre synligt blodstänk utanför munhålan i tillägg till aerosoliserat blod som inte är synligt [37, 38]. Flera studier har visat att det framför allt är vid användning av roterande instrument i samband med kirurgi som blod aerosoliserats [39]. Smittpotentialen hos aerosoliserat blod i sammanhang med blodburen smitta är inte klarlagd. Uppskattningen av risken i dag är att den anses vara mycket låg så länge som tandvårdspersonalen är vaccinerad [40].

Patientens position har utvärderats i väldigt liten grad i den mängd studier som har mätt aerosolutvecklingen i operatörens omedelbara närhet. En studie har visat att om patienten ligger horisontalt har aerosolen från AGP i huvudsak en vertikal dynamisk rörelse, medan den är mer horisontell när patienten sitter eller är lutad halvvägs bakåt [38].

Det finns ett genomgående inslag i flera studier av aerosolutvecklingen på tandläkarkliniker, nämligen

att masskoncentrationen av partiklar i inomhusluften ökar i samband med särskilda arbetsmoment [41]. Vid en större behandlingsinstitution i Tyskland uppmättes mer mikrobiell aerosol på morgonen och eftermiddagen i samband med hög aktivitet och lägre under lunchrasten [42]. Liknande fynd där man också mätte andra flyktiga organiska komponenter har rapporterats från institutioner i Grekland [43] och i Taiwan [44]. De två senare studierna kommenterade båda att nivåerna av partiklar (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>), organiska flyktiga föreningar och CO<sub>2</sub> var över de rekommenderade internationella gränsvärdena.

#### MIKROBIELLA AEROSOLER

Överföring av mikroorganismer i aerosoler sker via kontaminerade fasta partiklar eller droppar. Droppar som har förångats kallas droppkärnor, och de har en diameter på 1–5 µm. Risken för smitta bedöms utifrån partiklarnas fysikaliska egenskaper, såsom storlek och yta, och om partiklarna är i fast form eller vätskeform. Medan det för fasta partiklar är ytan som är av störst betydelse, är det för droppar den totala volymen som är mest relevant, i kombination med antalet och sammansättningen av mikroorganismer, deras förmåga att överleva transport via luften samt potentialen för sjukdomsframkallande egenskaper efter uttorkning.

Ett surrogatmål som under många år har använts för att uppskatta kontaminering av mikroorganismer i luften är att räkna antalet bakteriekolonier vid odling, angivet som CFU (kolonibildande enheter). I vissa sammanhang mäts detta passivt genom att man placerar ut olika typer av tillväxtmedier, beroende på vilken typ av mikroorganism man vill kvantifiera. I andra situationer används aktiva metoder där luftflödet mäts för att uppskatta CFU/m<sup>3</sup> luft [46, 47]. Det är i huvudsak bara bakterier och svamp som har mätts, och andelen mikroorganismer som kan odlas är begränsad [48]. Tekniska framsteg har gjort det möjligt att i dag identifiera fler mikroorganismer än tidigare, skonsamma metoder för att samla in och lagra luftprover [49] har utvecklats i kombination med nya analysmetoder [50] som delvis möjliggör realtidsanalys [51]. Mätning av luftburna virus på sjukhus har fram tills nyligen endast genomförts i liten utsträckning eftersom det är förenat med många tekniska och praktiska utmaningar [52].

De allra flesta mätningarna av mikrobiell aerosol i tandvårdskliniker baseras på odling av mikroorganismer [53]. Mycket få rapporter angående mikrobiella aerosoler i tandvårdskliniker har utförts med genetiska analyser [54, 55]. Försök har gjorts att uppnå konsensus om bästa praxis för mätning av mikrobiella aerosoler i tandvårdskliniker, men inte internationellt [56, 57]. Baserat på spektrumet av rapporterade mikrobiella arter kan det förefalla som att många fynd med största sannolikhet kommer från aerosoliserat kontaminerat vatten [58, 59].

Vikänner i dag inte till några studier som rapporte-

**”Ny kunskap om aerosolisering av nanopartiklar som tillsatts i nya material och av ultrafina partiklar från tandmaterial öppnar för att riskbedömningar av hälsoeffekterna eventuellt ska omvärderas.”**



## ”Studier som utförts vid större kliniker tyder på att mängden mikrobiell aerosol är högst i väntrummet och därefter vid parodontologiavdelningen och i sterilen.”

rar mängden virus uppmätt i luft i tandvårdskliniker.

Mikrobiella aerosoler i en tandvårdsklinik antas främst ha sitt ursprung från arbetsmoment som involverar finfördelning av vävnader med vätskespray och luftturbulens över fuktiga ytor i munhålan, alternativt från kontaminerade vattenslangars biofilm i den dentala uniten. Det är osäkert vilken enskild faktor som bidrar mest till att aerosoler kontamineras av mikroorganismer. Studier som utförts vid större kliniker tyder på att mängden mikrobiell aerosol är högst i väntrummet och därefter vid parodontologiavdelningen och i sterilen. Något lägre nivå av mikrobiell aerosol uppmättes på allmäntandvårdskliniken för vuxna och barn, medan den lägsta mikrobiella aerosolen uppmättes på ortodontiavdelningen [60].

### Mikrobiell aerosol från munhålan

Mikrobiella aerosoler utbyts mellan patienten och operatören när den senare positionerar sig för nära patienten i samband med exempelvis dialogen vid anamnesupptagning eller under diskussionen om ett behandlingsförslag. Utbyte av aerosoler är beroende av om tandläkaren och patienten använder munskydd i samband med verbal kommunikation (figur II).

Vid andning och tal produceras vätskedroppar av olika storlekar och utgångshastigheter. Storleken och hastigheten på dropparna som kommer ut från munhålan har betydelse för hur länge droppen finns kvar i luften och (enligt ballistiska beräkningar) det horisontella avstånd som droppen kommer att nå innan den träffar golvet.

Det finns många studier som har försökt att fastställa både storlek och antal droppar som genereras under andning, tal, hosta och nysningar. Ny vetenskap visar att mycket av den äldre litteraturen är in-

aktuell [61]. Modern teknik har gjort det möjligt att mäta dropparna mer exakt och samtidigt modellera in i beräkningarna faktorer som luftturbulens och relativ luftfuktighet [62–65]. Droppstorlekarna varierar mellan 100 nm och 1 mm, men 95 procent av dropparna ligger inom intervallet 2 µm till 100 µm, det vill säga att 5 procent av andningsdropparna har en diameter på mindre än 2 µm [66].

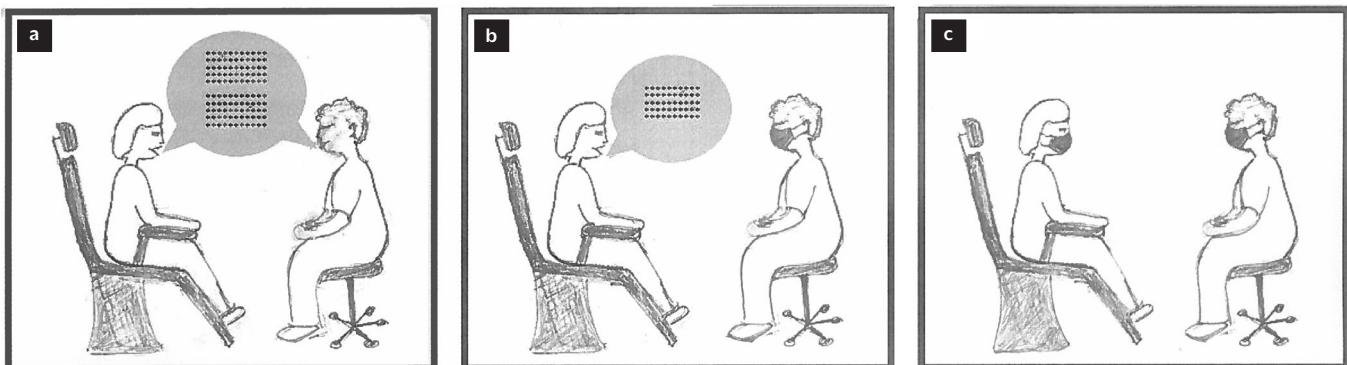
### Mikrobiell aerosol från munhålan orsakad av AGP

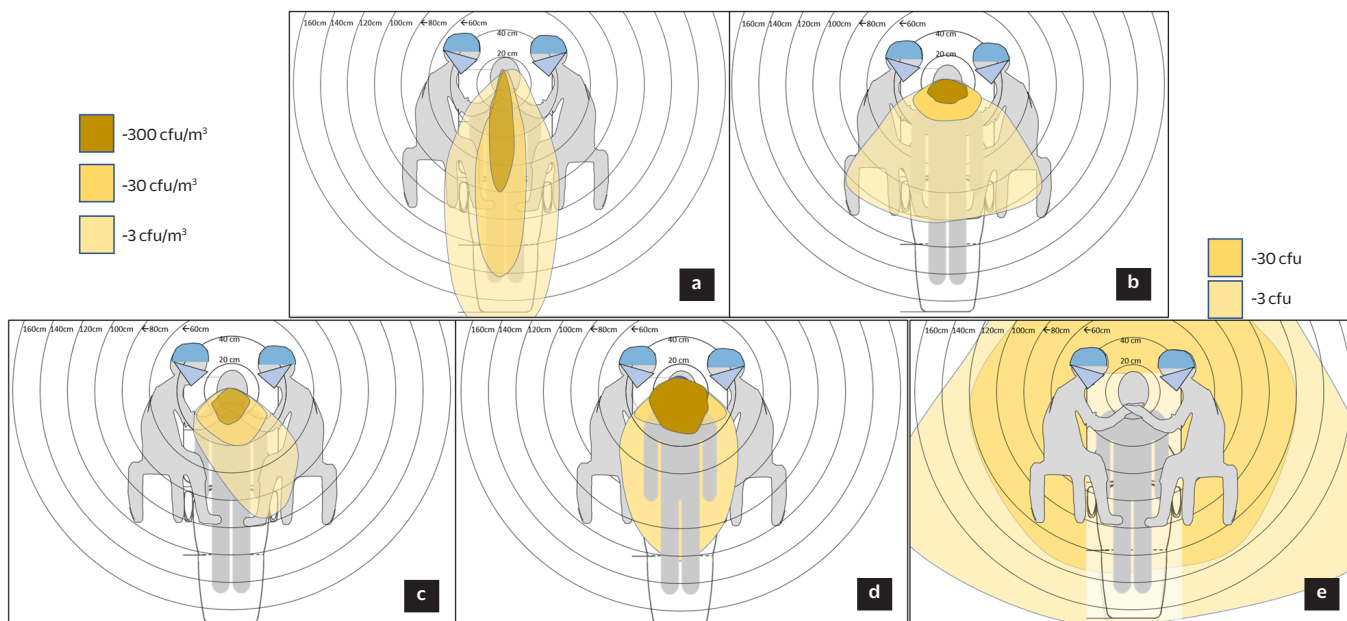
Aerosoliserade mikroorganismer i tandvårdskliniker har varit en källa till oro sedan mitten av femtiotalet, då high speed-vinkelstycken introducerades. Termen aerosolgenererande procedurer (AGP), är dock ny och infördes i kölvattnet av SARS-pandemin 2004, efter att epidemiologiska analyser visat att flera sjukhusanställda blev smittade trots att basala smittskyddsrutiner hade följts [67, 68].

Termen AGP skapar förvirring eftersom den i vissa sammanhang inkluderar dentala aerosoler, medan den i andra sammanhang endast omfattar operativa ingrepp i andningsorganen. I vissa publikationer används i stället termen ”aerosolgenererande medicinska procedurer (AGMP)” för att avgränsa till operativa ingrepp i andningsorganen. WHO tog fram en AGP-lista 2007, som reviderades 2009 och 2014, där den senaste är begränsad till trakeal intubation, non-invasiv ventilation, trakeotomi, hjärt-lungräddning och manuell ventilation före intubation [69]. I WHO:s dokument från 2014 [70] sammanfattar man i bilaga A att AGP är dåligt definierat, att det saknas mycket forskning om hälsorisker i samband med AGP och att rekommendationerna huvudsakligen endast bygger på en översiktsartikel som konkluderar att evidensen är svag [71]. Oavsett detta, är följden att vissa andra operativa ingrepp i luftvägarna inte är medräknade, såsom laryngoskopi, bronkoskopi, nasoskopi, inducerat sputumprov (inducerat upphostat slem) och undersökning av tonsillerna i munhålan, inklusive alla andra typer av operativa ingrepp i munhålan. Det är något oklart varför vissa förfaranden utelämnas, med

**Figur II.** Aerosolbildning vid verbal kommunikation, med och utan munskydd.

- a) Patient och tandläkare kommunicerar utan munskydd, båda genererar aerosol genom andning och tal.  
b) Tandläkaren bär munskydd under kommunikationen, aerosol genereras från patientens andning och tal.  
c) Både patient och tandläkare bär munskydd medan de pratar med varandra.





**Figur III. Mikrobiella aerosoler i en tandklinik mätt med bakteriekultur.**  
**a) Nysning från patienten.**  
**b) Stänk från ett sliphjul som används på anteriora tänder.**  
**c) Stänk från turbin med vattenkyllning.**  
**d) Stänk från treväggspruta.**  
**e) Aerosol från maskinell scaling.**

Notera: CFU i figurerna a–d uppmätt som antalet CFU/kubikmeter luft, i figur e uppmätt som antal CFU. Siffrorna baseras på data hämtade från referenserna 53, 85 och 90.

hänsyn tagen till att olika typer av mikroorganismer som orsakar olika typer av sjukdomar befinner sig i olika områden av övre och nedre luftvägarna [72]. Tidsfaktorn betonas inte heller; det är inte uppenbart att en enda händelse utvecklar mer smittsam aerosol jämfört med en operativ intervention som exponerar sjukvårdspersonalen i många minuter.

En ytterligare faktor i samband med uppskattningen av hälsorisker från dental AGP är att i munhålan gäller en utspädningsfaktor av aerosoliserad vätska på uppskattningsvis 1:5 mellan salivvolym och den mängd vatten som används i de instrument som genererar aerosol. Om man förutsätter att saliv är maximalt stimulerad under kirurgiska ingrepp i munhålan, producerar patienten cirka 7 ml saliv/min, medan mängden kylvatten genom ultraljuds-instrument, turbiner och vinkelstycken typiskt är 30 till 40 ml/min.

Studier som beskriver mätningar av mikrobiell aerosol från AGP i tandvårdskliniker visar stor metodologisk heterogenitet avseende användningen av passiva eller olika typer av aktiva mätmetoder, såsom metoder för uppskattning av luftvolymen genom aktiv mätning, kontroll av ventilation, avstånd mellan mätanordningar och platsen där aerosolen utvecklas, operatör-patient-positionering och ett antal andra experimentella villkor [53, 68, 71, 73]. Därför är det inte möjligt att exakt uppskatta mängden mikrobiella aerosoler i tandvårdskliniker.

Sedan 1960-talet har man vetat att nästan alla arbetsprocedurer som tandläkare utför i patientens munhåla aerosoliserar mikroorganismer. Det finns främst tre huvudsakliga källor till mikrobiella aerosoler; roterande instrument för preparation av

hårdvävnad, treväggspruta och maskinella depositionsinstrument (figur III).

#### Roterande instrument

Att avverka kroppens hårdaste vävnad kräver mycket energi och ställer stora krav på instrumenten. Först efter andra världskriget utvecklades tekniker som gjorde det möjligt att använda roterande instrument för att avlägsna emalj, först med stora diamanborr och något senare med hårdmetallborr. På mikronivå finns det en skillnad mellan de två borrhypertyperna; i spröda material skapar diamanpartiklarna mikrorakelering under ytan och i duktila (tänjbara) material deplaceras arbetshärdat material, medan hårda metallborr har en egg som river av och pulveriserar ytan. Stålborr (en tredje typ av borr) fungerar som hårdmetallborr, men är inte lämplig för att avlägsna emalj. Därför bör de i andra typer av hårdvävnad endast användas vid 500–25 000 rpm [74].

Att ta bort tandvävnad kräver mycket energi, det vill säga upp till 12 Joule/mm<sup>3</sup> [75] och den kinetiska energiöverföringen från borret vid borttagning orsakar hög temperatur i kontaktzonen. För att undvika irreversibla pulpaskador måste området kontinuerligt kylas med vatten och luftspray. En rad studier har mätt pulpaturtemperaturen eller använt konfokalmikroskopi för att studera effekterna av faktorer som rotationshastighet, tryck, kylning och diamanngrovhets hos roterande instrument. Sammanfattningsvis har resultaten lett till att de flesta vinkelstycken, oavsett om det är turbin eller elmotorer, opererar med 10–55 ml vattentillförsel/min för att förhindra pulpaskador och för att kontinuerligt spola borrets arbetsdel ren [76].



Effektivt avlägsnande av tandvävnad beror på borrytans perifera hastighet. Periferihastigheten kan beräknas enligt formeln [periferihastighet =  $\pi \times$  diameter  $\times$  rotationshastighet]. Riktningshastigheten för ett borr med en diameter på 1 mm och en rotationshastighet på 300 000 varv/min är cirka 16 m/s. Som jämförelse har droppar från munhålan vid tal och hosta en utgångshastighet på 2–4 m/s respektive 10–15 m/s [62–64]. Centrifugalkrafterna från roterande borr är mer än tillräckliga för att slunga pulveriserad tandvävnad och vätskedroppar av olika storlekar ut ur munhålan och ut i rummet [77–79].

Det blev snabbt uppenbart att de nya roterande instrumenten skapade aerosoler, och infektionshygien blev tidigt problematiserad. Oberoende studier som genomfördes på sextioalet i Tyskland [80], England [81], Norge [82] och USA [83] var de första av uppskattningsvis 20 experimentella och kliniska studier som dokumenterade mikrobiell aerosol i tandvårdskliniken, som en följd av användningen av roterande instrument.

#### Trevägsspruta

Äldre studier har visat att spridningen vid användning av en trevägsspruta skapar ett högt antal CFU per minut upp till 2,5 meter från patientens munhåla spritt via större vätskedroppar på 1 meters höjd [84, 85]. Det är osäkert om fynden fortfarande gäller, eftersom man inte använde engångsspetsar i plast på trevägssprutorna. Studier som genomfördes kring millennieskiftet påvisade utbredd kontaminering i vattenledningarna i den tidigare generationen av trevägssprutor, som därmed var en viktig källa till spridningen av aerosoliserade mikroorganismer [86]. Vi känner inte till att några relevanta data har publicerats i senare studier angående aerosol från trevägssprutor.

#### Luft- och ultraljudscalers

Luftscalers (sonic scaler/airscaler) och ultraljudscalers (magnetdrivna scalers och piezoelektriska scalers) är maskinella scalers som används i samband med profylax och parodontalbehandling. Dessutom används också laser och olika former av maskinell polering. Luftscalers (6 kHz) drivs med tryckluft (32–35 psi, 2,2–2,4 bar) och är ofta inbyggda i uniten, medan ultraljudscalers (20–50 kHz) är elektriska och kan delas in i magnetiska och piezoelektriska. Magnetiska scalers används mestadels i Nordamerika (till exempel Cavitron®) och har en elliptisk rörelse. Piezoelektriska scalers används oftast i Europa (till exempel EMS®) och har en linjär rörelse. Båda typerna av ultraljudscalers är värmeproducerande, men piezoelektriska scalers producerar mindre värme än magnetiska scalers och kräver därmed mindre volym vatten för kylning.

Gemensamt för alla typer av maskinell scaling är att de kräver vattenkylning och att aerosol skapas. Flera laboratoriestudier och kliniska prövningar har

gjorts sedan sextioalet [87] där mängden mikroorganismer som härrör från aerosol skapad genom maskinell scaling har mätts. De flesta studier mäter antalet bakterier i form av CFU, men det diskuteras också att virus sannolikt sprids på samma sätt [88]. Studierna är svåra att jämföra med hänsyn till siffror, eftersom olika skalor och olika mikrobiella odlingsmetoder används, men den gemensamma slutsatsen är att en stor mängd mikrobiell aerosol framställs vid användning av maskinella scalers [89, 90].

#### SMITTRISKER FRÅN MIKROBIELL AEROSOL I TANDVÅRDSKLINIKER

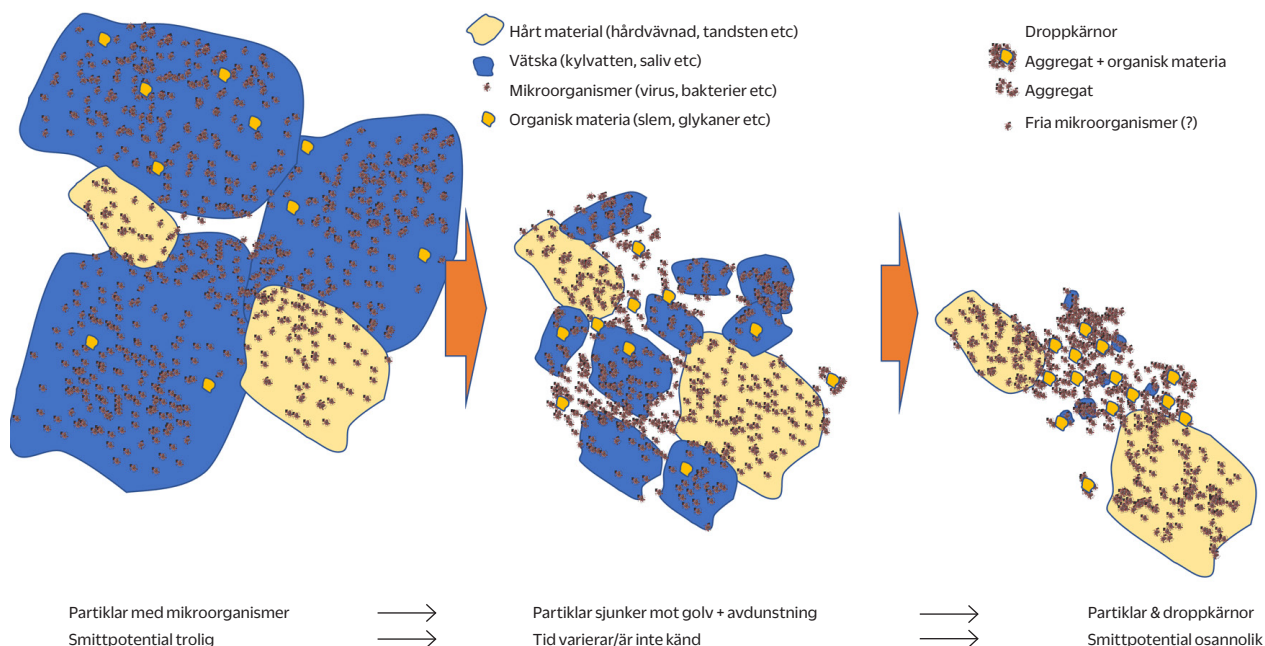
Dentala aerosoler innehåller partiklar och vätskedroppar i olika proportioner och storleksfraktioner och måste alltid anses vara förorenade av mikroorganismer (bakterier, virus, svampar). Det orala mikrobiomet innehåller över 700 bakteriearter [91] och det orala viromet beräknas till någonstans mellan cirka 300 till 2 000 olika genotyper, varav de flesta är bakteriofager [92]. För enskilda individer kommer antalet mikroorganismer att vara lägre [93, 94] och variera kontinuerligt som en konsekvens av ett komplext mikro-ekologiskt samspel [95, 96].

I litteraturen skiljer man på luftburen överföring av mikroorganismer från en värd till en annan som antingen droppsmitta eller som luftsmitta via en infektiös aerosol. Det finns ingen internationell konsensus om klassificering eller definition av storleken på infektiösa vätskedroppar i förhållande till droppsmitta eller luftsmitta från partiklar i aerosoler [97, 98].

Luftsmitta kan kategoriseras i tre grupper: obligat, prefererad eller opportunistisk [99]. Obligat luftsmitta sker endast genom aerosol och gäller endast tuberkulos. Prefererad luftsmitta är en naturlig infektion som kan uppstå via flera olika smittvägar, men där aerosol är det vanligaste sättet, såsom vid mässling och vattkoppor. Opportunistiska infektioner är infektioner som kan uppstå via andra smittvägar, exempelvis gastrointestinalt, men kan också under speciella omständigheter uppstå via aerosol, som till exempel smittkoppor, norovirus, SARS och influensa. WHO och det amerikanska Centers for Disease Control and Prevention (CDC) har mot bakgrund av dagens kunskap identifierat endast tre infektionssjukdomar som kan uppstå via aerosol, och dessa är tuberkulos, mässling (engelska: measles) och vattkoppor (engelska: chickenpox) [70, 100]. Det finns dock en omfattande tvärvetenskaplig forskningsaktivitet som pågår inom området virusinfektioner och aerobiologi i kölvattnet av den första SARS-pandemin 2003, fågelinfluensan (A/H5N1) 2005, svininfluensan 2009 (A/H1N1), MERS 2012, ny fågelinfluensa (A/H7N9) 2013, ebolavirus 2014 [101] och nu covid-19 från SARS-CoV-2.

Under behandling i munhålan kan överföring av mikroorganismer ske via vätskedroppar i intervallet över 100  $\mu$ m, eller via aerosoliserade vätskedrop-

”Det finns en omfattande tvärvetenskaplig forskningsaktivitet som pågår inom området virusinfektioner och aerobiologi ...”



Figur IV. Dental aerosol kontaminerad med mikroorganismer med eller utan infektionspotential efter avdunstning av vätska.

Figur anpassad efter referens 19.

par, droppkärnor eller kontaminerade partiklar. Komplicerande förhållanden vid riskbedömningen av mikrobiell aerosol från AGP är att andelen och storlekarna av partiklar/vätskedroppar förändras snabbt i tid och rum och också påverkas av ventilationen och fuktigheten i en lokal [102]. Sedimenteringshastigheten påverkas också av partikelkoncentrationen i luften, vilket visats experimentellt av att bakteriesporer i partikelfri luft försvinner snabbare än i luft med tillsatt trikalцийfosfatdamm eller hårspray [103]. Förklaringen antas vara att partiklarna aggregerar och dissocierar, och att elektrostatiske mekanismer sannolikt är involverade. För övrigt är fysikaliska-kemiska reaktioner i aerosoler i allmänhet komplexa. Detta gäller särskilt i atmosfärer som en tandvårdsklinik, där det också finns många flyktiga organiska komponenter.

För partiklar som är ytkontaminerade av smittämnen eller har en allergisk eller toxisk potential, är det utöver de kontaminerade partiklarnas antal och storlek bland annat den totala ytarean, deras löslighet och huruvida partiklarna kan fungera som adjuvans (förstärka immunologiska reaktioner) som är av betydelse. För vätskedroppar blir uppskattningen ännu mer komplicerad eftersom de flytande dropparnas storlekar, till följd av avdunstning, inte är konstanta och avdunstningen kommer att relateras till vätskedroppens ursprungliga volym. Om vätskedropparna innehåller mikroorganismer blir nästa beräkning hur länge olika typer av mikroorganismer har en smittpotential vid avdunstning av fukt (figur IV).

Av förståeliga skäl är det svårt att genomföra kontrollerade kliniska prövningar på människor för att

beräkna alla parametrar som beskrivs ovan. Endast ett fåtal kliniska prövningar har genomförts, och då på unga, friska frivilliga, vilket innebär att det är osäkert i vilken utsträckning resultaten kan överföras till utsatta patientgrupper. Det finns kliniska studier där frivilliga har smittats med mikroorganismer, men det betyder inte att fynden är direkt överförbara till andra typer av mikroorganismer.

En europeisk arbetsgrupp inom oral mikrobiologi sammanfattade under 2011 i ett "position paper" att smitta mellan patient och tandvårdspersonal är underreporterad i litteraturen, och att ett antal fall verkar ha blivit ignorerade av patienter, hälso- och sjukvårdspersonal och myndigheter [104]. Artikeln beskriver risken för olika virus- och bakterieinfektioner via kontakt-, dropp- och luftsmitta och visar på rapportering av smittöverföringar till vårdpersonal inom olika medicinområden, men inte från tandvårdssektorn. En förklaring till att tandvårdssektorn utelämnas kan vara att inkubationstiden från infektion till att symtom uppträder kan vara från dagar (pseudomonas, legionella, gula stafylokocker), till veckor (herpes, varicella zoster), till månader (hepatit B/C/D, tuberkulos) och flera månader eller år (hiv/aids). I de danska nationella riktlinjerna för infektionshygien [105] anges fall och rapporter där tandvårdspersonalen har smittats från patienten via stora och små vätskedroppar i aerosol.

#### BAKTERIER

Potentiellt infektiösa bakteriella aerosoler på en tandvårdsklinik kan bland annat uppstå i sammanhang med patienter som har tuberkulos (TB), som ett sekundärt resultat av biofilm i unitens vatten-





slangar eller för att vattenförsörjningen kontamineras. Mikroorganismer i förorenade vattenslangar är gramnegativa bakterier, i första hand olika arter av legionella och pseudomonas, som kan aerosoliseras och utgöra en hälsorisk för särskilt utsatta patienter [106]. Flera studier har genomförts i länder med bristfällig vattenförsörjning och infrastruktur, och data härifrån är inte direkt överförbara till Norge (eller Sverige, redaktionens anmärkning), där vi har god vattenförsörjning. Det finns dock tydliga indikationer på att dålig vattenkvalitet tillför stora mängder mikroorganismer till luften, och förhållandet kan endast delvis korrigeras med olika åtgärder på arbetsplatsen [107]. Detektion av bakterier från vattenledningssystem i unitar rapporteras också i Norge (och i Sverige, redaktionens anmärkning), men orsaken tros vara en konsekvens av bristande underhåll och otillräcklig rengöring [108].

### Tuberkulos

Tuberkulosbakterien *Mycobacterium tuberculosis* kan hålla sig vid liv svävande i luften i flera timmar och orsaka sjukdom. På trettioalet, innan det fanns vaccin, hade tandläkare i England en risk för att dö i tuberkulos (TB) som var dubbelt så stor som läkarnas risk och som var högre än genomsnittet i jämförbara grupper i befolkningen [109]. Litteratur från denna period beskriver flera fall av smitta från patient till tandläkare, från tandläkare till patient och till andra kolleger. Så sent som 1980 noterades utbrott av TB bland barn som hade fått extraherat mjölk-tänder av en tandläkare med TB [110]. BCG-vaccinet som utvecklades mot TB var mycket effektivt och infördes i många västländer efter andra världskriget. Efter hand som man i västländerna ansåg att man hade TB under kontroll, avbröts obligatorisk vaccination och regelbundna tuberkulintester i många länder. Enligt uppgift från Folkhälsomyndigheten utfördes BCG-vaccination rutinmässigt på BB i Sverige fram till mitten på 1970-talet. Numera erbjuds vaccinationen bara till barn i vissa riskgrupper (redaktionens tillägg). I dag finns det inga epidemiologiska data som tyder på en högre förekomst av TB bland tandvårdspersonal i förhållande till befolkningen [111].

TB i tandvårdskliniker aktualiserades i viss mån i samband med behandling av immunkomprometerade patienter med aids [112, 113]. Smittskyddsåtgärder utöver basala smittskyddsrutiner om man har en känd TB-patient, är att använda andningsskydd och god ventilation [114].

Under många år omtalades inte tuberkulos i norska medier, men 2015 aktualiserades sjukdomen i samband med behandling av flyktingar från Syrien. Medan risken för infektion av *M. tuberculosis* i många västländer har varit minimal, är TB endemisk med höga dödstal i många andra länder. Indien har flest infekterade, sedan följer Kina, Indonesien, Filippinerna, Pakistan, Bangladesh och

Sydafrika; dessa länder står för två tredjedelar av alla TB-fall i världen under 2018. På grund av den ökande förekomsten av TB och att det uppkommit antibiotikaresistenta varianter, dör det minst 1,5 miljoner människor i TB varje år globalt. Vid ett utbrott av TB på den amerikanska västkusten 2010 identifierades en tandvårdsklinik som smittkälla. Av 743 patienter testades 305 med tuberkulintest och av dessa var 23 (7,5 procent) positiva för möjlig (latent) tuberkulosinfektion, medan 10 procent av tandvårdsklinikens personal också var positiva för möjlig (latent) TB-smitta. Erfarenheten resulterade i att hälsomyndigheterna i USA, mot bakgrund av ett ökande antal potentiella TB-individer jämfört med tidigare, rekommenderar tandvårdspersonal att värdera sin egen vaccinationsstatus och andra administrativa rutiner på arbetsplatsen för att förhindra luftsmitta av TB [115].

### Legionella

Det har länge varit känt att vatten från dentala unitar kan innehålla *Legionella* [116], och det har diskuterats om aerosoliserat vatten kan vara en möjlig källa till legionärssjuka [117]. Inandning av aerosol som innehåller *Legionella* anses utgöra en risk för särskilt utsatta patienter [118]. Ett dödsfall till följd av legionärssjuka kopplades till trolig exponering av förorenat vatten i en tandläkarmottagning [119]. Senare mikrobiologiska analyser av denna incident klargjorde dock att patienter som initialt har legionärssjuka kan förorena dentala unitar [120]. Erfarenheten är att dagliga desinfektionsrutiner av vattensystemen är viktiga, det är också en påminnelse om att det är viktigt att ha kunskap om aktuell medicinsk status för alla patienter som behandlas vid en tandvårdsklinik.

När det gäller yrkesmässig exponering har motstridiga fynd rapporterats. Årliga hälsokontroller av tandläkare, som utförts av American Dental Association under tio år fram till 2012, har inte visat ökad seropositivitet för *Legionella* [121]. En metaanalys av serologiska data från studier som omfattade totalt 2 232 vårdanställda och 1 172 oexponerade individer visade ingen statistiskt signifikant skillnad i incidens av legionellainfektioner [122]. Författarna påpekade också att det inte finns tillräckligt med vetenskapliga bevis för att bedöma om tandläkare har en yrkesrisk med avseende på *Legionella*, men utesluter inte att detta kan ha varit fallet tidigare [123, 124]. Något anmärkningsvärt är den stora variationen i uppmätt *Legionella* seroprevalens hos kontrollgrupperna i primärstudier, vilket indikerar att man använt varierande studie- och mätmetoder [125].

### Virus

Äldre studier har visat att tandläkare har högre titrar av seropositivitet för luftvägsvirus jämfört med resten av befolkningen [126]. Det är rimligt att anta att detta är orsakat av smitta från patienter. Patien-

ter som har smittats av ett virus kommer i större eller mindre utsträckning att utsöndra detta virus i saliven som en konsekvens av ”viral shedding” [127]. Exempel är zikavirus, cytomegalovirus hos aidspatienter, ebolavirus, hiv-virus och rabiesvirus. Några patienter utsöndrade herpes simplexvirus 1 [128]. Patienter med parotit kan vara infekterade av påssjukesvirus, alternativt influensavirus A (genom upprepade parotit), och båda formerna utsöndras i saliv.

Eftersom virus ofta utsöndras i saliv har ett antal salivtester utvecklats för att påvisa olika typer av virusinfektioner [129]. Även om man kan resonera att höga halter av virus i saliv korrelerar med höga värden i en aerosol från munhålan och därför ökad infektionsrisk, är detta inte nödvändigtvis korrekt. Smittförmågan hos många virus minskar snabbt i luft och påverkas också negativt av en rad andra yttre faktorer som inte nödvändigtvis är mätbara i diagnostiska tester [130, 131].

Humant immunbristvirus (hiv) misstänktes under några år för att ha överförts från en hiv-smittad tandläkare till en patient via en okänd smittväg. Trettio år senare, efter mycket debatt, forskning och klinisk erfarenhet, är uppfattningen i dag att misstanken troligen var ogrundad och att hiv-infektion från en smittad kliniker till en patient bara kan äga rum om blod från klinikern kommer in direkt i ett sår, det vill säga så kallad ”bleed-back” [132].

### Hepatitvirus

Innan vaccinet mot hepatit B-virus (HBV) utvecklades, registrerade man högre positiv serologistatus hos tandvårdspersonal jämfört med den genomsnittliga befolkningen, till exempel 46 procent hos tandläkare i Singapore [133] och 26 procent hos oralkirurger i USA [134]. Slutsatsen av den senare studien överensstämmer med en något senare studie från Tyskland [135] gällande att personlig skyddsutrustning såsom handskar, munskydd och ögonskydd inte förhindrade smitta av HBV. Studier som utförts för att mäta virushalten i aerosoler fann ingenting och därför konkluderade man att smitta överfördes som kontaktsmitta [136]. Emellertid visade det sig senare att de mätmetoder som användes var metodologiskt problematiska [19]. Hepatit B överförs lätt, och med molekylära metoder har flera fall av smitta också dokumenterats mellan tandvårdspatienter. En äldre kvinna som fick en akut hepatit B-infektion efter behandling hos sin tandläkare visade sig vara smittad av virus från en hepatit B-smittad patient som hade varit i samma behandlingsrum med samma personal, men två timmar tidigare. Hälsomyndigheten kunde inte påvisa några brott mot säkerhetsreglerna eller mot den interna kontrollen. Man antar att aerosoler med hepatit B-virus kan ha fallit ner på instrument som användes, eller kanske fortfarande fanns kvar i luften efter två timmar [137]. Vi känner inte till några se-

nare genomförda studier av HBV i aerosoler på tandvårdskliniker.

### Influensavirus

Det finns flera typer av influensavirus (A-D). Influensatyperna A och B är de som cirkulerar och ger upphov till den årliga säsongsinfluensan. Smittöverföring av influensavirus sker huvudsakligen genom större droppar vid hosta eller nysning eller genom indirekt kontakt. Överföring via små partiklar i en aerosol kan också förekomma. Bland annat har det visat sig i en nyligen genomförd studie att symptomatiska individer genererade partiklar under 5 µm med influensavirus, utan föregående hosta eller nysning [138]. Influensavirus har också påvisats i saliv. Det rekommenderas att all hälso- och sjukvårdspersonal som har patientkontakt vaccinerar mot säsongsinfluensa.

### SARS-CoV-1-virus

Under den första SARS-pandemin 2004 upptäckte man att SARS-Cov-1-virus utsöndrades i saliven [139, 140], vilket inte varit kontroversiellt. Däremot har en ofta citerad studie som kom fram till att SARS-CoV-1-virus troligen överfördes via luftsmitta [141] varit kontroversiell.

### SARS-CoV-2-virus

Tillgänglig kunskap tyder hittills på att smitta av SARS-CoV-2-virus främst sker i form av kontakt- eller droppsmitta [142], vilket inte utesluter en möjlig risk för luftsmitta av SARS-CoV-2-virus under speciella exponeringssituationer [143]. Det finns för närvarande lite data som kan tyda på smitta via aerosol [144].

Det lanserades i en tidig fas av covid-19-pandemin en teori att covid-19-patienter kunde ha mycket virus i saliven [145, 146]. Teorin byggde inte på nya data, utan hänvisade till fynd från den tidigare SARS-pandemin 2004 [139], en studie på apor [147], en cellstudie [148] och en klinisk studie [149].

De två icke-humana studierna betonade att epitelcellerna i spottkörtlarna och den orala slemhinnan innehåller ett stort antal ACE-2-receptorer (Angiotensin Converting Enzyme 2) som binder SARS-CoV-2-virus och är nödvändiga för att viruset ska infektera cellerna. Humanstudien beskrivs i titeln som ”novel coronavirus in saliva” men det är uppenbart i avsnittet Material och metod att det snarare handlar om sputum (expektorat) [149]. Författarna ändrade senare titeln till ”posterior oropharyngeal saliva” i en parallell artikel [150]. Senare studier har dock visat att infekterade individer har en saliv som innehåller höga titrar av SARS-CoV-2-virus. För närvarande känner man inte i detalj till mängden saliv under olika sjukdomsstadier av infektionen [151]. Emellertid betyder upptäckten att varje aerosol från munhålan hos en förmodad eller fastställd covid-19-patient måste betraktas som kontaminerad av SARS-CoV-2-virus i saliven.

**”Tillgänglig kunskap tyder hittills på att smitta av SARS-CoV-2-virus främst sker i form av kontakt- eller droppsmitta, vilket inte utesluter en möjlig risk för luftsmitta ...”**



## ”Något tillspetsat har tandvårdspersonal räddats av vacciner, antibiotika och ett robust hälso- och sjukvårdssystem.”

### HUVUDBUDSKAP

- Aerosolutveckling i tandvårdskliniken kan innebära risk för smitta.
- Tandvårdspersonal ska veta vad som skapar mikrobiella aerosoler i tandläkarkliniken.
- Både tandvårdspersonalens och patienternas hälsa ska tas till vara genom att man bedömer smittorisken i samband med aerosolstrande ingrepp och situationer på tandläkarmottagningen.

### SAMMANFATTNING

För hundra år sedan var de kända arbetssjukdomarna bland tandläkare infektionssjukdomarna syfilis och tuberkulos, och några decennier senare poliomyelit [152]. Något tillspetsat har tandvårdspersonal räddats av vacciner, antibiotika och ett robust hälso- och sjukvårdssystem.

För sex decennier sedan formulerades följande: ”Few aerobiologists would take a random sample of saliva, hemorrhage, and tissue debris of any description and atomize it 6–18 inches (15–45 cm) from his nose and mouth with an air syringe, rotary or vibrating instrument without taking special precautions to prevent the inhalation of this material and the contamination of his person and environment ... The association of oral cavity contents with aerosol production is not frequently recognized by the dentist as anything more than a nuisance requiring the operator to clean his glasses frequently while operating” [153].

Dagens covid-19-pandemi hade varnats för i förhand, liksom andra pandemier som med hög statistisk sannolikhet väntar oss i framtiden [154]. Det förefaller förnuftigt att tandvårdspersonal i syn-

nerhet, och hälsomyndigheter i allmänhet, studerar och bedömer eventuella hälsokonsekvenser till följd av aerosolisering av biologisk materia i tandvårdskliniker i samband med patientbehandling.

### TACK

Tack till Arne Hensten, professor emeritus, UiT Norges Arktiske Universitet og konsulent, Nordisk institutt for odontologiske materialer – NIOM, för bra kommentarer och inspel till manuskriptet.

### ENGLISH SUMMARY

*Aerosols in the dental clinic: Risks of infectious disease transmission*

Gussgard AM, Valen H, Olsvik Ø and Jokstad A  
*Tandläkartidningen 2020; 112 (12): 60–71*

Aerosol-generating procedures associated with oral care may involve risks for disease transmission between patients and dental staff. Article part I describes the characteristics of aerosols and their possible influence on health. This paper focuses on microbial aerosols and on situations, and procedures that produce microbial aerosols in the dental clinic. Several forms of microbial aerosols are created in a dental clinic, with the highest generation of aerosols by the use of rotating instruments, the air-water syringe and machine scaling. Risks of aerosol transmission of infectious diseases are described with examples of some bacterial and viral contagious diseases in the dental clinic. Dental clinic staff should be aware of possible health consequences of aerosols in the dental surgery to prevent the spreading infectious diseases. Such knowledge is essential to ensure the health of both patients and the dental clinic staff. ●

## Referenser

- Hinds WC. Aerosol technology: Properties, behavior, and measurement of airborne particles. 2<sup>nd</sup> ed, New York, USA: John Wiley & Sons Inc. 1999. ISBN: 9780471194101.
- Morawska L, Ayoko GA, Bae GN, Buonanno G, Chao CYH, Clifford S et al. Airborne particles in indoor environment of homes, schools, offices and aged care facilities: The main routes of exposure. *Environ Int* 2017; 108: 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.07.025>
- Bourouiba L, Dehand-schoewercker E, Bush JW. Violent expiratory events: on coughing and sneezing. *J Fluid Mech* 2014; 745: 537–63. <https://doi.org/10.1017/jfm.2014.88>
- Darquenne C. Aerosol deposition in health and disease. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv* 2012; 25: 140–7. <https://doi.org/10.1089/jamp.2011.0916>
- Thomas RJ. Particle size and pathogenicity in the respiratory tract. *Virulence* 2013; 4: 847–58. <https://doi.org/10.4161/viru.27172>
- Riediker M, Zink D, Kreyling W, Oberdörster G, Elder A, Graham U, et al. Particle toxicology and health – where are we? Part Fibre Toxicol 2019; 16: 19. <https://doi.org/10.1186/s12989-019-0302-8>
- Kim KH, Kabir E, Jahan SA. Airborne bioaerosols and their impact on human health. *J Environ Sci* 2018; 67: 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.08.027>
- EPA, U.S. Environmental Protection Agency. Chapter 4. Dosimetry of particulate matter. In: Integrated Science Assessment (ISA) for Particulate Matter (Final Report, 2019). EPA/600/R-19/188. p. 477–564. [https://ofmpub.epa.gov/eims/eimscmm.getfile?p\\_download\\_id=539935](https://ofmpub.epa.gov/eims/eimscmm.getfile?p_download_id=539935) (läst 2.8.2020)
- Heal MR, Kumar P, Harrison RM. Particles, Air Quality, Policy and Health. *Chem Soc Rev* 2012; 41: 6606–30. <https://doi.org/10.1039/c2cs35076a>
- Carvalho TC, Peters JI, Williams RO 3rd. Influence of particle size on regional lung deposition--what evidence is there? *Int J Pharm* 2011; 406: 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2010.12.040>
- Bustamante-Marin XM, Ostrowski LE. Cilia and Mucociliary Clearance. *Cold Spring Harb Perspect Biol* 2017; 9: a028241. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a028241>
- WHO, World Health Organization. Air quality guideline for Europe. 2nd ed. WHO Regional Publication Series no 91. København: WHO Regional Office for Europe, 2000. [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/74732/E71922.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf) (läst 2.8.2020)
- Shu F, Shi Y. Systematic Overview of Solid Particles and Their Host Responses. *Front Immunol* 2018; 9: 1157. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.01157>
- Chen S, Guo H, Cui M, Huang R, Su R, Qi W, et al. Interaction of particles with mucosae and cell membranes. *Colloids Surf B Biointerfaces* 2020; 186: 110657. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2019.110657>
- FHI, Folkehelseinstituttet. Luftkvalitetskriterier. Virkninger av luftforurensning på helse. Folkehelseinstituttet, FHI Rapport. 2013:9. <https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2013/luftkvalitetskriterier---virkninger-av-luftforurensning-pa-helse-pdf.pdf> (läst 2.8.2020)
- FHI, Folkehelseinstituttet. Svevestov. 2017. <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/svevestov/svevestov> (läst 2.8.2020)
- Timbrell V, Eccles JD. The respi-



Här presenteras den fullständiga referenslistan.  
En förkortad lista återfinns i pappersversionen av denna artikel.



## Referenser

- rability of aerosols produced in dentistry. *J Dent* 1973; 2: 21–31. [https://doi.org/10.1016/s0300-5712\(73\)80006-5](https://doi.org/10.1016/s0300-5712(73)80006-5)
18. Sotiriou M, Ferguson SF, Davey M, Wolfson JM, Demokritou P, Lawrence J, et al. Measurement of particle concentrations in a dental office. *Environ Monit Assess* 2008; 137: 351–61. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9770-7>
  19. Verreault D, Moineau S, Duchaine C. Methods for sampling of airborne viruses. *Microbiol Mol Biol Rev* 2008; 72: 413–44. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00002-08>
  20. Van Landuyt KL, Yoshihara K, Geebelen B, Peumans M, Godderis L, Hoet P, et al. Should we be concerned about composite (nano-)dust? *Dent Mater* 2012; 28: 1162–70. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.08.011>
  21. Polednik B. Aerosol and bioaerosol particles in a dental office. *Environ Res* 2014; 134: 405–9. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.06.027>
  22. Lang A, Ovsenik M, Verdenik I, Remskar M, Oblak C. Nanoparticle Concentrations and Composition in a Dental Office and Dental Laboratory: A Pilot Study on the Influence of Working Procedure. *J Occup Environ Hyg* 2018; 15: 441–7. <https://doi.org/10.1080/15459624.2018.1432864>
  23. Liu MH, Chen CT, Chuang LC, Lin WM, Wan GH. Removal efficiency of central vacuum system and protective masks to suspended particles from dental treatment. *PLoS One* 2019; 14: e0225644. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225644>
  24. Cokic SM, Ghosh M, Hoet P, Godderis L, Van Meerbeek B, Van Landuyt KL. Cytotoxic and genotoxic potential of respirable fraction of composite dust on human bronchial cells. *Dent Mater* 2020; 36: 270–84. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.11.009>
  25. CDC, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health. Approaches to safe nanotechnology. DHHS (NIOSH) Publication No 2009–12. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-125/pdfs/2009-125.pdf?id=10.26616/NIOSH-PUB2009125> (läst 2.8.2020)
  26. Hensten-Petersen A. Section 4. General Toxicology. In: Biocompatibility, toxicity and Hypersensitivity to alloy systems Used in Dentistry. International workshop, June, 1985. Lang BR, Morris HF, Razzoog ME. (eds). The University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA, 1986; pp. 143–91.
  27. OSHA, U.S. Occupational Safety and Health Administration. Particulate Mercury in Workplace Atmospheres. Sampling and Analytical Method. OSHA Method ID-145, 1987, Revised Dec 1989. <https://www.osha.gov/dts/sltc/methods/inorganic/id145/id145.html> (läst 2.8.2020)
  28. Hammerstrøm KT, Holte HH, Dalsbø TK, Vist GE, Steiro A, Lidal IB, et al. Kvikksølveksponering hos tannhelsepersonell. Rapport fra Kunnskapscenteret nr 2 - 2011. Oslo: Nasjonalt kunnskapssenter for helsetjenesten, 2011. [https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2011/rapport\\_2011\\_02\\_kvikksoelv\\_eksponering.pdf](https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2011/rapport_2011_02_kvikksoelv_eksponering.pdf) (läst 2.8.2020)
  29. Van Landuyt KL, Hellack B, Van Meerbeek B, Peumans M, Hoet P, Wiemann M, et al. Nanoparticle release from dental composites. *Acta Biomater* 2014; 10: 365–74. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2013.09.044>
  30. Wataha JC. Predicting clinical biological responses to dental materials. *Dent Mater* 2012; 28: 23–40. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.08.595>
  31. Brune D, Beltesbrekke H. Dust in dental laboratories. Part I: Types and levels in specific operations. *J Prosthet Dent* 1980; 43: 687–92. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(80\)90385-6](https://doi.org/10.1016/0022-3913(80)90385-6)
  32. Brune D, Beltesbrekke H. Dust in dental laboratories. Part II: Measurement of particle size distributions. *J Prosthet Dent* 1980; 44: 82–7. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(80\)90053-0](https://doi.org/10.1016/0022-3913(80)90053-0)
  33. Nett RJ, Cummings KJ, Cannon B, Cox-Ganser J, Nathan SD. Dental personnel treated for idiopathic pulmonary fibrosis at a tertiary care center – Virginia, 2000–2015. *MMWR* 2018; 67: 270–4. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6709a2>
  34. NIOSH, U.S. National Institute for Occupational Safety and Health. Criteria document on Beryllium: National Technical Information Service No. PB 210806. DTS Publ. Dissemination, NIOSH, Cincinnati, 1979.
  35. Hamann CP, DePaola LG, Rodgers PA. Occupation-related allergies in dentistry. *J Am Dent Assoc* 2005; 136: 500–10. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2005.0207>
  36. Rupf S, Berger H, Buchter A, Harth V, Ong MF, Hannig M. Exposure of patient and dental staff to fine and ultrafine particles from scanning spray. *Clin Oral Investig* 2015; 19: 823–4. <https://doi.org/10.1007/s00784-014-1300-8>
  37. Ishihama K, Iida S, Koizumi H, Wada T, Adachi T, Isomura E, et al. High Incidence of Blood Exposure Due to Imperceptible Contaminated Splatters During Oral Surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2008; 66: 704–10. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2007.06.663>
  38. Yamada H, Ishihama K, Yasuda K, Hasumi-Nakayama Y, Shimoji S, Furusawa K. Aerial dispersal of blood-contaminated aerosols during dental procedures. *Quintessence Int* 2011; 42: 399–405.
  39. Aguilar-Duran L, Bara-Casaus JJ, Aguilar-Duran S, Valmaseda-Castellon E, Figueiredo R. Blood spatter in oral surgery. Prevalence and risk factors. *J Am Dent Assoc* 2020; 151: 438–43. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2020.02.026>
  40. Cleveland JL, Gray SK, Harte JA, Robison VA, Moorman AC, Gooch BF. Transmission of blood-borne pathogens in US dental health care settings: 2016 update. *J Am Dent Assoc* 2016; 147: 729–38. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2016.03.020>
  41. Bennett AM, Fulford MR, Walker JT, Bradshaw DJ, Martin MV, Marsh PD. Microbial Aerosols in General Dental Practice. *Br Dent J* 2000; 189: 664–7. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4800859>
  42. Kimmmerle H, Wiedmann-Al-Ahmad M, Pelz K, Wittmer A, Hellwig E, Al-Ahmad A. Airborne microbes in different dental environments in comparison to a public area. *Arch Oral Biol* 2012; 57: 689–96. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2011.11.012>
  43. Helms CG, Tzoutzas J, Flocas HA, Haliotis CH, Stathopoulou OI, Assimakopoulos VD, et al. Indoor air quality in a dentistry clinic. *Sci Total Environ* 2007; 377: 349–65. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.01.100>
  44. Hong YJ, Huang YC, Lee IL, Chiang CM, Lin C, Jeng HA. Assessment of volatile organic compounds and particulate matter in a dental clinic and health risks to clinic personnel. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 2015; 50: 1205–14. <https://doi.org/10.1080/10934529.2015.1055129>
  45. Gussgard AM, Valen H, Olsvik Ø, Jøkstad A. Aerosol i tannhelseklinikken. Del 2: Tiltak for å begrense smitte. *Nor Tannlegeforen Tid* 2020; 130: 690–702. <https://www.tannlegetidende.no/i/2020/9/m-857> (läst 5.11.2020)
  46. Stetzenbach LD, Buttner MP, Cruz P. Detection and enumeration of airborne biocontaminants. *Curr Opin Biotechnol* 2004; 15: 170–4. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2004.04.009>
  47. Napoli C, Marcotrigiano V, Montagna MT. Air sampling procedures to evaluate microbial contamination: a comparison between active and passive methods in operating theatres. *BMC Public Health* 2012; 12: 594. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-594>
  48. Viani I, Colucci ME, Pergreffo M, Rossi D, Veronesi L, Bizzarro A, et al. Passive air sampling: the use of the index of microbial air contamination. *Acta Biomed* 2020; 91(3-5): 92–105. <https://www.mattioli1885journals.com/index.php/actabiomedica/article/view/9434> (läst 2.8.2020)
  49. Santarpia JL, Ratnesar-Shumate S, Haddrell A. Laboratory study of bioaerosols: Traditional test systems, modern approaches, and environmental control. *Aerosol Sci Technol* 2020; 54: 585–600. <https://doi.org/10.1080/02786826.2019.1696452>
  50. Cox J, Mbareche H, Lindsley WG, Duchaine C. Field sampling of indoor bioaerosols. *Aerosol Sci Technol* 2020; 54: 572–84. <https://doi.org/10.1080/02786826.2019.1688759>
  51. Huffman JA, Perring AE, Savage NJ, Clot B, Crouzy B, Tummon F, et al. Real-time sensing of bioaerosols: Review and current perspectives. *Aerosol Sci Technol* 2020; 54: 465–95. <https://doi.org/10.1080/02786826.2019.1664724>
  52. Prussin AJ 2nd, Marr LC, Bibby KJ. Challenges of studying viral aerosol metagenomics and communities in comparison with bacterial and fungal aerosols. *FEMS Microbiol Lett* 2014; 357: 1–9. <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12487>
  53. Zemouri C, de Soet H, Crielaard W, Laheij A. A scoping review on bio-aerosols in healthcare and the dental environment. *PLoS One* 2017; 12: e0178007. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178007>
  54. Decraene V, Ready D, Pratten J, Wilson M. Air-borne microbial contamination of surfaces in a UK dental clinic. *J Gen Appl Microbiol* 2008; 54: 195–204. <https://doi.org/10.2323/jgam.54.19547>
  55. Adhikari A, Kurella S, Banerjee P, Mitra A. Aerosolized bacteria and microbial activity in dental clinics during cleaning procedures. *J Aerosol Science* 2017; 114: 209–18. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2017.09.019>
  56. Pasquarella C, Veronesi L, Napoli C, Castiglia P, Liguori G, Rizzetto R, et al. Microbial environmental contamination in Italian dental clinics: A multicenter study yielding recommendations for



## Referenser

- standardized sampling methods and threshold values. *Sci Total Environ* 2012; 420: 289–99. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.01.030>
57. Veronesi L, Colucci ME, Napoli C, Castiglia P, Liguori G, Torre I, et al. Air microbial contamination in dental clinics: comparison between active and passive methods. *Acta Biomed* 2020; 91: 165–7. <https://www.matli1885journals.com/index.php/actabiomedica/article/view/9440/8674> (läst 2.8.2020)
58. Kadaifçiler DG, Cotuk A. Microbial contamination of dental unit waterlines and effect on quality of indoor air. *Environ Monit Assess* 2014; 186: 3431–44. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-3628-6>
59. Zemouri C, Volgenant CMC, Buijs MJ, Crielaard W, Rosema NAM et al. Dental aerosols: microbial composition and spatial distribution. *J Oral Microbiol* 2020; 12: 1762040. <https://doi.org/10.1080/20002297.2020.1762040>
60. Liu MH, Tung TH, Chung FF, Chuang LC, Wan GH. High total volatile organic compounds pollution in a hospital dental department. *Environ Monit Assess* 2017; 189: 571. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6265-z>
61. Gralton J, Tovey E, McLaws ML, Rawlinson WD. The role of particle size in aerosolised pathogen transmission: a review. *J Infect* 2011; 62: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2010.11.010>
62. Chao CYH, Wan MP, Morawska L, Johnson GR, Ristovski ZD, Hargreaves M, et al. Characterization of expiration air jets and droplet size distributions immediately at the mouth opening. *J Aerosol Sci* 2009; 40: 122–33. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2008.10.003>
63. Kwon SB, Park J, Jang J, Cho Y, Park DS, Kim C, et al. Study on the initial velocity distribution of exhaled air from coughing and speaking. *Chemosphere* 2012; 87: 1260–4. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.01.032>
64. Asadi S, Wexler AS, Cappa CD, Barreda S, Bouvier NM, Ristenpart WD. Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. *Sci Rep* 2019; 9: 2348. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38808-z>
65. Chen W, Zhang N, Wei J, Yen HL, Li Y. Short-range airborne route dominates exposure of respiratory infection during close contact. *Build Environm* 2020; 176: 106859. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106859>
66. Bake B, Larsson P, Ljungkvist G, Ljungström E, Olin AC. Exhaled particles and small airways. *Respir Res* 2019; 20: 8. <https://doi.org/10.1186/s12931-019-0970-9>
67. Davies A, Thomson G, Walker J, Bennett AM. A review of the risks and disease transmission associated with aerosol generating medical procedures. *J Infect Prevent* 2009; 10: 122–6. <https://doi.org/10.1177/1757177409106456>
68. Tran K, Cimon K, Severn M, Pessoa-Silva CL, Conly J. Aerosol generating procedures and risk of transmission of acute respiratory infections to healthcare workers: a systematic review. *PLoS One* 2012; 7: e35797. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035797>
69. WHO, World Health Organization. Infection prevention and control during health care when novel coronavirus (nCoV) infection is suspected. 2020. [https://www.who.int/publications-detail/infection-prevention-and-control-during-health-care-when-novel-coronavirus-\(ncov\)-infection-is-suspected-20200125](https://www.who.int/publications-detail/infection-prevention-and-control-during-health-care-when-novel-coronavirus-(ncov)-infection-is-suspected-20200125) (läst 2.8.2020)
70. WHO, World Health Organization. Infection prevention and control of epidemic- and pandemic-prone acute respiratory infections in health care. Geneva: World Health Organization; 2014. ISBN 9789241507134. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112656/9789241507134\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112656/9789241507134_eng.pdf) (läst 2.8.2020)
71. Tran K, Cimon K, Severn M, Pessoa-Silva CL, Conly J. Aerosol-generating procedures and risk of transmission of acute respiratory diseases: a systematic review. Ottawa, Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health, 2011. [http://www.cadth.ca/media/pdf/M0023\\_Aerosol\\_Generating\\_Procedures\\_e.pdf](http://www.cadth.ca/media/pdf/M0023_Aerosol_Generating_Procedures_e.pdf) (läst 2.8.2020)
72. Judson SD, Munster VJ. Nosocomial Transmission of Emerging Viruses via Aerosol-Generating Medical Procedures. *Viruses* 2019; 11: pii: E940. <https://doi.org/10.3390/v11100940>
73. Brurberg KG, Fretheim A. Aerosol generating procedures in health care, and COVID-19. Rapid review 2020. Oslo: Norwegian Institute of Public Health, 2020. <https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2020/aerosol-generating-procedures-in-health-care-and-covid19-rapport-2020.pdf> (läst 2.8.2020)
74. Donovan TE, Boushell LW, Eidson RS. Instruments and Equipment for Tooth Preparation. In: Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry. Ritter AV, Boushell LW, Walter R, Sturdevant CM (eds). 7th ed. Elsevier, 2019: ISBN: 9780323478281 032347828X.
75. Westland IA. The energy requirement of the dental cutting process. *J Oral Rehabil* 1980; 7: 51–64. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1980.tb01464.x>
76. von Fraunhofer JA, Siegel SC, Feldman S. Handpiece coolant flow rates and dental cutting. *Oper Dent* 2000; 25: 544–8.
77. Mount GJ. Cutting instruments used in tooth restoration. In: Preservation and Restoration of Tooth Structure. Mount GJ, Hume WR (Eds). Mosby, 1998: ISBN: 0 7234 3102 7. p. 45–54.
78. Li QZ, Wang CY, Zheng LJ, Zhao DN, Zeng CF. Machinability of enamel under grinding process using diamond dental burs. *Proc Inst Mech Eng H* 2019; 233: 1151–64. <https://doi.org/10.1177/0954411919873804>
79. Wu SX, Li KQ, Zhu WZ, Wang CY, Chen WL. Machinability of high-speed enamel cutting with carbide bur. *J Mech Behav Biomed Mater* 2020; 103: 103529. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.103529>
80. Riethe P. Über die Infektionsmöglichkeit bei der Anwendung von luftgetriebenen Schnelllaufgeräten. *Dtsch Zahnärztl Z* 1960; 15: 353–7.
81. Kazantzis PG. Air Contamination from High-Speed Dental Drills. *Proc R Soc Med* 1961; 54: 242–4. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1870233/pdf/procrsmed00247-0108.pdf>
82. Rølla G. En undersøkelse over luftkontaminasjonen ved bruk av turbin-boremaskin i tannlegepraksis. *Nor Tannlegeforen Tid* 1963; 73: 442.
83. Miller RL, Burton WE, Spore RW. Aerosols produced by dental instrumentation. In: The Role of Aerobiology in Dentistry. Proc First Intern Symp Aerobiol, Berkeley, Calif, 1963. pp. 97-118. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/614709.pdf> (läst 2.8.2020)
84. Micik RE, Miller RL, Mazzarella MA, Ryge G. Studies on dental aerobiology. I Bacterial aerosols generated during dental procedures. *J Dent Res* 1969; 48: 49–56. <https://doi.org/10.1177/00220345690480012401>
85. Miller RL, Micik RE, Abel C, Ryge G. Studies on dental aerobiology. II. Microbial spatter discharged from the oral cavity of dental patients. *J Dent Res* 1971; 50: 621–5. <https://doi.org/10.1177/00220345710500031701>
86. Martin MV. The air/water syringe: a potential source of microbial contamination. *Br Dent J* 1998; 184: 278–9. <http://doi.org/10.1038/sj.bdj.4809601>
87. Larato DC, Ruskin PF, Martin A. Effect of an Ultrasonic Scaler on Bacterial Counts in Air. *J Perio-*
- dontol 1967; 38: 550–4. [https://doi.org/10.1902/jop.1967.38.6\\_part1.550](https://doi.org/10.1902/jop.1967.38.6_part1.550)
88. Holbrook WP, Muir KF, Macphee IT, Ross PW. Bacteriological investigation of the aerosol from ultrasonic scalars. *Br Dent J* 1978; 144: 245–7. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4804072>
89. Wirthlin MR, Marshall GW. Evaluation of Ultrasonic Scaling Unit Waterline Contamination After Use of Chlorine Dioxide Mouthrinse Lavage. *J Periodontol* 2001; 72: 401–10. <https://doi.org/10.1902/jop.2001.72.3.401>
90. Marui VC, Souto MLS, Rovai ES, Romito GA, Chambrone L, Pannuti CM. Efficacy of preprocedural mouthrinses in the reduction of microorganisms in aerosol: A systematic review. *J Am Dent Assoc* 2019; 150: 1015–26. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2019.06.024>
91. eHOMD. The expanded Human Oral Microbiome Database. <http://www.homd.org/index.php>
92. Pride DT, Zalzman J, Haynes M, Rohwer F, Davis-Long C, White RA 3rd, et al. Evidence of a robust resident bacteriophage population revealed through analysis of the human salivary virome. *ISME J* 2012; 6: 915–26. <https://doi.org/10.1038/ismej.2011.169>
93. Wylie KM, Mihindukulasuriya KA, Zhou Y, Sodergren E, Storch GA, Weinstock GM. Metagenomic analysis of double-stranded DNA viruses in healthy adults. *BMC Biol* 2014; 12: 71. <https://doi.org/10.1186/s12915-014-0071-7>
94. Kilian M, Chapple ILC, Hannig M, Marsh PD, Meuric V, Pedersen AML et al. Det orale mikrobiom – en oppdatering for tandplejeteamet. *Nor Tannlegeforen Tid* 2017; 127: 398–411. <https://www.tannlegetidende.no/1/2017/5/d2e455> (läst 2.8.2020)
95. Baker JL, Bor B, Agnello M, Shi W, He X. Ecology of the Oral Microbiome: Beyond Bacteria. *Trends Microbiol* 2017; 25: 362–74. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2016.12.012>
96. Xiao J, Fiscella KA, Gill SR. Oral microbiome: possible harbinger for children's health. *Int J Oral Sci* 2020; 12: 12. <https://doi.org/10.1038/s41368-020-0082-x>
97. Jones RM, Brosseau LM. Aerosol transmission of infectious disease. *J Occup Environ Med* 2015; 57: 501–508. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000448>
98. Teller R, Li Y, Cowling BJ, Tang JW. Recognition of aerosol transmission of infectious agents: A commentary. *BMC Infect Dis* 2019; 19: 101. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-3707-y>
99. Roy CJ, Milton DK. Airborne transmission of communicable infec-

## Referenser

- tion – the elusive pathway. *N Engl J Med* 2004; 350: 1710–2. <https://doi.org/10.1056/NEJMp048051>
100. Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M, Chiarello L; Health Care Infection Control Practices Advisory Committee. 2007 Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious Agents in Health Care Settings. *Am J Infect Control* 2007; 35 (10 Suppl 2): S65–S164. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2007.10.007>
  101. Tang JW, Wilson P, Shetty N, Noakes CJ. Aerosol-Transmitted Infections-a New Consideration for Public Health and Infection Control Teams. *Curr Treat Options Infect Dis* 2015; 7: 176–201. <https://doi.org/10.1007/s40506-015-0057-1>
  102. Wei J, Li Y. Airborne spread of infectious agents in the indoor environment. *Am J Infect Control* 2016; 44(9 Suppl): S102–8. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2016.06.003>
  103. Shreve WB, Wachtel LW. Effect of Extraneous Particulate Matter on Airborne Bacteria. *J Dent Res* 1970; 49: 589–92. <https://doi.org/10.1177/00220345700490032101>
  104. Laheij AM, Kistler JO, Belibasakis GN, Välimaa H, de Soet JJ; European Oral Microbiology Workshop (EOMW) 2011. Healthcare-associated viral and bacterial infections in dentistry. *J Oral Microbiol* 2012; 4. <https://doi.org/10.3402/jom.v4i0.17659>
  105. SSI, Statens Serum Institut. Nationale infektionshygieniske retningslinjer. P. 13. 2019. <https://hygiejne.ssi.dk/-/media/arkiv/subsites/infektionshygiejne/retningslinjer/nir/nir-tandklinikker.pdf> (läst 2.8.2020)
  106. Pankhurst CL, Coulter WA. Do contaminated dental unit waterlines pose a risk of infection? *J Dent* 2007; 35: 712–20. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2007.06.002>
  107. Singh TS, Bello B, Mabe OD, Renton K, Jeebhay MF. Workplace determinants of endotoxin exposure in dental healthcare facilities in South Africa. *Ann Occup Hyg* 2010; 54: 299–308. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mep095>
  108. Skaug N, Nielsen Ø, Lofthus B. Mikrokontaminasjon av vann fra dentalunit i Norge. *Nor Tannlegeforen Tid* 2005; 115: 260–5. <https://www.tannlegetidende.no/asset/2005/PO5-05-260-4.pdf> (läst 2.8.2020)
  109. Shaw AB. Tuberculosis in medical and dental students: a study at Guy's hospital. *Lancet* 1952; 260: 400–4. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(52\)90218-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(52)90218-3)
  110. Smith WH, Davies D, Mason KD, Onions JP. Intraoral and pulmonary tuberculosis following dental treatment. *Lancet* 1982; 1(8276): 842–4. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(82\)91886-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(82)91886-4)
  111. Petti S. Tuberculosis: Occupational risk among dental healthcare workers and risk for infection among dental patients. A meta-narrative review. *J Dent* 2016; 49: 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.05.003>
  112. Cleveland JL, Kent J, Gooch BF, Valway SE, Marianos DW, Butler WR, et al. Multidrug-resistant Mycobacterium tuberculosis in an HIV dental clinic. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1995; 16: 7–11. <https://doi.org/10.1086/646995>
  113. Samaranyake P. Re-emergence of tuberculosis and its variants: implications for dentistry. *Int Dent J* 2002; 52: 330–6. <https://doi.org/10.1002/j.1875-595x.2002.tb00880.x>
  114. Cleveland JL, Robison VA, Panlilio AL. Tuberculosis epidemiology, diagnosis and infection control recommendations for dental settings: an update on the Centers for Disease Control and Prevention guidelines. *J Am Dent Assoc* 2009; 140: 1092–9. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2009.0335>
  115. Merte JL, Kroll CM, Collins AS, Melnick AL. An epidemiologic investigation of occupational transmission of Mycobacterium tuberculosis infection to dental health care personnel. *J Am Dent Assoc* 2014; 145: 464–71. <https://doi.org/10.14219/jada.2013.52>
  116. Atlas RM, Williams JF, Huntington MK. Legionella Contamination of Dental-Unit Waters. *Appl Environ Microbiol* 1995; 61: 1208–13. <https://aem.asm.org/content/61/4/1208> (läst 2.8.2020)
  117. Olsen I, Jantzen E, Skaug N. Legionella och andre mikrober i vann fra dentalunit – et helseproblem? *Nor Tannlegeforen Tid* 2002; 112: 374–9. <https://www.tannlegetidende.no/i/2002/7/dnt-30253> (läst 2.8.2020)
  118. Dutil S, Veillette M, Mériaux A, Lazure L, Barbeau J, Duchaine C. Aerosolization of mycobacteria and legionellae during dental treatment: Low exposure despite dental unit contamination. *Environ Microbiol* 2007; 9: 2836–43. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2007.01395.x>
  119. Ricci ML, Fontana S, Pinci F, Fiumana E, Pedna MF, Farolfi P, et al. Pneumonia associated with a dental unit waterline. *Lancet* 2012; 379(9816): 684. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60074-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60074-9)
  120. Petti S. The Chicken-Egg Dilemma: Legionnaires' Disease and Retrograde Contamination of Dental Unit Waterlines. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2016; 37: 1258–60. <https://doi.org/10.1017/ice.2016.184>
  121. Estrich CG, Gruninger SE, Lipman RD. Rates and predictors of exposure to Legionella pneumophila in the United States among dental practitioners. *J Am Dent Assoc* 2017; 148: 164–71. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2016.11.032>
  122. Petti S, Vitali M. Occupational risk for legionella infection among dental healthcare workers: meta-analysis in occupational epidemiology. *BMJ Open* 2017; 7: e015375. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-015374>
  123. Fotos PG, Westfall HN, Snyder IS, Miller RW, Mutchler BM. Prevalence of Legionella-specific IgG and IgM antibody in a dental clinic population. *J Dent Res* 1985; 64: 1382–5. <https://doi.org/10.1177/00220345850640121101>
  124. Reinthaler FF, Mascher F, Stunzner. Serological examinations for antibodies against Legionella species in dental personnel. *J Dent Res* 1988; 67: 942–3. <https://doi.org/10.1177/00220345880670061001>
  125. Graham FF, Hales S, White PS, Baker MG. Review Global seroprevalence of legionellosis - a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep* 2020; 10: 7337. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63740-y>
  126. Davies KJ, Herbert AM, Westmoreland D, Bagg J. Seroepidemiological study of respiratory virus infections among dental surgeons. *Br Dent J* 1994; 176: 262–5. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4808430>
  127. Corstjens PL, Abrams WR, Malamud D. Detecting viruses by using salivary diagnostics. *J Am Dent Assoc* 2012; 143(10 Suppl): 125–18S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2012.0338>
  128. Slots J, Slots H. Bacterial and viral pathogens in saliva: disease relationship and infectious risk. *Periodontol* 2000 2011; 55: 48–69. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.2010.00361.x>
  129. Corstjens PL, Abrams WR, Malamud D. Saliva and viral infections. *Periodontol* 2000 2016; 70: 93–110. <https://doi.org/10.1111/prd.12112>
  130. Niedrig M, Patel P, El Wahed AA, Schädler R, Yactayo S. Find the right sample: A study on the versatility of saliva and urine samples for the diagnosis of emerging viruses. *BMC Infect Dis* 2018; 18: 707. <https://doi.org/10.1186/s12879-018-3611-x>
  131. Bing-Yuan, Zhang YH, Leung NHL, Cowling BJ, Yang ZF. Role of viral bioaerosols in nosocomial infections and measures for prevention and control. *J Aerosol Sci* 2018; 117: 200–11. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2017.11.011>
  132. Flint SR, Croser D, Reznik D, Glick M, Naidoo S, Coogan M. HIV transmission in the dental setting and the HIV-infected oral health care professional: workshop 1C. *Adv Dent Res* 2011; 23: 106–11. <https://doi.org/10.1177/0022034511400075>
  133. Goh KT, Chan YW, Wong LY, Kong KH, Oon CJ, Guan R. The Prevalence of Hepatitis B Virus Markers in Dental Personnel in Singapore. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1988; 82: 908–10. [https://doi.org/10.1016/0035-9203\(88\)90038-7](https://doi.org/10.1016/0035-9203(88)90038-7)
  134. Reingold AL, Kane MA, Hightower AW. Failure of Gloves and Other Protective Devices to Prevent Transmission of Hepatitis B Virus to Oral Surgeons. *JAMA* 1988; 259: 2558–60. <https://doi.org/10.1001/jama.1988.03720170034029>
  135. Ammon A, Reichart PA, Pauli G, Petersen LR. Hepatitis B and C Among Berlin Dental Personnel: Incidence, Risk Factors, and Effectiveness of Barrier Prevention Measures. *Epidemiol Infect* 2000; 125: 407–13. <https://doi.org/10.1017/S0950268899004537>
  136. Petersen NJ, Bond WW, Favero MS. Air Sampling for Hepatitis B Surface Antigen in a Dental Operator. *J Am Dent Assoc* 1979; 99: 465–7. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1979.0326>
  137. Redd JT, Baumbach J, Kohn W, Nainan O, Khristova M, Williams I. Patient-to-patient transmission of hepatitis B virus associated with oral surgery. *J Infect Dis* 2007; 195: 1311–4. <https://doi.org/10.1086/513435>
  138. Yan J, Grantham M, Pantelic J, Bueno de Mesquita PJ, Albert B, Liu F, et al. Infectious virus in exhaled breath of symptomatic seasonal influenza cases from a college community. *PNAS* 2018; 115: 1081–6. <https://doi.org/10.1073/pnas.1716561115>
  139. Wang WK, Chen SY, Liu JJ, Chen YC, Chen HL, Yang CF, et al. Detection of SARS-associated coronavirus in throat wash and saliva in early diagnosis. *Emerg Infect Dis* 2004; 10: 1213–9. <https://doi.org/10.3201/eid1007.031113>
  140. Cheng VC, Chan JF, To KK, Yuen KY. Clinical management and infection control of SARS: lessons learned. *Antiviral Res* 2013; 100: 407–19. <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2013.08.016>
  141. Yu IT, Li Y, Wong TW, Tam W, Chan AT, Lee JH et al. Evidence of airborne transmission of the severe acute respiratory syndrome virus. *N Engl J Med* 2004; 350: 1731–9. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa032867>
  142. WHO, World Health Organization. Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications



## Referenser

- for IPC precaution recommendations. V. 29.3. WHO/2019-nCoV/Sci\_Brief/Transmission\_modes/2020.2. Først publisert 28 mars 2020. Oppdatert 9 juli 2020. <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations> (läst 2.8.2020)
- 143.** Brurberg KG. SARS-CoV-2, MERS-CoV og SARS-CoV og risiko for luftbåren smitte – en hurtigoversikt. Hurtigoversikt 2020. Oslo: Folkehelseinstituttet, 2020. <https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/2020/sars-cov-2-mers-cov-og-sars-cov-og-risiko-for-luftbåren-smitte-rapport-2020-v2.pdf> (läst 2.8.2020)
- 144.** Liu Y, Ning Z, Chen Y, Guo M, Liu Y, Gali NK, et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. *Nature*. 2020 Apr 27. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2271-3>
- 145.** Xu J, Li Y, Gan F, Du Y, Yao Y. Salivary Glands: Potential Reservoirs for COVID-19 Asymptomatic Infection. *J Dent Res* 2020; 22034520918518. <https://doi.org/10.1177/0022034520918518>
- 146.** Xu R, Cui B, Duan X, Zhang P, Zhou X, Yuan Q. Saliva: potential diagnostic value and transmission of 2019-nCoV. *Int J Oral Sci* 2020; 12: 11. <https://doi.org/10.1038/s41368-020-0080-z>
- 147.** Liu L, Wei Q, Alvarez X, Wang H, Du Y, Zhu H, et al. Epithelial cells lining salivary gland ducts are early target cells of severe acute respiratory syndrome coronavirus infection in the upper respiratory tracts of rhesus macaques. *J Virol* 2011; 85: 4025–30. <https://doi.org/10.1128/JVI.02292-10>
- 148.** Xu H, Zhong L, Deng J, Peng J, Dan H, Zeng X, et al. High expression of ACE2 receptor of 2019-nCoV on the epithelial cells of oral mucosa. *Int J Oral Sci* 2020c; 12: 8. <https://doi.org/10.1038/s41368-020-0074-x>
- 149.** To KK, Tsang OT, Chik-Yan Yip C, Chan KH, Wu TC, Chan JMC, et al. Consistent detection of 2019 novel coronavirus in saliva. *Clin Infect Dis*. 2020a. pii: ciaa149. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa149>
- 150.** To KK, Tsang OT, Leung WS, Tam AR, Wu TC, Lung DC, et al. Temporal profiles of viral load in posterior oropharyngeal saliva samples and serum antibody responses during infection by SARS-CoV-2: an observational cohort study. *Lancet Infect Dis*. 2020b, pii: S1473-3099(20)30196-1. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30196-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30196-1)
- 151.** Juvet LK, Lauvrak V. Spyttprøver for testing av SARS-CoV-2 infeksjon - en hurtigoversikt. Oslo: Folkehelseinstituttet, 2020.05.08. <https://www.fhi.no/publ/2020/Spyttprøver-for-testing-av-SARS-CoV-2-infeksjon> (läst 2.8.2020)
- 152.** Brune DK, Edling C. Occupational Hazards in the Health Profes-
- sions. CRC Press, 1989. ISBN 0849369312
- 153.** Burton WE, Miller RL. The role of aerosobiology in dentistry. *Proc First Intern Symp Aerobiol*, Berkeley, Calif, 1963. p. 89. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/614709.pdf> <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/614709.pdf> (läst 2.8.2020)
- 154.** GPMB, Global Preparedness Monitoring Board. A world at risk: annual report on global preparedness for health emergencies. World Health Organization. ISBN 9789241517010. 2019. [https://apps.who.int/gpmb/assets/annual\\_report/GPMB\\_annualreport\\_2019.pdf](https://apps.who.int/gpmb/assets/annual_report/GPMB_annualreport_2019.pdf) (läst 2.8.2020)

# Forskare? Vill du bidra med en vetenskapsartikel?

SÄND DITT MANUSKRIFT FÖR BEDÖMNING TILL:

**Tandläkartidningen**Box 1217, 111 82 Stockholm  
manus@tandlakartidningen.se  
08-666 15 00
**Tandläkar**  
tidningen