



Aerosolen, besmettingskansen en infectiepreventie

Wat kan er *wel* op het gebied van aerogene hygiëne?

5.1.2e

Overzicht



Overdracht en de infectieketen



Aerosolen, definitie en achtergrond



Stappen in de infectieketen, relatieve bijdrage en bestrijdingsmethoden



Omgaan met risico's tijdens een pandemie: de klinisch fysische benadering



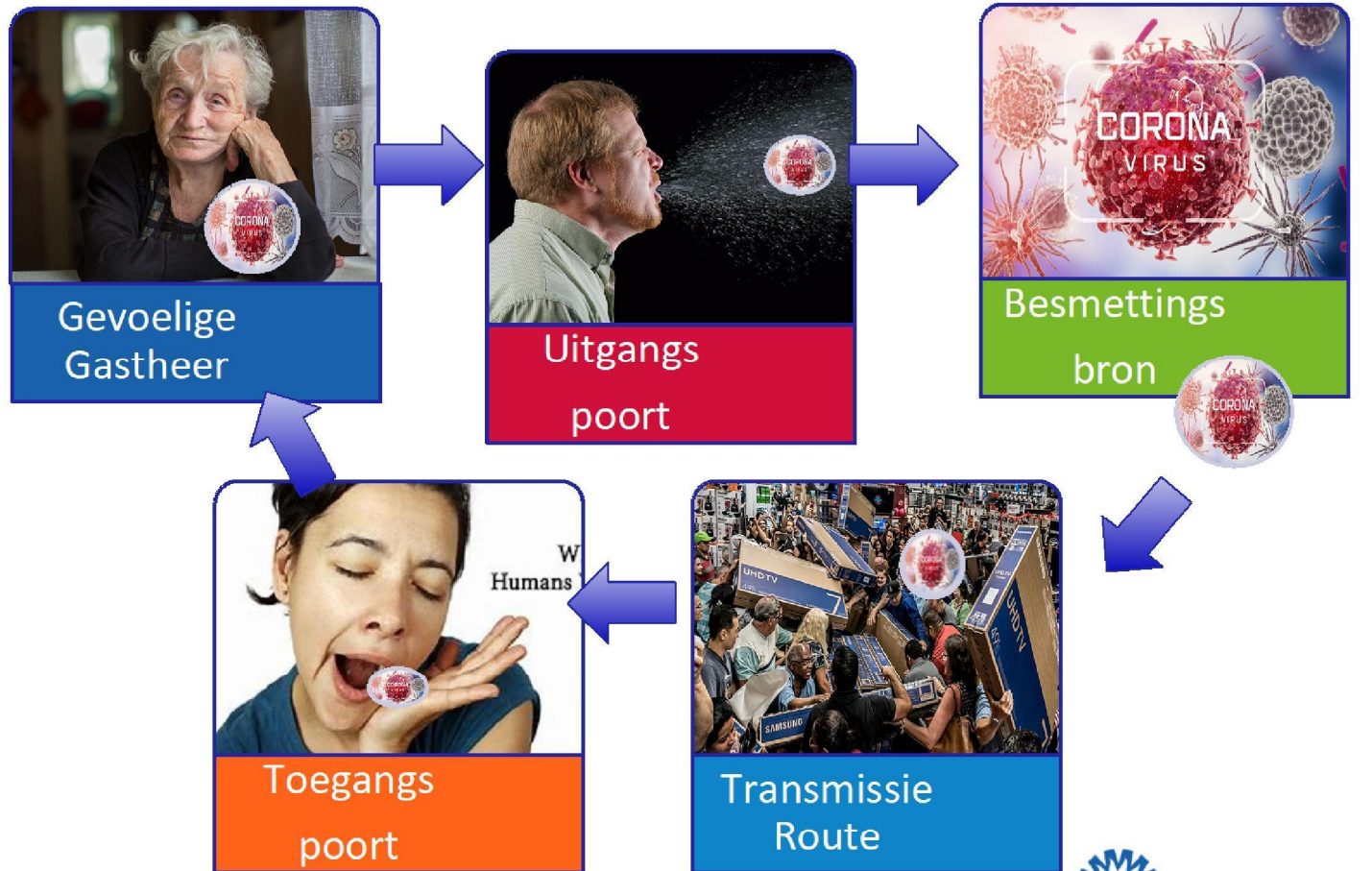
Take Home



Overdracht van Covid-19

- Om zich te handhaven moet het Coronavirus infecties blijven veroorzaken in nieuwe gastheren.
- Vanuit een reservoir of besmettingsbron moet het een nieuwe gastheer bereiken en binnendringen
- Verder moet het virus zich in de nieuwe gastheer kunnen vermenigvuldigen.
- Dit geheel van verwekker, besmettingsbron, besmettingsweg en gevoelige gastheer noemen we de infectieketen
- Dit is het kennisgebied van de ziekenhuishygiëne en infectiepreventie (vaak de medisch microbioloog)
- Hoe kunnen wij hen helpen feit en fictie te scheiden met onze fysische kennis van de aerogene besmettingsroute?

Infectieketen



Definities van “aerosol” in de media

- De WHO en RIVM gebruiken in de beantwoording van vragen aan het publiek een benadering van de definitie van aerosolen:
 - WHO: “Some medical procedures can produce *very small droplets (called aerosolized droplet nuclei or aerosols) that are able to stay suspended in the air for longer periods of time*”
 - RIVM: “Het is op dit moment niet duidelijk of *de kleine druppels (aerosolen) die in de lucht blijven hangen* een rol spelen bij de verspreiding van het nieuwe coronavirus. ”

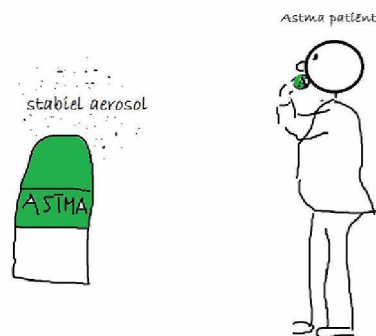
Dit is een populair wetenschappelijke benadering van de definitie van het RIVM: “*een wolk van grote en kleine druppels en druppelkernen*”

De fysische definitie van een aerosol

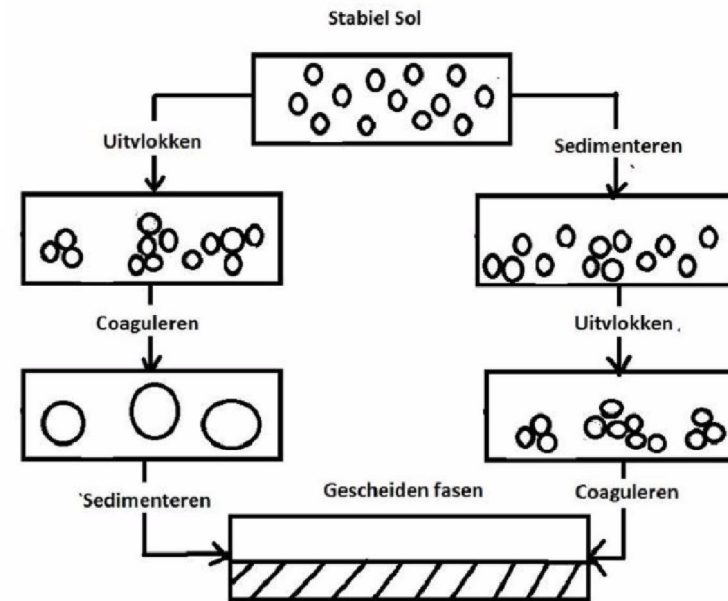
- In een *colloïdaal systeem* of *sol* is een samenstel van twee niet moleculair mengbare fasen, dat zich als één geheel gedraagt
- In een sol bestaat één component uit deeltjes met een afmeting van ongeveer 1-1000 nm die fijn verdeeld ofwel gedispergeerd zijn in de andere, continue fase.
- Bij een *aerosol* is de continue fase een gas en de disperse fase vast of vloeibaar.

Eigenschappen van solen

- Solen kenmerken zich door een *groot grensvlak* en hebben daardoor specifieke fysisch chemische eigenschappen
- Deze eigenschappen worden gebruikt voor de toepassing en formulering van aerosolen voor vele doelen, zoals geneesmiddel toediening (b.v. inhaler)



Een belangrijke eigenschap is de *stabiliteit*. Aerosolen kunnen uitvlokken coaguleren en sedimenteren en zo weer in twee fasen gescheiden worden.



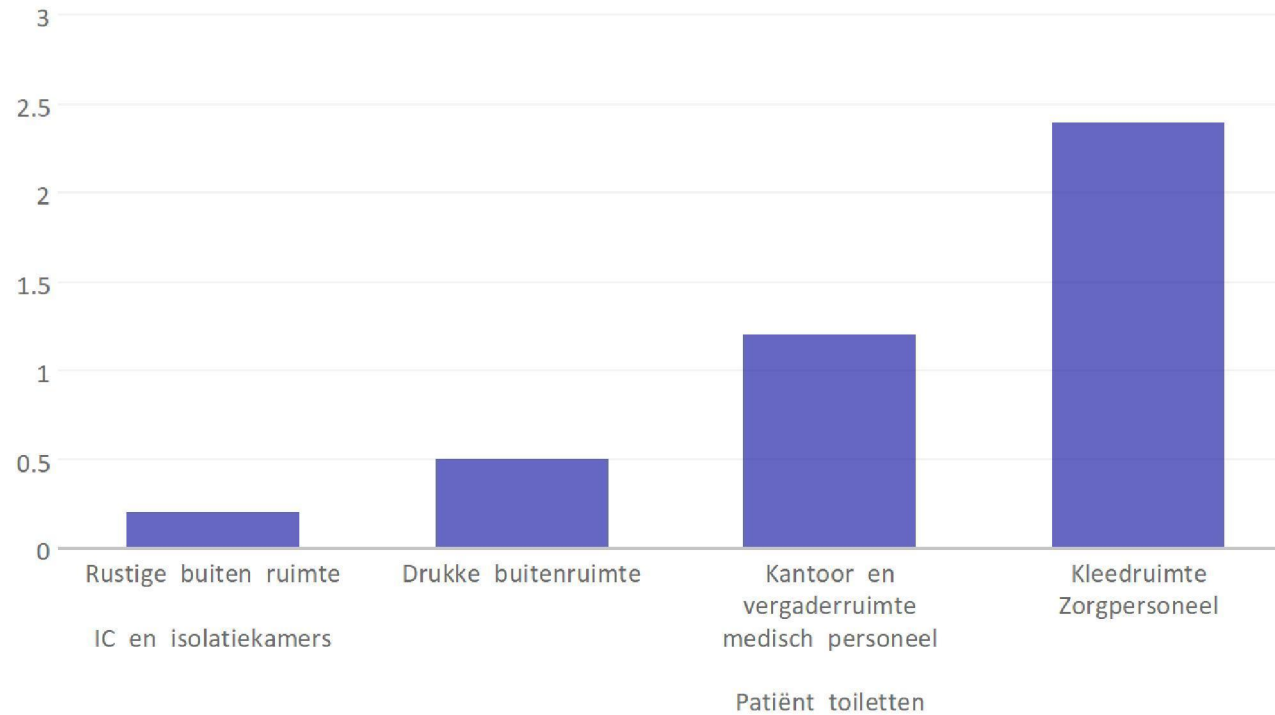
De mechanismen van overdracht door de lucht¹

- Druppels of aerosolen?: 5.1.2e
- 5.1.2a
- Studie overleving virusmateriaal v Dooremalen ea.⁴
 - Virus overleeft
 - Tot 8 uur op koper
 - Tot 24 uur op karton en roestvrij staal
 - Tot 72 uur op plastic
 - In elk geval 3 uur in de lucht

1: Is COVID-19 an airborne disease?

5.1.2e

Belangrijkste locaties met veel virus RNA



Samenvattend zegt dit filmpje

- Zowel de overdracht via grote druppels die geen stabiel aerosol geven, als die via stabiele aerosolen (van vaak kleinere deeltjes) zijn van belang
- Kleine deeltjes
 - Bevatten minder virus
 - Dringen dieper door in de luchtwegen
 - Geven een stabielere aerosol
- Maskers beschermen tegen besmetting vanuit stabiele aerosolen
- Afstand en handen wassen beschermt tegen instabiele (grote druppel) aerosolen

2: Aerodynamic Characteristics and RNA Concentration of SARS-CoV-2 Aerosol in Wuhan Hospitals during COVID-19 Outbreak

Yuan Liu, Ph.D.,^{1, †}, Zhi Ning, ea. *Nature*. 2020;582(7813):557-560. doi:10.1038/s41586-020-2271-3

3. Air, Surface Environmental, and Personal Protective Equipment Contamination by Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) From a Symptomatic Patient,

Ong SWX, Tan YK, Chia PY, et al. [published online ahead of print, 2020 Mar 4].

JAMA. 2020;323(16):1610-1612.

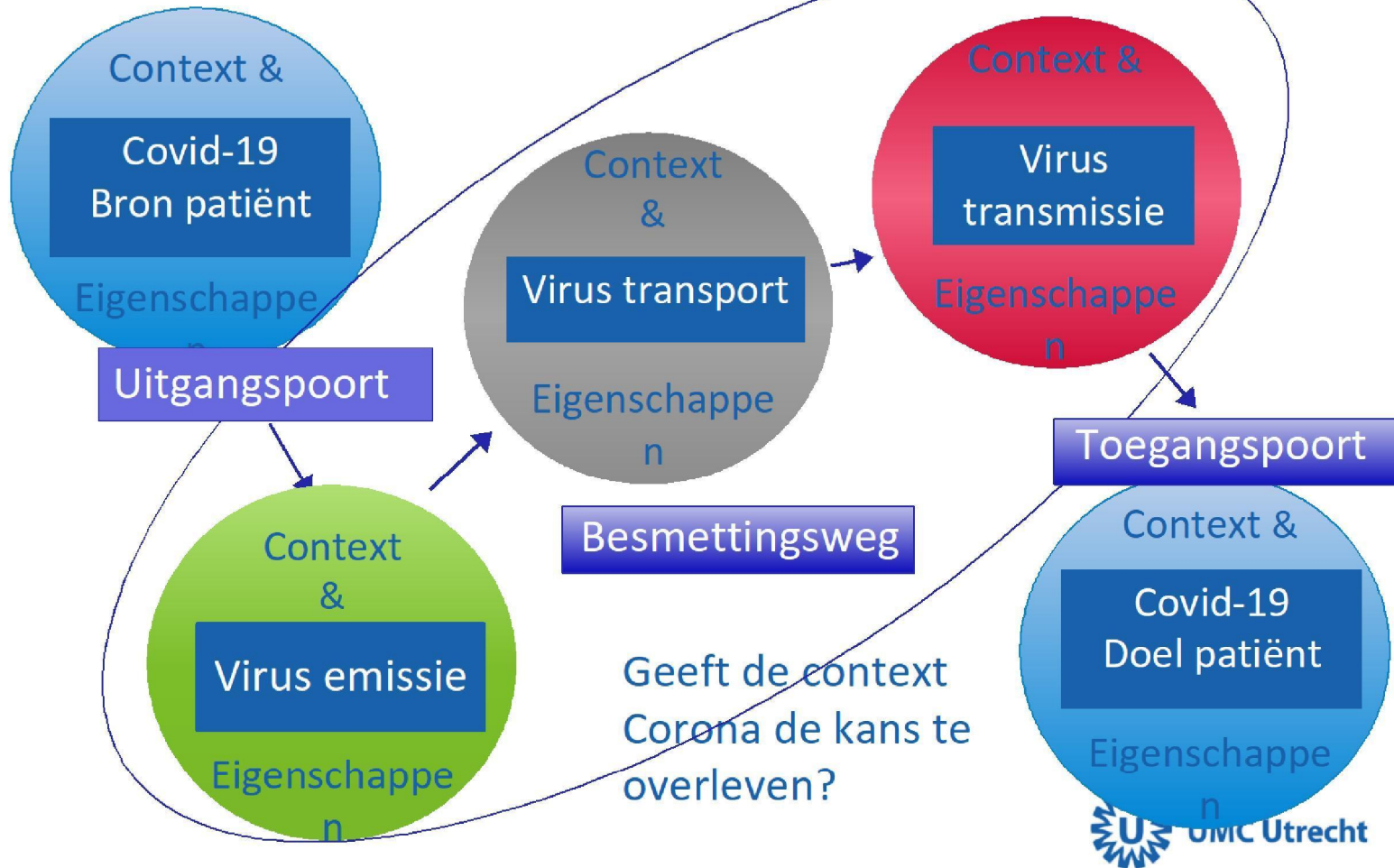
4. Aerosol and surface stability of HCoV-19 (SARS-CoV-2) compared to SARS-CoV-1. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, et al. Preprint. *medRxiv*. 2020;2020.03.09.20033217. Published 2020 Mar 13. doi:10.1101/2020.03.09.20033217



Risicominimalisatie aerosoloverdracht: Een praktische benadering

- Er is geen fysisch onderscheid tussen de overdracht door “druppels in de lucht binnen 1,5 m” en de “kleine druppels”, het is allebei luchtoverdracht
- Er zijn specifieke omstandigheden waaronder aerosolen lang stabiel blijven
- Meestal zijn colloïden met grote deeltjes (diameter > 1000 nm) niet stabiel Die slaan dan binnen 1 à 1,5 m neer
- De discussie over “wel of geen aerosol overdracht” vertroebelt de analyse naar de beste infectiepreventie.
- Zoek daarom met een multidisciplinair team met respect voor elkaars expertise de situaties met het hoogste risico op overdracht en bedenk daar passende oplossingen en maatregelen voor
- Dat kan in verschillende stappen van de infectieketen
- Klinisch fysici kunnen vanuit hun expertise bijdragen de energie te richten op effectieve fysieke bestrijdingsmethoden

De stappen van Covid-19 overdracht



Waar worden infectieuze aerosolen gevormd (1)?

- Bij niezen en hoesten komt het meest vrij, vooral bij zieke patiënten. Verklaring:
 - kracht van de emissie en smalle mondopening werken explosief [Onderzoek MIT](#) 5.1.2e [filmpjes](#)
 - Hoge viral load bij patiënten
- Bij bepaalde medische procedures⁷
 - gemotoriseerd instrumentarium met hoog toerental en koeling (shaver en/of boor)
 - In de luchtwegen
 - veelvuldig gebruik van elektrocoagulatie
 - rookontwikkeling
- Bij omkleden en wellicht ook bij dansen in volle ruimten kunnen neergeslagen deeltjes opnieuw in de lucht komen

Waar worden infectieuze aerosolen gevormd? (2)

- Hoe zit het met spreken, schreeuwen en zingen?
 - Zingen geeft minder deeltjes dan spreken (experiment met 3 proefpersonen⁸)
 - Cave: Artikel Loudon wordt veel verkeerd geciteerd in de media. Men zegt: “veel meer deeltjes bij zingen”.
 - Wat staat er echt:
 - De deeltjes die bij zingen worden uitgedemd zijn minder en kleiner dan bij spreken en blijven langer hangen
 - NB. veel deeltjes ≠ veel besmettelijke virus deeltjes
 - Onderzoek 5.1.2e (bekend bij RIVM)
 - Luchtstromen bij zingen en blazen komen niet ver en zijn gemakkelijk met eenvoudige middelen af te schermen (“social screens” voor koren en stadion)
 - Koorzang vóór Corona gold als weerstand verhogend
 - Hypothese: besmetting met lage load is soort grove vaccinatie?

8. Loudon, R.G. et al. (1968) PR, [Singing and the dissemination of tuberculosis.](#); American Review of Respiratory Disease, 98, pp. 297-300

Aerosol vorming in het ziekenhuis

- Soorten aerosolbronnen:
 - Patiënten
 - Apparaten
 - Combinatie van beiden



Figure 1. The visible aerosol cloud produced by an ultra-sonic scaler using a flow of 17 milliliters per minute of coolant water.



- gemotoriseerd instrumentarium met hoog toerental en koeling (shaver en/of boor)
- In de luchtwegen
- veelvuldig gebruik van elektrocoagulatie
- rookontwikkeling

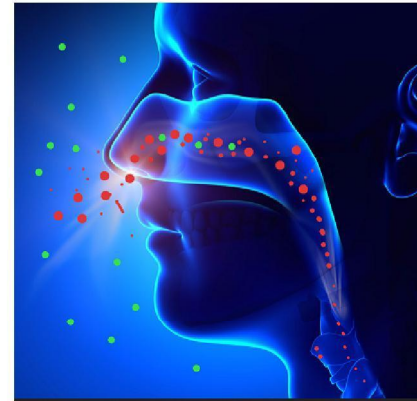
Kans en impact van overdracht

- Parameters die de kans van overdracht van infectie bepalen⁶:
 - viral load, (hoeveelheid levend virus)
 - frequentie van expositie
 - de duur van de expositie
- Deze parameters bepalen waarschijnlijk ook de ernst, naast
 - Vatbaarheid en weerstand doelpatiënt
- Wat betekent dit voor de kans en impact van overdracht via de aerosol route?
- Waar heeft ingrijpen het meest positief effect en het minste bijwerkingen?
- Wat vindt de samenleving een acceptabele ziektelast?

7: [Overzicht Medische procedures die een infectieuze aerosol genereren \(IAGP\) met SARS-CoV-2 \(versie 12 juni 2020\)](https://www.demedischspecialist.nl/onderwerp/details/richtlijnen-handreikingen-leidraden)
<https://www.demedischspecialist.nl/onderwerp/details/richtlijnen-handreikingen-leidraden>

Transport van virus via de luchtwegen

- Virusdeeltjes (rood) van verschillende grootte worden ingeademd
- Kleinere deeltjes gaan verder naar binnen, dieper de longen in
- Een deel wordt in longen geabsorbeerd
- Een deel wordt uitgeademd
- Over dit evenwicht (deeltjesgrootteverdeling vs in en uitademen en adsorptiefractie) is niet veel bekend wat betreft Corona.
- Wel zijn simulatiestudies gedaan naar influenza virus en deeltjes depositie
- Denk bv aan longmodellen voor depositie van radioactieve stoffen (ICRP 66)



Fysische bestrijding⁸

Eliminatie

- Virus fysiek verwijderen (b.v. doden met UV-C)

Technische Beheersing

- Mens en virus scheiden (b.v. Ventilatie)

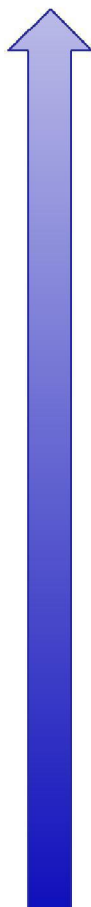
Wet en regelgeving

- Mensen vertellen wat ze moeten doen of laten (b.v. samenscholingsverbod)

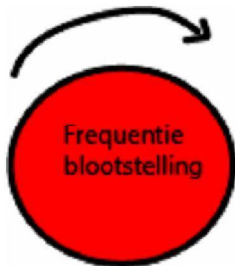
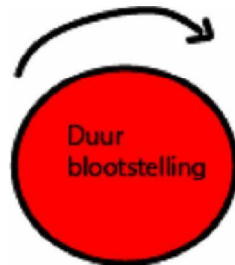
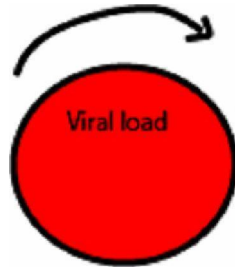
Persoonlijke bescherming

- Maskers, schorten

Effectiviteit



Knoppen om aan te draaien - bronzijde



- Aantal bronnen
 - Max aanwezig
 - Quarantaine bij klachten
- Aantal emissies
 - Minder niezen/ hoesten (maar is dit gezond?)
- Intensiteit van de emissie
 - bewezen patiënten
 - uitstoot beperken
 - Afscherming bron
 - Mond spoelen en tong schrapen
 - Interne aerosol destabilisatie?
- Duur blootstelling minimaliseren
 - Tijd samenkomsten beperken
 - Voorbereiding bijeenkomsten individueel
- Frequentie blootstelling minimaliseren
 - Alleen noodzakelijk reizen of anderen bezoeken



Effectieve indamming van de ziektelast

Als klinisch fysicus kan je intercollegiaal consult geven over de wijze waarop de ziektelast door verspreiding van het virus door de lucht te beperken

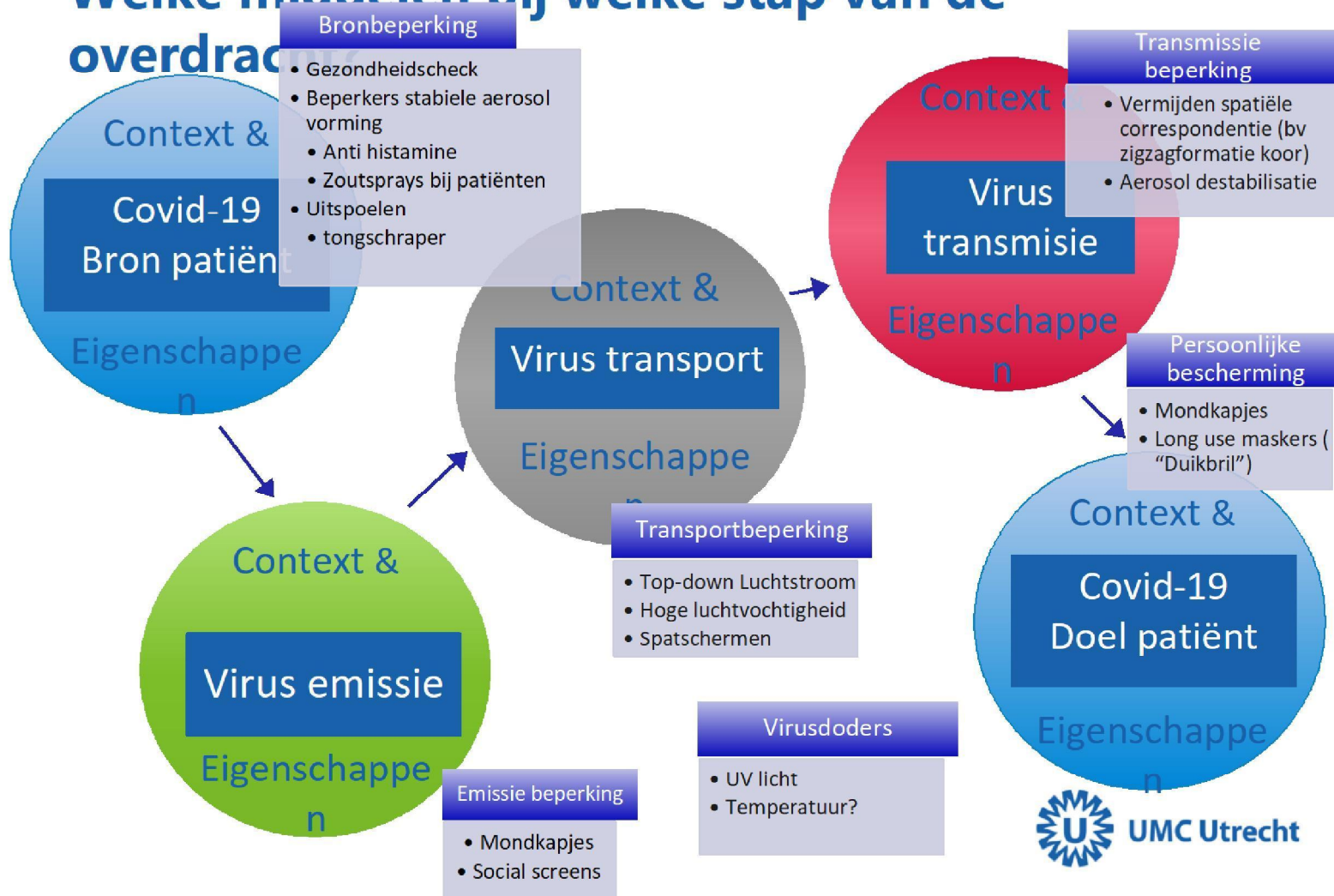
Het virus bereikt in dit geval de nieuwe gastheer door het inademen van besmette lucht of doordat een bronpatiënt de doel patiënt direct aan niest of hoest.

Er is veel debat over het aandeel van de route in de totale besmetting.

Voor het in het hier en nu beperken van de Covid-19 problemen hoeft niet opgelost te worden welk aandeel het grootst is: het doel is dat de totale ziektelast merkbaar omlaag gaat. Dat betekent:

- R_0 hoeft niet 0 te worden: $R_0 < 1$ is goed genoeg en $R < = 0,7$ fijn.
- De effectiviteit van de ingreep wordt bepaald door de som der delen
- Daar waar de uitgangssituatie het minst ideaal is, valt het meest te winnen
- Probeer die situaties te identificeren en daar gerichte maatregelen op in te zetten

Welke middelen bij welke stap van de overdracht



Risico beperking: Voorzorg vs ALARA principe

Voorzorgsprincipe

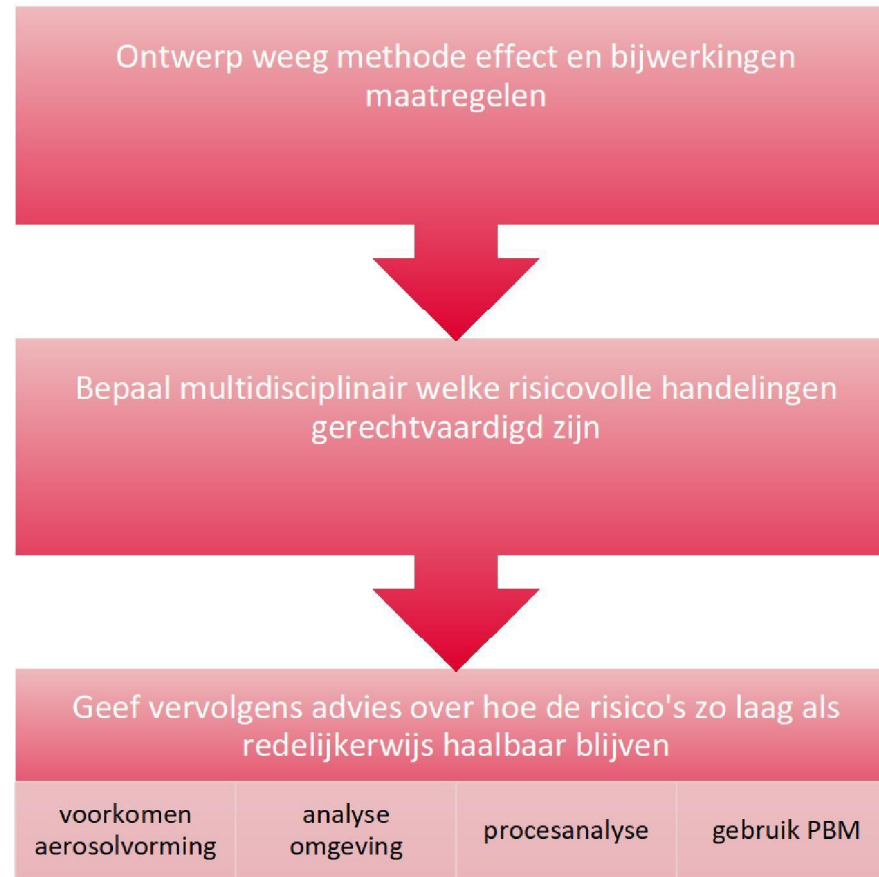
- Focus op preventie
- Effectief voor grote risico's die zeer nabij maar nog niet realiteit zijn
- Restrictief: doe niets tenzij dit bewezen zonder schade kan
- Alleen eliminatiemethode is geschikt

ALARA

- "As low as reasonably achievable"
- Beperk risico tot wat redelijkerwijs haalbaar is en stop daar
- Focus op risicobeperking
- Effectief voor risico's die realiteit zijn en minder controleerbaar
- Summatief: totale effect bestaat uit de de som van alle effecten
- Alle methoden kunnen bijdragen totale effectiviteit is gebaseerd op som van individuele effecten

Hoe kun je als klinisch fysicus in een pandemie het best met risico's omgaan?

- Realiseer je de dat er veel angst en emoties zijn, geef die een plek
- Wees realistisch: virologen en epidemiologen schatten de kans dat we het virus kunnen elimineren nul
- het voorzorgprincipe werkt dus niet
- Kijk vervolgens naar de feiten en gebruik ALARA risicomethode
- Root Cause Analysis: Let op hind sight bias!

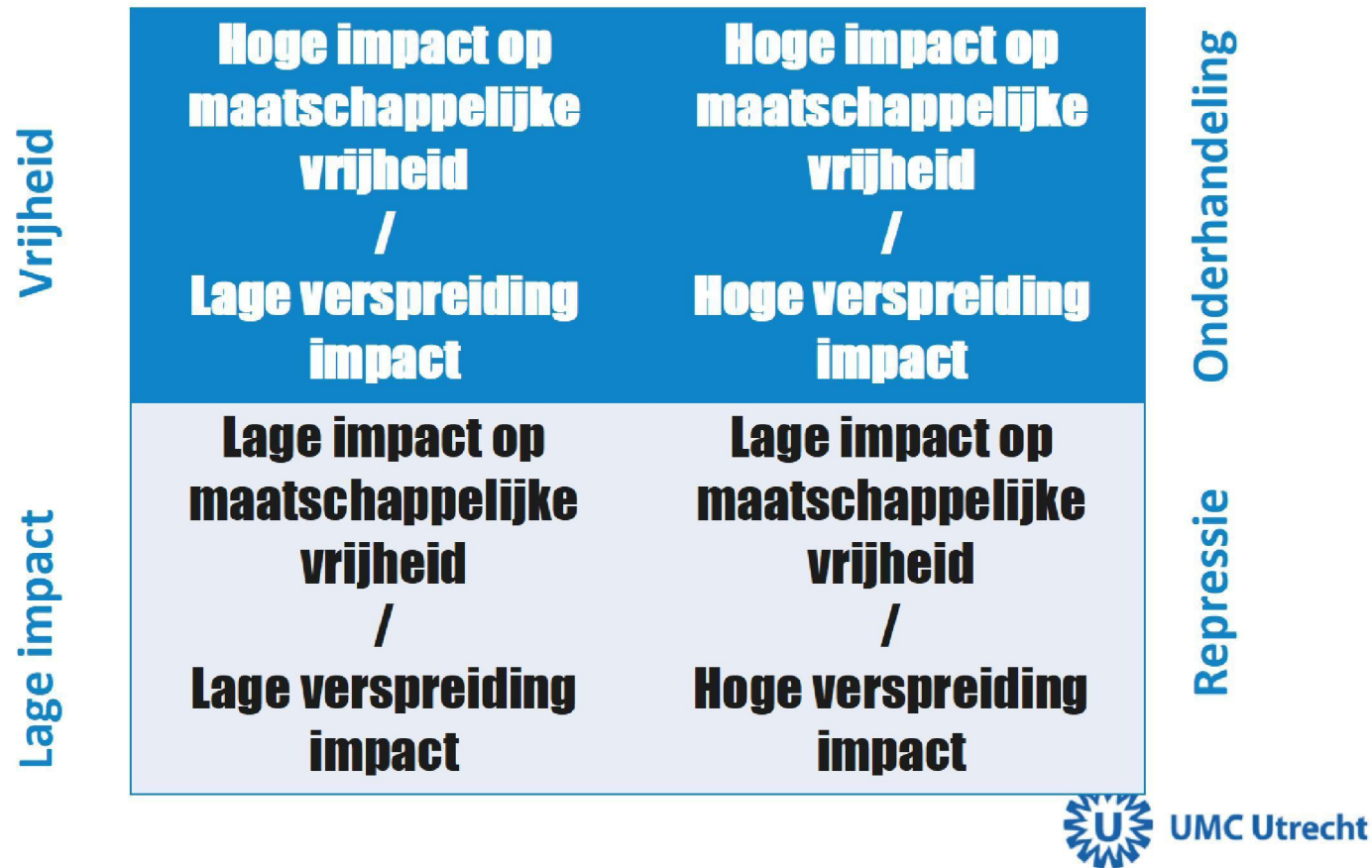


Welke beperkende maatregelen werken?

Je kunt allerlei maatregelen voorschrijven/ voorstellen, maar niet alles werkt. Opvolging is erg afhankelijk van:

1. Toegankelijkheid (b.v. betaalbaarheid)
2. Uitvoeringsgemak
3. Grootte bewezen effect
4. Proportionaliteit (weegt dat wat je moet laten of hoe ingewikkeld je moet werken op tegen het effect)
5. Ernst en mate van bijwerkingen van de maatregel

Weegmethodiek: Interventiekwadrant

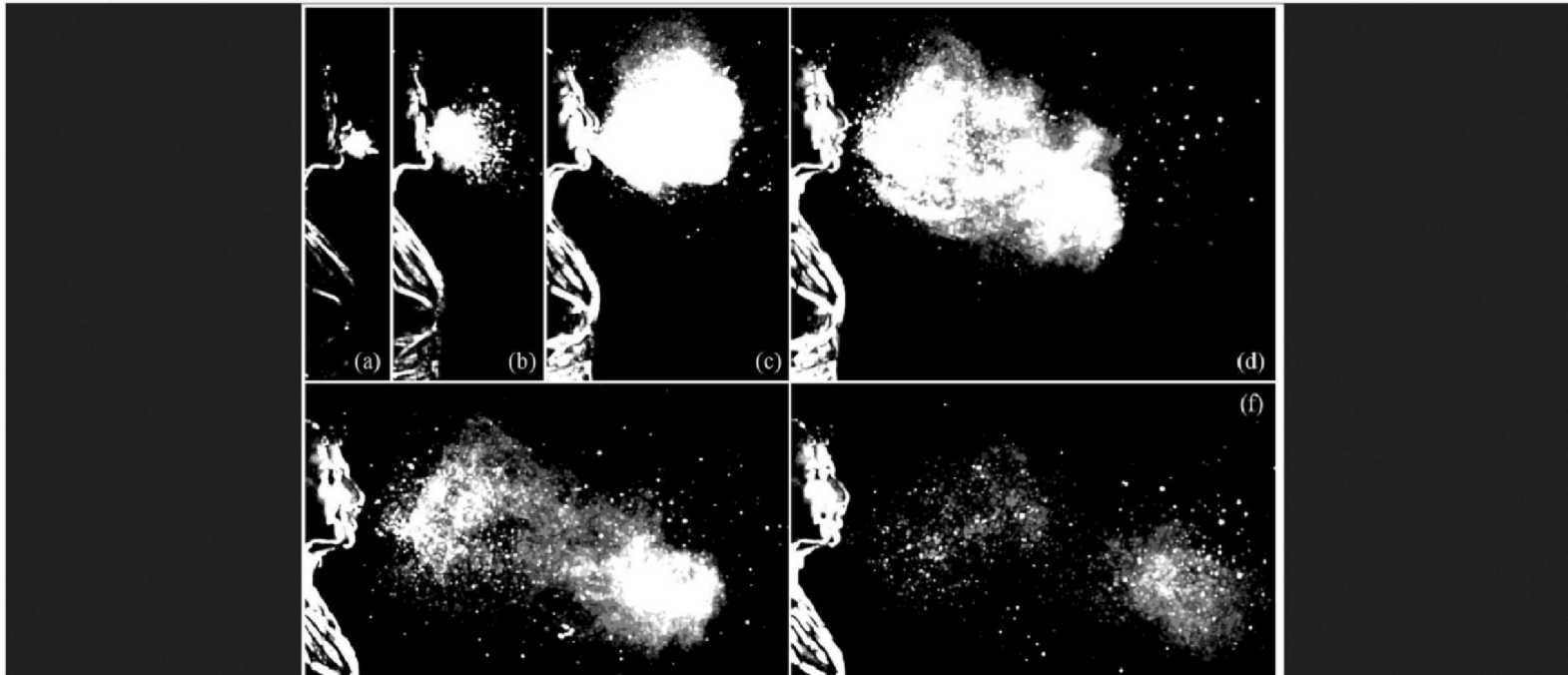


Take home: Welke maatregelen eerst?

- Voorkom ontstaan aerosolen in afgesloten ruimten
 - Draag mondkapjes in liften, met velen gedeelde wc's en volle vergaderruimten
- Blootstellingstijd verkorting:
 - Omkleedvolgorde:
 - Aankleden: eerst PBM aan
 - Uittkleden: PBM het laatst uit
 - Beperk langdurig verblijf met veel mensen in benauwde ruimten
 - Vaker pauze en luchten bij vergaderingen
- Destabilisatie aerosolen
 - Uitwassen luchtvervuiling
 - Verhogen luchtvochtigheid
 - Onderzoek of medicatie/ huismiddeltjes hierbij helpen
- Adequate ventilatie
 - Maak gebruik van kennis van ventilatie experts

Samenvattend

- Er is geen fysisch onderscheid tussen overdracht door “druppels” of “aerosolen”, dat is ook niet van belang
- Met de kennis van de stappen in luchtverspreiding kun je risico’s en relatief belang in verschillende situaties goed in kaart brengen
 - Kleine afgesloten ruimten
 - Ruimten met veel bronnen
 - Omgevingen waar stabilisatoren aanwezig zijn
zijn risicogebieden voor stabiele aerosolen met levensvatbaar virus
- Let op bij emoties: geef ze een plek en ga verder met de feiten
- Gebruik deze kennis,
 - analyseer daarmee mogelijke besmettingsgevallen
 - rechtvaardig daarmee noodzakelijke risico’s
 - gebruik ALARA om te differentiëren in maatregelen
- Handhaaf vooral maatregelen tegen de grootste risico’s die bewezen effectief zijn

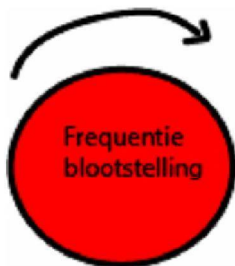
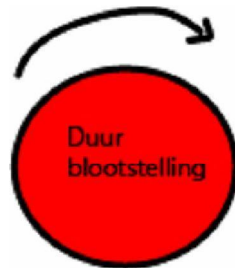
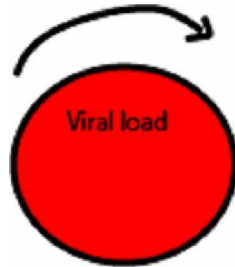


http://lbourouiba.mit.edu/sites/default/files/sneeze-sequence_1.jpg

Meer onderzoek naar infectiepreventie door de lucht is essentieel!

Vragen?

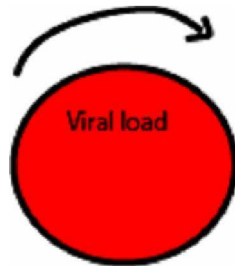
Knoppen om aan te draaien - omgeving



- Stabiliteit aerosol
 - Rol luchtvervuiling
 - Luchtvochtigheid
 - Aanwezigheid (de-)stabiliserende factoren
- Virus overleving en transport
 - luchtvochtigheid
 - Straling
 - Aanwezigheid aerosol stabilisatoren (o.a. luchtvervuiling)
 - Tijdsduur tot overdracht
- Duur blootstelling minimaliseren
 - Verdunning door luchtverversing/ ventilatie
 - Aanwezigheid in virus intensieve omgeving minimaliseren
 - Naar buiten gaan na verblijf binnen met meerdere personen
- Frequentie aanwezigheid in risicovolle omgevingen minimaliseren

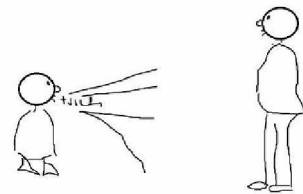
[Exosome project](#)

Knoppen om aan te draaien - transmissie

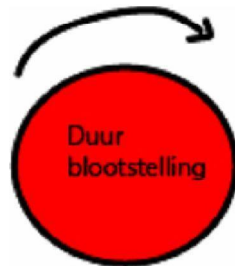
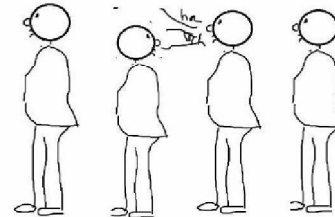


- Afstand houden
- Gelijktijdige aanwezigheid beperken
- Spatiële correspondentie bron en doel
 - Welk deel van de viruswolk komt in de baan van de doel patiënt?

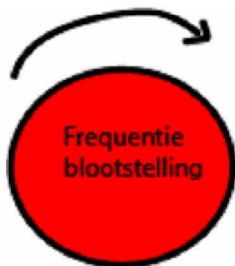
Kind niest naar leraar: geen spatiele correspondentie



Niezen in het koor: spatiele correspondentie tussen baritons

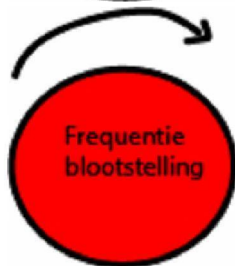
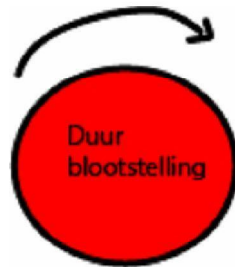
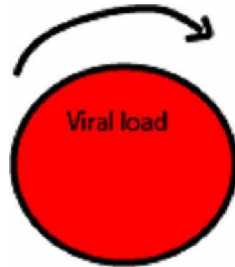


- Duur spatiele correspondentie minimaliseren
 - Gebruik van schermen
- Vermijden van locaties met stabiele aerosolen
 - WC's/ gedeeld sanitair
 - Liften
 - Slecht geventileerde ruimten



- Frequentie spatiele correspondentie minimaliseren
 - Stap achteruit als iemand niest/ hoest

Knoppen om aan te draaien - doelzijde



- Aantal geslaagde transmissies
 - Keuze doelpersoon om zich te bevinden in omgeving met x aantal aanwezigen/ grootte sociale bubbel
 - Vermijden van situaties/ personen met hoge blootstellingskans
 - Mondkapje of social screen dragen
- Intensiteit van de transmissie
 - Afstand houden
 - Weerbaarheid/ weerstand ontvanger vergroten (intacte huid, gezond leven, gezonde voeding, vet% omlaag)
 - absorptie beperken (Mond spoelen en tong schrapen)
- Duur blootstelling minimaliseren
 - Onbeschermde blootstelling minimaliseren, goed gebruik mondkapje
 - Mondkapje in slecht geventileerde veel gedeelde ruimten
- Frequentie blootstelling minimaliseren
- + weerstand/ weerbaarheid ontvanger verbeteren

2 Handelingen bestempeld als aerosolvormend volgens WHO en aanvullingen daarop door de expertteam infectiepreventie 28-04-2020

Handelingen	Geen verdenking COVID-19 / COVID-19 negatief	Verdenking COVID-19 / COVID-19 positief getest	Betreft een IAGP	Extra maatregelen bij verdachte of bevestigde COVID-19 patiënten
<ul style="list-style-type: none"> • Tracheale intubatie, Niet-invasieve beademing, • Tracheostomie, • Handelingen aan het tracheostoma • Cardiopulmonaire reanimatie, • Handmatige beademing voorafgaand aan intubatie* • Bronchoscopie, • Ultzuigen 	algemene voorzorgsmaatregelen cf instelling	Isolatie maatregelen cf instelling waarbij veiligheidsbril en FFP-2 mondneusmasker	Valt onder WHO definitie aerosolvormende handelingen, daarom IAGP - ja	Ja
<ul style="list-style-type: none"> • Sputum inductie • CPAP • Optiflow • Vernevelen • Boussignac, of andere vormen van "positive pressure" high-flow zuurstof (>12 liter) 	algemene voorzorgsmaatregelen cf instelling	Isolatie maatregelen cf instelling waarbij veiligheidsbril en FFP-2 mondneusmasker	Valt niet onder WHO definitie aerosolvormende handelingen, maar zijn door de expertteam beoordeeld als AGP (I+) + (AGP+) = ja, IAGP	Ja
<ul style="list-style-type: none"> • Ultrasonie chirurgie • Elektrochirurgie • Hoogfrequent boren met koeling d.m.v. water (en lucht) • Sprayen d.m.v. gecombineerde water-luchtstraal 	Algemene voorzorgsmaatregelen cf instelling	Isolatie maatregelen cf instelling waarbij veiligheidsbril en FFP-2 mondneusmasker	De uitspraak wel of niet IAGP is afhankelijk van het anatomisch materiaal cq lichaamsvocht wel of niet infectieus wordt beschouwd. (zie tabel)	Afhankelijk van materiaal

* Bij iedere handeling/procedure waar diepe sedatie toegepast wordt bestaat er de kans dat alsnog masker beademing nodig is. Om deze reden wordt geadviseerd bij procedures waarbij er een hoge kans bestaat op handmatige beademing, tijdens desbetreffende procedure een FFP2 masker te dragen. Zie ook richtlijn sedatie en/of analgesia (PSA) op locaties buiten de operatiekamer.

<https://www.demedischspecialist.nl/onderwerp/details/richtlijnen-handreikingen-leidraden>