

日本環境感染学会医療環境委員会主催

第3回オンラインセミナー

徹底追及！換気 ～換気にまつわる“もやもや”を解消する～

2021年11月26日(金)18:00-19:30

感染経路から考える COVID-19感染対策

聖路加国際病院

QIセンター感染管理室

坂本史衣

本講演の内容は2021年11月26日現在の状況・知見に基づく

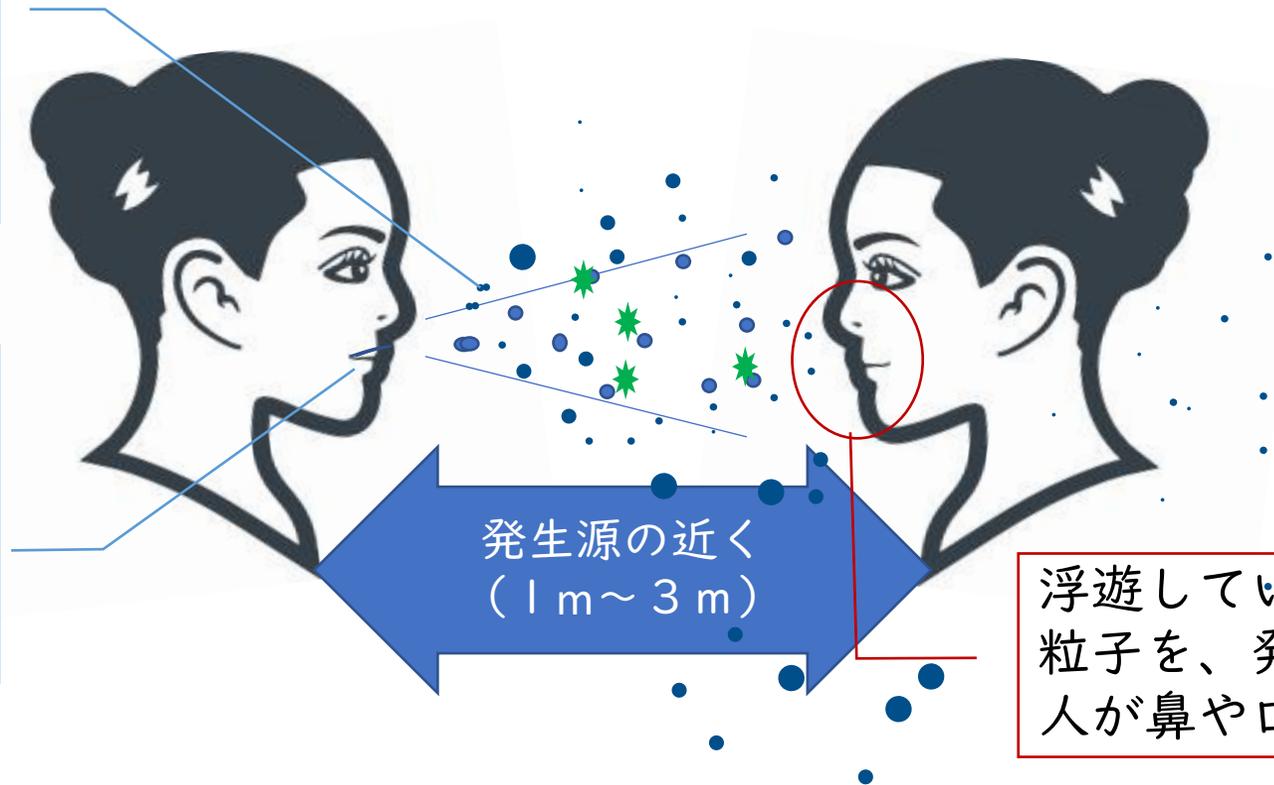
内容

- 感染経路
- エアロゾル発生手技
- 換気の役割
- 標準予防策
- 感染経路別予防策
- その他の重要な対策

① 吸入(近く)

鼻・口から出る
微細な飛沫や
エアロゾル粒子
水分量が少なく、
小さく、軽い

- 呼吸
- 会話
- 歌
- 咳・くしゃみ



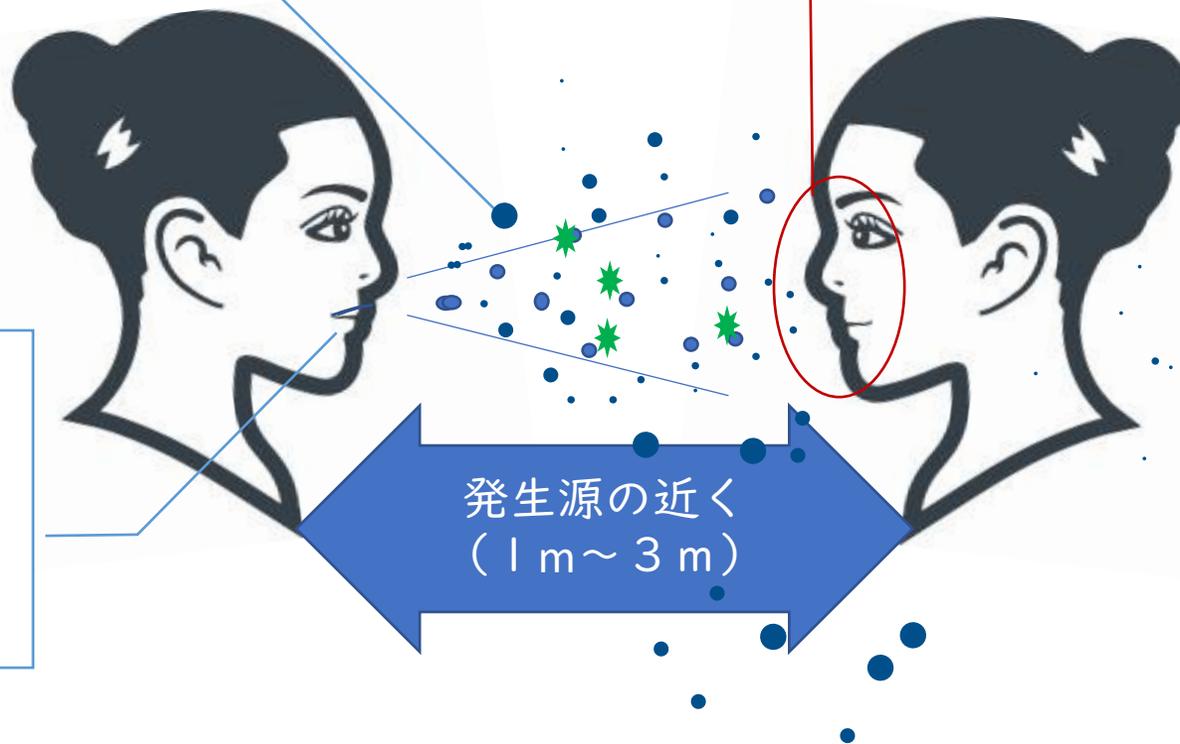
浮遊している小さく、軽い微
粒子を、発生源の近くにいる
人が鼻や口から吸いこむ

② 飛沫

鼻・口から出る
水分が多く、
重い微粒子（飛沫）

飛びだした微粒子が、発生源
の近くの対面にいる人の
目・鼻・口の粘膜に付着

- 呼吸
- 会話
- 歌
- 咳・くしゃみ



発生源の近く
(1m~3m)

③ 吸入(遠く)

鼻・口から出る
微細な飛沫や
エアロゾル粒子
水分量が少なく、
小さく、軽い

浮遊している小さく、軽い微粒子を、発生源からやや離れたところにいる人が鼻や口から吸いこむ

換気の悪い空間

発生源からやや離れている

- 呼吸
- 会話
- 歌
- 咳・くしゃみ

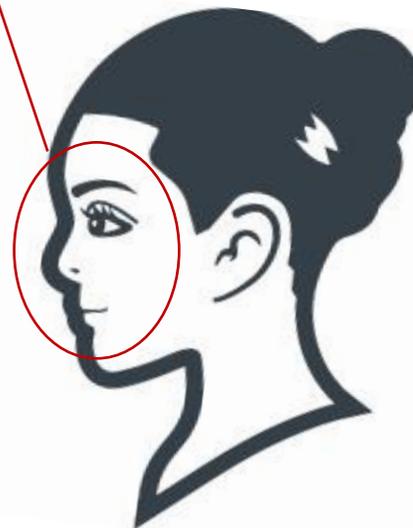


④ 接触

鼻・口から出た微粒子がモノや環境表面に付着したのち、感染性を失わないうちに手に付着し、



モノ・環境表面



感染性を失わないうちに、目・鼻・口の粘膜に付着

エアロゾル発生手技 Aerosol-generating procedures (AGP)

- 気管挿管・抜管
- 胸骨圧迫
- 用手換気
- 気管切開術・チューブ交換
- 気管支鏡検査
- 非侵襲的換気療法 (NIV)
- 高流量式鼻カニューラ酸素療法 (HFNO)
- 高頻度振動換気療法 (HFOV)
- 高張食塩水吸入による喀痰誘発
- 開放式気管吸引 (中咽頭～)
- 気道/副鼻腔の手術・解剖におけるハイスピードドリルの使用
- ネブライザー療法

歯科処置

- 超音波スケーラー
- 歯科用高速ハンドピース
- スリーウェイシリンジ
- エアポリッシャー
- エアアブレーション

NIV: Non-invasive ventilation, HFNO: High flow nasal oxygen, HFOV: High frequency oscillatory ventilation

エアロゾル産生手技（AGP）にまつわる謎

- エアロゾルの定義は未確定
 - ✓ ひとまずここでは粒径 $\leq 5\mu\text{m}$ の微粒子とする
- AGPと呼ばれる手技で生じるエアロゾル量や感染リスクは不明
 - ✓ ケーススタディや実験室での研究に基づく理論上のリスク
 - ✓ 気管挿管・抜管、気管支鏡検査で産生されるエアロゾル量が極めて少ないことを示す調査結果も
 - ✓ エアロゾル量 \neq 感染リスク

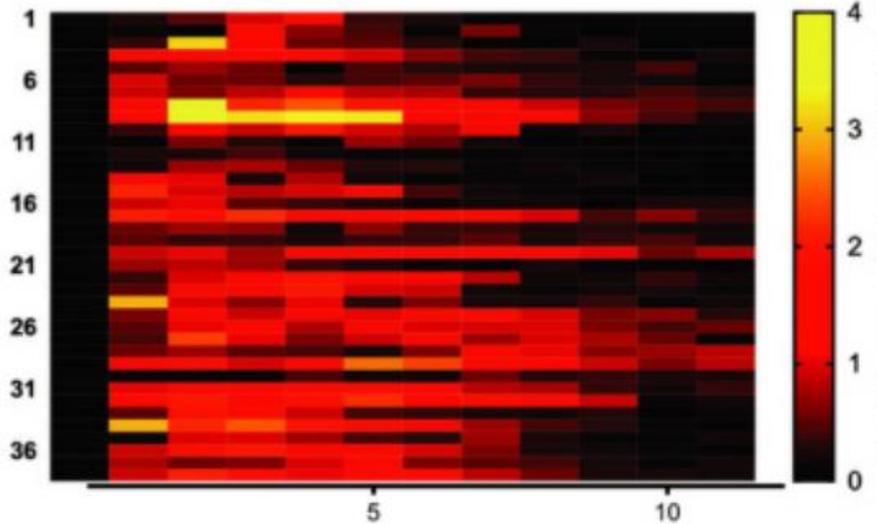
気管挿管・抜管のリスク



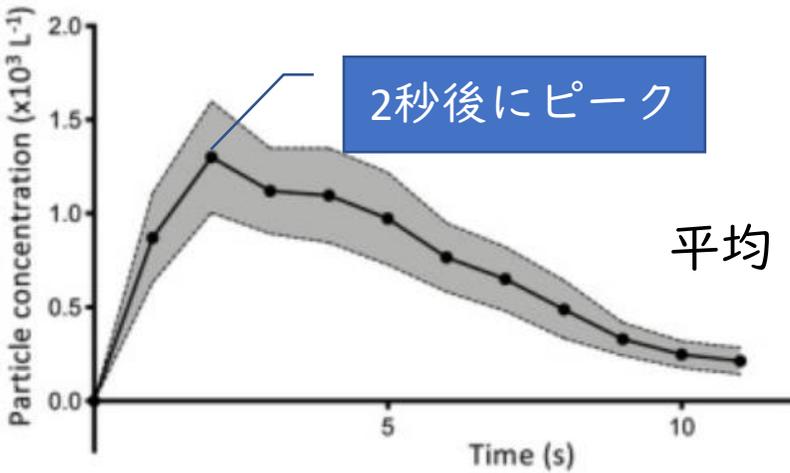
- マスク換気
- 静脈麻酔薬を用いた鎮静
- 筋弛緩薬の投与
- 直接喉頭鏡

Brown J, Gregson FKA, Shrimpton A, Cook TM, Bzdek BR, Reid JP, Pickering AE. A quantitative evaluation of aerosol generation during tracheal intubation and extubation. *Anaesthesia*. 2021 Feb;76(2):174-181. doi: 10.1111/anae.15292. Epub 2020 Oct 22. PMID: 33022093; PMCID: PMC7675579.

(a) Volitional Coughs



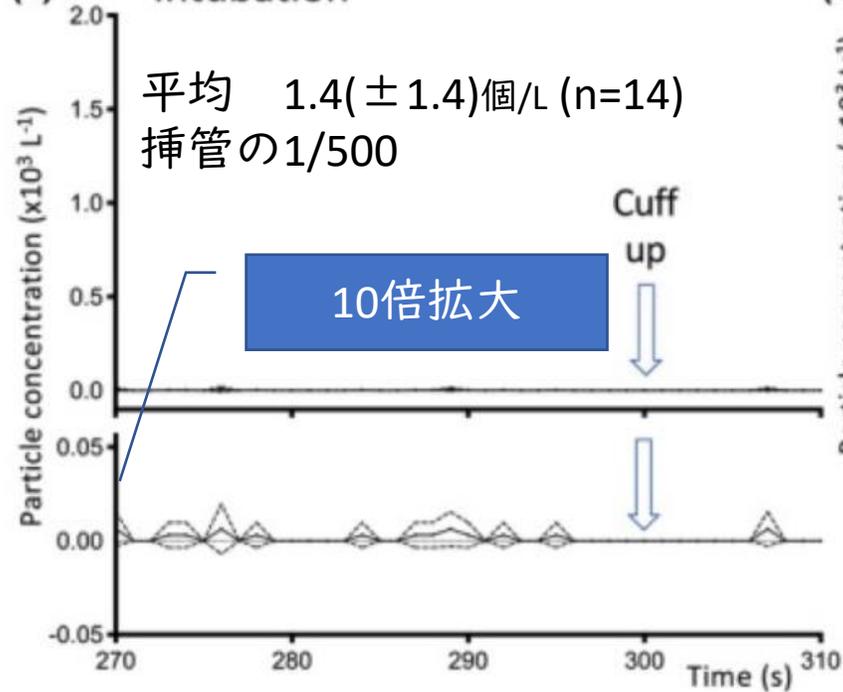
くしゃみで生じるエアロゾル濃度 ($\times 10^3/L$)



平均 732(± 418)個/L (n=38)

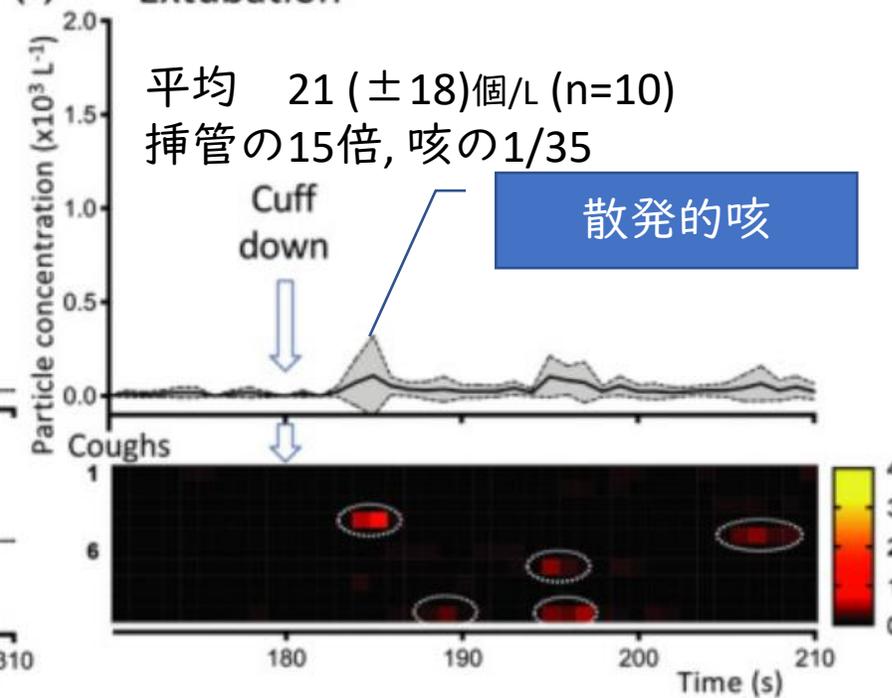
挿管で生じるエアロゾル濃度 ($\times 10^3/L$)

(b) Intubation



抜管で生じるエアロゾル濃度 ($\times 10^3/L$)

(c) Extubation



エアロゾル発生手技は
一律エアロゾル粒子の吸入による
感染リスクが高い、
という単純な話ではない

エアロゾルによる感染のリスクに影響を与える4つの因子

距離

- ✓感染源との近さ

時間

- ✓曝露する時間の長さ

呼気量・速度

- ✓NPPV, 胸骨圧迫
- ✓大声、肺機能検査(スパイロメトリー)は？

症状・重症度

- ✓ウイルス量
- ✓症状(咳、荒い呼吸)

換気

(リスクを緩和)

要素の組み合わせでリスクが上昇

- 近距離
- 長時間
- ウイルス量のピーク（発症前後の数日間）
- 咳

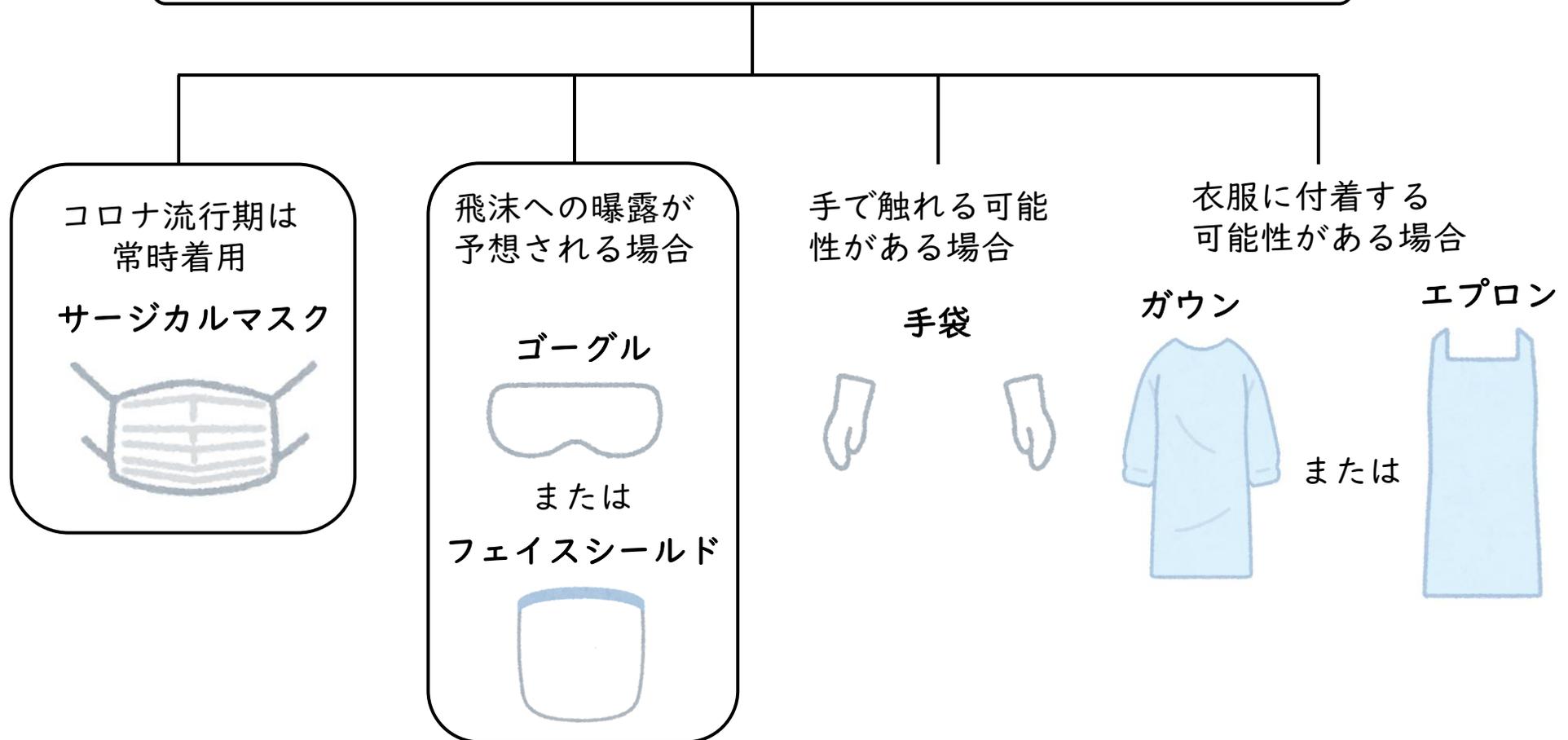
- AGPに含まれていない大声やスパイロメトリーなどもエアロゾル産生量が多い可能性
- 換気は空間の微粒子濃度を低下させることで感染のリスクを下げるが、特に近距離で、長時間の曝露がある場合などでは効果は限定的

まずは近い距離での曝露を防ぐ

標準予防策

リスクに見合う個人防護具の選択

血液、体液、分泌物、排泄物、創のある皮膚、粘膜



PAPR (Powered Air Purifying Respirator 電動ファン付き呼吸用保護具)

米国および欧州のマスクの国家規格

| 基準 | 米国：ASTM F2100-19 | | | 欧州：EN 14683:2019 | | |
|-----------------------|-------------------|-----------------|----------|---|----------------------------|---------|
| | レベル I | レベル 2 | レベル 3 | タイプ I | タイプ II | タイプ III |
| BFE (%) | ≥ 95 | ≥ 98 | | ≥ 95 | ≥ 98 | |
| PFE (%) | ≥ 95 | ≥ 98 | | 不要 | | |
| 血液不浸透性 | 80 mmHg | 120 mmHg | 160 mmHg | 不要 | ≥ 16.0 kPa (> 120 mmHg) | |
| 呼吸抵抗性 Δ(デルタ) P | < 5.0 mmH2O/cm2 | < 6.0 mmH2O/cm2 | | < 40 Pa/cm2 | < 60 Pa/cm2 | |
| 延燃性 | Class I (≥ 3.5 秒) | | | European Medical Directive (2007/47/EC, MDD 93/42/EEC)に基づく | | |
| 微生物学的清浄度 (バイオバーデン) | 不要 | | | ≤ 30 cfu/g | | |

- Bacterial Filtration Efficiency/バクテリア飛沫捕集効率 (%) : マスクによって濾過された細菌を含む、平均約3±0.3 μmの試験粒子の割合、着用者から拡散する飛沫の遮断性を評価
- Particle Filtration Efficiency/微小粒子捕集効率 (%) : マスクで捕集された平均約0.1 μmのポリスチレンラテックス試験粒子の割合、マスクが直径1 μm未満の微粒子をろ過する性能を評価
- 血液不浸透性 (mmHg) : 血液がマスクに飛散した場合の染み込みにくさを評価
- 呼吸抵抗性 (mmH2O/cm²またはPa/cm²) : 呼吸のしやすさ
- 延燃性 : クラス 1 ~ 3 に分類、数値が小さいほど燃えにくい
- 微生物学的清浄度 (バイオバーデン) : マスク 1gあたりの許容される生菌数
- CFU : colony forming unit コロニー形成単位

1) European Standards. UNE EN 14683:2019+AC:2019. Medical face masks- Requirements and test methods. Released: 2019-12-04. <https://www.en-standard.eu/une-en-14683-2019-ac-2019-medical-face-masks-requirements-and-test-methods/>

2) ASTM International. ASTM Standards & COVID-19. <https://www.astm.org/COVID-19/>

日本産業規格（JIS T 9001） 医療用マスクの品質基準

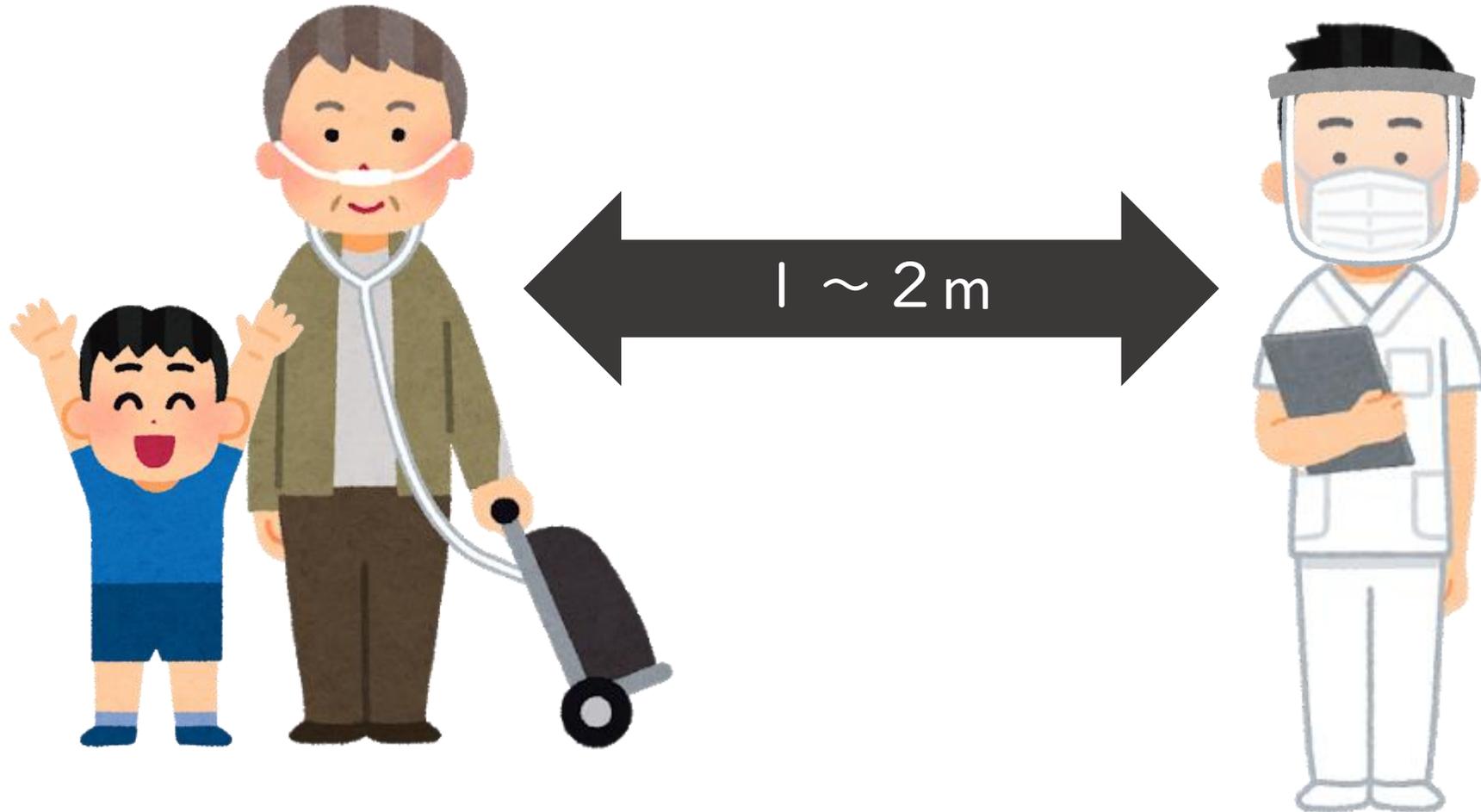
| 項目 | 品質基準 | クラス I | クラス II | クラス III |
|-------------------------------------|------|-----------|--------|---------|
| BFE (%) | | ≧95 | ≧98 | ≧98 |
| PFE (%) | | ≧95 | ≧98 | ≧98 |
| VFE (%) | | ≧95 | ≧98 | ≧98 |
| 圧力損失 (Pa/cm ²) | | <60 | <60 | <60 |
| 人工血液バリア性 (kPa) | | 10.6 | 16.0 | 21.3 |
| 可燃性 | | 区分 I | 区分 I | 区分 I |
| 遊離ホルムアルデヒド (μg/g) | | ≦75 | | |
| 特定アゾ色素 (μg/g) ※着色/染色した製品についてのみ試験を適用 | | ≦30 | | |
| 蛍光 ※呼吸に関わる本体部分のみに適用 | | 著しい蛍光を認めず | | |

- Bacterial Filtration Efficiency バクテリア飛まつ捕集効率 (%) 咳、くしゃみ、会話などの際に生じる飛まつのうち、バクテリアを含むエアロゾルを捕集する性能
- Particle Filtration Efficiency 微小粒子捕集効率 (%) : 空気中を浮遊する微小粒子を捕集する性能
- Viral Filtration Efficiency ウイルス飛まつ捕集効率 (%) : 咳、くしゃみ、会話などの際に生じる飛まつのうち、ウイルスを含むエアロゾルを捕集する性能
- 圧力損失 (Pa/cm²): 息のしやすさ (通気性) を示す指標値
- 人工血液バリア性 (kPa) : 血液がマスクに飛散した場合の染み込みにくさを評価

サージカルマスク

- BFE, PFE, VFE95%～98%以上の素材→多くの微粒子の吸入・放出を防ぐ
- 漏れは勘案していないので、できる限り顔との間に隙間ができないように着用

マスクを着けることが困難な患者 医療従事者が顔の粘膜を防護



個人防護具の着脱

- 着衣

- ✓ 足りないものはないか？
- ✓ 覆われていないところがないか？
 - 大きすぎるガウン・エプロン
 - ゴーグルと顔の間に隙間
 - フィットしないN95 マスク

- 脱衣

- ✓ ゆっくりと、丁寧に
- ✓ 汚染されている部分（表面）に素手で触れないように
- ✓ 首から上に手が上がる←事前に手指衛生で粘膜汚染予防

疑わしいさの程度に応じて
感染経路別予防策を追加する

接触・飛沫

COVID-19

結膜炎

味覚
嗅覚
障害

呼吸器
症状

その他
上気道
症状

消化器
症状

感染性胃腸炎

百日咳
風疹
ムンプス
インフルエンザ

発熱

侵襲性髄膜炎
菌感染症

神経
症状

空気

麻疹・水痘・結核

疑わ
しい
皮疹

結核
リスク
因子

標準予防策

暫定的に感染経路別予防策を追加

| 症状確認用紙 | |
|--|----|
| ID | 氏名 |
| ① 過去10日以内にCOVIDに関する下記症状 | |
| 発熱 (37.5°C以上) | |
| 咳、息苦しい、風邪症状、のどの痛み | |
| 味や臭いを感じない | |
| 吐き気、おう吐、下痢 | |
| 結膜炎 | |
| ② 過去14日以内の行動履歴 | |
| 新型コロナウイルス感染症と診断された方との濃厚接触歴 | |
| 海外渡航歴 | |
| ③ ①②に関する現在の症状について | |
| なし | |
| あり () | |
| ④ 原疾患に関する症状確認 | |
| 前回より変化なし | |
| 前回より変化あり () | |
| ⑤ お薬の残量確認 | |
| 月 日まであり | |
| 処方なし | |
| ※次回予約 (月 日) | |
| 一般内科受診へ案内 (1F10番) 平日8:30~11:00 | |
| あり | |
| なし | |
| ※一般内科案内時は内線2110/2118へ連絡してから患者案内 (その際、一般内科受診後は患者そのまま帰宅となるのでご注意ください) | |
| ※時間指定での検査がある場合は、患者到着と同時に検査室受付に「症状確認中」であることを直ちに連絡を入れる。 | |
| ※時間指定での検査がキャンセルになった場合は直ちに検査室に連絡をする。 | |
| ※複数科予約がある場合には、上記確認を診療科毎に行うこと。 | |

標準予防策 (手指衛生と粘膜汚染防止を強化)

主に接触
感染の
リスク↓

COVID-19 を疑う

接触と
飛沫感染
のリスク
↓↓

+ 接触 + 飛沫

空気感染する感染症を疑う

空気感染
のリスク
↓↓

飛沫 → 空気に変更

使用する個人防護具、収容する場所、診療の延期・中止・継続の運用

N95マスク・陰圧室

| | 疑似症 | 確定例 | AGPのみ |
|-----|-----|-----|-------|
| N95 | | | |
| 陰圧室 | | | |



対象となる手技

その他

- ワクチン（追加）接種
- ハイリスク行動の回避
 - ✓ マスクのない会話
 - ✓ 換気不良空間での滞在

まとめ

- 感染経路：吸入、飛沫、接触の3つがある
- エアロゾル発生手技：感染リスクは条件の組み合わせによる
- 換気の役割：室内の微粒子濃度を低下させる
 - 距離や時間など、他の要因によるリスクまでは下げない
- 標準予防策：近距離の吸入・飛沫によるリスクを下げる
- 感染経路別予防策：症状から積極的に疑うこと
 - N95マスク・陰圧室を必要とする条件を整理する
- その他の重要な対策：ワクチン、ハイリスク行動の回避