

COVID-19関連追加 (2020年8月27日)

【2m?1m?フィジカルディスタンスの証拠は何だろう】

Jones NR, et al. Two metres or one: what is the evidence for physical distancing in covid-19? BMJ Aug 25, 2020; 370: m3223. <https://doi.org/10.1136/bmi.m3223>.

物理的な距離を置くこと(フィジカルディスタンス)は、Covid-19感染対策の重要な部分であるが、様々な背景において、どのくらいの距離で、どのくらいの時間の接触ならば安全なのかは不明である。Covid-19の原因ウイルスであるSARS-CoV-2感染を減らすために、フィジカルディスタンス(1あるいは2m)を明記しているルールは、呼吸飛沫の大きさという時代遅れの二項対立的な概念に基づいている。これは、あらゆる大きさの飛沫は、捕捉されたのち、呼出された、湿った高温の乱流のgas cloudsによって、数秒、メートル単位で移動するという、呼吸排出についての物理学を見落としている1)2)。cloudsが十分に遅くなった後は、換気、気流の特定のパターン、およびその動態のタイプが重要になる。排出者(emitter)のウイルス量、曝露時間、個人の感染に対する感受性(susceptibility)も重要である。

単一の固定されたフィジカルディスタンスのルールではなく、複数のリスク決定因子をよりよく反映した段階的な推奨を提案する。これによって、最もリスクが高い環境ではより大きな防御策が必要となるが、リスクが低い環境ではより大きな自由も提供され、社会的・経済的生活のいくつかの側面では正常に戻る事が可能になるだろう。

●Origins of 2 metre rule:

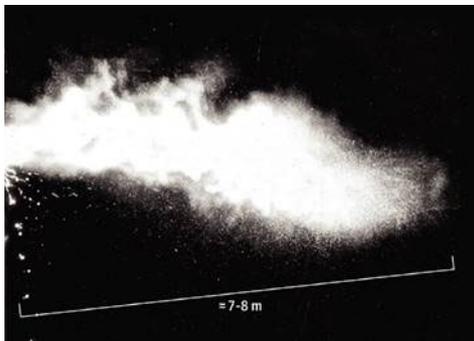
発声、咳やくしゃみをしたときに、どのようにして飛沫が放出されるかについての研究は19世紀に始まり、科学者たちは一般的にガラスあるいは寒天板の上でサンプルを採取した3)。例えば、1897年、Flüggeは、採取され可視化した飛沫(病原体が含まれている)が移動する距離に基づいて、1-2mの安全な距離を提案した4)。1940年代には、くしゃみ、咳、会話などをクローズアップした写真によって、これらの排出を視覚的に記録することが可能になった(Figure 1) 5)。1948年に行われた溶血性連鎖球菌の拡散に関する研究では、参加者48人のうち65%が大きな飛沫のみを排出し、そのうちの10%未満が5.5フィート(1.7m)まで移動したことがわかった6)。しかし、参加者の10%では、溶血性連鎖球菌は9.5フィート(2.9m)離れた場所から採取された。これらの初期の研究デザイン精度には限界があったにもかかわらず、特により長い距離について、宿主の近くに落下する大きな飛沫の観察によって、距離1-2mルールについて想定された科学的根拠は強固なものになり、定着してしまった2)。

Figure 1:



しかし、最近のシステマティックレビュー10件のうち8件が、60 μ mまでの粒子が、呼吸飛沫が2mを超えて水平方向へ広がることが示されている7)。ある研究では、飛沫は6-8mを超えた距離でも検出された(Figure 2) 2)8)。これらの結果から、SARS-CoV-2は咳やくしゃみを介して濃縮された"パッケージ(packet)"において、1~2mを超えて拡散する可能性があることが示唆されている2)。SARS-CoV-1、MERS-CoV、鳥インフルエンザなどの最近のウイルス感染症では、2mを超えて拡散する可能性があるが複数の研究で報告されている9)10)。

Figure 2:



●Droplet size, droplet spread:

1-2mルールは、呼吸飛沫を大小2つの大きさに二分するという長年の枠組みに基づいている。飛沫の大きさによって、感染者からどのくらいの距離を飛沫が移動するかを決定すると考えられている。Wellsの研究によると、排出された大きな飛沫は蒸発するよりも早く空気中から落下し、1-2mの範囲に着地すると考えられている11)。通常、小さな飛沫(後にエアロゾルまたは空気を介し

た飛沫 (airborne droplets) と呼ばれるは肉眼では見えないが、落下するよりも早く蒸発する。空気の流れがなければ、飛沫は速くに移動することができず、呼吸付近に留まる。空気の流れがあれば、それらはより長い距離に広がることできる。ある程度までは概念的に有用であるが、この二分法の骨子は呼吸器による呼吸に関する現代科学を見落としている1)2)。呼吸や周囲の気流などの背景要因は、様々な大きさの飛沫がどの程度の距離を移動するかを決定する上で非常に重要である。もし呼気流 (exhaled airflow) がなければ、最も大きな飛沫は最も遠く (1-2m) まで移動する、一方で小さい飛沫は高い抵抗 (抗力) の影響で、発生源の近くに留まることになる。呼気流を考慮すると、小さな飛沫のcloudsは空気中で 2m 以上の距離を移動することができるし、たとえ大きな飛沫であっても飛距離が延長する1)2)。

●Airborne particle spread of SARS-CoV-2:

麻疹や水痘のような空気を介した粒子によって感染する可能性がある病気は、cloudsから素早く落下する大きな飛沫によって感染伝播する病気よりも、はるかに遠くまで移動することができる (そして凝縮されたcloudsの中を)。そのため、他の人に対して、迅速に、そしてより長い距離で曝露させる可能性があり2)13)、フィジカルディスタンスを延長させるといった、異なる公衆衛生対策が必要となる可能性がある。実験研究では、SARS-CoV-1、SARS-CoV-2、およびMERS-CoVウイルス粒子は空気中のサンプルでは安定しており、SARS-CoV-2は最も長く (最大16時間) 持続することが示唆されている14)15)。

covid-19患者の周囲のウイルス粒子を検出するために空気サンプリング技術を使用した研究について文献検索を行ったところ、病院における研究が9件、地域コミュニティにおける研究が2件見つかった。病院で行われた研究のうち7件では、空気中のサンプルがSARS-CoV-2に陽性であったと少なくとも1件で報告されているが、陽性サンプルの割合は2%から64%と幅があった16)-22)。感染した患者からの距離に関連して、陽性の結果が報告されたのは2件のみであった (1件は2mであり18)、もう1件は廊下にて4m以上であった17))。空気中のサンプルからSARS-CoV-2粒子が検出されなかった2件の病院における研究23)24)のうち、1件の研究では、患者の病室の換気装置から陽性の綿棒サンプルを採取されているが、これは空気を介した飛沫の拡散と一致している23)。

どちらのコミュニティにおける研究も空気サンプルが陽性になった報告していない。1件のコミュニティの研究ではcovid-19患者が部屋を出てから17日後までの検体を採取している25)、一方で、もう1件のコミュニティの研究では、清掃後に採取した時間や感染者からの採取した距離は報告されていない26)。

空気を採取した研究で、単にウイルスRNAの存在を分析しただけではなく、サンプル中のSARS-CoV-2が感染性を保持しているかどうかを直接測定したのは2件のみであった18)21)。いずれの研究でも生きたウイルスは検出されなかったが、1件の研究ではウイルスの複製能力が確認された18)。

これらは小規模な観察研究であり、設定状況、対象者、サンプル収集、その取り扱いなどの点で均一性はなかった。これらの研究ではリコールバイアス (後から思い出すよう言われても、どれくらい近くで接触したかを正確に思い出せる人はほとんどいない) が生じやすい。全体として、これらの研究はSARS-CoV-2の空気感染の可能性を支持しているように思われるが、病気の伝播リスクがあることを確認しているわけではない。

●Force of emission, ventilation, exposure time:

息を吐いたり、歌ったり、咳をしたり、くしゃみをする、呼吸飛沫を含む呼気の温かく湿った高運動量のgas cloudsが発生する。これによって、典型的な背景にある空気の流れよりも、飛沫は速く移動し、凝縮して保持され、数秒以内に飛沫が移動する範囲を7-8mまで広げることができる1)2)8)。

これらの流体力学的研究から得られた知見から、米国のある聖歌隊の練習場 (スカジット郡) において、フィジカルディスタンスが保たれていたにもかかわらず、有症状者から少なくとも練習に参加した32人に感染し、さらに20人が感染した疑いがある状況は説明することができる27)。その他にも、フィットネスジム、ボクシングの試合、コールセンター、教会など、人々が歌ったり、息を切らしたり (喘ぎ)、大声で話したりするような屋内でのクラスター発生が報告されている28)-30)。

興味深いことに、航空機内のアウトブレイクの報告はほとんどない31)。これは、現在の乗客数の少なさを、接触者の追跡ができないこと、あるいは発音が制限されていることによって、リスクが比較的低いことを反映しているのかもしれない。出版バイアスがかかっている可能性はあるが (アウトブレイクに関連したイベントは、アウトブレイクが発生しなかったイベントよりも報告される可能性が高い)、アウトブレイクに関する十分に文書化されたストーリーは、科学的な説明を必要とする。

ジョギングやその他のスポーツによる激しい息切れ (喘ぎ) は、通常の呼吸よりも勢いがある激しい呼吸を発生させ、場合によっては咳に近いものとなる。このため、呼気のcloudsに捕捉された飛沫が到達する距離は長くなり、激しい運動時にはさらに距離が延びることがある2)。しかし、呼吸飛沫は、屋外の空気によく通った環境では、より迅速に希釈される傾向があり、感染リスクが低減される (日本の論文では、屋内環境では屋外よりも感染リスクが18.7倍高いことが報告されている) 28)。

建物内の空気の流れのパターンは、平均的な換気や空気の変化だけでなく、曝露や感染伝播リスクを決定する上で重要である。中国のレストランで発生したアウトブレイクでは、3家族内の10人が1時間のあいだに、最大4.6mの距離で、直接の身体的接触を伴わずに感染したと報告されている32)。この感染伝播のパターンは、一過性の室内換気の気流パターンと一致していた32)。空気の流れのパターンがウイルス感染伝播にどのような影響を与えるかを調べた研究はほとんど存在しない。空間内の局所的な気流の変動を無視すると、リスクモデリングが単純化されすぎて過小評価されてしまう。均質な空気の流れでは、空調、換気システムや場所、空間の占有率、空気の再循環、ろ過に依存した室内空間において、現れるパターンが知られている。

covid-19感染者との接触時間が感染伝播リスクに影響を与えることは広く想定されていますが (例えば、接触者追跡の研究では、リスクが増加する5-15分以上が閾値であるとされる33)34))、この変数を定量化した研究は知られていない。

●Distance and transmission risk:

The UK's Scientific Advisory Group for Emergencies (SAGE) は、1mにおけるSARS-CoV-2感染伝播リスクは、2mに比べて、2~10倍高いと推定している35)。世界保健機関 (WHO) が委託したシステマティックレビューでは、コロナウイルス感染に関連したフィジカルディスタンスの取り方を分析しようと試みている36)。1m未満の距離は、1m以上の距離では2.6%であったのに対し、12.8%の感染伝播リスクをもたらすとこのレビューで報告されており、1m以上のフィジカルディスタンスのルールが支持されている。しかしレビューの限界に留意すべきである。すべての距離が原著研究で明示されていたわけではなく、レビューの著者が推定したものもある。異なる研究では社会的接触を分類するために異なる距離が使用されていた (例えば、ある研究では1.8mに近いが、別の研究では遠いとされていた) が、これらの距離は同じ分析の中で集められていた。この要約は、SARS-CoV-1およびMERSの発生からのデータに大きく依存しており、環境交絡因子については部分的にしか説明されていない。

●More nuanced model:

環境の影響は複雑であり、相互に補強しあう可能性がある。これは、例えば食肉加工工場アウトブレイクで報告されているが37)、従業員の高い発病率、換気不良、窮屈な作業環境、背景のノイズ (叫ぶことにつながる)、マスク着用コンプライアンスの低さなどの要因が絡み合っている。このような複合的なリスク状況は、パブやライブハウスなどの混雑した騒音の多い屋内環境でも発生する可能性がある。

もし段階的にリスクを分類し、そこにフィジカルディスタンスのルールを反映させれば、最も効果的になる。Figure 3は、環境、占有率、接触時間、フェイスカバー着用の有無によって感染リスクがどのように変化するかを目安を示している。これらの推定は、全員が無症状の場合に適用される。リスクが最も高い状況(換気が不良、占有率が高く、接触時間が長く、マスクを着用していない、混雑したバーやナイトクラブなどの屋内環境)では、2m以上の物理的な距離をとり、滞在時間を最小限に抑えることを考慮する必要がある。リスクの低いシナリオでは、それほど厳しくないフィジカルディスタンスでも問題がない可能性が高い。症状のある人(いずれにしても自己隔離しなければならない)は、ウイルス量が多く、激しい呼吸を頻繁に繰り返す傾向がある。

Figure 3: 異なる環境、異なる滞在時間、換気、そして混雑度における様々な状況における無症状者からのSARS-CoV-2感染伝播リスク(感受性およびウイルス排出率のばらつきは考慮せず)。

Face coveringsとは、一般の人向けのものであり、高性能レスピレーターではない。グレードは定性的指標であり、定量的指標ではない。感染リスクを考慮する際は、感染者のウイルス量や感染に対する感受性など、ここに記載していない他の要因も考慮する必要がある。咳やくしゃみは、たとえこれらが無症状期の過敏症(irritation)やアレルギーによるものであっても、換気にかかわらず、屋内空間全体の曝露リスクを増大させる。

Type and level of group activity	Low occupancy			High occupancy		
	Outdoors and well ventilated	Indoors and well ventilated	Poorly ventilated	Outdoors and well ventilated	Indoors and well ventilated	Poorly ventilated
Wearing face coverings, contact for short time						
Silent	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Speaking	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Shouting, singing	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Wearing face coverings, contact for prolonged time						
Silent	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Speaking	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Shouting, singing	Low	Low	Low	Low	Low	Low
No face coverings, contact for short time						
Silent	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Speaking	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Shouting, singing	Low	Low	Low	Low	Low	Low
No face coverings, contact for prolonged time						
Silent	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Speaking	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Shouting, singing	Low	Low	Low	Low	Low	Low

Risk of transmission: Low (Green), Medium (Yellow), High (Red). * Borderline case that is highly dependent on quantitative definitions of distancing, number of individuals, and time of exposure.

Figure 3に表示したリスクレベルは、特に時間や占有率に関して、相対的なものであり、絶対的なものではない。また、個人の感染への感受性、感染者からのウイルス排出レベル、屋内の空気の流れのパターン、感染者と個人がどのような位置関係にあるかなどの追加要因は含まれていない。湿度も重要かもしれないが、これはまだ厳密には確立されていない。

不確実である3つの領域を調査するために緊急の研究が必要である: ①エビデンスの裏付けがない、室内の状態、占有率、ウイルス排出レベルの3つに関連した曝露期間のカットオフ値(現在のad-hocルールでは5-15分); ②感染源と平均的な換気との競合における気流パターンの詳細な研究; ③様々な身体活動中の呼吸排出パターンと特性、およびそれに含まれる飛沫の感染力。

フィジカルディスタンスを置くことは、Covid-19パンデミックを食い止めるためのより広範な公衆衛生的アプローチの一部に過ぎないと考えるべきである。これは、手指衛生、清掃、居住、室内空間と空気の管理、マスクなどの適切な保護具といった人-空気-空間の複合的な管理戦略と併せて実施する必要がある。

※著者:

Nicholas R Jones, 1 clinical researcher, Zeshan U Qureshi, clinical academic,² Robert J Temple, medical student³, Jessica P J Larwood, medical student⁴, Trisha Greenhalgh, professor¹, Lydia Bourouiba, professor⁵

¹Nuffield Department of Primary Care Health Sciences, University of Oxford, UK

²St Thomas' Hospital, London, UK

³Somerville College, University of Oxford, Oxford, UK

⁴St John's College, University of Oxford, Oxford, UK

⁵Fluid Dynamics of Disease Transmission Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA

< Reference >

- 1) Bourouiba L, Dehandschoewercker E, Bush John WM. Violent expiratory events: on coughing and sneezing. J Fluid Mech2014;745:537-63. doi:10.1017/jfm.2014.88.
- 2) Bourouiba L. Turbulent gas clouds and respiratory pathogen emissions: potential implications for reducing transmission of COVID-19. JAMA2020. [Epub ahead of print.] doi:10.1001/jama.2020.4756. pmid:32215590.
- 3) Papineni RS, Rosenthal FS. The size distribution of droplets in the exhaled breath of healthy human subjects. J Aerosol Med1997;10:105-16. doi:10.1089/jam.1997.10.105. pmid:10168531.
- 4) Flugge C. Uber luftinfection. Z Hyg Infektionskr1897;25:179-224.
- 5) Turner CE, Jennison MW, Edgerton HE. Public health applications of high-speed photography. Am J Pub Health 1941 Apr;319-24.
- 6) Hamburger M Jr., Robertson OH. Expulsion of group A hemolytic streptococci in droplets and droplet nuclei by sneezing, coughing and talking. Am J Med1948;4:690-701. doi:10.1016/S0002-9343(48)90392-1. pmid:18856764.
- 7) Bahl P, Doolan C, de Silva C, Chughtai AA, Bourouiba L, MacIntyre CR. Airborne or droplet precautions for health workers treating COVID-19? J Infect Dis2020;jiaa189. doi:10.1093/infdis/jiaa189. pmid:32301491.
- 8) Bourouiba L. Images in clinical medicine. A sneeze. N Engl J Med2016;375:e15. doi:10.1056/NEJMcim1501197. pmid:27557321.

- 9) Yu ITS, Li Y, Wong TW, et al. Evidence of airborne transmission of the severe acute respiratory syndrome virus. *N Engl J Med*2004;350:1731-9. doi:10.1056/NEJMoa032867. pmid:15102999.
- 10) Tang JW, Li Y, Eames I, Chan PK, Ridgway GL. Factors involved in the aerosol transmission of infection and control of ventilation in healthcare premises. *J Hosp Infect*2006;64:100-14. doi:10.1016/j.jhin.2006.05.022. pmid:16916564.
- 11) Wells WF. Airborne contagion and air hygiene: an ecological study of droplet infections. *JAMA*1955;159:90.
- 12) Borak J. Airborne transmission of covid-19. *Occup Med (Lond)*2020;70:297-9. doi:10.1093/occmed/kqaa080. pmid:32476011.
- 13) Shiu EYC, Leung NHL, Cowling BJ. Controversy around airborne versus droplet transmission of respiratory viruses: implication for infection prevention. *Curr Opin Infect Dis*2019;32:372-9. doi:10.1097/QCO.0000000000000563. pmid:31259864.
- 14) Fears AC, Klimstra WB, Duprex P, et al. Persistence of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in aerosol suspensions. *Emerg Infect Dis*2020;26. doi:10.3201/eid2609.201806. pmid:32568661.
- 15) van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med*2020;382:1564-7. doi:10.1056/NEJMc2004973. pmid:32182409.
- 16) Liu Y, Ning Z, Chen Y, et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. *Nature*2020;582:557-60. doi:10.1038/s41586-020-2271-3. pmid:32340022.
- 17) Guo Z-D, Wang Z-Y, Zhang S-F, et al. Aerosol and surface distribution of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in hospital wards, Wuhan, China, 2020. *Emerg Infect Dis*2020;26:1583-91. doi:10.3201/eid2607.200885. pmid:32275497.
- 18) Santarpia JL, Rivera DN, Herrera V. Transmission potential of SARS-CoV-2 in viral shedding observed at the University of Nebraska Medical Center. *medRxiv* 2020.2003.2023.20039446. [Preprint.] doi:10.1101/2020.03.23.20039446.
- 19) Ding Z, Qian H, Xu B, et al. Toilets dominate environmental detection of SARS-CoV-2 virus in a hospital. *medRxiv* 2020.04.03.20052175. [Preprint.] doi:10.1101/2020.04.03.20052175.
- 20) Chia PY, Coleman KK, Tan YK, et al. Detection of air and surface contamination by severe acute respiratory syndrome 2 coronavirus 2 (SARS-CoV-2) in hospital rooms of infected patients. *medRxiv* 2020.03.29.20046557. [Preprint.] doi:10.1101/2020.03.29.20046557.
- 21) Zhou J, Otter J, Price J, et al. Investigating SARS-CoV-2 surface and air contamination in an acute healthcare setting during the peak of the COVID-19 pandemic in London. *medRxiv* 2020.05.24.20110346 [Preprint.] doi:10.1101/2020.05.24.20110346.
- 22) Ma J, Qi X, Chen H, et al. Exhaled breath is a significant source of SARS-CoV-2 emission. *medRxiv* 2020.05.31.20115154. [Preprint.] doi:10.1101/2020.05.31.20115154.
- 23) Ong SWX, Tan YK, Chia PY, et al. Air, surface environmental, and personal protective equipment contamination by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from a symptomatic patient. *JAMA*2020. [Epub ahead of print.] doi:10.1001/jama.2020.3227. pmid:32129805.
- 24) Wu S, Wang Y, Jin X, Tian J, Liu J, Mao Y. Environmental contamination by SARS-CoV-2 in a designated hospital for coronavirus disease 2019. *Am J Infect Control*2020;48:910-4. doi:10.1016/j.ajic.2020.05.003. pmid:32407826.
- 25) Yamagishi T. Environmental sampling for severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) during a coronavirus disease (COVID-19) outbreak aboard a commercial cruise ship. *medRxiv* 2020.05.02.20088567. [Preprint.] doi:10.1101/2020.05.02.20088567.
- 26) Döhla M, Wilbring G, Schulte B, et al. SARS-CoV-2 in environmental samples of quarantined households. *medRxiv* 2020.05.28.20114041. [Preprint.] doi:10.1101/2020.05.28.20114041.
- 27) Hamner L, Dubbel P, Capron I, et al. High SARS-CoV-2 attack rate following exposure at a choir practice—Skagit County, Washington, March 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*2020;69:606-10. doi:10.15585/mmwr.mm6919e6. pmid:32407303.
- 28) Nishiura H, Oshitani H, Kobayashi T, et al. Closed environments facilitate secondary transmission of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *medRxiv* 2020.02.28.20029272. doi:10.1101/2020.02.28.20029272.
- 29) Leclerc QJ, Fuller NM, Knight LE, Funk S, Knight GM, CMMID COVID-19 Working Group. What settings have been linked to SARS-CoV-2 transmission clusters? *Wellcome Open Res*2020;5:83. doi:10.12688/wellcomeopenres.15889.2. pmid:32656368.
- 30) Park SY, Kim YM, Yi S, et al. Coronavirus disease outbreak in call center, South Korea. *Emerg Infect Dis*2020;26:1666-70. doi:10.3201/eid2608.201274. pmid:32324530.
- 31) Yang N, Shen Y, Shi C, et al. In-flight transmission cluster of covid-19: a retrospective case series. *medRxiv* 2020.03.28.20040097 [Preprint.] doi:10.1101/2020.03.28.20040097.
- 32) Li Y, Qian H, Hang J, et al. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. *medRxiv* 2020.04.16.20067728. [Preprint.] doi:10.1101/2020.04.16.20067728.
- 33) Cheng H-Y, Jian S-W, Liu D-P, et al. High transmissibility of covid-19 near symptom onset. *medRxiv* 2020.03.18.20034561. [Preprint.] doi:10.1101/2020.03.18.20034561.
- 34) Doung-ngern P, Suphanchaimat R, Panjangampatthana A, et al. Associations between wearing masks, washing hands, and social distancing practices, and risk of COVID-19 infection in public: a cohort-based case-control study in Thailand. *medRxiv* 2020.06.11.20128900. [Preprint.] doi:10.1101/2020.06.11.20128900.
- 35) Scientific Advisory Group on Emergencies. Transmission of SARS-CoV-2 and mitigating measures. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/892043/S0484_Transmission_of_SARS-CoV-2_and_Mitigating_Measures.pdf.
- 36) Chu DK, Akl EA, Duda S, Solo K, Yaacoub S, Schünemann HJ, COVID-19 Systematic Urgent Review Group Effort (SURGE). Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Lancet*2020;395:1973-87. doi:10.1016/S0140-6736(20)31142-9. pmid:32497510.
- 37) Dyal JW, Grant MP, Broadwater K, et al. COVID-19 among workers in meat and poultry processing facilities - 19 States, April 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*2020;69. doi:10.15585/mmwr.mm6918e3. pmid:32379731.

