

I 緒言

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) は、高い致死率や合併症により疾病負担が大きく、治療法やワクチンが未整備な現状では、感染拡大を最小限に留める対策が重要である。COVID-19 の病原体である SARS-CoV-2 はヒトからヒトへ伝播するため、「Social distancing」や「密の回避」が感染拡大の防止に効果的である。このことは、あたかも COVID-19 対策に特化した対策のように論じられるが、その理論的根拠や解釈は多くの感染症に共通する事項である。本稿では、小児という対象に着目した感染伝播のリスクと、学校閉鎖がもたらす影響について、既報告文献を参照して考察を加えた。

II 方法

「小児と感染伝播」、「学校閉鎖の影響」という2つのテーマそれぞれについて論じた研究報告をレビューした。「小児と感染伝播」については、成人と比較した小児の罹患頻度、小児が感染源となるリスクの観点から検討した。「学校閉鎖の影響」については、効果と弊害という双方の観点から考察した。

III 結果

(1) 小児の罹患頻度

小児が COVID-19 の感染拡大にどの程度寄与しているかについて、1,099 本の論文をレビューした総説がある¹⁾。小児 SARS-CoV-2 感染者の 15~60%は無症状感染者で、75~100%が家庭内感染であった。一般に小児は成人ほど市中感染拡大の原因とはならないとしている。

シンガポールで家族内感染を解析した研究²⁾では、成人発端者の発生した 137 世帯で暮らす 16 歳以下の小児 213 人に対して PCR 検査が行われた。そのうち 7 世帯 (5.2%) の 13 例 (6.1%) が SARS-CoV-2 陽性であった、年長児と比較すると、5 歳未満児は陽性率が最も低かった (1.3%)、発端者が母親である場合、小児へ感染するリスクが最も高かった (11.1%)。

イスラエルからも家族内感染を調査した報告がある³⁾。発端者を除く家族全員に PCR 検査を行い、陽性率を検討した。13 家族が対象となり、18 歳以上の陽性率は 58.1% (21/36)、5~17 歳の陽性率

は 32.5% (13/40)、5 歳未満の陽性率は 11.8% (2/18) で、小児特に年少児への感染率は低いことが示された。

中国武漢でも家族内感染に関する解析が報告された⁴⁾。105 人の発端患者と 392 人の患者家族をフォローアップし、家族内感染は 16.3%で認められたが、成人の二次感染者 17.1%に比べて、小児の二次感染者は 4%と少なかった。

(2) 小児の罹患が少ない理由

小児の COVID-19 罹患が少ない理由について、SARS-CoV-2 のレセプターである angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) の発現が成人より低いこととする研究がある⁵⁾。気管支喘息の研究目的で過去に採取保管された 4~60 歳の喘息患者の鼻粘膜上皮を用いて、年齢による ACE2 の発現の相違を解析した。その結果、ACE2 の発現は小児で最も低く、年齢が高くなるにつれて発現量が多くなった。

(3) 小児が感染源となる可能性

小児は一般的に軽症者が多いが、彼らが感染性のあるウイルスを排出しているかを検討したスイスジュネーブ大学の報告がある⁶⁾。上気道炎症状を呈する 16 歳未満の PCR 陽性者を対象として、鼻咽頭から分離培養可能な SARS-CoV-2 が検出されるかを検討した結果、23 人中 12 人 (52%) から SARS-CoV-2 が分離された。最年少は生後 7 日の新生児で、全ての年齢層で分離された。

乳児 (1 歳未満) と小児~青年期 (1~21 歳) で、鼻咽頭の SARS-CoV-2 ウイルス量の差異を検討した研究もある⁷⁾。有症状の SARS-CoV-2 陽性入院患者 57 名 (うち乳児 20 名) で、RT-PCR 検査の Ct 値を比較した。乳児 (平均 Ct 値 21.05) は小児~青年 (同 27.25) と比較して、ウイルス量が多いという結果であった。一方、人工呼吸または ICU 管理が必要な重症者は、乳児 1 名 (5%) vs 年長児 12 例 (32.4%) であった ($p = 0.02$)、症状発現から検査陽性までの平均期間は、乳児 2 日 vs 年長児 3.8 日であった ($p < 0.01$)。乳児は年長児に比べて、有症状でも重症化の頻度は低いが、鼻咽頭ウイルス量は多いことが示唆された。

しかしこれまで、小児が感染源となって伝播拡大が発生した事例はあまり報告されていない。家族内感染を検討した韓国からの報告⁸⁾を紹介する。2020 年 1 月 20 日から 4 月 6 日までの COVID-19 小

児発端患者が、どの程度家族内感染を起こしたかの解析である。小児発端患者の年齢は中央値 15 歳（四分位範囲 IQR：10～17 歳）で、16～18 歳が 35.7%、13～15 歳が 23.0%。発端者 1 事例当たり平均して 4.3 人の家族内接触者（年齢 1～67 歳）をフォローアップした。小児発端患者 107 名とその家族 248 名をレビューした結果、1 事例が 1 名に感染させたのみであり、二次感染率（secondary attack rate, SAR）は 0.5%（95%信頼区間 0.0%～2.6%）と低頻度であった。本事例の発端者は 16 歳で渡航先の英国から帰国後症状があり、自宅で自主隔離を行い部屋で過ごしたが、食事の際は二次感染例（14 歳）と食卓を共有していた。

スイスのジュネーブでは、2020 年 3 月 10 日から 4 月 10 日の期間中にサーベイランスシステムに報告された 16 歳未満の COVID-19 患者について、その後の家族内伝播を検討した⁹⁾。当該期間中 4,310 名の COVID-19 患者が報告され、16 歳未満は 40 名（0.9%）であった。うちフォローアップできなかった 1 名を除き 39 名を中央値 18 日間（四分位範囲 IQR：14～28 日）フォローアップした。39 名の年齢中央値は 11.1 歳（四分位範囲 IQR：5.7～14.5 歳）であった。検討対象とした家族の人数は中央値 4 名（四分位範囲 IQR：3～4 名）で、計 111 名の内訳は母親 39 名、父親 32 名、小児兄弟姉妹 23 名、成人兄弟姉妹 8 名、祖父母 7 名であった。小児が発症する前に成人が発端患者と考えられた事例は 79%（31/39）あったが、小児が発端患者となり家族内クラスターをきたしたのは 8%（3/39）のみであった。家族内接触者について成人は 85%（75/88）で何らかの症状を認めたが、小児は 43%（10/23）であった（ $p < 0.001$ ）。母親の 92%（36/39）、父親の 75%（24/32）で症状を認めた（ $p = 0.04$ ）。

学校でも、小児を発端者とする感染拡大の報告はあまりない。シンガポールの公立幼稚園 2 園、中学校 1 校において、2020 年 2 月から 3 月に濃厚接触者計 119 名が経過観察され、接触 5～11 日後に PCR 検査が行われた。その結果、SARS-CoV-2 は 1 名も検出されなかった¹⁰⁾。

アイルランドでは、学校閉鎖が行われる以前の学校における COVID-19 の発症状況を、感染症サーベイランスシステムを用いて調査した結果、学校関連では 3 人の小児と 3 人の成人が感染者と同等

された¹¹⁾。しかし、彼らはいずれも学校外において感染したことが確認された。また、この 6 人と学校内での接触のあった 1025 人については感染が確認されなかった。

(4) 学校閉鎖による影響

学校閉鎖は、「Social Distancing」を行うための手段のひとつである。5 種類の Social distancing（学校閉鎖、職場閉鎖、公共交通機関遮断、集会制限、ロックダウン）のうち一つ以上を実施した 149 の国と地域を対象に、介入前後の COVID-19 発生率比（incidence rate ratio, IRR）を比較した報告がある¹²⁾。Social distancing を行う介入により、COVID-19 発生率は 13%減少した（IRR 0.87；95%信頼区間 0.85-0.89）。また、より早期のロックダウン実施は発生率の大幅な減少と関連していた。

しかし一方で、COVID-19 の蔓延を防ぐ目的で実施される学校閉鎖は、その他の Social distancing と比べて効果は低く、多くの代償を伴うとする報告もある¹³⁾。医療従事者が自宅で子どもの養育を強いられるため、本来の医療業務に携わる時間を減らさなければならなくなる。この医療資源の損失は、COVID-19 による死亡数の増加に繋がる可能性があり、学校閉鎖が長期にわたると特に問題であるとしている。

別の報告¹⁴⁾では、SARS や MERS で学校閉鎖の有効性は十分に検証されておらず、COVID-19 のモデリング研究で死亡者の減少効果は 2～3%で、他の Social distancing に比べて有効率は高くないとしている。加えて、保護者の職務継続が困難になること、自宅での高齢者への感染リスクが増すことなどの問題点が指摘されている。小児の COVID-19 では軽症者や無症状者が多く感染源となるリスクが低い可能性もあり、インフルエンザとは異なる考え方で対処を提言している。また、低所得国における社会・経済・健康に関する不平等など潜在的な悪影響が無視できないこと、遠隔学習はタブレットやパソコン普及状況が経済状況に左右されるという課題も指摘されている¹⁵⁾。さらには、子どもたちの学習機会を奪うだけでなく、仲間や周辺社会から隔離されることに繋がるという問題を指摘している。

中国湖北省で COVID-19 流行に際して小児の家庭内「監禁（外出制限）」による精神衛生状態に対

する影響が検討された¹⁶⁾。2020年1月23日から最長4月8日まで自宅待機が課せられた武漢で、計2,330名の小学校2~6年生を調査対象とし、自宅待機期間の中央値34日、回答率は77%であった。調査対象者の23%で抑うつ、19%で不安の徴候が認められた。

COVID-19に関連したSocial distancingが小児期から思春期の子どもたちの精神衛生に与えた影響について、63編の論文をレビューした総説がある¹⁷⁾。61編は観察研究(経時的18件、横断的43件)で、対象となった小児は51,576人(平均年齢15.3歳)。Social distancingや孤独感は、うつリスクを増大させ、不安感を助長する可能性があるとしている。また、精神的な症状の発症には、孤独感の程度よりも持続期間がより強く関連していた。

IV 考察

小児は成人ほど感染拡大に寄与しないと考察する学術論文は多く¹⁾、家族内感染やクラスターの解析でも、小児への二次感染率や罹患頻度は低い。加えて、年少児ほど感染しにくいとする報告が多かった。シンガポール²⁾やイスラエル³⁾からの報告は、家族内曝露という家族がほぼ同程度に濃厚接触者と考えられる環境であり、そのような状況下でも小児特に年少児への感染頻度は低いと考えられた。ただし、母子など接触の頻度や程度が強ければ感染伝播は起こりやすい可能性がある。

小児がCOVID-19に罹患する頻度が低い理由として、SARS-CoV-2のレセプターであるACE2の発現が鼻粘膜上皮において成人より低いとする研究⁵⁾は興味深い。ただし、これが単一原因である確証はなく、さらなる研究の進展を注視したい。

ジュネーブ大学の報告⁶⁾は、軽症の小児からの感染伝播が起こり得ることを示している。また、0歳乳児と1歳以上の者との排出ウイルス量を比較検討した報告⁷⁾では、乳児は年長児に比べて、有症状でも重症化の頻度は低いが、鼻咽頭ウイルス量は多いという結果であり、年少児は症状が重度でなくても鼻咽頭のウイルス量が多い可能性はある。

しかし実際に、小児が感染源となって伝播拡大が発生した事例はあまり報告されておらず、韓国で小児発端患者がどの程度家族内感染を起こした

かの検討⁸⁾では、家族内であっても早期からのSocial distancingを遵守すれば、感染伝播の頻度は高くないとしている。ただし、Social distancingの対処が困難な年少児が患者の場合、どのように対処するかは課題である。本報告⁸⁾でも、親によるケアが必要な年少児が発端者で、家庭あるいは病院で隔離に付き添う場合、N95マスクを含めたPPE対応を行っている。そのため二次感染が起きなかった可能性もあり、一般社会での集団生活にそのまま適用してよいかの議論が必要と考える。

ジュネーブの家族内伝播の検討⁹⁾でも、小児患者が発端者となる頻度は高くない。ただし、本報告でも小児患者は比較的年長児(年齢中央値11.1歳; IQR5.7~14.5歳)であった。前研究⁸⁾と同様にSocial distancingの対処が困難な年少児が患者の場合、どのように対処するかは課題である。

学校においても、小児を発端患者とする感染拡大の報告はあまりない^{10,11)}。幼稚園や学校ではSARS-CoV-2の伝播が起こりにくいのかもしいない。ただし、小児が感染源になりにくいと断定はできず、小児は罹患しにくいいため大きな感染拡大につながらないだけかもしれない。もちろん、集団生活のリスクが無いと断定することもできない。

学校閉鎖は、「Social Distancing」の手段のひとつでもあり、その措置により感染伝播の機会は減少する¹²⁾。しかしその一方で、医療従事者である親が自宅で子どもの養育をするために医療資源の損失をきたし、ひいてはCOVID-19患者の死亡増加につながるという指摘、保護者の職務継続が困難になるという経済的影響を含めた問題、自宅での小児から高齢者への感染リスクが増すことなどの弊害も指摘されている^{13,14,15)}。

また、低所得国における社会・経済・健康に関する不平等、タブレットやパソコンなど遠隔学習に必要な物品の確保は経済状況に左右されるという課題も指摘されている¹⁵⁾。さらに、学習機会を奪うだけでなく、子どもたちを仲間や周辺社会から隔絶することに繋がるという問題がある。

中国武漢からの報告¹⁶⁾が示すように、COVID-19流行期に、長期にわたって小児を自宅待機させることは、抑うつや不安の原因となる可能性がある。Social distancingや孤独感は、うつリスクを増大させ、不安感を助長する可能性があり、特に

長期に及ぶと影響が大きい¹⁷⁾。長期の学校閉鎖には、このような側面もあることを認識しておく必要がある、

V 結語

小児における COVID-19 罹患頻度は、成人と比較して低いとする研究報告が多いが、その理由については明らかでない。また、家族内や学校という濃厚接触・集団生活の場でも、小児が発端者となった大きな感染拡大はほとんど報告がないが、小児が感染源となりにくいかな否かは不確定である。

学校は集団生活の場である。都市封鎖、交通遮断、集会制限などの介入手段と同様、学校生活を停止あるいは制限すれば、感染伝播の機会は減少する。しかし一方で、子どもたちの健全な成長発達に対しては、大きな影響がある。加えて、経済財政対策とは異なる社会的・心理的側面もあることをふまえて、今後の方策を講じる必要がある。

学校の集団生活における感染拡大のリスクや、学校閉鎖の影響に関しては、簡単に結論づけられるものではない。「コロナ禍の学校生活」という点については、現状で表1のように考えている。

文 献

- 1) Luis Rajmil : Role of children in the transmission of the COVID-19 pandemic: a rapid scoping review. *BMJ Paediatr Open*. 2020; 4(1): e000722
- 2) Chee Fu Yung, Kai-qian Kam, Chia Yin Chong, et al. : Household transmission of SARS-CoV-2 from adults to children. *J Pediatr*. 2020 Jul 4:S0022-3476(20)30852-0
- 3) Somekh E, Gleyzer A, Heller E, et al. : The role of children in the dynamics of intra family coronavirus 2019 spread in densely populated area. *Pediatr Infect Dis J*. 2020 Aug;39(8):e202-e204
- 4) Li W, Zhang B, Lu J, et al. : The characteristics of household transmission of COVID-19. *Clin Infect Dis*. 2020 Apr 17. pii: ciaa450
- 5) Bunyavanich S, Do A, Vicencio A : Nasal gene expression of angiotensin-converting enzyme 2 in children and adults. *JAMA*. 2020 May 20. doi: 10.1001/jama.2020.8707
- 6) Arnaud G. L' Huillier¹, Giulia Torriani¹, Fiona Pigny, et al. : Culture-competent SARS-CoV-2 in nasopharynx of symptomatic neonates, children, and adolescents. *Emerg Infect Dis*. 2020 Jun 30;26(10). doi: 10.3201/eid2610.202403
- 7) Zachariah P, Halabi KC, Johnson CL, et al. : Symptomatic infants have higher nasopharyngeal SARS-CoV-2 viral loads but less severe disease than older children. *Clin Infect Dis*. 2020 May 20:ciaa608
- 8) Kim J, Choe YJ, Lee J, et al. : Role of children in household transmission of COVID-19. *Arch Dis Child*. 2020 Aug 7:archdischild-2020-319910
- 9) Posfay-Barbe KM, Wagner N, Gauthey M, et al. : COVID-19 in children and the dynamics of infection in families. *Pediatrics*. 2020 Aug;146(2):e20201576
- 10) Chee Fu Yung, Kai-qian Kam, Karen Donceras Nadua, et al. : Novel coronavirus 2019 transmission risk in educational settings. *Clin Infect Dis*. 2020 Jun 25:ciaa794
- 11) Heavey L, Casey G, Kelly C, et al. : No evidence of secondary transmission of COVID-19 from children attending school in Ireland, 2020. *Euro Surveill*. 2020 May;25(21):2000903
- 12) Nazrul Islam, Stephen J Sharp, Gerardo Chowell, et al. : Physical distancing interventions and incidence of coronavirus disease 2019: natural experiment in 149 countries. *BMJ*. 2020 Jul 15;370:m2743
- 13) Bayham J, Fenichel EP : Impact of school closures for COVID-19 on the US health-care workforce and net mortality: a modelling study. *Lancet Public Health*. 2020 Apr 3. pii: S2468-2667(20)30082-7
- 14) Viner RM, Russell SJ, Croker H, et al. : School closure and management practices during coronavirus outbreaks including COVID-19: a rapid systematic review. *Lancet Child Adolesc Health*. 2020 Apr 6. doi:

10.1016/S2352-4642(20)30095-X

- 15) Esposito S, Principi N : School closure during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic. An effective intervention at the global level?. JAMA Pediatr. Published online May 13, 2020
- 16) Xie X, Xue Q, Xie X, et al. : Mental health status among children in home confinement during the coronavirus disease 2019 outbreak in Hubei Province, China. JAMA Pediatr. 2020 Apr 24. doi: 10.1001/jamapediatrics.2020.1619
- 17) Loades ME, Chatburn E, Higson-Sweeney N, et. al. : Rapid systematic review: The impact of social isolation and loneliness on the mental health of children and adolescents in the context of COVID-19. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry. 2020 Jun 3:S0890-8567(20)30337-3