

THE LANCET

## เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สับสนุนการที่บ่งชี้ว่าไวรัส SARS-CoV-2 แพร่ทางอากาศ

Trisha Greenhalgh, Jose L Jimenez, Kimberly A Prather, Zeynep Tufekci, David Fisman  
และ Robert Schooley

การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบโดยเฮเนแกนและคณะซึ่งได้รับทุนจากองค์การอนามัยโลก (WHO) ซึ่งตีพิมพ์เป็นฉบับร่างในเดือนมีนาคม 2021 ระบุว่า “การที่ไม่สามารถเก็บตัวอย่างไวรัส SARS-CoV-2 มาเพาะเชื้อได้ทำให้ไม่อาจสรุปได้แน่ชัดว่าเชื้อแพร่กระจายผ่านอากาศ (airborne transmission)”<sup>1</sup> ข้อสรุปดังกล่าวและการเผยแพร่ผลการทบทวนวรรณกรรมนี้ในวงกว้างถือเป็นประเด็นที่น่ากังวลเพราะผลกระทบทางสาธารณสุขที่จะตามมา

ในกรณีของไวรัสก่อโรคแพร่กระจายผ่านละอองฝอย (droplet) จากทางเดินหายใจซึ่งตกลงตามแรงโน้มถ่วงอย่างรวดเร็วนั้น มาตรการควบคุมหลักคือลดการสัมผัสโดยตรง ทำความสะอาดพื้นผิวต่างๆ ใช้อุปกรณ์ป้องกันทางกายภาพ รักษาระยะห่างระหว่างบุคคล สวมหน้ากากที่กันละอองฝอยได้ รักษาสุขอนามัยของระบบทางเดินหายใจ และสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันระดับสูงก็ต่อเมื่อทำหัตถการที่ก่อให้เกิดละอองลอย (aerosol) นโยบายดังกล่าวไม่จำเป็นต้องแยกแนวทางปฏิบัติในร่มและกลางแจ้งออกจากกัน เพราะกลไกการแพร่กระจายที่ขับเคลื่อนด้วยแรงโน้มถ่วงในสองสถานการณ์ดังกล่าวไม่แตกต่างกัน แต่หากไวรัสก่อโรคแพร่กระจายผ่านอากาศเป็นหลัก บุคคลอาจติดเชื้อจากการหายใจเอาละอองลอยที่เกิดขึ้นเมื่อผู้ติดเชื้อ หายใจออก พูด ตะโกน ร้องเพลง จาม หรือไอ เข้าไปได้ การลดการแพร่กระจายผ่านอากาศนั้นต้องใช้มาตรการหลักเสี่ยงการสุดตม

ละอองลอยที่มีไวรัสเข้าไป ซึ่งรวมถึงการระบายอากาศ การกรองอากาศ การลดความแออัดและเวลาที่อยู่ภายในอาคาร การสวมหน้ากากอนามัยทุกครั้งที่อยู่ภายในอาคาร การใส่ใจกับคุณภาพและความพอดีของหน้ากาก และอุปกรณ์ป้องกันระดับสูงกว่าเดิมในกรณีของบุคลากรทางการแพทย์ และพนักงานด้านหน้า<sup>2</sup> การสาธิตให้เห็นตรงๆ ว่าไวรัสระบบทางเดินหายใจแพร่กระจายผ่านอากาศนั้นเป็นเรื่องยาก<sup>3</sup> จึงไม่อาจสรุปเอาว่าเชื้อก่อโรคไม่ได้แพร่กระจายผ่านอากาศโดยอ้างอิงจากข้อมูลที่ว่าตรวจพบเชื้อก่อโรคที่มีชีวิตในอากาศหรือไม่เท่านั้นหากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมบ่งชี้ไปทางอื่น การศึกษาวิจัยอย่างอุตสาหะนานหลายทศวรรษซึ่งไม่ได้ใช้วิธีตรวจจับเชื้อก่อโรคที่ยังมีชีวิตในอากาศ พิสูจน์ให้เห็นว่าหลายโรคที่เคยเชื่อว่าแพร่กระจายผ่านละอองฝอยนั้นที่จริงแล้วแพร่กระจายผ่านทางอากาศ<sup>4</sup> สมมติฐานที่ว่า SARS-CoV-2 แพร่กระจายผ่านอากาศเป็นหลัก นั้นมีหลักฐานสนับสนุนถึงสิบประการด้วยกัน<sup>5</sup>

ประการที่หนึ่ง การติดเชื้อ SARS-CoV-2 จำนวนมากเป็นผลมาจากเหตุการณ์การแพร่กระจายเชื้อมากเป็นพิเศษ (Super-spreading event) อันที่จริงแล้ว เหตุการณ์ดังกล่าวอาจเป็นตัวขับเคลื่อนหลักของการระบาดด้วยซ้ำ<sup>6</sup> การวิเคราะห์พฤติกรรมและปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์ ขนาดห้อง การระบายอากาศ และตัวแปรอื่นๆ ในคอนเสิร์ตประสานเสียง เรือสำราญ โรงฆ่าสัตว์ บ้านพักคนชรา และสถานที่ราชทัณฑ์ รวมถึงสถานที่อื่นๆ โดยละเอียด แสดงให้เห็นรูปแบบบางประการ เช่น การแพร่กระจายจากระยะไกลและการที่ค่าเฉลี่ยของจำนวนผู้ป่วยใหม่จากผู้ป่วยรายหนึ่งแพร่เชื้อให้ได้ (basic reproduction number ( $R_0$ )) แปรปรวนมากเกินไป ซึ่งจะกล่าวถึงในภายหลัง สัมพันธ์กับการแพร่กระจายผ่านอากาศ (airborne) ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้ด้วยการแพร่กระจายผ่านละอองฝอย (droplet) หรือโฟไมท์ (fomite)<sup>6</sup> เท่านั้น อุบัติการณ์ที่สูงของเหตุการณ์การแพร่กระจายเชื้อมากเป็นพิเศษแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการแพร่กระจายผ่านละอองลอย (aerosol) มีบทบาทสำคัญ

ประการที่สอง พบหลักฐานว่าไวรัส SARS-CoV-2 สามารถแพร่กระจายจากระยะไกลในหมู่ผู้ที่พักอยู่ในห้องติดกันแต่ไม่เคยพบหน้ากันภายในโรงแรมซึ่งใช้เป็นสถานกักกันโรค<sup>7</sup> ในอดีตนั้นการพิสูจน์ว่าเชื้อโรคชนิดหนึ่งสามารถแพร่กระจายจากระยะไกลได้หรือไม่จะทำได้เมื่อไม่พบการแพร่กระจายในชุมชนโดยสิ้นเชิงเท่านั้น<sup>4</sup>

ประการที่สาม การแพร่กระจายของไวรัส SARS-CoV-2 โดยไม่มีอาการหรือไม่แสดงอาการจากประชากรที่ไม่ไอหรือจามถือเป็นหนึ่งในสามของการแพร่กระจายทั้งหมดทั่วโลกเป็นอย่างน้อยหรืออาจมากถึงร้อยละ 59 ด้วยซ้ำ ทั้งยังเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้ SARS-CoV-2 แพร่กระจายไปทั่วโลก<sup>8</sup> ข้อมูลดังกล่าวสนับสนุนข้อสันนิษฐานที่ว่า การแพร่กระจายผ่านอากาศคือวิธีการแพร่กระจายหลัก การทดลองวัดโดยตรงแสดงให้เห็นว่าการพุดก่อกำเนิดละอองลอย (aerosol) หลายพันอนุภาคและละอองฝอยขนาดใหญ่เพียงไม่กี่อนุภาค<sup>9</sup> สนับสนุนข้อสันนิษฐานที่ว่ามีการแพร่กระจายผ่านอากาศเช่นกัน

ประการที่สี่ การแพร่กระจายของไวรัส SARS-CoV-2 ภายในอาคารนั้นสูงกว่ากลางแจ้ง<sup>10</sup> และลดลง อย่างมากเมื่อมีการระบายอากาศภายในอาคาร<sup>5</sup> ข้อสังเกตทั้งสองสนับสนุนข้อสันนิษฐานที่ว่า การแพร่กระจายผ่านอากาศคือวิธีการแพร่กระจายหลัก

ประการที่ห้า พบการติดเชื้อในโรงพยาบาล (nosocomial infection) ตามสถานบริการทางสาธารณสุขต่างๆ ซึ่งใช้มาตรการป้องกันการสัมผัสและละอองฝอยอย่างเข้มงวดและใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) ที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันละอองฝอย แต่ไม่รวมถึงละอองลอย<sup>11</sup>

ประการที่หก มีการตรวจพบไวรัส SARS-CoV ที่ยังมีชีวิตได้ในอากาศ การทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าไวรัส SARS-CoV-2 ยังแพร่เชื้อได้หลังอยู่ในอากาศนานถึง 3 ชั่วโมง โดยมีค่าครึ่งชีวิตอยู่ที่ 1.1 ชั่วโมง<sup>12</sup> และสามารถเก็บตัวอย่างไวรัส SARS-CoV-2 ที่ยังมีชีวิตได้จากอากาศภายในห้องของผู้ป่วย COVID-19 แม้จะไม่มีการทำหัตถการที่ก่อให้เกิดละอองลอยเลยก็ตาม<sup>13</sup> รวมถึงจากอากาศภายในรถของผู้ติดเชื้อ<sup>14</sup> แม้ว่าการศึกษาอื่นๆ จะไม่สามารถเก็บตัวอย่างไวรัส SARS-CoV-2 ที่ยังก่อโรคได้จากอากาศ แต่ก็ไม่ใช่เรื่องเหนือความคาดหมายแต่อย่างใด การเก็บตัวอย่างไวรัสจากอากาศมีข้อจำกัดทางเทคนิคหลายประการ รวมถึงประสิทธิภาพของวิธีเก็บตัวอย่างอนุภาคขนาดเล็กที่ยังมีอยู่จำกัด การคายน้ำของไวรัสในขณะที่เก็บ ความเสียหายของไวรัสเนื่องจากแรงกระแทก (ทำให้สูญเสียความสามารถในการก่อโรค) การที่ไวรัสกลับมาเป็นละอองลอย (reaerosolisation) อีกครั้งระหว่างการเก็บตัวอย่าง และการเก็บไวรัสไว้ในภาชนะ<sup>3</sup> ไม่เคยมีบันทึกว่าสามารถเก็บตัวอย่างของเชื้อโรคหัดและวัณโรคซึ่งเป็นโรคที่แพร่กระจายผ่านอากาศเป็นหลักจากอากาศมาเพาะเชื้อได้เลย<sup>15</sup>

ประการที่เจ็ด พบไวรัส SARS-CoV-2 ในไส้กรองอากาศและท่อภายในโรงพยาบาลที่มีผู้ป่วย COVID-19 มีเพียงละอองลอยเท่านั้นที่เข้าไปถึงสถานที่เหล่านี้ได้<sup>16</sup>

ประการที่แปด การศึกษาในสัตว์ติดเชื้อที่ถูกขังไว้ในกรงซึ่งเชื่อมต่อกับกรงขังสัตว์ที่ไม่ติดเชื้อผ่านทาง ท่ออากาศแสดงให้เห็นการแพร่กระจายของไวรัส SARS-CoV-2 ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้ด้วยวิธีอื่นใดเว้นแต่การแพร่กระจายผ่านละอองลอยเท่านั้น<sup>17</sup>

ประการที่เก้า เท่าที่เราทราบ ยังไม่มีการศึกษาใดซึ่งให้หลักฐานที่หนักแน่นหรือสอดคล้องกันเพียงพอที่จะหักล้างสมมติฐานที่ว่าไวรัส

SARS-CoV-2 แพร่กระจายผ่านอากาศ แม้จะพบผู้ที่ไม่ติดเชื้อ SARS-CoV-2 ทั้งที่สูดอากาศร่วมกับผู้ติดเชื้อ แต่ก็สามารถอธิบายสถานการณ์ดังกล่าวได้ด้วยปัจจัยร่วมหลายอย่าง ซึ่งรวมถึงความแปรปรวนของปริมาณเชื้อที่ผู้ป่วยแต่ละรายขับออกมาซึ่งต่างกันได้หลายสิบเท่าและความแตกต่างของสิ่งแวดล้อม (โดยเฉพาะสภาพการระบายอากาศ)<sup>18</sup> ความแปรปรวนระหว่างบุคคลและสิ่งแวดล้อมนี้ทำให้ผู้ป่วยขั้นแรก (primary case) เพียงจำนวนน้อย (โดยเฉพาะบุคคลที่ขับเชื้อไวรัสจำนวนมากภายในอาคาร สถานที่แออัดซึ่งมีการระบายอากาศที่ไม่ดี) เป็นต้นเหตุของการติดเชื้อในผู้ป่วยขั้นถัดๆ มาส่วนใหญ่ ข้อสันนิษฐานนี้ได้รับการสนับสนุนโดยข้อมูลการติดตามผู้สัมผัสโรคที่มีคุณภาพสูงจากหลายประเทศ<sup>19,20</sup> ความแตกต่างที่หลากหลายของปริมาณไวรัส SARS-CoV-2 ที่พบในทางเดินหายใจสามารถตอบโต้ข้อโต้แย้งที่ว่าไวรัส SARS-CoV-2 ไม่สามารถแพร่กระจายในอากาศได้ เนื่องจากมีค่า R0 ต่ำกว่า (ประมาณ 2.5)<sup>21</sup> กว่าโรคหัด (ประมาณ 15)<sup>22</sup> โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อ R0 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยไม่ได้คำนึงถึงข้อเท็จจริงที่ว่าผู้ติดเชื้อเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ขับเชื้อไวรัสในจำนวนมาก ความแปรปรวนอย่างมากของ R0 ในโรค COVID-19 นั้นถูกบันทึกไว้ชัดเจน<sup>23</sup>

ประการที่สิบ หลักฐานที่สนับสนุนการแพร่กระจายด้วยวิธีอื่นๆ ซึ่งก็คือ ละอองฝอยจากทางเดินหายใจหรือโพไม่ท์ยังมีเพียงจำกัด<sup>9,24</sup> มีการนำความง่ายในติดเชื้อจากบุคคลที่อยู่ใกล้กันมาอ้างเป็นข้อพิสูจน์ว่าไวรัส SARS-CoV-2 แพร่กระจายผ่านละอองฝอยจากทางเดินหายใจ แต่การแพร่กระจายระยะใกล้ส่วนใหญ่และการแพร่กระจายระยะไกลบางส่วนเมื่อหายใจในอากาศเดียวกัน น่าจะเกิดจากการเจือจางของละอองลอยที่หายใจออกไปเมื่ออยู่ไกลจากผู้ติดเชื้อมากกว่า<sup>9</sup> ข้อสันนิษฐานซึ่งไม่ถูกต้องที่ว่า การแพร่กระจายระยะไกลบ่งบอกถึงละอองฝอยขนาดใหญ่จากทางเดินหายใจหรือโพไม่ท์ถูกนำมาปฏิเสธว่าวัณโรคและโรคหัดแพร่กระจายผ่านอากาศอยู่นานหลายทศวรรษ<sup>15,25</sup> และได้กลายเป็นความเชื่อในวงการ

แพทย์ไปโดยไม่สนใจข้อมูลจากการวัดละอองลอยและละอองฝอยโดยตรงซึ่งเผยให้เห็นข้อบกพร่องของข้อสันนิษฐานดังกล่าว ไม่ว่าจะเป็นจำนวนอันมากมายของละอองลอยที่เกิดขึ้นจากการหายใจและการกำหนดเกณฑ์แบ่งละอองลอยกับละอองฝอยตามอำเภอใจที่ 5  $\mu\text{m}$  ทั้งที่ควรจะเป็น 100  $\mu\text{m}$  ซึ่งถูกต้องกว่า<sup>15,25</sup> และบางครั้งยังพบข้อโต้แย้งว่าเนื่องจากละอองฝอยในระบบทางเดินหายใจมีขนาดใหญ่กว่าละอองลอย จึงต้องมีไวรัสมากกว่า แต่ในโรคที่มีการวัดความเข้มข้นของเชื้อก่อโรคตามขนาดอนุภาคนั้น ก็พบว่าละอองลอยขนาดเล็กมีความเข้มข้นของเชื้อโรคสูงกว่าละอองฝอยเมื่อเปรียบเทียบกัน<sup>15</sup>

กล่าวโดยสรุปก็คือ เราเห็นว่าการตั้งข้อสงสัยต่อการแพร่กระจายผ่านอากาศเนื่องจากไม่พบหลักฐานโดยตรงว่ามีไวรัส SARS-CoV-2 ในตัวอย่างอากาศบางตัวอย่าง แต่กลับมองข้ามคุณภาพและความแน่นหนาของฐานหลักฐานทั้งหมดในภาพรวมถือเป็นข้อผิดพลาดทางวิทยาศาสตร์ มีหลักฐานที่ชัดเจนและสอดคล้องกันว่า SARS-CoV-2 แพร่กระจายผ่านทางอากาศ และแม้การแพร่กระจายทางอื่นจะมีบทบาทเช่นกัน เราก็เชื่อว่าการแพร่กระจายส่วนใหญ่เกิดขึ้นผ่านอากาศ และวงการสาธารณสุขควรดำเนินการตามข้อมูลดังกล่าวโดยไม่รอช้า