

ระดับของการดำเนินการสำหรับเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 ในอากาศ: วิธีการเบื้องต้น

บทคัดย่อ (Abstract)

การประเมินความเสี่ยงจากเชื้อจุลินทรีย์ในเชิงปริมาณได้ถูกใช้ในการพัฒนาเกณฑ์สำหรับการรับสัมผัสกับเชื้อจุลินทรีย์มากมายหลายชนิด ในบทความนี้ dose-response curve สำหรับ Coronavirus 229E ถูกใช้ในการพัฒนาเกณฑ์เบื้องต้นสำหรับการรับสัมผัสที่อยู่บนพื้นฐานของความเสี่ยง (preliminary risk-based exposure criteria) สำหรับไวรัส SARS-CoV-2 ที่ผ่านทางช่องทางระบบทางเดินหายใจ (respiratory portals of entry)

1 บทนำ (INTRODUCTION)

ไวรัส SARS-CoV-2 ได้อุบัติขึ้นมาเป็นเชื้อโรคที่มีความสำคัญซึ่งสร้างความวิตกกังวลไปทั่วโลก มีการยอมรับเพิ่มมากขึ้นในบทบาทของระบบการหายใจว่าเป็นช่องทางเข้าสู่ร่างกาย มีการแยกแยะความแตกต่างระหว่างการแพร่เชื้อโดย “ละอองฝอย” กับการแพร่เชื้อโดยอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า (Fennelly, พ.ศ. 2563) อย่างไรก็ตามจากความเข้าใจที่มากขึ้นเมื่อไม่นานมานี้ ทำให้มีการแยกแยะความแตกต่างระหว่างการทับถมหรือสะสมโดยตรง (direct deposition) ของอนุภาคที่ถูกปล่อยออกมาผ่านทางผู้ที่ติดเชื้อลงบนพื้นผิวต่าง ๆ ที่มีความชื้น (เช่น จมูก ปาก เป็นต้น) ของผู้ที่อ่อนแอต่อการติดเชื้อ (บางครั้งก็เรียกว่าการแพร่เชื้อในระยะใกล้ ๆ) กับอนุภาคที่อาจจะไหลเวียนอยู่ในอากาศ (โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายในตัวอาคาร) ก่อนที่จะถูกหายใจเข้าไปโดยผู้ที่อ่อนแอต่อการติดเชื้อ (Milton, พ.ศ. 2563) เรื่องนี้มีความสอดคล้องตรงกันมากกว่ากับความเข้าใจเกี่ยวกับว่าอนุภาคต่าง ๆ มีพฤติกรรมอย่างไรในอากาศ (Morawska และคณะ, พ.ศ. 2563; Prather และคณะ, พ.ศ. 2563)

ความสำคัญของทั้งเส้นทางระยะใกล้ ๆ และเส้นทางระยะที่ไกลกว่าของการรับสัมผัสเชื้อสำหรับการแพร่เชื้อในชุมชนได้รับการศึกษาวิจัยในระหว่างการระบาดของโรค โดยเฉพาะในกรณีของโรคโศกนาฏกรรมโดมอนด์พริ้นเซส (Azimi และคณะ, พ.ศ. 2563) และกรณีของคลัสเตอร์นักร้องเพลงประสานเสียงที่เขต Skagit มลรัฐวอชิงตัน (Miller และคณะ, พ.ศ. 2563) การศึกษาจากแบบจำลองก็ยังได้ระบุชี้ว่าทั้งสองเส้นทางนี้ล้วนมีความสำคัญในบริบทของการดูแลรักษาสุขภาพ (Jones, พ.ศ. 2563)

สำหรับทั้งสองกลไกข้างบนนี้ ช่องทางเข้าสู่ร่างกายคือระบบการหายใจ อย่างไรก็ตามขนาดของอนุภาคจะมีผลต่อการทับถมหรือสะสมภายในทางเดินหายใจ (Haddrell และคณะ, พ.ศ. 2558)

นอกจากนี้ก็ยังมีความเข้าใจที่ตรงกันว่าช่องทางเข้าสู่ร่างกายที่เป็นไปได้โดยผ่านทาง การทับถมหรือสะสมในระยะใกล้ ๆ (short-range deposition) เข้าดวงตา (Chu และคณะ, พ.ศ. 2563; MacIntyre & Wang, พ.ศ. 2563) อย่างไรก็ตามช่องทางนี้จะไม่มีผลค่านึงถึงในบทความนี้

งานสำคัญสำหรับการกำหนดกลยุทธ์วิธีการในการควบคุมคือการกำหนดขนาด (doses) ที่จะพิจารณาถือว่าเป็นที่สามารถยอมรับได้ ซึ่งต่อจากนั้นความเข้มข้นของสิ่งแวดล้อม (เช่น อากาศ) ที่สอดคล้องกันก็จะสามารถได้รับการคำนวณได้ โดยการเปรียบเทียบสิ่งเหล่านี้กับความเข้มข้นของอากาศ (air concentration) ที่เป็นผลจากบริบทแวดล้อมที่ไม่มีการควบคุม (uncontrolled settings) ซึ่งมีแหล่งที่มาของเชื้อ (ผู้ติดเชื้อหนึ่งคนหรือมากกว่านั้นที่มีการปล่อยเชื้อไวรัส) เราก็จะสามารถกำหนดขนาดหรือปริมาณ (magnitude) ของการลดแหล่งที่มา (source reduction) ที่ต้องการ สิ่งนี้สามารถดำเนินการได้หลากหลายวิธี รวมทั้งวิธีการใช้ตัวกันกีดขวางเป็นชั้น ๆ ต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยการสวมใส่หน้ากาก การระบายอากาศ และระบบการบำบัดอากาศ

วัตถุประสงค์ของบทความนี้คือการจัดการกรอบงานเบื้องต้น (preliminary framework) สำหรับการกำหนดระดับของเชื้อไวรัสในอากาศที่สามารถยอมรับได้ โดยการใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงจากเชื้อจุลินทรีย์ในเชิงปริมาณ (QMRA) (Haas และคณะ, พ.ศ. 2557) ในวิธีการนี้ทันทีที่มีการระบุปัจจัยอันตราย จะต้องมีการประเมินในด้านขนาด (dose) กับปฏิกิริยาการตอบสนอง (response) และการประเมินการรับสัมผัส (exposure assessment) ทันที และได้รับการรวมเข้าในการอธิบายลักษณะของความเสียหาย (risk characterization) เพื่อที่จะประมาณการถึงความเสี่ยงและความไม่แน่นอน ในการใช้งานนี้ “วิธีการประเมินความเสี่ยงจากเชื้อจุลินทรีย์ในเชิงปริมาณผกผัน (reverse QMRA)” ถูกใช้ในความหมาย (sense) ของ Soller และคณะ, (พ.ศ. 2553) ซึ่งในที่นั้นขนาด (dose) ที่สอดคล้องกับความเสี่ยงเฉพาะที่สามารถยอมรับได้ได้รับการคำนวณ

2 วิธีการ (APPROACH)

Watanabe และคณะ (พ.ศ. 2553) ได้ทำการทบทวนเอกสารผลงานการศึกษาวิจัยสำหรับชุดข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่ (ในคนและสัตว์) เพื่อพัฒนาแบบจำลองเกี่ยวกับขนาดหรือปริมาณกับปฏิกิริยาการตอบสนอง (dose-response models) สำหรับเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ต่าง ๆ ในจำนวนชุดข้อมูลเหล่านี้มีอยู่แค่เพียงชุดเดียวเท่านั้นที่เป็นชุดข้อมูลในมนุษย์ (มีไวรัสโคโรนา 229E) และชุดข้อมูลนี้มีขนาดที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ย (ค่ากลางมัธยฐาน) ต่ำที่สุด (มีศักยภาพมากที่สุด) ซึ่งเราจะใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้

ข้อมูลพื้นฐานนี้มาจากการทดลองของ Bradburne และคณะ (พ.ศ. 2510) ซึ่งในการทดลองนี้อาสาสมัครที่เป็นมนุษย์ได้รับเชื้อไวรัสในปริมาณต่าง ๆ กันผ่านทางรูจมูก การตอบสนองที่เป็นจุดสิ้นสุด (endpoint response) คือการเกิดการเจ็บป่วย Watanabe และคณะ (พ.ศ. 2553) ได้พบว่าโมเดล dose-response ที่เป็นเอกซโพเนนเชียล (สมการ (1)) มีความเหมาะสมกับข้อมูลนี้

$$p = 1 - \exp\left(-\frac{d}{k}\right). \quad (1)$$

ในสมการนี้ d เป็นขนาดเฉลี่ย (ในกรณีนี้ก็คือ plaque forming units (pfu) ของเชื้อไวรัส) k เป็น dose-response parameter (ซึ่งแปลผลเป็น inverse ของความน่าจะเป็นที่เชื้อไวรัสหน่วยหนึ่งจะอยู่รอดและเริ่มต้นให้เกิดผลลัพธ์สุดท้าย (endpoint effect) และ p เป็นความเสี่ยง

มีวิธีการมากมายที่เทียบเท่ากัน (equivalent) ในการแปรผล p มันสามารถจะได้รับการพิจารณาว่าเป็นความน่าจะเป็นหรือความเป็นไปได้ที่บุคคลหนึ่ง ซึ่งรับสัมผัสกับขนาดเฉลี่ยของ d จะมีผลลัพธ์เกิดขึ้น นอกจากนี้มันก็สามารถจะได้รับการพิจารณาว่าเป็นสัดส่วนที่ได้รับการคาดหมายของผู้ที่รับสัมผัสกับขนาดเฉลี่ยของ d ผู้ซึ่งจะมีผลลัพธ์ที่ไม่พึงประสงค์ (adverse effect) เกิดขึ้นก็ได้ และสุดท้าย (ในการแปรผลที่ใช้ข้างล่างนี้) มันสามารถจะได้รับการพิจารณาว่าเป็นจำนวนคนที่จำเป็นจะต้องได้รับการสัมผัสกับขนาดเฉลี่ยนั้นการเกิดกรณีของผลลัพธ์ที่ไม่พึงประสงค์สักกรณีหนึ่งจึงจะคาดหมายได้

การ fit กับ dose-response data จะถูกใช้เพื่อทำให้แน่ใจมีความชัดเจนเกี่ยวกับจำนวนของผู้ที่ได้รับการสัมผัสกับขนาดเฉลี่ยเฉพาะ (particular average dose) ซึ่งจำเป็นจะต้องมีในการสังเกตพบกรณีการเกิดผลลัพธ์ที่ไม่พึงประสงค์ (adverse case) อย่างน้อยหนึ่งกรณี

2.1 การประเมินการรับสัมผัส (Exposure Assessment)

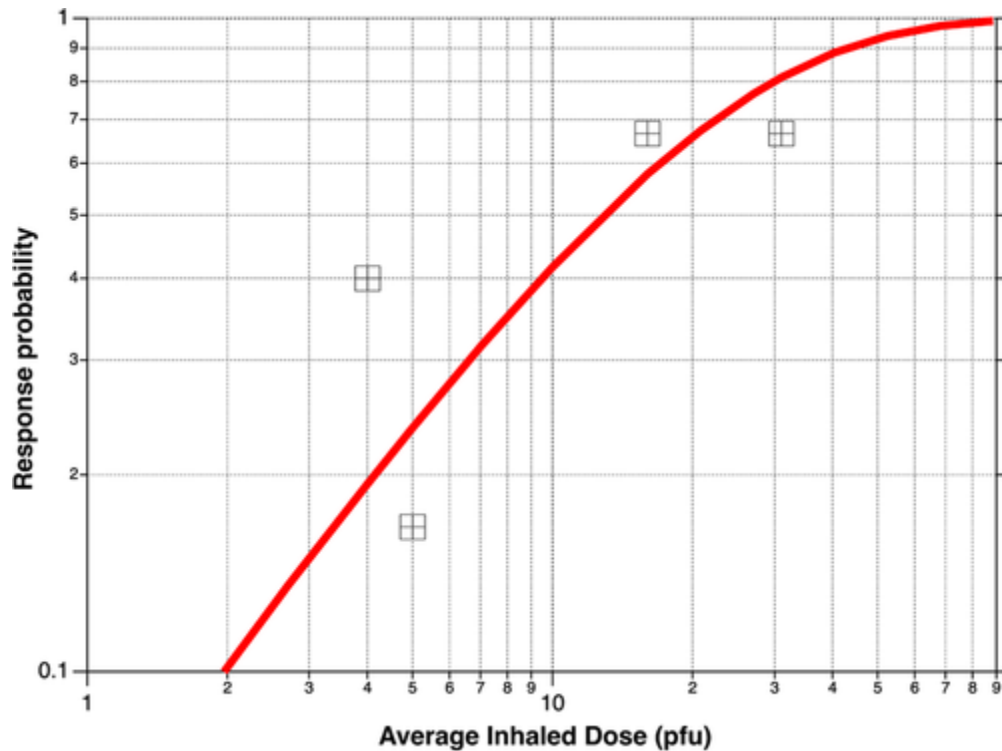
เพื่อที่จะแปลขนาด (dose) เป็นความเข้มข้น (concentration) ในอากาศซึ่งกำลังถูกหายใจเข้าไป จำเป็นจะต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการหายใจและช่วงระยะเวลาของการรับสัมผัส ในตัวอย่างข้างล่างนี้ใช้อัตราการหายใจที่เบาบาง (light intensity breathing rate) ที่ $0.012 \text{ m}^3/\text{นาที่}$

(<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/efh-chapter06.pdf>)

สถานการณ์ที่ต่างกันและความแรง (intensities) ของการหายใจจะต้องมีการใช้อัตราการหายใจที่ต่างกันไป

3 ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัย (RESULTS)

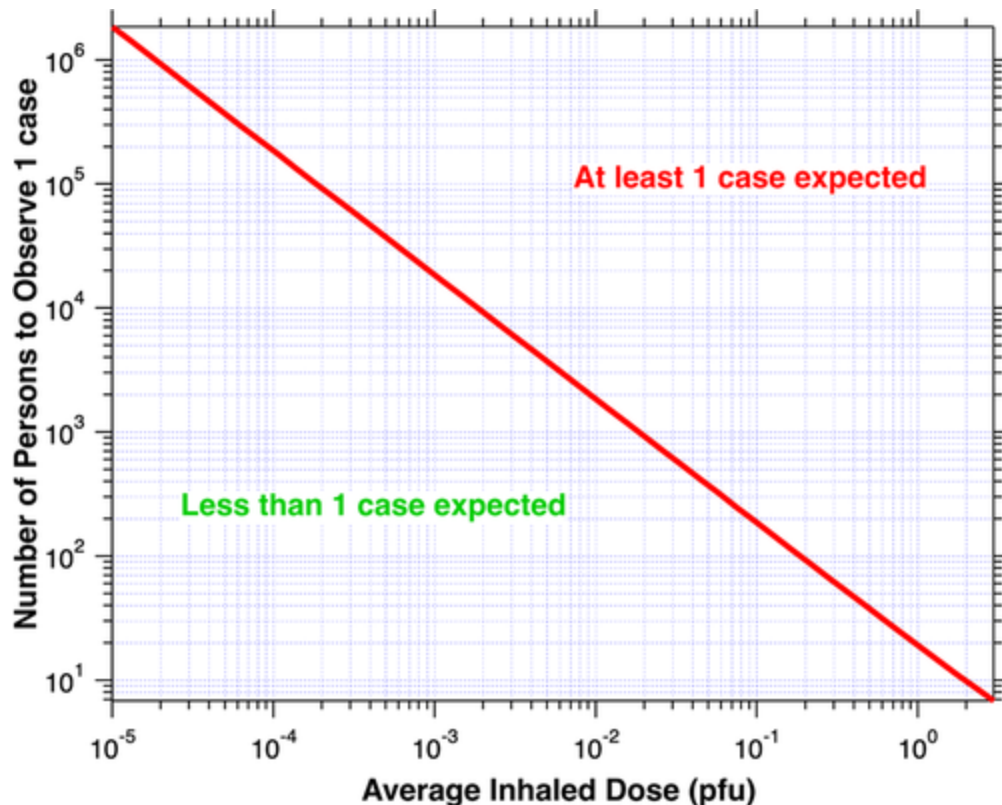
การ fit (Watanabe และคณะ, พ.ศ. 2553) กับข้อมูลของ Bradburne และคณะ (พ.ศ. 2510) แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 1 ถ้า fit value ที่ดีที่สุดของ k คือ 18.54 ซึ่งบ่งชี้ว่าแต่ละ pfu มีค่าความน่าจะเป็นของการส่งผลให้เกิดผลลัพธ์ที่ไม่พึงประสงค์ (adverse effect) อยู่ที่ 0.054



ภาพประกอบที่ 1

การ Fit ของ exponential dose response model (เส้นโค้ง) กับการทดลองในมนุษย์ของเชื้อไวรัสโคโรนา 229E. ข้อมูล (คะแนน) จาก Bradburne และคณะ, พ.ศ. 2510.

โดยการแลกเปลี่ยนกลับกัน (reciprocal) ของ “ p ” ในสมการ (1) เราสามารถคำนวณจำนวนของผู้ที่จำเป็นจะต้องได้รับสัมผัสกับขนาดเฉลี่ย เพื่อที่จะคาดหมายได้สังเกตเห็น (ผลลัพธ์ที่ไม่พึงประสงค์) หนึ่งกรณี การวิเคราะห์นี้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 2. สังเกตว่าเป็นเส้นตรงที่มีความลาดเอียงเป็นเอกภาพ (slope of unity) บน log-log plot ตั้งแต่ขนาดต่ำ ๆ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาด (dose) กับปฏิกิริยาการตอบสนอง (response) ที่เป็นเอกซโพเนนเชียลได้รับการประมาณอย่างใกล้เคียงโดยความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relationship)



ภาพประกอบที่ 2

เส้นวิกฤต (critical line) สำหรับหนึ่งกรณีที่เกิดขึ้น.

ดังเช่นตัวอย่างการใช้ในภาพประกอบที่ 2 หากตัวเลขที่เราสนใจคือ 100 คน ขนาดเฉลี่ยที่รับสัมผัส (average exposed dose) ที่น้อยกว่า 0.18 pfu ก็จำเป็นจะต้องอยู่ใต้เส้นวิกฤต (critical line) ซึ่งอาจจะสามารถแปลเป็นความเข้มข้นของอากาศ (air concentration) ได้ถ้าหากอัตราการหายใจและช่วงระยะเวลาได้รับการกำหนดไว้

ตัวอย่างเช่น ถ้าหากช่วงระยะเวลาของการรับสัมผัสคือ 1 ชั่วโมง และมีอัตราการหายใจตามที่แสดงไว้ข้างบนนี้ ขนาด (dose) ก็จะสอดคล้องตรงกัน (correspond) กับความเข้มข้นของไวรัสที่ 0.25 pfu/m³

โปรดสังเกตว่า ในตัวอย่างนี้ผลที่ได้จะออกมาในรูปของ pfu ซึ่งเป็นไวรัสที่มีชีวิตอยู่รอดและสามารถทำให้ติดเชื้อได้ ในการเฝ้าระวังทางด้านสิ่งแวดล้อม (environmental surveillance) จำนวนมากซึ่งรวมทั้งกรณีของไวรัส SARS-CoV-2 การวัดปริมาณจะทำในรูปของกรดนิวคลีอิก (RNA) ในหน่วยของชุดของยีน (gene copies - gc) มีความแตกต่างกันอย่างมากมาในระหว่างการวัด (measurements) เหล่านี้ ซึ่งอาจจะสะท้อนถึงความแตกต่างระหว่างความสามารถมีชีวิตอยู่ได้ (viability) กับส่วนประกอบทั้งหมดของไวรัสที่สามารถวัดปริมาณได้ (total measurable viral components) และข้อจำกัดต่าง ๆ ในการทดลอง (Haas, พ.ศ. 2563) อัตราส่วนนี้จะต้องได้รับการวัดสำหรับไวรัส SARS-CoV-2 สำหรับไวรัสไข้หวัดใหญ่และรวมทั้ง enveloped RNA viruses ในตัวอย่างสิ่งส่งตรวจทางคลินิก (clinical samples) มีการรายงานอัตราส่วนอยู่ที่ระหว่าง 185 - 708 gc/pfu (Ip และคณะ, พ.ศ.

2558) คาดว่าจากการที่มีการควบคุมสิ่งแวดล้อม (environmental holding) อัตราส่วนนี้จะมีการเพิ่มขึ้นและมีการ decay ของ viability เพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ nucleic acid fragments

วิธีการที่เป็นทางเลือกหรือเสริมสำหรับการดูข้อมูลคือการดูที่ความน่าจะเป็นหรือความเป็นไปได้ของการมีหนึ่งกรณีหรือมากกว่าจากการที่ได้รับขนาดเฉลี่ย (average dose) และขนาดของประชากร (population size) ถ้าหากว่า p คือความน่าจะเป็นหรือความเป็นไปได้ของอาสาสมัครหนึ่งคนที่จะมีอาการไม่พึงประสงค์เกิดขึ้น และถ้าผู้ป่วยจำนวน N คนขึ้นอยู่กับความเสี่ยงนั้น ดังนั้นโดยสถิติทวินาม (binomial statistics) ความน่าจะเป็นหรือความเป็นไปได้ของการเกิดอาการไม่พึงประสงค์อย่างหนึ่งหรือมากกว่าจึงแสดงได้จากสมการข้างล่างนี้

$$P(\geq 1 \text{ case}) = 1 - (1 - p)^N. (2)$$

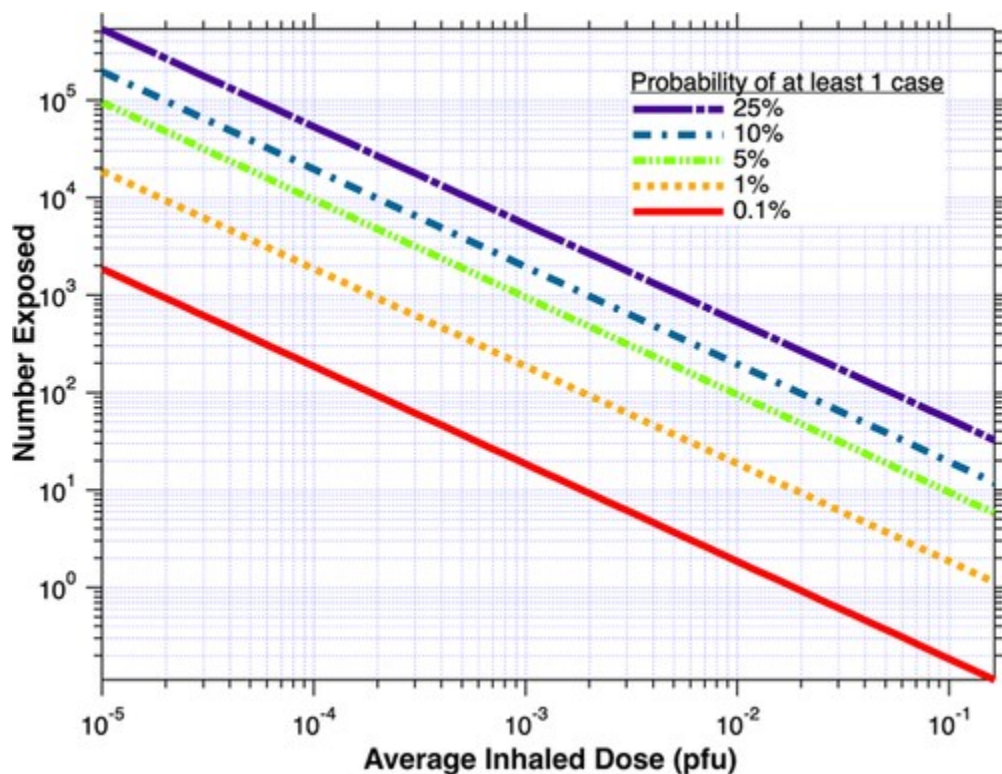
ในสมการที่ (2) “ p ” สามารถถูกแทนที่โดยความสัมพันธ์ระหว่างขนาดกับปฏิกิริยาการตอบสนอง (dose-response relationship) จากสมการที่ (1) เพื่อที่จะได้สมการที่ (3)

$$P(\geq 1 \text{ case}) = 1 - \exp\left(-\frac{N \cdot d}{k}\right). (3)$$

และสุดท้ายจากการปรับ (rearranging) สมการที่ (3) เราก็จะได้สมการที่ (4) ข้างล่างนี้

$$N = -\left(\frac{k}{d}\right) \ln(1 - P(\geq 1 \text{ case})). (4)$$

สำหรับค่าต่าง ๆ ที่หลากหลายของขนาดประชากรที่ได้รับการรับสัมผัสและความน่าจะเป็น สมการที่ (4) ได้แสดงไว้ในภาพประกอบที่ 3 ดังนั้นยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากมี 100 คนที่ได้รับการรับสัมผัส และเราต้องการคงความเสี่ยงของการเกิดกรณีให้ต่ำกว่า 1%, ขนาดเฉลี่ยที่มากที่สุด (maximum average dose) ก็จะต้องต่ำกว่า 0.0011 pfu และเมื่อมีข้อมูลเกี่ยวกับช่วงระยะเวลาในการรับสัมผัสที่สันนิษฐาน (assumed exposure duration) และอัตราการหายใจ (breathing rate) เราก็จะสามารถแปลเป็นความเข้มข้นอากาศเฉลี่ย (average air concentration) ตามตัวอย่างก่อนหน้านี้



ภาพประกอบที่ 3

ความน่าจะเป็นหรือความเป็นไปได้ของการเกิดหนึ่งกรณีหรือมากกว่า ในฐานะที่เป็นฟังก์ชันของการรับสัมผัสโดยเฉลี่ย (average exposure) และจำนวนที่ได้รับการสัมผัส (number exposed).

4 การอภิปรายและข้อจำกัด (DISCUSSION AND LIMITATIONS)

การวิเคราะห์ครั้งนี้ใช้ 229E เป็นไวรัสโคโรนาสำหรับการอ้างอิง เชื้อชนิดนี้เป็น alphacoronavirus ตรงกันข้ามกับเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 ซึ่งเป็น betacoronavirus (Liu และคณะ, พ.ศ. 2564) การที่ betacoronaviruses จะมีพฤติกรรมในเรื่องของขนาดกับการปฏิบัติ (dose – response behavior) ที่แตกต่างกันอย่างมากหรือไม่เป็นสิ่งที่ยังคงต้องรอดูกันต่อไป และมีความเป็นไปได้ว่าอาจจะต้องมีการทดสอบในโมเดลสัตว์ทดลองที่มีความเหมาะสม เชื้อไวรัสอื่น ๆ ที่วิเคราะห์โดย Watanabe และคณะ (พ.ศ. 2553) แสดงความแรง (potency) ที่น้อยกว่า 229E

รายงานนี้พัฒนาความสัมพันธ์ต่าง ๆ บนพื้นฐานของเชื้อไวรัสที่มีชีวิตอยู่รอด (viable) และทำให้ติดเชื้อได้ (pfu) การศึกษาวิจัยสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่ทำการวัดบนพื้นฐานของ gene copies (gc) ของอาร์เอ็นเอไวรัสที่แยก (isolated) ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 สิ่งนี้และผลกระทบของการควบคุมสภาพเงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีต่อความสัมพันธ์ยังไม่เป็นที่รับทราบ

การศึกษาวินิจฉัยในโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในมลรัฐเนบราสก้าสังเกตพบ gene copies สูงถึง 50 gc/L ในตัวอย่างอากาศในบริเวณที่มีผู้ป่วยโรคโควิด 19 (Santarpia และคณะ, พ.ศ. 2563) ตัวอย่างสิ่งแวดล้อมบางตัวอย่างมีการแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในเซลล์เข้าบ้านที่เกิดจากการบุกรุกของไวรัส (cytopathogenic effects [CPE] ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (tissue culture) ถึงแม้ว่าไม่สามารถยืนยันได้ว่าเกิดจากเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 ก็ตาม

Lednicky และคณะ, พ.ศ. 2563) พบ 0.9 gc/L ของไวรัส SARS-CoV-2 ในตัวอย่างอากาศในคลินิกสำหรับนักศึกษาแห่งหนึ่ง และหลังจากทำการเพาะเลี้ยงเชื้อแล้วก็สังเกตพบปรากฏการณ์ CPE เช่นกัน ถึงแม้ว่าไม่มีการดำเนินการยืนยันเชื้อไวรัสในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (tissue culture) ก็ตาม

ในผู้ป่วยที่ได้รับการเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาล มีการสังเกตพบว่าตัวอย่าง swab ไม่ได้มีผลการตรวจเป็นบวกสำหรับไวรัสที่สามารถมีชีวิตอยู่รอด (viable virus) จนกระทั่งไตเตอร์ของการตรวจวิธี polymerase chain reaction (PCR) สูงเกิน 10⁶ RNA copies (van Kampen และคณะ, พ.ศ. 2563) อย่างไรก็ตามเป็นที่ทราบกันว่าไวรัสสามารถถูกผลิตออกมาในปริมาณมากมายได้ ในผู้ป่วยช่วงก่อนหน้าที่จะแสดงอาการ (presymptomatic) ซึ่งแม้แต่อาจจะเป็นปริมาณที่มากกว่าในผู้ป่วยที่มีอาการ (symptomatic) และได้รับการเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาล (Arons และคณะ, พ.ศ. 2563) ด้วยเหตุนี้ค่าตัวเลขที่ “typical” สำหรับอัตราส่วนระหว่างไวรัสที่มีชีวิตอยู่รอดและสามารถทำให้ติดเชื้อได้กับ gene copies (gc) ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อมจึงยังคงไม่มีความชัดเจน

การศึกษาระหว่างขนาด (dose) กับปฏิกิริยาการตอบสนอง (response) อันเป็นพื้นฐานซึ่งใช้ในการพัฒนานี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการใส่ละอองฝอยโดยตรงในจมูก ผลกระทบและความแตกต่างที่เป็นไปได้ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการหายใจเอาอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าเข้าไป ซึ่งอาจจะมีโอกาสมากกว่าในการซึมแทรกผ่านที่ลึกกว่าเข้าสู่ทางเดินหายใจยังคงไม่ชัดเจน (uncertain)

5 สรุปผลการศึกษาวิจัย (CONCLUSIONS)

อย่างที่ได้อธิบายมาแล้วข้างบนนี้ ถ้าหากว่ามีการกำหนดระดับของความเสี่ยงที่สามารถยอมรับได้ ก็จะสามารถได้มาซึ่งระดับของความเข้มข้นของอากาศที่สอดคล้อง (correspond) กับความเสี่ยงนั้นในสถานการณ์ต่าง ๆ กัน (different scenarios) นั้นได้

การทำให้แน่ใจสำหรับความเสี่ยงที่สามารถยอมรับได้จำเป็นจะต้องมีการพิจารณาทางด้านสังคมในเรื่องเศรษฐกิจและความเท่าเทียมกัน (Fischhoff, พ.ศ. 2537) ในบรรดาข้อที่ต้องพิจารณาเหล่านี้รวมถึงศักยภาพหรือความเป็นไปได้ในการเพิ่มความเสี่ยงทางสังคมอยู่ด้วย (Renn และคณะ, พ.ศ. 2535) รายละเอียดในเรื่องนี้เกินขอบเขตของบทความนี้

จากการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างขนาด (dose) กับปฏิกิริยาการตอบสนอง (response) กับสมมติฐานที่เฉพาะเจาะจงของอัตราการหายใจและช่วงระยะเวลาการรับสัมผัส ทำให้สามารถแปลเป็นความเข้มข้นของอากาศได้ และเมื่อทราบความเข้มข้นของอากาศแล้ว การประมาณพลังของแหล่งกำเนิด (source strength) และโมเดลสมดุลมวลมาตรฐาน (standard mass balance models) ของคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Nazaroff, พ.ศ. 2557) ตลอดจนรายละเอียด (specification) ของ interventions ต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องมีในการควบคุมความเสี่ยงจากการรับสัมผัสกับอากาศก็จะสามารถดำเนินการได้

แน่นอนว่ามีช่องว่างของข้อมูล (data gaps) และเมื่อมีข้อมูลใหม่ ๆ เกิดขึ้นก็สามารถที่จะปรับแต่งวิธีการนี้ได้ อย่างไรก็ตามในการออกแบบ interventions สิ่งสำคัญก็คือว่าต้องไม่ปล่อยให้สิ่งที่สมบูรณ์แบบ (the perfect) กลายเป็นศัตรูของสิ่งที่ดี (the good) และกำลังเป็นที่ชัดเจนว่าเรามีเครื่องมือต่าง ๆ ในเชิงปริมาณที่จะเป็นตัวช่วยในการออกแบบวางแผน interventions