

ฉบับแปลไทย (Thai Translations)

Maintaining face mask use before and after achieving different COVID-19 vaccination coverage levels: a modelling study

[https://www.thelancet.com/journals/lanpub/article/PIIS2468-2667\(22\)00040-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanpub/article/PIIS2468-2667(22)00040-8/fulltext)

การดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากก่อนหน้าและหลังจากบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนโควิด 19 ในระดับต่าง ๆ กัน: การศึกษาวิจัยจากการสร้างแบบจำลอง

ภูมิหลัง (Background)

การสวมหน้ากากเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งของการตอบสนองต่อการแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 ในขณะที่การครอบคลุมของการได้รับวัคซีน (vaccination coverage) มีการดำเนินการคืบหน้าไปในประเทศต่าง ๆ การผ่อนคลายละเลยต่อการสวมหน้ากากก็เพิ่มสูงขึ้น การระบาดของโรคโควิด 19 ที่รุนแรงเป็นระลอกซึ่งตามมาภายหลังก่อให้เกิดคำถามว่าการสวมหน้ากากควรได้รับการส่งเสริมหรือกำหนดบังคับต่อไปหรือไม่ และเป็นเวลาอีกนานเท่าใด ในการศึกษาวิจัยนี้เรามีจุดมุ่งหมายในการประเมินมูลค่า (value) ของการดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากเมื่ออยู่ภายในตัวอาคาร (indoors) ตามการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนโรคโควิด 19 ในระดับต่าง ๆ กันในสหรัฐอเมริกา

วิธีการ (Methods)

ในการศึกษาวิจัยโดยการสร้างแบบจำลองด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์นี้ เราได้พัฒนาและใช้แบบจำลอง Monte Carlo simulation model ซึ่งแสดงประชากรของประเทศสหรัฐอเมริกาและการแพร่กระจายของเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 การทดลองโดยการสร้างแบบจำลองได้เปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่จะเกิดขึ้นถ้าหากมีการสวมหน้ากากกับสิ่งที่จะเกิดขึ้นถ้าหากไม่มีการสวมหน้ากากจนกระทั่งมีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนสุดท้าย (final vaccination coverages) สถานการณ์สมมติ (scenarios) ที่แตกต่างกันทำให้เกิดการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนตามเป้าหมาย (target vaccination coverage) ที่แตกต่างกันไป (70 – 90%) และทำให้วันที่ที่บรรลุการครอบคลุมที่วันนั้นแตกต่างกันไป (1 มกราคม พ.ศ. 2565 – 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2565) ตลอดจนวันที่ที่ประชากรเหล่านี้ยุติการสวมหน้ากาก

สิ่งที่พบ (Findings)

การทดลองโดยการสร้างแบบจำลองได้แสดงให้เห็นว่าการดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากาก (ที่ระดับการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่พบเห็นในสหรัฐอเมริกาในช่วงระหว่างเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 ถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2563) จนกระทั่งมีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนตามเป้าหมาย (target vaccination coverages) เป็นสิ่งที่มีคุณค่า (cost-effective) และในหลาย ๆ กรณียังเป็นการประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย (cost saving) ทั้งจากมุมมองทางสังคมและจากมุมมองของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 (third-party payer) ตลอดทั่วทั้งเกือบจะทุกสถานการณ์สมมติที่เราศึกษา การสวมหน้ากากได้รับการประมาณการว่ามีความคุ้มค่า (cost-effective) และโดยปกติทั่วไปก็เป็นการประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย (cost saving) เมื่อค่าใช้จ่ายสำหรับหน้ากากต่อคนต่อวันอยู่ที่ 1.25 ดอลลาร์สหรัฐฯ หรือน้อยกว่านั้น ในทุกสถานการณ์

สมมติมีการประมาณการว่าการสวมหน้ากากต่อไปเป็นเวลา 2 -10 สัปดาห์นับจากวันที่บรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนตามเป้าหมาย (70 – 90%) เป็นสิ่งที่มีความคุ้มค่า (cost-effective) โดยที่ช่วงระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นนี้จะยาวนานขึ้นเมื่อมีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนตามเป้าหมายในช่วงระหว่างฤดูหนาวมากกว่าฤดูร้อน ปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจจะเพิ่มความสามารถในการแพร่กระจายเชื้อไวรัส (เช่น การอุบัติขึ้นมาของสายพันธุ์เซลล์ต้า [B.1.617.2] และสายพันธุ์โอมิครอน [B.1.1.529]) หรือลดประสิทธิผล (effectiveness) ของวัคซีน (เช่น ภูมิคุ้มกันที่ลดลง หรือสายพันธุ์หลบหนี (escape variants)) หรือเพิ่มปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (social interactions) ในประชากรบางกลุ่มก็เป็นแค่เพียงเพิ่มการประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย (cost savings) หรือความคุ้มค่า (cost-effectiveness) ที่ได้มาจากการดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากาก

การแปลผล (Interpretation)

การศึกษาวิจัยของเราให้การสนับสนุนอย่างหนักแน่นสำหรับการดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ หลังจากมีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนสุดท้าย (final vaccination coverages) ในระดับต่าง ๆ กันจากการที่การดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากไม่ได้เป็นแค่เพียงความคุ้มค่าเท่านั้น แต่ยังสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายได้อีกด้วย การอุบัติขึ้นมาของสายพันธุ์โอมิครอนและโอกาสที่จะเกิดสายพันธุ์ใหม่ ๆ ในอนาคตที่อาจจะสามารถแพร่กระจายเชื้อได้ง่ายมากขึ้น และลดประสิทธิผล (effectiveness) ของวัคซีนลงนับเป็นการเพิ่มมูลค่า (value) ของหน้ากากแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

บทนำ (Introduction)

ถึงแม้ว่าผู้คนจำนวนมากในสหรัฐอเมริกาได้รับเอาการสวมหน้ากากในระหว่างการระบาดของโรคโควิด 19 ซึ่งเริ่มขึ้นในเดือนเมษายน พ.ศ. 2563 แต่ในฤดูใบไม้ผลิของปี พ.ศ. 2564 ก็มีการผ่อนคลายในการสวมหน้ากากลง ทั้ง ๆ ที่อัตราการได้รับวัคซีนยังคงอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าระดับ **thresholds** ของภูมิคุ้มกันหมู่ (**herd-immunity**) ที่มีศักยภาพความเป็นไปได้สูงเป็นอย่างมาก ยกตัวอย่างเช่นในกลางเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2564 ศูนย์ควบคุมและป้องกันโรคแห่งสหรัฐฯ (**Centers for Disease Control and Prevention**) ได้ระบุว่าผู้ที่ได้รับวัคซีนแล้วไม่จำเป็นต้องสวมหน้ากากอีกต่อไปในระหว่างที่อยู่ภายในตัวอาคาร (**indoors**) ในพื้นที่สาธารณะ ซึ่งกระตุ้นสนับสนุนให้ผู้คนเป็นจำนวนมากที่ได้รับวัคซีนแล้วหรือแม้แต่ที่ยังไม่ได้รับวัคซีนหยุดสวมหน้ากาก การระบาดของโรคโควิด 19 หลายระลอกที่ตามมาภายหลัง เช่น ระลอกการระบาดที่ได้รับ การเติมเชื้อจากสายพันธุ์เดลต้า (**B.1.617.2**) และสายพันธุ์โอมิครอน (**B.1.1.529**) ได้กระตุ้นให้มีการจัดให้มีข้อกำหนด การสวมหน้ากากขึ้นมาใหม่ในระดับหนึ่งในบางเขตปกครอง (**jurisdictions**) เช่น เขตลอสแอนเจลิส ในมลรัฐแคลิฟอร์เนีย และวอชิงตัน ดีซี

อย่างไรก็ตามการสวมหน้ากากในปี พ.ศ. 2564 ยังคงต่ำกว่าในปี พ.ศ. 2563 ถึงแม้ว่ามีหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าหน้ากากมี ศักยภาพความเป็นไปได้ในการลดปริมาณอนุภาคเชื้อไวรัส **SARS-CoV-2** ที่ผู้ติดเชื้อสามารถปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ อย่างไร หน้ากากยังอาจจะลดปริมาณไวรัสที่ผู้สวมหน้ากากนั้นหายใจเข้าไป ในทางกลับกันการลดลงของอนุภาคเชื้อไวรัสนี้ อาจจะสามารถลดการแพร่กระจายของเชื้อไวรัส **SARS-CoV-2** และภาวะที่ตามมาของโรคโควิด 19 ด้วยเหตุนี้คำถามจึง อยู่ที่ว่าการสวมหน้ากากควรได้รับการส่งเสริมสนับสนุนหรือแม้แต่กำหนดบังคับให้ต้องปฏิบัติตามสำหรับสถานที่สาธารณะ ภายในตัวอาคารอย่างเช่น ห้างสรรพสินค้าและรถโดยสารสาธารณะหรือไม่ และควรใช้ระยะเวลายาวนานเท่าใด เพื่อที่จะตอบ คำถามนี้และจำลองสถานการณ์สมมติ (**scenarios**) ต่าง ๆ ของการสวมหน้ากาก เราจึงได้พัฒนาและใช้โมเดลการจำลอง สถานการณ์โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ (**Monte Carlo simulation model**) ซึ่งแสดงถึงสหรัฐอเมริกากับผลกระทบของ เชื้อไวรัส **SARS-CoV-2**

การศึกษาวิจัยในบริบท (Research in context)

หลักฐานที่มีก่อนหน้าการศึกษาวิจัยนี้ (Evidence before this study)

เราได้ทำการสืบค้น MEDLINE ผ่านทาง PubMed ในวันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2564 โดยใช้คำสืบค้น (key terms) อย่างเช่นคำว่า “face masks”, “COVID-19”, “SARS-CoV-2”, และ “non-pharmaceutical interventions” สำหรับการศึกษาวิจัย (จำกัดขอบเขตเฉพาะที่เป็นภาษาอังกฤษ) ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในช่วงระหว่างวันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2562 ถึง 28 กันยายน พ.ศ. 2564 ที่เป็นการประเมินผลกระทบและมูลค่าของการสวมหน้ากากต่อการแพร่กระจายเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 และผลลัพธ์ทางคลินิกและทางเศรษฐกิจที่ตามมา การศึกษาวิจัยก่อนหน้านี้ได้แสดงให้เห็นว่า หน้ากากสามารถลดการแพร่กระจายเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 รวมทั้งการศึกษาวิจัยทางห้องปฏิบัติการ (laboratory studies) และการศึกษาวิจัยย้อนหลังโดยการสังเกต (retrospective observational studies) อย่างไรก็ตามยังไม่มีความชัดเจนว่าการดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากที่ขยายเวลาออกไปจะมีมูลค่ามากน้อยแค่ไหนสำหรับสถานการณ์ (circumstances) ต่าง ๆ กัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการครอบคลุมของการได้รับวัคซีน (vaccination coverage) ในระดับต่าง ๆ กัน นอกจากนี้แล้วก็ยังมีความขาดแคลนการศึกษาวิจัยทางด้านเศรษฐกิจเกี่ยวกับการสวมหน้ากาก ซึ่งในทางกลับกันอาจจะสามารถช่วยเสนอแนะให้แนวทางในการกำหนดนโยบายให้ดีขึ้น อย่างเช่น การตัดสินใจเกี่ยวกับว่าควรมีการจัดให้มีข้อกำหนดบังคับกับการสวมหน้ากากขึ้นมาใหม่หรือไม่

มูลค่าเพิ่มของการศึกษาวิจัยนี้ (Added value of this study)

การศึกษาวิจัยของเราได้ประมาณการว่าการดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากาก (ที่ระดับการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่พบเห็นในสหรัฐอเมริกาในช่วงระหว่างเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 ถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2563) จนกระทั่งมีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนตามเป้าหมาย (target vaccination coverages) มีความคุ้มค่า (cost-effective) และในหลาย ๆ กรณียังเป็นการประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย (cost saving) ทั้งจากมุมมองทางสังคมและจากมุมมองของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 (third party payer) ตลอดทั่วทั้งเกือบจะทุกสถานการณ์สมมติที่เราศึกษา ยกตัวอย่างเช่น มีความคุ้มค่า (cost-effective) อยู่เสมอ และโดยปกติทั่วไปก็เป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่าย (cost saving) เมื่อต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับ หน้ากากต่อคนต่อวันอยู่ที่ 1.25 ดอลลาร์สหรัฐฯ หรือต่ำกว่านั้น จริง ๆ แล้วในทุกสถานการณ์สมมติ (scenarios) มีความคุ้มค่าในการดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากสักระยะหนึ่ง คือจาก 2 สัปดาห์ จนถึง 10 สัปดาห์นับจากวันที่บรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนตามเป้าหมาย โดยที่ช่วงระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นนี้จะยาวนานขึ้นเมื่อบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนตามเป้าหมายในช่วงระหว่างฤดูหนาวมากกว่าฤดูร้อน ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยของเราได้แสดงให้เห็นว่าสิ่งใด ๆ ก็ตามที่อาจจะสามารถเพิ่มความสามารถในการแพร่กระจายเชื้อไวรัส (เช่นการอุปถัมภ์ของสายพันธุ์เซลล์ [B.1.617.2] และสายพันธุ์ โอไมครอน (B.1.1.529)) หรือลดประสิทธิผล (effectiveness) ของวัคซีน (เช่น ภูมิคุ้มกันที่ลดลงหรือสายพันธุ์

หลบหนี (escape variants)) หรือเพิ่มปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (social interactions) ในประชากรบางกลุ่มก็เป็นแค่เพียงการเพิ่มการประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย (cost savings) หรือความคุ้มค่า (cost-effectiveness) ที่ได้มาจากการดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากาก ถึงแม้ว่า 100% ของประชากรเป็นผู้ป่วยที่แสดงอาการและได้รับการแยกกักตัว แต่การดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากก็ยังคงเป็นการประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย (cost saving) หรือคุ้มค่า (cost-effective) อยู่ดี

การมีส่วนเกี่ยวข้องของหลักฐานทั้งหมดที่มีอยู่ (Implications of all the available evidence)

หลักฐานที่มีอยู่สนับสนุนการดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากาก อย่างน้อยในระดับที่เห็นในสหรัฐอเมริกาในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 ถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2563 จนกระทั่งถึงการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนตามเป้าหมายในระดับต่าง ๆ กัน และเกินเลยไปกว่านั้น พัฒนาการของการระบาดในปัจจุบัน เช่น การอุบัติขึ้นใหม่ของสายพันธุ์เซลล์ด้าและสายพันธุ์โอไมครอน และการพบว่าภูมิคุ้มกันจากวัคซีนมีการลดลงเมื่อเวลาผ่านไปก็แค่เพียงเพิ่มมูลค่าของหน้ากากให้มากยิ่งขึ้นเท่านั้น ดังนั้นจึงอาจจะมีคุณค่าที่เป็นรูปธรรมในการจัดหาสิ่งจูงใจ (incentives) หรือสำหรับการกำหนดบังคับให้มีการสวมหน้ากากเมื่ออยู่ภายในอาคาร (indoors) เนื่องจากว่าการสวมหน้ากากมีความคุ้มค่า (cost-effective) และแม้กระทั่งช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่าย (cost saving) สำหรับในสถานการณ์ต่าง ๆ กันมากมาย ภาครัฐ ภาคธุรกิจ และผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 อาจจะพิจารณาให้ความสนับสนุนทางการเงินสำหรับการจัดซื้อหน้ากาก

วิธีการ (Methods)

โครงสร้างแบบจำลอง (Model structure)

สำหรับการศึกษาวิจัยโดยการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์นี้ เราได้ดัดแปลงแบบจำลองคอมพิวเตอร์แบบสุ่ม (stochastic) ของเราที่ได้อธิบายไปแล้วก่อนหน้านี้ (พัฒนาในโปรแกรม Microsoft Excel และมี Crystal Ball add-in) ซึ่งแสดงการกระจายและผลกระทบของเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 ในสหรัฐอเมริกาซึ่งมีประชากร 327,167,434 คน โครงสร้างของแบบจำลองเริ่มแรกและการที่ผู้คนมีการผสมผสานซึ่งกันและกันอย่างไรได้รับการนำเสนอ (ภาคผนวก p 1) ภาพประกอบนี้ยังได้แสดงให้เห็นถึงห้อง (compartment) ต่าง ๆ ที่แยกออกจากกัน ซึ่งแต่ละคนสามารถเข้าไปอยู่ในวันที่มีการจำลองนั้น ๆ และสมการที่ควบคุมว่าแต่ละคนจะเคลื่อนย้ายในบรรดาห้องเหล่านั้นได้อย่างไรและเมื่อไร ยกตัวอย่างเช่น บุคคลหนึ่งสามารถเคลื่อนย้ายจาก “อ่อนแอต่อการติดเชื้อ (susceptible)” ไปสู่ “มีการรับสัมผัส (exposed)” เมื่อเขามีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลที่สามารถทำให้ติดเชื้อได้บนพื้นฐานของสมการต่อไปนี้:

$$(\beta \times S \times I_s) + (\beta \times S \times I_a) - (\beta \times S \times I_s) - (\beta \times S \times I_a)$$

โดยที่ β เป็นสัมประสิทธิ์ของการแพร่กระจายเชื้อ (transmission coefficient) ซึ่งมีค่าเท่ากับ R_t หารด้วยช่วงเวลาของระยะการติดเชื้อ (infectious period duration) ซึ่งช่วงเวลาของระยะการติดเชื้อนี้ก็หารด้วยขนาดของประชากร (population size) R_t เป็นจำนวนของการแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวน (reproduction) ของเชื้อไวรัสในวันนั้น ๆ (t) และเท่ากับจำนวนของการแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนพื้นฐาน (หรือ R_0 ซึ่งเป็นจำนวนเฉลี่ยของผู้ป่วยทุติยภูมิ (secondary cases) ที่เกิดจากผู้ป่วยที่ทำให้ติดเชื้อ (infectious case) 1 คนในประชากรที่อ่อนแอต่อการติดเชื้ออย่างสิ้นเชิง (completely susceptible population) กลุ่มหนึ่ง) ที่ปรับโดยการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (seasonal variation) ที่สังเกตเห็น S เป็นจำนวนของผู้ที่อ่อนแอต่อการติดเชื้อ (susceptible) และ I เป็นจำนวนของผู้ที่ทำให้ติดเชื้อ (infectious) และเมื่อบุคคลคนหนึ่งเกิดการติดเชื้อ (infectious) ขึ้นมาในท้ายที่สุด ผู้นั้นก็จะมีความเป็นไปได้ที่จะไม่แสดงอาการ (I_a) หรือแสดงอาการ (I_s)

ในทางกลับกันแต่ละคนที่มีอาการก็เดินทางผ่านแผนภูมิต้นไม้ความเป็นไปได้ (probability tree) ของผลลัพธ์ทางคลินิก (clinical outcomes) ต่าง ๆ กันที่เป็นไปได้ของโรคโควิด 19 ที่จำเพาะตามช่วงอายุ (age-specific) ตามลำดับ (ภาคผนวก p 1)

ความน่าจะเป็นหรือความเป็นไปได้ (probabilities) ตามการกระจาย (distributions) สำหรับแต่ละกิ่งก้าน (branch) ในแผนภูมิต้นไม้ไม่ได้แสดงไว้ในเอกสารผลการศึกษาวิจัยนี้ (ภาคผนวก pp 4-6) ถึงแม้ว่าโครงสร้างของแบบจำลองเริ่มแรกได้พยายามในการอธิบายให้เหตุผลถึงการผสมผสานที่แตกต่างกันน้อย (less heterogenous mixing) ที่เกิดขึ้นในระหว่างการระบาดเนื่องจากมีการระมัดระวังป้องกันโรคโควิด 19 ไว้ก่อน (COVID-19 precautions) แต่การทำซ้ำ (iterations) เพิ่มเติมของแบบจำลองก็ได้ศึกษาผลกระทบของการแบ่งประชากรเป็นชั้น ๆ (stratifying) ตามอายุ (ตัวอย่างของแบบจำลองที่แบ่งชั้นสำหรับเด็กและผู้ใหญ่แสดงไว้ใน ภาคผนวก p 2) และให้กลุ่มอายุที่ต่างกันมีรูปแบบการผสมผสาน (mixing patterns) ที่แตกต่างกันโดยที่แต่ละกลุ่มต่างก็ทำตามการศึกษาวิจัยก่อนหน้านี้

การได้รับวัคซีน (Vaccination)

ตามที่ได้อธิบายไว้ในผลงานวิจัยก่อนหน้านี้ การได้รับวัคซีนช่วยให้ความเสี่ยงของการที่คน ๆ หนึ่งจะเกิดการติดเชื้อเมื่อมีปฏิสัมพันธ์ (interacting) กับใครบางคนผู้ซึ่งทำให้ติดเชื้อมีการลดลงเท่ากับ 1 ลบด้วยค่าประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine efficacy) ที่การป้องกันการติดเชื้อ (at preventing infection) ทันทีที่เกิดการติดเชื้อผู้ที่ได้รับการฉีดวัคซีนแล้วจะมีความน่าจะเป็นหรือความเป็นไปได้ลดลง ($1 -$ ค่าประสิทธิภาพของวัคซีนที่การป้องกันโรคร้ายแรง (at preventing severe disease); ภาคผนวก p 5) ของการเกิดผลลัพธ์ที่รุนแรงมากขึ้น (more severe outcomes) การป้องกันเช่นที่ว่านี้จะเริ่มมีขึ้นใน 2 สัปดาห์ภายหลังจากได้รับวัคซีน

การได้รับวัคซีนมีความเป็นไปได้ที่หลากหลายของการเกิดผลข้างเคียง (side-effects) ตั้งแต่เล็กน้อย (เช่น มีไข้ อาการเจ็บปวด หรือปวดศีรษะ) ไปจนถึงรุนแรง (เช่น อาการแพ้ หรือภาวะภูมิแพ้ (anaphylaxis) โรคเยื่อหุ้มหัวใจอักเสบ (pericarditis) หรือกล้ามเนื้อหัวใจอักเสบ (myocarditis) ซึ่งส่งผลให้ต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล

หน้ากาก (Face masks)

ในแต่ละวันใครก็ตามไม่ว่าจะเป็นผู้ที่ได้รับการฉีดวัคซีนมาแล้วหรือยังไม่ได้รับการฉีดวัคซีนก็ตามก็สามารถสวมหน้ากากได้ ซึ่งในทางกลับกันจะทำให้ความเป็นไปได้ของการแพร่กระจายเชื้อระหว่างผู้ที่ทำให้ติดเชือกับผู้ที่อ่อนแอต่อการติดเชื้อมีการลดลงเป็นสัดส่วน (proportionally) จากประสิทธิผล (effectiveness) ของหน้ากาก (ภาคผนวก p 5).

ในทางกลับกันการสวมหน้ากากจะลด R_t (จำนวนเฉลี่ยของผู้ป่วยที่เกิดจากผู้ป่วยที่ทำให้ติดเชื้อได้ 1 คนที่เวลา t) ลงเท่ากับ 1 ลบด้วยประสิทธิผล (effectiveness) ของหน้ากาก โดยที่ประสิทธิผล (effectiveness) เท่ากับประสิทธิภาพ (efficacy) ของหน้ากากคูณด้วยการยึดมั่นปฏิบัติตาม (compliance) ในการสวมหน้ากาก สำหรับสถานการณ์สมมติพื้นฐาน (baseline scenario) ของเรา เราได้สันนิษฐาน (assumed) ค่าประสิทธิผล (effectiveness) ที่ประมาณอยู่ที่ 18% (95% CI 16 – 20%) ซึ่งรายงานจากช่วงเดือนมีนาคมถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2563 ค่าประสิทธิผล (effectiveness) ที่ได้รับการประเมินนี้แปลเป็นการยึดมั่นปฏิบัติตาม (compliance) ที่ 28.4% (95% CI 25.3 – 31.6%) เมื่อพิจารณาถึงประเภทของหน้ากากที่ใช้ (หน้ากากชนิด N95 หน้ากากอนามัย หรือหน้ากากผ้า) การสวมหน้ากากตามที่ได้รับรายงาน (ภาคผนวก p 5) ตลอดจนประสิทธิภาพ (efficacy) ที่ได้รับการรายงาน (99% สำหรับหน้ากากชนิด N95, 59% สำหรับหน้ากากอนามัย และ 51% สำหรับหน้ากากผ้า) ในระหว่างช่วงเวลาเดียวกัน

ต้นทุนค่าใช้จ่าย (Costs)

แต่ละครั้งที่เกิดเหตุการณ์หรือผลลัพธ์ใด ๆ (เช่น การได้รับวัคซีน การเข้ารับการพักรักษาตัวในโรงพยาบาล และการเสียชีวิต) ขึ้นมาในการดำเนินการจำลอง ก็จะมีการพอกพูนขึ้นมาของต้นทุนค่าใช้จ่ายที่สอดคล้องกัน (corresponding costs) และผลกระทบต่อสุขภาพ (health effects) ให้เพิ่มสูงขึ้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายและผลกระทบต่อสุขภาพเหล่านี้นำเสนอในผลงานวิจัยนี้ (ภาคผนวก pp 4–6) มุมมอง (perspective) ของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 (third-party payer) รวมถึงค่าใช้จ่ายทางการแพทย์โดยตรง (เช่น ค่าใช้จ่ายในการเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาล) ในขณะที่มุมมองทางด้านสังคมรวมถึงค่าใช้จ่ายทั้งโดยตรงและโดยอ้อม (การสูญเสียผลิตภาพ (productivity losses) ที่มีสาเหตุมาจากการขาดงาน (absenteeism) และการมาทำงานโดยที่มีสภาพไม่พร้อม (presenteeism)) สำหรับแต่ละสถานการณ์สมมติเราได้คำนวณอัตราส่วนระหว่างต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นกับประสิทธิผล (incremental cost-effectiveness ratio [ICER]) ของสถานการณ์ A เปรียบเทียบกับของสถานการณ์ B ดังต่อไปนี้:

$$ICER = \frac{(\text{Costface mask use A} - \text{Costface mask use B}) / (\text{Health effectsface mask use B} - \text{Health effectsface mask use A})}{ICER = \frac{(\text{Costface mask use A} - \text{Costface mask use B}) / (\text{Health effectsface mask use B} - \text{Health effectsface mask use A})}$$

โดยที่ผลกระทบต่อสุขภาพ (health effects) ได้รับการวัดปริมาณในรูปของจำนวนปีสุขภาพ (quality-adjusted life years [QALYs]) ที่สูญหายไป การสูญเสียชีวิตส่งผลให้เกิดการสูญเสียของมูลค่าสุทธิในปัจจุบัน (net present value) ของจำนวนปีสุขภาพ (QALYs) สำหรับส่วนที่เหลือ (remainder) ของช่วงชีวิตของผู้นั้น

เราพิจารณาว่าการสวมหน้ากากมีความคุ้มค่า (cost-effective) ถ้าหากว่าอัตราส่วนระหว่างต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นกับประสิทธิผล (ICER) สูงถึง 50,000 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อปีสุขภาพ (per QALY) ต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดได้รับการรายงานในมูลค่าของปี พ.ศ. 2564 ซึ่งลอยตัว (inflating) ต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดในอดีตและลด (discounting) ต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดในอนาคตโดยใช้อัตราดอกเบี้ยอยู่ที่ 3%

สถานการณ์การทดลอง (Experimental scenarios)

แต่ละสถานการณ์จำลองเส้นทางการระบาด (course of pandemic) ทั้งหมดจนถึงขณะนี้ในประเทศสหรัฐอเมริกา (การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองใน [ภาคผนวก p 2](#)) โดยใช้ข้อมูลผู้ป่วยที่มีการรายงานและปรับสำหรับการรายงานต่ำกว่าความเป็นจริงที่มีศักยภาพความเป็นไปได้ (potential underreporting) บนพื้นฐานของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัยของเราเกี่ยวกับทางนิวออร์คไทมส์

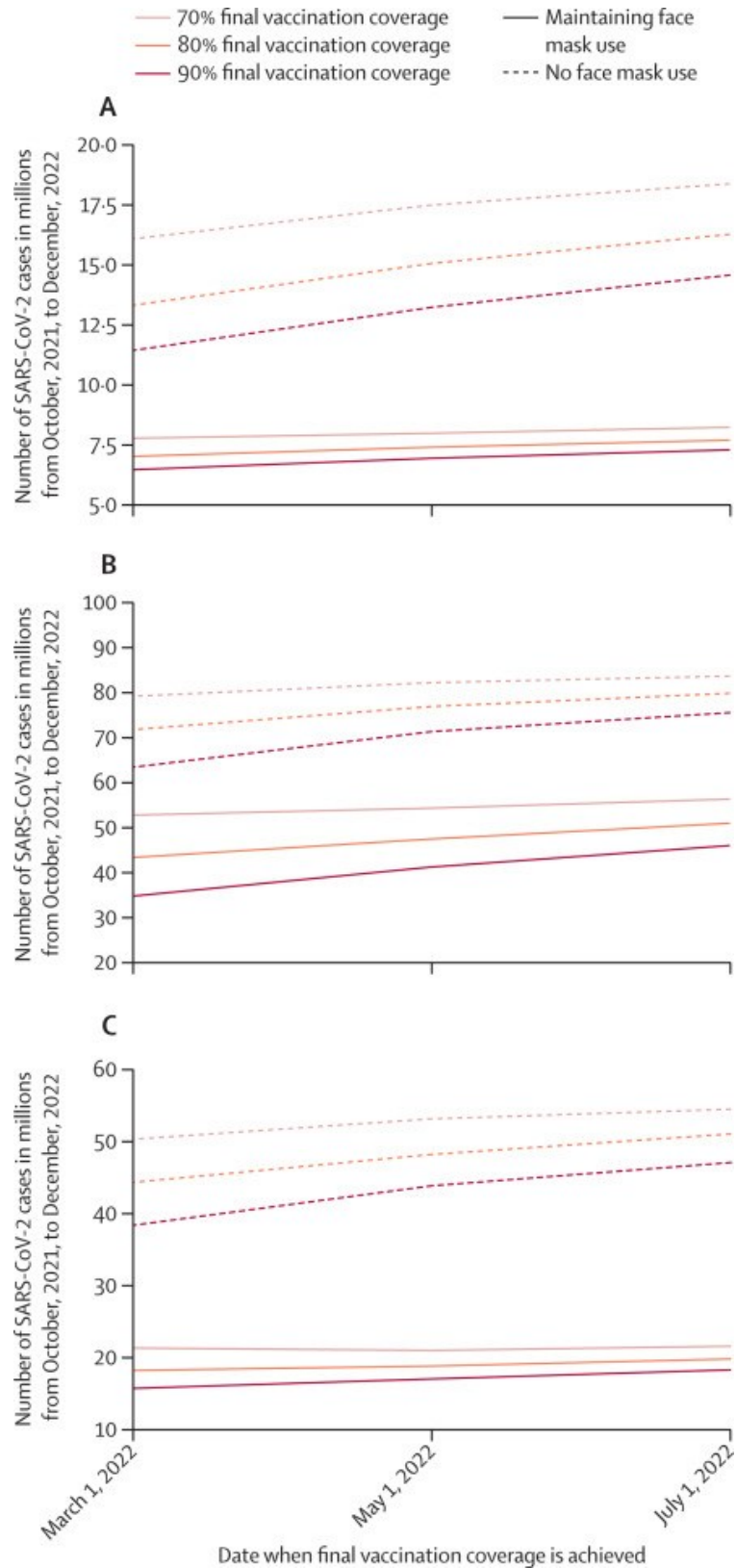
การทดลองโดยการสร้างแบบจำลองแต่ละครั้งประกอบไปด้วยการ running แบบจำลอง 1000 ครั้ง (การจำลองชนิด Monte Carlo simulations) โดยที่แต่ละพารามิเตอร์ draw ค่า (values) จากการกระจาย (distributions) ([ภาคผนวก pp 4–6](#)) และเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่เกิดขึ้นถ้าหากมีการสวมหน้ากากเหมือนกับในช่วงระหว่างเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 ถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2563 ในสหรัฐอเมริกา กับสิ่งที่เกิดขึ้นถ้าหากไม่มีการสวมหน้ากาก จนกระทั่งมีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนสุดท้ายในระดับต่าง ๆ กัน สถานการณ์ที่แตกต่างกันทำให้เกิดการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนตามเป้าหมาย (target vaccination coverage) ของประชากรทั้งหมดที่แตกต่างกัน (70 – 90%) วันที่มีการบรรลุการครอบคลุมที่แตกต่างกัน (กำหนดเป็นระยะ 2 สัปดาห์หลังจากการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนเกิดขึ้น เพื่อชดเชยช่วงระยะเวลาว่างสองเหตุการณ์ (lag time) ที่จำเป็นต้องมีในการบรรลุระดับของภูมิคุ้มกัน ซึ่งแตกต่างกันไปตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2565 จนถึง 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2565) ตลอดจนวันที่ประชากรหยุดสวมหน้ากากที่แตกต่างกันไปด้วย ในการวิเคราะห์ความไวเราใช้ค่า R_0 ที่หลากหลาย (2.5 – 10.0) เพื่อคิดสัดส่วนสำหรับตัวแปร (variants) ต่าง ๆ กันที่มีความเป็นไปได้ เราใช้ค่าประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine efficacy) ที่หลากหลายในการป้องกันการติดเชื้อ (30 – 90%) เพื่อคิดสัดส่วนสำหรับระดับภูมิคุ้มกันที่ลดลงและตัวแปร (variants) ต่าง ๆ กัน เราใช้ระดับภูมิคุ้มกันโดยธรรมชาติหลังการติดเชื้อที่หลากหลาย (64 – 95%) ตลอดจนลักษณะเฉพาะตัว (characteristics) ที่แตกต่างกันของหน้ากาก เช่น ประสิทธิภาพ (effectiveness) ของหน้ากาก ต้นทุนค่าใช้จ่ายและความถี่ในการเปลี่ยนหน้ากากเป็นอันใหม่ (baseline อยู่ที่ 0.32 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อคนต่อวัน) สถานการณ์เพิ่มเติมศึกษาเปอร์เซ็นต์ของผู้ที่แยกกักตัวเอง (self-isolated) เมื่อติดเชื้อ

ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัย (Results)

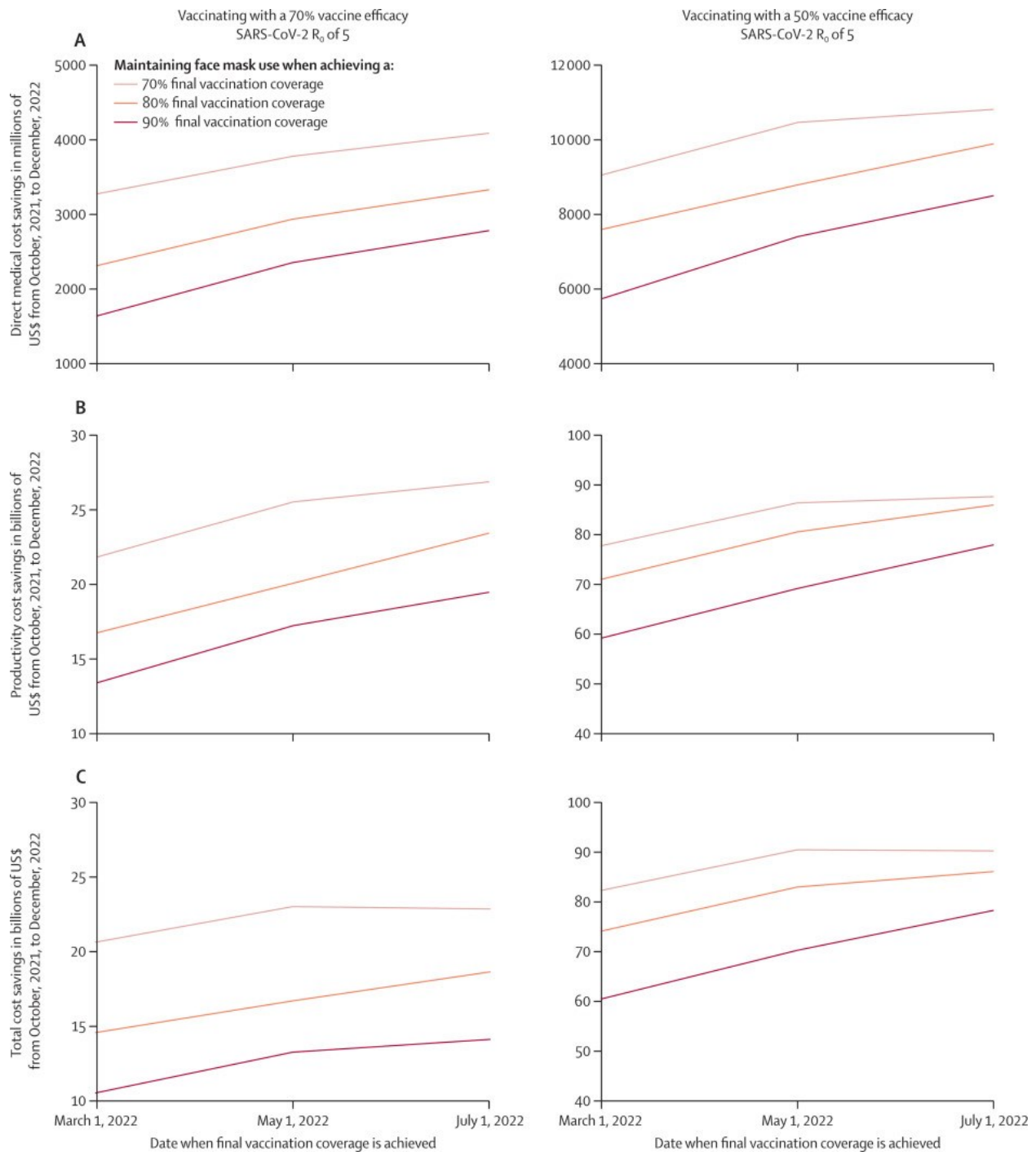
การดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากาก (ที่ระดับการสวมหน้ากากที่พบเห็นในสหรัฐอเมริกาในช่วงระหว่างเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2563) จนกระทั่งมีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนตามเป้าหมาย (**target vaccination coverages**) มีความคุ้มค่า (**cost-effective**) และในหลาย ๆ กรณียังเป็นการประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย (**cost saving**) ตลอดทั่วทั้งเกือบจะทุกสถานการณ์สมมติที่เราศึกษา ตัวอย่างเช่น มีความคุ้มค่า (**cost-effective**) อยู่เสมอ และโดยปกติทั่วไปก็เป็นการประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย (**cost saving**) เมื่อต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับหน้ากากต่อคนต่อวันอยู่ที่ไม่เกิน 1.25 ดอลลาร์สหรัฐฯ จริง ๆ แล้วในทุกสถานการณ์สมมติ (**scenarios**) ล้วนมีความคุ้มค่า (**cost-effective**) ในการดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากเป็นเวลา 2 -10 สัปดาห์นับจากวันที่บรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนตามเป้าหมาย โดยที่ช่วงระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นนี้จะยาวนานขึ้นเมื่อมีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนตามเป้าหมายในช่วงระหว่างฤดูหนาวมากกว่าฤดูร้อน สิ่งที่ตามมาคือตัวขับเคลื่อนสำคัญ (**major drivers**) ที่มีผลกระทบต่อสิ่งที่เราพบ (**findings**)

มูลค่าของหน้ากากเพิ่มสูงขึ้นในลักษณะที่มากกว่าเชิงเส้น (**linear manner**) ในขณะที่การครอบคลุมของการได้รับวัคซีนสุดท้าย (**final vaccination coverage**) ลดลง (ภาพประกอบ 1, ภาพประกอบ 2) ถ้าหากว่าสหรัฐอเมริกาจะต้องบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีน (**vaccine coverage**) ที่ระดับ 80% ภายในวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2565 การจำลอง (**simulations**) ก็ได้แสดงให้เห็นว่าการดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากจนกระทั่งถึงตอนนั้นจะสามารถประหยัดเงินงบประมาณเป็นจำนวน 14.6 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ (95% CI 13.8 – 15.3 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายทางสังคม และจำนวน 2.3 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ (95% CI 2.2 – 2.4 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 ตลอดจนสามารถหลีกเลี่ยงการติดเชื้อจำนวน 6.29 ล้านราย (95% CI 6.28 – 6.3 ล้านราย) การเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาลจำนวน 138,600 ครั้ง (95% CI 137,600 – 139,700 ครั้ง) และผู้เสียชีวิตจำนวน 16,100 ราย (95% CI 15,900 – 16,300 ราย) ซึ่งทำให้ประหยัดปีสุขภาวะ (**QALYs**) ได้เป็นจำนวน 180,000 ปี (95% CI 172,500 – 187,600 ปี) (ประสิทธิภาพของวัคซีนในการป้องกันการติดเชื้ออยู่ที่ 70%; ผลลัพธ์ (**outcomes**) เหล่านี้ต่อประชากร 100,000 คนแสดงไว้ใน ตาราง; ภาพประกอบที่ 1, ภาพประกอบที่ 2) อย่างไรก็ตามการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนในระดับแค่เพียง 70% จะทำให้ยอดการประหยัดเงินงบประมาณเหล่านี้เพิ่มสูงขึ้นเป็นจำนวน 20.6 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ (19.8 – 21.5 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายทางสังคม จำนวน 3.27 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ (3.20 – 3.34 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 หลีกเลี่ยงการติดเชื้อจำนวน 8.3 ล้านราย (8.29 – 8.34 ล้านราย) การเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาลจำนวน 193,500 ครั้ง (192,100 – 194,800 ครั้ง) ผู้เสียชีวิตจำนวน 22,700 ราย (22,500 – 22,900 ราย) และปีสุขภาวะ (**QALYs**) จำนวน 252,900 ปี (243,700 – 262,000 ปี)

ภาพประกอบที่ 1. จำนวนของผู้ติดเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 ที่ได้จากการจำลอง (simulated) จากการที่มีการสวมหน้ากากและไม่มีการสวมหน้ากาก ที่ระดับของการครอบคลุมของการได้รับวัคซีน (vaccination coverages) ต่าง ๆ กัน



ภาพประกอบที่ 2. การประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย (cost savings) ที่ได้รับการประมาณ ซึ่งเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากาก



ตาราง. ความแตกต่างระหว่างการไม่สวมหน้ากากกับการสวมหน้ากากต่อไปเมื่อบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนตามเป้าหมาย (target vaccination coverages) ในวันที่ต่างกันซึ่งมีประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine efficacies) ต่าง ๆ กัน

	จำนวนทั้งหมดของการติดเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 (ต่อ 100,000 คน)	จำนวนครั้งของการเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาล (ต่อ 100,000 คน)	จำนวนผู้ที่เสียชีวิต (ต่อ 100,000 คน)	จำนวนปีสุขภาพ (QALYs) ที่สูญหายไป (ต่อ 100,000 คน)	ต้นทุนค่าใช้จ่ายทางการแพทย์โดยตรง (หน่วยเป็นล้านดอลลาร์สหรัฐฯ ต่อ 100,000 คน)	การสูญเสียผลิตภาพ (หน่วยเป็นล้านดอลลาร์สหรัฐฯ ต่อ 100,000 คน)
การครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 70% บรรลุภายในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2565 โดยมีประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine efficacy) ในการป้องกัน การติดเชื้ออยู่ที่ 70%						
ไม่มีการสวมหน้ากาก	4365.4 (4317.5–4391.4)	103.8 (100.7–106.8)	12.2 (11.5–12.7)	134.1 (105.6–166.0)	3.8 (3.6–4.0)	12.4 (10.0–14.5)
มีการสวมหน้ากากจนกระทั่งบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนตามเป้าหมาย	2473.4 (2342.3–2575.1)	60.4 (57.7–63.0)	7.1 (6.7–7.5)	76.1 (59.0–93.3)	3.1 (2.9–3.3)	7.2 (6.0–8.6)
มีการสวมหน้ากากเป็นเวลา 1 เดือนหลังจากบรรลุเป้าหมาย	2300.4 (2209.3–2371.2)	56.8 (54.3–59.0)	6.6 (6.2–7.0)	72.2 (56.0–89.1)	3.1 (2.9–3.3)	6.9 (5.6–8.0)
การครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 70% บรรลุภายในวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2565 โดยมีประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine efficacy) ในการป้องกัน การติดเชื้ออยู่ที่ 50%						
ไม่มีการสวมหน้ากาก	15 526.6 (14 409.9–16 540.3)	294.0 (273.0–317.1)	34.3 (31.8–37.0)	388.7 (311.1–476.5)	7.1 (6.7–7.5)	40.6 (33.9–49.6)

	จำนวนทั้งหมด ของการติดเชื้อ ไวรัส SARS- CoV-2 (ต่อ 100,000 คน)	จำนวนครั้งของการ เข้ารักษาตัวใน โรงพยาบาล (ต่อ 100,000 คน)	จำนวนผู้ที่ เสียชีวิต (ต่อ 100,000 คน)	จำนวนปีสุข ภาวะ (QALY S) ที่สูญ หายไป (ต่อ 100,000 คน)	ต้นทุนค่าใช้จ่าย ทางการแพทย์ โดยตรง (หน่วย เป็นล้าน ดอลลาร์สหรัฐฯ ต่อ 100,000 คน)	การสูญเสียผลิตภาพ (หน่วยเป็นล้านดอลลาร์ สหรัฐฯ ต่อ 100,000 คน)
มีการสวม หน้ากาก จนกระทั่งบรรลุ การครอบคลุม ของการได้รับ วัคซีนตาม เป้าหมาย	6486·4 (6275·3– 6729·1)	130·7 (125·1– 136·6)	15·2 (14·4– 16·1)	167·2 (131·4– 210·4)	4·3 (4·1– 4·5)	18·0 (14·9– 21·4)
มีการสวม หน้ากากเป็น เวลา 1 เดือนหลังจาก บรรลุเป้าหมาย	6162·2 (5962·5– 6385·0)	124·3 (118·8– 130·2)	14·6 (13·7– 15·4)	160·3 (128·1– 200·4)	4·2 (4·0– 4·4)	16·8 (14·0– 20·2)
การครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 80% บรรลุภายในวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2565 โดยมีประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine efficacy) ในการป้องกัน การติดเชื้ออยู่ที่ 90%						
ไม่มีการสวม หน้ากาก	1689·8 (1674·5– 1721·9)	51·9 (50·4– 53·5)	6·0 (5·8– 6·4)	64·1 (49·4– 81·0)	4·5 (4·1– 4·9)	5·9 (5·0–6·9)
มีการสวม หน้ากาก จนกระทั่งบรรลุ การครอบคลุม ของการได้รับ วัคซีนตาม เป้าหมาย	1210·1 (1191·0– 1239·0)	37·1 (36·0– 38·4)	4·3 (4·1– 4·5)	46·1 (35·8– 58·5)	4·3 (3·9– 4·6)	4·6 (3·9–5·4)

	จำนวนทั้งหมด ของการติดเชื้อ ไวรัส SARS- CoV-2 (ต่อ 100,000 คน)	จำนวนครั้งของการ เข้ารักษาตัวใน โรงพยาบาล (ต่อ 100,000 คน)	จำนวนผู้ที่ เสียชีวิต (ต่อ 100,000 คน)	จำนวนปีสุข ภาวะ (QALY S) ที่สูญ หายไป (ต่อ 100,000 คน)	ต้นทุนค่าใช้จ่าย ทางการแพทย์ โดยตรง (หน่วย เป็นล้าน ดอลลาร์สหรัฐฯ ต่อ 100,000 คน)	การสูญเสียผลิตภาพ (หน่วยเป็นล้านดอลลาร์ สหรัฐฯ ต่อ 100,000 คน)
มีการสวม หน้ากากเป็น เวลา 1 เดือนหลังจาก บรรลุน้ำหนัก	1208.0 (1189.1– 1234.0)	37.1 (35.8– 38.4)	4.3 (4.1– 4.5)	45.8 (36.4– 58.0)	4.2 (3.9– 4.6)	4.6 (3.9–5.5)
การครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 80% บรรลุภายในวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2565 โดยมีประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine efficacy) ในการป้องกัน การติดเชื้ออยู่ที่ 70%						
ไม่มีการสวม หน้ากาก	4091.2 (4038.8– 4119.0)	95.4 (92.3– 98.5)	11.1 (10.6– 11.7)	121.3 (95.5– 151.1)	5.2 (4.9– 5.6)	12.1 (9.9– 14.4)
มีการสวม หน้ากาก จนกระทั่งบรรลุ การครอบคลุม ของการได้รับ วัคซีนตาม เป้าหมาย	2150.3 (2104.1– 2195.5)	52.9 (51.1– 54.8)	6.2 (5.9– 6.5)	68.0 (52.2– 84.4)	4.5 (4.1– 4.9)	7.0 (5.9–8.4)
มีการสวม หน้ากากเป็น เวลา 1 เดือนหลังจาก บรรลุน้ำหนัก	2138.3 (2089.1– 2184.8)	52.9 (51.0– 54.5)	6.1 (5.9– 6.5)	67.3 (54.1– 84.7)	4.5 (4.1– 4.9)	7.0 (5.9–8.3)
การครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 80% บรรลุภายในวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2565 โดยมีประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine efficacy) ในการป้องกัน การติดเชื้ออยู่ที่ 50%						

	จำนวนทั้งหมด ของการติดเชื้อ ไวรัส SARS- CoV-2 (ต่อ 100,000 คน)	จำนวนครั้งของการ เข้าพักรักษาตัวใน โรงพยาบาล (ต่อ 100,000 คน)	จำนวนผู้ที่ เสียชีวิต (ต่อ 100,000 คน)	จำนวนปีสุข ภาวะ (QALY s) ที่สูญ หายไป (ต่อ 100,000 คน)	ต้นทุนค่าใช้จ่าย ทางการแพทย์ โดยตรง (หน่วย เป็นล้าน ดอลลาร์สหรัฐฯ ต่อ 100,000 คน)	การสูญเสียผลิตภาพ (หน่วยเป็นล้านดอลลาร์ สหรัฐฯ ต่อ 100,000 คน)
ไม่มีการสวม หน้ากาก	15 646·6 (14 536·2– 16 743·6)	299·6 (275·5– 319·3)	34·7 (31·9– 37·5)	388·6 (306·6– 481·5)	8·7 (8·2– 9·2)	41·9 (34·3– 50·5)
มีการสวม หน้ากาก จนกระทั่งบรรลุ การครอบคลุม ของการได้รับ วัคซีนตาม เป้าหมาย	6004·9 (5786·5– 6258·1)	122·5 (116·8– 128·8)	14·3 (13·5– 15·2)	156·4 (125·6– 197·0)	5·7 (5·3– 6·0)	17·1 (14·1– 20·4)
มีการสวม หน้ากากเป็น เวลา 1 เดือนหลังจาก บรรลุเป้าหมาย	5984·0 (5780·2– 6234·5)	122·4 (116·9– 128·4)	14·3 (13·4– 15·1)	160·7 (128·5– 198·4)	5·7 (5·3– 6·1)	16·9 (13·9– 20·3)

ข้อมูลนำเสนอเป็นค่ากลางมัธยฐาน (ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ [IQR])。วันที่ที่บรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนเกิดขึ้น 2 สัปดาห์หลังจากการได้รับวัคซีน เพื่อชดเชยช่วงระยะเวลา 2 สัปดาห์ ที่อาจจะต้องใช้เพื่อให้เกิดการเริ่มต้นอย่างเต็มที่ของการปกป้องจากภูมิคุ้มกัน。ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัย (results) คือจำนวนของผู้ติดเชื้อ ผลลัพธ์ (outcomes) ทางคลินิกและทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นจากเดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 ถึงธันวาคม พ.ศ. 2565。

ถ้าหากว่าสหรัฐอเมริกาจะต้องบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีน (vaccine coverage) ที่ระดับ 90% ภายในวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2565 การจำลอง (simulations) ก็ได้แสดงให้เห็นว่าการสวมหน้ากากจะช่วยประหยัดเงินงบประมาณเป็นจำนวน 13.3 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ (12.5 – 14.1 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายทางสังคม และจำนวน 2.4 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ (2.2 – 2.5 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 ตลอดจนหลีกเลี่ยงการติดเชื้อจำนวน 6.29 ล้านราย (6.27 – 6.30 ล้านราย) การเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาลจำนวน 136,700 ครั้ง (135,700 – 137,800 ครั้ง) และผู้เสียชีวิตจำนวน 16,000 ราย (15,700 – 16,100 ราย) ซึ่งทำให้ประหยัดปีสุขภาวะ (QALYs) ได้เป็นจำนวน 181,500 ปี (173,900 – 198,200 ปี) (ภาพประกอบที่

1, ภาพประกอบที่ 2) ตัวเลขการประหยัดเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 16.7 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (15.9 – 17.5 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายทางสังคม จำนวน 2.9 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (2.8 – 3.1 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 ยอดผู้ติดเชื้อจำนวน 7.66 ล้านราย (7.63 – 7.69 ล้านราย) การเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาลจำนวน 174,900 ครั้ง (173,700 – 176,100 ครั้ง) ผู้เสียชีวิตจำนวน 20,500 ราย (20,300 – 20,700 ราย) และปีสุขภาวะ (QALYs) จำนวน 223,700 ปี (215,100 – 232,400 ปี) ถ้าเพียงแค่บรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 80% (ภาพประกอบที่ 1, ภาพประกอบที่ 2)

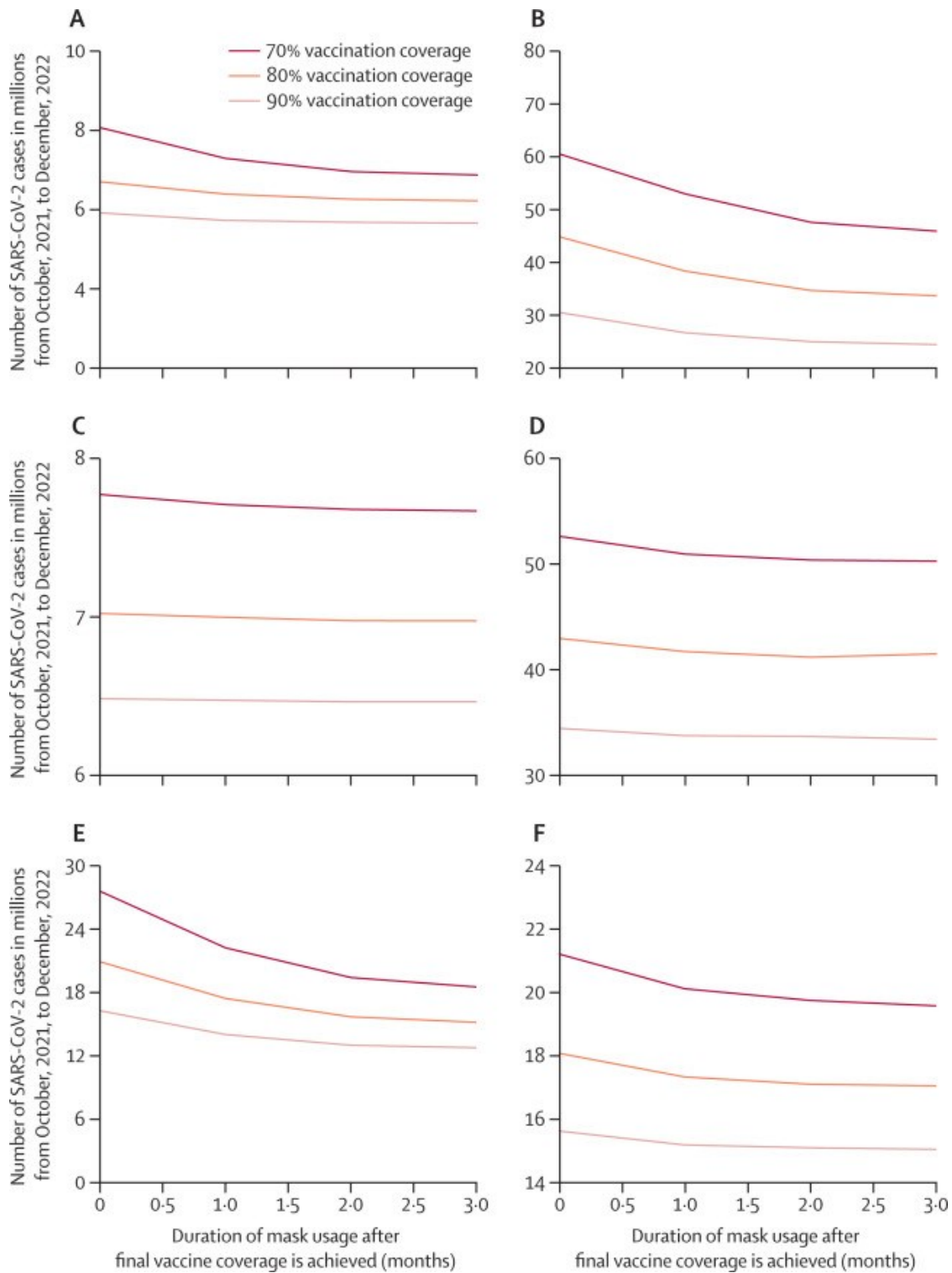
สำหรับการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนสุดท้าย (final vaccination coverage) ที่ระดับหนึ่ง ๆ นั้น ยังต้องใช้ระยะเวลายาวนานเท่าใดในการที่จะไปถึงระดับนั้น มูลค่าของหน้ากาาก็ยิ่งมากขึ้นตามไปด้วย (ภาพประกอบที่ 1, ภาพประกอบที่ 2; ตาราง) ตัวอย่างเช่น ตามที่แสดงไว้ ถ้าหากมีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 80% ในวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2565 (ประสิทธิภาพของวัคซีนที่ 70%) การดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากจนกระทั่งถึงตอนนั้นจะสามารถทำให้หลีกเลี่ยงการติดเชื้อจำนวน 7.66 ล้านราย อย่างไรก็ตามถ้าหากว่าการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนในระดับเดียวกันนี้บรรลุเมื่อ 2 เดือนต่อมาคือในวันที่ 1 กรกฎาคม ผลที่ได้รับ (results) เหล่านี้ก็จะเปลี่ยนไป คือสามารถประหยัดเงินงบประมาณเป็นจำนวน 18.7 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (17.8 – 19.5 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายทางสังคม จำนวน 3.3 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (3.2 – 3.5 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 หลีกเลี่ยงยอดผู้ติดเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 จำนวน 8.57 ล้านราย (8.55 – 8.60 ล้านราย) การเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาลจำนวน 200,000 ครั้ง (198,000 – 201,000 ครั้ง) และผู้เสียชีวิตจำนวน 23,200 ราย (23,000 – 23,500 ราย) รวมทั้งประหยัดปีสุขภาวะ (QALYs) จำนวน 264,000 ปี (255,000 – 274,000 ปี) (ภาพประกอบที่ 1, ภาพประกอบที่ 2)

การปรับเปลี่ยนจำนวนของการแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนพื้นฐาน (R_0) ที่หลากหลายแสดงว่าการอุบัติขึ้นของสายพันธุ์ที่สามารถแพร่กระจายเชื้อได้มากขึ้น อย่างเช่นสายพันธุ์เดลต้าและในขณะนี้ก็คือสายพันธุ์โอมิครอนได้เพิ่มมูลค่าของหน้ากาโก้สูงมากขึ้นไปอีก (ภาพประกอบที่ 1) ยกตัวอย่างเช่น ดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นเมื่อจำนวนของการแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนพื้นฐาน (R_0) เท่ากับ 5 ซึ่งสอดคล้องตรงกัน (corresponding) กับสายพันธุ์เดลต้า การดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากจะทำให้สามารถประหยัดเงินงบประมาณได้เป็นจำนวน 20.6 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (19.8 ถึง 21.5 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายทางสังคม (การครอบคลุมของการได้รับวัคซีนในระดับ 70% ภายในวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2565) จำนวนของการแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนพื้นฐาน (R_0) ที่สูงขึ้นเท่ากับ 10 ซึ่งสอดคล้องตรงกัน (corresponding) กับสายพันธุ์โอมิครอน จะทำให้สามารถประหยัดเงินงบประมาณสูงมากขึ้นถึงจำนวน 49.5 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (43.6 to 55.4 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายทางสังคม จำนวน 5.2 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (5.0 ถึง 5.4 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 และสามารถหลีกเลี่ยงการติดเชื้อในผู้ป่วยจำนวน 17.9 ล้านราย (17.8 ถึง 18.1 ล้านราย) เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อไม่มีการสวมหน้ากาก และการดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากต่อไปอีก 1 เดือน (จนถึงเดือนเมษายน) จะทำให้สามารถประหยัดเงินงบประมาณเพิ่มเติมขึ้นอีกจำนวน 1.5 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (–13.7 ถึง 6.8 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายทางสังคม จำนวน 148.6 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (–10.4

ถึง 307.6 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 และหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการติดเชื้อในผู้ป่วยจำนวน 856,000 ราย (710,200 ถึง 1,000,000 ราย) การลดจำนวนของการแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนพื้นฐาน (R_0) เป็น 2.5 ซึ่งสอดคล้องตรงกันกับเชื้อไวรัสสายพันธุ์ดั้งเดิมจะทำให้ตัวเลขนี้ลดลงเป็น 581,350 ราย (578,950 ถึง 583,800 ราย) และการสวมหน้ากากก็จะไม่เกิดความคุ้มค่าคุ้มทุน (cost-effective)

การอุบัติขึ้นของสายพันธุ์ต่าง ๆ และระดับภูมิคุ้มกันที่ลดถอยลงก็อาจจะลดประสิทธิผลของวัคซีน (vaccine effectiveness) ซึ่งในทางกลับกันก็จะเป็นการเพิ่มมูลค่าของหน้ากากไปด้วย (ภาพประกอบที่ 1, ภาพประกอบที่ 2; ตาราง) ตัวอย่างเช่น ที่ประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine efficacy) เท่ากับ 50% การดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากจนกระทั่งถึงการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 70% ภายในวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2565 จะทำให้สามารถประหยัดเงินงบประมาณจำนวน 82.3 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ (79.7 – 84.9 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายทางสังคม และจำนวน 9.1 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ (8.9 – 9.2 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 ตลอดจนสามารถหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการติดเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 ในผู้ป่วยจำนวน 29.1 ล้านราย (28.8 – 29.5 ล้านราย) การเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาลจำนวน 533,500 ครั้ง (527,700 – 539,300 ครั้ง) และผู้เสียชีวิตจำนวน 62,600 ราย (61,800 – 63,300 ราย) ซึ่งทำให้ประหยัดปีสุขภาวะ (QALYs) ได้เป็นจำนวน 737,900 ปี (714,700 – 762,200 ปี) หรืออย่างในอีกตัวอย่างหนึ่งคือที่ประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine efficacy) เท่ากับ 30% การดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากจนกระทั่งถึงการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 70% ภายในวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2565 จะทำให้สามารถประหยัดเงินงบประมาณจำนวน 95.1 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ (90.2 – 100.0 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายทางสังคม จำนวน 10.7 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ (10.5 – 10.9 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 และสามารถหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการติดเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 ในผู้ป่วยจำนวน 34.0 ล้านราย (33.7 – 34.3 ล้านราย) การดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากต่อไปอีก 2 เดือนจนกระทั่งถึงเดือนพฤษภาคมจะมีความคุ้มค่าคุ้มทุน (cost-effective) (อัตราส่วนระหว่างต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นกับประสิทธิผล (ICER) อยู่ที่ 48,421 ดอลลาร์สหรัฐฯ ต่อปีสุขภาวะ (QALY)) ซึ่งทำให้หลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการติดเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 ในผู้ป่วยเพิ่มเติมอีก 1.2 ล้านราย (0.9 – 1.6 ล้านราย) เมื่อเปรียบเทียบกับการดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากต่อไปอีก 1 เดือน (ภาพประกอบที่ 3) แม้แต่ที่ประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine efficacy) เท่ากับ 90% การดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากก็จะทำให้สามารถประหยัดเงินงบประมาณจำนวน 1.7 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ (1.4 – 2.1 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายทางสังคม จำนวน 1.0 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ (0.9 – 1.1 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 และหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการติดเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 ในผู้ป่วยจำนวน 1.93 ล้านราย (1.92 – 1.93 ล้านราย) เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อไม่มีการสวมหน้ากากเมื่อมีการบรรดูลการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนภายในวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2565 (ภาพประกอบที่ 1, ภาพประกอบที่ 2, ภาพประกอบที่ 3)

ภาพประกอบที่ 3. จำนวนของผู้ติดเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 ที่ได้จากการจำลอง (simulated) เมื่อมีการสวมหน้ากาก เป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน หลังจากบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนสุดท้าย (final vaccination coverage)



การเพิ่มประสิทธิผล (effectiveness) ของหน้ากาก (เช่นการยึดมั่นปฏิบัติตาม (compliance) เฉลี่ยที่ระดับ 44.2%) ทำให้จำนวนของการติดเชื้อทั้งหมดลดลงเมื่อมีการสวมหน้ากาก และดังนั้นจึงเป็นการเพิ่มมูลค่าของการสวมหน้ากาก ยกตัวอย่างเช่น เมื่อบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 80% ภายในวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2565 (ประสิทธิภาพของวัคซีนที่ 70%; จำนวนของการแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนพื้นฐาน (R_0)=5) การดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากทำให้สามารถประหยัดเงินงบประมาณเป็นจำนวน 18.0 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (17.3 – 18.7 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายทางสังคม และจำนวน 3.0 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (2.9 – 3.1 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 ตลอดจนหลีกเลี่ยงจำนวนการติดเชื้อได้ถึง 8.15 ล้านราย (8.14 – 8.17 ล้านราย) จำนวนการเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาลได้ถึง 179, 400 ครั้ง (178, 400 – 180, 400 ครั้ง) และจำนวนผู้เสียชีวิตได้ถึง 20, 900 ราย (20, 700 – 21, 100 ราย) ซึ่งเป็นการประหยัดปีสุขภาวะ (QALYs) ได้ถึง 235, 900 ปี (228, 800 – 242, 900 ปี)

การสวมหน้ากากในช่วงระหว่างเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563 ถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2563 โดยที่มีการผสมผสานกันระหว่างหน้ากากชนิด N95 หน้ากากอนามัย และหน้ากากผ้าจะทำให้เกิดต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับหน้ากากต่อคนต่อวันอยู่ที่ 0.32 ดอลลาร์สหรัฐ การปรับการใช้และลักษณะเฉพาะต่าง ๆ กัน (เช่น ความถี่ในการเปลี่ยนหน้ากากเป็นอันใหม่ และต้นทุนค่าใช้จ่ายต่อหน้ากากหนึ่งชิ้น; [ภาคผนวก p 8](#)) เพื่อที่ว่าต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับหน้ากากต่อคนต่อวันเพิ่มขึ้นเป็น 0.94 ดอลลาร์สหรัฐ ส่งผลให้มีการลดลงของยอดการประหยัด (cost savings) แต่ว่าการสวมหน้ากากจะยังคงมีความคุ้มค่าคุ้มทุน (cost-effective) เมื่อมีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 90% ภายในวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2565 (อัตราส่วนระหว่างต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นกับประสิทธิผล (ICER) ที่ 8,293 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อปีสุขภาวะ (QALY)) และจะยังคงมีความคุ้มค่าคุ้มทุน (cost-effective) และเพิ่มอัตราส่วนระหว่างต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นกับประสิทธิผล (ICER) เป็น 36, 092 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อปีสุขภาวะ (QALY) เมื่อมีการเพิ่มต้นทุนค่าใช้จ่ายส่วนนี้ต่อไปเป็น 1.17 ดอลลาร์สหรัฐ อีกในตัวอย่างหนึ่งคือเมื่อมีการเพิ่มต้นทุนค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เป็น 1.25 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อคนต่อวัน การสวมหน้ากากจะยังคงเป็นการประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย (cost saving) สำหรับสถานการณ์ (scenarios) ส่วนมาก และจะมีความคุ้มค่าคุ้มทุน (cost-effective) (อัตราส่วนระหว่างต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นกับประสิทธิผล (ICER) เท่ากับ 36, 092 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อปีสุขภาวะ (QALY)) เมื่อบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 90% ภายในวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2565 (ประสิทธิภาพของวัคซีนที่ 70%; จำนวนของการแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนพื้นฐาน (R_0)=5) เมื่อต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับหน้ากากเพิ่มขึ้นเป็น 1.39 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อคนต่อวัน การดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากยังคงเป็นการประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย (cost saving) ([ภาคผนวก p 8](#)) และจะมีความคุ้มค่าคุ้มทุน (cost-effective) ถ้าหากว่าบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 80% ภายในวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2565 (อัตราส่วนระหว่างต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นกับประสิทธิผล (ICER) $\leq 32, 319$ ดอลลาร์สหรัฐ ต่อปีสุขภาวะ (QALY)) และเมื่อบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 90% ภายในวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2565 (อัตราส่วนระหว่างต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นกับประสิทธิผล (ICERs) $\leq 43, 161$ ดอลลาร์สหรัฐ ต่อปีสุขภาวะ (QALY)) อย่างไรก็ตามเมื่อต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับหน้ากากอยู่ที่ 1.39 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อคนต่อวันการดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากากจะไม่มีมีความคุ้มค่าคุ้มทุน (cost-effective) (อัตราส่วนระหว่างต้นทุนค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นกับประสิทธิผล (ICER) เท่ากับ 63, 891 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อปี

สุขภาพ (QALY)) ถ้าหากว่ามีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 90% ภายในวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2565 (ภาคผนวก)

การแบ่งประชากรต่อไปเป็นชั้น ๆ (stratifying) ตามกลุ่มอายุ (age groups) ทำให้จำนวนของการติดเชื้อเพิ่มสูงขึ้น และดังนั้นจึงเพิ่มผลกระทบและมูลค่าของการสวมหน้ากากให้สูงขึ้นไปอีก ยกตัวอย่างเช่น เมื่อบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 70% ภายในวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2565 (ประสิทธิภาพของวัคซีนที่ 70%; จำนวนของการแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนพื้นฐาน (R_0)=5) การดำรงไว้ซึ่งการสวมหน้ากาก (ประสิทธิผลที่ 18%) จนกระทั่งถึงตอนนั้นจะช่วยประหยัดเงินงบประมาณจำนวน 81.6 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (78.7 – 84.5 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายทางสังคม และจำนวน 11.2 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (11.1 – 11.3 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 และหลีกเลี่ยงการติดเชื้อของผู้ป่วยจำนวน 29.8 ล้านราย (29.6 – 30.2 ล้านราย) และการเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาลจำนวน 668,400 ครั้ง (661,000 – 675,900 ครั้ง) ประหยัดปีสุขภาวะ (QALYs) จำนวน 871,600 ปี (838,700 – 904,600 ปี)

การเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ผู้ป่วยที่แสดงอาการซึ่งยังคงแยกกักตัวตลอดช่วงระยะติดเชื้อ (infectious period) ทำให้มูลค่าของการสวมหน้ากากลดลงในระดับหนึ่งได้จริง ๆ อย่างไรก็ตามแม้แต่เมื่อมีการสันนิษฐานว่า 100% ของผู้ที่สามารถทำให้ติดเชื้อที่แสดงอาการยังคงมีการแยกกักตัว แต่การสวมหน้ากากก็ยังคงเป็นการประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย (cost saving) และสามารถประหยัดเงินงบประมาณเป็นจำนวน 359.7 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (–12.8 ถึง 732.2 ล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายทางสังคม และจำนวน 575.9 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (503 ถึง 648 ล้านดอลลาร์สหรัฐ) สำหรับต้นทุนค่าใช้จ่ายของผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 และหลีกเลี่ยงการติดเชื้อของผู้ป่วยจำนวน 1.62 ล้านราย (1.56 ถึง 1.67 ล้านราย) และผู้เสียชีวิตจำนวน 3,950 ราย (3,800 ถึง 4,100 ราย; หน้ากากมีต้นทุนค่าใช้จ่ายเท่ากับ 0.32 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อคนต่อวัน; ประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine efficacy) เท่ากับ 50%; การครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 70% ภายในวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2565; จำนวนของการแพร่พันธุ์เพิ่มจำนวนพื้นฐาน (R_0)=5) ช่วงเวลาเดียวที่ไม่มี ความคุ้มค่าคุ้มทุน (cost-effective) จะเป็นช่วงที่มีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนที่ระดับ 90% ภายในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2565 และเมื่อประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine efficacy) มีค่าอย่างน้อย 70% หรือต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับหน้ากากมากกว่า 0.50 ดอลลาร์สหรัฐ ต่อคนต่อวัน

การอภิปราย (Discussion)

ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้เป็นการเน้นย้ำอีกครั้งว่าลำพังแค่การได้รับวัคซีนเพียงอย่างเดียวไม่อาจจะเพียงพอในการจำกัดควบคุมการระบาดของโรค และป้องกันการเสียชีวิตตลอดจนความทุกข์ทรมาน รวมทั้งความสำคัญของการดำเนินการต่าง ๆ ที่ผสมผสานกัน (multilayered interventions) ตามที่ได้อธิบายมาแล้วก่อนหน้านี้ การดำเนินการแต่ละอย่างที่มีอยู่ก็มีข้อจำกัด (limitations) แตกต่างกันไป การผสมผสานการดำเนินการต่าง ๆ เข้าด้วยกันไม่เพียงแต่สามารถอุดช่องว่างข้อจำกัดเหล่านี้ แต่ยังเป็นการเสริมแรงแต่ละวิธีดำเนินการ การศึกษาวิจัยของเราได้แสดงให้เห็นว่าการสวมหน้ากากมีความคุ้มค่า (cost-effective) และในหลาย ๆ กรณีก็เป็นการประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย (cost saving) สิ่งที่พบ (finding) นี้เป็นการสนับสนุนที่มีน้ำหนักสำหรับภาครัฐ ผู้จ่ายที่เป็นบุคคลที่ 3 ตลอดจนหน่วยงานอื่น ๆ ในการจัดหาหน้ากากแก่สาธารณชนทั่วไป นอกจากนี้การศึกษาวิจัยของเรายังได้แสดงให้เห็นว่าการสวมหน้ากากไม่ควรจะสิ้นสุดลงทันทีที่มีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนในระดับหนึ่ง ถึงแม้ว่าการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนจะมากกว่าค่า thresholds ของภูมิคุ้มกันหมู่ (herd-immunity) ก็ตามที (เช่น จาก 60% สำหรับค่า R_0 ที่เท่ากับ 2.5 และ 90% สำหรับ R_0 ที่เท่ากับ 10) นั่นเป็นเพราะว่าการแพร่กระจายของเชื้อไวรัสไม่ได้ยุติลงทันทีหลังจากที่มีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนในระดับนั้น ๆ ตรงกันข้ามกับการสวมหน้ากากซึ่งสามารถป้องกันการติดเชื้อโควิด 19 เพิ่มจนกระทั่งการแพร่กระจายของเชื้อไวรัสเบาบางลงที่สุดในที่สุดหลังจาก 2 -10 สัปดาห์ การศึกษาวิจัยของเราทำให้น่าเชื่อได้ว่ามีช่วงเวลาที่มีขอบเขตแน่นอน ชัดเจน ซึ่งในระหว่างนั้นเราควรจะยังคงสวมหน้ากากต่อไป

ความไม่แน่นอนที่ดำเนินต่อไปของการระบาดยังทำให้มูลค่าของการสวมหน้ากากเพิ่มสูงขึ้น ประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine effectiveness) ที่ลดลงซึ่งเกิดขึ้นเมื่อภูมิคุ้มกันมีการลดถอยลง และการอุบัติขึ้นของสายพันธุ์ใหม่ ๆ มิแต่จะเพิ่มมูลค่าของการสวมหน้ากาก นี่เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อความสามารถในการแพร่กระจายเชื้อของไวรัสเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเห็นได้จากกรณีของสายพันธุ์โอไมครอนและสายพันธุ์เดลต้ารวมทั้งการระบาดระลอกใหม่ในช่วงฤดูหนาวนี้ ปรากฏการณ์เช่นนี้อาจจะเกิดขึ้นในสถานการณ์การระบาดด้วยเช่นกัน ถ้าหากว่าประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine efficacy) ลดต่ำลงและความสามารถในการแพร่กระจายเชื้อ (transmissibility) เพิ่มขึ้น

การทดลองของเรายังได้แสดงให้เห็นมูลค่าของการสวมหน้ากาก แม้แต่เมื่อการดำเนินการ (interventions) อื่น ๆ อาจจะเปลี่ยนแปลงไป ยกตัวอย่างเช่น ถึงแม้ว่า ทุก ๆ คนที่มีอาการจากโรคโควิด 19 มีการแยกกักตัวเองครบอย่างเต็มที่ในระหว่างช่วงระยะเวลาที่สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อ (infectious stage) แต่การสวมหน้ากากก็ยังคงมีความคุ้มค่า (cost-effective) และใกล้เคียงกับการประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย (cost saving) (เช่น เมื่อหน้ากากมีราคา ≤ 0.50 ดอลลาร์สหรัฐ ฯ และใช้สวมได้ 2 วัน) สถานการณ์เช่นว่านั้นไม่น่าจะมีความเหมือนจริง (realistic) มากสักเท่าไรจากการที่ผู้คนจำนวนมากไม่ได้รับการตรวจโควิด 19 หรืออาจจะไม่ได้มีการแยกกักตัวต่อเนื่องตลอดช่วงระยะเวลาที่สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อ (infectious period)

สิ่งที่พบ (finding) นี้แสดงให้เห็นว่าถึงแม้ว่าการเพิ่มการตรวจให้มากขึ้นอาจจะมีประโยชน์ แต่ลำพังแค่การตรวจที่เพิ่มขึ้นแต่เพียงอย่างเดียวจะไม่เพียงพอในการจำกัดควบคุมการระบาด และจะไม่ลบล้างความจำเป็นในการสวมหน้ากากได้เลย

นอกจากนี้การศึกษาวิจัยของเรายังสนับสนุนให้มีการสวมหน้ากากในประชากรทั้งหมด และไม่ใช่แค่เพียงในกลุ่มอายุเฉพาะหรือเฉพาะในผู้ที่มีรูปแบบการผสมผสานที่เฉพาะเจาะจง (particular mixing patterns) เท่านั้น จริง ๆ แล้วยิ่งเราแบ่งชั้นประชากรย่อยลงไป (substratified) และทำให้รูปแบบการผสมผสาน (mixing patterns) มีความต่างกัน (heterogeneous) มากขึ้นเท่าไร มูลค่าของการสวมหน้ากากก็ยิ่งเพิ่มสูงมากขึ้นเท่านั้น การเพิ่มขึ้นของมูลค่านี้นี้มีสาเหตุมาจากความจริงที่ว่า การผสมผสานที่เข้มข้น (intense mixing) มากขึ้นเกิดขึ้นในบางชั้นของประชากร (population strata) ซึ่งทำให้การแพร่กระจายเชื้อไวรัสและจำนวนผู้ป่วยโรคโควิด 19 เพิ่มสูงขึ้น

การศึกษาวิจัยของเรายังได้ประมาณมูลค่าของการเพิ่มประสิทธิผล (effectiveness) ของหน้ากาก และการยึดถือปฏิบัติตามการสวมหน้ากาก (adherence) เมื่อมีการเพิ่มประสิทธิผล (effectiveness) ของหน้ากากขึ้น 10% (แปลว่าการยึดถือปฏิบัติตามการสวมหน้ากากอยู่ที่ 44.2%) การลดลงเชิงสัมพัทธ์ (relative reduction) ของจำนวนผู้ป่วยมีมากขึ้น โดยที่จำนวนผู้ป่วย จำนวนการเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาล และจำนวนผู้เสียชีวิตมีการลดลง 17 – 20% อย่างไรก็ตาม แม้ว่ามีความขาดแคลนหน้ากากที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น (เช่น หน้ากากชนิด N95) แต่การสวมหน้ากากไม่ว่าจะเป็นชนิดใดก็ตาม (เช่น หน้ากากผ้า) ก็ดีกว่าไม่ได้สวมหน้ากากชนิดใด ๆ เลย นี่เป็นเพราะว่าผู้ที่ติดเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 มีความเป็นไปได้น้อยลงในการแพร่กระจายเชื้อไวรัสไปสู่ผู้อื่นเมื่อมีการสวมหน้ากาก แม้ว่าหน้ากากนั้นทำมาจากผ้าก็ตาม

ถึงแม้ว่าแบบจำลองของเราจะเป็นกรณีของสหรัฐอเมริกา แต่ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยของเราก็สามารถประยุกต์ใช้กับบริบทของประเทศอื่น ๆ ได้ มูลค่าของการสวมหน้ากากมีความแข็งแกร่ง (robust) ต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการผสมผสาน (mixing patterns) การครอบคลุมของการได้รับวัคซีน (vaccination coverage) ประสิทธิภาพของวัคซีน (vaccine efficacies) ตลอดจนตัวแปรต่าง ๆ ในการแพร่กระจายเชื้อ (transmission parameters) ซึ่งครอบคลุมความหลากหลาย (diversity) ที่พบเห็นในโลกนี้เป็นอย่างมาก รวมทั้งในประเทศที่มีรายได้ต่ำและประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ตัวอย่างเช่นสถานการณ์ที่มีประสิทธิภาพของวัคซีนอยู่ที่ 50% มีความคล้ายคลึงกับบรรดาประเทศที่ใช้วัคซีนไวรัสชนิดเชื้อตาย (inactivated-virus vaccines) เป็นส่วนใหญ่ เช่น บาห์เรน ซิลี และฮังการี และสถานการณ์ที่มีการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนระดับ 80% และมีประสิทธิภาพของวัคซีนอยู่ที่ 70% มีความคล้ายคลึงกับสถานการณ์ขณะนี้ในประเทศสเปนและออสเตรเลีย ผลที่ได้เหล่านี้สามารถช่วยให้ค่าประมาณทั่ว ๆ ไป เกี่ยวกับการสวมหน้ากากจะยังคงสามารถมีมูลค่าได้ยาวนานแค่ไหน หลังจากที่มีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนในระดับต่าง ๆ กัน จากคำจำกัดความแล้วแบบจำลองทั้งหมดเป็นการทำให้เข้าใจสถานการณ์ชีวิตจริงได้ง่ายขึ้น (simplifications of real life) และไม่สามารถอธิบายให้เหตุผลสำหรับทุก ๆ ผลลัพธ์ (outcome) ที่มีความเป็นไปได้

ปัจจัยป้อนเข้าแบบจำลอง (model inputs) ที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ และที่จุดเวลาต่าง ๆ กันในระหว่างการระบาด ตลอดจนข้อมูลใหม่ ๆ เกี่ยวกับเชื้อไวรัส SARS-CoV-2 ยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เราไม่ได้ปรับเปลี่ยนประสิทธิภาพ (effectiveness) ของหน้ากากให้หลากหลายต่อความสามารถในการแพร่กระจายเชื้อของไวรัสตลอดช่วงระยะเวลาของการจำลอง (simulation) แต่อย่างไรก็ตามค่าประสิทธิภาพนี้อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงตามวัน ช่วงเวลา และนโยบายในระดับรัฐและระดับท้องถิ่น

สถานการณ์สมมติ (scenarios) ของเราเป็นการสันนิษฐานว่ามีการครอบคลุมของประชากรทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตามประชากรบางกลุ่มก็ยังไม่มีความสามารถในการได้รับวัคซีน (เช่น เด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี) เราได้พยายามที่จะสงวนในการประมาณมูลค่าของหน้ากาก ยกตัวอย่างเช่น เราไม่ได้รวมเอาต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดทั้งสิ้นที่การสวมหน้ากากสามารถช่วยประหยัดไว้ได้ เช่น ผลกระทบที่สูญเสียไปของผู้ดูแล (caregiver-productivity losses) หรือการลดลงของกิจกรรมทางเศรษฐกิจ (เช่น การสูญเสียการจ้างงาน) หรือไม่ได้พิจารณาถึงการสูญเสียสุขภาพ (QALY losses) ที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการแยกตัว (เช่น การเสื่อมถอยของสุขภาพจิต หรือความวิตกกังวลเกี่ยวกับการเข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาล) การรวมสิ่งเหล่านี้เข้าไปด้วยจะทำให้มูลค่าของการสวมหน้ากากเพิ่มสูงขึ้นไปอีก

การศึกษานี้ช่วยวัดปริมาณมูลค่าของการสวมหน้ากากจนกระทั่งมีการบรรลุการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนในระดับหนึ่ง และการที่การทำเช่นนั้นสามารถจะทำให้เกิดไม่เพียงแต่ความคุ้มค่า (cost-effective) แต่แม้แต่ยังสามารถประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย (cost saving) ภายใต้สถานการณ์หลากหลายต่าง ๆ กันอย่างมากมาได้ อย่างไรก็ตาม เราได้พบมูลค่าที่มากมายอย่างเป็นรูปธรรมในการสวมหน้ากากอย่างต่อเนื่องต่อไป 2 – 10 สัปดาห์หลังจากมีการบรรลุระดับ thresholds ของการครอบคลุมของการได้รับวัคซีนตามเป้าหมาย ในการลดการแพร่กระจายเชื้อไวรัส SAR-CoV-2 ที่ตกค้างอยู่ การอุบัติขึ้นมาของสายพันธุ์โอมิครอนและโอกาสที่จะเกิดสายพันธุ์ในอนาคต ซึ่งอาจจะมีความสามารถในการแพร่กระจายเชื้อได้มากกว่าและลดประสิทธิภาพ (effectiveness) ของวัคซีนก็จะต้องทำให้มูลค่าของการสวมหน้ากากเพิ่มสูงขึ้นเท่านั้น