

หน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 ช่วยปกป้องบุคลากรทางการแพทย์จากการติดเชื้อซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2)

- Mark Ferris,
- Rebecca Ferris,
- Chris Workman,
- Eoin O'Connor,
- David A Enoch,
- Emma Goldesgeyme,
- Natalie Quinnell,
- Parth Patel,
- Jo Wright,
- Geraldine Martell,
- Christine Moody,
- Ashley Shaw,
- Christopher J.R. Illingworth,
- Nicholas J. Matheson,
- Michael P. Weekes

บทนำ (Introduction)

จากคำแนะนำจากองค์การอนามัยโลก [1] และหน่วยควบคุมและป้องกันการติดเชื้อของประเทศอังกฤษ (UK Infection Protection Control) ได้ให้คำแนะนำว่าบุคลากรทางการแพทย์ที่ดูแลรักษาผู้ป่วยโรคโคโรนาไวรัส 19 ควรใช้หน้ากากอนามัยชนิด IIR ซึ่งป้องกันของเหลวได้ เป็นอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ เว้นเสียแต่ว่าอยู่ในระหว่างการทำการหัตถการที่จะทำให้เกิดละอองลอย(aerosol) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ควรใช้หน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 [2]

อย่างไรก็ตามจากข้อมูลเมื่อไม่นานมานี้ มีการแนะนำให้ใช้หน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 ในกรณีที่ยังคงมีความเสี่ยงในการแพร่กระจายเชื้อ [3] ข้อมูลดังกล่าวได้มีองค์กรให้คำแนะนำที่ต่างกัน ศูนย์ควบคุมและป้องกันโรคของสหรัฐฯ แนะนำว่าบุคลากรทางการแพทย์ที่ดูแลรักษาผู้ป่วยโรคโควิด-19 ควรใช้หน้ากากกรองอากาศชนิด N95 หรือระดับสูงกว่า [4] ส่วนองค์การอนามัยโลก แนะนำว่าบุคลากรทางการแพทย์อาจจะใช้หน้ากากกรองอากาศ เช่น หน้ากากชนิด FFP3 ในกรณีที่ ไม่มีการทำหัตถการที่ทำให้เกิดละอองลอย ถ้าหากว่าสามารถจัดหาได้หรือไม่มีปัญหาเรื่องราคา [1]

จากการพิจารณาบทวนที่เป็นระบบเมื่อเร็ว ๆ นี้ ของหน่วยงานสาธารณสุขของประเทศ อังกฤษได้มีการสรุปว่า “ผู้ป่วยติดเชื้อโรคโควิด-19 ที่กำลังหายใจ กำลังพูดคุยหรือกำลังไอจะสามารถทำให้เกิดทั้งละอองฝอยและละอองลอยจากทางเดินหายใจได้ แต่หน้ากากอนามัยซึ่งป้องกันของเหลว (ใช้ร่วมกับอุปกรณ์ป้องกันดวงตา กรณีที่จำเป็น) ก็ได้รับการพิจารณาแล้วว่าสามารถให้การปกป้องเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานได้อย่างพอเพียง” [5] อย่างไรก็ตามหน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 ก็มีประสิทธิภาพในการป้องกันการแพร่กระจายของละอองลอยได้มากกว่าหน้ากากอนามัย และข้อมูลจากการสังเกตยังชี้ให้เห็นว่าหน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 อาจจะปกป้องบุคลากรทางการแพทย์ได้ดีกว่า [6]

ด้วยเหตุนี้จึงมีคำแนะนำว่าหน้ากากกรองอากาศควรได้รับการพิจารณาในฐานะที่เป็นเครื่องมือที่ให้การปกป้องที่ดีที่สุด [7] และจนถึงขณะนี้ก็มีบางหน่วยงาน บางองค์กรที่ได้ตัดสินใจจัดหาหน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 (หรือเทียบเท่า) ให้แก่บุคลากรทางการแพทย์ที่ดูแลรักษาผู้ป่วยโรคโควิด-19 แล้ว ถึงแม้ว่าจะยังไม่มีคำสั่งจากแนวทางในระดับชาติหรือท้องถิ่นก็ตาม [8] ข้อมูลจากโครงการการตรวจหาเชื้อในบุคลากรทางการแพทย์ที่โรงพยาบาลแห่งมหาวิทยาลัยแคมบริดจ์ของกองทุนมูลนิธิบริการสุขภาพแห่งชาติ (Cambridge University Hospitals NHS Foundation Trust หรือ CUHNFT) ในระหว่างการระบาดระลอกแรกของโรคทางเดินหายใจเฉียบพลันรุนแรง หรือเชื้อซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) สายพันธุ์อังกฤษ บ่งชี้ถึงอุปสรรคของการติดเชื้อที่สูงกว่าในบุคลากรทางการแพทย์ที่ดูแลรักษาผู้ป่วยโรคโควิด-19 เมื่อเปรียบเทียบกับบุคลากรทางการแพทย์กลุ่มอื่น ๆ [9] การศึกษาวิจัยต่อมาได้ยืนยันข้อสังเกตนี้ [10, 11] ความแตกต่างกันนี้ยังคงมีอยู่ที่โรงพยาบาลแห่งมหาวิทยาลัยแคมบริดจ์ของกองทุนมูลนิธิบริการสุขภาพแห่งชาติในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2563 ทั้ง ๆ ที่มีมาตรการการควบคุมตรงตามแนวทางคำแนะนำของหน่วยงานสาธารณสุขประเทศอังกฤษ และผลการตรวจสอบก็ระบุว่ามีการปฏิบัติตามแนวทาง

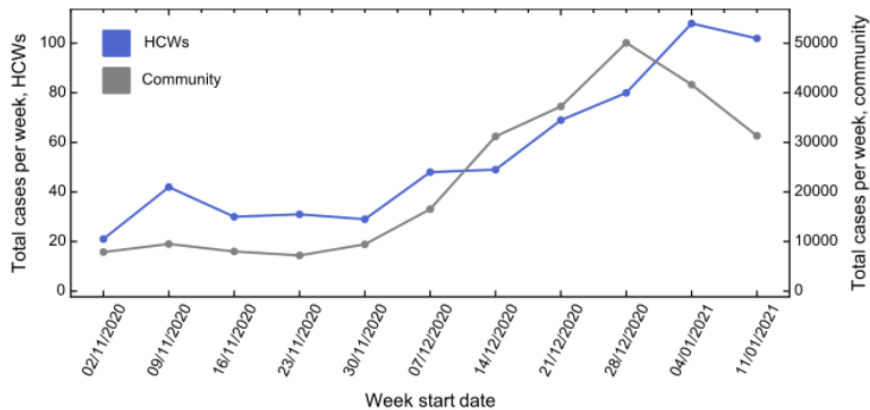
คำแนะนำที่ดี ด้วยเหตุนี้ทางคณะกรรมการควบคุมการติดเชื้อของโรงพยาบาลแห่งมหาวิทยาลัยแคมบริดจ์ของกองทุนมูลนิธิบริการสุขภาพแห่งชาติจึงได้ดำเนินการเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจสำหรับเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วย “แดง” (COVID-19) จากหน้ากากอนามัยเป็นหน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เราได้วิเคราะห์อุบัติการณ์การติดเชื้อซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) ในบุคลากรทางการแพทย์ก่อนและหลังการแพร่กระจายเชื้อครั้งนี้

ผลการศึกษาวิจัย (Results)

จำนวนผู้ติดเชื้อซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) ในกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์ที่โรงพยาบาลแห่งมหาวิทยาลัยแคมบริดจ์ของกองทุนมูลนิธิบริการสุขภาพแห่งชาติ (CUHNFT) เพิ่มขึ้นตลอดช่วงระยะเวลาของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เช่นเดียวกันกับในชุมชน (ภาพที่ 1 และ ภาพที่ 1-ข้อมูลเดิม 1) สัดส่วนที่คล้ายคลึงกันของผู้ติดเชื้อได้รับการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจ โดยทำการตรวจสอบกับผู้ติดเชื้อที่มีอาการ และการตรวจคัดกรองผู้ติดเชื้อที่ไม่มีอาการ ทั้งในหอผู้ป่วยเขียวและหอผู้ป่วยแดง (ภาพที่ 1-ภาพเพิ่มเติมที่ 1)

ก่อนหน้าที่จะมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ ยอดผู้ติดเชื้อในกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์ต่อวันที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยมีจำนวนสูงกว่าในหอผู้ป่วยแดง เมื่อเปรียบเทียบกับในหอผู้ป่วยเขียวในระหว่าง 7 สัปดาห์ จากทั้งหมด 8 สัปดาห์ที่มีการวิเคราะห์ (ค่า $p=0.016$ จากการทดสอบโดยวิธี Wilcoxon signed-rank test ตามภาพที่ 2 และ ตารางที่ 1) ภายหลังจากที่มีการเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจแล้ว อุตการณ์ของการติดเชื้อในหอผู้ป่วยแดงและในหอผู้ป่วยเขียวมีค่าใกล้เคียงกัน และไม่มี ความแตกต่างกันในเชิงสถิติ (ค่า $p=0.5$ จากการทดสอบโดยวิธี Wilcoxon signed-rank test ตามภาพที่ 2 และ ตารางที่ 1) ยิ่งไปกว่านั้น มีอุบัติการณ์ซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) ในชุมชนกับจำนวนผู้ติดเชื้อต่อวันที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยเขียวสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $R^2=0.88$) แต่ไม่เป็นเช่นนั้นในหอผู้ป่วยแดง (ค่า $R^2 = 0.01$) (ภาพที่ 2-ภาพเพิ่มเติมที่ 1) เมื่อพิจารณาประกอบกันแล้ว สรุปได้ว่า ส่วนใหญ่ของการติดเชื้อในบุคลากรทางการแพทย์ของหอผู้ป่วยเขียวมีสาเหตุมาจากการติดเชื้อจากชุมชน ในขณะที่การติดเชื้อในบุคลากรทางการแพทย์ของหอผู้ป่วยแดงมีสาเหตุมาจากการติดเชื้อจากชุมชนและการติดเชื้อในหอผู้ป่วย

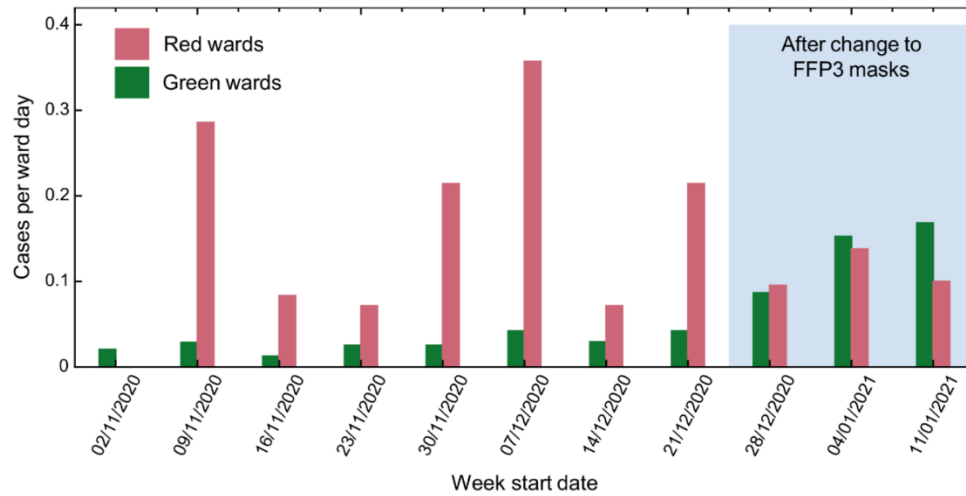
โดยตรงจากผู้ป่วยโควิด 19 ซึ่งถูกทำให้บรรเทาเบาบางลงอย่างมีประสิทธิภาพโดยการใช้หน้ากาก
กรองอากาศชนิด FFP3



ภาพที่ 1: การเปรียบเทียบระหว่างจำนวนผู้ติดเชื้อทั้งหมดในบุคลากรทางการแพทย์และ
อุบัติการณ์ซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) ในชุมชน

หมายเหตุ : อุบัติการณ์ในชุมชนแสดงถึงอุบัติการณ์ในฟากตะวันออกของอังกฤษ อ้างอิงจากเว็บไซต์
<https://coronavirus.data.gov.uk/details/cases>

ภาพที่ 2: จำนวนผู้ติดเชื้อรายสัปดาห์ต่อวันที่ปฏิบัติหน้าที่ในหอผู้ป่วยในบุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยแดงและหอผู้ป่วยเขียวก่อนและหลังการเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ



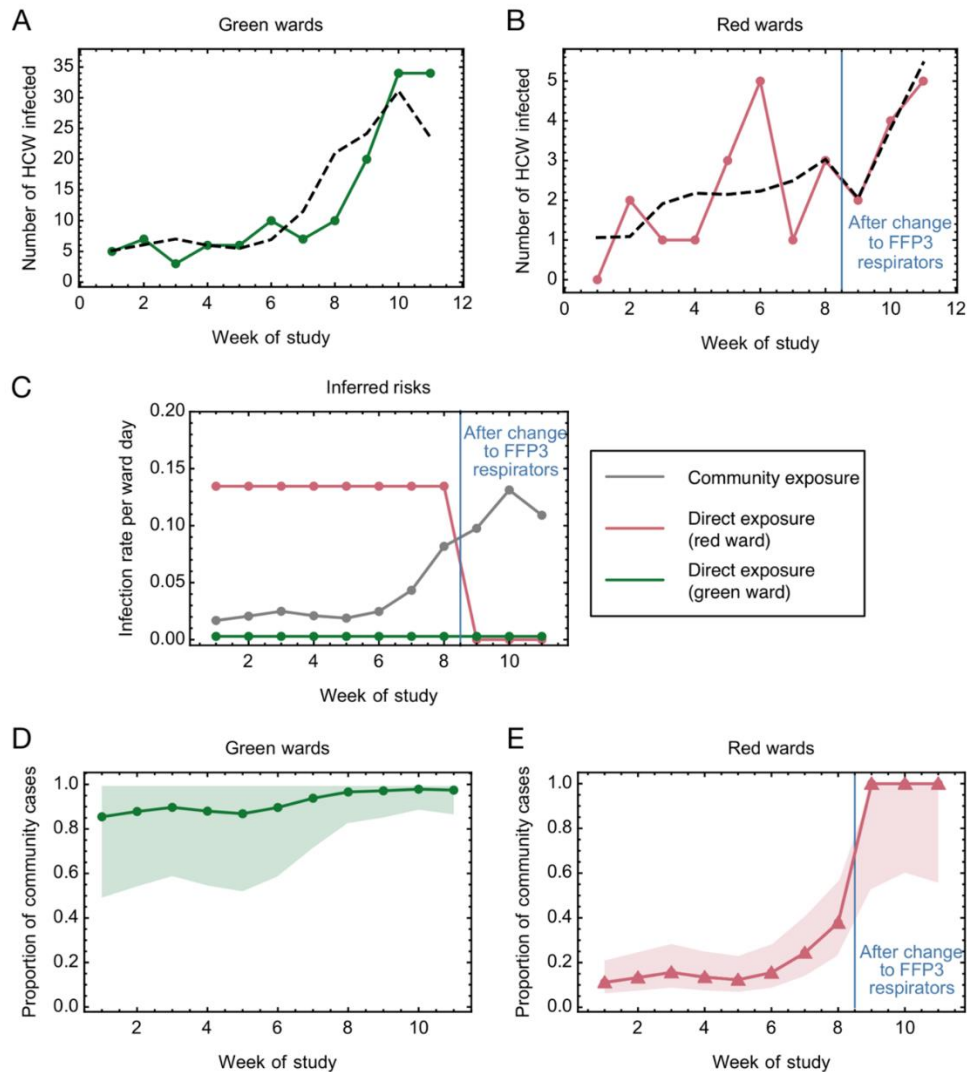
ตารางที่ 1: จำนวนผู้ติดเชื้อรายสัปดาห์ในบุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยแดง และหอผู้ป่วยเขียว และจำนวนผู้ติดเชื้อต่อวันที่ปฏิบัติหน้าที่ในหอผู้ป่วย

สัปดาห์ ที่ (Week)	วันที่เริ่มต้น ในสัปดาห์ (Week start)	จำนวน ผู้ติดเชื้อใน หอผู้ป่วย (Red cases)	จำนวน วันที่หอ ผู้ป่วยแดง เปิด ดำเนินการ (Red ward days)	จำนวนผู้ติดเชื้อ ในหอผู้ป่วยแดง ต่อวันที่หอ ผู้ป่วยแดง เปิด ดำเนินการ (Red cases per ward day)	จำนวน ผู้ติดเชื้อ ในหอผู้ป่วย เขียว (Green cases)	จำนวน วันที่หอ ผู้ป่วยเขียว เปิด ดำเนินการ (Green ward days)	จำนวนผู้ติดเชื้อ ในหอผู้ป่วยเขียว ต่อวันที่หอ ผู้ป่วยเขียว เปิด ดำเนินการ (Green cases per ward day)	จำนวนผู้ติดเชื้อ ที่คัด ออก (Excluded cases)	ยอด รวม ทั้งหมด (Total)	จำนวนผู้ติดเชื้อ ในชุมชน (Community)
1	02/11/2020	0	7	0	5	245	0.02	16	21	7876
2	09/11/2020	2	7	0.286	7	245	0.028	33	42	9499
3	16/11/2020	1	12	0.083	3	240	0.013	26	30	7998
4	23/11/2020	1	14	0.071	6	238	0.025	24	31	7203
5	30/11/2020	3	14	0.214	6	238	0.025	20	29	9441
6	07/12/2020	5	14	0.357	10	238	0.042	33	48	16535
7	14/12/2020	1	14	0.071	7	238	0.029	41	49	31219
8	21/12/2020	3	14	0.214	10	238	0.042	56	69	37259
9	28/12/2020	2	21	0.095	20	231	0.087	58	80	50110
10	04/01/2021	4	29	0.138	34	223	0.152	70	108	41663
11	11/01/2021	5	50	0.1	34	202	0.168	63	102	31341

เราได้ทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย ๆ ตามแบบจำลองนี้เพื่อที่จะหาค่าความเสี่ยงของการติดเชื้อสำหรับบุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยแดงและหอผู้ป่วยเขียวต่อไป ความเสี่ยงทั้งหมดของการติดเชื้อถูกแบ่งออกเป็นความเสี่ยงจากการสัมผัสเชื้อจากชุมชน และความเสี่ยงจากการสัมผัสเชื้อในหอผู้ป่วยโดยตรงจากผู้ป่วย โดยให้ความเสี่ยงจากการสัมผัสเชื้อโดยตรงในหอผู้ป่วยแดงสามารถผันแปรได้ตามการใช้หน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 และเข้ากับรูปแบบจำลองที่มีความเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood model) ค่าพารามิเตอร์อนุมานต่าง ๆ (inferred parameters) และช่วงความเชื่อมั่น (confidence intervals) แสดงไว้ใน ตารางที่ 2 แบบจำลองของเราเข้ากันได้อย่างใกล้เคียงในเชิงคุณภาพกับจำนวนผู้ติดเชื้อที่ได้จากการสังเกต (ภาพที่ 3A-B)

ความเสี่ยงต่อการติดเชื้อโดยตรงจากการปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยเขียวอยู่ในระดับต่ำตลอดระยะเวลาของการศึกษาวิจัยและต่ำกว่าความเสี่ยงของการสัมผัสเชื้อจากชุมชน ซึ่งความเสี่ยงของการสัมผัสเชื้อจากชุมชนมีการเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนกับระดับที่เพิ่มสูงขึ้นของอุบัติการณ์ในชุมชน (ภาพที่ 3C) ในทางกลับกันความเสี่ยงของการติดเชื้อโดยตรงจากการปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยแดงก่อนการเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจมีค่าสูงกว่าความเสี่ยงของการสัมผัสเชื้อจากชุมชนอย่างมาก และสูงกว่าความเสี่ยงจากการปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยเขียวประมาณ 47 เท่า (confidence interval [7.92, ∞]) ดังนั้นในขณะที่มีความเป็นไปได้ว่าผู้ติดเชื้อในหอผู้ป่วยเขียวแทบจะทุกรายเกิดจากการติดเชื้อในชุมชน แต่ผู้ติดเชื้อในหอผู้ป่วยแดงในระยะแรกของการศึกษาวิจัยนี้มาจากการสัมผัสเชื้อจากหอผู้ป่วยโดยตรงเป็นหลัก (ภาพที่ 3D- E) ที่สำคัญอย่างยิ่งคือแบบจำลองของเรายังทำให้น่าเชื่อได้ว่าการใช้หน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 ให้การปกป้อง 100% (confidence interval [31.3%, 100%]) จากการติดเชื้อโควิด 19 ในหอผู้ป่วยโดยตรง (ตารางที่ 2 , r^2/r_1)

ภาพที่ 3: การจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเสี่ยงต่อการติดเชื้อสำหรับบุคลากรทางการแพทย์
ในหอผู้ป่วยแดงและหอผู้ป่วยเขียว



(A-B) การเปรียบเทียบระหว่างกรณีผู้ติดเชื้อจริงกับที่จำลอง แบบจำลอง (เส้นประสีดำ) เป็นการจำลองความเสี่ยงต่อการติดเชื้อในบุคลากรทางการแพทย์ต่อวันที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วย (A) สำหรับหอผู้ป่วยเขียว (เส้นทึบสีเขียว) และ (B) สำหรับหอผู้ป่วยแดง (เส้นทึบสีแดง) (C) ความเสี่ยงที่อนุมานจากแบบจำลอง บุคลากรทางการแพทย์มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อโควิด 19 จากการสัมผัสเชื้อจากผู้คนในชุมชน โดยความเสี่ยงนี้เพิ่มขึ้นตามอุบัติการณ์ในชุมชน (เส้นสีเทา) บุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยเขียวเผชิญกับระดับความเสี่ยงต่ำอย่างสม่ำเสมอ ในการติดเชื้อจากการสัมผัสเชื้อในหอผู้ป่วยโดยตรง (เส้นสีเขียว) ส่วนบุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วย

แดงในตอนแรกเผชิญกับระดับความเสี่ยงสูงกว่ามากในการติดเชื้อจากการสัมผัสเชื้อในหอผู้ป่วยโดยตรง กลับพบว่ามีความเสี่ยงเป็นศูนย์ (ช่วงความเชื่อมั่น [0, 0.0804]) เมื่อมีการใช้หน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 ในภาพนี้แสดงค่าความเสี่ยงเป็นความเสี่ยงต่อวันที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วย ค่าความเสี่ยง 0.1 บ่งชี้ว่าแหล่งที่มาหรือต้นตอของความเสี่ยงนั้น ๆ ได้รับการคาดหมายว่าทำให้บุคลากรทางการแพทย์ 1 คนจากบรรดาบุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยเกิดการติดเชื้อในทุก ๆ 10 วันที่หอผู้ป่วยนั้นเปิดดำเนินการ (D-E) สัดส่วนของผู้ติดเชื้อจากชุมชน สัดส่วนของการติดเชื้อในหอผู้ป่วยเขียว (D) และหอผู้ป่วยแดง (E) ที่ชี้ให้เห็นว่ามีการเพิ่มขึ้นโดยการสัมผัสกับผู้คนในชุมชน (เส้นสีเขียวสำหรับหอผู้ป่วยเขียว เส้นสีแดงสำหรับหอผู้ป่วยแดง ช่วงความเชื่อมั่นแรกเงา)

ตารางที่ 2: ค่าสถิติและอัตราส่วนพารามิเตอร์ (parameter ratios) ที่อนุมานจากแบบจำลอง

ค่าสถิติ (Statistic)	พารามิเตอร์โมเดล (Model parameter)	ค่าประมาณความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood estimate)	ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence interval)
Force of community-based infection per community case	k	2.62×10^{-6}	$[1.97 \times 10^{-6}, 3.20 \times 10^{-6}]$
Force of direct infection per ward day (green ward)	g	2.86×10^{-3}	$[0, 1.43 \times 10^{-2}]$
Force of direct infection per ward day (red ward, pre-FFP3)	r_1	0.135	[0.0648, 0.232]
Force of direct infection per ward day (red ward, post-FFP3)	r_2	0	[0, 0.0804]
Relative direct risk on red wards post-versus pre-FFP3	r_2/r_1	0	[0, 0.687]
Relative direct risk on red ward versus green ward pre-FFP3	r_1/g	47.0	$[7.92, \infty)$
Relative direct risk on red ward versus green ward post-FFP3	r_2/g	0	$[0, \infty)$

การอภิปรายผลการศึกษา (discussion)

บุคลากรทางการแพทย์อาจจะสัมผัสเชื้อซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) จากการสัมผัสติดต่อกับผู้ป่วย จากการสัมผัสติดต่อกับบุคลากรทางการแพทย์คนอื่น ๆ และจากการสัมผัสกับผู้ป่วย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เราได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นมาเพื่อที่จะประเมินวัดค่าขนาดเชิงสัมพัทธ์ (relative magnitudes) ของความเสี่ยงเหล่านี้ โดยอิงตามข้อมูลที่เก็บรวบรวมในระหว่างการระบาดของซาร์โคโรนาไวรัส 2(SARS-CoV-2) ระลอกที่ 2 ในสหราชอาณาจักร (พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ถึง มกราคม พ.ศ. 2564)

ส่วนใหญ่ของการติดเชื้อในบุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยแดงอาจมีสาเหตุมาจากการสัมผัสเชื้อโดยตรงจากผู้ป่วยโรคโควิด 19 ในระหว่างที่สวมหน้ากากอนามัย ในทางกลับกัน ส่วนใหญ่ของการติดเชื้อในบุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยเขียวมีสาเหตุมาจากชุมชน แต่ภายหลังจากที่มีการเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ จำนวนผู้ติดเชื้อที่เกิดจากการสัมผัสเชื้อในหอผู้ป่วยได้มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่หน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 ให้การปกป้อง 31-100% (เข้าใกล้ 100%) จากการติดเชื้อจากผู้ป่วยโรคโควิด 19 ตามการสังเกตก่อนหน้านี้ [9-11]

ผลการศึกษาจึงแสดงให้เห็นว่าการใช้หน้ากากอนามัยเป็นอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจไม่เพียงพอในการปกป้องบุคลากรทางการแพทย์จากการติดเชื้อจากผู้ป่วยโรคโควิด 19 ซึ่งอาจจะสามารถป้องกันได้โดยการใช้หน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 ร่วมกันกับอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลอื่น ๆ และมาตรการต่าง ๆ ในการควบคุมการติดเชื้อ

ในระหว่างช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย อุบัติการณ์ซาร์โคโรนาไวรัส 2 SARS-CoV-2 ในอังกฤษมีจำนวนเพิ่มขึ้น [17] พร้อมกับการแพร่กระจายของแวลเรียนท์ B.1.1.7 (B.1.1.7 variant) [18] ซึ่งแพร่กระจายได้ง่ายกว่ามาก ภายในสัปดาห์ที่ 9 ของการศึกษานี้พบว่า 79% ของผู้ติดเชื้อในมณฑลแคมบริดจ์ไชร์มีสาเหตุมาจากเชื้อไวรัสแวลเรียนท์นี้ [19] ดังนั้นการสังเกตเก็บข้อมูลของเราในเรื่องการใช้หน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 (สัปดาห์ที่ 9-11) จึงเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาที่เชื้อไวรัสแวลเรียนท์ B.1.1.7 นี้เป็นสาเหตุของการติดเชื้อส่วนใหญ่ หน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 นี้จึงน่าจะสามารถรับมือกับการเพิ่มขึ้นของขีดความสามารถในการแพร่กระจายเชื้อซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) ในโรงพยาบาลที่เกิดจากไวรัสแวลเรียนท์นี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อจำกัดที่อาจรบกวนผลในการศึกษาคือ

(ก) อัตราการมีภูมิคุ้มกันโดยธรรมชาติของบุคลากรทางการแพทย์ในหอผู้ป่วยแดงและในหอผู้ป่วยเขียว อย่างไรก็ตามความถี่ของการติดเชื้อซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) ภายในโรงพยาบาลแห่งมหาวิทยาลัยแคมบริดจ์ของกองทุนมูลนิธิบริการสุขภาพแห่งชาติ (Cambridge University Hospitals NHS Foundation Trust หรือ CUHNFT) ก่อนหน้านั้นมีค่าที่ต่ำ [11]

(ข) อัตราการได้รับวัคซีนในบุคลากรทางการแพทย์ในหอผู้ป่วยแดงและในหอผู้ป่วยเขียว ซึ่งอย่างไรก็ตามสัดส่วนของบุคลากรทางการแพทย์กลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงในโรงพยาบาลแห่งมหาวิทยาลัยแคมบริดจ์ของกองทุนมูลนิธิบริการสุขภาพแห่งชาติ (Cambridge University Hospitals NHS Foundation Trust หรือ CUHNFT) ที่ได้รับการฉีดวัคซีนก่อนวันที่ 8 มกราคม พ.ศ. 2564 มีต่ำมาก

(ค) ความถี่ในการตรวจคัดกรองบุคลากรทางการแพทย์ในหอผู้ป่วยแดงและในหอผู้ป่วยเขียว อย่างไรก็ตามสัดส่วนของผู้ติดเชื้อที่ได้รับการตรวจเพื่อให้แน่ใจ โดยการตรวจผู้ติดเชื้อที่มีอาการและการตรวจคัดกรองในรายที่ไม่มีอาการมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งในหอผู้ป่วยเขียวและหอผู้ป่วยแดง

(ง) การปฏิบัติตามมาตรการต่าง ๆ ในการควบคุมการติดเชื้อในหอผู้ป่วยแดงและหอผู้ป่วยเขียว

การศึกษาวิจัยโดยการสังเกตครั้งนี้ได้รวมเอากรณีการติดเชื้อจำนวนเล็กน้อยไม่ก็รายในกองทุนเดี่ยว (single Trust) และอาจจะมีคำอธิบายทางเลือกสำหรับรูปแบบของการติดเชื้อที่แตกต่างกัน ที่สังเกตพบก่อนและหลังการเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ แต่แม้กระนั้นก็ตามข้อมูลของเราได้เน้นไปที่ความจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาวิจัยต่อไปเกี่ยวกับระดับที่เหมาะสมของอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจสำหรับบุคลากรทางการแพทย์ที่ดูแลรักษาผู้ป่วยโรคโควิด 19 รวมทั้งเชื้อไวรัสอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดการติดเชื้อทางระบบทางเดินหายใจ ตามหลักการป้องกัน เราเสนอให้มีการทบทวนแก้ไขคำแนะนำในเรื่องการใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ จนกว่าจะมีข้อมูลที่ชัดเจนมากกว่านี้

วิธีการ (Methods)

รูปแบบการศึกษาวิจัยและผู้เข้าร่วม (Study design and participants)

โรงพยาบาลแห่งมหาวิทยาลัยแคมบริดจ์ของกองทุนมูลนิธิการบริการสุขภาพแห่งชาติ (Cambridge University Hospitals NHS Foundation Trust หรือ CUHNFT) เป็นโรงพยาบาลระดับตติยภูมิ ขนาดประมาณ 1000 เตียงในสหราชอาณาจักร ในระหว่างการระบาดใหญ่มีการจัดแบ่งหอผู้ป่วยต่าง ๆ ออกเป็น “แดง” “เหลือง” และ “เขียว” ผู้ป่วยที่ได้รับการยืนยันว่าเป็นโรคโควิด 19 ได้รับการรักษาดูแลในหอผู้ป่วยแดง และผู้ป่วยที่มีผลการตรวจเชื้อซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) เป็นลบและไม่มีอาการทางคลินิกของโรคโควิด 19 ได้รับการรักษาดูแลในหอผู้ป่วยเขียว ผู้ป่วยที่อยู่ในระหว่างการรอผลตรวจ ผู้ซึ่งมีอาการทางคลินิกของโรคโควิด 19 แต่มีผลการตรวจเป็นลบ หรือผู้ที่อาจจะเคยรับสัมผัสเชื้อซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) มาก่อนแล้วได้รับการรักษาดูแลในหอผู้ป่วยเหลือง อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจสำหรับเจ้าหน้าที่ในหอผู้ป่วยแดงได้รับการเปลี่ยนจากหน้ากากอนามัยเป็นหน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 ในวันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2563 ส่วนบุคลากรทางการแพทย์ในหอผู้ป่วยเขียวยังคงสวมหน้ากากอนามัยต่อไป บุคลากรทางการแพทย์ในหอผู้ป่วยทุกหอมีการสวมอุปกรณ์ป้องกันดวงตาด้วย

หลังจากนั้นดำเนินการตรวจคัดกรองบุคลากรทางการแพทย์อย่างละเอียด โดยอิงผลการตรวจ PCR (PCR-based) ที่โรงพยาบาลแห่งมหาวิทยาลัยแคมบริดจ์ของกองทุนมูลนิธิการบริการสุขภาพแห่งชาติ (Cambridge University Hospitals NHS Foundation Trust หรือ CUHNFT) โดยที่มีการตรวจบุคลากรทางการแพทย์ที่มีอาการในรายที่มีความจำเป็นและการตรวจในกรณีไม่ปรากฏอาการให้แก่บุคลากรทางการแพทย์ทุกคนในทุก ๆ สัปดาห์ [9, 12] ตั้งแต่วันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2563 และเก็บตัวอย่างส่งตรวจจากการป้ายคอสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ในหอผู้ป่วยแดงและหอผู้ป่วยที่มีผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงมาก เมื่อผลเป็นลบจะมีการบันทึกข้อมูลวันที่เก็บตัวอย่างส่งตรวจจากการป้ายคอวันที่เริ่มมีอาการ (หากมี) และคลินิกไหนที่บุคลากรทางการแพทย์ผู้นั้นปฏิบัติงานอยู่

วันที่เริ่มทำการศึกษาวิจัยคือวันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ซึ่งบังเอิญตรงเป็นวันที่มีการเพิ่มขึ้นของอุบัติการณ์การติดเชื้อซาร์โคโรนาไวรัส 2

(SARS-CoV-2) ในชุมชน และมีการดำเนินการอย่างเป็นทางการในการตรวจคัดกรองรายสัปดาห์ผู้ติดเชื้อที่ไม่ปรากฏอาการให้แก่เจ้าหน้าที่ทุกคน การติดเชื้อรายใหม่ในวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2563 และ

ก่อนวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2563 มีสาเหตุมาจากการสัมผัสเชื้อก่อนหน้านี้ที่จะมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ การติดเชื้อที่ตรวจพบต่อมาหลังจากนั้นมีสาเหตุมาจากการสัมผัสเชื้อภายหลังจากที่มีการเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจแล้ว จึงหวนเวลาช่วงนี้เป็นการสะท้อนให้เห็นระยะฟักตัวของเชื้อซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) (เฉลี่ยอยู่ที่ 5.1 วัน) โดยที่วันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2563 นับเป็นวันที่ 5 หลังจากที่มีการเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ [13, 14] เนื่องจากการตรวจเจ้าหน้าที่ไม่ได้กระทำในวันหยุดสุดสัปดาห์ **รวมเป็น 8 สัปดาห์ก่อนเปลี่ยนอุปกรณ์หน้ากาก**(ตารางที่ 1)

โครงการการฉีดวัคซีนสำหรับซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) ซึ่งใช้วัคซีน BNT162b2 COVID-19 vaccine เริ่มดำเนินการที่โรงพยาบาลแห่งมหาวิทยาลัยแคมบริดจ์ของกองทุนมูลนิธิการบริการสุขภาพแห่งชาติ (Cambridge University Hospitals NHS Foundation Trust หรือ CUHNFT) ในวันที่ 8 ธันวาคม พ.ศ. 2563 [15] ในระยะแรกโครงการการฉีดวัคซีนจัดลำดับความสำคัญให้แก่ผู้ป่วยอาศัยในท้องถิ่นที่มีอายุเกิน 80 ปีก่อน ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางแห่งชาติของสหราชอาณาจักร อย่างไรก็ตามบุคลากรทางการแพทย์บางคนที่ได้รับการวินิจฉัยว่ามีความเสี่ยงสูงต่อการติดเชื้อซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) ก็ได้รับการฉีดวัคซีนด้วย รวมทั้งได้รับการป้องกันเพิ่มเติมไม่ให้ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยแดง จากวันที่ 8 มกราคม พ.ศ. 2564 โครงการการฉีดวัคซีนได้หันไปฉีดวัคซีนให้แก่บุคลากรทางการแพทย์ โดยที่ในระยะแรกมีการจัดลำดับความสำคัญให้แก่เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยแดง และเพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงสิ่งที่เป็นไปได้ที่อาจจะทำให้การสังเกตของเรามีความสับสน จึงกำหนดให้วันที่ 15 มกราคม พ.ศ. 2564 เป็นวันสิ้นสุดการศึกษาวิจัย ด้วยเหตุว่าน่าจะมีผลกระทบน้อยที่สุดในช่วง 7 วันแรกหลังการได้รับวัคซีนเข็มแรก [16]

เนื่องมาจากผู้ป่วยโรคโควิด 19 ที่เข้าพักรักษาตัวในโรงพยาบาลแห่งมหาวิทยาลัยแคมบริดจ์ของกองทุนมูลนิธิการบริการสุขภาพแห่งชาติ (Cambridge University Hospitals NHS Foundation Trust หรือ CUHNFT) มีจำนวนเพิ่มขึ้น ดังนั้นจำนวนหอผู้ป่วยแดงจึงเพิ่มขึ้นไปด้วย จากจำนวน 1 ห้องตอนต้นเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563 เพิ่มขึ้นเป็น 7 ห้องในสัปดาห์ของวันที่ 11 มกราคม พ.ศ. 2564 ดังนั้นหอผู้ป่วยจำนวน 6 ห้องจึงเปลี่ยนจากหอผู้ป่วยเขียวเป็นหอผู้ป่วยแดงในระหว่างช่วงเวลาที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ในจำนวนผลการตรวจเป็นบวก 609 รายในห้วงเวลาทั้งหมดของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีอยู่จำนวน 169 ราย (27.8%) ที่รวมอยู่ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เกณฑ์ในการคัด (อาสาสมัคร) ออกได้แก่ เป็นบุคลากรทางการแพทย์ผู้ที่ไม่ได้ปฏิบัติงานประจำหอ

ผู้ป่วย หรือเป็นผู้ที่ปฏิบัติงานระหว่างหอผู้ป่วยห้องต่าง ๆ กันที่มีสถานะความเสี่ยงต่างกัน (แดง เหลือง เขียว) (269/609, 44.2% ของผลการตรวจเป็นบวก) เป็นบุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยเหลือง (9/609, 1.5%) เป็นเจ้าหน้าที่ที่ไม่ใช่เจ้าหน้าที่ทางคลินิก (141/609, 23.1%) และเป็นเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในส่วนการดูแลรักษาผู้ป่วยวิกฤต (21/609, 3.5%) ที่ซึ่งมีการใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจชนิดอื่น ๆ ตลอดเวลา (ตาราง 1)

ในกรณีที่เจ้าหน้าที่คนหนึ่งคนใดมีผลการตรวจเป็นบวกภายใน 5 วัน นับตั้งแต่วันที่หอผู้ป่วยที่เจ้าหน้าที่ผู้นั้นปฏิบัติงานอยู่มีการเปลี่ยนสถานะ (สี) กรณีของเจ้าหน้าที่ผู้นี้จะได้รับการจัดประเภทตามสถานะ (แดง/เขียว) ของหอผู้ป่วยที่เจ้าหน้าที่ผู้นั้นปฏิบัติงานอยู่ 5 วันก่อนการตรวจที่มีผลเป็นบวกนั้น (เพื่อเพื่อช่วงระยะเวลาพักตัวของเชื้อ ตามคำอธิบายข้างบน)

การวิเคราะห์ทางสถิติทั่วไป (general statistical analysis)

เพื่อที่จะอธิบายการเปลี่ยนแปลงของจำนวนหอผู้ป่วยแดงและหอผู้ป่วยเขียว เราได้ทำการคำนวณจำนวนวันที่มีการปฏิบัติงานในหอผู้ป่วย สำหรับหอผู้ป่วยแดงหรือหอผู้ป่วยเขียวในทุก ๆ สัปดาห์ สัปดาห์ละหนึ่งครั้ง โดยที่ $w_{R,d}$ และ $w_{G,d}$ เป็นจำนวนหอผู้ป่วยแดงและหอผู้ป่วยเขียวที่เปิดดำเนินการในวัน (d) จำนวนวันที่หอผู้ป่วยเปิดดำเนินการต่อสัปดาห์สำหรับสัปดาห์ (i) ค่า denoted $W_{R,i}$ และ $W_{G,i}$, ถูกคำนวณเป็นยอดรวมของจำนวนหอผู้ป่วยแต่ละประเภทที่เปิดดำเนินการในวันต่าง ๆ ของสัปดาห์นั้น

$$W_{G,i} = \sum_{d \in i} w_{G,d}$$

และ

$$W_{R,i} = \sum_{d \in i} w_{R,d}$$

จำนวนบุคลากรทางการแพทย์ต่อหอผู้ป่วยมีค่าใกล้เคียงกันในหอผู้ป่วยแดงและหอผู้ป่วยเขียว เพื่อเป็นการเปรียบเทียบ เราจึงได้ทำการคำนวณจำนวนผู้ติดเชื้อมต่อสัปดาห์ในบุคลากรทางการแพทย์ในหอผู้ป่วยแดงหรือหอผู้ป่วยเขียว ต่อวันที่หอผู้ป่วยแดงหรือหอผู้ป่วยเขียวเปิดดำเนินการตามลำดับ

(ตารางที่ 1) เราแสดงจำนวนผู้ติดเชื้อต่อสัปดาห์เหล่านี้เป็น R_i และ G_i และใช้วิธีการทดสอบแบบ Wilcoxon's signed rank test ในการเปรียบเทียบอัตราการติดเชื้อระหว่างบุคลากรทางการแพทย์ในหอผู้ป่วยแดงและหอผู้ป่วยเขียว ก่อนและหลังการเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ (a non-parametric paired test)

รายละเอียดอุบัติการณ์ในชุมชนได้รับการคำนวณจากข้อมูลที่ได้จากสื่อสาธารณะที่พูดถึง(การระบาดของโรคโควิด 19) ในภูมิภาคฟากตะวันออกของอังกฤษ (<https://coronavirus.data.gov.uk/details/cases> ข้อมูลดาวน์โหลดในวันที่ 12 มิถุนายน พ.ศ. 2564)

สมการคณิตศาสตร์ (Mathematical modelling)

เพื่อที่จะประเมินหาค่าผลของการเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจที่มีต่อการติดเชื้อในหอผู้ป่วยแดง เราได้สร้างแบบจำลองหรือสมการคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาถึงจำนวนผู้ติดเชื้อที่พบในบุคลากรทางการแพทย์ ที่เกิดจากความเสี่ยงต่อการติดเชื้อในหอผู้ป่วย ซึ่งมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยแดงหรือในหอผู้ป่วยเขียว รวมกับความเสี่ยงจากที่อื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับหอผู้ป่วย ซึ่งรวมเอาการติดเชื้อที่เกิดจากชุมชนด้วย ในขั้นแรกเราได้เขียนสมการแสดงความเสี่ยงต่อการติดเชื้อที่บุคลากรทางการแพทย์ในหอผู้ป่วยแดงและหอผู้ป่วยเขียวเผชิญในสัปดาห์ (i) สำหรับบุคลากรทางการแพทย์ในหอผู้ป่วยเขียวเราเขียนสมการดังนี้

$$\lambda_i^G = (kC_{i-1} + g) W_{G,i}$$

ในขณะที่บุคลากรทางการแพทย์ในหอผู้ป่วยแดงเราเขียนสมการดังนี้

$$\lambda_i^R = \begin{cases} (kC_{i-1} + r_1) W_{R,i} & i < 9 \\ (kC_{i-1} + r_2) W_{R,i} & i \geq 9 \end{cases}$$

ในที่นี้ k เป็นค่าคงที่ ในขณะที่ค่า C_{i-1} หมายถึงจำนวนผู้ติดเชื้อที่สังเกตพบในชุมชนท้องถิ่นในสัปดาห์ก่อนหน้า การที่เราใช้ข้อมูลจากสัปดาห์ก่อนหน้าสะท้อนให้เห็นถึงช่วงเวลา generation time

สำหรับเชื้อซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) ซึ่งอยู่ที่ประมาณ 7 วัน [20] เราอนุมานว่าบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้รับการวินิจฉัยว่าติดเชื้อโควิด 19 ในระหว่างการศึกษาวินิจฉัยนี้น่าจะติดเชื้อมาจากผู้ที่ได้รับการวินิจฉัยในสัปดาห์ก่อนหน้า พารามิเตอร์โมเดล g , r_1 , และ r_2 แสดงถึงความเสี่ยงต่อการติดเชื้อจากผู้ป่วย มีการใช้หน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 ในผู้ป่วยแดงนับจากสัปดาห์ที่ 9 เป็นต้นมา

พารามิเตอร์โมเดลถูกทำให้มีค่าสูงสุดโดยใช้กรอบโอกาสความเป็นไปได้ (likelihood framework) ซึ่งระบุไว้เป็นค่าสูงสุด ในที่นี้จำนวนผู้ที่ติดเชื้อในผู้ป่วยแต่ละประเภทในแต่ละสัปดาห์ (G_i และ R_i) ถูกใช้เป็นตัวแทนของค่าที่ออกมาจากการแจกแจงปัวส์ซอง (Poisson distribution) โดยที่มีพารามิเตอร์เท่ากับความเสี่ยงทั้งหมดของการติดเชื้อ

$$L = \sum_i \left[\log \frac{\lambda_i^{G_i}}{G_i!} + \log \frac{\lambda_i^{R_i}}{R_i!} \right]$$

ช่วงความเชื่อมั่น (confidence interval) สำหรับพารามิเตอร์แต่ละตัวได้จากการใช้ฟังก์ชันความเป็นไปได้ มีการทำให้ค่าความเป็นไปได้ที่ถูกจำกัดมีค่าสูงสุด ซึ่งค่าความเป็นไปได้ถูกทำให้มีค่าสูงสุดภายใต้ค่าคงที่ของพารามิเตอร์ของคำถามที่ต้องการคำตอบ ช่วงความเชื่อมั่นหมายถึงบริเวณหรือขอบเขตของปริภูมิพารามิเตอร์ (parameter space) ซึ่งค่าความเป็นไปได้ L อยู่ภายในระหว่างค่ามากที่สุด 2 ค่า ในลักษณะคล้าย ๆ กันนี้การทำให้มีค่าสูงสุดที่จำกัดถูกใช้ในการระบุช่วงความเชื่อมั่น (confidence interval) สำหรับอัตราส่วนของพารามิเตอร์ (parameter ratios) เช่น r_2/r_1 ซึ่งหมายถึงความเสี่ยงเชิงสัมพัทธ์ที่บุคลากรทางการแพทย์ในผู้ป่วยแดงเผชิญในช่วงก่อนหน้าที่จะมีการใช้หน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3

คำแถลงเกี่ยวกับจริยธรรม (Ethics statement)

การศึกษาวินิจฉัยนี้ดำเนินการในฐานะที่เป็นการประเมินผลการให้บริการของเจ้าหน้าที่ตามนโยบายการบริการตรวจสอบและการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลของโรงพยาบาลแห่งมหาวิทยาลัยแคมบริดจ์ของกองทุนมูลนิธิการบริการสุขภาพแห่งชาติ (Cambridge University Hospitals NHS

Foundation Trust หรือ CUHNFT) หรือ CUHNFT clinical project ID3738 ในฐานะที่เป็นการศึกษาวิจัยการติดเชื้อในโรงพยาบาล (healthcare-associated infections) การศึกษาวิจัยนี้จึงได้รับการยกเว้นไม่ต้องได้รับการอนุมัติเห็นชอบทางด้านจริยธรรมก่อน ภายใต้มาตรา 251 (Section 251) แห่งพระราชบัญญัติการบริการสุขภาพแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2549 (the NHS Act 2006) (ดู NHS Health Research Authority algorithm ประกอบได้ในเว็บไซต์ <http://www.hra-decision-tools.org.uk/research/> ซึ่งสรุปว่าไม่จำเป็นต้องได้รับการอนุมัติเห็นชอบทางด้านจริยธรรมอย่างเป็นทางการก่อน)

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าภายหลังจากที่มีการเปลี่ยนอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ จำนวนผู้ติดเชื้อที่เกิดจากการรับสัมผัสเชื้อในหอผู้ป่วยได้มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่หน้ากากกรองอากาศชนิด FFP3 ให้การปกป้อง 31-100% (เข้าใกล้ 100%) จากการติดเชื้อจากผู้ป่วยโรคโควิด 19 ดังนั้นการปรับมาใช้ FFP3 จึงน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการป้องกันการติดเชื้อในกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

การศึกษานี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนเป็นบางส่วนจาก a Wellcome Trust Senior Clinical Research Fellowship [108070/Z/15/Z] และเงินทุนจาก Addenbrooke's Charitable Trust and the NIHR Cambridge Biomedical Research Centre to MPW NJM ได้รับเงินทุนสนับสนุนจาก an MRC Clinician Scientist Fellowship [MR/P008801/1] และ NHSBT workpackage [WPA15-02] CJRI ได้รับการสนับสนุนจาก UKRI โดยผ่าน the JUNIPER modelling consortium [เงินทุนหมายเลข MR/V038613/1] และจาก the Medical Research Council [MC_UU_00002/11]

เพื่อเป็นการเปิดโอกาสให้เข้าถึงข้อมูลได้ ทางผู้เขียนได้ใช้ใบอนุญาตลิขสิทธิ์สาธารณะ CC-BY (CC-BY public copyright licence) ที่ออกให้ผู้เขียนคนใดก็ตามที่ยอมรับต้นฉบับผลงานการศึกษานี้ที่เกิดจากการยื่นเสนอผลงานนี้ เราขอขอบคุณทุก ๆ ท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการพัฒนาและปฏิบัติหน้าที่ในโครงการการตรวจหาเชื้อซาร์โคโรนาไวรัส 2 (SARS-CoV-2) ที่โรงพยาบาลแห่ง

มหาวิทยาลัยแคมบริดจ์และเจ้าหน้าที่ที่มีส่วนร่วม รวมทั้งเจ้าหน้าที่ที่มควบคุมโรคและทีมทดสอบ
ความพอดีของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจด้วย

ผลประโยชน์ขัดแย้ง (Competing interests)

ผู้เขียนประกาศว่าไม่มีผลประโยชน์ขัดแย้งใด ๆ

เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] World Health Organization. Mask use in the context of COVID-19 Interim guidance, [https://www.who.int/publications/i/item/advice-on-the-use-of-masks-in-the-community-during-home-care-and-in-healthcare-settings-in-the-context-of-the-novel-coronavirus-\(2019-ncov\)-outbreak](https://www.who.int/publications/i/item/advice-on-the-use-of-masks-in-the-community-during-home-care-and-in-healthcare-settings-in-the-context-of-the-novel-coronavirus-(2019-ncov)-outbreak) [accessed 07/03/21]
- [2] Public Health England. COVID-19: Guidance for maintaining services within health and care settings Infection prevention and control recommendations, 2021, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/954690/Infection_Prevention_and_Control_Guidance_January_2021.pdf [accessed 06/03/21].
- [3] Public Health England. COVID-19: Guidance for maintaining services within health and care settings Infection prevention and control recommendations Version 1.2 2021 https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/990923/20210602_Infection_Prevention_and_Control_Guidance_for_maintaining_services_with_H_and_C_settings__1_.pdf [accessed 04/06/21]
- [4] Centers for Disease Control and Prevention. Interim Infection Prevention and Control Recommendations for Healthcare Personnel During the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic, <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/infection-control-recommendations.html> [accessed 07/04/21]
- [5] Public Health England. Independent High Risk AGP Panel systematic review: background paper, at

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/951192/Independent_High_Risk_AGP_Panel_systematic_review_background_paper.pdf [Accessed 07/03/21]

[6] Oksanen LM, Sanmark E, Oksanen S, Anttila VJ, Paterno JJ, Lappalainen M, Lehtonen L, Geneid A. Healthcare workers high COVID-19 infection rate: the source of infections and potential for respirators and surgical masks to reduce occupational infections. *medRxiv* . 2020 Jan 1.

[7] Ha JF. The COVID-19 pandemic, personal protective equipment and respirator: A narrative review. *International Journal of Clinical Practice* . 2020 **74** : e13578.

[8] Busing KL, Williamson D, Cowie BC, MacLachlan J, Orr E, MacIsaac C, Williams E, Bond K, Muhi S, McCarthy J, Maier AB, Irving L, Heinjus D, Kelly C, Marshall C. A hospital-wide response to multiple outbreaks of COVID-19 in health care workers: lessons learned from the field. *The Medical Journal of Australia* . 2020 **15** .

[9] Rivett L, Sridhar S, Sparkes D, Routledge M, Jones NK, Forrest S, Young J, Pereira-Dias J, Hamilton WL, Ferris M, Torok ME, Meredith L; CITIID-NIHR COVID-19 BioResource Collaboration, Curran MD, Fuller S, Chaudhry A, Shaw A, Samworth RJ, Bradley JR, Dougan G, Smith KG, Lehner PJ, Matheson NJ, Wright G, Goodfellow IG, Baker S, Weekes MP. Screening of healthcare workers for SARS-CoV-2 highlights the role of asymptomatic carriage in COVID-19 transmission. *Elife* . 2020; **9**:e58728.

[10] Eyre DW, Lumley SF, O'Donnell D, Campbell M, Sims E, Lawson E, Warren F, James T, Cox S, Howarth A, Doherty G, Hatch SB, Kavanagh J, Chau KK, Fowler PW, Swann J, Volk D, Yang-Turner F, Stoesser N, Matthews PC, Dudareva M, Davies T, Shaw RH, Peto L, Downs LO, Vogt A, Amini A, Young BC, Drennan PG, Mentzer AJ, Skelly DT, Karpe F, Neville MJ, Andersson M, Brent AJ, Jones N, Martins Ferreira L, Christott T, Marsden BD, Hoosdally S, Cornall R, Crook DW, Stuart DI, Screatton G; Oxford University Hospitals Staff Testing Group, Peto TE, Holthof B, O'Donnell AM,

Ebner D, Conlon CP, Jeffery K, Walker TM. Differential occupational risks to healthcare workers from SARS-CoV-2 observed during a prospective observational study. *Elife* . 2020; **9** : e60675.

[11] Cooper DJ, Lear S, Watson L, Shaw A, Ferris M, Doffinger R, Bousfield R, Sharrocks K, Weekes MP, Warne B, Sparkes D, Jones NK, Rivett L, Routledge M, Chaudhry A, Dempsey K, Matson M, Lakha A, Gathercole G, O'Connor O, Wilson E, Shahzad O, Toms K, Thompson R, Halsall I, Halsall D, Houghton S, Papadia S, Kingston N, Stirrups KE, Graves B, Walker N, Stark H, CITIID-NIHR BioResource COVID-19 Collaboration Group, DeAngelis D, Seaman S, Dougan G, Bradley JR, Török ME, Goodfellow I, Baker S. A prospective study of risk factors associated with seroprevalence of SARS-CoV-2 antibodies in healthcare workers at a large UK teaching hospital. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3724855> [Accessed 06/03/21]

[12] Jones NK, Rivett L, Sparkes D, Forrest S, Sridhar S, Young J, Pereira-Dias J, Cormie C, Gill H, Reynolds N, Wantoch M, Routledge M, Warne B, Levy J, Córdova Jiménez WD, Samad FNB, McNicholas C, Ferris M, Gray J, Gill M; CITIID-NIHR COVID-19 BioResource Collaboration, Curran MD, Fuller S, Chaudhry A, Shaw A, Bradley JR, Hannon GJ, Goodfellow IG, Dougan G, Smith KG, Lehner PJ, Wright G, Matheson NJ, Baker S, Weekes MP. Effective control of SARS-CoV-2 transmission between healthcare workers during a period of diminished community prevalence of COVID-19. *eLife* 2020;9:e59391.

[13] Lauer SA, Grantz KH, Bi Q, Jones FK, Zheng Q, Meredith HR, Azman AS, Reich NG, Lessler J. The incubation period of coronavirus disease 2019 (COVID-19) from publicly reported confirmed cases: estimation and application. *Annals of Internal Medicine* . 2020;**172** : 577-82.

[14] McAloon C, Collins Á, Hunt K, Barber A, Byrne AW, Butler F, Casey M, Griffin J, Lane E, McEvoy D, Wall P, Green M, O'Grady L, More SJ. Incubation period of COVID-

19: a rapid systematic review and meta-analysis of observational research. *BMJ open* . 2020;**10** : e039652.

[15] Jones NK, Rivett L, Seaman S, Samworth RJ, Warne B, Workman C, Ferris M, Wright J, Quinnell N, Shaw A, Cambridge COVID-19 Collaboration, Goodfellow IG, Lehner PJ, Howes R, Wright G, Matheson NJ, Weekes MP. Single-dose BNT162b2 vaccine protects against asymptomatic SARS-CoV-2 infection. *eLife* 2021; 10: e68808 doi: 10.7554/eLife.68808

[16] Polack FP, Thomas SJ, Kitchin N, Absalon J, Gurtman A, Lockhart S, Perez JL, Pérez Marc G, Moreira ED, Zerbini C, Bailey R, Swanson KA, Roychoudhury S, Koury K, Li P, Kalina WV, Cooper D, Frenck RW Jr, Hammitt LL, Türeci Ö, Nell H, Schaefer A, Ünal S, Tresnan DB, Mather S, Dormitzer PR, Şahin U, Jansen KU, Gruber WC. Safety and efficacy of the BNT162b2 mRNA Covid-19 vaccine. *New England Journal of Medicine*. 2020 Dec 31;383(27):2603-15.

[17] Office of National Statistics. Coronavirus (COVID-19) Infection Survey, <https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/healthandsocialcare/conditionsanddiseases/bulletins/coronavirusCOVID19infectionsurveypilot/01april2021> [accessed 07/04/21]

[18] Davies NG, Abbott S, Barnard RC, Jarvis CI, Kucharski AJ, Munday JD, Pearson AB, Russell TW, Tully DC, Washburne AD, Wenseleers T, Gimma A, Waites W, Wong KLM, van Zandvoort K, Silverman JD; CMMID COVID-19 Working Group; COVID-19 Genomics UK (COG-UK) Consortium, Diaz-Ordaz K, Keogh R, Eggo RM, Funk S, Jit M, Atkins KE, Edmunds WJ. Estimated transmissibility and impact of SARS-CoV-2 lineage B.1.1.7 in England. *Science* 2021; 372: eabg3055.

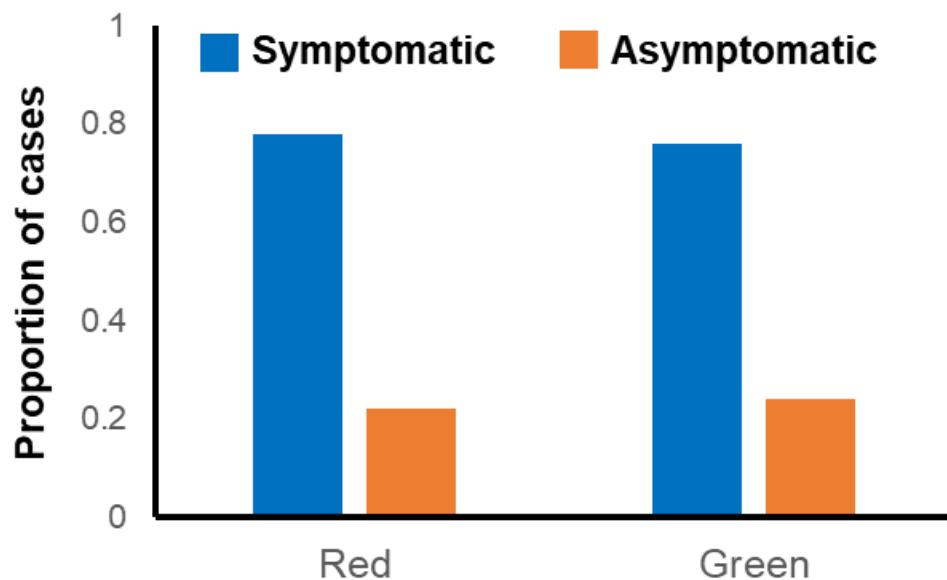
[19] <https://coronavirus.data.gov.uk/details/cases>

[20] Volz E, Mishra S, Chand M, Barrett JC, Johnson R, Geidelberg L, Hinsley WR, Laydon DJ, Dabrera G, O'Toole Á, Amato R, Ragonnet-Cronin M, Harrison I, Jackson B, Ariani CV, Boyd O, Loman N, McCrone JT, Gonçalves S, Jorgensen D, Myers R, Hill V,

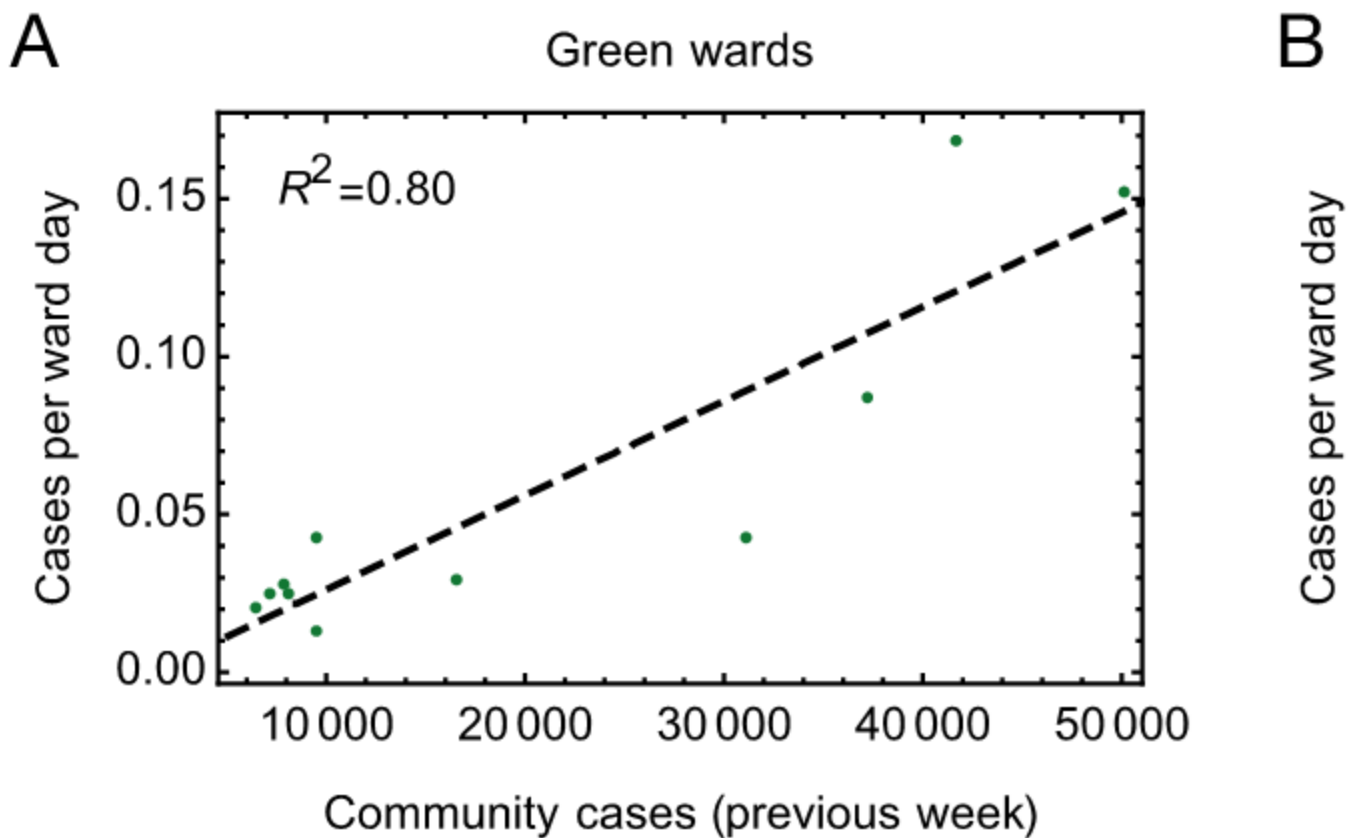
Jackson DK, Gaythorpe K, Groves N, Sillitoe J, Kwiatkowski DP, COG-UK, Flaxman S, Ratmann O, Bhatt S, Hopkins S, Gandy A, Rambaut A, Ferguson NM. Transmission of SARS-CoV-2 Lineage B. 1.1. 7 in England: Insights from linking epidemiological and genetic data. medRxiv. 2021:2020-12. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.12.30.20249034>

ภาพเพิ่มเติม (Figure supplements)

ภาพที่ 1- ภาพเพิ่มเติมที่ 1. สัดส่วนของผู้ติดเชื้อที่ได้รับการตรวจยืนยันในรายที่มีอาการและการตรวจคัดกรองในรายที่ไม่ปรากฏอาการในหอผู้ป่วยเขียวและหอผู้ป่วยแดง



ภาพที่ 2-ภาพเพิ่มเติมที่ 1. ความสัมพันธ์ระหว่างการติดเชื้อต่อวันที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยและ
อุบัติการณ์ในชุมชน



จำนวนการติดเชื้อต่อวันที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยของบุคลากรทางการแพทย์ในหอผู้ป่วยเขียว (A) มีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับจำนวนการติดเชื้อในชุมชนที่ได้รับการวินิจฉัยในสัปดาห์ก่อนหน้านี้ (ค่า $p\text{-value} < 5 \times 10^{-5}$ จากการทดสอบโดยวิธี Pearson correlation test) ซึ่งชวนให้เชื่อว่าการติดเชื้อในชุมชนเป็นสาเหตุของการติดเชื้อในบุคลากรทางการแพทย์ในหอผู้ป่วยเหล่านี้ ในทางกลับกัน

จำนวนการติดเชื้อต่อวันที่ปฏิบัติงานในหอผู้ป่วยของบุคลากรทางการแพทย์ในหอผู้ป่วยแดง (B) ไม่มีความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์ในชุมชน (ค่า p-value > 0.7 จากการทดสอบโดยวิธี Pearson correlation test) ค่า R² values ที่แสดงในภาพเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของการกำหนด ซึ่งเกิดจากการคำนวณการถดถอยเชิงเส้น (linear regression) ซึ่งทำโดยใช้โปรแกรม Mathematica software package (เวอร์ชัน 12.1.0.0)

ข้อมูลเดิม (Source data)

ภาพที่ 1-ข้อมูลเดิมที่ 1. จำนวนผู้ติดเชื้อ (เดิม) ในภูมิภาคฟากตะวันออกของอังกฤษในระหว่างระยะเวลาการศึกษาวิจัย

ประเภทของพื้นที่ (Area Type)	ชื่อพื้นที่ (Area Name)	รหัสพื้นที่ (Area Code)	วันที่ (Date)	จำนวนผู้ติดเชื้อรายใหม่รายวัน (New cases by date)	ยอดรวมผู้ติดเชื้อรายสัปดาห์ (Weekly sum of cases)
region	East of England	E12000006	17/01/2021	3011	
region	East of England	E12000006	16/01/2021	3006	
region	East of England	E12000006	15/01/2021	4471	
region	East of England	E12000006	14/01/2021	4589	31341
region	East of England	E12000006	13/01/2021	4907	32065
region	East of England	E12000006	12/01/2021	5227	33124
region	East of England	E12000006	11/01/2021	6130	33881
region	East of England	E12000006	10/01/2021	3735	35093
region	East of England	E12000006	09/01/2021	4065	36433
region	East of England	E12000006	08/01/2021	5228	38441

ประเภทของพื้นที่ (Area Type)	ชื่อพื้นที่ (Area Name)	รหัสพื้นที่ (Area Code)	วันที่ (Date)	จำนวนผู้ติดเชื้อรายใหม่รายวัน (New cases by date)	ยอดรวมผู้ติดเชื้อรายสัปดาห์ (Weekly sum of cases)
region	East of England	E12000006	07/01/2021	5801	41663
region	East of England	E12000006	06/01/2021	6247	44429
region	East of England	E12000006	05/01/2021	7235	47652
region	East of England	E12000006	04/01/2021	9352	46446
region	East of England	E12000006	03/01/2021	6501	47120
region	East of England	E12000006	02/01/2021	7288	49626
region	East of England	E12000006	01/01/2021	4022	53511
region	East of England	E12000006	31/12/2020	6475	50110
region	East of England	E12000006	30/12/2020	8753	50158
region	East of England	E12000006	29/12/2020	11120	48606
region	East of England	E12000006	28/12/2020	5951	46320
region	East of England	E12000006	27/12/2020	6549	44180
region	East of England	E12000006	26/12/2020	5736	41282
region	East of England	E12000006	25/12/2020	1736	36518
region	East of England	E12000006	24/12/2020	4335	37259

ประเภทของพื้นที่ (Area Type)	ชื่อพื้นที่ (Area Name)	รหัสพื้นที่ (Area Code)	วันที่ (Date)	จำนวนผู้ติดเชื้อรายใหม่รายวัน (New cases by date)	ยอดรวมผู้ติดเชื้อรายสัปดาห์ (Weekly sum of cases)
region	East of England	E12000006	23/12/2020	5855	35301
region	East of England	E12000006	22/12/2020	6356	32961
region	East of England	E12000006	21/12/2020	6692	36360
region	East of England	E12000006	20/12/2020	4591	36645
region	East of England	E12000006	19/12/2020	3396	35505
region	East of England	E12000006	18/12/2020	5135	33485
region	East of England	E12000006	17/12/2020	4620	31219
region	East of England	E12000006	16/12/2020	4715	29375
region	East of England	E12000006	15/12/2020	4336	28224
region	East of England	E12000006	14/12/2020	4426	25781
region	East of England	E12000006	13/12/2020	2747	23475
region	East of England	E12000006	12/12/2020	2245	21013
region	East of England	E12000006	11/12/2020	2692	18765
region	East of England	E12000006	10/12/2020	2314	16535
region	East of England	E12000006	09/12/2020	2253	15089

ประเภทของพื้นที่ (Area Type)	ชื่อพื้นที่ (Area Name)	รหัสพื้นที่ (Area Code)	วันที่ (Date)	จำนวนผู้ติดเชื้อรายใหม่รายวัน (New cases by date)	ยอดรวมผู้ติดเชื้อรายสัปดาห์ (Weekly sum of cases)
region	East of England	E12000006	08/12/2020	2088	14031
region	East of England	E12000006	07/12/2020	2196	12718
region	East of England	E12000006	06/12/2020	1301	11742
region	East of England	E12000006	05/12/2020	1187	10927
region	East of England	E12000006	04/12/2020	1379	10122
region	East of England	E12000006	03/12/2020	1338	9441
region	East of England	E12000006	02/12/2020	1438	8908
region	East of England	E12000006	01/12/2020	1283	8528
region	East of England	E12000006	30/11/2020	1515	8280
region	East of England	E12000006	29/11/2020	768	7970
region	East of England	E12000006	28/11/2020	807	7735
region	East of England	E12000006	27/11/2020	1131	7481
region	East of England	E12000006	26/11/2020	1028	7203
region	East of England	E12000006	25/11/2020	1203	7238
region	East of England	E12000006	24/11/2020	1029	7233

ประเภทของพื้นที่ (Area Type)	ชื่อพื้นที่ (Area Name)	รหัสพื้นที่ (Area Code)	วันที่ (Date)	จำนวนผู้ติดเชื้อรายใหม่รายวัน (New cases by date)	ยอดรวมผู้ติดเชื้อรายสัปดาห์ (Weekly sum of cases)
region	East of England	E12000006	23/11/2020	1237	7158
region	East of England	E12000006	22/11/2020	803	7307
region	East of England	E12000006	21/11/2020	802	7354
region	East of England	E12000006	20/11/2020	1056	7642
region	East of England	E12000006	19/11/2020	1177	7998
region	East of England	E12000006	18/11/2020	1250	8108
region	East of England	E12000006	17/11/2020	1317	8289
region	East of England	E12000006	16/11/2020	1593	8594
region	East of England	E12000006	15/11/2020	913	8794
region	East of England	E12000006	14/11/2020	983	9153
region	East of England	E12000006	13/11/2020	1361	9293
region	East of England	E12000006	12/11/2020	1377	9499
region	East of England	E12000006	11/11/2020	1609	9666
region	East of England	E12000006	10/11/2020	1457	9690
region	East of England	E12000006	09/11/2020	1799	9438

ประเภทของพื้นที่ (Area Type)	ชื่อพื้นที่ (Area Name)	รหัสพื้นที่ (Area Code)	วันที่ (Date)	จำนวนผู้ติดเชื้อรายใหม่รายวัน (New cases by date)	ยอดรวมผู้ติดเชื้อรายสัปดาห์ (Weekly sum of cases)
region	East of England	E12000006	08/11/2020	1080	9176
region	East of England	E12000006	07/11/2020	1007	8612
region	East of England	E12000006	06/11/2020	1109	8301
region	East of England	E12000006	05/11/2020	1115	7876
region	East of England	E12000006	04/11/2020	1045	7432
region	East of England	E12000006	03/11/2020	1146	7147
region	East of England	E12000006	02/11/2020	1374	7030
region	East of England	E12000006	01/11/2020	636	6889
region	East of England	E12000006	31/10/2020	722	6863
region	East of England	E12000006	30/10/2020	992	6653
region	East of England	E12000006	29/10/2020	974	6423
region	East of England	E12000006	28/10/2020	1019	
region	East of England	E12000006	27/10/2020	936	
region	East of England	E12000006	26/10/2020	1144	