# คู่มือการใช้นวัตกรรมด้านความปลอดภัย

# NMU-PAPR-2

# NMU- mini PAPR

# VJR-NMU-N99

## เพื่อป้องกันการติดเชื้อ COVID-19

## สำหรับบุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุข

**จัดทำโดย**

**มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช**

**เมษายน พ.ศ.2563**

# สารบัญ

หน้า

1. ความเป็นมาของนวัตกรรมด้านความปลอดภัยเพื่อรับมือกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโคโรนาไวรัส ๒๐๑๙
2. นวัตกรรม NMU-PAPR-2 (Loose-fitting hood powered air purifying respirator)
3. นวัตกรรม NMU-mini PAPR (Tight-fitting full facepiece powered air purifying respirator)
4. นวัตกรรม VJR-NMU-N99 (VJR-NMU elastomeric half facepiece respirator)

# ความเป็นมาของนวัตกรรมด้านความปลอดภัยเพื่อรับมือกับ สถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโคโรนาไวรัส ๒๐๑๙ มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช

ตามที่ได้เกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรน่า ๒๐๑๙ (COVID ๑๙) ไปในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ส่งผลให้มีผู้ติดเชื้อและเสียชีวิตในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก เพิ่มมากขึ้นทุกวัน ในประเทศไทยก็เช่นเดียวกันได้มีผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตเพิ่มขึ้นในทุกภูมิภาค ก่อให้เกิดความกังวลว่าอาจจะเกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดที่รุนแรงเหมือนในหลายประเทศหากประชาชนบางส่วนยังคงไม่ให้ความร่วมมือกับมาตรการป้องกันการแพร่ระบาดที่รัฐบาลได้กำหนดขึ้น ในส่วนของการตรวจวินิจฉัยและรักษาพยาบาล รัฐบาลโดยกระทรวงสาธารณสุขได้มีมาตรการให้ทุกโรงพยาบาลเตรียมความพร้อมในการรับมือกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น แต่อย่างไรก็ตามโรงพยาบาลเกือบทั้งหมดของประเทศด้วยลักษณะทางกายภาพ เกือบทั้งหมดไม่ได้ถูกออกแบบมาให้รับมือกับการแพร่ระบาดของเชื้อ COVID ๑๙ ที่มีการแพร่กระจายผ่านทางสารคัดหลั่งที่เกิดจากการไอ การจาม รวมไปถึงการพูดคุย การร้องเพลง ฯลฯ (droplet transmission) และในบางสถานการณ์โดยเฉพาะในกระบวนการของการรักษาบางวิธีจะทำให้เกิดการแพร่กระจายผ่านทางอากาศ (airborne transmission) ประกอบกับการให้บริการทางการแพทย์ในปัจจุบันก็นับได้ว่ายังไม่เพียงพอต่อการดูแลรักษาการเจ็บป่วยในภาวะปกติของประชาชนในประเทศอยู่แล้ว นอกจากนี้ยังพบว่าอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal protective equipment) สำหรับป้องกันมิให้บุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุขติดเชื้อ COVID ๑๙ ก็ประสบปัญหาการขาดแคลนขึ้นทั่วโลก เนื่องจากประเทศที่เป็นผู้ผลิตเพื่อการส่งออกรายใหญ่ของโลกต่างประสบสถานการณ์การแพร่ระบาดภายในประเทศเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ (surgical/medical masks) และหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ชนิด N๙๕ (N ๙๕ respirators) สำหรับในประเทศไทยไม่มีภาคเอกชนที่ผลิตหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ชนิด N๙๕ สำหรับจำหน่ายในประเทศไทยเลย มีแต่เพียงภาคเอกชนที่ต้องผลิตภายใต้เงื่อนไขการส่งเสริมการลงทุนที่มีการกำหนดให้การผลิตต้องส่งกลับไปยังต่างประเทศที่เป็นผู้มาลงทุนตั้งโรงงานในประเทศไทย

ดังนั้นภายในสถานการณ์ที่มีข้อจำกัดมากมายทั้งในด้านอาคารสถานที่ การขาดแคลนอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราชในฐานะที่เป็นสถาบันอุดมศึกษาของกรุงเทพมหานคร มีโรงพยาบาลวชิรพยาบาล คณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล เป็นโรงพยาบาลหลักแห่งหนึ่งในการดูแลรักษาผู้ป่วยในกรุงเทพมหานครและจังหวัดใกล้เคียง จึงต้องเตรียมความพร้อม และคิดค้นนวัตกรรมต่าง ๆ เพื่อรับมือสถานการณ์การแพร่ระบาดดังกล่าวด้วยเช่นกัน โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปกป้องคุ้มครองบุคลากร และนักศึกษาของมหาวิทยาลัย รวมไปถึงผู้ป่วยและประชาชนที่เข้ามารับบริการ มหาวิทยาลัยได้น้อมนำปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ของในหลวงรัชกาลที่ ๙ และในหลวงรัชกาลที่ ๑๐ มาเป็นหลักในการพัฒนาและคิดค้นนวัตกรรมที่ได้ดำเนินการอย่างรีบด่วนมาตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. ๒๕๖๓ หลังจากที่มีการแพร่ระบาดมากขึ้นในสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งจำแนกออกได้เป็น ๓ กลุ่มดังนี้

๑. การบริหารจัดการ มหาวิทยาลัยโดยคณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล ได้ดำเนินการปรับเพิ่มปริมาณสำรองในคลังยาและเวชภัณฑ์ โดยเฉพาะอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล น้ำยาฆ่าเชื้อโรคที่จำเป็นทุกชนิด พร้อมกับจำแนกบุคลากรและนักศึกษาของทั้งมหาวิทยาลัยออกเป็น ๔ กลุ่ม ตามความเสี่ยงที่จะมีโอกาสติดเชื้อ COVID ๑๙ โดยกลุ่มที่ ๑ จะมีความเสี่ยงเช่นเดียวกับประชาชนทั่วไป กลุ่มนี้จะได้รับการจัดสรรหน้ากากอนามัยที่ทำจากผ้า และแอลกอฮอล์ล้างมือ ส่วนกลุ่มที่ ๒-๔ จะมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่ ๔ จะมีความเสี่ยงสูงที่สุดได้แก่ กลุ่มบุคลากรที่

ต้องสัมผัสใกล้ชิดกับผู้ป่วยที่ติดเชื้อหรือสงสัยว่าอาจจะติดเชื้อ COVID ๑๙ ทั้งนี้บุคลากรในทุกกลุ่มจะได้รับการจัดสรรอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่จำเป็นละเพียงพอต่อการปฏิบัติงาน โดยในกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงที่สุดจะได้รับการจัดสรรอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

๒. นวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดพื้นที่แยกส่วนสำหรับผู้ป่วยติดเชื้อที่สามารถแพร่กระจายเชื้อได้ทางอากาศหรือที่เรียกว่า airborne infection isolation ซึ่งกำหนดให้พื้นที่ที่ผู้ป่วยอยู่นั้นมีสภาพแรงดันของอากาศที่ต่ำกว่าพื้นที่โดยรอบ ทำให้อากาศโดยรอบตัวผู้ป่วยที่อาจจะมีเชื้อโรคอยู่ไม่กระจายออกไปยังภายนอก ทำให้ช่วยป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโควิด ๑๙ ไปสู่บุคลากรและประชาชนโดยได้มีการพัฒนาขึ้นทั้งหมด ๕ นวัตกรรมได้แก่

๒.๑ Modified airborne infection isolation (MAII) stretcher เป็นเตียงเคลื่อนย้ายผู้ป่วยที่มีถุงหุ้มตัวผู้ป่วยทำจากพลาสติกที่มีความแข็งแรงทนทาน มีช่องที่ต่อกับถุงมือให้บุคลากรทางการแพทย์ใช้ตรวจจรักษาผู้ป่วย และมีช่องสำหรับต่อเข้ากับพัดลมที่ดูดอากาศจากภายในถุงนี้ผ่านชุดแผ่นกรอง HEPA filter กรองเชื้อโรคก่อนปล่อยอากาศออกสู่ภายนอก

๒.๒ Modified airborne infection isolation (MAII) box เป็นกล่องที่ทำจากอะคริลิกใส ใช้สวมครอบศีรษะผู้ป่วย มีช่องต่อกับถุงมือให้บุคลากรทางการแพทย์ทำหัตถการต่าง ๆ โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ และมีช่องสำหรับต่อเข้ากับพัดลมที่ดูดอากาศจากภายในถุงนี้ผ่านชุดแผ่นกรอง HEPA filter กรองเชื้อโรคก่อนปล่อยอากาศออกสู่ภายนอก ในกรณีที่ไม่มีพัดลมดูดอากาศในลักษณะนี้ก็สามารถใช้เครื่องดูดที่มีในโรงพยาบาลมาต่อได้

๒.๓ Modified airborne infection isolation (MAII) chamber/unit เป็นตู้ที่ทำจากวัสดุต่าง ๆ ใช้สำหรับให้ผู้ป่วยเข้าไปอยู่ในตู้ ที่ตู้จะมีช่องต่อกับถุงมือให้บุคลากรทางการแพทย์ทำการเก็บตัวอย่างสิ่งส่งตรวจจากโพรงจมูกและคอหอย โดยตู้ดังกล่าวจะมีช่องสำหรับต่อเข้ากับพัดลมที่ดูดอากาศจากภายในถุงนี้ผ่านชุดแผ่นกรอง HEPA filter กรองเชื้อโรคก่อนปล่อยอากาศออกสู่ภายนอก ตู้ดังกล่าวจะมีความปลอดภัยต่อบุคลากรทางการแพทย์ทำให้ไม่ต้องไปสัมผัสกับตัวผู้ป่วยโดยตรงในขณะที่ทำการเก็บสิ่งส่งตรวจ และยังช่วยประหยัดชุดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลโดยเฉพาะหน้ากากอนามัยชนิด N๙๕ และชุด cover all ป้องกันการติดเชื้อ ตู้ดังกล่าวอาจจะมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันไปเช่น swab unit หรือ modular swab unit เป็นต้น อย่างไรก็ตามลักษณะของตู้ดังกล่าวหากทางโรงพยาบาลมีความประสงค์จะปรับเปลี่ยนให้เป็นตู้ที่บุคลากรทางการแพทย์เข้าไปอยู่ภายในและให้ผู้ป่วยอยู่ภายนอกก็สามารถสลับการต่อท่อลมของพัดลมได้ โดยต่อท่อลมออกของพัดลมเข้าไปภายในตู้แทน และให้ท่อลดดูด ดูดอากาศจากภายนอก การปรับเปลี่ยนทิศทางของท่อลมนี้ก็จะทำให้ภายในตู้มีแรงดันเป็นบวก ทำให้บุคลากรทางการแพทย์ที่อยู่ภายในมีความสะดวกสบายไม่อึดอัด โดยที่ไม่ต้องติดเครื่องปรับอากาศแต่อย่างใด

๒.๔ Modified airborne infection isolation (MAII) room/ward เป็นห้องสำหรับผู้ป่วยที่ต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล โดยภายในห้องจะมีสภาพแรงดันที่เป็นลบต่ำกว่าแรงดันอากาศภายนอก

๒.๕ Acute respiratory tract infection (ARI clinic) หรือคลินิกไข้หวัด ซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่ ที่มีแนวคิดมาจากการป้องกันและลดความเสี่ยงในการติดเชื้อของบุคลากรทางการแพทย์จากผู้ป่วย COVID-๑๙ ลักษณะของห้องตรวจในคลินิกดังกล่าวจะออกแบบให้มีห้องสำหรับผู้ป่วยที่เป็นแรงดันลบ มีพัดลมดูดอากาศภายในห้องผ่านทางช่องทางที่กำหนดไว้ เพื่อให้ผ่านชุดกรอง HEPA filter ที่มีหลอด UVC อยู่ด้านหน้าชุดกรองสำหรับฆ่าเชื้อโรคที่ชุดกรอง ก่อนปล่อยอากาศออกสู่ภายนอก สำหรับห้องปฏิบัติงานของแพทย์หรือบุคลากรทางการแพทย์จะมีแรงดันบวกที่มีระบบปรับอากาศและเติมอากาศเข้าไปภายใน ทั้งห้องสำหรับผู้ป่วยและบุคลากรทางการแพทย์มีกระจกกั้น เพื่อป้องกันเชื้อโรคจากผู้ป่วยแพร่สู่ผู้ตรวจหรือผู้เก็บสิ่งส่งตรวจได้ โดยแพทย์และบุคลากรทางการแพทย์สามารถสอดมือเข้าไปตรวจผ่านถุงมือชนิดยาวพิเศษที่ติดตั้งไว้บริเวณกระจก ทำให้สามารถเก็บสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วยได้โดยไม่ต้อง

สัมผัสผู้ป่วย นอกจากนี้ยังติดต่อระบบสื่อสารสองทางอินเตอร์คอม ทำให้สามารถสื่อสารระหว่างบุคลากรทางการแพทย์และผู้ป่วยได้

๓. นวัตกรรมด้านอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal protective equipment) ทางมหาวิทยาลัยได้ทำการพัฒนาโดยมุ่งเน้นไปที่การหาสิ่งทดแทนหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ชนิด N ๙๕ ที่ประสบปัญหาการขาดแคลนทั่วโลก ประกอบกับในประเทศไทยมีบริษัทผู้ผลิตหน้ากากอนามัยชนิด N ๙๕ เพียงรายเดียวและเป็นการผลิตภายใต้เงื่อนไขการขอรับการส่งเสริมการลงทุน โดยต้องส่งหน้ากากอนามัยที่ผลิตได้กลับไปจำหน่ายในประเทศญี่ปุ่น โดยหลักการแล้วหน้ากากอนามัยชนิด N ๙๕ หรือที่เรียกว่า surgical N ๙๕ respirator นั้นจะแตกต่างจากหน้ากากอนามัยทางการแพทย์ (surgical/medical masks) เนื่องจากหน้ากากอนามัยชนิด N ๙๕ นั้นจะถูกออกแบบและผลิตมาให้สวมใส่ได้กระชับกับใบหน้าเพื่อช่วยป้องกันไม่ให้อากาศจากภายนอกเข้ามาสู่ผู้สวมใส่ นอกจากนี้หน้ากากอนามัย surgical N ๙๕ respirator จะแตกต่างจากหน้ากาก N ๙๕ ที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรมหรือที่ใช้กันฝุ่นขนาดเล็ก เพราะ surgical N ๙๕ respirator จะเป็นหน้ากากอนามัยที่ใช้ในการทางการแพทย์จึงจะต้องมีคุณสมบัติในการต้านทานการซึมผ่านของเลือดและสารคัดหลั่งจากผู้ป่วยที่อาจกระเด็นมาที่หน้ากากได้ ส่วนใหญ่แล้วหน้ากากอนามัยชนิด N ๙๕ จะถูกผลิตมาสำหรับการใช้แล้วทิ้ง ซึ่งในการดูแลรักษาผู้ป่วยบุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุขจะต้องมีการเข้าไปตรวจรักษา ประเมินอาการผู้ป่วยเป็นระยะๆ หากเป็นผู้ป่วย COVID ๑๙ แล้ว เมื่อจะออกจากห้องของผู้ป่วยบุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุขจะต้องถอดหน้ากาก N ๙๕ รวมไปถึงชุด coverall ทิ้งทั้งหมด ทำให้มีความต้องการใช้ในปริมาณที่มากส่งผลให้เกิดการขาดแคลนทั่วโลก ดังนั้นมหาวิทยาลัยจึงได้มีการพัฒนานวัตกรรมเพื่อมาทดแทนการขาดแคลนหน้ากาก N ๙๕ ดังนี้

๓.๑ หน้ากากแรงดันบวก (Powered air purifying respirator, PAPR) เป็นอุปกรณ์ป้องกันการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจที่ประกอบได้ด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้ ส่วนที่ ๑ หน้ากากหรือหมวกหรือที่คลุมศีรษะ ส่วนที่ ๒ ท่อสำหรับใช้หายใจ ส่วนที่ ๓ ชุดกรองอากาศ และส่วนที่ ๔ พัดลม หลักการสำคัญของหน้ากากแรงดันบวก คือ ใช้พัดลมที่ทำงานด้วยแบตเตอรี่ดูดอากาศผ่านชุดกรองที่มีประสิทธิภาพสูง และส่งผ่านอากาศที่ผ่านการกรองแล้วไปยังส่วนที่เป็นหน้ากากหรือหมวกหรือที่คลุมศีรษะ ในกรณีที่เป็นหน้ากากที่กระชับกับใบหน้า (tight-fitting full facepiece) จะต้องมีลิ้นสำหรับระบายลมหายใจออก ออกสู่ภายนอก สำหรับในกรณีที่เป็นหมวกหรือที่คลุมศีรษะที่ไม่ได้รัดแน่น (loose –fitting hood) จะสามารถปล่อยให้ลมหายใจออกหรืออากาศที่ดูดเข้ามามากเกินไปไหลออกบริเวณคอที่ไม่ได้รัดให้แน่นเกินไป ทั้งนี้ในกรณีที่ใช้หน้ากากแบบกระชับกับใบหน้าจะสามารถใช้พัดลมที่ดูดอากาศในปริมาตรที่ไม่สูงเกินไปได้ ซึ่งจะกำหนดไว้ที่ประมาณ ๑๑๕ ลิตรต่อนาที แต่หากเป็นการใช้หมวกหรือที่คลุมศีรษะจะต้องใช้พัดลมที่ดูดอากาศในปริมาตรที่สูงขึ้นเป็นอย่างน้อย ๑๗๐ ลิตรต่อนาที อุปกรณ์ PAPR นี้โดยทั่วไปจะใช้สำหรับให้บุคลากรทางการแพทย์สวมใส่ในขณะที่ต้องทำหัตถการเกี่ยวกับทางเดินหายใจ ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศและประสบปัญหาการขาดแคลนเช่นเดียวกัน ทางมหาวิทยาลัยได้พัฒนาดัดแปลง PAPR ขึ้นมาใน ๒ ลักษณะด้วยกันเพื่อบรรเทาปัญหาการขาดแคลนและเพื่อลดความเสี่ยงในการติดเชื้อ COVID ๑๙ ให้แก่บุคลากรทางการแพทย์

(๑) หน้ากากแรงดันบวกที่ประยุกต์มาจากหน้ากากดำน้ำแบบเต็มใบหน้า (Tight-fitting full facepiece powered air purifying respirator หรือที่มหาวิทยาลัยเรียกชื่อย่อว่า Mini PAPR) หน้ากากดำน้ำแบบเต็มใบหน้านี้เป็นหน้ากากที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับดำน้ำแบบ snorkeling มหาวิทยาลัยได้พัฒนาพัดลมดูดอากาศที่ใช้ระบายความร้อนในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด ๕ V ที่อาศัยพลังงานไฟฟ้าจากชุดสำรองไฟ power bank ต่อเข้ากับชุดกรองอากาศที่ใช้กับเครื่องช่วยหายใจ ส่งผ่านไปตามท่อเข้าสู่หน้ากากดำน้ำ ซึ่งมหาวิทยาลัยได้รับความร่วมมือจากอาจารย์ของสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมออกแบบและผลิตเครื่องจักรกล ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ

นครเหนือ และบริษัท แคมพ์ เอ็นยิเนียริง กรุ๊ป จำกัด ในการช่วยผลิตข้อต่อเชื่อมระหว่างท่ออากาศและหน้ากากดำน้ำ และบริษัท พีทีที โกลบอก เคมีคอล จำกัด ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

(๒) หน้ากากแรงดันบวกที่ประยุกต์มาจากหมวกนิรภัย (Loose-fitting hood powered air purifying respirator) มหาวิทยาลัยได้นำหมวกนิรภัยที่มีแผ่นพลาสติกใสด้านหน้ามาตัดเย็บร่วมกับผ้ากันน้ำ ใช้สวมคลุมศีรษะในลักษณะของ Hood ที่มีสายรัดบริเวณคอเพื่อไม่ให้อากาศรั่วออกจาก Hood และมีท่ออากาศต่อกับพัดลมดูดอากาศที่ใช้ระบายความร้อนในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด ๑๒ V ที่อาศัยพลังงานไฟฟ้าจากชุดแบตเตอรี่ที่ทำจากลิเธียม ต่อเข้ากับชุดกรองอากาศที่ใช้กับเครื่องช่วยหายใจ ซึ่งมหาวิทยาลัยได้รับความร่วมมือจากภาคเอกชนที่ประกอบไปด้วยบริษัท พีทีที โกลบอก เคมีคอล จำกัด บริษัท เดลต้า อีเลคโทรนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) และสมาคมส่งเสริมการรับช่วงการผลิตไทย (THAI SUBCON) ในการสนับสนุนอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตและพัฒนาหน้ากากแรงดันบวก

๓.๒ หน้ากากซิลิโคนที่นำมาประกอบเข้ากับชุดกรองสำหรับเครื่องช่วยหายใจ (silicone mask with ventilator filter) โดยหน้ากากซิลิโคนดังกล่าวเป็นหน้ากากที่ถูกใช้กันเป็นปกติในทางการแพทย์อยู่แล้ว โดยเฉพาะการนำมาต่อกับถุงลมบีบในการให้ออกซิเจนก่อนที่จะทำการใส่ท่อช่วยหายใจ (preoxygenation) หน้ากากซิลิโคนดังกล่าวในกรณีที่เป็นผู้ใหญ่จะใช้ขนาดหมายเลข ๓ – ๕ เป็นหลัก มหาวิทยาลัยจึงได้พัฒนาส่วนของอุปกรณ์สายรัดเพื่อช่วยรัดหน้ากากซิลิโคนดังกล่าวให้กระชับกับใบหน้า และใช้ชุดกรองทางการแพทย์สำเร็จรูปที่ใช้กับเครื่องช่วยหายใจหรือเครื่องดมยาสลบที่มีประสิทธิภาพในการกรองเชื้อแบคทีเรียและเชื้อไวรัสได้มากกว่าร้อยละ ๙๙ เมื่อประกอบอุปกรณ์ดังกล่าวเข้าด้วยกันและทำการทดสอบ fit test กับบุคลากรของคณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล พบว่าไม่มีปัญหาในการรั่วของอากาศเนื่องจากเป็นหน้ากากซิลิโคนที่เป็นมาตรฐานทางการแพทย์อยู่แล้ว จากนั้นจึงทำการทดสอบการหายใจเมื่อต่อกับชุดกรองโดยตรงและให้หายใจเข้าออกผ่านทางชุดกรอง โดยทำการทดสอบโดยให้บุคลากรสวมหน้ากากซิลิโคนดังกล่าวต่อเนื่องเป็นระยะเวลาตั้งแต่ ๑-๔ ชั่วโมง พบว่าความเข้มของออกซิเจนในเลือดและเปอร์เซนต์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกอยู่ในเกณฑ์ปกติทั้งหมด นอกจากนี้ยังได้ทดสอบประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นขนาด ๐.๓ ไมครอน พบว่าสามารถกรองได้มากกว่าร้อยละ ๙๙ ทั้งนี้หน้ากากซิลิโคนดังกล่าวจัดอยู่ในกลุ่มอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เรียกว่า Elastometric half facepiece air purifying respirator ที่จัดเป็นอุปกรณ์ป้องกันในระดับที่เทียบเท่าหรือเหนือกว่าหน้ากาก N ๙๕ ที่ประสบปัญหาการขาดแคลนอย่างรุนแรงเช่นเดียวกันกับหน้ากาก N ๙๕ โดยมหาวิทยาลัยเรียกชื่อนวัตกรรมนี้ว่า VJR-NMU N ๙๙ หรือ VJR-NMU elastometric half facepiece respirator

# นวัตกรรม NMU-PAPR-2

# (Loose-fitting hood powered air purifying respirator)

## ๑. วัตถุประสงค์

เพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อจากผู้ป่วยที่ติดเชื้อ COVID-๑๙ หรือการติดเชื้ออื่น ๆ ที่อาจแพร่กระจายทางอากาศ สู่บุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุข ในกรณีที่มีความเสี่ยงสูงมาก ได้แก่ การทำหัตถการที่อาจก่อให้เกิดฝอยละอองขนาดเล็ก (aerosol generating procedures) หรือหัตถการที่มีความเสี่ยงสูงมาก เช่น การช่วยฟื้นชีพ การใส่/ถอดท่อช่วยหายใจ การดูดเสมหะ การพ่นยา การสอดกล้องตรวจทางเดินหายใจการดูแลผู้ป่วยที่มีภาวะปอดอักเสบ การผ่าตัดในระบบทางเดินหายใจ การผ่าชันสูตรศพ ฯลฯ

## ๒. ส่วนประกอบ

๑) Loose-fitting hood (ชุดคลุมศีรษะ) ที่ประกอบไปด้วยหมวกนิรภัย พร้อมผ้ากันน้ำที่ออกแบบตัดเย็บให้เป็นรูปทรงเข้ากับหมวกนิรภัยที่ใช้สวมครอบศีรษะที่มีท่ออากาศติดอยู่ด้านบน และมีสายรัดบริเวณคอสำหรับรัดชุดคลุมศีรษะให้มีความแน่นกระชับเพียงพอที่จะรักษาระดับแรงดันบวกภายในชุดคลุมศีรษะให้มีแรงดันสูงกว่าอากาศภายนอกในระดับที่มีความปลอดภัยต่อผู้สวมใส่

๒) ท่ออากาศ (breathing tube) ที่ประยุกต์มาจากท่อ corrugated tube ที่ใช้สำหรับการรักษาด้วยออกซิเจน มาต่อเชื่อมระหว่างพัดลมและชุดคลุมศีรษะ ทั้งนี้สามารถนำท่ออากาศที่ใช้ในระบบทางเดินหายใจอื่น ๆ โดยเฉพาะท่ออากาศของเครื่องอัดอากาศแรงดันบวกสำหรับใช้ในการรักษาผู้ที่มีสภาวะหยุดหายใจขณะหลับชนิดอุดกลั้น (Obstructive Sleep Apnea, OSA) มาใช้ทดแทนได้

๓) กล่องพัดลมดูดอากาศ ที่ประยุกต์มาจากพัดลมระบายอากาศ พัดลมดังกล่าวใช้ไฟฟ้า AC ๑๒ V ที่สามารถดูดอากาศเข้าสู่ชุดคลุมศีรษะได้ประมาณ ๔๐๐ ลิตร ซึ่งสูงกว่าที่มาตรฐานกำหนดคือ ๑๗๐ ลิตรต่อนาที ที่ตัวกล่องจะมีท่อดูดอากาศเข้าสำหรับต่อชุดกรองจำนวน ๒ ท่ออยู่คู่กัน และท่อปล่อยอากาศออกสำหรับต่อกับท่ออากาศเข้าสู่ชุดคลุมศีรษะ จำนวน ๑ ท่อ

๔) ชุดกรองอากาศประสิทธิภาพสูงที่ใช้กับเครื่องช่วยหายใจ หรือเครื่องดมยาสลบ ที่ส่วนใหญ่จะมีประสิทธิภาพในการกรองเชื้อแบคทีเรียและเชื้อไวรัส ได้มากกว่าร้อยละ ๙๙ จำนวน ๒ ชิ้น

๕) ลิเธียมแบตเตอรี่ สำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับพัดลม

๖) สายชาร์จสำหรับลิเธียมแบตเตอรี่

๗) เข็มขัดสำหรับติดชุดพัดลมและแบตเตอรี่

## ๓. วิธีการใช้งาน

๑) สวมใส่ NMU-PAPR-๒ ร่วมกับชุด coverall โดยอาจจะสวมหรือไม่สวม surgical mask ก็ได้ ทั้งนี้ในขณะสวมใส่จำเป็นต้องมีผู้ช่วยเหลือ โดยตรวจสอบความพร้อมใช้งานของอุปกรณ์ทั้งหมดก่อนที่จะสวมใส่เสมอ

๒) ประกอบชุดกรองเข้ากับกล่องพัดลมดูดอากาศ ทั้งนี้อาจพิจารณาติดเทปกาวให้แน่นโดยรอบอีกครั้งเพื่อป้องกันมิให้ชุดกรองหลุดออกจากที่สวมหากถูกกระแทกในขณะปฏิบัติงาน

๓) ติดตั้งกล่องพัดลมดูดอากาศ และลิเธียมแบตเตอรี่

๔) ต่อสายไฟฟ้าจากลิเธียมแบตเตอรี่เข้ากับสายไฟของกล่องพัดลมดูดอากาศ

๕) คาดเข็มขัดที่ติดตั้งกล่องพัดลมดูดอากาศและลิเธียมแบตเตอรี่เรียบร้อยแล้วไว้ที่เอวและรัดให้กระชับพอดี

๖) กดสวิทซ์ที่ด้านข้างของกล่องพัดลมดูดอากาศเพื่อเปิดพัดลมหลังจากต่อแบตเตอรี่เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

๗) ต่อท่ออากาศของชุดคลุมศีรษะเข้ากับกล่องพัดลมดูดอากาศ

๘) สวมชุดคลุมศีรษ โดยปรับที่รัดศีรษะให้กระชับพอดีกับศีรษะ ปิดชุดคลุมศีรษะทางด้านหลังให้แน่นและรัดเชือกที่บริเวณคอให้กระชับพอดี ไม่ให้หลวมเกินไปจนอากาศภายในชุดคลุมศีรษะรั่วออกสู่ภายนอกมากเกินไปจนไม่สามารถรักษาระดับแรงดันบวกภายในชุดคลุมศีรษะไว้ได้

๙) ในขณะที่พัดลมทำงานจะมีอากาศที่ถูกดูดผ่านชุดกรองอากาศเข้ามาภายในชุดคลุมศีรษะ ผู้สวมใส่จะรู้สึกถึงลมหรืออากาศที่ไหลหมุนเวียนภายในชุดคลุมศีรษะและได้ยินเสียงการทำงานของพัดลมไฟฟ้า

๑๐) ในกรณีที่ต้องมีการสวมชุด isolate gown คลุมอีกหนึ่งชั้น ให้เปิดชุดคลุมทางด้านหลังไม่ให้ปิดบังชุดกรองอากาศทั้ง ๒ ชิ้น

๑๑) หากพบว่าไม่มีลมหรืออากาศไหลหมุนเวียนหรือไม่ได้ยินเสียงพัดลมในขณะปฏิบัติงาน ให้หยุดการปฏิบัติงานโดยทันทีพร้อมกับแจ้งผู้ร่วมงานทราบ และออกไปยังห้อง anteroom หรือห้องถอดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลเพื่อตรวจสอบการทำงานของชุด NMU-PAPR-๒

๑๒) ระยะเวลาในการปฏิบัติงานให้คำนึงถึงระยะเวลาในการจ่ายกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมโดยทั่วไปแบตเตอรี่ชนิดนี้หลังจากที่ได้ชาร์จไฟฟ้าจนเต็มจะสามารถใช้งานต่อเนื่องได้ประมาณ ๔ ชั่วโมง (ทั้งนี้ขึ้นกับความจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่และระยะเวลาในการชาร์จไฟฟ้า) หากต้องปฏิบัติงานเป็นระยะเวลานาน ควรเตรียมแบตเตอรี่สำรองไว้เสมอ

## ๔. การถอด การทำความสะอาด และการดูแลรักษาหลังเสร็จสิ้นการใช้งาน

๑) ให้ถอดชุด NMU-PAPR-๒ ในห้อง anteroomหรือห้องถอดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่โรงพยาบาล

กำหนด โดยต้องมีผู้ช่วยเหลือและกระทำด้วยความระมัดระวังเนื่องจากมีโอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนเชื้อในระหว่างที่ทำการถอดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลทั้งหมด

๒) ผู้ช่วยทำการคลายเชือกที่รัดบริเวณคอและที่ติดด้านหลังของชุดคลุมศีรษะออก หลังจากนั้นคลายที่รัดศีรษะของหมวกนิรภัยที่อยู่ด้านในของชุดคลุมศีรษะ ผู้สวมใส่ก้มศีรษะลงและยกชุดคลุมศีรษะออกทางด้านบนให้พ้นศีรษะด้วยตนเองและวางลงบนโต๊ะหรือพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้

๓) ผู้ช่วยเหลือปิดสวิทซ์กล่องพัดลมดูดอากาศ ถอดท่ออากาศออกจากกล่องพัดลม และใส่ชุดคลุมศีรษะพร้อมท่ออากาศลงในภาชนะหรือวางบนโต๊ะที่จัดเตรียมไว้ และจัดเก็บลงในภาชนะเพื่อไปทำความสะอาดฆ่าเชื้อโรคต่อไป

๔) ผู้สวมใส่ปลดเข็มขัดออกจากเอวโดยมีผู้ช่วยเหลือคอยจับอุปกรณ์ที่ติดไว้กับเข็มขัด และวางลงบนโต๊ะหรือพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ ถอดสายไฟฟ้าที่ต่อระหว่างกล่องพัดลมดูดอากาศและลิเธียมแบตเตอรี่ จากนั้นถอดพัดลมดูดอากาศและลิเธียมแบตเตอรี่ออกจากเข็มขัด ถอดแยกชุดกรองอากาศออกจากกล่องพัดลมดูดอากาศ และจัดเก็บเข็มขัด กล่องพัดลมดูดอากาศ ลิเธียมแบตเตอรี่ ชุดกรอง ลงในภาชนะที่แยกจากชุดคลุมศีรษะและท่ออากาศเพื่อไปทำความสะอาดฆ่าเชื้อโรคต่อไป

๕) ชุดคลุมศีรษะและท่ออากาศ สามารถนำมาทำความสะอาดด้วยน้ำและสบู่ (detergent) หรือน้ำยาฆ่าเชื้อมาตรฐานที่โรงพยาบาลใช้ เช่น ๗๐% แอลกอฮอล์ได้ จากนั้นนำไปตากหรือทิ้งไว้ให้แห้ง ในกรณีที่เป็นชุดคลุมศีรษะรุ่นที่ถอดแยกผ้าคลุมศีรษะออกจากหมวกนิรภัยได้ให้แยกผ้าที่เย็บเป็นที่คลุมศีรษะออกมาซักล้างทำความสะอาดได้ สำหรับท่ออากาศให้นำไปเป่าให้แห้งด้วยเครื่องเป่าลมสำหรับทำให้สายยางทางการแพทย์แห้ง

๖) สำหรับเข็มขัด กล่องพัดลมดูดอากาศ ลิเธียมแบตเตอรี่ และชุดกรอง ให้เช็ดทำความสะอาดภายนอกด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ ๗๐% แอลกอฮอล์และนำไปเข้าตู้อบฆ่าเชื้อชนิด UVC ตามระยะเวลาที่กำหนดของเครื่องอบฆ่าเชื้อ UVC แต่ละเครื่อง

๗) หลังจากทำความสะอาดฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้ว ให้นำชุดคลุมศีรษะมาประกอบไว้เพื่อเตรียมใช้งานในครั้งต่อไป สำหรับท่ออากาศ กล่องพัดลดดูดอากาศ ชุดกรอง ที่ใส่ลิเธียมแบตเตอรี่ ให้จัดเก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ใช้ใส่อุปกรณ์การแพทย์ ส่วนลิเธียมแบตเตอรี่ให้นำมาชาร์จไฟฟ้าจนเต็มและจัดวางแยกไว้เฉพาะในส่วนของลิเธียมแบตเตอรี่เนื่องจากหากไม่ได้ใช้งานเป็นเวลานานเกิน ๔๘ ชั่วโมง ควรที่จะนำมาชาร์จไฟฟ้าซ้ำ

## ขั้นตอนการใส่ (1-9) และถอด (10-12)

# NMU-PAPR-2

1

ภายหลังสวมชุด PPE coverall (สามารถใส่ surgical mask) สวมใส่เข็มขัดให้พอดี โดยผู้ช่วยเหลือถือ hood

2

สวมใส่ hood

3

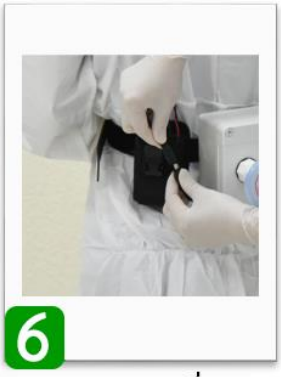
หมุนปรับปุ่มสีแดงตามเข็มนาฬิกาจนโครง hood ครอบศีรษะพอดี

4

ผู้ช่วยเหลือช่วยปิด hood ด้านหลัง

5

ผู้ช่วยเหลือผูก hood ด้านหลังให้พอดีลำคอ



6

เสียบสายแบตเตอรี่

7

เปิดเครื่องกรองอากาศ โดยการกดที่ปุ่มด้านข้าง

8

สวมใส่ isolate grown ทับอีกชั้น

9

พร้อมดูแลผู้ป่วยครับ

10 anteroom

ผู้ช่วยเหลือคลายปมผูก hood ด้านหลัง / ผู้ใส่ถอดเข็มขัดด้านหน้า พร้อมส่งแบตเตอรี่ และเครื่องกรองอากาศให้ผู้ช่วยเหลือ และถอด hood

11 anteroom

ถือ hood พร้อมรับแบตเตอรี่ และเครื่องกรองอากาศจากผู้ช่วยเหลือ

12 anteroom

ใส่ถังเพื่อส่งทำความสะอาด

# นวัตกรรม NMU-mini PAPR
# (Tight fitting full facepiece powered air purifying respirator)
# ที่ประยุกต์มาจากหน้ากากดำน้ำแบบ snorkeling

**๑. วัตถุประสงค์**

เพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อจากผู้ป่วย COVID-๑๙ สู่บุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุข ในกรณีความเสี่ยงสูงมาก ได้แก่ ขณะทำหัตถการที่อาจก่อให้เกิดฝอยละอองขนาดเล็ก (aerosol generating procedures) หรือกิจกรรมที่มีความเสี่ยงสูงมาก เช่น การช่วยฟื้นชีพ การใส่/ถอดท่อช่วยหายใจ การดูดเสมหะ การพ่นยา การสอดกล้องตรวจทางเดินหายใจการดูแลผู้ป่วยที่มีภาวะปอดอักเสบ การผ่าชันสูตรศพ ฯลฯ

**๒. ส่วนประกอบ**

๑) Tight-fitting full facepiece พร้อมสายรัดศีรษะที่สามารถปรับให้กระชับกับศีรษะได้

๒) ท่ออากาศ (breathing tube) ที่ประยุกต์มาจากท่อ corrugated tube ที่ใช้สำหรับการรักษาด้วยออกซิเจน มาต่อเชื่อมระหว่างพัดลมและชุดคลุมศีรษะ ทั้งนี้สามารถนำท่ออากาศที่ใช้ในระบบทางเดินหายใจอื่น ๆ โดยเฉพาะท่ออากาศของเครื่องอัดอากาศแรงดันบวกสำหรับใช้ในการรักษาผู้ที่มีสภาวะหยุดหายใจขณะหลับชนิดอุดกลั้น (Obstructive Sleep Apnea, OSA) มาใช้ทดแทนได้

๓) กล่องพัดลมดูดอากาศ ที่ประยุกต์มาจากพัดลมระบายอากาศ พัดลมดังกล่าวใช้ไฟฟ้า DC ๕ V ที่สามารถดูดอากาศเข้าสู่ชุดคลุมศีรษะได้ประมาณ ๑๒๐ ลิตร ซึ่งสูงกว่าที่มาตรฐานกำหนดคือ ๑๑๕ ลิตรต่อนาที ที่ตัว

กล่องจะมีท่อดูดอากาศเข้าสำหรับต่อชุดกรองจำนวน ๒ ท่ออยู่คู่กัน และท่อปล่อยอากาศออกสำหรับต่อกับท่ออากาศเข้าสู่ชุดคลุมศีรษะ จำนวน ๑ ท่อ พร้อมที่หนีบสำหรับประกอบกับเข็มขัด

๔) ชุดกรองอากาศประสิทธิภาพสูงที่ใช้กับเครื่องช่วยหายใจ หรือเครื่องดมยาสลบ ที่ส่วนใหญ่จะมีประสิทธิภาพในการกรองแบคทีเรีย ไวรัส ได้มากกว่าร้อยละ ๙๙

๕) Power bank สำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับกล่องพัดลมดูดอากาศ พร้อมถุงใส่สำหรับประกอบกับเข็มขัด

๖) เข็มขัด

## 3. วิธีการใช้งาน

๑) สวมใส่ร่วมกับชุด coverall โดยไม่ต้องสวมsurgical mask เนื่องจากจะทำให้หน้ากากดำน้ำไม่แนบสนิทกับใบหน้าทั้งนี้ในขณะสวมใส่จำเป็นต้องมีผู้ช่วยเหลือ โดยตรวจสอบความพร้อมใช้งานของอุปกรณ์ทั้งหมดก่อนที่จะสวมใส่เสมอ

๒) ประกอบชุดกรองเข้ากับกล่องพัดลมดูดอากาศ ทั้งนี้อาจพิจารณาติดเทปกาวให้แน่นโดยรอบอีกครั้งเพื่อป้องกันมิให้ชุดกรองหลุดออกจากที่สวมหากถูกกระแทกในขณะปฏิบัติงาน

๓) ติดกล่องพัดลมดูดอากาศ และpower bank เข้ากับเข็มขัด

๔) ต่อสายไฟฟ้าของกล่องพัดลมดูดอากาศเข้ากับ power bank

๕) คาดเข็มขัดที่ติดตั้งกล่องพัดลมดูดอากาศและ power bank เรียบร้อยแล้วไว้ที่เอวและรัดให้กระชับพอดี

๖) กดสวิทซ์ที่ด้านข้างของกล่องพัดลมดูดอากาศเพื่อเปิดพัดลมหลังจากต่อ power bank เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

๗) ต่อท่ออากาศระหว่างหน้ากากดำน้ำและกล่องพัดลมดูดอากาศ

๘) สวมหน้ากากดำน้ำ โดยปรับที่รัดศีรษะให้กระชับพอดีกับใบหน้า ระมัดระวังไม่ให้เส้นผมมาขวางระหว่างใบหน้าและหน้ากาก เพื่อรักษาระดับแรงดันบวกภายในหน้ากากดำน้ำ ทั้งนี้หน้ากากดำน้ำชนิดนี้จะมีลิ้นระบายลมหายใจออกและอากาศส่วนเกินอยู่ทางด้านหน้า

๙) ในขณะที่พัดลมทำงานจะมีอากาศที่ถูกดูดผ่านชุดกรองอากาศ เข้ามาภายในหน้ากากดำน้ำ ผู้สวมใส่จะรู้สึกถึงลมหรืออากาศที่ไหลหมุนเวียนภายในชุดคลุมศีรษะและได้ยินเสียงการทำงานของพัดลม

๑๐) ในกรณีที่ต้องมีการสวมชุด isolate gown คลุมอีกหนึ่งชั้น ให้เปิดชุดคลุมทางด้านหลังไม่ให้ปิดบังชุดกรองอากาศทั้ง ๒ ชิ้น

๑๑) หากพบว่าไม่มีลมหรืออากาศไหลหมุนเวียนหรือไม่ได้ยินเสียงพัดลมในขณะปฏิบัติงาน ให้หยุดการปฏิบัติงานโดยทันทีพร้อมกับแจ้งผู้ร่วมงานทราบ และออกไปยังห้อง anteroom หรือห้องถอดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลเพื่อตรวจสอบการทำงานของชุด NMU-mini PAPR

๑๒) ระยะเวลาในการปฏิบัติงานให้คำนึงถึงระยะเวลาในการจ่ายกระแสไฟฟ้าของ power bank โดยทั่วไป power bank ชนิดนี้หลังจากที่ได้ชาร์จไฟฟ้าจนเต็มจะสามารถใช้งานต่อเนื่องได้ประมาณ ๔ ชั่วโมง (ทั้งนี้ขึ้นกับความจุไฟฟ้าของ power bank) หากต้องปฏิบัติงานเป็นระยะเวลานาน ควรเตรียม power bank สำรองไว้เสมอ

**๔. การถอด การทำความสะอาด และการดูแลรักษาหลังเสร็จสิ้นการใช้งาน**

๑) ให้ถอดชุด NMU-mini PAPR ในห้อง anteroomหรือห้องถอดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่โรงพยาบาลกำหนด โดยต้องมีผู้ช่วยเหลือและกระทำด้วยความระมัดระวังเนื่องจากมีโอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนเชื้อในระหว่างที่ทำการถอดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลทั้งหมด

๒) ผู้สวมใส่ก้มศีรษะลงเล็กน้อยและถอดหน้ากากดำน้ำออกทางด้านบนให้พ้นศีรษะด้วยตนเองและวางลงบนโต๊ะหรือพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้

๓) ผู้ช่วยเหลือปิดสวิทซ์กล่องพัดลมดูดอากาศ ถอดท่ออากาศออกจากกล่องพัดลมดูดอากาศ และใส่หน้ากากดำน้ำพร้อมท่ออากาศลงในภาชนะหรือวางบนโต๊ะที่จัดเตรียมไว้ และจัดเก็บลงในภาชนะเพื่อไปทำความสะอาดฆ่าเชื้อโรคต่อไป

๔) ผู้สวมใส่ปลดเข็มขัดออกจากเอวโดยมีผู้ช่วยเหลือคอยจับอุปกรณ์ที่ติดไว้กับเข็มขัด และวางลงบนโต๊ะหรือพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ ถอดสายไฟฟ้าที่ต่อระหว่างกล่องพัดลมดูดอากาศและpower bank จากนั้นถอดกล่องพัดลมดูดอากาศและpower bank ออกจากเข็มขัด ถอดแยกชุดกรองอากาศออกจากกล่องพัดลมดูดอากาศ และจัดเก็บเข็มขัด กล่องพัดลมดูดอากาศ power bank และชุดกรอง ลงในภาชนะที่แยกจากหน้ากากดำน้ำและท่ออากาศเพื่อไปทำความสะอาดฆ่าเชื้อโรคต่อไป

๕) หน้ากากดำน้ำและท่ออากาศสามารถนำมาทำความสะอาดด้วยน้ำและสบู่ (detergent) หรือน้ำยาฆ่าเชื้อมาตรฐานที่โรงพยาบาลใช้ เช่น ๗๐% แอลกอฮอล์ได้ จากนั้นนำไปตากหรือทิ้งไว้ให้แห้งอย่าให้ถูกแสงแดดโดยตรง สำหรับท่ออากาศให้นำไปเป่าให้แห้งด้วยเครื่องเป่าลมสำหรับทำให้สายยางทางการแพทย์แห้ง

๖) สำหรับเข็มขัด กล่องพัดลมดูดอากาศ power bank และชุดกรอง ให้เช็ดทำความสะอาดภายนอกด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ ๗๐% แอลกอฮอล์และนำไปเข้าตู้อบฆ่าเชื้อชนิด UVC ตามระยะเวลาที่กำหนดของเครื่องอบฆ่าเชื้อ UVC แต่ละเครื่อง

๗) หลังจากทำความสะอาดฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้ว ให้นำหน้ากากดำน้ำมาจัดเตรียมไว้สำหรับใช้งานในครั้งต่อไป สำหรับท่ออากาศ เข็มขัด กล่องพัดลมดูดอากาศ และชุดกรอง ให้จัดเก็บไว้ในถุงพลาสติกที่ใช้ใส่อุปกรณ์การแพทย์ ส่วน power bank ให้นำมาชาร์จไฟฟ้าจนเต็มและจัดวางแยกไว้เฉพาะในส่วนของpower bank เนื่องจากหากไม่ได้ใช้งานเป็นเวลานานเกิน ๔๘ ชั่วโมง ควรที่จะนำมาชาร์จไฟฟ้าซ้ำ

NMU-mini PAPR
(Tigth fitting full facepiece powered air purifying respirator)
ที่ประยุกต์มาจากหน้ากากดำน้ำแบบ snorkeling

สวมชุด Cover All ให้เรียบร้อย
เปิดสวิทซ์ที่กล่องใช้งาน คาดเข็มขัด
ที่ติดพัดลม ชุดกรอง และ Power Bank

สวมหน้ากากดำน้ำที่ต่อท่ออากาศ
และพัดลม พร้อมชุดกรอง

ปรับหน้ากากดำน้ำให้กระชับ
กับใบหน้า

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการใส่ NMU-mini PAPR

# นวัตกรรม VJR-NMU-N99
# (VJR-NMU elastomeric half facepiece respirator)

**๑. วัตถุประสงค์**

เพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อจากผู้ป่วย COVID-๑๙ สู่บุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุข ในกรณีความเสี่ยงสูงมาก ได้แก่ ขณะทำหัตถการที่อาจก่อให้เกิดฝอยละอองขนาดเล็ก (aerosol generating procedures) หรือกิจกรรมที่มีความเสี่ยงสูงมาก เช่น การช่วยฟื้นชีพ การใส่/ถอดท่อช่วยหายใจ การดูดเสมหะ การพ่นยา การสอดกล้องตรวจทางเดินหายใจการดูแลผู้ป่วยที่มีภาวะปอดอักเสบ การผ่าชันสูตรศพ ฯลฯ รวมไปถึงหัตถการหรือกิจกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลรักษาผู้ป่วย ได้แก่ การเก็บสิ่งส่งตรวจจากระบบทางเดินหายใจ (เช่น nasopharyngeal/ nasal/ throat swab) การดูแลรักษาผู้ป่วย การเคลื่อนย้ายผู้ป่วย การทำความสะอาด การเก็บขยะและผ้าเปื้อนของผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจและผู้ป่วยที่เข้าข่ายการสอบสวนโรค (Patients under investigation : PUI)

**๒. ส่วนประกอบ**

๑) หน้ากากอนามัยที่ผลิตจากซิลิโคนทางการแพทย์ ซึ่งจัดอยู่ในประเภท elastometric half facepiece respirator ที่มีใช้อยู่ในโรงพยาบาลต่าง ๆ แล้ว โดยเฉพาะในการใช้ประกอบกับถุง ambu bag สำหรับขั้นตอน preoxygenation ก่อนที่จะใส่ท่อช่วยหายใจ หน้ากากมีทั้งหมด ๓ ขนาด คือ S, M, L ผลการทดสอบ fit test ในบุคลากรและนักศึกษาของมหาวิทยาลัยจำนวน ๓๐ คน หลังสวมใส่หน้ากากที่มีขนาดเหมาะสมกับใบหน้าและปรับสายรัดให้กระชับต่อใบหน้า พบว่าไม่มีการรั่วของหน้ากากแต่อย่างใด

๒) สายรัดศีรษะ (O ring with silicone strap) ที่สามารถปรับรัดให้หน้ากากกระชับกับใบหน้าได้

๓) ชุดกรองอากาศประสิทธิภาพสูงที่ใช้กับเครื่องช่วยหายใจ หรือเครื่องดมยาสลบ ที่ส่วนใหญ่จะมีประสิทธิภาพในการกรองแบคทีเรีย ไวรัส ได้มากกว่าร้อยละ ๙๙

๔) ข้อต่อ ๙๐ องศา เป็นอุปกรณ์เสริมที่สามารถนำมาต่อกับชุดกรองและหน้ากาก เพื่อปรับทิศทางของชุดกรองให้ลงด้านล่างซึ่งจะทำให้ไม่ไปกีดขวางในกรณีที่ใส่รวมกับ face shield

**๓. วิธีการใช้งาน**

๑) ประกอบอุปกรณ์ทั้งสามส่วนตามข้อ ๒ เข้าด้วยกัน

๒) สวมใส่หน้ากาก VJR-NMU N ๙๙ ร่วมกับชุดป้องกันส่วนบุคคลชนิดอื่น ๆ ตามที่โรงพยาบาลกำหนด

๓) สวมหน้ากาก VJR-NMU N ๙๙ โดยปรับสายรัดศีรษะให้หน้ากากกระชับพอดีกับใบหน้า ระมัดระวังไม่ให้เส้นผมมาขวางระหว่างใบหน้าและหน้ากาก

๔) ในการปฏิบัติงานไม่ควรสวมใส่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลามากกว่า ๔ ชั่วโมง (ผลการทดลองการสวมใส่หน้ากาก VJR-NMU N ๙๙ อย่างต่อเนื่องกับบุคลากรทางการแพทย์เป็นเวลา ๔ ชั่วโมง ไม่พบภาวะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในลมหายใจออกสูงกว่าปกติ) โดยควรหายใจออกแรงเป็นครั้งคราวเนื่องจากหน้ากากนี้ไม่มี expiratory valve

๕) ในขณะสวมใส่จะไม่สามารถพูดสื่อสารได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากหน้ากากที่การกระชับกับใบหน้ามากจะทำให้ไม่สามารถออกเสียงได้ตามปกติ

**๔. การถอด การทำความสะอาด และการดูแลรักษาหลังเสร็จสิ้นการใช้งาน**

๑) ให้ถอดหน้ากาก VJR-NMU N ๙๙ พร้อมอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลอื่น ๆ ตามขั้นตอนที่โรงพยาบาลกำหนด

๒) ในกรณีที่เป็นการปฏิบัติงานดูแลรักษาผู้ป่วย COVID ๑๙ ให้ถอดแยกสาย O ring with silicone strap แยกออกจากตัวหน้ากากซิลิโคน และนำมาทำความสะอาดด้วยน้ำและสบู่ (detergent) หรือน้ำยาฆ่าเชื้อมาตรฐานที่โรงพยาบาลใช้ เช่น ๗๐% แอลกอฮอล์ได้ จากนั้นนำไปตากหรือทิ้งไว้ให้แห้งอย่าให้ถูกแสงแดดโดยตรง ทั้งนี้หน้ากากซิลิโคนนี้สามารถทำให้ปราศจากเชื้อด้วยวิธี autoclave ได้ สำหรับชุดกรอง ให้เช็ดทำความสะอาดภายนอกด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ ๗๐% แอลกอฮอล์และนำไปเข้าตู้อบฆ่าเชื้อชนิด UVC ตามระยะเวลาที่กำหนดของเครื่องอบฆ่าเชื้อ UVC แต่ละเครื่อง

๓) ชุดกรองอากาศประสิทธิภาพสูงที่ใช้กับเครื่องช่วยหายใจ หรือเครื่องดมยาสลบ โดยทั่วไปสำหรับการใช้กับเครื่องช่วยหายใจที่ใช้แรงดันสูงในการอัดอากาศเข้าสู่ปอดมากกว่าการหายใจตามปกติจะกำหนดให้ใช้งานต่อเนื่องได้ ๒๔ ชั่วโมง หรือจนพบปัญหาการอุดกั้นการไหลผ่านเข้าออกของอากาศ ดังนั้นในทางปฏิบัติที่มีการประยุกต์มาใช้ส่วนบุคคลที่มีแรงดันช่วงหายใจเข้าน้อยกว่าแรงดันที่ใช้ในเครื่องช่วยหายใจ จึงสามารถนำมาใช้งานซ้ำโดยนับรวมระยะเวลาของการใช้จริงประมาณ ๗๒ ชั่วโมง หรือจนเริ่มรู้สึกว่าต้องใช้แรงในการหายใจเพิ่มขึ้น

# ขั้นตอนการใส่
# VJR-NMU-N99

เตรียม VJR-NMU-N99 ภายหลังสวมชุด **PPE coverall** โดยยังไม่สวม hood และอุปกรณ์บริเวณใบหน้า

ดึงสาย O ring ด้านล่าง สวมให้สายอยู่เหนือใบหู

ดึงสาย O ring ด้านบน สวมให้สายผ่านท้ายทอย ใต้ใบหู

ปรับล็อกสาย O ring ทั้งสองเส้น ให้หน้ากากแนบสนิทพอดีใบหน้า

ทดสอบความแนบสนิทของหน้ากาก โดยใช้นิ้วหัวแม่มือกดบริเวณคาง นิ้วทั้งสี่จับบริเวณด้านข้างจมูกทั้งสองข้าง พร้อมหายใจออกแรง ๆ ไม่พบลมรั่ว แสดงว่าแนบสนิท

สวม goggle

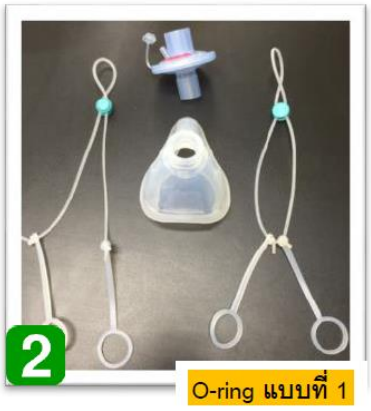
สวมชุด **PPE coverall** ให้สมบูรณ์ hood glove และ isolate grown

สวม face shield ประกอบเฉพาะ VJR-NMU-N99

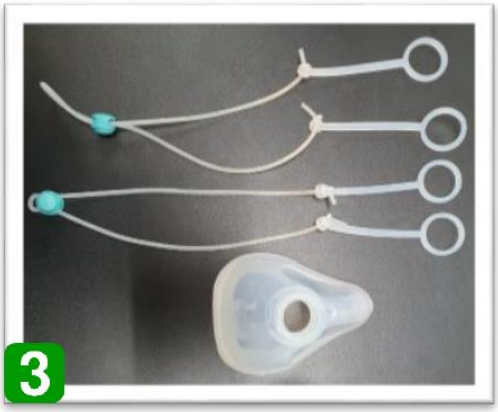
พร้อมดูแลผู้ป่วยแล้วค่ะ

# ขั้นตอนการทำความสะอาด
# VJR-NMU-N99

ถอดชุดกรองอากาศออกจาก silicone mask



ถอด O-ring 2 เส้นออกจาก silicone mask
(สาย O-ring มี 2 แบบ)




ทำความสะอาด silicone mask และ O-ring ทั้ง 2 แบบ โดยล้างทำความสะอาดด้วยน้ำและสบู่หรือผงซักฟอก และเช็ดแอลกอฮอล์หรืออบทำลายเชื้อด้วยรังสี UV

ทำความสะอาดตัวกรองอากาศทุกครั้งหลังถอด โดยอบทำลายเชื้อด้วยรังสี UV หรือเช็ดด้วย 70% แอลกอฮอล์ภายนอกและใช้ไม้พันสำลีชุบ 70% แอลกอฮอล์เช็ดด้านในกระบอกกลมทั้งสองด้าน ระวังอย่าไปโดนแผ่นกรอง