



งานวิจัย เรื่อง สถานการณ์ด้านการทำงาน ที่มีภาวะความสั่นสะเทือนของแรงงาน ในประเทศ และการพัฒนาเครื่องมือในการประเมิน การทำงานที่มีภาวะความสั่นสะเทือน

Workplace Vibration Exposure Status Among Domestic Laborers
and the Development of an Assessment Tool





ชื่อหนังสือ : สถานการณ์ด้านการทำงานที่มีภาวะความสั่นสะเทือนของแรงงานในประเทศ และการพัฒนา
เครื่องมือในการประเมินการทำงานที่มีภาวะความสั่นสะเทือน

(Situation of the labor force's working environment with vibration in the country and tools
development for evaluating the working environment with vibration)

ชื่อผู้แต่ง : สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน)

ปีที่พิมพ์ : พ.ศ. 2569

จัดทำโดย : สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน)

ออกแบบปกโดย : นายพิษณุ จันทร์สี

สถานการณ์ด้านการดำเนินงานที่มีภาวะความสิ้นเปลืองของแรงงานในประเทศ และการพัฒนา เครื่องมือในการประเมินการทำงานที่มีภาวะความสิ้นเปลือง

ที่ปรึกษา

ดร.นันทชัย ปัญญาสุรฤทธิ์	ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และ สภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน)
คณะอนุกรรมการวิชาการ	สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมใน การทำงาน (องค์การมหาชน)

ผู้จัดทำ

ศ.ดร.สุนิสา ชายเกลี้ยง	คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.วิภารัตน์ โพธิ์สี	คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.พฤกษ์ ตัญญูรัตต์	คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
นางสาววรวรรณ ภูชาดา	คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
นางสาวภัทราพร จันทร์จามงค์	คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ดร.กัณฐ์วุฒิ บุญมี	ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนา สสพ.
ดร.ธนวรรณ ฤทธิชัย	นักวิจัยชำนาญการพิเศษ สสพ.
นางสาวสุภารัตน์ คะตา	นักวิจัยชำนาญการ สสพ.
นายพฤทธิพงศ์ สามสังข์	นักวิจัยชำนาญการ สสพ.
นางสาวรินรดา เทียมเทศ	นักวิจัยปฏิบัติการ สสพ.

ผู้ประสานงานโครงการ

นางสาวณัฏฐ์พิชามาต สุจริต	เจ้าหน้าที่ประสานงานโครงการ สสพ.
นางสาวเกศเกล้า วิจิตรจินต์	เจ้าหน้าที่ประสานงานโครงการ สสพ.
นางสาวปวีณนุช ชันเงิน	เจ้าหน้าที่ประสานงานโครงการ สสพ.

เผยแพร่โดย

สำนักวิจัยและพัฒนา

สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน)

โทรศัพท์ 0 2448 9111 ต่อ 603 โทรสาร 0 2448 9098

ปีที่จัดทำ พ.ศ. 2568

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.สุนิสา ซายเกลี้ยง และคณะ รวมไปถึงหน่วยงาน บุคลากรที่เกี่ยวข้องที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล และความคิดเห็น ข้อเสนอแนะต่องานวิจัยสถานการณ์ด้านการดำเนินงานที่มีภาวะความยั่งยืนของแรงงานในประเทศ และการพัฒนาเครื่องมือในการประเมินการทำงานที่มีภาวะความยั่งยืนเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขพัฒนา จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น รวมถึงผู้บริหารและบุคลากรทุกท่านที่เกี่ยวข้องที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการประสานงานและอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ตลอดการดำเนินงาน ขอขอบพระคุณหน่วยงานและบุคคลทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนการแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อการพัฒนา “วิจัยสถานการณ์ด้านการดำเนินงานที่มีภาวะความยั่งยืนของแรงงานในประเทศ และการพัฒนาเครื่องมือในการประเมินการทำงานที่มีภาวะความยั่งยืน” ซึ่งส่งผลให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน) หวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยสถานการณ์ด้านการดำเนินงานที่มีภาวะความยั่งยืนของแรงงานในประเทศ และการพัฒนาเครื่องมือในการประเมินการทำงานที่มีภาวะความยั่งยืนฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้ประกอบการ ในการเสริมสร้างสุขภาวะและความปลอดภัยให้แก่แรงงานที่ทำงานในภาวะที่มีความยั่งยืนสืบไป

คณะผู้วิจัย

สำนักวิจัยและพัฒนา สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย
และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน)

คณะกรรมการวิชาการ

1. นายกฤษฎา ชัยกุล ประธานอนุกรรมการ
กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ในคณะกรรมการสถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย
และสภาพแวดล้อมในการทำงาน
2. นางสาวสุติดา กรุงไกรวงศ์ อนุกรรมการ
นักวิชาการแรงงานเชี่ยวชาญ ข้าราชการบำนาญ กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน
3. ศ.ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล อนุกรรมการ
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. รศ.ดร.วันที พันธุ์ประสิทธิ์ อนุกรรมการ
อาจารย์ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล
5. ผศ.ดร.เด่นศักดิ์ ยกยอน อนุกรรมการ
อาจารย์ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล
6. ผศ.ดร.อภิรดี ศรีโอภาส อนุกรรมการ
อาจารย์ประจำหลักสูตรอาชีวอนามัย และความปลอดภัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
7. นางสาวบุษกร แสนสุข อนุกรรมการ
เลขาธิการ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
8. นางสาวอุมาพร ครองสกุลสุข อนุกรรมการ
กองความปลอดภัยแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน
9. นายกิตติกร กิจวิจิตร อนุกรรมการ
ผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัย และอาชีวอนามัย
10. นายอัศรา เทียงวิบูลย์วงศ์ อนุกรรมการ
Safety Management Director – Cement Operations บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัด
11. นายบัญชา ศรีธนาอุทัยกร อนุกรรมการและเลขานุการ
รองผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (วิชาการ)
12. ดร.กัญฐวุฒิ บุญมี อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนา
สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน)
13. นายเรืองกิตติ สามารถ อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
ผู้อำนวยการสำนักบริการวิชาการ
สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน)
14. นางสาววรลักษณ์ ศรีไย อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
ผู้อำนวยการสำนักฝึกอบรมและส่งเสริม
สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ที่มาจากระยะการทบทวนวรรณกรรมวิจัยอย่างเป็นระบบ การวิจัยและพัฒนาจากการสำรวจ ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเพื่อการเฝ้าระวังการสัมผัสความสั่นสะเทือนของแรงงานไทย ผลจากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบในรอบ 10 ปี ที่ผ่านมา (พ.ศ. 2558-2568) โดยครอบคลุมผลลัพธ์ที่ต้องการศึกษา ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ประเมินการรับสัมผัส อาชีพที่สัมผัส ผลกระทบต่อสุขภาพ และระดับความสั่นสะเทือน ประกอบกับสืบค้นจากฐานข้อมูล พบว่าการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole Body Vibration: WBV) มีค่าระหว่าง $0.147 - 7.160 \text{ m/s}^2$ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานสหภาพยุโรปของการสัมผัสตลอดเวลา 8 ชั่วโมงการทำงาน [A(8)] ระดับที่ต้องเฝ้าระวัง (Action level) คือ 0.5 m/s^2 มีค่าที่สูงกว่า และสูงกว่าค่าขีดจำกัดความปลอดภัย (Limit level $>1.15 \text{ m/s}^2$) ในบางอาชีพซึ่งพบมากคือกลุ่มผู้ปฏิบัติงานกับรถแทรกเตอร์และขับริดจ์ที่ได้รับสัมผัสแรงสั่นสะเทือนสูง ความถี่ที่พบอยู่ในช่วง 1-25 เฮิร์ตซ์ (Hertz; Hz) และไม่เกิน 80 Hz ตามลำดับ ผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนที่มือและแขนและความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่ระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก พบร้อยละ 34.91-80.00 ซึ่งเป็นความชุกที่พบสูงกว่าผลกระทบด้านอื่นๆ

ผลการศึกษาวิจัยในระยะการวิจัยและพัฒนา ระยะที่ 1 สำรวจในกลุ่มตัวอย่างของพนักงานขับริดจ์และขับริดจ์แทรกเตอร์ จำนวน 95 คน โดยใช้เครื่องมือประเมินความถี่และความรุนแรง (MSFQ) ของอาการปวด ตึง ชา ตามตำแหน่งของร่างกายจากการทำงาน พบว่ารายงานในพนักงาน ร้อยละ 93.68 ของอาการดังกล่าว ความชุกสูงสุดคือ บริเวณหลังส่วนล่าง ร้อยละ 68.72 รองลงมาคือ คอ (ร้อยละ 53.68) และสะโพก (ร้อยละ 48.42) ตามลำดับ ผลการตรวจวัดการสัมผัสความสั่นสะเทือน โดยใช้เครื่องมือตามมาตรฐาน ISO 8041 และการตรวจวัดอิงมาตรฐาน ISO 2631-1 พบการสัมผัสระหว่าง $0.04 - 2.76 \text{ m/s}^2$ โดยกลุ่มผู้ขับรถแทรกเตอร์ มีค่าเฉลี่ยของการสัมผัส (1.47 m/s^2) สูงกว่ากลุ่มขับริดจ์ (0.54 m/s^2) ผู้ปฏิบัติงานรถแทรกเตอร์ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่ได้รับสัมผัสแรงสั่นสะเทือนที่สูงกว่าเกินค่าขีดจำกัดความปลอดภัยที่สัมผัสได้ (ELV, $>1.15 \text{ m/s}^2$) ผลของการศึกษาปัจจัยเสี่ยงของการสัมผัสความสั่นสะเทือนโดยใช้สถิติวิเคราะห์ตัวแปรเชิงพหุคูณโลจิสติก พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์การสัมผัสความสั่นสะเทือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือ การขับรถแทรกเตอร์ อายุการใช้งานของรถมากกว่า 5 ปี และมีความเสี่ยงสูงทางการยศาสตร์จากท่าทางประเมินโดยใช้เครื่องมือประเมิน Self-Ergonomics Risk Factor Assessment (SERFA)

การประเมินความเสี่ยงโดยอาศัยเมตริกความเสี่ยง (5×4) เพื่อการเฝ้าระวังสุขภาพจากการสัมผัสความสั่นสะเทือนอาศัยพื้นฐานของเมตริกทำนายความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HRA) จากการพิจารณาโอกาสและความรุนแรงจากระดับความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดย SERFA และระดับรุนแรงโดยเครื่องมือ MSFQ

เพื่อคัดกรองผู้สัมผัส ที่มีความแม่นยำและความน่าเชื่อถือ จากผลการทดสอบทางสถิติ วิเคราะห์ความจำเพาะในการทำนาย คัดกรองกลุ่มเสี่ยงในระดับการเฝ้าระวังเข้ามาโดยมีผลความเสี่ยงต่อสุขภาพระดับปานกลางขึ้นไป (ระดับ 3,4,5) เพื่อการหา Gold standard ระดับความสั่นสะเทือนในการกำหนดค่าการเฝ้าระวัง (Action level) ที่กำหนดเบื้องต้นที่ 0.5 m/s^2 ไว้ มีค่าความไว (Sensitivity) คือ 88.1% ความแม่นยำ (Accuracy) คือ 84.2% และค่าทำนาย (PPV) คือ 93.7% มีความจำเพาะ (Specificity) 54.5% จากผลของการกำหนดค่าความสั่นสะเทือนระดับที่สูงกว่าอีก 1 ระดับ คือ $A(8) = 0.75 \text{ m/s}^2$ เป็น Gold standard เพื่อการเฝ้าระวังกลุ่มเสี่ยงสูงจากเมตริกความเสี่ยง ได้ค่าความจำเพาะ (Specificity) คือ 90.8% (PPV= 98.3%) ที่สามารถใช้ในการคัดกรองแม่นยำระดับดีมากสำหรับกลุ่มเสี่ยงสูงต่อสุขภาพ และพบว่าในระดับความเสี่ยงสูงถึงสูงมาก มีสัดส่วนของพนักงานที่ขับรถแทรกเตอร์มากกว่าผู้ขับรถยก โดยพบความสัมพันธ์ของระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนกับความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.001$) ความเสี่ยงต่อสุขภาพระดับสูงถึงระดับยอมรับไม่ได้ มีความสัมพันธ์กับการสัมผัสความสั่นสะเทือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($OR=5.03$, 95%CI: 2.03-12.49) จากการวิเคราะห์แบบลอจิสติก

การปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงานเพื่อลดการสัมผัสความสั่นสะเทือนในระยะที่ 2 เพื่อศึกษาผลกระทบการสัมผัสความสั่นสะเทือนเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าทั้งพนักงานขับรถแทรกเตอร์และรถยกมีระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการลดความเร็วรอบเครื่องยนต์ของรถแทรกเตอร์ไม่เกิน 1600 แรงม้า และการควบคุมความเร็วของรถยกไม่เกิน 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/h) โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของความสั่นสะเทือนลดลงจาก 1.12 m/s^2 (S.D.= 0.6) เป็น 0.91 m/s^2 (S.D.=0.53) ซึ่งต่ำกว่าค่าขีดจำกัดระดับการสัมผัสได้ และการลดลงของจำนวนผู้ที่มีความเสี่ยงสูงต่อสุขภาพเกินกว่ายอมรับได้เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนปรับปรุง ผลความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยรวมเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการออกแบบใช้วัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนที่เบาะนั่ง พบว่ากลุ่มเสี่ยงสูงถึงสูงมาก มีจำนวนที่ลดลงทั้งกลุ่มรถยกและรถแทรกเตอร์ ผลการพัฒนาโปรแกรม Ergo Ocare vibration สำหรับการเฝ้าระวังการสัมผัสความสั่นสะเทือน โดยใช้แบบประเมินจากระยะที่ผ่านมา คือ MSFQ และแบบประเมินการยศาสตร์ SERFA ให้อยู่ในรูปแบบเครื่องมือออนไลน์ รายงานผลความเสี่ยงต่อสุขภาพผ่านเมตริกความเสี่ยง (HRA matrix) รายบุคคล และเข้าถึงการประเมินผ่าน Line Office Account ที่มีความน่าเชื่อถือของโปรแกรมออนไลน์จากค่าวิเคราะห์ (Intraclass correlation coefficients: ICC) ของคะแนน MSFQ, SERFA, และ HRA คือ 0.83, 0.99, 0.94 ตามลำดับสอดคล้องระหว่างผลของโปรแกรมและเครื่องมือแบบกระดาษอยู่ในระดับดีถึงดีเยี่ยม เช่นเดียวกับค่าทดสอบ Weight Kappa ระดับรายงานความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HRA) คือ 0.98 ที่มีความสอดคล้องระดับดีเยี่ยมของโปรแกรม

เครื่องมือผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ทราบผลประเมินรายงานได้ทันทีหลังประเมิน และมีความเที่ยง ความตรงจากงานวิจัยนี้ สามารถใช้คัดกรองกลุ่มสัมผัสหรือกลุ่มเสี่ยงสูงเพื่อการวัดโดยตรงด้วยเครื่องวัด WBV ได้ พนักงานประเมินการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนด้วยตนเองได้อย่างรวดเร็ว มีประโยชน์ต่อการป้องกันการสัมผัสและการเฝ้าระวังโรคทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกจากเหตุสัมผัสความสั่นสะเทือน และสามารถนำไปสู่การจัดการความเสี่ยงได้ นอกจากนั้นควรมีกำหนดมาตรฐานด้านความสั่นสะเทือนในระดับที่ต้องเฝ้าระวัง (Action level) เพื่อการเฝ้าระวังสุขภาพจากการสัมผัสความสั่นสะเทือน และการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพในกลุ่มเสี่ยงสูงตามกฎหมายคุ้มครองแรงงาน กฎหมายความปลอดภัย โดยมีแนวปฏิบัติหรือนโยบายที่ยึดระดับสากลเพื่อกำหนดเงื่อนไขการจัดซื้อหรือรับรองเครื่องมือ เครื่องจักร ขั้วเคลื่อน ให้มีระบบลดแรงสั่นสะเทือนได้

Abstract

This study employed a research and development (R&D) design consisting of a systematic literature review, and 2 phases of a field survey with tool development, and intervention for work environment improvement. A 10 year systematic review (2015–2025) was conducted, covering assessment tools for vibration exposure, exposed occupations, health effects, and vibration levels. The findings indicated that whole body vibration (WBV) exposure ranged from 0.147 to 7.160 m/s^2 . When compared with the European Union 8 hour daily exposure standard [A(8)], the values exceeded the action level (0.5 m/s^2) and, in some occupations, also exceeded the exposure limit value ($\text{ELV} > 1.15 \text{ m/s}^2$). The highest exposures were observed among tractor and forklift operators. The predominant frequency range was 1–25 Hz and did not exceed 80 Hz. The prevalence of musculoskeletal disorders associated with hand–arm vibration and WBV was 34.91–80.00%, higher than that of other health outcomes.

The research & development study design of two phases involved a cross-sectional survey among 95 tractor and forklift operators. Musculoskeletal disorders, at different body regions were assessed using the Musculoskeletal Frequency and Severity Questionnaire (MSFQ). A total of 93.68% of workers reported symptoms, with the highest prevalence located at the lower back (68.72%), followed by the neck (53.68%) and hip (48.42%). Vibration exposure was measured according to ISO 8041 and evaluated with reference to ISO 2631 1, yielding exposure levels between 0.04 and 2.76 m/s^2 . Tractor operators had a higher mean exposure (1.47 m/s^2) than forklift operators (0.54 m/s^2), and most tractor operators experienced WBV above the $\text{ELV} (> 1.15 \text{ m/s}^2)$. Multivariable logistic regression analysis showed that significant predictors of higher vibration exposure included operating a tractor, vehicle age greater than 5 years, and high ergonomic risk levels as assessed by the Self Ergonomics Risk Factor Assessment (SERFA).

Risk assessment and health surveillance were carried out using a 5×4 risk matrix, integrating the likelihood and severity of health effects with ergonomic risk (SERFA) and symptom severity (MSFQ) to screen exposed workers. For the preliminary action level set at $A(8) = 0.5 \text{ m/s}^2$, and using moderate to very high health risk (levels 3, 4, 5) as the criterion,

the screening performance showed sensitivity of 88.1%, accuracy of 84.2%, positive predictive value (PPV) of 93.7%, and specificity of 54.5%. When a higher vibration level $A(8) = 0.75 \text{ m/s}^2$ was used as the gold standard for identifying high risk workers from the risk matrix, specificity increased to 90.8% (PPV = 98.3%), indicating very good precision in screening high health risk groups. Workers operating tractors were more frequently classified in the high to very high risk categories than forklift operators. There was a statistically significant association between vibration exposure level and health risk ($p\text{-value} < 0.001$). High to unacceptable health risk was significantly associated with vibration exposure (OR= 5.03, 95% CI: 2.03–12.49) in logistic regression analysis.

In Phase 2, workplace interventions were implemented to reduce vibration exposure, and pre and post intervention levels were compared. Both tractor and forklift operators showed statistically significant reductions in WBV. For tractors, engine speed was reduced to not more than 1,600 rpm, and for forklifts, travel speed was controlled at not more than 10 km/h. The mean vibration level decreased from 1.12 m/s^2 (SD = 0.60) to 0.91 m/s^2 (SD = 0.53), which is below the ELV, accompanied by a reduction in the number of workers with high and unacceptable health risks. After installing vibration absorbing materials on seats, the proportion of workers in the high to very high risk groups decreased in both forklift and tractor operators.

The Ergo Ocare Vibration program was developed as an online surveillance tool for vibration exposure, integrating the MSFQ and SERFA into a mobile accessible platform via a Line Official Account. The program automatically generates an individual Health Risk Assessment (HRA) matrix. Reliability testing using intraclass correlation coefficients (ICC) demonstrated good to excellent agreement between the online system and paper based tools (MSFQ: 0.83; SERFA: 0.99; HRA: 0.94). The weighted kappa for HRA risk level classification was 0.98, indicating excellent consistency.

This mobile application provides immediate feedback on individual risk, with acceptable validity and reliability for screening exposed and high risk workers for subsequent direct WBV measurement. It enables rapid self assessment of vibration exposure by workers

and supports prevention and surveillance of vibration induced musculoskeletal disorders, thereby facilitating risk management. The findings underscore the need to establish legal standards for vibration action levels for health surveillance and risk assessment of high risk workers under labor protection laws, along with guidelines or policies harmonized with international standards for procurement and certification of machinery equipped with effective vibration control systems.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ง
คณะกรรมการวิชาการ	จ
บทคัดย่อภาษาไทย	ฉ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ณ
สารบัญ	ญ
สารบัญตาราง	ท
สารบัญรูปภาพ	ด
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
1.4 สมมติฐาน	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.6 ประโยชน์ของการศึกษาวิจัย	5
1.7 กรอบแนวคิด	5
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและการทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบ	7
2.1 ความหมาย มาตรฐาน การประเมินและการเฝ้าระวังการสัมผัสความสิ้นเปลือง	7
2.2 สถานการณ์การรับสัมผัสความสิ้นเปลือง (การทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบ)	12
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย (การวิจัยและพัฒนา)	30
3.1 รูปแบบการวิจัย	30
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	30
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	33
3.4 วิธีดำเนินการวิจัยและพัฒนา	41
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	47
3.6 ตัวแปรที่ศึกษา	50
3.7 จริยธรรมวิจัยในมนุษย์	51

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษา (การวิจัยและพัฒนา)	52
4.1 ข้อมูลทั่วไปและการทำงาน	52
4.2 อาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกจากการทำงาน	56
4.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพและการประเมินทางกายศาสตร์โดย SERFA	60
4.4 การสัมผัสความสั่นสะเทือนของพนักงาน	62
4.5 ปัจจัยเสี่ยงของการสัมผัสความสั่นสะเทือนและความเสี่ยงต่อสุขภาพ	69
4.6 ผลการปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงาน	76
4.7 การพัฒนาโปรแกรมเฝ้าระวัง Ergo Ocare Vibration	85
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล	89
5.1 สถานการณ์การสัมผัสความสั่นสะเทือนจากการศึกษาในประเทศไทย	89
5.2 การรับสัมผัสความสั่นสะเทือนจากสภาพแวดล้อมการทำงานของแรงงานไทย	90
5.3 ปัจจัยเสี่ยงของการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน	90
5.4 ผลกระทบต่อสุขภาพของแรงงานในประเทศไทยจากความสั่นสะเทือน	91
5.5 ผลการปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงานเพื่อลดการสัมผัสความสั่นสะเทือน	93
5.6 การพัฒนาเครื่องมือผ่านโปรแกรมการเฝ้าระวังการสัมผัสความสั่นสะเทือน Ergo Ocare Vibration	94
5.7 ข้อเสนอแนะ	94
บรรณานุกรม	97
ภาคผนวก	103
ภาคผนวก ก แบบประเมิน Self-Ergonomic Risk Factor Assessment (SERFA)	104
ภาคผนวก ข จริยธรรมวิจัยในมนุษย์	105
ภาคผนวก ค Certificate นำเสนอผลงานในงานประชุมวิชาการนานาชาติ	107
ภาคผนวก ง บทความวิจัยที่เผยแพร่ในวารสาร TCI	108

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เครื่องมือประเมินการสัมผัสจากความสั่นสะเทือนที่มือและแขน ผลการศึกษา ระหว่างปี พ.ศ. 2558-2568	16
ตารางที่ 2.2 เครื่องมือประเมินการสัมผัสจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ผลการศึกษา ระหว่างปี พ.ศ. 2558-2568	17
ตารางที่ 2.3 ระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่มือและแขน (Hand-Arm Vibration) จำแนกตามอาชีพ	18
ตารางที่ 2.4 ระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย (Whole-body vibration) จำแนกตามอาชีพ	20
ตารางที่ 2.5 ความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (WBV) ที่รวบรวมและวิเคราะห์จากฐานข้อมูล (Database) ในต่างประเทศ จำแนกตามประเภทหรือชนิดของรถ	23
ตารางที่ 2.6 ค่าความสั่นสะเทือนที่มือและแขน (HAV) ที่รวบรวมและวิเคราะห์จาก ฐานข้อมูล (Database) ในต่างประเทศ จำแนกตามประเภทเครื่องมือ	24
ตารางที่ 3.1 เกณฑ์ระดับความเสี่ยงทางการยศาสตร์ต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือนด้วยวิธี SERFA	35
ตารางที่ 3.2 โมเดลการทดสอบการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนในผู้ขับรถแทรกเตอร์	38
ตารางที่ 3.3 โมเดลการทดสอบการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนในผู้ขับรถยก	38
ตารางที่ 3.4 การวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายขณะอาสาสมัครนั่งบนรถแทรกเตอร์หลัง ปรับปรุงเพื่อลดการสัมผัสความสั่นสะเทือน	45
ตารางที่ 3.5 การวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายขณะอาสาสมัครนั่งบนรถโฟล์คลิฟท์หลัง ปรับปรุงเพื่อลดการสัมผัสความสั่นสะเทือน	46
ตารางที่ 3.6 เมตริกความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสั่นสะเทือนต่อการปวดหลัง	48
ตารางที่ 3.7 มาตรฐานตัวแปร	50
ตารางที่ 4.1 จำนวน (ร้อยละ) ของผู้ปฏิบัติงานจำแนกตามปัจจัยลักษณะส่วนบุคคล (n= 95)	53
ตารางที่ 4.2 จำนวน (ร้อยละ) ของผู้ปฏิบัติงานจำแนกตามปัจจัยการทำงาน (n= 95)	54
ตารางที่ 4.3 ความเร็วรอบสูงสุดในการใช้งานของรถแทรกเตอร์ (Tractor)	55
ตารางที่ 4.4 น้ำหนักปกติที่ใช้ในการยกของรถยก (Forklift)	56

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.5 ระดับการรับรู้ความรู้สึกไม่สบายของระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก พิจารณาจากความสัมพันธ์กับความรุนแรงตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย (n=95)	57
ตารางที่ 4.6 ความชุก (ร้อยละ) ของอาการรู้สึกไม่สบายทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้าง กระดูกตามตำแหน่งต่างๆ ของร่างกาย ที่ระดับปานกลางขึ้นไป (n=95)	58
ตารางที่ 4.7 ระดับความรู้สึกไม่สบายทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกของ ผู้ปฏิบัติงาน (n= 95)	60
ตารางที่ 4.8 จำนวน (ร้อยละ) ของพนักงานจำแนกระดับความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วย วิธี SERFA (n= 95)	61
ตารางที่ 4.9 จำนวน (ร้อยละ) ของพนักงานจำแนกตามระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพทาง ความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (n= 95)	62
ตารางที่ 4.10 จำนวน (ร้อยละ) ของพนักงานที่สัมผัสความสั่นสะเทือน A(8) จำแนกเป็น 3 ระดับ (n=95)	63
ตารางที่ 4.11 จำนวน (ร้อยละ) ของพนักงานที่สัมผัสความสั่นสะเทือน A(8) จำแนกเป็น 4 ระดับ (n=95)	64
ตารางที่ 4.12 ตาราง 2x2 Vibration level 0.5 m/s ² (Gold Standard- 2,3) and Risk matrix ยอมรับไม่ได้ (3,4,5)	68
ตารางที่ 4.13 ตาราง 2x2 Vibration level 0.5 m/s ² ผลทดสอบ ความไว ความจำเพาะ ค่าทำนาย และความถูกต้อง	68
ตารางที่ 4.14 ตาราง 2x2 Vibration level >0.75 m/s ² and Risk matrix ระดับยอมรับ ไม่ได้ (4,5) หรือ (3,4,5)	69
ตารางที่ 4.15 ความสัมพันธ์ของลักษณะส่วนบุคคล ลักษณะการทำงาน และการรับสัมผัส ความสั่นสะเทือน วิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (n= 95)	70
ตารางที่ 4.16 ความสัมพันธ์ของความเสี่ยงทางการยศาสตร์ SERFA ความเสี่ยงต่อสุขภาพ และ การสัมผัสความสั่นสะเทือนเกิน 0.75 m/s ² วิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (n= 95)	71
ตารางที่ 4.17 ปัจจัยเสี่ยงของการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนวิเคราะห์แบบตัวแปรเชิง พหุโลจิสติก (n=95)	72

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ลักษณะการทำงาน และความเสี่ยง ต่อสุขภาพวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (n= 95)	73
ตารางที่ 4.19 ความสัมพันธ์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis) ระหว่างการรับสัมผัส ความสั่นสะเทือน และความเสี่ยงต่อสุขภาพด้านความผิดปกติทางระบบ กล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (n= 95)	74
ตารางที่ 4.20 ความสัมพันธ์ของการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนกับความเสี่ยงต่อสุขภาพ จากการวิเคราะห์แบบตัวแปรเชิงพหุคูณ	75
ตารางที่ 4.21 จำนวน (ร้อยละ) ของพนักงานที่มีการสัมผัสความสั่นสะเทือน หลังปรับปรุง จำแนกเป็น 3 ระดับการสัมผัส เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ A(8) (n=95)	77
ตารางที่ 4.22 จำนวน (ร้อยละ) ของพนักงานที่มีการสัมผัสความสั่นสะเทือน หลังปรับปรุง จำแนกเป็น 4 ระดับความเสี่ยง เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ A(8) (n=95)	77
ตารางที่ 4.23 ค่าสัดส่วนร่างกายของพนักงานขับรถยกและรถแทรกเตอร์ (cm)	79
ตารางที่ 4.24 ข้อมูลสัดส่วนของเก้าอี้จากการวัดขนาดเบาะรถแทรกเตอร์และรถยก	79
ตารางที่ 4.25 ความสั่นสะเทือน (WBV) เปรียบเทียบก่อนและหลังการออกแบบใช้วัสดุ ดูดซับความสั่นสะเทือนที่เบาะนั่งของรถยกและรถแทรกเตอร์	82
ตารางที่ 4.26 ความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานจากการสัมผัสความสั่นสะเทือน เปรียบเทียบก่อนและหลังการออกแบบวัสดุดูดซับ	83
ตารางที่ 4.27 คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของพนักงาน เปรียบเทียบก่อนและหลังการ ออกแบบวัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนในเบาะนั่งรถยก	84
ตารางที่ 4.28 คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานกับรถแทรกเตอร์หลังการออกแบบ วัสดุเสริมดูดซับความสั่นสะเทือนที่เบาะเสริมรองนั่ง	84
ตารางที่ 4.29 ค่าความสอดคล้องระหว่างผลของโปรแกรมและกระดาษ (n=37)	87

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)	6
ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลสำหรับทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบ	15
ภาพที่ 2.2 ระดับความสั่นสะเทือนที่มือและแขน (Hand arm vibration)	18
ภาพที่ 2.3 ระดับความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole-body vibration)	19
ภาพที่ 2.4 ผลกระทบต่อสุขภาพจากความสั่นสะเทือนที่มือและแขน และความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย	21
ภาพที่ 2.5 การจัดการผลกระทบจากความสั่นสะเทือนที่มือและแขน (n=3)	21
ภาพที่ 2.6 การจัดการผลกระทบจากความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (n=5)	22
ภาพที่ 3.1 Musculoskeletal Disorders Severity and Frequency Questionnaires (MSFQ)	34
ภาพที่ 3.2 Self-Ergonomic Risk Factor Assessment (SERFA)	36
ภาพที่ 3.3 (ก) เครื่อง MANUAL SV-106 (ข) หัววัดความสั่นสะเทือน	37
ภาพที่ 3.4 การออกแบบยางไนไตรล์ที่ใช้เป็นวัสดุลดความสั่นสะเทือนในรถแทรกเตอร์	39
ภาพที่ 3.5 การออกแบบยางบิวไทล์ที่ใช้เป็นวัสดุลดความสั่นสะเทือนในรถโฟล์คลิฟท์	41
ภาพที่ 3.6 ระยะการศึกษาวิจัยและพัฒนา	42
ภาพที่ 3.7 การติดตั้งอุปกรณ์วัดความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (A) ที่เบาะนั่งรถโฟล์คลิฟท์ (B) ที่เบาะนั่งรถแทรกเตอร์	43
ภาพที่ 3.8 Application Ergo Ocare Occupational Vibration	45
ภาพที่ 4.1 ตำแหน่งที่มีการรายงานอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก ในรอบ 1 เดือนที่ผ่านมาโดยไม่จำแนกตามระดับความผิดปกติ (n=95)	57
ภาพที่ 4.2 ความชุก (ร้อยละ) ของตำแหน่งที่มีการรายงานอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก ตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไป ในรอบ 1 เดือนที่ผ่านมาในกลุ่มขับรถแทรกเตอร์ (n=59)	59
ภาพที่ 4.3 ความชุก (ร้อยละ) ของตำแหน่งที่มีการรายงานอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก ตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไป ในรอบ 1 เดือนที่ผ่านมา ในกลุ่มขับรถยก (n=36)	59
ภาพที่ 4.4 ผลเปรียบเทียบความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดย SERFA ของพนักงานจำแนกเป็น 4 ระดับในพนักงานขับรถแทรกเตอร์และขับรถยก	61
ภาพที่ 4.5 ความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานขับรถแทรกเตอร์และรถยกที่จำแนกเป็น 5 ระดับ	62
ภาพที่ 4.6 ร้อยละของพนักงานจำแนกตามระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่จำแนกเป็น 3 ระดับ	64
ภาพที่ 4.7 ร้อยละของพนักงานที่จำแนกตามระดับความเสี่ยงของการสัมผัสความสั่นสะเทือน 4 ระดับ	65

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือน 4 ระดับ และระดับความเสี่ยงทางการยศาสตร์	66
ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของการสัมผัสความสั่นสะเทือน A(8) และคะแนนความเสี่ยงต่อสุขภาพ	66
ภาพที่ 4.10 การสัมผัสความสั่นสะเทือนเปรียบเทียบ A(8) ของพนักงาน หลังการปรับปรุง จำแนกเป็น 4 ระดับความเสี่ยงของการสัมผัส	78
ภาพที่ 4.11 ผลเปรียบเทียบระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนของพนักงานก่อนและหลัง การปรับปรุงที่จำแนกเป็น 3 ระดับเปรียบเทียบกับมาตรฐาน A(8)	78
ภาพที่ 4.12 ขนาดเบาะนั่งรถยกและการออกแบบวัสดุภายในโดยการเสริมแผ่นยางบิวไทล์ และฟองน้ำ	80
ภาพที่ 4.13 ขนาดเบาะรองนั่งรถแทรกเตอร์ด้วยการออกแบบที่ใช้วัสดุแผ่นยางไนไตรล์ เสริมภายในเบาะรองนั่งเพื่อดูดซับความสั่นสะเทือนในช่วงความถี่ต่ำช่วง 5-25 Hz	81
ภาพที่ 4.14 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม Ergo Ocare Vibration สำหรับการเฝ้าระวัง การสัมผัสความสั่นสะเทือน	85
ภาพที่ 4.15 ทดสอบความสอดคล้องของคะแนน HRA ด้วยกราฟ Bland-Altman	87

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันแรงงานในประเทศไทยมีปัจจัยคุกคามต่อสุขภาพจากการประกอบอาชีพด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานหลายด้าน ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญด้านสภาพแวดล้อมการทำงาน คือ เหตุคุกคามทางกายภาพที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ จากการรายงานสถิติในปี 2563-2567 มีแรงงานไทยประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานด้วยเหตุดังกล่าว จำนวน 202 ราย ในจำนวน 5,231 รายของผู้ประสบอันตรายทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 3.82 ซึ่งการสัมผัสความสั่นสะเทือนเป็นเหตุปัจจัยคุกคามที่รายงานว่าโรคจากการทำงานที่ส่งผลต่อหยุดงานดังกล่าว (กองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน, 2568)

กลุ่มอาชีพที่ได้รับรายงานว่ามีการสัมผัสความสั่นสะเทือนในระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ จากการศึกษามาก่อนหน้านี้พบว่ามีทั้งในภาคอุตสาหกรรม การผลิต กลุ่มพนักงานคลังสินค้า ขับรถยก (Forklift) (อนุวัฒน์ คงเจริญ สุณิสสา ชายเกลี้ยง และวิชัย พงษ์ธาราธิกุล, 2568) ในภาคการเกษตร พบรายงานในผู้ขับรถแทรกเตอร์ (ประกาศิต ทอนช่วย และพรรณวดี สิงห์แก้ว, 2564) และพบเช่นกันในการก่อสร้างเขื่อน (สุภาวดี บุญจง พรทิพย์ เย็นใจ และปวีณา มีประดิษฐ์, 2560; Upadhyay, Kumar & Bhattacharjee, 2025) ซึ่งมีลักษณะงานการควบคุมและขับเคลื่อนเครื่องจักรในสภาพที่การทำงานนั้นๆ ที่มีการสั่นสะเทือนในช่วงระดับความถี่ 0.5-20 เฮิรตซ์ (Hertz; Hz) หากได้รับสัมผัสตลอด 8 ชั่วโมงการทำงาน A(8) เกินค่ามาตรฐานขีดจำกัดการสัมผัสที่ปลอดภัย (Exposure Limit Value: ELV) คือ 1.15 m/s^2 (EUR-Lex, 2002) แล้วจะส่งผลให้เกิดอาการบาดเจ็บทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก และผลกระทบต่อสุขภาพรุนแรงตามมาได้ (Gillin et al., 2006)

จากการศึกษาทางระบาดวิทยาโดยหน่วยงานทางความปลอดภัยและอาชีวอนามัยของสหรัฐอเมริกา (NIOSH) พบว่าการสัมผัสกับความสั่นสะเทือนเป็นเวลานานมีความสัมพันธ์กับการเกิดความผิดปกติของร่างกาย ที่ระดับความถี่ต่างๆ คือ สัมผัสความถี่ 2 Hz อาจมีผลต่ออาการชาที่ปลายมือปลายเท้า ความถี่ตั้งแต่ระดับ 3-26 Hz มีผลกระทบต่อระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (Musculoskeletal disorders: MSDs) และมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บที่กระดูกสันหลัง ซึ่งเป็นผลจากความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole-Body Vibration: WBV) ที่มีรายงานในคนขับรถแทรกเตอร์ซึ่งได้สัมผัสกับความสั่นสะเทือนในระดับสูงและส่งผลกระทบบต่อกระดูกสันหลังส่วนเอว (Singh et al., 2021) นอกจากนั้นผลกระทบจากการสัมผัสที่ส่งผลต่อการรับรู้ความรู้สึกไม่สบายในตำแหน่งต่าง ๆ ทางกล้ามเนื้อรับรู้อาการได้ ขึ้นกับอัตราความเร่งของความสั่นสะเทือนตั้งแต่ระดับเล็กน้อย คือสัมผัสความสั่นสะเทือนเฉลี่ยความเร่งต่ำกว่า 0.5 m/s^2 ถึงระดับปานกลาง คือช่วง $0.5 - 1.1 \text{ m/s}^2$ และระดับมาก คือช่วง $1.1 - 2 \text{ m/s}^2$ และระดับรุนแรงมากที่สุด

คือสูงกว่า 2 m/s^2 (สุนิสา ชายเกลี้ยง, 2561ข) ทั้งนี้ ผลกระทบจากการได้รับสัมผัสความสั่นสะเทือนจะสูงขึ้นเมื่อสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกายอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสัมพันธ์กับการเกิดปัญหาโรคทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (MSDs) ของแรงงานไทยที่มาเป็นอันดับหนึ่งของกลุ่มโรคหรือการประสบอันตรายจากการทำงาน โดยเฉพาะอาการปวดหลังส่วนล่าง ปวดคอ รวมถึงภาวะเสื่อมของกระดูกสันหลังและหมอนรองกระดูก (กองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน, 2568) หากได้รับความสั่นสะเทือนที่เวลามากขึ้นจะยังมีผลต่อกระดูกสันหลังส่วนเอวมากขึ้น (Singh, 2021) อันอาจส่งผลต่ออุบัติการณ์การโรคปวดหลัง ซึ่งเป็นโรคที่เกิดขึ้นตามลักษณะหรือสภาพของงานเนื่องจากการทำงานที่รายงานสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ในแรงงานของประเทศไทย (กองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน, 2568)

โดยการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าอาชีพที่มีการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนจากการใช้เครื่องจักร ยานพาหนะในการทำงาน คือ ผู้ปฏิบัติงานขับรถแทรกเตอร์ทางการเกษตรที่มีความสั่นสะเทือนสูงขณะทำงาน ประกอบกับการทำงานในท่าทางที่ไม่ถูกต้องตามหลักกายศาสตร์ ระยะการทำงานที่ติดต่อกันยาวนาน และปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน ส่งผลต่อความผิดปกติบริเวณหลังส่วนล่าง (Low Back Pain) ถึงร้อยละ 80 (Bordignon et al., 2018; Singh, 2021) โดยว่ามีความสัมพันธ์ของเหตุความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายการปวดหลังส่วนล่างของพนักงาน (Samuel et al., 2018) และผลการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์จากการใช้เครื่องมือประเมินท่าทางในการทำงานที่พิจารณาปัจจัยความสั่นสะเทือนร่วมในแบบประเมินนั้น พบว่ากลุ่มที่มีระดับเสี่ยงสูงมีความสัมพันธ์กับอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกของผู้ขับรถแทรกเตอร์ในกิจกรรมทางการเกษตร (อนุสิทธิ์ ศรีพันธ์ และสุนิสา ชายเกลี้ยง, 2568)

ซึ่งผลกระทบเหล่านี้อาจก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพเรื้อรัง ลดประสิทธิภาพในการทำงานของแรงงาน เพิ่มต้นทุนการรักษาพยาบาลจากการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องและเพิ่มอัตราการลาออกหรือขาดงาน จนส่งผลต่อผลิตภาพโดยรวมของประเทศได้ การศึกษาที่ผ่านมาด้านการป้องกันหรือลดการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนในผู้ปฏิบัติงานนั้นเน้นการออกแบบโดยหลักการเลือกใช้วัสดุ เช่น วัสดุเสริมเบาะรองนั่งเพื่อลดการสัมผัสแรงสั่นสะเทือนแบบจำกัดตามสรีระบุคคล (Kongjaroen et al., 2025) และอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลประเภทถุงมือยางเพื่อป้องกันที่มีมือและแขน (ณัฐพงศ์ ม้าเทศ และคณะ, 2568) แต่มาตรการเพื่อลดการบาดเจ็บจากการทำงานในกลุ่มเสี่ยงในระยะยาวนั้นยังขาดเครื่องมือในการประเมินความเสี่ยง การติดตามเฝ้าระวังทางอาชีวอนามัยต่อการสัมผัสปัจจัยด้านความสั่นสะเทือนจากการทำงาน เพื่อจัดทำมาตรการจัดการได้ในระยะต่อไป จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยและพัฒนาเครื่องมือที่เหมาะสมในการประเมินเฝ้าระวังการสัมผัสความสั่นสะเทือนในกลุ่มเสี่ยงไม่ให้สัมผัสเกินปริมาณ (Dose) หรือค่ามาตรฐานการสัมผัส

นอกจากนั้นจากสถิติของกองทุนเงินทดแทนที่ผ่านมายังมีข้อมูลที่ยังจำกัดด้านสถานการณ์ของโรคหรือการประสบอันตรายด้วยเหตุจากปัจจัยคุกคามในการทำงานด้านความสั่นสะเทือน โดยระหว่างปี 2563-2567 พบรายงานเพียง 1 ราย ซึ่งรุนแรงระดับหยุดงานไม่เกิน 3 วัน (กองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม

กระทรวงแรงงาน, 2568) นั้น ในการศึกษาสถานการณ์จากสภาพแวดล้อมในการทำงานที่มีความสิ้นเปลือง โดยใช้การทบทวนอย่างเป็นระบบจากรายงานวิจัยที่ผ่านมาด้านการสัมผัสความสิ้นเปลืองจากการทำงานในประเทศไทยจะทำให้เห็นภาพรวมแนวโน้มของกลุ่มเสี่ยงจากการทำงาน เพื่อสามารถใช้ข้อมูลจากศึกษานี้เป็นประโยชน์ในการเฝ้าระวังการสัมผัสความสิ้นเปลืองในกลุ่มเสี่ยง และการได้มาซึ่งเครื่องมือในการเฝ้าระวังทางอาชีวอนามัยด้านการสัมผัสความสิ้นเปลืองของแรงงานในประเทศไทย จะเป็นประโยชน์ในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพที่รุนแรงขึ้นของการสัมผัสความสิ้นเปลืองจากการทำงานของลูกจ้างต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาสถานการณ์ด้านการสัมผัสความสิ้นเปลืองจากสภาพแวดล้อมการทำงานที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของแรงงานในประเทศไทย
- 1.2.2 เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องมือในการประเมินการสัมผัสความสิ้นเปลืองที่เป็นอันตรายและความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสความสิ้นเปลือง
- 1.2.3 เพื่อศึกษาผลการปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงานที่สามารถลดการสัมผัสความสิ้นเปลืองในงานที่มีความเสี่ยงสูงต่อการสัมผัสความสิ้นเปลือง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 3 ระยะการศึกษา โดยระยะที่ 1 เป็นการทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นอย่างเป็นระบบ และระยะที่ 2 และระยะที่ 3 เป็นการวิจัยและพัฒนา ระยะนี้ของการศึกษาวิจัยใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) จำแนกออกเป็นวิจัยและพัฒนา ระยะ 1 คือ สำรวจ ศึกษา (ระยะที่ 2) วิจัยและพัฒนา ระยะ 2 (ระยะที่ 3) เพื่อให้สามารถตอบวัตถุประสงค์งานวิจัยครบถ้วนทั้ง 3 ข้อ ดังนี้

- 1.3.1 ระยะที่ 1 การทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบ ดำเนินการโดยการทบทวนงานวิจัยในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาเพื่อศึกษาสถานการณ์การสัมผัสความสิ้นเปลืองของแรงงานไทย ผลกระทบจากการสัมผัสความสิ้นเปลือง ระดับความสิ้นเปลืองที่สัมผัส และการปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงานที่มีความสิ้นเปลืองของแรงงานในประเทศไทย
- 1.3.2 ระยะที่ 2 วิจัยและพัฒนา ระยะ 1 ดำเนินการโดยการลงพื้นที่สำรวจและประเมินการสัมผัสความสิ้นเปลืองที่เป็นความสิ้นเปลืองแบบทั้งร่างกาย (WBV) ในกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครผู้ขับรถยกและรถแทรกเตอร์ ตามการคำนวณตัวอย่าง จำนวน 95 คน เพื่อประเมินการสัมผัสความสิ้นเปลืองแบบทั้งร่างกาย (WBV) และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสความสิ้นเปลืองของผู้ขับรถยกและรถแทรกเตอร์
- 1.3.3 ระยะที่ 3 วิจัยและพัฒนา ระยะ 2 ดำเนินการโดยศึกษาการลดการสัมผัสความสิ้นเปลืองแบบทั้ง

ร่างกายจากการปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงาน และพัฒนาเครื่องมือประเมินการสัมผัสความสั่นสะเทือน ในอาสาสมัครกลุ่มเสี่ยงต่อการรับสัมผัสแรงสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย (WBV) คือ ผู้ขับขี่รถแทรกเตอร์และรถยก อย่างน้อย 31 คน

1.4 สมมุติฐาน

- 1.4.1 แรงงานกลุ่มเสี่ยงสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย (WBV) ที่มีผลกระทบด้านระดับความรู้สึกไม่สบายทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกบริเวณหลัง หรือบริเวณอื่น ๆ ของร่างกาย เช่น คอ
- 1.4.2 แรงงานกลุ่มเสี่ยงมีระดับสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย ในระดับที่อันตรายต่อสุขภาพเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานความปลอดภัยของความสั่นสะเทือน
- 1.4.3 การปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงาน คือ มาตรการลดความเร็ว หรือการปรับปรุงเบาะโดยวัสดุลดการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่เบาะนั่ง สามารถลดระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกายได้

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

- 1.5.1 ความสั่นสะเทือน (Vibration) หมายถึง ความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย (Whole-Body Vibration: WBV) ที่เกิดจากแรงสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านจากพื้นหรือโครงสร้างมายังร่างกายทั้งหมด โดยเฉพาะกระดูกสันหลังในผู้ขับขี่หรือผู้ปฏิบัติงานบนยานพาหนะ เช่น รถแทรกเตอร์ รถยก ทั้งในอุตสาหกรรมและการเกษตร เป็นต้น ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพด้านความเสี่ยงต่ออันตรายจากระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือน (WBV) จากการทำงานประเมินได้จากการใช้เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน
- 1.5.2 ความเสี่ยงต่ออันตรายจากความสั่นสะเทือน หมายถึง ระดับความเสี่ยงของอันตรายหรือระดับอาการที่เป็นผลกระทบด้านความรู้สึกไม่สบายทางกาย ซึ่งสามารถประเมินโดยใช้แบบสอบถามความรุนแรงและความถี่ของอาการรู้สึกไม่สบายทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกจากการทำงาน (Musculoskeletal disorders Frequency and Severity questionnaires; MSFQ) และจัดระดับความรุนแรงของอาการได้ เป็น 4 ระดับ คือ เล็กน้อย ปานกลาง รุนแรง รุนแรงมาก
- 1.5.3 ความเสี่ยงต่อการสัมผัสปัจจัยความสั่นสะเทือน คือ ความเสี่ยงที่ได้จากการใช้เครื่องมือประเมินปัจจัยเสี่ยงทางกายศาสตร์การทำงาน ที่ระบุระดับความเสี่ยงจากท่าทาง การทำงานและสภาพแวดล้อมการทำงานที่มีความสั่นสะเทือน โดยแบบประเมิน Self-Ergonomics Risk Factor Assessment (SERFA) ที่จัดระดับความเสี่ยง 4 ระดับเสี่ยง ต่ำ ปานกลาง สูง สูงมาก
- 1.5.4 ระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือน หมายถึง ผลการประเมินระดับความสั่นสะเทือนจากการใช้เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนโดยตรง (Vibration meter) ในพนักงาน ที่ได้ค่าระดับความสั่นสะเทือนซึ่งหน่วยวัด คือ เมตรต่อวินาที² (m/s^2) เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเฉลี่ยตลอด 8 ชั่วโมงการทำงาน [A(8)]

ของสหภาพยุโรป (EU-Directive 2002/44/EC) จำแนกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับเสี่ยงจากการสัมผัสที่ต้องควบคุม (Exposure Action Level $>0.5 \text{ m/s}^2$) และระดับเสี่ยงสูงเกินค่าขีดจำกัดการสัมผัส (Exposure Limit Level $>1.15 \text{ m/s}^2$)

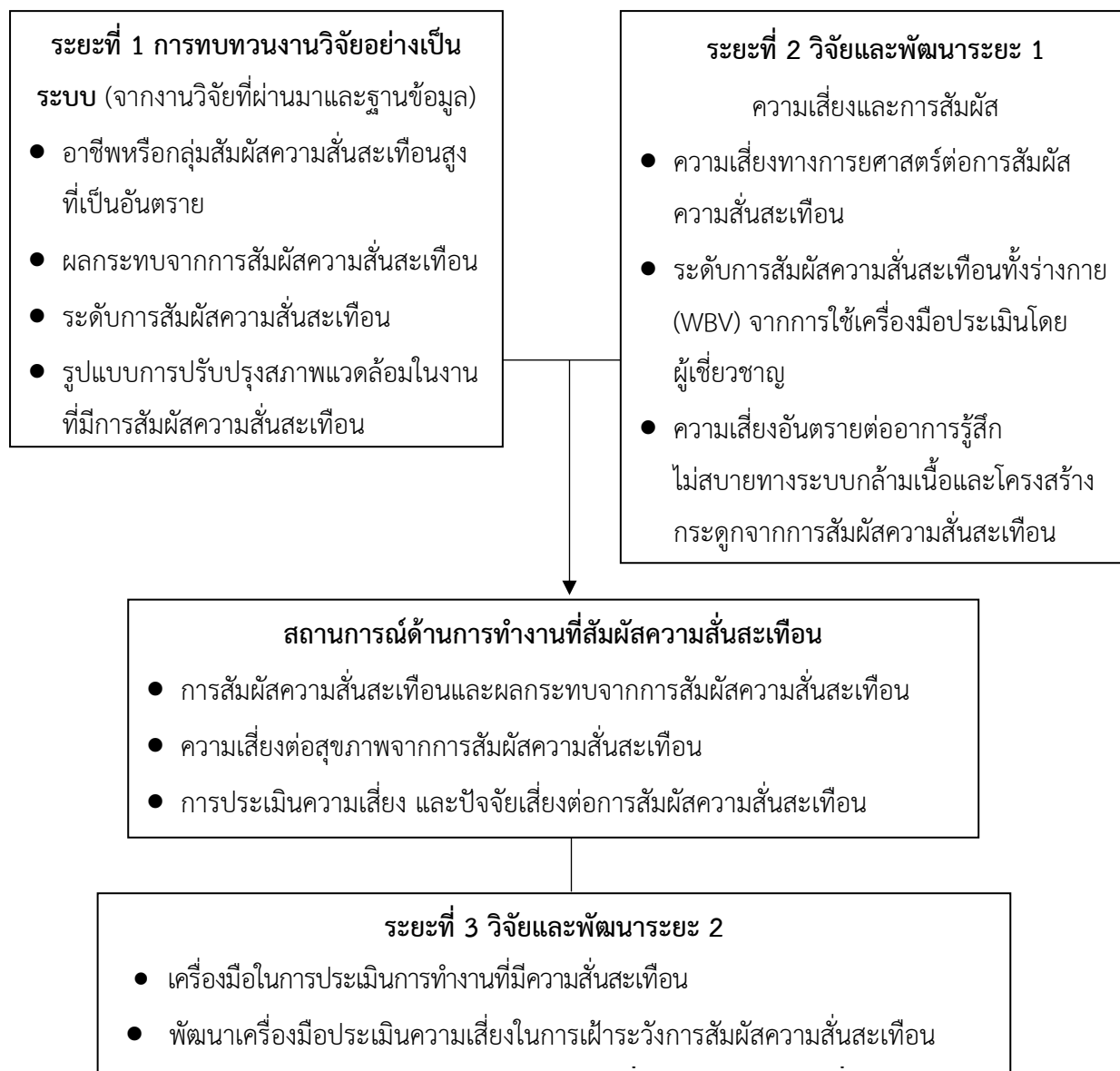
- 1.5.5 ความเสี่ยงต่อสุขภาพ หมายถึง ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสความสั่นสะเทือนในการเฝ้าระวังทางอาชีวอนามัยที่มาจากเมตริกความเสี่ยง ซึ่งพิจารณาร่วมกันจากผลการใช้เครื่องมือ MSFQ และ SERFA ที่แสดงผลผ่านการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั่วร่างกายบริเวณหลัง ระบุระดับความเสี่ยงเพื่อการเฝ้าระวัง จัดระดับความเสี่ยง 5 ระดับเสี่ยง ระดับยอมรับได้ ต่ำ ปานกลาง สูง สูงมาก

1.6 ประโยชน์ของการศึกษาวิจัย

- 1.6.1 ข้อมูลด้านผลกระทบต่อสุขภาพจากความสั่นสะเทือนและประสิทธิผลของการปรับปรุงสภาพแวดล้อมเพื่อลดการสัมผัสความสั่นสะเทือนของกลุ่มเสี่ยงสามารถเผยแพร่เป็นผลงานระดับนานาชาติ และเป็นแนวทางวางแผนการเฝ้าระวังสุขภาพแรงงานกลุ่มสัมผัสกับความสั่นสะเทือนสูงต่อไป
- 1.6.2 ได้เครื่องมือการประเมินการทำงานที่มีภาวะความสั่นสะเทือนเพื่อวางแผนการจัดทำโปรแกรมการเฝ้าระวังสุขภาพแรงงานกลุ่มสัมผัสกับความสั่นสะเทือนสูงจากการทำงานต่อไป
- 1.6.3 สามารถนำผลการวิจัยไปใช้เพื่อวางแผนจัดทำคู่มือแนวปฏิบัติในการจัดการความเสี่ยงทางความปลอดภัยและอาชีวอนามัยของกลุ่มเสี่ยงต่อการสัมผัสกับความสั่นสะเทือนจากการทำงาน และเสนอแนะการจัดทำเป็นมาตรฐานในการออกกฎหมายความปลอดภัย และคุ้มครองแรงงานได้

1.7 กรอบแนวคิด

ตามแผนผังกรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework) ที่ดำเนินการวิจัยเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ตัวแปร สมมติฐาน และขอบเขตงานวิจัย ในการศึกษาเพื่อให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ทั้ง 3 ข้อการศึกษาจึงกำหนดตามภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและการทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบ

2.1 ความหมาย มาตรฐาน การประเมินและการเฝ้าระวังการสัมผัสความสั่นสะเทือน

2.1.1 ความสั่นสะเทือน (Vibration)

ความสั่นสะเทือน (Vibration) เป็นปัจจัยคุกคามทางกายภาพจากการทำงานของมนุษย์ เกิดจากการส่งผ่านแรงจากเครื่องจักร ยานพาหนะ หรือเครื่องมือ สู่ร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งแบ่งตามแหล่งกำเนิดได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ ความสั่นสะเทือนบริเวณมือและแขน (Hand-arm Vibration: HAV) เกิดจากการจับหรือถืออุปกรณ์ เครื่องมือที่มีแรงสั่นสะเทือน ส่งผลต่อระบบหลอดเลือด ประสาทและกล้ามเนื้อ ที่อาจส่งผลให้เกิด Hand-Arm Vibration Syndrome (HAVS) และความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย (Whole-Body Vibration: WBV) เกิดจากแรงสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านจากพื้นหรือโครงสร้างมายังร่างกายทั้งหมด โดยเฉพาะกระดูกสันหลังในผู้ขับขี่หรือผู้ปฏิบัติงานบนยานพาหนะ และเครื่องจักรหนัก เช่น รถแทรกเตอร์ รถยก เครื่องจักรเคลื่อนย้ายทั้งในอุตสาหกรรมและการเกษตร เป็นต้น ซึ่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยหลักจากการสัมผัสความสั่นสะเทือนต่อสุขภาพและมีความสัมพันธ์กับการรับสัมผัส เป็นผลจากการสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย (WBV) ในอาชีพที่มีความเสี่ยงสูง (สุนิสา ชายเกลี้ยง, 2566)

การสัมผัสความสั่นสะเทือนสามารถอาศัยการวัดและประเมินผลตามมาตรฐานขององค์การระหว่างประเทศ (International Organization for Standardization; ISO) ที่ประเมินผลกระทบของความสั่นสะเทือนต่อสุขภาพ แบ่งออกเป็นความสั่นสะเทือนที่มีผลกระทบต่มือและแขน (HAV) อาศัยมาตรฐาน ISO 5349 และกรณีของผลกระทบทั้งร่างกายอาศัยมาตรฐาน ISO 2631 โดยใช้เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน (Vibration meter) ตามมาตรฐาน ISO 8041 ที่มีผลต่อการกำหนดความสั่นสะเทือนใน 8 ชั่วโมงการทำงาน หรือค่าความสั่นสะเทือนที่ขึ้นกับระยะเวลาที่สัมผัสกรณีประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพและการรับรู้ความไม่สบาย

2.1.2 มาตรฐานค่าขีดจำกัดการสัมผัสความสั่นสะเทือน

เนื่องจากประเทศไทยยังไม่ได้มีการกำหนดค่าขีดจำกัดความปลอดภัยต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือนสำหรับผู้ปฏิบัติงาน จึงต้องอาศัยมาตรฐานของต่างประเทศที่กำหนดขึ้นเพื่อการประเมินการสัมผัสความสั่นสะเทือน โดยทั่วไปประเทศที่พัฒนาแล้วจะมีกฎหมายและข้อบังคับที่ชัดเจนดังนี้

(1) สหภาพยุโรป (European Union - EU)

EU Directive 2002/44/EC สภาของสหภาพยุโรป ได้กำหนดค่าอ้างอิงบนพื้นฐานของการสัมผัส 8 ชั่วโมงทำงาน (8 Hours interval) หรือ A(8) สำหรับค่าขีดจำกัดการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย (Exposure limit value; ELV) กับค่าการสัมผัสความสั่นสะเทือนในระดับที่ต้องดำเนินการ (Exposure action value; EAV) ซึ่งระดับการเฝ้าระวังสุขภาพทั้ง WBV และ HAV สมาชิกสหภาพยุโรปแต่ละ

ประเทศต้องนำ Directive นี้ไปปรับใช้เป็นกฎหมายของตนเอง โดยค่าสำคัญสำหรับ HAV คือ $EAV = 2.5 \text{ m/s}^2$ (A(8)) ต้องเริ่มดำเนินการป้องกัน และ $ELV = 5.0 \text{ m/s}^2$ (A(8)) คือ ค่าสูงสุดที่ห้ามเกิน และสำหรับ WBV คือ $EAV = 0.5 \text{ m/s}^2$ (A(8)) ต้องเริ่มดำเนินการป้องกัน และ $ELV = 1.15 \text{ m/s}^2$ (A(8)) คือค่าสูงสุดที่ห้ามเกินเงื่อนไขในการปฏิบัติ ตามลำดับ

รวมทั้งกำหนดค่าปริมาณรับสัมผัสสะสม (Dose) เมื่อต้องทำงานสัมผัสกับความสั่นสะเทือนกรณีที่ไม่ต่อเนื่อง (Vibration Dose Value; VDV_{exp}) สำหรับค่าความสั่นสะเทือนสะสมในหน่วย $\text{m/s}^{1.75}$ เป็นหน่วยวัดความแรงของการสั่นสะเทือนที่ทำให้การประเมินความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการสั่นสะเทือนที่แม่นยำยิ่งขึ้น ซึ่งรวมถึงแรงกระแทกตามมาตรฐานของ ISO ของค่า VDV_{exp} ที่จะถูกใช้เพื่อประเมินบนพื้นฐานของการสัมผัส 8 ชั่วโมงทำงานหรือ A(8) การประเมินนี้จะใช้ค่าแกนตั้งฉากสูงสุดจากสามค่า ($1.4 VDV_{wx}$, $1.4 VDV_{wy}$ หรือ $1.0 VDV_{wz}$) ซึ่งกำหนดไว้สำหรับ WBV คือค่า Action level = $9.1 \text{ m/s}^{1.75}$ และ Limit level = $21.0 \text{ m/s}^{1.75}$

นอกจากกฎหมายแล้วจะมีข้อบังคับที่ชัดเจนเกี่ยวกับความสั่นสะเทือน คือ การประเมินความเสี่ยงซึ่งนายจ้างต้องประเมินความเสี่ยงจากการสั่นสะเทือนในที่ทำงานและควบคุมความเสี่ยง เมื่อถึงค่า EAV และต้องมีมาตรการลดความเสี่ยง เช่น การเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม การปรับปรุงและการบำรุงรักษาเครื่องจักร การปรับปรุงวิธีการทำงานหรือสภาพแวดล้อมการทำงาน การฝึกอบรม และการเฝ้าระวังสุขภาพ หากคนงานได้รับสัมผัสเกิน ELV หรือมีอาการผิดปกติ ต้องมีการตรวจสุขภาพเป็นประจำ

(2) สหราชอาณาจักร (United Kingdom - UK)

Control of Vibration at Work Regulations 2005 เป็นกฎหมายที่นำ Directive 2002/44/EC ของ EU มาใช้ในสหราชอาณาจักร มีค่า EAV และ ELV เดียวกันกับของ EU ทั้ง WBV และ HAV ซึ่งหน่วยงานกำกับดูแล คือ Health and Safety Executive (HSE) ซึ่งการปฏิบัติจะเน้นการประเมินความเสี่ยงอย่างละเอียด การวางแผนควบคุมความเสี่ยงตามลำดับ (เช่น การกำจัดความเสี่ยง การลดความเสี่ยงที่แหล่งกำเนิด การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล) และการเฝ้าระวังสุขภาพ

(3) เยอรมนี (Germany)

กฎหมายนำ Directive 2002/44/EC ของ EU มาใช้ในเยอรมนี ค่า EAV และ ELV เดียวกันกับของ EU และ ISO ทั้ง WBV และ HAV ที่กำหนด (1) Limit expose A(8) = 5 m/s^2 และ (2) Active expose A(8) = 2.5 m/s^2 2) ค่าใช้ผล Whole Body Vibration คือ Limit Expose A(8) = 1.15 m/s^2 ที่แกน (axes) -X and -Y และ A(8) = 0.8 m/s^2 ที่ axis-z Active Expose = 0.5 m/s^2

การปฏิบัติจะเน้นการประเมินความเสี่ยงอย่างละเอียด การวางแผนควบคุมความเสี่ยงตามลำดับ และการเฝ้าระวังสุขภาพ

(4) สหรัฐอเมริกา (United States - US)

สหรัฐอเมริกายังไม่มีมาตรฐานภาคบังคับของรัฐบาลกลางที่ครอบคลุมสำหรับ HAV หรือ WBV โดยเฉพาะในลักษณะเดียวกับ EU หรือ UK ซึ่งมี NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) กำหนดคำแนะนำและแนวทางปฏิบัติเกี่ยวกับการลดความเสี่ยงจาก HAV และ WBV ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไปตามมาตรฐาน ISO และ ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) มีค่าขีดจำกัดที่แนะนำ (Threshold Limit Values - TLVs) สำหรับ HAV และ WBV ซึ่งเป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม โดย กำหนดดังนี้

4.1) HAV TLV: 4 m/s^2 (A(8)) สำหรับการรับสัมผัสสูงสุด 4 ชั่วโมงต่อวัน และมีการปรับลดค่าลงหากมีการรับสัมผัสเกิน 4 ชั่วโมง

4.2) คนสามารถ กำหนดค่า WBV TLV มีค่าที่ซับซ้อนขึ้นอยู่กับทิศทางการสั่นสะเทือนและเวลาการรับสัมผัส

การปฏิบัติของบริษัทต่าง ๆ มักจะใช้แนวทางของ NIOSH และ ACGIH ในการจัดการความเสี่ยง และกำหนดระดับความสั่นสะเทือน (Exposure Level) ที่ยอมให้สัมผัสได้ตามระยะเวลาสัมผัส

ความถี่ของการสั่นสะเทือน ACGIH คำนึงถึงความถี่เป็นพื้นฐาน (Frequency based limit) ขีดจำกัดของความถี่ของความสั่นสะเทือนที่วัดอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 2531 อยู่ในช่วงความถี่ 1 Hz ถึง 80 Hz ที่วัดตามแนวแกน อาจส่งผลกระทบต่อระดับความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (Musculoskeletal signs) อาการของระบบไหลเวียนเลือด (Vascular signs and symptom) ประสาทรับสัมผัสความรู้สึก (Sensorineural signs and symptom) และกลุ่มอาการ Hand arm vibration syndrome (HAVS) ได้ตามความระดับความรุนแรง

(5) ญี่ปุ่น

Industrial Safety and Health Act มีข้อกำหนดทั่วไปเกี่ยวกับการป้องกันอันตรายจากการทำงาน รวมถึงความสั่นสะเทือน Guideline for the Prevention of Vibration Syndrome: กระทรวงแรงงานญี่ปุ่นมีแนวทางเฉพาะสำหรับการป้องกันกลุ่มอาการจากการสั่นสะเทือน (Vibration Syndrome) ซึ่งมักจะอ้างอิงค่าจาก ISO หรือคล้ายคลึงกัน การปฏิบัติคือ เน้นการตรวจสุขภาพเป็นประจำปีสำหรับผู้ที่ทำงานกับเครื่องมือสั่นสะเทือน การปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงาน การลดเวลาการสัมผัส และการใช้อุปกรณ์ป้องกัน

(6) ออสเตรเลีย

Work Health and Safety (WHS) Regulations: แต่ละรัฐและเขตปกครองของออสเตรเลียมีกฎหมาย WHS ของตนเองที่ครอบคลุมถึงอันตรายจากการสั่นสะเทือน โดยมักจะอ้างอิงมาตรฐาน ISO โดยหน่วยงาน Safe Work Australia ได้ออกคู่มือปฏิบัติ (Code of practice) สำหรับการจัดการความเสี่ยง

จาก HAV และ WBV ซึ่งให้คำแนะนำอย่างละเอียดในการประเมินความเสี่ยงและมาตรการควบคุม

ดังนั้น สรุปได้ว่ากฎหมายหรือค่ามาตรฐานที่กำหนดในแต่ละประเทศ มักจะคล้ายคลึงกับมาตรฐาน ISO ที่กำหนด Action level (0.5 m/s^2) และ Limit level (1.15 m/s^2) ของค่า WBV หรือค่า EAV และ ELV ของสหภาพยุโรป โดยเงื่อนไขและหลักการปฏิบัติทั่วไปมีหลักการพื้นฐานในการจัดการความเสี่ยงจากการสั่นสะเทือนคล้ายกัน ของการกำหนดให้มีการประเมินความเสี่ยง มาตรการควบคุมตามลำดับความเสี่ยง และการเฝ้าระวังสุขภาพ ซึ่งประเทศไทยสามารถยึดเป็นแนวทางเพื่อกำหนดค่าอ้างอิงของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานที่สัมผัสความสั่นสะเทือนได้

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)

อาศัยหลักระบุแหล่งกำเนิดความสั่นสะเทือน (เช่น เครื่องมือ อุปกรณ์ ยานพาหนะ) วัดระดับความสั่นสะเทือน (โดยผู้เชี่ยวชาญ) และประเมินการรับสัมผัสของพนักงาน ประเมินระยะเวลาและความถี่ในการสัมผัส พิจารณาปัจจัยอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ สุขภาพของพนักงาน

การควบคุมความเสี่ยง (Risk Control)

การกำจัด (Elimination): หากเป็นไปได้ ให้กำจัดงานที่ก่อให้เกิดความสั่นสะเทือน

การทดแทน (Substitution): เปลี่ยนไปใช้อุปกรณ์หรือกระบวนการที่มีความสั่นสะเทือนน้อยกว่า

ควบคุมทางวิศวกรรม (Engineering Controls): เลือกใช้อุปกรณ์ที่มีการออกแบบลดการสั่นสะเทือน (เช่น มีระบบกันสะเทือน) และบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ

ออกแบบสถานงานและเบาะนั่งให้มีการลดการสั่นสะเทือน (สำหรับ WBV)

ใช้นวนกันสั่นสะเทือน (การบริหารจัดการ (Administrative Controls))

จำกัดเวลาการทำงานที่ต้องสัมผัสความสั่นสะเทือน (Rotation of workers) ให้มีการพักเบรกอย่างเหมาะสม

การฝึกอบรมพนักงานเกี่ยวกับความเสี่ยงและวิธีการทำงานที่ปลอดภัย

จัดอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment - PPE) ให้ถุงมือป้องกันความสั่นสะเทือน (สำหรับ HAV) - แม้จะมีประสิทธิภาพจำกัด แต่สามารถช่วยลดความเสี่ยงได้ และไม่ควรรีงพา PPE เป็นมาตรการหลัก

2.1.3 การประเมินโดยใช้เครื่องมือวัด

การวัดความสั่นสะเทือนต่อมนุษย์ เครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters) ที่ใช้สำหรับการวัดความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (WBV) ได้ถูกติดตั้งตามมาตรฐาน ISO 2631-1 (สุนิสา ชายเกลี้ยง (2561ก) ซึ่งมีส่วนประกอบหลักคือเครื่องวัดและหัววัดที่ติดตั้งตามแนวแกน X, Y และ Z โดยได้มีการสอบเทียบความตรงของเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ตามมาตรฐานสอบเทียบหัววัดที่สำคัญ การตรวจวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายนี้จะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ISO 8041-2005 โดยในงานวิจัยได้ใช้เครื่องวิเคราะห์ความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายยี่ห้อ SVANTEX รุ่น SV 106 ซึ่งได้รับการตรวจสอบความตรงตามมาตรฐานแล้ว

การวิเคราะห์ค่าความสั่นสะเทือนตามมาตรฐาน ISO 2631 - 4: 2001 เกี่ยวข้องกับการรวมค่าความสั่นสะเทือนที่วัดได้จากทั้งสามแกน เพื่อคำนวณค่าความสั่นสะเทือนรวมตามสมการที่กำหนด

$$a_v = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

โดยที่ a_v คือ ค่าอัตราเร่งของความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย โดยรวม (m/s^2)

a_x, a_y, a_z คือ ค่าอัตราเร่งของความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ตามแกน x, y และ z (m/s^2)

โดยการประเมินและวิเคราะห์ตามมาตรฐานจะนำเสนอผลจากค่าสูงสุดที่มาแกนใดแกนหนึ่งของการสัมผัสความสั่นสะเทือนชนิด WBV ซึ่งจะแตกต่างจากการประเมินความสั่นสะเทือนที่ส่งผลต่อแขนและข้อมือ (HAV) ที่ใช้ค่าเฉลี่ยจากทั้งสามแกน โดยใช้มาตรฐาน ISO 5349 กำหนดวิธีการวัดและประเมินความสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านจากมือไปยังแขน เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (เช่น กลุ่มอาการนิ้วขาวจากความสั่นสะเทือน - Vibration white finger)

การวัดการสั่นสะเทือนควรใช้เวลาตามมาตรฐาน ISO ระยะเวลาในการวัดการสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ควรครอบคลุมระยะเวลาการทำงานที่เป็นตัวแทน ในทางปฏิบัติ การวัดจะครอบคลุมเวลารวมของงานแต่ละชิ้นที่ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสกับการสั่นสะเทือนมาตรฐาน BS EN 14253:2003 ของอังกฤษแนะนำให้วัดอย่างน้อย 2 ชั่วโมง แต่หากเป็นไปได้ควรวัดครึ่งวันหรือเต็มวันทำงาน ในกรณีที่ไม่สามารถวัดได้นานกว่านั้น แนะนำให้ใช้ช่วงเวลาอย่างน้อย 10-20 นาที

2.1.4 การเฝ้าระวังทางอาชีวอนามัยด้านการสัมผัสความสั่นสะเทือนในแรงงาน

การเฝ้าระวังสุขภาพ (Health Surveillance) โดยทั่วไปให้มีการประเมินการตรวจสุขภาพเบื้องต้น และตรวจสุขภาพตามระยะสำหรับพนักงาน กรณีของการสัมผัสความสั่นสะเทือน เป็นการประเมินผลกระทบด้านอาการที่เกี่ยวข้องกับผลการสัมผัสความสั่นสะเทือน การบันทึกผลทางสุขภาพและประวัติการทำงาน การให้ข้อมูลเกี่ยวกับความเสี่ยงจากความสั่นสะเทือนและมาตรการควบคุม โดยแต่ละประเทศอาจมีรายละเอียดและข้อกำหนดที่แตกต่างกันบ้าง แต่หลักการการปกป้องสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานยังคงเป็นไปตาม

แนวทางสากลที่เน้นการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นตามปัจจัยคุกคาม และคำนึงถึงผลกระทบต่อสุขภาพตามหลักการคัดกรองด้วยการประเมินความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือน เป็นความเสี่ยงที่สามารถได้จากการใช้เครื่องมือประเมินปัจจัยเสี่ยง ตามความทางการยศาสตร์ที่ระบุระดับความเสี่ยงจากท่าทางการทำงานและสภาพแวดล้อมการทำงานด้านความสั่นสะเทือนโดยใช้แบบประเมิน Self-Ergonomics Risk Factor Assessment (SERFA) และการประเมินการรับรู้ด้วยตนเองด้านอันตรายจากความสั่นสะเทือน ที่ได้มาจากการประเมินโดยใช้แบบสอบถามความรุนแรง และความถี่ของระดับอาการรู้สึกไม่สบายทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (Musculoskeletal disorders Frequency and Severity questionnaires; MSFQ) จากการทำงาน

ความเสี่ยงต่อสุขภาพ อาศัยเมตริกความเสี่ยงที่มาจากผลของการประเมินระดับความรุนแรงของอันตรายจากการได้รับสัมผัสความสั่นสะเทือนพิจารณาจากผลการใช้เครื่องมือ MSFQ และการประเมินการสัมผัสปัจจัยโดยแบบประเมิน SERFA จำแนกเป็นระดับโอกาสแสดงผลผ่านเมตริกวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั่วร่างกายบริเวณหลัง

การเฝ้าระวังทางอาชีวอนามัยจึงอาศัยรูปแบบการเฝ้าระวังสุขภาพที่ใช้เครื่องมือผ่านเมตริกการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ หรือใช้การตรวจคัดกรองสุขภาพ และการประเมินโดยใช้เครื่องมือทางอาชีวเวชศาสตร์ร่วมด้วยได้ โดยมีข้อดีที่การประเมินซึ่งระบุระดับความเสี่ยงต่ออันตรายจากรับสัมผัสความสั่นสะเทือนจะพิจารณาจากการใช้แบบประเมินตนเองอย่างง่ายด้วยแบบสอบถามความรุนแรง และความถี่ของระดับอาการรู้สึกไม่สบายทางจากการทำงาน (MSFQ) และแบบประเมินความเสี่ยงการยศาสตร์ร่วมกับปัจจัยทางความสั่นสะเทือน (SERFA) ที่แสดงผลความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย ในการจัดทำโปรแกรมการเฝ้าระวังสุขภาพกลุ่มสัมผัสกับความสั่นสะเทือนสูงจากการทำงาน และเพื่อการจัดการความเสี่ยงทางความปลอดภัยและอาชีวอนามัยของกลุ่มเสี่ยงต่อการสัมผัสกับความสั่นสะเทือนจากการทำงานได้ต่อไป

2.2 สถานการณ์การรับสัมผัสความสั่นสะเทือน (การทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบ)

2.2.1 บทนำ

ความสั่นสะเทือน (Vibration) คือการแกว่งหรือการสั่นของวัตถุรอบ ๆ จุดสมดุล ในปัจจุบันพบว่าผู้ปฏิบัติงานจำนวนมากมีการสัมผัสความสั่นสะเทือนในทุก ๆ วันของการทำงาน ซึ่งผลของการสั่นสะเทือนทำให้เกิดความผิดปกติในระบบการทำงานของร่างกายหลายระบบ รวมถึงประสิทธิภาพการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ เสียหน้าที่การทำงาน เกิดการทำลายเนื้อเยื่อ กล้ามเนื้ออักเสบ ปวดประสาทเกิดการสูญเสีย จึงส่งผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งเกิดจากพลังงานกลที่ทำให้วัตถุเคลื่อนไหวไปมาจากตำแหน่งแกนกลางในแนวตั้ง

หรือแวนอน รวมถึงปัจจัยทางพลังงานกล เช่น ความเข้มของความสัมพันธ์ ระยะเวลาที่กระทบ ความถี่ของความสั่นสะเทือน และทิศทางของความสั่นสะเทือน นอกจากนี้ปัจจัยทางร่างกายของผู้ปฏิบัติงานก็มีบทบาทสำคัญ เช่น ความแข็งแรงของเนื้อเยื่อ ท่าทางและกิจกรรมทางกาย ลักษณะของกล้ามเนื้อ รวมถึงสภาพแวดล้อมของอุณหภูมิการทำงานที่ต่ำมาก (สุนิสา ชายเกลี้ยง, 2566)

ปัจจุบันแรงงานในประเทศไทยมีปัจจัยคุกคามต่อสุขภาพจากการประกอบอาชีพด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานหลายด้าน ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญคือปัจจัยคุกคามด้านสภาพแวดล้อมการทำงานทางกายภาพโดยเฉพาะภาวะความสั่นสะเทือนที่มีผลกระทบต่อมนุษย์ โดยในปี พ.ศ. 2565 แรงงานไทยที่ได้รับผลกระทบจากความสั่นสะเทือนซึ่งเป็นปัจจัยคุกคามในกลุ่มสิ่งคุกคามทางกายภาพจากการทำงานที่เพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า โดยความสั่นสะเทือนถูกส่งผ่านแรงจากเครื่องจักร ยานพาหนะ หรือเครื่องมือ สู่ร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งแบ่งตามแหล่งกำเนิดได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ ความสั่นสะเทือนบริเวณมือและแขน (Hand-arm Vibration: HAV) เกิดจากการจับหรือถืออุปกรณ์ เครื่องมือที่มีแรงสั่นสะเทือน ส่งผลต่อระบบหลอดเลือด ประสาทและกล้ามเนื้อ ที่อาจส่งผลเกิด Hand-Arm Vibration Syndrome (HAVS) และความสั่นสะเทือนแบบทั่วร่างกาย (Whole-body Vibration: WBV)

เกิดจากแรงสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านจากพื้นหรือโครงสร้างมายังร่างกายทั้งหมด โดยเฉพาะกระดูกสันหลังในผู้ขับขี่หรือผู้ปฏิบัติงานบนยานพาหนะ และเครื่องจักรหนัก เช่น รถแทรกเตอร์ รถยก เครื่องจักรในเหมือง เป็นต้น ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (Musculoskeletal disorders: MSDs) เช่น อาการปวดหลังส่วนล่าง และความเสี่ยงต่อโรคกล้ามเนื้อเรื้อรัง เนื่องจากการสั่นสะเทือนมีผลกระทบต่อร่างกาย (อนุวัฒน์ คงเจริญ และคณะ, 2568) เป็นโรคที่เกิดขึ้นตามลักษณะหรือสภาพของงานเนื่องจากการทำงานที่รายงานสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ในแรงงานของประเทศไทย (กองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน, 2568)

อย่างไรก็ตาม ปัญหาจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนในแรงงานไทยยังไม่สามารถสรุปได้ถึงกลุ่มเสี่ยงสูงที่รับสัมผัสเกินเกณฑ์มาตรฐานจากปริมาณการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน เครื่องมือที่ใช้ประเมินการรับสัมผัส และรูปแบบการลดหรือควบคุมความสั่นสะเทือน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสรุปรายงานการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเครื่องมือประเมินและระดับการสัมผัสจากความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ผลกระทบต่อสุขภาพจากความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย และการจัดการผลกระทบจากความสั่นสะเทือนในพนักงานที่เสี่ยงสูงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือน ซึ่งเป็นปัญหาด้านความปลอดภัยและอาชีวอนามัยที่จำเป็นต้องมีมาตรการควบคุม ตรวจวัด และออกแบบการทำงานที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการเกิดโรคจากแรงสั่นสะเทือนและลดความเสี่ยงต่อสุขภาพ ในพนักงานที่เสี่ยงสูงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือนต่อไป

2.2.2 วิธีดำเนินการทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบ

การทบทวนงานวิจัยครั้งนี้ได้รวบรวมจากงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการสัมผัสจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายในภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรม โดยคัดเลือกงานวิจัยที่มีการศึกษาในประเทศไทยที่ได้รับการเผยแพร่ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2568 (ค.ศ. 2015-2025) ในฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ และใช้คำสำคัญในการสืบค้นภาษาไทย คือ (อาชีพ OR พนักงาน OR แรงงาน OR คนงาน OR ผู้ปฏิบัติงาน) AND (สั่นสะเทือนทั่วร่างกาย) OR สั่นสะเทือนมือและแขน AND (ปวด OR โครงสร้างและกล้ามเนื้อ OR กล้ามเนื้อและกระดูก OR ไม่สบาย OR ผลกระทบสุขภาพ OR ความผิดปกติ) คำสืบค้นภาษาอังกฤษ คือ [(Occupation) OR (Worker) OR (Labor)] AND [(Whole body vibration) OR (Hand arm vibration)] AND [(Pain) OR (Musculoskeletal disorder) OR (Discomfort) OR (Health effect)] โดยมีกระบวนการ ดังนี้

- 1) ตั้งคำถามงานวิจัยโดยใช้ PICO Framework สำหรับงานวิจัยเชิงพรรณนา เป็นแนวทางในการตั้งคำถามทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ได้แก่
 - P (Participant) คือ ผู้ประกอบอาชีพหรือคนทำงาน (worker OR driver)
 - I (Phenomenal of Interest) คือ สิ่งที่น่าสนใจสืบค้น ซึ่งงานวิจัยนี้สนใจ 4 ประเด็น ได้แก่ (1) ปริมาณการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (2) ผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (3) เครื่องมือประเมินการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (4) การจัดการหรือปรับปรุงเพื่อลดการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย
 - Co (Context) คือ โรงงานอุตสาหกรรม ก่อสร้าง หรือเกษตรกรรม
- 2) กำหนดคำค้นหลัก (Keyword) การใช้คำเหมือน (Synonyms) การใช้คำพ้อง (Thesaurus) พร้อมกับการรวมคำหลักเพื่อขยายหรือจำกัดการค้นหา (Boolean operators) ร่วมกับการใช้สัญลักษณ์แทนเพื่อขยายการค้นให้ครอบคลุม (Truncation Symbol)
- 3) กำหนดช่วงระยะเวลาที่ทำการสืบค้น คือ ช่วงเวลาที่มีคำสำคัญปรากฏบนสื่อสิ่งพิมพ์ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2558 ถึง 30 มิถุนายน พ.ศ.2568
- 4) กำหนดฐานข้อมูล (Database) ในการสืบค้น ได้แก่ ThaiJo, Google scholar, SCOPUS
- 5) การสืบค้นหลักฐานเชิงประจักษ์ ตาม PICO Framework ในฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ตามช่วงเวลาที่กำหนด
- 6) คัดเลือกงานวิจัยที่ได้จากการสืบค้นทั้งหมดโดยผู้วิจัย 2 คน อย่างเป็นอิสระต่อกัน เริ่มต้นด้วยการอ่านชื่อเรื่องและประเมินบทคัดย่อให้ได้ตามเกณฑ์การคัดเข้า-ออก จากนั้นอ่านงานวิจัยฉบับเต็มที่ผ่านเกณฑ์ข้างต้นและประเมินตามเกณฑ์คัดเลือกงานวิจัยอีกครั้ง ถ้าความเห็นของผู้วิจัยสองคนไม่สอดคล้องกันให้ผู้วิจัยคนที่ 3 เป็นผู้ตัดสิน

1) เกณฑ์การคัดเลือกงานวิจัยเข้า

1.1) บทความต้นฉบับที่ศึกษาในประชากรที่เป็นอาชีพ

1.2) บทความต้นฉบับที่ศึกษาในอาชีพที่มีการทำงานสัมผัสความสั้นสะเทือนทั่วร่างกาย หรือความสั้นสะเทือนที่มือและแขน หรือผลกระทบจากการสัมผัสจากความสั้นสะเทือนทั่วร่างกาย หรือการปรับปรุงเพื่อลดความสั้นสะเทือน

1.3) บทความต้นฉบับที่มีการศึกษาในประเทศไทยที่ได้รับการเผยแพร่ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2568 (ค.ศ. 2015-2025)

2) เกณฑ์การคัดเลือกงานวิจัยออก

2.1) ชื่อเรื่องไม่สอดคล้องหรือไม่เกี่ยวข้อง หรือ

2.2) บทความย่อไม่สอดคล้อง ไม่เกี่ยวข้องตามเกณฑ์หรือชื่อเรื่องซ้ำ

2.3) ไม่มีวรรณกรรมฉบับสมบูรณ์ (Full paper) หรือ

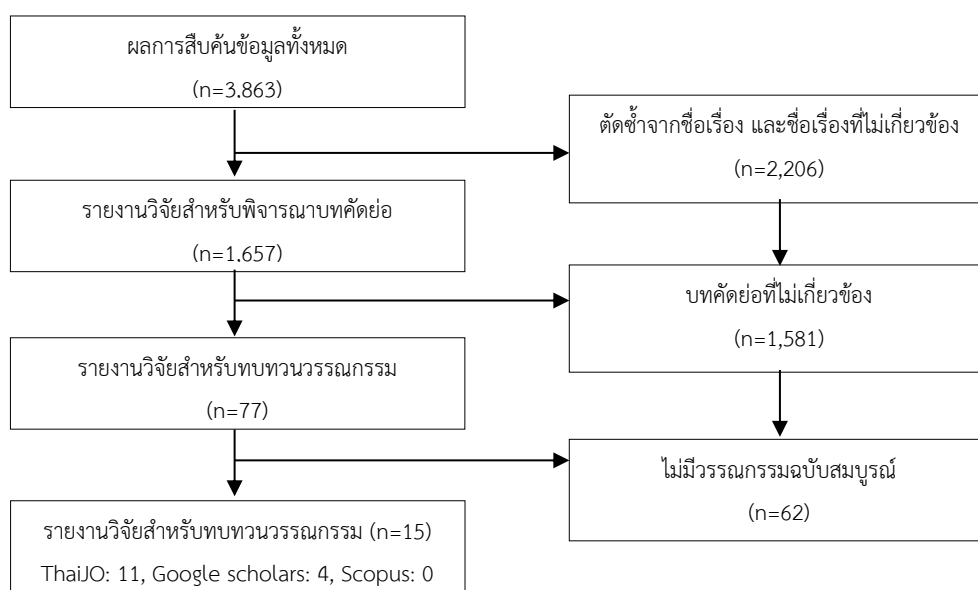
2.4) งานวิจัยที่ไม่ได้เก็บข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data)

7) ประเมินคุณภาพของวิจัยที่คัดเลือกเข้ามาโดยผู้วิจัยสองท่านอย่างเป็นอิสระต่อกัน ตามแบบ เครื่องมือประเมินคุณภาพงานวิจัย

8) สกัดข้อมูลที่สำคัญด้วย Data extraction form โดยผู้วิจัย 2 ท่านอย่างเป็นอิสระต่อกัน

9) วิเคราะห์และสรุปผลตามประเด็น 4 ประเด็น ที่งานวิจัยครั้งนี้มีความสนใจ

จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ พบว่า รายงานวิจัยสำหรับการทบทวนวรรณกรรมฉบับ สมบูรณ์ทั้งสิ้นจำนวน 15 เรื่อง ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลสำหรับทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบ

2.2.3 ผลการศึกษา: สถานการณ์การสัมผัสความสั่นสะเทือน

การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ พบว่า มีงานวิจัยที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกจำนวนทั้งสิ้น 15 เรื่อง ซึ่งพบว่ามีการศึกษาทั้งในกลุ่มผู้ขับยานพาหนะ ได้แก่ พนักงานขับรถยก พนักงานขับรถแทรกเตอร์ พนักงานขับรถติดตั้งเสาเข็มพืด ผู้ปฏิบัติงานกับรถเกี่ยวนาข้าว ผู้ขับยานพาหนะหนัก และกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิต ได้แก่ ผู้ปฏิบัติงานควบคุมเครื่องจักรหนัก หากพิจารณาถึงเครื่องมือประเมินการสัมผัสความสั่นสะเทือน พบว่า การศึกษาจำนวน 13 เรื่อง ใช้เครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือน (Vibration meters) โดยวัดความสั่นสะเทือนที่มือและแขน จำนวนเป็น 5 เรื่อง (ตารางที่ 2.1) และวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (ตารางที่ 2.2) ตามแนวแกน X, Y และ Z โดยพบว่าส่วนใหญ่ค่าการสัมผัสแรงสั่นสะเทือนเกินกว่าค่ามาตรฐาน และพบความสั่นสะเทือนสูงสุดในแนวแกน Z ซึ่งเป็นแกนหลักที่ส่งผลกระทบต่อกระดูกสันหลัง ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 2.1 เครื่องมือประเมินการสัมผัสจากความสั่นสะเทือนที่มือและแขน ผลการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2558-2568

อาชีพ	การประเมินการสัมผัสความสั่นสะเทือน		อ้างอิง
	โดยแบบสำรวจ/สอบถาม	โดยผู้เชี่ยวชาญตรวจวัด	
^b พนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด	- แบบสอบถามอาการผิดปกติที่มือและแขน	เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนที่มือและแขน	ประภัศร ธรรมพิทักษ์ (2561)
^a พนักงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์ทำความเย็น	- แบบประเมินอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก - แบบประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์	เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน	สุนิสา ชายเกลี้ยง, และคณะ (2563)
^a แรงงานนอกระบบกลุ่มอาชีพการทำครกหิน	- แบบสัมภาษณ์รายบุคคล	เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน	ยุวดี ขุนสะอาด และอารุณ เกตุสุภาคร (2567)
^b พนักงานซ่อมรถยนต์ที่ใช้เครื่องบล็อกลม	n/a	เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนที่มือและแขน	ณัฐพงศ์ ม้าเทศ, และคณะ (2568)
^b พนักงานขัดแผ่นเหล็กชนิดไซล์ม	n/a	เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนที่มือและแขน	อรุณศิริ วงศ์สวัสดิ์, และคณะ (2568)

หมายเหตุ: ^a การศึกษาแบบ Cross-sectional study, ^b การศึกษาแบบ Quasi-experimental study

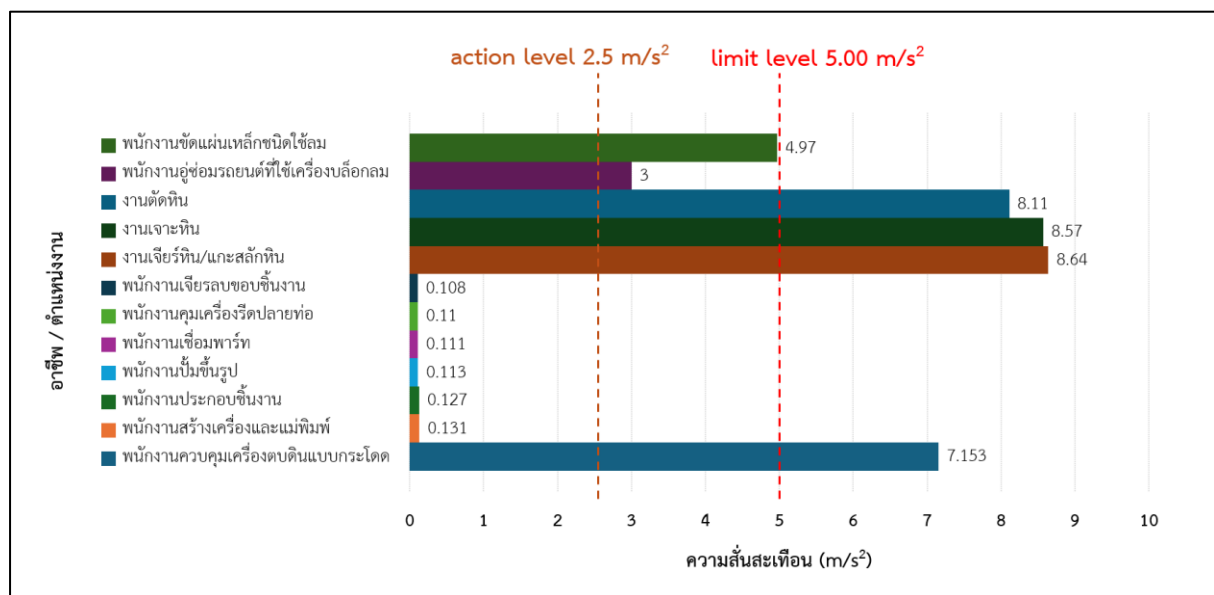
ตารางที่ 2.2 เครื่องมือประเมินการสัมผัสจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ผลการศึกษาระหว่างปี
พ.ศ. 2558-2568

อาชีพ	การประเมินการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน		อ้างอิง
	โดยแบบสำรวจ/สอบถาม	โดยผู้เชี่ยวชาญตรวจวัด	
^b พนักงานขับรถยกในบริเวณคลังสินค้า	- แบบสอบถามประเมินการสัมผัส	ชุดวัดการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (WBV)	ปริยาภรณ์ โทณหงส์สา, และคณะ (2559)
^a พนักงานขับรถยกแผ่นกคลังสินค้า	- แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป - แบบสอบถามอาการความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก	- เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย - เครื่องวัดความสั่นสะเทือน	อนุวัฒน์ คงเจริญ, และคณะ (2568)
^b พนักงานขับรถยกชนิดนั่งขับในท่าเรือ	- แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป	- เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย	ศิริประภา สีนใจ, (2563)
^a พนักงานขับรถติดตั้งตัวตอกเสาเข็มพีคระบบสั่นสะเทือนของงานก่อสร้างเพื่อกันตลิ่งพัง	- แบบสัมภาษณ์ Nordic musculoskeletal questionnaire - แบบประเมินระดับความรุนแรงของอาการปวดแบบ Visual Analog scale (VAS)	เครื่องมือวิเคราะห์ความสั่นสะเทือน (Vibration Meter)	สุภาวดี บุญจง, และคณะ (2560)
^b พนักงานขับรถบรรทุกของบริษัทรับเหมาก่อสร้าง	- แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปหรือ Nordic musculoskeletal questionnaire (NMQ)	เครื่องวัดความสั่นสะเทือน (Vibration Meter)	ศิริภัสสร พิงผล, และคณะ (2568)
^b ผู้ปฏิบัติงานกับรถเกี่ยวนา	n/a	เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย	ประกาศิต ทอนช่วย, พรณวดี สิงห์แก้ว (2564)
^b เกษตรกรผู้ใช้รถแทรกเตอร์	- แบบสอบถามความรุนแรงและความถี่ทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (MSFQ)	- เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย	อนุสิทธิ์ ศรีพันธ์, สุนิสา ขายเกลี้ยง (2568)

หมายเหตุ: ^a การศึกษาแบบ Cross-sectional study, ^b การศึกษาแบบ Quasi-experimental study

สำหรับผลลัพธ์ (Outcome) ด้านปริมาณการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน พบว่า กลุ่มอาชีพที่ใช้เครื่องมือและบังคับเครื่องจักรหนัก จำนวน 5 เรื่อง ได้รับสัมผัสความสั่นสะเทือนที่มีและแขนระหว่าง 0.108 - 8.64 m/s² ซึ่งส่วนใหญ่ได้รับสัมผัสที่เกินกว่า 2.5 m/s² ในระดับที่ต้องมีการเฝ้าระวัง (Action level)

โดยพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด และแรงงานนอกระบบกลุ่มอาชีพการทำครกหิน (งานเจียรหิน/ แกะสลักหิน งานเจาะหิน งานตัดหิน) พบว่าได้รับสัมผัสความสั่นสะเทือนเกินขีดจำกัดความปลอดภัย (Limit level มากกว่า 5 m/s^2) ส่วนผลการศึกษาในภาคอุตสาหกรรมนั้น พบว่าพนักงานสัมผัสส่วนใหญ่ ไม่เกินค่าขีดจำกัดความปลอดภัยที่สัมผัสได้ โดยมีบางกิจการถูกจ้างสัมผัสเกินระดับต้องควบคุมเฝ้าระวังคือ มากกว่า 2.5 m/s^2 แต่มีรายงานในพนักงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งของผลิตชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศและ อุปกรณ์ทำความเย็นพบว่าสัมผัสต่ำกว่าค่าที่ต้องเฝ้าระวัง (ภาพที่ 2.2)



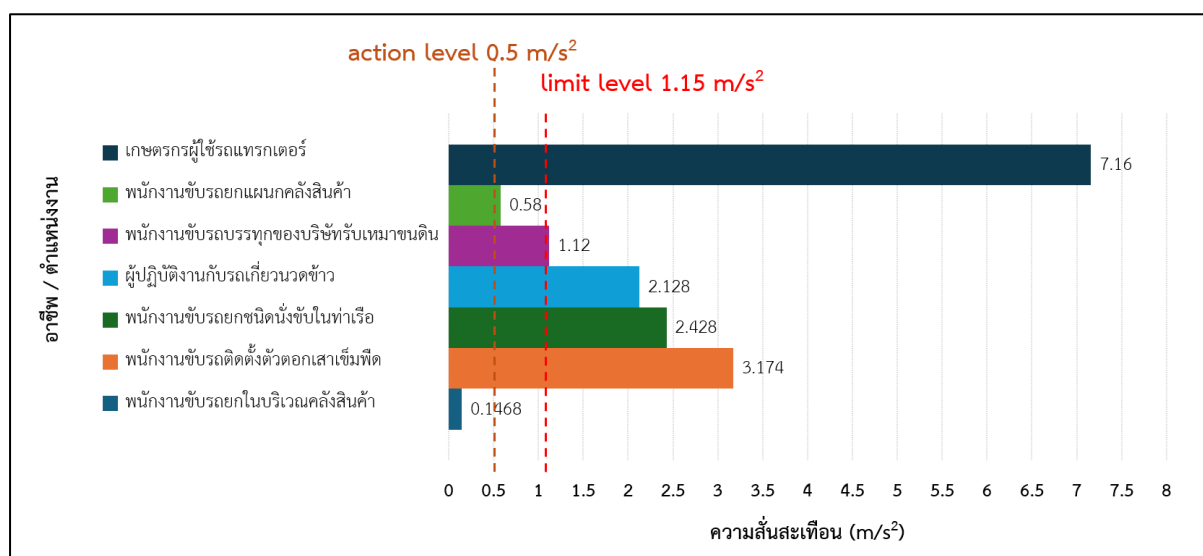
ภาพที่ 2.2 ระดับความสั่นสะเทือนที่มือและแขน (Hand arm vibration)

ตารางที่ 2.3 ระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่มือและแขน (Hand-Arm Vibration) จำแนกตามอาชีพ

อาชีพ	อ้างอิง	จังหวัด	ตัวอย่าง (คน)	ความสั่นสะเทือน (m/s^2)
พนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดด	ประภัศร ธรรม พิทักษ์ (2561)	ระยอง	10	7.153
พนักงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศและ อุปกรณ์ทำความเย็น	สุนิสา ชายเกลี้ยง และ คณะ (2563)	ฉะเชิงเทรา	153	
- พนักงานสร้างเครื่องและแม่พิมพ์				0.131
- พนักงานประกอบชิ้นงาน				0.127
- พนักงานปั๊มชิ้นรูป				0.113
- พนักงานเชื่อมพาร์ท				0.111
- พนักงานคุมเครื่องรีดปลายท่อ				0.110
- พนักงานเจียรลบขอบชิ้นงาน				0.108
แรงงานนอกระบบกลุ่มอาชีพการทำครกหิน	ยุวดี ขุนสะอาด และ	ลำปาง	75	

อาชีพ	อ้างอิง	จังหวัด	ตัวอย่าง (คน)	ความสั่นสะเทือน (m/s^2)
- งานเจียร์หิน/แกะสลักหิน	คณะ (2567)			8.64
- งานเจาะหิน				8.57
- งานตัดหิน				8.11
พนักงานซ่อมรถยนต์ที่ใช้เครื่องบล็อกลม	ณัฐพงศ์ ม้าเทศ และ คณะ (2568)	พะเยา	30	3.00
พนักงานขัดแผ่นเหล็กชนิดใช้ลม	อรุณศิริ วงศ์สวัสดิ์, และคณะ (2568)	ชลบุรี	10	4.97

การรับสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย (WBV) พบสูงในกลุ่มอาชีพช่าง ชี ยานพาหนะขับเคลื่อนเครื่องจักรใหญ่เป็นส่วนใหญ่ จากงานวิจัย จำนวน 7 เรื่อง ที่มีการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายอยู่ระหว่าง $0.147 - 7.160 m/s^2$ โดยทุกการศึกษาทั้งจากภาคอุตสาหกรรม ก่อสร้าง ภาคการเกษตร คือ พนักงานขับรถบรรทุก ผู้ขับรถแทรกเตอร์ รถติดตั้งหัวเสาเข็ม สัมผัสที่เกินค่าระดับที่ต้องควบคุมเฝ้าระวัง (Action level, EAV มากกว่า $0.5 m/s^2$) และส่วนใหญ่มีค่าเกินค่าขีดจำกัดการสัมผัสได้ (Limit values หรือ ELV, มากกว่า $1.15 m/s^2$) ซึ่งพบในผู้ขับรถแทรกเตอร์ ทั้งภาคการเกษตรและการก่อสร้าง และขึ้นกับกำลังแรงม้า เช่น กรณีที่พบสัมผัสสูงในภาคการเกษตรจะมีกำลังแรงม้าน้อยกว่า 50 HP จึงใช้ความเร็วรอบเครื่องสูงกว่า 2000 rpm ขณะต้องการปริมาณงานสูงและรวดเร็วขึ้นเป็นเหตุให้ส่งผลต่อความสั่นสะเทือนที่สัมผัสสูงตามไปด้วย ทั้งนี้รวมที่พบในกรณีที่พบในรถยกชนิดนั่งขับบางกิจการคือ กรณีท่าเรือ ดังภาพที่ 2.3 และรายละเอียดในตารางที่ 2.4



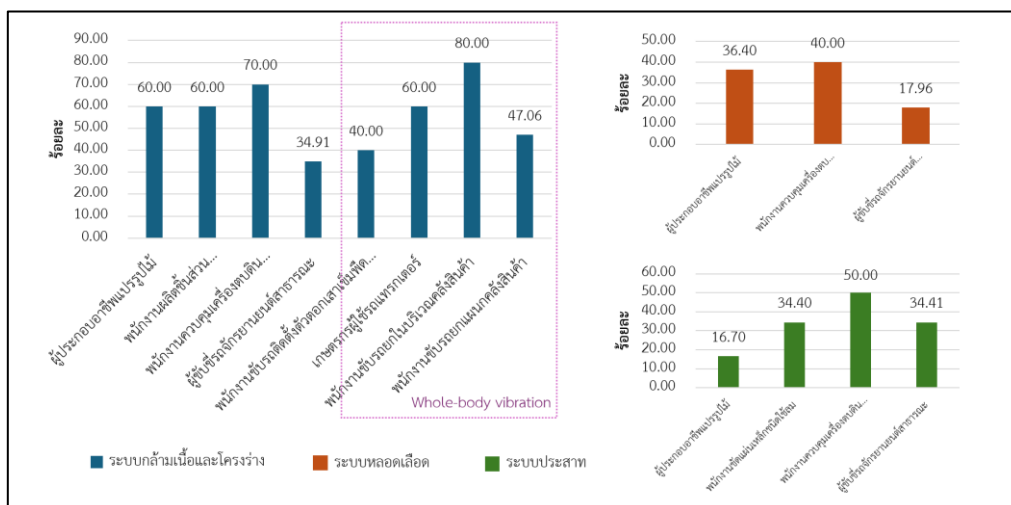
ภาพที่ 2.3 ระดับความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole-body vibration)

ตารางที่ 2.4 ระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย (Whole-body vibration) จำแนกตามอาชีพ

อาชีพ	อ้างอิง	จังหวัด	ตัวอย่าง (คน)	ความสั่นสะเทือน (m/s^2)
• พนักงานขับรถยกในบริเวณ คลังสินค้า	ปริยาภรณ์ โทณหงส์สา และคณะ (2559)	ฉะเชิงเทรา	25	0.147
• พนักงานขับรถยกชนิดนั่งขับใน ท่าเรือ	ศิริประภา สินใจ (2563)	กรุงเทพมหานคร	28	2.428
• พนักงานขับรถยกแผ่นก คลังสินค้า	อนุวัฒน์ คงเจริญ และ คณะ (2568)	ฉะเชิงเทรา	34	0.580
• พนักงานขับรถบรรทุกของ บริษัทรับเหมาขุดดิน	ศิริกัศสร พึ่งผล และคณะ (2568)	ระยอง	15	1.120
• ผู้ปฏิบัติงานกับรถเกี่ยวนา ดข้าว	ประภาสิต ทอนช่วย และ คณะ(2564)	พะเยา	6	2.128
• พนักงานขับรถติดตั้งตัวดอก เสาเข็มพีคระบบสั่นสะเทือน ก่อสร้างเขื่อนป้องกันตลิ่งพัง	สุภาวดี บุญจง และคณะ (2560)	พระนครศรีอยุธยา	15	3.174
• เกษตรกรผู้ใช้รถแทรกเตอร์	อนุสิทธิ์ ศรีพันธ์ และ สุนิสา ชายเกลี้ยง(2568)	ร้อยเอ็ด	30	7.160

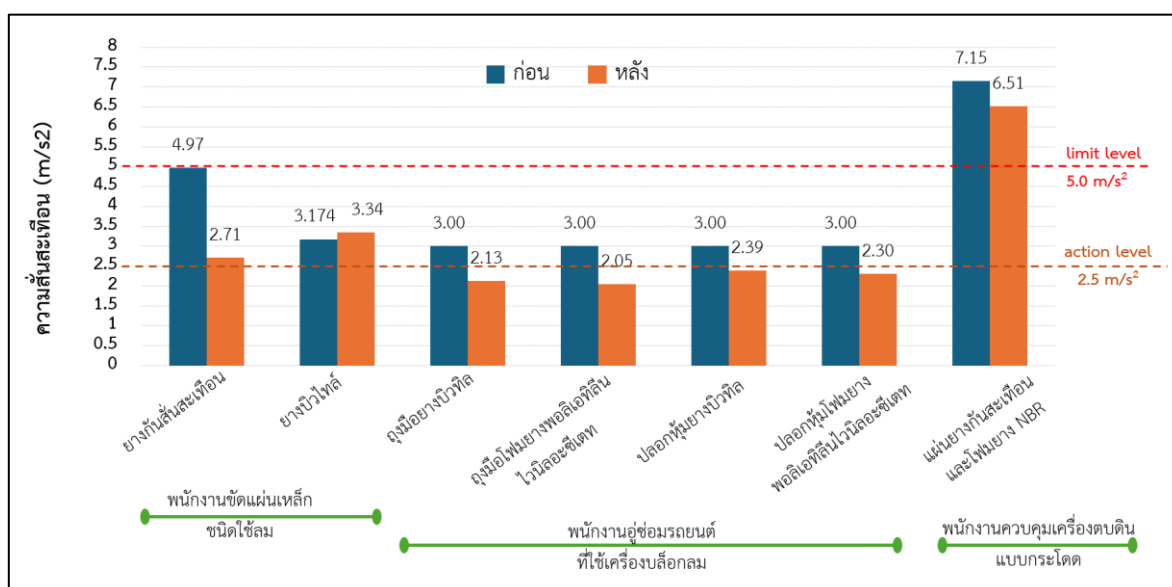
2.2.4 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสความสั่นสะเทือน

สำหรับผลลัพธ์ (Outcome) ด้านผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนที่มือและ
แขน และความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย จากการศึกษาจำนวน 9 เรื่อง พบว่า มีผลกระทบที่ระบบกล้ามเนื้อและ
โครงสร้างกระดูก (ความชุกระหว่างร้อยละ 34.91-80.00) ระบบประสาท (ความชุกระหว่างร้อยละ
16.70-50.00) และระบบหลอดเลือด (ความชุกระหว่างร้อยละ 40.00-17.96) (มารุต คำหนักโพธิ์ และคณะ,
2560) ซึ่งระบบที่ได้รับผลกระทบหลักทั้งจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนที่มือและแขน และแบบทั้งร่างกาย
ได้แก่ ระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก และเป็นผลกระทบที่เกิดจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนทั้ง
ร่างกาย (Whole-body vibration) คือพบในพนักงานขับรถยกบริเวณคลังสินค้า ที่พบความชุกสูงสุด ดังแสดง
รายละเอียดใน ภาพที่ 2.4



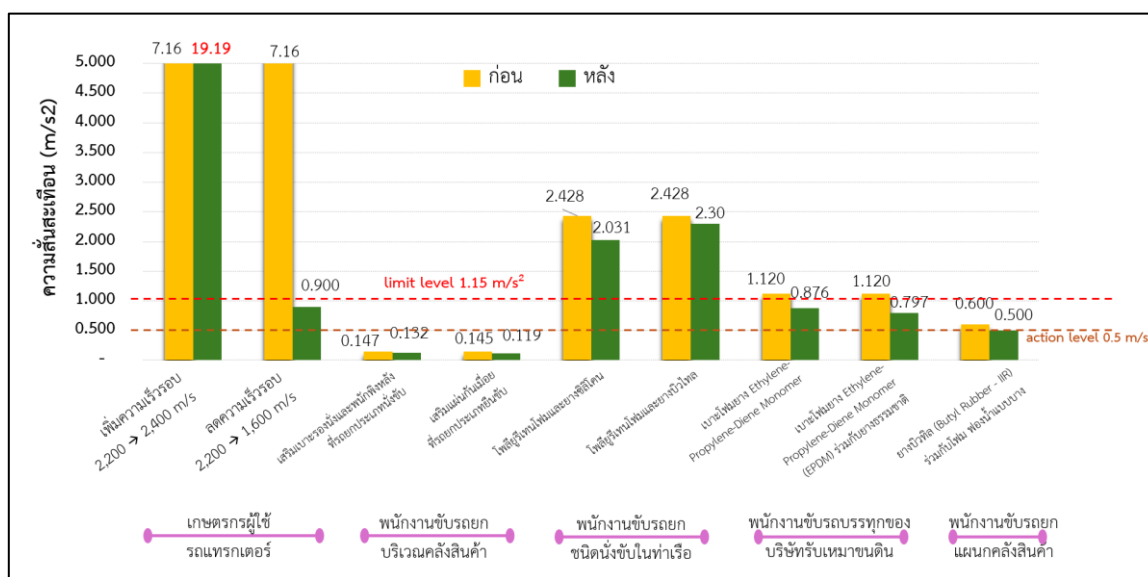
ภาพที่ 2.4 ผลกระทบต่อสุขภาพจากความสั่นสะเทือนที่มือและแขน และความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

ด้านการจัดการผลกระทบจากการสัมผัสผิ้วความสั่นสะเทือน พบการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการจัดการผลกระทบจากความสั่นสะเทือนที่มือและแขนใน จำนวน 3 เรื่อง (ภาพที่ 2.5) โดยครอบคลุมการจัดการที่ทางผ่าน (ปรับปรุงวัสดุที่มีข้อบกพร่อง) (%Change: 8.95-45.47) และอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (ประเภทถุงมือ) (%Change: 29.93-21.67) ซึ่งสามารถลดการสัมผัสผิ้วความสั่นสะเทือนที่มือและแขนได้



ภาพที่ 2.5 การจัดการผลกระทบจากความสั่นสะเทือนที่มือและแขน (n=3)

ส่วนวิธีการจัดการผลกระทบจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย พบจำนวน 5 เรื่อง (ภาพที่ 2.6) โดยพบ 2 แนวทางการจัดการ ได้แก่ การลดความเร่งหรือความเร็วรอบเครื่อง ในเขตรถแทรกเตอร์สามารถลดการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนได้ (%Change) ร้อยละ 87.43 และการปรับปรุงเบาะนั่งรถยนต์ สามารถลดการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนได้ (%change) ร้อยละ 8.53-28.84 ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทวัสดุที่นำมาใช้และการออกแบบวัสดุในรูปแบบการเสริมเบาะหรือการติดตั้งภายในเบาะ



ภาพที่ 2.6 การจัดการผลกระทบจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (n=5)

วิธีการจัดการผลกระทบจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ที่พบจำนวน 5 เรื่อง ซึ่งเป็นผลการจัดการผลกระทบจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายในพนักงานอาชีพขับรถบรรทุก พนักงานขับรถติดตั้งตอกเสาเข็มพืด พนักงานขับรถแทรกเตอร์ ผู้ปฏิบัติงานควบคุมเครื่องจักรหนัก ได้แก่ การพัฒนาเบาะรองนั่งรวมถึงการออกแบบเบาะรองนั่งพนักพิงหลัง การปรับเปลี่ยนท่าทางในการขับรถ และการติดตั้งแผ่นยาง Butyl ร่วมกับ Foam sponge (พนักงานขับรถบรรทุก) การออกแบบเบาะรองนั่งและแผ่นรองพนักพิงหลังต่อสุขภาพ (พนักงานขับรถติดตั้งตอกเสาเข็มพืด) วิเคราะห์ทางกายศาสตร์ของเบาะที่นั่งและการเลือกใช้วัสดุในการเสริมเบาะ (พนักงานขับรถแทรกเตอร์) และการออกแบบเบาะรองนั่งรวมถึงพัฒนาระบบลดหรือดูดซับแรงสั่นสะเทือนและติดตามแผ่นรองสุขภาพ (ผู้ปฏิบัติงานควบคุมเครื่องจักรหนัก)

2.2.5 อภิปรายผลจากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่ากลุ่มพนักงานอาชีพขับรถบรรทุก ผู้ใช้รถแทรกเตอร์ พนักงานขับรถติดตั้งตอกเสาเข็มพืด ผู้ปฏิบัติงานกับรถเกี่ยวนาข้าว ผู้ขับยานพาหนะหนัก ผู้ปฏิบัติงานควบคุม

เครื่องจักรหนัก เป็นกลุ่มอาชีพที่มีความเสี่ยงสูงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย ประกอบกับข้อมูลที่สืบค้นจากฐานข้อมูล (Database) ของผลความสั่นสะเทือนจากเครื่องจักร ยานพาหนะที่ส่งผลให้ได้รับสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย ที่ประเมินมาจากการตรวจวัดในภาคสนาม ในกลุ่มอาชีพที่สัมผัสกับความสั่นสะเทือนสูงกว่ามาตรฐานคือ พนักงานขับรถบรรทุก และผู้ใช้รถแทรกเตอร์ ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยจากผู้ผลิต (Maximum manufacturer's declared value) ในกลุ่มพนักงานขับรถบรรทุก คือ 1.8 m/s^2 ซึ่งเป็นประเภทที่มีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ในรถแทรกเตอร์ มีค่า 1.8 m/s^2 ในประเภทกลาง ใช้กำลัง 160 แรงม้า และในกลุ่มผู้ใช้รถตัด นวดข้าว มีค่า 0.7 m/s^2 ประเภทกลาง ที่มีกำลัง 153 แรงม้า และรถยกย้าย บรรทุกที่มีค่า 1.02 m/s^2 ทั้งนี้ค่าความสั่นสะเทือนขึ้นอยู่กับยี่ห้อและแรงม้า โดยมาตรฐานสหภาพยุโรป (EU directive 2002/44/EC limits) กำหนดถึงการได้รับความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ตลอดเวลา 8 ชั่วโมงการทำงาน หรือ A (8) ต้องมีค่าต่ำกว่าระดับควบคุมเฝ้าระวังที่ 0.5 m/s^2 และค่าขีดจำกัดสูงสุดการได้รับความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย คือ 1.15 m/s^2 ซึ่งพบว่าเมื่อวัดผล WBV ในผู้ขับรถทุกชนิดผลประเมินการสัมผัส สูงกว่าค่าจากโรงงานทุกเครื่องยนต์ และสูงกว่าค่าขีดจำกัดที่ยอมให้สัมผัสได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (WBV) ที่รวบรวมและวิเคราะห์จากฐานข้อมูล (Database) ในต่างประเทศ จำแนกตามประเภทหรือชนิดของรถ

ชนิดรถ	ค่าความสั่นสะเทือน WBV จากผู้ผลิต (Maximum manufacturer's declared value; m/s^2)	ค่า WBV จากตรวจวัดภาคสนาม (Field measured; m/s^2)
- รถแทรกเตอร์	1.8, 1.31, 1.1, 1.0, 0.9, 0.7, 0.6, n.d.	4.2, 3.8, 3.0, 2.0-2.5, 1.1-1.9, 0.9, 0.8, 0.7
- รถยกชนิดนั่งขับ		
• Diesel	1.8, 1.31, 1.20, 1.14, n.d.	1.8, 0.7, 0.56, 0.48
• Electric (EV)	1.10, 0.96, 0.81, 0.67, 0.48	0.96, 0.81, 0.7, 0.7, 0.2
- รถยกย้าย (Forklift truck), บรรทุกยกย้าย (Side loader)	1.02, 1.0, 0.96, 0.5, n.d.	3.6, 1.5, 0.7, 0.5, 0.4
- รถเกี่ยวนวดข้าว รถตัด	0.7, 0.5, n.d.	1.6, 1.3, 0.9, 0.6-0.7

หมายเหตุ: ค่าความสั่นสะเทือนขึ้นอยู่กับยี่ห้อ ประเภทของรถ ความเร็วรอบเครื่องยนต์และกำลังแรงม้า (Physical Agents Portal (PAF), Portale Agenti Fisici, 2026)

ด้านการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่มือและแขน ในพนักงานอาชีพที่ต้องใช้อุปกรณ์เครื่องมือซึ่งมีผลความสั่นสะเทือนพบได้ ทั้ง ผู้ใช้เลื่อยไฟฟ้า เครื่องขัด เครื่องตัด เครื่องเจียร สว่านเจาะหิน เครื่องมือเหล่านี้ ผู้ปฏิบัติงานเป็นกลุ่มอาชีพที่มีความเสี่ยงสูงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือนชนิด Hand-Arm-Vibration (HAV) ซึ่งข้อมูลที่สืบค้นจากฐานข้อมูล (Database) จากเครื่องมือส่งผลให้รับสัมผัสความสั่นสะเทือน ที่ประเมินมาจากการตรวจวัดในภาคสนาม ในทุกกลุ่มอาชีพที่สัมผัสสูงกว่าค่าเคลมสูงสุดจากผู้ผลิต (Maximum manufacturer's declared value) จากรายงานสูงสุด และยิ่งสูงกว่าค่าขีดจำกัดสูงสุด (Limited value) ที่กำหนดไว้ ไม่เกิน 5.0 m/s^2 คือ เลื่อยไฟฟ้า คือ 16.9 m/s^2 เครื่องเจาะคอนกรีต เหล็ก หรือสว่านเจาะหิน สว่านโรตารี มีค่าระหว่าง $8.3\text{-}28.5 \text{ m/s}^2$ เครื่องหรือเลื่อยตัดโลหะ มีค่าสูงสุด 32.0 m/s^2 ทั้งนี้ค่าความสั่นสะเทือนขึ้นอยู่กับยี่ห้อและกำลังของของวัตต์เครื่องมือแต่ละชนิด อย่างไรก็ตาม ซึ่งพบว่าเมื่อวัดผล HAV ในเครื่องมือทุกชนิดผลประเมินการสัมผัส สูงกว่าค่าจากโรงงานผลิตทุกเครื่องมือ และสูงกว่าค่าขีดจำกัดที่ยอมให้สัมผัสได้ (ELV) ซึ่งพบได้ทั้งในแรงงานของประเทศไทยจากการศึกษานี้คือกลุ่มอาชีพทำครกหิน และในฐานข้อมูลจากต่างประเทศที่สัมผัสในช่วงความสั่นสะเทือนซึ่งรวบรวมได้ตั้งแต่ $5.2\text{-}47.8 \text{ m/s}^2$ (Physical Agents Portal (PAF), Portale Agenti Fisici, 2026) อย่างไรก็ตามการศึกษาในประเทศไทยที่พบปัจจุบันมีแนวโน้มของค่าการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนที่มือและแขนที่ต่ำกว่าในต่างประเทศ ดังแสดงใน ตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ค่าความสั่นสะเทือนที่มือและแขน (HAV) ที่รวบรวมและวิเคราะห์จากฐานข้อมูล (Database) ในต่างประเทศ จำแนกตามประเภทเครื่องมือ

เครื่องมือ (Hand tool/ Instrument)	ค่าความสั่นสะเทือน HAV จาก Maximum manufacturer's declared value (m/s^2)	ค่า HAV จากผลตรวจวัด (Field measured) (m/s^2)
- สว่านเจาะหินและสว่านโรตารี (Rock drills and rotary hammers)	23.2, 18.5, 15.7, 14	47.8, 37.5, 36.4, 33.8, 31.9
- ค้อนเคาะสแลก (Slag) ชี้เชื่อม และเศษตะกรันบนแนวเชื่อม (Chipping hammer)	15.5, 14, 13.8, 12.9, 11.7, 10.1, 9.3, 3.3-4.7	27.5, 27.2, 24.8, 20.7, 18.7, 16.4
- เลื่อยวงเดือน / เลื่อยฉลุ (Circular saw, jig saw, angle jig)	12.90, 8.6, 2.50	22.20, 16.6, 13.30
- เครื่องเป่าลมแบบสะพายหลัง (Back-pack blowers and mist blowers)	11, 3.5-9, 0.2-1.5	20.9, 13.3, 5.9
- เลื่อยยนต์ (Chain saw)	10.40, 8.4, 7.2, 5.95, 2.50	16.9, 8.6, 8.4, 7.6, 7.2

เครื่องมือ (Hand tool/ Instrument)	ค่าความสั่นสะเทือน HAV จาก Maximum manufacturer's declared value (m/s ²)	ค่า HAV จากผลตรวจวัด (Field measured) (m/s ²)
- กรรไกรตัดแต่งกิ่ง / กรรไกรเล็มขอบหญ้า (Reciprocating or edging shear)	8.3, 7.9, 4.0	14.5, 5.6
- เลื่อยตัดกิ่งไม้ด้ามยาว (Pole pruners)	8.3, 5.9	11.3, 7.8
- สว่านมือไฟฟ้า / สว่านตรง (Straight drills, pistol-grip drills and rail drilling machines)	8, 3.5, 3.0, 2.5, 2.4, 0.4	8.3, 2.5
- เครื่องกรีตผนัง (Chaser)	6.5, 4.5, 4, 3.5	32.0, 12, 6.3
- เครื่องสั่นคอนกรีต / เครื่องอัดปูน (Concrete pokers, Cement compactors)	6.2, 5.3, 3.8, 3.1, 2.1, 1.9, 1.8	10.6, 7.6
- เครื่องเจียรตรงและเครื่องเจียรมุม (ลูกหมู) (Straight, and angle grinder)	5.5, 3, 1	22.9, 19.6, 19.5
- รถไถพรวนดินแบบเดินตาม (Pedestrian controlled rotary cultivator)	5.4	14.2
- กรรไกรตัดกิ่งมือถือ (Pruning shear)	4.35, 4.1, 3.9, 2.4	6.46, 2.5
- เครื่องขัด / เครื่องปั่นเงา (Rotary, linear (reciprocating action), belt and delta sanders or polishers)	4.14, 2.4, n.d.	14.4, 13.4, 9.9
- กรรไกรตัดแต่งกิ่ง หรือ กรรไกรเล็มขอบหญ้า (Reciprocating or edging shear)	4.0, n.d.	14.5, 5.6
- เครื่องสั่นเขย่าเก็บเกี่ยวผลไม้ (Comb shaker - Fruit-olive harvester)	3.85	13.6
- ปืนยิงตะปู (Nail gun)	2.7, 2.6, 2.5	3, 2.5
- เครื่องเจาะรางรถไฟ (Rail drilling machine)	2.5	8.3
- สว่านกระแทก / สว่านหนัก (Impact drills and heavy drills)	2.5 - 22.6	2.0 - 28.5
- เครื่องและรถตัดหญ้า (Motorised scythes and lown mowers)	n.d	13.5, 11.1, 8

เครื่องมือ (Hand tool/ Instrument)	ค่าความสั่นสะเทือน HAV จาก Maximum manufacturer's declared value (m/s^2)	ค่า HAV จากผลตรวจวัด (Field measured) (m/s^2)
- ค้อน (ตีกระแทกด้วยมือ) (Manual hammer)	n.d.	9.5
- เลื่อยตัดหิน (Stone saw)	n.d.	6.4, 6.1, 5.2
- รถจักรยานยนต์ (สกู๊ตเตอร์) > 50cc (Motorcycle (scooter) > 50cc)	n.d.	5.6, 4.8, 3.9, 2.6
- รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า / มอเตอร์ไซค์เล็ก (Motorcycle, moped 50 cc (EV))	n.d.	4.4

หมายเหตุ: ค่าความสั่นสะเทือนขึ้นอยู่กับยี่ห้อและประเภทของเครื่องมือ, n.d. หมายถึง ไม่มีข้อมูล, (Physical Agents Portal (PAF), Portale Agenti Fisici. Available from: <https://www.portaleagentifisici.it/>)

อาชีพที่มีความเสี่ยงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือน WBV ได้แก่ พนักงานขับเคเลี่ยนยานพาหนะทั้งในภาคอุตสาหกรรมก่อสร้าง การผลิต และภาคเกษตรกรรม ซึ่งมีค่าการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนส่วนใหญ่เกินค่าเฝ้าระวัง (มากกว่า 0.5 m/s^2) และเพิ่มสูงขึ้นจนเกินค่าขีดจำกัดความปลอดภัย (Limit level) (มากกว่า 1.15 m/s^2) ในอุตสาหกรรมเกษตร โดยเฉพาะรถแทรกเตอร์ ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนที่ต่างประเทศที่ตรวจวัดในภาคสนาม ตามตารางที่ 2.6 (Physical Agents Portal (PAF), Portale Agenti Fisici, 2026) พบว่าการสัมผัสในไทย ยังมีค่าสูงกว่าค่าสูงสุดของต่างประเทศ ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดแรงม้าของรถ ยี่ห้อรถ สภาพพื้นที่ ความชื้นของดิน และพฤติกรรมการทำงาน การขับขี่ที่เกี่ยวข้องกับความเร็วเครื่องยนต์ กฎข้อบังคับด้านการควบคุมความเร็วขณะขับขี่

การทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบ พบว่าปัญหาสุขภาพหลัก คืออาการทางระบบระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก ซึ่งจากการศึกษาทางระบาดวิทยาโดยสถาบันความปลอดภัยและอนามัยในการทำงานแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า การสัมผัสกับความสั่นสะเทือนเป็นเวลานานมีความสัมพันธ์กับการเกิดความผิดปกติในร่างกาย โดยที่ระดับ 0.1-1 เฮิร์ตซ์ (Hz) อาจส่งผลกระทบต่อระบบการควบคุมการทรงตัวของร่างกาย ทำให้เกิดอาการมึนงง คลื่นไส้ และอาเจียน ส่วนความถี่ที่ทำให้เกิดความผิดปกติชั่วคราวของสายตา เกิดจากการรบกวนการทำงานของกล้ามเนื้อตา ทำให้มีอาการตาพร่าและมองเห็นไม่ชัดเจน สำหรับความถี่ที่สูงกว่า 2 เฮิร์ตซ์ อาจส่งผลกระทบต่อระบบการหายใจ ทำให้อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นจนเกิดอาการภาวะหายใจเกิน ซึ่งเป็นภาวะที่ระดับออกซิเจนในเลือดสูงขึ้นและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง สายตาพร่ามัว และอาการชาที่ปลายมือปลายเท้าที่ระดับ 3 Hz ถึง 10 Hz มีผลกระทบต่อระบบหมุนเวียนโลหิต ทำให้ความดันโลหิตและชีพจรสูงขึ้น รวมถึงการไหลเวียนของเลือดไปยังสมองลดลง ขณะที่ความถี่ที่ 20 Hz อาจส่งผล

กระทบต่อระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อ และระบบกระดูก มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บที่กระดูกสันหลัง และ ความถี่ที่ 26 เฮิรตซ์ อาจส่งผลกระทบต่อระบบการกำหนดรู้ ในส่วนตำแหน่งต่าง ๆ ของร่างกาย (สุนิสสา ชายเกลี้ยง, 2561ข)

ทั้งนี้ ผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั่วร่างกาย มีความสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญกับการเกิดปัญหาเกี่ยวกับอาการทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (MSDs) โดยเฉพาะ อาการปวดหลังส่วนล่าง ปวดคอ สะโพกรวมถึงภาวะเสื่อมของกระดูกสันหลังและหมอนรองกระดูก โดยองค์ประกอบที่สำคัญของการสัมผัสความสั่นสะเทือนขึ้นกับความถี่ ความแรง ทิศทาง และระยะเวลาที่ ได้รับสัมผัสความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย จากการใช้งานรถแทรกเตอร์ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพอย่างมี นัยสำคัญต่อผู้ปฏิบัติงาน การศึกษาแสดงให้เห็นว่าพนักงานขับรถแทรกเตอร์สัมผัสกับการสั่นสะเทือนใน ระดับสูงโดยกระดูกสันหลังส่วนเอวได้รับผลกระทบเป็นพิเศษ

นอกจากนี้ การทบทวนวรรณกรรมครั้งนี้พบเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนที่อาศัยผู้เชี่ยวชาญในการ ทำวิเคราะห์แรงสั่นสะเทือนในแกน X, Y และ Z ค่าเฉลี่ยที่ใช้สำหรับประเมินค่าขีดจำกัดในการสัมผัสความ สั่นสะเทือนเฉลี่ย 8 ชั่วโมงทำงาน หรือ A(8) สำหรับความสั่นสะเทือนที่มือและแขน (HAV) กับมาตรฐานที่ กำหนดให้ คือ $ELV = 5 \text{ m/s}^2$ และสำหรับการประเมินการสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย (WBV) ที่ใช้ผลวิเคราะห์จากการสัมผัสที่แกนใดแกนหนึ่งซึ่งมีค่าสูงสุด คือ $EAV = 0.5 \text{ m/s}^2$ และ $ELV = 1.15 \text{ m/s}^2$ สำหรับค่าปริมาณสัมผัสการสั่นสะเทือน (VDV) ในหน่วย $\text{m/s}^{1.75}$ ที่เป็นหน่วยวัดความแรงของการสั่นสะเทือน กรณีการประเมินความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการสั่นสะเทือนเมื่อมีระยะสั้นๆ ที่รวมแรงกระแทกตามมาตรฐาน ISO จะถูกใช้เพื่อประเมินความสั่นสะเทือนที่ไม่คงที่หรือมีแรงกระแทก กำหนด Vibration Dose Value (VDV_{exp}) ที่ระดับเฝ้าระวังคือ Action level = $9.1 \text{ m/s}^{1.75}$ และค่าขีดจำกัด (Limit level) = $21.0 \text{ m/s}^{1.75}$ (EUR-Lex, 2002)

แม้ว่าปัจจุบันจะมีเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนโดยตรงที่ได้ค่าเทียบมาตรฐานที่ชัดเจน แต่มีข้อจำกัด ด้านการใช้ที่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมินและมีราคาสูง อีกทั้งการวัดการสั่นสะเทือนควรใช้เวลาตาม มาตรฐาน ISO ระยะเวลาในการวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายควรครอบคลุมระยะเวลาการทำงานของ กิจกรรมนั้น (สุนิสสา ชายเกลี้ยง, 2561ข) ซึ่งหากกลุ่มแรงงานต้องการทราบความเสี่ยงของตนเองแต่ไม่มี เครื่องมือตรวจวัดจึงจะไม่สามารถทำได้ และยังไม่มีความรู้ความเข้าใจในกฎหมายควบคุมในประเทศไทยด้านค่าขีดจำกัดดังกล่าว เพื่อควบคุมเครื่องมือ เครื่องจักรที่ผลิตและนำไปใช้ได้อย่างปลอดภัย จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่สามารถคัดกรอง เบื้องต้นของกลุ่มเสี่ยงที่เหมาะสมที่ประเมินได้ให้ความเชื่อมั่นมากเพียงพอต่อการนำไปสู่การเฝ้าระวังสุขภาพ

โดยผลจากการทบทวนวิจัยอย่างเป็นระบบด้านการใช้เครื่องมือประเมินปัจจัยการสัมผัสความ สั่นสะเทือน พบว่ามีทั้งในรูปแบบของการสอบถาม ได้แก่ แบบสอบถาม คือ Musculoskeletal Disorders (MSDs) Severity and Frequency Questionnaire (MSFQ) (Konjaroen et al., 2025) ที่สามารถวัดความ

รุนแรงและความถี่ของอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก และแบบสังเกตท่าทางการทำงาน ที่คำนึงถึงปัจจัยทางสภาพแวดล้อมเช่น ความสั่นสะเทือน ร่วมด้วย เรียกว่า Self-Ergonomics Risk Factor Assessment (SERFA) เพื่อระบุปัจจัยเสี่ยง (อนุสิทธิ์ ศรีพันธ์ และสุนิสา ชายเกลี้ยง, 2568) อีกทั้งยังพบเมตริกการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (Chaiklieng, 2019) ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า เมื่อได้รับความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายจะส่งผลให้กล้ามเนื้อหน้าท้องและหลังส่วนล่างทำงานเพิ่มมากขึ้น (Dong et al., 2020) อย่างไรก็ตามยังไม่พบการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของเครื่องมือที่จะนำไปสู่การใช้งานคัดกรอง ติดตามการประเมินการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบเฉพาะเรื่องได้

การใช้เครื่องมือลักษณะโปรแกรมออนไลน์หรือแอปพลิเคชันที่ทราบผลประเมินได้ง่ายหลังประเมินที่จะมีความเที่ยงตรงที่ประเมินได้จากงานวิจัยนี้ เพื่อสามารถคัดกรองกลุ่มสัมผัส หรือเพื่อการวัดที่ใช้เครื่องวัดโดยตรงจากผู้เชี่ยวชาญ Vibration meters เพื่อรับรองได้นั้น การศึกษาระยะพัฒนาเครื่องมือประเมินการรับสัมผัสที่แรงงานสามารถประเมินการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนด้วยตนเองได้อย่างรวดเร็ว เพื่อการป้องกันการสัมผัสและการเฝ้าระวังไม่ให้เกิดปัญหาจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนตามมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ที่มีผลกระทบต่อความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก สามารถนำไปสู่การจัดการความเสี่ยงและป้องกันได้ ดังนั้นจากผลการศึกษาข้างต้นยังจำเป็นต้องมีกำหนดค่าในการเฝ้าระวังการสัมผัสที่ปลอดภัยของความสั่นสะเทือน การประเมินที่อาศัยเครื่องมือที่คัดกรองได้ง่าย และออกแบบการทำงานที่เหมาะสม เพื่อป้องกันและลดความเสี่ยงต่อสุขภาพในพนักงานที่เสี่ยงสูงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือน

2.2.6 สรุปผลการศึกษาจากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ

การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบนี้ศึกษาผลลัพธ์ (Outcome) 4 ด้าน จากงานวิจัย 15 บทความ ซึ่งพบว่ามีการใช้เครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์ของความสั่นสะเทือน (Vibration meter) โดยผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความสั่นสะเทือนโดยตรง และใช้แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกเป็นเครื่องมือประเมินทางตรงจากการสัมผัสจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ได้แก่ MSFQ และแบบประเมินท่าทางการทำงานและการสัมผัสความสั่นสะเทือนร่วมด้วย ได้แก่ SERFA ซึ่งผู้ปฏิบัติงานที่ได้รับสัมผัสความสั่นสะเทือนในระดับที่เป็นอันตรายทั้งแบบสั่นสะเทือนที่มือและแขน (HAV) และ WBV ซึ่งมีการรับสัมผัสที่เกินระดับที่ต้องเฝ้าระวังที่ต้องดำเนินการ (Action level) จนถึงเกินค่าขีดจำกัดความปลอดภัย (Limit level) โดยผลกระทบต่อพนักงานที่พบความชุกสูงสุด คือ อาการทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก บริเวณหลังและกระดูกสันหลัง รองลงมาคือ ระบบประสาทและระบบหลอดเลือด อาชีพที่มีความเสี่ยงต่อการสัมผัส WBV สูงสุด คือ ผู้ขับรถยกและขับรถแทรกเตอร์ และพบแนวทางการจัดการเพื่อการลดการสัมผัสสั่นสะเทือนที่มือและแขน (HAV) ได้แก่ การปรับวัสดุถุงมือยาง และวัสดุหุ้มมือจับอุปกรณ์ ส่วนแนวทางการจัดการเพื่อลดการสัมผัสความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในพนักงานที่เสี่ยงสูง ได้แก่ การควบคุม

ความเร็ว ทำนึ่งตามหลักการยศาสตร์ และปรับปรุงเบาะนึ่ง ที่มีการทดลองในเฉพาะกลุ่มของการศึกษาเพื่อหา
แนวทางลดการสัมผัสความสั้นสะเทือนของแรงงาน

บทที่ 3

วิธีการวิจัย (การวิจัยและพัฒนา)

3.1 รูปแบบการวิจัย

การศึกษาวิจัยของระยะที่ 2 และระยะที่ 3 นี้ ซึ่งออกแบบเป็นรูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research & Development) ประกอบด้วยระยะการวิจัย 2 ระยะ ดังนี้

ระยะ 1 – การวิจัยที่ใช้รูปแบบการศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional analytic study) เพื่อประเมินการสัมผัสความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายของอาชีพที่เสี่ยงสูง การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ และศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยเสี่ยงของการสัมผัสความสั่นสะเทือน ที่ส่งผลด้านอาการทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกที่พบปัญหาสูงสุดของพนักงานทั้งจากการทบทวนวรรณกรรมระยะที่ 1 และการสำรวจระยะที่ 2

ระยะ 2 – การวิจัยเชิงพัฒนา เพื่อศึกษาเครื่องมือในการประเมินการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนผ่านโปรแกรมการเฝ้าระวังสุขภาพ Ergo Ocare –Vibration

– ศึกษาการสัมผัสของความสั่นสะเทือน (WBV) จากการปรับปรุงสภาพแวดล้อม คือ การลดความเร็วรอบเครื่องยนต์ (Engine speed) ของรถแทรกเตอร์ การลดความเร็วและ/หรือน้ำหนักยกของรถยก รวมถึงการออกแบบเบาะหรือวัสดุรองเบาะนั่งเพื่อลดการสัมผัสความสั่นสะเทือน (WBV) ด้วยการเสริมเบาะนั่งเพื่อลดความสั่นสะเทือน

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้จำแนกประชากรและกลุ่มตัวอย่างตามระยะของการศึกษาวิจัย ดังนี้

3.2.1 การวิจัยและพัฒนาระยะ 1 – ประเมินความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายของกลุ่มอาชีพที่พบว่ามีความเสี่ยงสูงต่อการรับสัมผัสแรงสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย

3.2.1.1 กลุ่มประชากร คือ ผู้ประกอบอาชีพในประเทศไทยภาคอุตสาหกรรมผลิตหรือก่อสร้าง และภาคเกษตรกรรม ที่มีการใช้ยานพาหนะรถยก รถแทรกเตอร์ในการทำงาน

3.2.1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ประกอบอาชีพขับขี่ยานพาหนะในการทำงานเป็นหลัก จำแนกได้เป็น 3 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้ขับรถยก (Forklift) ทางอุตสาหกรรมการผลิต ผู้ขับรถแทรกเตอร์ทางเกษตร (Tractor) และผู้ขับรถยกหรือแทรกเตอร์ในอุตสาหกรรมและการก่อสร้าง ซึ่งกำหนดขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มโดยใช้วิธีการคำนวณขนาดตัวอย่าง เพื่อการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Multiple logistic regression (Hsieh, et al., 1998) มีรายละเอียดดังนี้

$$n_1 = \frac{P(1-P)(Z_{1-\alpha} + Z_{1-\beta})^2}{B(1-B)(P_0 - P_1)^2}$$

โดย	n_1	=	ขนาดตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณด้วยสูตรการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก อย่างง่าย
	P	=	สัดส่วนของผู้สัมผัสความสิ้นเปลืองทั่วร่างกาย $[(1-B)*P_0] + (B*P_1)$ = $[(1-0.70)*0.19] + (0.70*0.81)$ เท่ากับ 0.62
	P_0	=	สัดส่วนของกลุ่มที่ได้รับแรงสั่นสะเทือนแล้วไม่เกิดความผิดปกติทางระบบ โครงร่างและกล้ามเนื้อ เท่ากับ 0.19 (อนุสิทธิ์ ศรีพันธ์ และสุนิสา ชายเกลี้ยง, 2567)
	P_1	=	สัดส่วนของกลุ่มที่ได้รับแรงสั่นสะเทือนแล้วเกิดความผิดปกติทางระบบ โครงร่างและกล้ามเนื้อ เท่ากับ 0.81 (อนุสิทธิ์ ศรีพันธ์ และสุนิสา ชายเกลี้ยง, 2567)
	B	=	สัดส่วนของกลุ่มที่เกิดความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก ในกลุ่มที่ศึกษา เท่ากับ 0.70 (อนุสิทธิ์ ศรีพันธ์ และสุนิสา ชายเกลี้ยง, 2567)
	$Z_{1-\alpha}$	=	ค่าสถิติจากการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$) มีค่าเท่ากับ 1.96
	$Z_{1-\beta}$	=	ค่าสถิติการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน เมื่อกำหนดอำนาจการทดสอบ เท่ากับ 0.80 ($\beta = 0.20$) มีค่าเท่ากับ 0.84

แทนค่า

$$n_1 = \frac{0.62(1-0.62)(1.96+0.84)^2}{[0.70(1-0.70)(0.19-0.81)^2]}$$

$$n_1 = 22.88 \text{ คน}$$

$$n_1 = 23 \text{ คน}$$

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ วิเคราะห์หาปัจจัยที่มีตัวแปรอิสระที่จะนำเข้า Model หลายตัว จึงทำการปรับขนาด
ตัวอย่างตามการวิเคราะห์ถดถอยพหุโลจิสติก (Multiple logistic regression) (Hsieh, et al, 1998) ดังนี้

$$n_p = \frac{n_1}{1 - p^2_{1,2,3,\dots,p}}$$

โดย	n_1	=	ขนาดตัวอย่างขั้นต่ำที่ได้จากการคำนวณ
	n_p	=	ขนาดตัวอย่างที่ปรับด้วย p
	$p^2_{1,2,3,\dots,p}$	=	ค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงซ้อน ($p^2 = 0.5$)

แทนค่า

$$n_p = \frac{23}{1 - ((0.5)(0.5))}$$

$$n_p = 30.66 \text{ คน}$$

$$n_p = 31 \text{ คน}$$

เนื่องจากการศึกษานี้มีกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างรวมจึงเก็บข้อมูลอย่างน้อย 93 คน โดยเป็นกลุ่มผู้ขับรถยกในภาคอุตสาหกรรมผลิต ผู้ขับรถแทรกเตอร์ทางการเกษตร และผู้ขับรถยกหรือแทรกเตอร์ในภาคการผลิต กิจกรรมก่อสร้างหรือภาคนอกระบบ โดยกำหนดเกณฑ์คัดเข้าและเกณฑ์คัดออกของงานวิจัยในแต่ละกลุ่ม ดังนี้

1) เกณฑ์คัดเข้า

- 1.1) อายุตั้งแต่ 18 ขึ้นไป (สัญชาติไทย)
- 1.2) มีประสบการณ์ขับยานพาหนะขับเคลื่อนในการทำงาน ไม่น้อยกว่า 1 ปี
- 1.3) ปฏิบัติงาน (ขับรถ) อย่างน้อย 4 ชั่วโมง/ครั้งของการทำงาน
- 1.4) ยินยอมในการเป็นอาสาสมัคร

2) เกณฑ์คัดออก

- 2.1) เจ็บป่วยหรือได้รับอุบัติเหตุ ที่รุนแรงถึงขั้นผ่าตัดหรือส่งผลต่อระบบกระดูกสันหลัง

3) เกณฑ์ถอนอาสาสมัครออก (withdrawal criteria)

- 3.1) ย้ายสถานที่ทำงานในระหว่างทำการศึกษา
- 3.2) ในกรณีที่อาสาสมัครเกิดผลข้างเคียง บาดเจ็บหรือเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ที่เกิดจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย ทางผู้วิจัยจะจัดการดูแลรักษาพยาบาลและฟื้นฟูสภาพของอาสาสมัครโดยทันที อาสาสมัครจะต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ในการรักษาหรือการฟื้นฟู โดยที่อาสาสมัครไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาส่วนนี้

3.2.1.3 การสุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูล ใช้วิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multistage random sampling) โดยสุ่มพื้นที่แบบเฉพาะเจาะจงซึ่งอิงตามฤดูกาลการผลิต หรือกิจกรรมการผลิต และสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายในขั้นตอนต่อไป

จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้า คัดออกของการศึกษานี้และสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยและพัฒนา ระยะ 1 มี จำนวนทั้งสิ้น 95 คน

3.2.2 การวิจัยและพัฒนาระยะ 2 – พัฒนาเครื่องมือประเมินความเสี่ยงเพื่อการเฝ้าระวังการสัมผัสความสั่นสะเทือนและออกแบบเบาะเพื่อลดการสัมผัสความสั่นสะเทือนกลุ่มเสี่ยงสูง

3.2.2.1 กลุ่มประชากร คือ ผู้ประกอบอาชีพที่เสี่ยงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือนทั้งในภาคอุตสาหกรรมการผลิตหรือก่อสร้าง และภาคเกษตรกรรมหรือ ที่ให้ความยินยอมร่วมเป็นอาสาสมัคร ยินยอมการศึกษาทั้งจากการวิจัยและพัฒนาระยะ 1 และ/หรือยินยอมเข้าร่วมโดยสมัครใจเข้าสู่การวิจัยและพัฒนาระยะ 2

3.2.2.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ มีอย่างน้อย จำนวน 31 คน ที่เป็นผู้ขับรถยก หรือโฟล์คลิฟท์ (Forklift) หรือผู้ขับรถแทรกเตอร์ (Tractor) และรวมเพิ่มกลุ่มแทรกเตอร์หรือผู้ขับรถยก

ในภาคอุตสาหกรรม การผลิตหรือการก่อสร้าง ที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าและเกณฑ์คัดออกตาม
ระยะ 2 จนครบจำนวน

3.2.2.3 การสุ่มตัวอย่างในการเก็บข้อมูล ใช้วิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multistage random
sampling) โดยแต่ละกลุ่มจะถูกสุ่มแบบเฉพาะเจาะจงจากผลประเมินความเสี่ยงที่มี
บริเวณลำตัว (Trunk) และการรวมถึงจากนั้นสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายเพื่อเป็นตัวแทน

3.2.2.4 ระยะทดลองผลการปรับปรุงเบาะรองนั่งลดความสั่นสะเทือน มีอย่างน้อยจำนวน 31 คน
จากความสนใจของกลุ่มตัวอย่างในระยะ 2 จากระบาดวิทยาที่พบว่าผลความเสี่ยงสูง
ต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือนสูงกว่า 80 เท่าของอาสาสมัครกลุ่มรดยก จากผลวิเคราะห์
ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความสั่นสะเทือนของระยะ 2 และศึกษาผลความเสี่ยงต่อ
สุขภาพในกลุ่มรดยกที่มีความเสี่ยงสูงจากการสัมผัสความสั่นสะเทือนอย่างน้อย 31

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.3.1 แบบสัมภาษณ์ข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วย 1) ข้อมูลส่วนบุคคล คือ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง
สถานภาพ ระดับการศึกษา การออกกำลังกาย ประสบการณ์ โรคประจำตัว และ 2) ข้อมูลการทำงาน คือ
การประเมินผลการทำงานปัจจุบัน ระยะเวลาการขับขี่ ความเร็วรอบเครื่องยนต์/ความเร็วสูงสุดที่ใช้
จำนวนครั้งในการเปลี่ยนท่าต่อชั่วโมงขณะขับรถ ประเภทเครื่องยนต์หรือกำลังม้าเครื่องยนต์ อายุการใช้งาน

3.3.2 แบบสอบถามด้านความรุนแรง และความถี่ของอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและ
โครงสร้างกระดูก (Musculoskeletal Disorders Severity and Frequency Questionnaires:MSFQ)
ซึ่งมีความเชื่อมั่นสูงของพัฒนาเพื่อสามารถประเมินตนเองได้ (สุนิสา ชายเกลี้ยง, 2566)

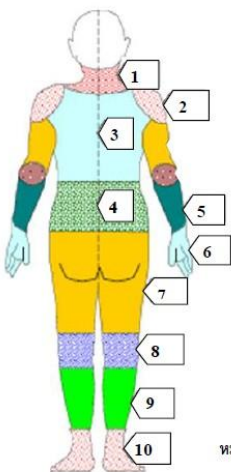
การประเมินผลอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกด้วยตนเองผ่านการเลือก
ตำแหน่งของร่างกาย 10 ส่วน ประกอบด้วย คอ ไหล่ หลังส่วนบน หลังส่วนล่าง แขนท่อนล่าง ข้อมือและมือ
สะโพก เข่า น่อง เท้าและข้อเท้าที่มีอาการปวด ชา เมื่อยล้า โดยพิจารณาความรุนแรง (5 ระดับ ได้แก่ ไม่มี
อาการ มีอาการเล็กน้อย มีอาการปานกลาง มีอาการมาก มีอาการมากเกินทนไหว) รวมกับความถี่ (5 ระดับ
ได้แก่ ไม่มีอาการ 1-2 ครั้ง ในทุก ๆ วัน 3-4 ครั้ง ในทุก ๆ วัน 1 ครั้ง ในทุก ๆ วัน และหลายครั้งในทุก ๆ วัน)
ดังแสดงในภาพที่ 3.1 เมื่อพิจารณาพร้อมกันแล้ว สามารถจำแนกระดับความรู้สึกไม่สบายออกเป็น 5 ระดับ

ระดับ 0 (คะแนน 0 คะแนน)	ไม่มีความรู้สึกไม่สบาย
ระดับ 1 (คะแนน 1-2 คะแนน)	มีความรู้สึกไม่สบายเล็กน้อย
ระดับ 2 (คะแนน 3-4 คะแนน)	มีความรู้สึกไม่สบายปานกลาง
ระดับ 3 (คะแนน 5-8 คะแนน)	มีความรู้สึกไม่สบายมาก

ระดับ 4 (คะแนน 9-16 คะแนน) มีความรู้สึกไม่สบายรุนแรงเกินทนไหว
ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ จะพิจารณาตำแหน่งที่มีผลระดับความรุนแรงสูงที่สุดมาเป็นตัวแทนระดับอาการของ
รายบุคคล เพื่อศึกษาความสัมพันธ์กับการสัมผัสความสั่นสะเทือน ดังแสดงตามภาพที่ 3.1

แบบประเมินด้วยตนเองด้านอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจากการทำงาน

คำชี้แจง โปรดดูรูปทางซ้ายมือเพื่อประกอบการระบุส่วนของร่างกายที่ท่านเคยรู้สึกว่ามีอาการปวด/ชา/เมื่อยล้า ที่เกิดจากการทำงานในอาชีพหลักของท่าน **ในกรณีที่เคยมี**
อาการในรอบ 1 เดือนที่ผ่านมา ให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องของระดับความรุนแรง (ข้อ 1.) และระดับความถี่ (ข้อ 2.) ให้ตรงกับส่วนของร่างกาย**ที่เคยมีอาการ**
เท่านั้น



ส่วนของร่างกาย ที่เคยมีอาการ	ข้อ 1. อาการปวด/ชา/เมื่อยล้า ดังกล่าว รุนแรงระดับใด ? (ใช้ข้อมูลครั้งที่ปวดรุนแรงที่สุด)				ข้อ 2. อาการปวด/ชา/เมื่อยล้า ดังกล่าว เกิดขึ้นกับคุณ บ่อยแค่ไหน ? (ใช้ข้อมูลครั้งที่ปวดบ่อยที่สุด)			
	เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	มาก เกินทนไหว	1-2 ครั้ง ต่อสัปดาห์	3-4 ครั้ง ต่อสัปดาห์	1 ครั้ง ในทุกๆวัน	หลายครั้ง ในทุกๆวัน
1. คอ								
2. ไหล่								
3. หลังส่วนบน								
4. หลังส่วนล่าง								
5. แขนข้อศอก								
6. มือและข้อมือ								
7. สะโพก								
8. หน้าอก								
9. ต้นขา								
10. เท้าและข้อเท้า								

หมายเหตุ: ปวดเล็กน้อย คือ ปวดเล็กน้อยหรือปวดๆ ทุเลาหายระหว่างทำงาน
ปวดปานกลาง คือ ปวดจนต้องหยุดการทำงานชั่วคราว
ปวดมาก คือ ปวดจนต้องหยุดการทำงานชั่วขณะ
ปวดมากเกินทนไหว คือ ถึงขั้นหยุดงานอย่างน้อย 1 วัน

ข้อ 3. ในระยะเวลา 7 วันที่ผ่านมา ท่านเคยมี อาการปวด/ชา/เมื่อยล้า ตามส่วน
ของร่างกายข้างต้น ที่เกิดจาก**การทำงาน** ในอาชีพหลักหรือไม่
☐ 0. ไม่เคย ☐ 1. เคย บริเวณ.....

ข้อ 4. ท่านคิดว่าอาการปวด/ชา/เมื่อยล้า เหล่านี้เกิดจาก**การทำงาน** ในอาชีพหลักหรือไม่
☐ 1.ใช่ ☐ 2.ไม่แน่ใจ ☐ 3.ไม่ใช่
หากไม่ใช่คิดว่าเกิดจากสาเหตุใดระบุ
☐ 1 งานเสริม ☐ 2 เล่นกีฬา ☐ 3 งานบ้าน ☐ 4 อื่นๆ ระบุ.....

ที่มา: Chaikleng S. Health risk assessment on musculoskeletal disorders among potato-chip processing workers. PLoS ONE 2019, 14 (12): e0224980. doi: 10.1371/journal.

ภาพที่ 3.1 Musculoskeletal Disorders Severity and Frequency Questionnaires (MSFQ)
(สุนิสา ชายเกลี้ยง, 2566)

3.3.3 แบบประเมินความเสี่ยงทางกายศาสตร์ Self-Ergonomic Risk Factor Assessment (SERFA)

เครื่องมือมีความเชื่อมั่นสูงที่พัฒนาเป็นแบบประเมินปัจจัยเสี่ยงทางกายศาสตร์ที่สามารถด้วย
ตนเองได้ (สุนิสา ชายเกลี้ยง, 2566) เครื่องมือนี้ที่ใช้การประเมินท่าทางการทำงานความเสี่ยงทางกายศาสตร์
และการสัมผัสความสั่นสะเทือน ของ 6 ตำแหน่งร่างกาย คือ มือ-ข้อมือ แขน-ข้อศอก ไหล่ คอ หลัง และขา
โดยมีขั้นตอนการประเมิน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ระบุลักษณะงาน

ขั้นตอนที่ 2 ระบุท่าทางของ มือ-ข้อมือ แขน-ข้อศอก ไหล่ คอ หลัง และขา ตามลำดับ ดังนี้

1.1) ระบุท่าทาง โดยพิจารณาท่าทางจากรูป หากมีท่าทางท่าใดท่าหนึ่ง หรือ
หลายท่าทาง ทั้งด้านซ้ายและหรือด้านขวาของร่างกาย ให้ทำเครื่องหมายกากบาทในช่องสี่เหลี่ยมใน

แบบประเมิน ข้อ 2.1 โดยแต่ละช่องคิดคะแนน เป็น 1 คะแนน

1.2) กรณีที่ มือ-ข้อมือ แขน-ข้อศอก ไหล่ คอ หลัง และขา มีการออกแรง
การกระแทกหรือกระชากแรง ๆ ขณะนั่ง หรือยืน ทั้งด้านซ้ายและ/หรือด้านขวาของร่างกาย ให้ทำ
เครื่องหมายกากบาทข้อ 2.2 (แต่ละช่องคิดเป็น 1 คะแนน)

1.3) ระบุระยะเวลาคงท่าเดิม หากมีการคงท่าเดิมนานในแต่ละส่วนของร่างกาย
ตามที่ระยะเวลาที่กำหนดนั้นๆ ให้กากบาทลงในช่อง (แต่ละช่องคิดเป็น 1 คะแนน)

1.4) ระบุความถี่ซ้ำๆ หากมี ท่าทางการเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ ในแต่ละส่วนของ
ร่างกายตามที่ ระยะเวลาที่กำหนดนั้นๆ ให้ทำเครื่องหมายกากบาทลงในช่อง (แต่ละช่องคิดเป็น
1 คะแนน)

1.5) ระบุการสัมผัสความสั่นสะเทือน กรณีมีการสัมผัส (แต่ละช่องคิดเป็น
1 คะแนน)

ขั้นตอนที่ 3 การสรุปผลรวมคะแนนเพื่อตัดสินระดับความเสี่ยงของแต่ละส่วนของร่างกาย
นำคะแนนข้อ 2.1-2.5 มาบวกกัน เพื่อจัดระดับความเสี่ยงตามส่วนของร่างกาย

ขั้นตอนที่ 4 การระบุปัจจัยสภาพแวดล้อมเพิ่ม (Environment: E) กรณีที่มีสภาพแวดล้อม
การทำงานที่อาจส่งผลกระทบ โดยการบวกคะแนนเพิ่ม แต่ละช่องคิดเป็น 1 คะแนน เช่น กรณีมี
อุณหภูมิต่ำ กรณีมีแสงไม่เพียงพอหรือแสงจ้า หรือกรณีที่มีเสียงดังโดยนำมาบวกทุกส่วนของร่างกาย
โดยผลประเมินออกมาเป็นระดับความเสี่ยงทั้งหมด 4 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และภาพที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์ระดับความเสี่ยงทางการยศาสตร์ต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือนด้วยวิธี SERFA

ความเสี่ยง	ผลคะแนน	ความหมาย
ระดับต่ำ	0-2	ภาวะที่ยอมรับได้
ระดับปานกลาง	3	งานนั้นควรได้รับการตรวจสอบและศึกษารายละเอียด เพิ่มเติม
ระดับสูง	4	งานนั้นเริ่มเป็นปัญหาควร ตรวจสอบและรีบดำเนินการปรับปรุงให้ดีขึ้น
ระดับสูงมาก	≥5	งานนั้นเป็นปัญหาควรรีบ ทำการปรับปรุงหรือแก้ไข โดยทันที

ที่มา: สุนิสา ชายเกลี้ยง (2566)

แบบประเมินด้วยตนเองด้านความเสี่ยงจากปัจจัยทางกายศาสตร์ ทำางการทำงาน

แบบประเมินชุดที่ ☐ ☐ ☐

ขั้นตอนที่ 1 ระบุงาน	ชื่องาน: _____		โรงงานหรือนามสมมติ: _____		ประเภทหน่วยที่ทำงาน: _____	
โปรดระบุลักษณะงาน	วันที่: _____	แผนก: _____	กะ: _____	ผลิตภัณฑ์: _____		
ขั้นตอนที่ 2 ระบุท่าทาง	มือ ข้อมือ	แขน ข้อศอก	ไหล่	คอ	หลัง	ขา
โปรดระบุท่าทางของ มือ แขน ข้อศอก ไหล่ คอ หลัง และขา	งอข้อมือ >45° หมุนข้อมือ เหยียดข้อมือ งอข้อมือ >45° เหยียดข้อมือ	หมุนแขน เหยียดแขน เอียงแขนข้าง	แขนไปด้านหลัง คอกหรือแขนบนกางหรือยก >45° มีท่าตึงโยกโยสั่น	ก้ม >30° เอียงคอ แหงนคอ หมุน >20°	โน้มตัว เอียงหลัง ด้านข้าง ไม่มีพนักพิงหลัง เหยียดยืนแขน	ยกเข้า คุกเข้า ที่เท้า เข่าลอย ยืนได้ ไม่สมดุล
2.1 ระบุท่าทาง (1 คะแนน)	☐	☐	☐	☐	☐	☐
กรณีท่านมีการออกแรงขณะมีท่าทางต่าง ๆ ของอวัยวะ โปรดจากภาพข้อ 2.2 (1 คะแนน)	ใช้มือบีบหรือกด >0.9 กก. หรือ กำรวมกับการใช้แรง >4.5 กก. สำหรับงานหนึ่ง หรือ >10 กก.(ยืน)	ออกแรงขณะนั่ง >4.5 กก./หรือ ยืน >10 กก.	ออกแรงขณะนั่ง >4.5 กก./หรือ ยืน >10 กก.	ออกแรงขณะนั่ง >4.5 กก./หรือ ยืน >10 กก.	ออกแรงขณะนั่ง >4.5 กก./หรือ ยืน >10 กก.	ออกแรงขณะนั่ง >4.5 กก./หรือ ยืน >10 กก.
2.2 ระบุการออกแรง	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2.3 ระบุระยะเวลาการทำงาน	> 10 นาที	> 10 นาที	> 1 นาที	> 1 นาที	> 1 นาที	> 10 นาที
2.4 ความถี่ซ้ำๆ	> 4 ครั้ง/นาที	> 4 ครั้ง/นาที	> 2 ครั้ง/นาที	> 2 ครั้ง/นาที	> 2 ครั้ง/นาที	> 2 ครั้ง/นาที
2.5 ความสั่นสะเทือน	☐	☐	☐	☐	☐	☐
รวมคะแนน ข้อ 2.1-2.5						

ขั้นตอนที่ 3 รวมคะแนนเพื่อตัดสินระดับความเสี่ยง

คะแนน >5 = เสี่ยงระดับสูงมาก
คะแนน 4 = เสี่ยงระดับสูง
คะแนน 3 = เสี่ยงระดับปานกลาง
คะแนน 0-2 = เสี่ยงระดับต่ำ

ขั้นตอนที่ 4: โปรดระบุปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ทำงานเพิ่มเติม

☐ E1 มีอุณหภูมิ >+1	☐ E3 มีสารเคมี กัดกร่อนหรือความชื้น >+1
☐ E2 แสงไม่พอหรือแสงจ้า >+1	☐ E4 มีเสียงดัง >+1

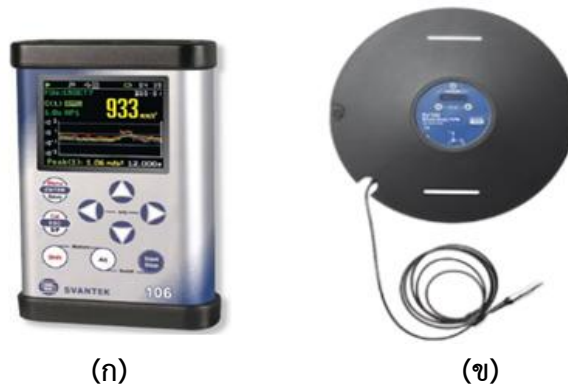
ภาพที่ 3.2 Self-Ergonomic Risk Factor Assessment (SERFA)

3.3.4 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อเบาะนั่ง จำนวน 5 ข้อ ประกอบด้วย ความพึงพอใจต่อเบาะนั่งขนาดเหมาะสมสำหรับการใช้งาน ไม่เป็นอุปสรรคต่อการทำงาน ความน่าใช้ เช่น ความนุ่มของเบาะ หรือรูปแบบเบาะนั่ง สามารถทำให้อาสาสมัครปฏิบัติงานได้ดี ลักษณะคำถามเป็นแบบอัตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด (5 คะแนน) มาก (4 คะแนน) ปานกลาง (3 คะแนน) น้อย (2 คะแนน) และน้อยที่สุด (1 คะแนน) การแปลผล โดยแบ่งช่วงความพึงพอใจต่อเบาะนั่ง ในแต่ละระดับความพึงพอใจได้ 3 ระดับ ได้แก่ ความพึงพอใจระดับดี (คะแนนระหว่าง 19-25 คะแนน) ความพึงพอใจระดับปานกลาง (คะแนนระหว่าง 12-18 คะแนน) และความพึงพอใจระดับที่ควรปรับปรุง (คะแนนระหว่าง 5-11 คะแนน)

3.3.5 เครื่องมือวัดขนาดเบาะนั่ง สำหรับวัดขนาดเบาะนั่งรถแทรกเตอร์และรถโฟล์คคลิฟท์ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูงของเบาะนั่งรถแทรกเตอร์และรถโฟล์คคลิฟท์ โดยใช้ตลับเมตร ในการวัดขนาด และใช้หน่วยเป็นเซนติเมตร

3.3.6 เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย เพื่อประเมินการสัมผัสการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ใช้ชุดวัดความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole Body Vibration) ซึ่งรวมถึงเครื่องวัดและหัววัดที่ติดตั้งในแนวแกน X, Y, และ Z โดยปฏิบัติตามมาตรฐาน ISO 2631-1 และเครื่องมือได้รับการสอบเทียบความถูกต้องตามมาตรฐานการสอบเทียบหัววัดที่เกี่ยวข้อง และต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน

ISO 8041-2005 เครื่องวิเคราะห์ความสั่นสะเทือนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือรุ่น SVANTEX SV 106 ซึ่งได้รับการตรวจสอบความแม่นยำแล้ว



ภาพที่ 3.3 (ก) เครื่อง MANUAL SV-106 (ข) หัววัดความสั่นสะเทือน

3.3.6.1 โมเดลการวัดความสั่นสะเทือนในรถแทรกเตอร์

การประเมินความสั่นสะเทือนในรถแทรกเตอร์ ใช้หลักการจากการศึกษาของจิรายุทธ กิจกล้า และศิริศักดิ์ เชิดเกียรติพล (2555) และอนุสิทธิ์ ศรีพันธ์และสุนิสา ชายเกลี้ยง (2568) ที่พบว่า สภาวะการเคลื่อนที่บนแปลงเกษตรกรรมมีการสั่นสะเทือนสูงสุด โดยผู้วิจัยดำเนินการประเมินความสั่นสะเทือนในสภาวะเคลื่อนที่บนพื้นผิวแปลงเกษตรกรรมขณะไถพรวน ในความลึก 10 เซนติเมตร ความเร็วรอบเครื่องยนต์ ตันกำลัง 2,200 รอบต่อนาที (rpm) และความเร็วรอบ 1600 rpm ระยะทางที่ใช้ในการประเมินคือ 1 รอบวนไป-กลับ 40 เมตร โดยการวัดซ้ำ 2 ครั้ง ทุกความเร็วรอบเครื่องยนต์ตันกำลัง

3.3.6.2 โมเดลการวัดความสั่นสะเทือนในรถยกหรือโฟล์คลิฟท์

การประเมินความสั่นสะเทือนในรถยกหรือรถโฟล์คลิฟท์จะวัด ณ ขณะที่มีการยกสินค้าปกติ เกิน 1000 กิโลกรัม ควบคุมที่ความเร็วปกติของการทำงาน และระยะปรับปรุง (ระยะ 2) การปรับน้ำหนักยกให้ลดลง 50% เช่น จาก 1000 กิโลกรัม เป็น 500 กิโลกรัม หรือการลดความเร็วลง ต่ำกว่า 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยให้ขับครอบคลุมเส้นทางการทำงานเป็นเวลา 15 นาที มีการวัดซ้ำ 2 ครั้งในแต่ละรอบน้ำหนักยก

โดยการประเมินทั้ง 2 โมเดล ในรถแทรกเตอร์และรถยกหรือรถโฟล์คลิฟท์นี้ ผู้วิจัยมีการกำชับให้มีการคาดเข็มขัดนิรภัย และมีการกำหนดความเร็ว ที่ใช้ในการขับขีปกติที่เคยปฏิบัติมา เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาระยะ 2 นอกจากที่จัดหาวัสดุที่เหมาะสมต่อการลดความสั่นสะเทือนในยานพาหนะทั้ง 2 ประเภทแล้ว จะมีการทดสอบตามตัวแปรควบคุมอื่นๆ ที่คาดว่าจะมีผลต่อการลดความสั่นสะเทือนได้เพิ่มเติม ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 โมเดลการทดสอบการรับสัมผัสความสิ้นเปลืองในผู้ขับรถแทรกเตอร์

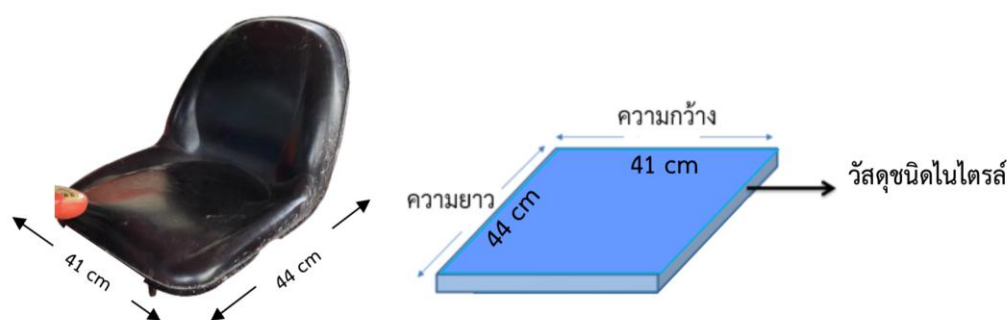
สภาวะการวัดความ สิ้นเปลือง	การวัดความสิ้นเปลือง ระยะ 1	การวัดความสิ้นเปลือง ระยะ 2 - ลดความเร็วรอบเครื่องยนต์	การวัดความสิ้นเปลือง ระยะ 2 - ใช้เบาะที่ออกแบบ
รถแทรกเตอร์ สภาวะเคลื่อนที่บนพื้นผิวแปลงเกษตรกรรมหรือไถพรวน ในความลึก 10 เซนติเมตร			
รอบที่ 1	1) ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต้น	1) ความเร็วรอบเครื่องยนต์	1) ความเร็วรอบเครื่องยนต์
วัดความสิ้นเปลือง	กำลัง 2,200 rpm	ต้นกำลัง 1,600 rpm	ต้นกำลัง 1,600 rpm ระยะทางที่
ขณะเริ่มการทำงานขับ	ระยะทางที่ใช้ในการ	ระยะทางที่ใช้ในการประเมิน	ใช้ในการประเมินคือ 20 เมตร บน
รถแทรกเตอร์	ประเมินคือ 20 เมตร บน	คือ 20 เมตร บนแปลงนาของ	พื้นราบของเกษตรกร และใช้เบาะ
	แปลงนาของเกษตรกร	เกษตรกร	ที่ออกแบบ
รอบที่ 2	2) ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต้น	2) ความเร็วรอบเครื่องยนต์	2) ความเร็วรอบเครื่องยนต์
วัดความสิ้นเปลือง	กำลัง 2,200 rpm	ต้นกำลัง 1,600 rpm	ต้นกำลัง 1,600 rpm ระยะทางที่
หลังจากพักเบรกการขับ	ระยะทางที่ใช้ในการ	ระยะทางที่ใช้ในการประเมิน	ใช้ในการประเมินคือ 20 เมตร
รถแทรกเตอร์	ประเมินคือ 20 เมตร บน	คือ 20 เมตร บนแปลงนาของ	บนพื้นผิวราบ ของเกษตรกร และ
	แปลงนาของเกษตรกร	เกษตรกร	ใช้เบาะที่ออกแบบ

ตารางที่ 3.3 โมเดลการทดสอบการรับสัมผัสความสิ้นเปลืองในผู้ขับรถยก

สภาวะการวัดความ สิ้นเปลือง	การวัดความสิ้นเปลือง ระยะ 1	การวัดความสิ้นเปลือง ระยะ 2 (ลดน้ำหนัก/ลด ความเร็ว)	การวัดความสิ้นเปลือง ระยะ 2 (ใช้เบาะที่ออกแบบ ลดความเร็ว)
รถโฟล์คลิฟท์ (เครื่องยนต์ดีเซล หรือไฟฟ้า ชนิดนั่งขับ ขนาดพิกัดน้ำหนักยก 2.5 ตัน)			
รอบที่ 1	1. ขณะที่มีการยกสินค้าปกติ	1. ขณะที่มีการยกสินค้า 500	1. ขณะที่มีการยกสินค้า 500
วัดความสิ้นเปลือง ขณะ	1000 กิโลกรัม โดยให้ขับ	กิโลกรัม โดยให้ขับครอบคลุม	กิโลกรัม ขับครอบคลุมเส้นทาง
เริ่มการทำงานขับรถโฟล์	ครอบคลุมเส้นทางการทำงาน	เส้นทางการทำงานเป็นเวลา 15	การทำงานเป็นเวลา 15 นาที
คลิฟท์	เป็นเวลา 15 นาที ด้วยความเร็ว	นาที ด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตร	ด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อ
	20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	ต่อชั่วโมง	ชั่วโมง
รอบที่ 2	2. ขณะที่มีการยกสินค้า 1000	2. ขณะที่มีการยกสินค้า 500	2. ขณะที่มีการยกสินค้า 500
วัดความสิ้นเปลือง	กิโลกรัม โดยให้ขับครอบคลุม	กิโลกรัม โดยให้ขับครอบคลุม	กิโลกรัม ขับครอบคลุมเส้นทาง
หลังจากพักเบรกการขับ	เส้นทางการทำงานเป็นเวลา 15	เส้นทางการทำงานด้วยความเร็ว	การทำงาน 15 นาที ความเร็ว
รถโฟล์คลิฟท์	นาทีด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตร	10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
	ต่อชั่วโมง		

3.3.7. การปรับเปลี่ยนสภาพการทำงานของเบาะนั่ง

1) **รถแทรกเตอร์** การออกแบบเบาะนั่งที่มีการออกแบบเพื่อปรับเปลี่ยนสภาพการทำงาน โดยการปรับทิศทาง (เหมือนปรับเบาะรถยนต์) และปรับวัสดุเบาะนั่งเพื่อช่วยลดการสัมผัสการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ซึ่งจากการศึกษาการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่สัมผัสของรถแทรกเตอร์แต่ความเร็วที่มีผลต่อความสั่นสะเทือนสูงสุด พบที่ช่วงความถี่ 0.5 เฮิรตซ์ - 20 เฮิรตซ์ จึงพิจารณาการออกแบบวัสดุชนิด **ยางไนไตรล์ที่ใช้เป็นวัสดุเพื่อลดความสั่นสะเทือน** ตามขนาดและรูปร่างของเก้าอี้ที่ทำการตรวจวัดของรถแทรกเตอร์ขนาดกลาง ระหว่าง 40-80 แรงม้าใช้ในการทำงานของการประเมิน คือ ความกว้าง 41 cm และ (B) ความยาว 44 cm ที่เหมาะสมกับเบาะนั่งของรถแทรกเตอร์ และกำหนดความหนาของวัสดุในการกำหนดความหนาของเบาะรองนั่งที่เหมาะสมคือ 4 cm ตามต้นแบบออกแบบวัสดุเสริมเบาะนั่งในการศึกษาเบื้องต้นของงานวิจัยที่ผ่านมา (อนุสิทธิ์ ศรีพันธ์ และสุนิสา ชายเกลี้ยง, 2568) ดังแสดงในภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 การออกแบบยางไนไตรล์ที่ใช้เป็นวัสดุลดความสั่นสะเทือนในรถแทรกเตอร์

การยึดเบาะเสริมกับเบาะนั่งและการห่อหุ้ม มีขั้นตอนการออกแบบ ดังนี้

(1) การเลือกวัสดุในการยึดเบาะนั่งกับที่นั่ง

- สายรัด (Straps); ใช้สายรัดที่ทำจากไนลอนที่มีความยืดหยุ่นและทนทาน พร้อมหัวล็อก (Buckles) เพื่อให้สามารถปรับความแน่นได้ จำนวน 2 เส้น

- แฉบตีนตุ๊กแก (Velcro); ใช้แฉบตีนตุ๊กแกติดที่นั่งและใต้เบาะ เพื่อเสริมให้ยึดติดแน่นมากขึ้น และสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย

- ซิปด้านหน้า; เลือกซิปที่มีความแข็งแรงและทนทานต่อการใช้งาน เย็บติดกับผ้าห่อหุ้มเบาะทางด้านหน้า เพื่อสะดวกในการถอดและเปลี่ยนเบาะเสริมได้ง่าย

(2) **การออกแบบและติดตั้งซิปด้านหน้า** โดยตำแหน่งการติดซิป คือ ติดซิปด้านหน้าของเบาะเสริม โดยออกแบบให้ซิปอยู่ตรงกลางด้านหน้า เพื่อความสะดวกในการถอดและเปลี่ยนเบาะ วิธีการติดตั้งซิป

ดังนี้

- ติดชิปด้วยการเย็บด้วยจักรเย็บผ้าที่ใช้สำหรับวัสดุหนา โดยใช้เส้นด้ายที่มีความแข็งแรงสูง
- ติดชิปให้ยาวเต็มความกว้างของเบาะ (41 cm) เพื่อให้เปิดได้ง่ายและใส่เบาะเสริมได้สะดวก
- ปลายชิปทั้งสองข้างควรมีแผ่นปิดเพื่อป้องกันไม่ให้ชิปเกี่ยวเสื้อผ้าหรือส่วนอื่น ๆ

(3) การยึดแน่นกับเบาะนั่งของรถแทรกเตอร์

- สายรัดและหัวล็อก (Strap and Buckle System); ติดสายรัด 4 จุด (2 จุดด้านข้าง, 1 จุดด้านหน้า, และ 1 จุดด้านหลัง) โดยสายรัดจะพันรอบเบาะนั่งของรถแทรกเตอร์ และล็อกด้วยหัวล็อกเพื่อให้แน่นหนา สามารถปรับระดับความแน่นได้ตามความต้องการ

- แถบตีนตุ๊กแก (Velcro Straps); ติดแถบตีนตุ๊กแกด้านล่างของเบาะเสริม โดยวางแนวตั้งแต่มด้านหน้าไปถึงด้านหลัง เพื่อให้สามารถยึดกับเบาะนั่งได้แน่นหนา ใช้งานง่ายและสะดวกในการถอดออก

(4) การห่อหุ้มและป้องกันการลื่นไถล

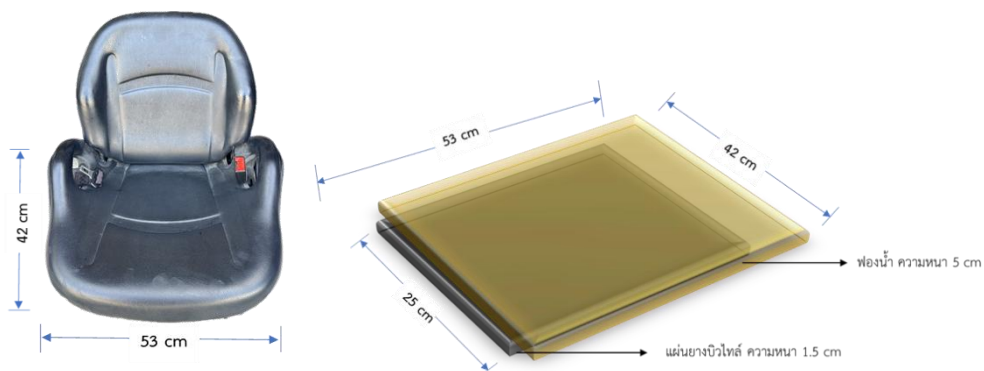
- ผ้าหุ้มด้านนอก; ใช้ผ้าที่มีคุณสมบัติกันลื่น (Anti-slip Fabric) เพื่อป้องกันไม่ให้เบาะเสริมลื่นเมื่อมีการเคลื่อนไหว สามารถถอดออกมาซักและทำความสะอาดได้ง่าย และติดชิปทางด้านบนเพื่อช่วยในการเปลี่ยนเบาะ

- การเสริมความทนทาน; เย็บตะเข็บคู่ (Double Stitching) บริเวณที่มีการดึงรั้งและแรงกด เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและทนทานในการใช้งานระยะยาว ใช้ด้ายในลอนที่มีความแข็งแรงสูง เพื่อป้องกันการฉีกขาด

(5) การทดสอบและปรับปรุง โดยการทดสอบความแน่นหนา ด้วยการทดลองนั่งและขยับตัวเพื่อทดสอบว่าเบาะเสริมไม่เลื่อนหลุดหรือขยับขณะใช้งาน และตรวจสอบความสะดวกในการถอดและเปลี่ยนเบาะเสริมด้วยชิปด้านหน้า

2) **รศโพล์คลิฟท์** การออกแบบปรับปรุงเบาะนั่งรถยกโดยการเลือกวัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนในเบาะนั่งรถยก จากผลการศึกษาที่ผ่านมา ซึ่งผลสำรวจความสั่นสะเทือนที่ค่าสูงสุดเมื่อระดับความถี่ระหว่าง 25-250 Hz ซึ่ง คือ ยางบิวไทล์ (IIR) โดยมีวัสดุเดิมในเบาะรองนั่งเสริมของรถยกที่มีคือฟองน้ำ

โดยพิจารณาการออกแบบตามขนาดและรูปร่างของเก้าอี้เดิมของรถยกที่ใช้ในการทำงานของการประเมิน คือ (A) ความกว้าง 53 cm (B) ความยาว (ลึก) 42 cm และ (C) ความหนา 5 cm เนื่องจากขนาดของยางบิวไทล์ถูกจำกัดที่มีหน้ายาวของแผ่นยางที่ 25 cm และความหนา 1.5 cm ดังนั้นจึงกำหนดได้เพียงในระยความกว้างเบาะนั่งของรถ 53 cm และยางบิวไทล์ เสริมด้านใน 25 cm อิงจากผลการศึกษาและทดสอบในการวิจัย (อนุวัฒน์ คงเจริญ และคณะ, 2568) รายละเอียดการออกแบบดังแสดงในภาพที่ 3.5 ซึ่งในการติดตั้งยางบิวไทล์โดยร้อยถอนเบาะและเสริมภายใต้โครงสร้างของเบาะนั่งด้านล่าง



ภาพที่ 3.5 การออกแบบยางบิวไทล์ที่ใช้เป็นวัสดุลดความสั่นสะเทือนในรอกโพลีคลิฟท์

3.3.8 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ด้านความตรงของเนื้อหา (Content Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษามาจากงานวิจัย ที่ผ่านตรวจสอบความตรงด้านเนื้อหา และความเชื่อมั่นที่ระดับยอมรับได้ Cronbach's alpha coefficient คือตั้งแต่ 0.8 ขึ้นไป โดยนำผลการตอบแบบสอบถามที่ทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างมีความคล้ายคลึงกับกลุ่มเป้าหมาย แล้วแก้ไขจนสมบูรณ์ก่อนการใช้

เครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย เครื่องวัดความสั่นสะเทือนและแผ่นวัดที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นเครื่องวิเคราะห์ความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายยี่ห้อ SVANTEX รุ่น SV 106 ได้ทำการสอบคุณภาพ และเป็นไปตามมาตรฐานเครื่องมือตรวจวัด ISO 8041-2005

3.4 วิธีดำเนินการวิจัยและพัฒนา

รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research & Development) นี้ แบ่งเป็น 2 ระยะ (รายละเอียดตามภาพที่ 3.6) ดังนี้



ภาพที่ 3.6 ระยะการวิจัยและพัฒนา

ระยะ 1 ประเมินความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายของกลุ่มอาชีพที่มีความเสี่ยงสูงต่อการรับสัมผัส แรงสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย

หากอาสาสมัครยินดีเข้าร่วมการศึกษานี้ อาสาสมัครจะต้องลงลายชื่อในเอกสารขอความยินยอม
สำหรับการวิจัยทางคลินิก ทำการศึกษา ณ สถานที่ทำงาน (ภาคอุตสาหกรรม) หรือสถานที่ทำงานในแปลง
เกษตร (ภาคเกษตรกรรม) สำหรับช่วงเวลาที่ทำการทดลองตามที่ได้นัดหมายกันไว้ล่วงหน้าผ่านหัวหน้างาน
(ภาคอุตสาหกรรม) หรือผู้ใหญ่บ้านหรือประธานอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านของพื้นที่
(ภาคเกษตรกรรม) การศึกษาในระยะนี้อาสาสมัครจะต้องมีการปฏิบัติตามกิจกรรมวิจัย 3 ส่วน โดยใช้ระยะเวลา
ทั้งหมด 55 นาที ดังนี้

ส่วนที่ 1 อาสาสมัครจะต้องตอบแบบสัมภาษณ์คุณลักษณะส่วนบุคคล การทำงานหรือภาระงาน
แบบสัมภาษณ์ความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก และแบบประเมินความเสี่ยงทาง
การยศาสตร์และการสัมผัสความสั่นสะเทือนโดยการสังเกต ซึ่งใช้เวลาประมาณ 20 นาที

ส่วนที่ 2 อาสาสมัครจะได้รับการวัดแรงสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย โดยเป็นการวัดความสั่นสะเทือน
ทั่วร่างกาย; จะมีการติดตั้งอุปกรณ์วัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายที่เบาะนั่งรถแทรกเตอร์ของอาสาสมัคร
(ตามภาพที่ 3.7) โดยอุปกรณ์นี้จะวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายขณะอาสาสมัครนั่งบนรถแทรกเตอร์หรือรถ
โฟล์คลิฟท์



ภาพที่ 3.7 การติดตั้งอุปกรณ์วัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย

(A) ที่เบาะนั่งรถโฟล์คลิฟท์ (B) ที่เบาะนั่งรถแทรกเตอร์

โดยดำเนินการวัดข้อมูลการรับสัมผัสพื้นฐาน (Baseline) ตามประเภทรถ ดังนี้

รถแทรกเตอร์ ในกิจกรรมทางการเกษตรและก่อสร้างทำ สภาวะเคลื่อนที่บนพื้นผิวแปลงเกษตรกรรมหรือกิจกรรมก่อสร้างสนับสนุนการผลิต ซึ่งการวัดนี้จะใช้เวลาประมาณ 30 นาที (ขณะเริ่มงาน 15 นาที และหลังเบรคอีก 15 นาที) ณ จุดปฏิบัติงานของอาสาสมัคร

รถโฟล์คลิฟท์ วัดความสั่นสะเทือนก่อนและหลังการปรับปรุงเบาะนั่งรถยก โดยระยะทางที่ใช้ในการทดลองขับให้พนักงานขับรถในพื้นที่ทำงานจริงในการยกสินค้าขึ้น-ลง อย่างน้อยหนึ่งรอบของการทำงาน และใช้เส้นทางจริงที่ใช้ในการทำงานปกติ ซึ่งทำการวัดซ้ำ 2 รอบ (รอบละ 15 นาที) ดังนี้

ระยะ 2 พัฒนาเครื่องมือและปรับปรุงสภาพแวดล้อมที่ออกแบบเพื่อลดการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน

ตามที่อาสาสมัครได้ถูกคัดเลือกเป็นอาสาสมัครในระยะที่ 2 ยินดีเข้าร่วมการศึกษานี้ อาสาสมัครจะต้องปฏิบัติตัว คือ

- 1) สัมภาษณ์ความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (MSFQ) และประเมินความเสี่ยงจากปัจจัยทางการยศาสตร์และความสั่นสะเทือน (SERFA)
- 2) ถูกวัดแรงสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ขณะนั่งบนรถแทรกเตอร์ ขณะที่ปรับความเร็วรอบของเครื่องยนต์หรือลดความเร็วและ/หรือลดน้ำหนักยกของรถยก หรือขณะใช้เบาะนั่งที่ออกแบบ ผ่านการติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงสั่นสะเทือนและประเมิน
- 3) ถูกสัมภาษณ์ความพึงพอใจกรณีของผู้ขับรถแทรกเตอร์จะทำการทดลองในพื้นที่ใกล้บ้านของอาสาสมัคร และกรณีเป็นผู้ขับรถโฟล์คลิฟท์ นัดหมาย ณ สถานที่ทำงาน หลังจากที่ได้ทดลองขับในแต่ละสภาวะ

สำหรับการพัฒนาเครื่องมือ โปรแกรมเฝ้าระวังทางอาชีวอนามัยต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือน Ergo Ocare Vibration

เพื่อการพัฒนาเครื่องมือและรายงานความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสความสั่นสะเทือนโดยผ่านเครื่องมือออนไลน์ จะมีขั้นตอนส่วนการลงทะเบียนและการประเมินการสัมผัสโดยเครื่องมือเดิมในระบบออนไลน์ดังนี้

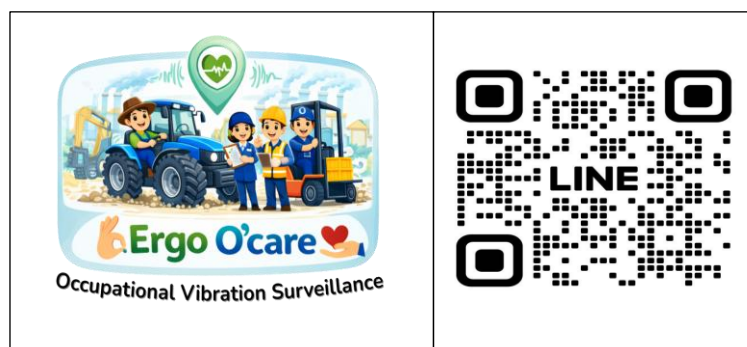
- 1) อาสาสมัครจะได้รับการลงทะเบียนผ่าน Application Line OA เพื่อเข้าสู่การเป็นสมาชิก Ergo Ocare Vibration ดังภาพที่ 3.8
- 2) ตอบแบบสัมภาษณ์คำถามทั่วไปและการทำงาน โดยแบ่งเป็นสมาชิกภายใต้ชื่อโรงงานอุตสาหกรรมหรือภายใต้โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) หรืออำเภอที่ต้นสังกัด
- 3) ทำการประเมินผลความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (MSFQ) และ ประเมิน

ความเสี่ยงจากปัจจัยทางการยศาสตร์และความสั่นสะเทือน (SERFA)

4) โปรแกรมจะมีการรายงานผลความเสี่ยงต่อสุขภาพ เมื่อมีการประเมินเสร็จสิ้นสมบูรณ์ ส่วนขั้นตอนอื่นด้านการวัดความสั่นสะเทือน ตามโมเดลการประเมิน จะดำเนินการตามขั้นตอนปกติ ดังนี้

กรณีอาสาสมัครเป็นกลุ่มผู้ขับรถแทรกเตอร์ จะถูกวัดความสั่นสะเทือนใน 2 กรณีเพื่อศึกษา หลังจากใช้เบาะที่ออกแบบ คือ

- (1) ใช้เบาะ สภาวะเคลื่อนที่บนพื้นผิวแปลงเกษตรกรรมโดยการไถพรวน
- (2) ใช้เบาะร่วมกับลดความเร็วรอบเครื่องยนต์ สภาวะเคลื่อนที่บนพื้นผิวแปลงเกษตรกรรมโดยการไถพรวน



ภาพที่ 3.8 Application Ergo Ocare Occupational Vibration

ซึ่งการทดสอบทั้งหมดใช้เวลาโดยประมาณ 2 ชั่วโมง สำหรับรายละเอียดกิจกรรมดังแสดงในตารางที่ 3.4 ดังนี้

ตารางที่ 3.4 การวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายขณะอาสาสมัครนั่งบนรถแทรกเตอร์หลังปรับปรุงเพื่อลดการสัมผัสความสั่นสะเทือน

ลำดับที่	กิจกรรม	เวลาที่ใช้
1	ลงทะเบียนเข้าโปรแกรม Ergo Ocare vibration ตอบข้อมูลส่วนบุคคลและการทำงาน	5 นาที
2	การประเมินผลความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (MSFQ) และประเมินความเสี่ยงจากปัจจัยทางการยศาสตร์และการสัมผัสความสั่นสะเทือน (SERFA)	5 นาที
3	ตรวจผลรายงานความเสี่ยงต่อสุขภาพผ่านโปรแกรม เพื่อทราบระดับความเสี่ยงและการปฏิบัติตามจากข้อแนะนำในโปรแกรม และสามารถประเมินความพึงพอใจตามสมัครใจ	5 นาที
4	ติดตั้งอุปกรณ์และตำแหน่งเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน	10 นาที
5	ทดสอบสภาวะเคลื่อนที่บนพื้นผิวแปลงเกษตรกรรมโดยการไถพรวน	15 นาที

ลำดับที่	กิจกรรม	เวลาที่ใช้
6	ครั้งที่ 1; กำหนดวงด้วยความเร็วรอบเครื่องยนต์ันกำลัง 2,200 rpm ระยะทาง 20 เมตร	15 นาที
7	ครั้งที่ 2; กำหนดวงด้วยความเร็วรอบเครื่องยนต์ันกำลัง 1,600 rpm ระยะทาง 20 เมตร	10 นาที
8	ติดตั้งเบาะรองนั่งที่พัฒนาขึ้น และจัดวางตำแหน่งเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน	10 นาที
9	เว้นระยะพักเพื่อปรับเปลี่ยนสภาวะ (10 นาที)	10 นาที
10	ทดสอบสภาวะเคลื่อนที่บนพื้นผิว (ไม่มีการไถของเกษตรกร)	15 นาที
11	ครั้งที่ 1; กำหนดวงด้วยความเร็วรอบเครื่องยนต์ันกำลัง 1,600 rpm ระยะทาง 20 เมตร	15 นาที
12	ครั้งที่ 2; กำหนดวงด้วยความเร็วรอบเครื่องยนต์ันกำลัง 1,600 rpm ระยะทาง 20 เมตร	10 นาที
	เว้นระยะพักเพื่อเปลี่ยนสภาวะ (10 นาที)	5 นาที
	ประเมินความพึงพอใจ	
รวมเวลาทั้งหมด		120 นาที

กรณีอาสาสมัครเป็นกลุ่มผู้ขับรถโฟล์คคลิฟท์ จะถูกวัดความสั่นสะเทือนใน 3 กรณี คือ (1) ลดน้ำหนัก (2) ลดน้ำหนักและความเร็ว (3) หลังจากใช้เบาะที่ออกแบบ โดยอาสาสมัครแต่ละคนจะมีการวัดความสั่นสะเทือนทั้งหมด 2 รอบ คือ

- 1) รอบที่ 1 วัดความสั่นสะเทือน ขณะเริ่มการทำงานขับรถโฟล์คคลิฟท์
- 2) รอบที่ 2 วัดความสั่นสะเทือน หลังจากพักเบรกการทำงานขับรถโฟล์คคลิฟท์

ซึ่งการทดสอบทั้งหมดใช้เวลาโดยประมาณ 100 นาที สำหรับรายละเอียดกิจกรรมดังแสดงในตารางที่ 3.5 โดยต้องทำการติดตั้งวัสดุใต้เบาะรถโฟล์คคลิฟท์อย่างน้อย 1 สัปดาห์ ก่อนที่จะนำไปทดสอบกับกลุ่มอาสาสมัคร ดังนี้

ตารางที่ 3.5 การวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายขณะอาสาสมัครนั่งบนรถโฟล์คคลิฟท์หลังปรับปรุงเพื่อลดการสัมผัสความสั่นสะเทือน

ลำดับที่	กิจกรรม	เวลาที่ใช้
1	จัดวางตำแหน่งเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน	10 นาที
2	การประเมินผลความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (MSFQ) และประเมินความเสี่ยงจากปัจจัยทางการยศาสตร์และการสัมผัสความสั่นสะเทือน (SERFA)	10 นาที
3	ตรวจผลรายงานความเสี่ยงต่อสุขภาพผ่านโปรแกรม เพื่อทราบระดับความเสี่ยงและการปฏิบัติตนจากข้อแนะนำในโปรแกรม และสามารถประเมินความพึงพอใจตามสมัครใจ	5
4	ติดตั้งเบาะรองนั่งที่พัฒนาขึ้น (โดยใช้ผลก่อนหน้า)	15
5	เว้นระยะพักเพื่อปรับเปลี่ยนสภาวะและคุ้นเคยกับเบาะก่อนหน้า 1 วัน หรือ 10 นาที ก่อนเริ่ม	10 นาที
6	ติดตั้งอุปกรณ์และตำแหน่งเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน	10 นาที
7	ทดสอบรอบที่ 1 วัดความสั่นสะเทือน ขณะเริ่มการทำงานขับรถโฟล์คคลิฟท์	10 นาที

ลำดับที่	กิจกรรม	เวลาที่ใช้
8	กรณีที่ 1; ขณะที่มีการยกสินค้า 500 กิโลกรัม โดยให้ขับครอบคลุมเส้นทางการทำงานเป็น เวลา 10 นาที ด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	10 นาที
	กรณีที่ 2; ขณะที่มีการยกสินค้า 500 กิโลกรัม โดยให้ขับครอบคลุมเส้นทางการทำงานเป็น เวลา 10 นาที ด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	
	กรณีที่ 3; ขณะที่มีการยกสินค้า 500 กิโลกรัม โดยให้ขับครอบคลุมเส้นทางการทำงานเป็น เวลา 10 นาที ด้วยความเร็ว 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง	
9	ประเมินความพึงพอใจ	10 นาที
รวมเวลาทั้งหมด		100 นาที

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล ได้จัดเก็บ รวบรวม และลงข้อมูลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณ
ค่าความเสี่ยงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือนและความเสี่ยงต่อสุขภาพจากเครื่องมือกระดาด หรือแบบอัตโนมัติ
ที่ดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลออนไลน์เพื่อเตรียมการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3.5.1 การวิเคราะห์ผลค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ความเสี่ยงต่อสุขภาพวิเคราะห์โดยการใช้เมตริกความเสี่ยงที่พิจารณาร่วมกันระหว่างโอกาสจาก
การสัมผัสปัจจัยการยศาสตร์โดยใช้แบบประเมิน SERFA และความรุนแรงของผลกระทบจากการสัมผัสปัจจัย
ทางการยศาสตร์โดยใช้แบบประเมิน MSFQ ที่บริเวณหลัง ซึ่งมีผลระดับความเสี่ยง 5 ระดับ ดังแสดงในตาราง
ตารางที่ 3.6 ได้แก่

ระดับ 1 (คะแนน 0)	หมายถึง ความเสี่ยงยอมรับได้
ระดับ 2 (คะแนน 1-2)	หมายถึง ความเสี่ยงต่ำ
ระดับ 3 (คะแนน 3-4)	หมายถึง ความเสี่ยงปานกลาง
ระดับ 4 (คะแนน 6-8)	หมายถึง ความเสี่ยงสูง
ระดับ 5 (คะแนน 9-16)	หมายถึง ความเสี่ยงสูงมาก

ตารางที่ 3.6 เมตริกความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสั่นสะเทือน

ความเสี่ยงต่อสุขภาพ		ระดับความเสี่ยงทางการยศาสตร์ (SERFA)			
		1	2	3	4
ระดับความรู้สึก ไม่สบายบริเวณหลัง (MSFQ)	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4
	0	0	0	1*	2*

หมายเหตุ; การให้ผลของคะแนนในตารางเป็น 1 และ 2* ซึ่งมาจากความรู้สึกไม่สบายของร่างกายเป็น 0 คะแนน และคะแนนความเสี่ยงด้านการยศาสตร์เป็น 3 หรือ 4 เนื่องจากผู้วิจัยประเมินว่าพนักงานนั้นมีความเสี่ยงสูงทางการยศาสตร์จึงส่งผลต่อความเสี่ยงทางสุขภาพได้ แม้พนักงานจะให้คะแนนความรู้สึกไม่สบายของตนเองเป็น 0 ก็ตาม (สุนิสา ชายเกลี้ยง, 2566)

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานในการวิจัย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยได้กำหนดแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.5.2.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

1) ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ การใช้งานของผู้ครอบครองรถ ระดับการศึกษา การออกกำลังกาย โรคประจำตัว ความเหมาะสมของเก้าอี้ ความเหมาะสมของพื้นที่วางเท้า การดัดแปลงสภาพรถ ระดับความพึงพอใจ ระดับความผิดปกติทางระบบกลไกและโครงสร้างกระดูก และระดับของความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย เปรียบเทียบกับมาตรฐาน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าความถี่ และร้อยละ

2) ข้อมูลเชิงปริมาณ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ระยะเวลาในการทำงาน จำนวนไร่ต่อปีของการใช้รถ จำนวนครั้งในการลุกเปลี่ยนท่าจากที่นั่ง ประสิทธิภาพ ขนาดเครื่องยนต์ ความเร็วสูงสุดที่ใช้ อายุการใช้งาน และความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน กรณีข้อมูลมีการแจกแจงไม่เป็นปกติ พรรณนาโดยใช้ค่ามัธยฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด

3.5.2.2 สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics)

1) ใช้สถิติ Paired t-test กรณีข้อมูลแจกแจงปกติ และ Wilcoxon signed rank test กรณีข้อมูลแจกแจงไม่ปกติสำหรับเปรียบเทียบระดับความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายระหว่างก่อนการออกแบบวัสดุเสริมเบาะรองรถยกและรถแทรกเตอร์

2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่าความสั่นสะเทือนระหว่าง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติ ANOVA กำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ซึ่งหากข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ เลือกใช้การทดสอบที่ไม่ใช้

พารามิเตอร์ (Non-parametric test) ได้แก่ Kruskal-Wallis test

3) ใช้สถิติ Spearman's Rank Correlation (ρ , Rho) เพื่อหาสัมพันธระหว่างระดับความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย กับระดับความเสี่ยง SERFA ความเสี่ยงต่อสุขภาพ

4) ใช้สถิติ Pearson's correlation (r) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีข้อมูลเชิงปริมาณและมีความต่อเนื่อง คือ ความสั่นสะเทือน กับ ผลคะแนนความเสี่ยง MSDs discomfort, SERFA และ ความเสี่ยงต่อสุขภาพ

5) วิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis) และแบบตัวแปรเชิงพหุ (Multiple logistic regression analysis) ของปัจจัยที่สัมพันธ์กับระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายและผลระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ โดยนำเสนอค่า Odds ratio (OR) และ ความเชื่อมั่นที่ 95% confidence interval (95% CI) กำหนดตัวแปรที่มี $p\text{-value} < 0.20$ เพื่อนำเข้าสู่การวิเคราะห์แบบแปรเชิงพหุ และนำเสนอค่า Adjusted Odds ratio (OR_{adj}) และ 95% CI ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p\text{-value} < 0.05$ สำหรับปัจจัยเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์

6) การพัฒนาโปรแกรมเฝ้าระวัง ใช้สถิติ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass Correlation Coefficient; ICC) และ 95% ระบุแบบ Two-way random-effects model ผลโปรแกรมกับการใช้เครื่องมือที่พัฒนาแบบกระดาษ และใช้ Lin's Concordance Correlation Coefficient และค่าสัมประสิทธิ์ Weighted Kappa บอกค่าระดับความสอดคล้อง (Reliability) ของเครื่องมือรูปแบบกระดาษ และประเมินผ่านโปรแกรม Application ถ้าพบว่ามีค่าความสอดคล้องดีคือ 0.75 – 0.90 (Good) และมากกว่า 0.90 คือ ดีเยี่ยม (Excellent) ระดับความสอดคล้อง (Reliability)

3.6 ตัวแปรที่ศึกษา

ตารางที่ 3.7 มาตรวัดตัวแปร

ตัวแปร	มาตรวัด	หน่วยวัด
ตัวแปรหลัก		
อาการทางระบบกล้ามเนื้อและ โครงสร้างกระดูก MSFQ	Nominal Scale	0. ไม่มีความรู้สึกไม่สบาย 1. มีความรู้สึกไม่สบายต่ำ 2. มีความรู้สึกไม่สบายปานกลาง 3. มีความรู้สึกไม่สบายมาก 4. มีความรู้สึกไม่สบายรุนแรงมาก เกินทนไหว
ความเสี่ยงทางการยศาสตร์ SERFA	Nominal Scale	1. ระดับต่ำ 2. ระดับปานกลาง 3. ระดับสูง 4. ระดับสูงมาก
ความเสี่ยงต่อสุขภาพ	Nominal Scale	1. ยอมรับได้ 2. ระดับต่ำ 3. ระดับปานกลาง 4. ระดับสูง 5. ระดับสูงมาก
ความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายเฉลี่ย A (8)	Ratio Scale	m/s ²
	Nominal Scale	ระดับ 1; < 0.5 ระดับ 2; 0.5-0.75 ระดับ 3; >0.75-1.15 ระดับ 4; > 1.15 (Reference ELV = 1.15 m/s ²)
ความพึงพอใจต่อการออกแบบ	Interval Scale	1. ระดับดี 2. ระดับปานกลาง 3. ระดับที่ควรปรับปรุง
ขนาดเบาะ (กว้าง-ยาว)	Ratio Scale	เซนติเมตร

ตัวแปร	มาตรวัด	หน่วยวัด
ความเร็วรอบเครื่อง	Ratio Scale	rpm

3.7 จริยธรรมการวิจัยมนุษย์และการพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ตามเงื่อนไขของมหาวิทยาลัยขอนแก่น อย่างเคร่งครัด โดยมีการพิจารณาด้าน หลักการเคารพในตัวบุคคล ยึดหลักผลประโยชน์หรือการไม่ก่อให้เกิดอันตราย รักษาข้อมูลที่ได้ไว้เป็นความลับ และงานวิจัยนี้ได้รับการพิจารณาโดยคณะกรรมการวิจัยมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่ HE682244 (ภาคผนวก)

บทที่ 4

ผลการศึกษา (การวิจัยและพัฒนา)

4.1 ข้อมูลทั่วไปและการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน

การศึกษาวิจัยและพัฒนา ระยะ 1 นี้ จากการมีอาสาสมัครในกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมทั้งสิ้น 95 คน พบว่าเป็นเพศชายทั้งหมด มีอายุเฉลี่ย 43.70 ปี (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 13.91) ผู้ปฏิบัติงานขับรถแทรกเตอร์มีจำนวน 59 คน (ร้อยละ 62.11) ผู้ปฏิบัติงานขับโฟล์คลิฟท์ (Forklift) หรือรถยกมีจำนวน 36 คน (ร้อยละ 37.89) ระดับการศึกษาของผู้ปฏิบัติงานขับรถแทรกเตอร์ ส่วนใหญ่จบมัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า จำนวน 34 คน (ร้อยละ 57.62) รองลงมาคือ ประถมศึกษา จำนวน 34 คน (ร้อยละ 37.29) และระดับการศึกษาของผู้ปฏิบัติงานขับรถยก ส่วนใหญ่จบมัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า จำนวน 25 คน (ร้อยละ 69.44) รองลงมาคือ ปริญญาตรีหรือสูงกว่า จำนวน 7 คน (ร้อยละ 19.44) และประถมศึกษา จำนวน 4 คน (ร้อยละ 11.11)

กลุ่มตัวอย่างมีค่าดัชนีมวลกาย ส่วนใหญ่อยู่ในภาวะอ้วนระดับหนึ่ง ร้อยละ 30.53 รองลงมาคือ ปกติสมส่วน ร้อยละ 29.47 ส่วนใหญ่ไม่ออกกำลังกาย ร้อยละ 53.68 และไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 82.98 สำหรับผู้ที่มีโรคประจำตัว อันดับสูงสุดคือ โรคความดันโลหิตสูง ร้อยละ 9.47 และรองลงมาคือ โรคเบาหวาน ร้อยละ 6.32 ดังแสดงตารางที่ 4.1

ด้านประสบการณ์ทำงานพบว่า มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานขับรถยกหรือรถแทรกเตอร์ ค่าเฉลี่ย 6.02 ปี (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.70) ซึ่งส่วนใหญ่มีประสบการณ์ 2-5 ปี คิดเป็นร้อยละ 33.68 รองลงมาคือน้อยกว่า 2 ปี คิดเป็นร้อยละ 26.32 ร้อยละ 26.32 สำหรับกรณีผู้ปฏิบัติงานขับรถยก ส่วนใหญ่ประสบการณ์การทำงานมากกว่า 10 ปี จำนวน 23 คน (ร้อยละ 63.89) รองลงามีประสบการณ์ 2-5 ปี จำนวน 6 คน (ร้อยละ 16.67)

ระยะเวลาที่ขับรถติดต่อกันต่อวัน เฉลี่ย 5.58 ชั่วโมง (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.80) ส่วนใหญ่ทำงานมากกว่า 4 ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 54.74 จำนวนครั้งของการยับยั้งท่าทางการนั่งลดความเมื่อยล้าเฉลี่ย 4.69 ครั้ง (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.62) โดยส่วนใหญ่คือมากกว่า 2 ครั้งต่อชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 46.32 รถมียายุการใช้งานเฉลี่ย 6.51 ปี (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.46) ส่วนใหญ่คือ มีอายุ 2-5 ปี ร้อยละ 41.05 ไม่มีการดัดแปลงสภาพเบาะรถ ร้อยละ 93.68 ดังแสดงตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 จำนวน (ร้อยละ) ของผู้ปฏิบัติงานจำแนกตามปัจจัยลักษณะส่วนบุคคล (n= 95)

ปัจจัยทางประชากร	จำนวน (ร้อยละ)
อายุ (ปี)	
≤ 40	41 (43.16)
41-50	25 (26.32)
51-60	17 (17.89)
≥ 61	12 (12.63)
ค่าเฉลี่ย (± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน);	43.70 (13.91)
ค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด	(20, 78)
ดัชนีมวลกาย (Kg/m²)	
ต่ำกว่าเกณฑ์ (น้อยกว่า 18.5)	8 (8.42)
ปกติสมส่วน (18.5-22.9)	28 (29.47)
น้ำหนักเกิน (23.0-24.9)	18 (18.95)
อ้วนระดับ 1 (25.0-29.9)	29 (30.53)
อ้วนระดับ 2 (30.0 ขึ้นไป)	12 (12.63)
การออกกำลังกาย	
เป็นประจำ (มากกว่าหรือเท่ากับ 3 วัน/สัปดาห์)	16 (16.84)
เป็นบางครั้ง (น้อยกว่า 3 วัน/สัปดาห์)	28 (29.47)
ไม่ออกกำลังกาย	51 (53.68)
โรคประจำตัว	
ไม่มี	78 (82.98)
โรคเบาหวาน	6 (6.32)
ความดันโลหิตสูง	9 (9.47)
โรคหัวใจ	2 (2.11)
ภูมิแพ้ เช่น แมลง อาหารทะเล	3 (3.15)
หอบ	1 (1.05)

ตารางที่ 4.2 จำนวน (ร้อยละ) ของผู้ปฏิบัติงานจำแนกตามปัจจัยการทำงาน (n= 95)

ปัจจัยการทำงาน	จำนวน (ร้อยละ)
ประสบการณ์การปฏิบัติงานขับรถ (ปี)	
น้อยกว่า 2	25 (26.32)
2-5	32 (33.68)
6-10	21 (22.11)
มากกว่า 10	17 (17.89)
ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	6.02 (5.70)
ค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด	(0.08,29)
ระยะเวลาในการใช้รถทำงานติดต่อกัน (ชั่วโมง/วัน)	
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4	43 (45.26)
มากกว่า 4	52 (54.74)
ค่าเฉลี่ย (±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	5.58 (2.80)
ค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด	(1,12)
จำนวนครั้งในการขับทำทางการนั่งลดความเมื่อยล้า (ครั้ง/ชั่วโมง)	
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2	51 (53.68)
มากกว่า 2	44 (46.32)
ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	4.69 (5.62)
ค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด	(0,30)
อายุการใช้งานของรถ (ปี)	
น้อยกว่า 2	12 (12.63)
2-5	39 (41.05)
6-10	29 (30.53)
มากกว่า 10	15 (15.79)
ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	6.51 (5.46)
ค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด	(0,35)
การดัดแปลงสภาพเบาะรถ	
ไม่มี	89 (93.68)
มี	6 (6.32)

4.1.1 รถแทรกเตอร์ (Tractor)

รถแทรกเตอร์จำนวนทั้งหมด 59 คัน แบ่งเป็นมีขนาดกำลังแรงม้า (Horse Power; HP) ซึ่งส่วนใหญ่ ขนาด 41-80 แรงม้า จำนวน 26 คัน ขนาด 20-40 แรงม้าจำนวน 18 คัน และขนาด 81 แรงม้าขึ้นไป จำนวน 15 คัน เป็นแทรกเตอร์มีใบดัดดิน (ด้านหน้ารถ) ร่วมกับผานพรวน (ด้านหลังรถ) จำนวน 44 คัน (ร้อยละ 74.58) ไม่มีใบดัดดิน (ด้านหน้ารถ) ร่วมกับผานพรวน หรือลักษณะอื่น จำนวน 15 คัน

กรณีรถแทรกเตอร์ทำงานเกษตรกรรม ส่วนใหญ่ทั้งรับจ้างและพื้นที่ของตนเอง จำนวน 29 คัน (ร้อยละ 49.15) รองลงมาคือ ทำเฉพาะรับจ้างจำนวน 15 คัน (ร้อยละ 25.42) ขนาดพื้นที่ทำงานเกษตร ค่าเฉลี่ย 12.79 ไร่ (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 13.34) พื้นที่ทำงานสูงสุดต่อปี จำนวน 100 ไร่ ส่วนใหญ่คือพื้นที่ 10-19 ไร่ ร้อยละ 66.04 รองลงมาคือ น้อยกว่า 10 ไร่ ร้อยละ 20.75 และ 20-29 ไร่ ร้อยละ 9.43 ด้านสภาพ ความชันของดินขณะใช้รถแทรกเตอร์ไถพรวน ส่วนใหญ่มีความชันเล็กน้อย ร้อยละ 37.29 รองลงมาคือมีความชัน ปานกลาง ร้อยละ 27.12 ไม่มีความชัน ร้อยละ 22.03 และมีความชันเล็กน้อย ร้อยละ 13.56 ความเร็ว รอบเครื่องยนต์สูงสุดในการใช้งานของรถแทรกเตอร์ ค่าเฉลี่ยที่ 2,057.09 rpm (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 452.76) ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความเร็วรอบสูงสุดในการใช้งานของรถแทรกเตอร์ (Tractor)

ความเร็วรอบสูงสุด (RPM)	จำนวน (ร้อยละ)
1,500-2,000	41 (69.49)
2,001-2,500	16 (27.12)
2,501 ขึ้นไป	2 (3.39)
ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน);	2,057.09 (452.76)
ค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด ;	1,500, 4,400

4.1.2 รถยก (Forklift)

ประเภทของรถยก (Forklift) จากจำนวนที่สำรวจ 36 คัน ประเภทการใช้เชื้อเพลิงดีเซลและแก๊ส มีจำนวน 5 คัน และประเภทใช้ไฟฟ้า (EV) จำนวน 31 คัน พื้นที่การใช้งานรถยก คือ ใช้ภายในอาคาร จำนวน 9 คัน (ร้อยละ 25.00) และใช้ภายนอกอาคาร จำนวน 5 คัน (ร้อยละ 44.44) และใช้ทั้งภายในและภายนอก อาคาร จำนวน 11 คัน (ร้อยละ 30.56) ความถี่ในการยกเฉลี่ย จำนวน 29.58 ครั้งต่อชั่วโมง (ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานคือ 19.69) ส่วนใหญ่มีการยก 11-20 ครั้งต่อชั่วโมง ร้อยละ 33.33 รองลงมาคือ 21-30 ครั้งต่อ ชั่วโมง ร้อยละ 16.67 ความถี่การยกสูงสุดคือ 66 ครั้งต่อชั่วโมง

ความเร็วของรถยกขณะทำงาน สูงสุดคือ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ต่ำสุดคือ 9.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยส่วนใหญ่มีความเร็ว ระหว่าง 10-15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จำนวน 21 คัน (ร้อยละ 63.64) ความเร็ว 16-20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/hr) จำนวน 10 คัน (ร้อยละ 30.30) และน้อยกว่า 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จำนวน 2 คัน (ร้อยละ 6.06) และน้ำหนักปกติที่รถยกทำงานยก มีค่าเฉลี่ย 1,257.11 กิโลกรัม (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 613.27 กิโลกรัม) ส่วนใหญ่ยกระหว่าง 1,001-1,500 กิโลกรัม ดังตารางที่ 4.4

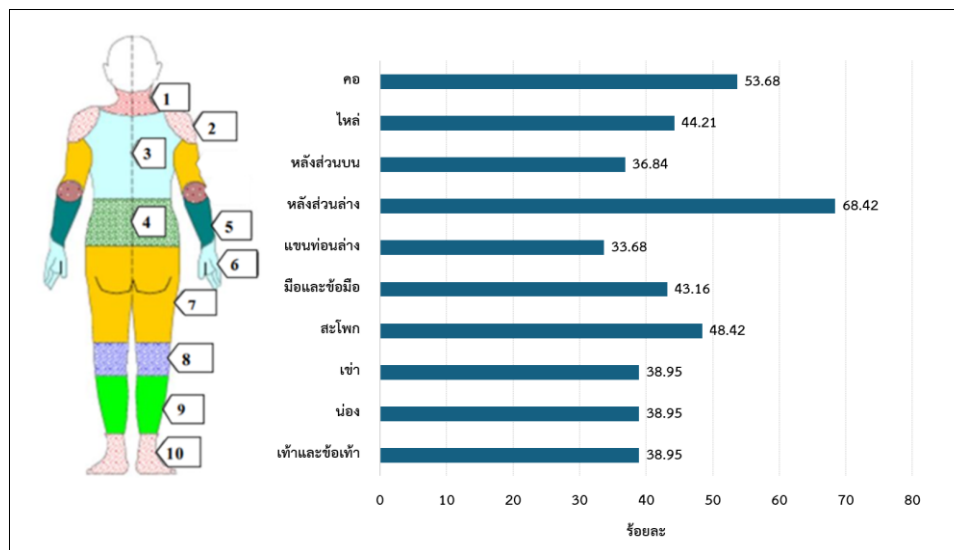
ตารางที่ 4.4 น้ำหนักปกติที่ใช้ในการยกของรถยก (Forklift)

น้ำหนักยกปกติเฉลี่ย (กิโลกรัม)	จำนวน (ร้อยละ)
≤ 500	6 (16.67)
501-1,000	9 (25.00)
1,001-1,500	15 (41.67)
1,501-2,000	4 (11.11)
>2,000	2 (5.56)
ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน); 1,257.11 (613.27)	
ค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด; 300, 3,000	

4.2 อาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกจากการทำงาน

อาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกจากการทำงานของผู้ปฏิบัติงานทั้งหมด 95 คน พบมีจากการประเมินด้วยแบบสอบถาม MSFQ ที่ประเมินความถี่และความรุนแรงของอาการ ปวด ตึง ขา ตามตำแหน่งของร่างกาย 10 ตำแหน่ง ในรอบ 1 เดือนที่ผ่านมา พบว่ามีพนักงาน จำนวน 89 คน (ร้อยละ 93.68) ที่รายงานอาการ หากจำแนกตามตำแหน่งที่มีการรายงานอาการสูงที่สุด 3 ลำดับแรก พบสูงสุดเป็นบริเวณหลังส่วนล่าง (ร้อยละ 68.42) รองลงมา คือ คอ (ร้อยละ 53.68) และสะโพก (ร้อยละ 48.42) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4.1

หากจำแนกระดับการรับรู้ความรู้สึกไม่สบายของระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไป (ปานกลาง สูง และสูงมาก) ตำแหน่งที่มีระดับความรู้สึกไม่สบาย ปานกลางขึ้นไป 3 อันดับแรก ได้แก่ หลังส่วนล่าง (ร้อยละ 46.32) รองลงมาคือ เข่า (ร้อยละ 35.79) และ คอ (ร้อยละ 33.68) ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.5



ภาพที่ 4.1 ตำแหน่งที่มีการรายงานอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก ในรอบ 1 เดือน ที่ผ่านมาโดยไม่จำแนกตามระดับความผิดปกติ (n=95)

ตารางที่ 4.5 ระดับการรับรู้ความรู้สึกไม่สบายของระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก พิจารณาจากความถี่ ร่วมกับความรุนแรงตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย (n=95)

ส่วนของ ร่างกาย	ระดับความรู้สึกไม่สบาย			ระดับปานกลาง- รุนแรงมาก
	ระดับปานกลาง	ระดับรุนแรง	ระดับรุนแรงมาก	
คอ	14 (14.74)	12 (12.63)	6 (6.32)	32 (33.68) ³
ไหล่	8 (8.42)	10 (10.53)	5 (5.26)	23 (24.21)
หลังส่วนบน	9 (9.47)	9 (9.47)	1 (1.05)	19 (20.00)
หลังส่วนล่าง	19 (20.00)	16 (16.84)	9 (9.47)	44 (46.32) ¹
แขนท่อนล่าง	9 (9.47)	8 (8.42)	1 (1.05)	18 (18.95)
มือและข้อมือ	12 (12.63)	6 (6.32)	0 (0.00)	18 (18.95)
สะโพก	10 (10.53)	8 (8.42)	5 (5.26)	23 (24.21)
เข่า	17 (17.89)	13 (13.68)	4 (4.21)	34 (35.79) ²
น่อง	13 (13.68)	8 (8.42)	0 (0.00)	21 (22.11)
เท้าและข้อเท้า	11 (11.58)	9 (9.47)	1 (1.05)	21 (22.11)

หมายเหตุ ^{1, 2, 3} ตำแหน่งที่มีความรู้สึกไม่สบายระดับปานกลาง-รุนแรงมาก อันดับที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ

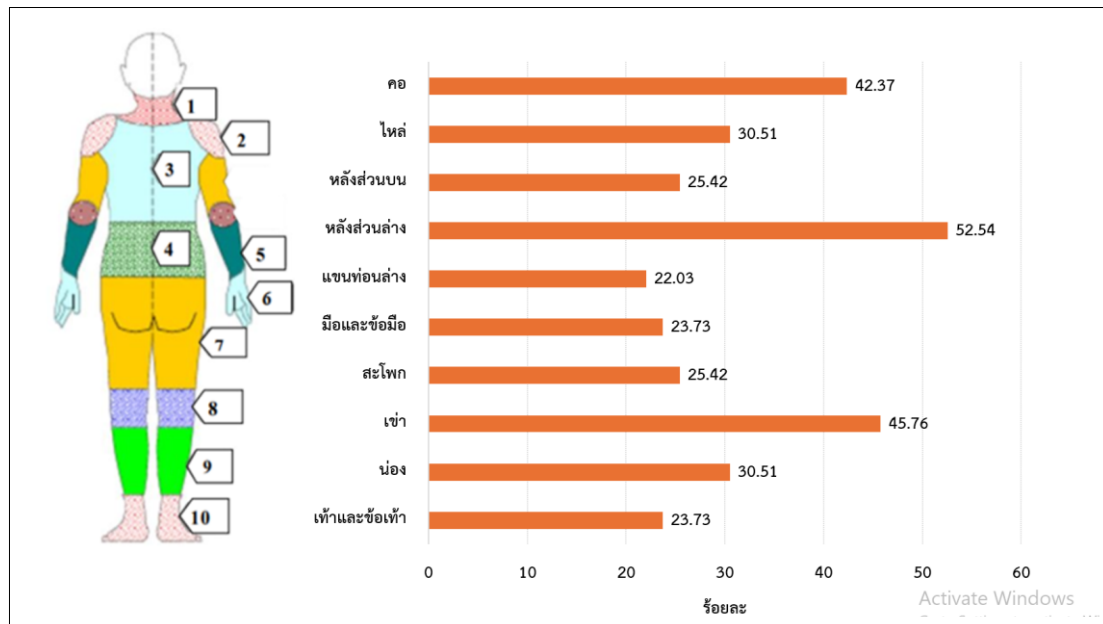
เมื่อพิจารณาค่าความชุกสูงสุด 3 อันดับแรก เปรียบเทียบตามตำแหน่งของร่างกายที่มีความรู้สึกไม่สบายระดับปานกลางขึ้นไป พบว่าในกลุ่มข้อเข่า มีค่าความชุกสูงที่สุดในตำแหน่ง หลังส่วนล่าง (ร้อยละ 52.54) เข่า (ร้อยละ 35.79) และคอ (ร้อยละ 33.68) ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4.2 ส่วนกลุ่มข้อศอก มีค่าความชุกสูงที่สุดในตำแหน่ง หลังส่วนล่าง (ร้อยละ 36.11) สะโพก (ร้อยละ 22.22) และคอ เข่า เท้า และข้อเท้า (ร้อยละ 19.44) เท่ากัน ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4.3 และตารางที่ 4.6

เมื่อพิจารณาระดับอาการที่รุนแรงสูงสุดด้านการรับรู้ความรู้สึกไม่สบายของระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกของผู้ปฏิบัติ เพื่อการรายงานระดับความรุนแรงของความรู้สึกไม่สบายของระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (MSDs) ของทุกตำแหน่งโดยรวม พบว่ากลุ่มข้อเข่า มีระดับความรู้สึกไม่สบายสูงสุด ที่มีความชุกสูงที่สุดในระดับรุนแรงมาก (ร้อยละ 30.51) และกลุ่มข้อศอกมีระดับความรู้สึกไม่สบายที่ความชุกสูงที่สุดในระดับเล็กน้อย (ร้อยละ 38.89) เช่นเดียวกับโดยภาพรวมที่มีระดับเล็กน้อย ร้อยละ 27.37 และระดับรุนแรงมาก ร้อยละ 26.32 มาอันดับต้น ดังแสดงในตารางที่ 4.7

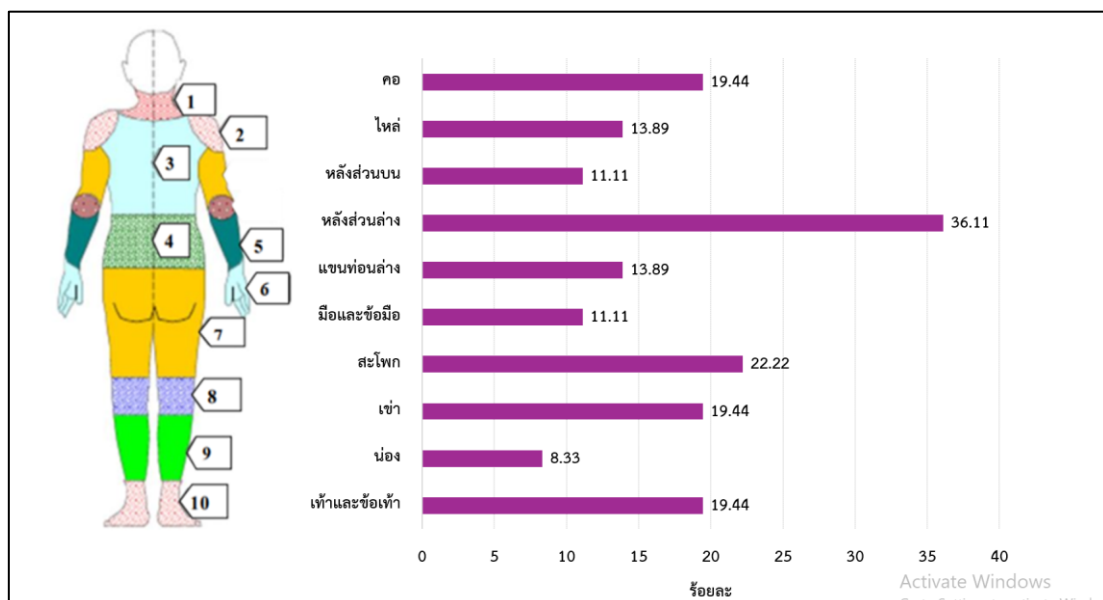
ตารางที่ 4.6 ความชุก (ร้อยละ) ของอาการรู้สึกไม่สบายทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกตามตำแหน่งต่างๆ ของร่างกาย ที่ระดับปานกลางขึ้นไป (n=95)

ส่วนของร่างกาย	รวม (n=95)	เข่า (n=59)	ข้อศอก (n=36)
คอ	32 (33.68) ³	25 (42.37) ³	7 (19.44) ³
ไหล่	23 (24.21)	18 (30.51)	5 (13.89)
หลังส่วนบน	19 (20.00)	15 (25.42)	4 (11.11)
หลังส่วนล่าง	44 (46.32) ¹	31 (52.54) ¹	13 (36.11) ¹
แขนท่อนล่าง	18 (18.95)	13 (22.03)	5 (13.89)
มือและข้อมือ	18 (18.95)	14 (23.73)	4 (11.11)
สะโพก	23 (24.21)	15 (25.42)	8 (22.22) ²
เข่า	34 (35.79) ²	27 (45.76) ²	7 (19.44) ³
น่อง	21 (22.11)	18 (30.51)	3 (8.33)
เท้าและข้อเท้า	21 (22.11)	14 (23.73)	7 (19.44) ³

หมายเหตุ ^{1, 2, 3} ตำแหน่งที่มีความรู้สึกไม่สบายระดับปานกลางขึ้นไป อันดับที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.2 ความล้า (ร้อยละ) ของตำแหน่งที่มีการรายงานอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก ตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไป ในรอบ 1 เดือนที่ผ่านมาในกลุ่มช่างรถแทรกเตอร์ (n=59)



ภาพที่ 4.3 ความล้า (ร้อยละ) ของตำแหน่งที่มีการรายงานอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไป ในรอบ 1 เดือนที่ผ่านมา ในกลุ่มช่างรถยก (n=36)

ตารางที่ 4.7 ระดับความรู้สึกไม่สบายทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกของผู้ปฏิบัติงาน (n= 95)

ระดับความรู้สึกไม่สบาย	จำนวน (ร้อยละ)		
	แทรกเตอร์ (n=59)	รถยก (n=36)	รวม (n=95)
ระดับ 0; ไม่มีความรู้สึกไม่สบาย (0 คะแนน)	2 (3.39)	4 (11.11)	6 (6.32)
ระดับ 1; มีความรู้สึกไม่สบายเล็กน้อย (1-2 คะแนน)	12 (20.34)	14 (38.89)	26 (27.37)
ระดับ 2; มีความรู้สึกไม่สบายปานกลาง (3-4 คะแนน)	12 (20.34)	10 (27.78)	22 (23.16)
ระดับ 3; มีความรู้สึกไม่สบายมาก (5-8 คะแนน)	18 (30.51)	7 (19.44)	25 (26.32)
ระดับ 4; มีความรู้สึกไม่สบายรุนแรงเกินทนไหว (9-16 คะแนน)	15 (25.42)	1 (2.78)	16 (16.84)

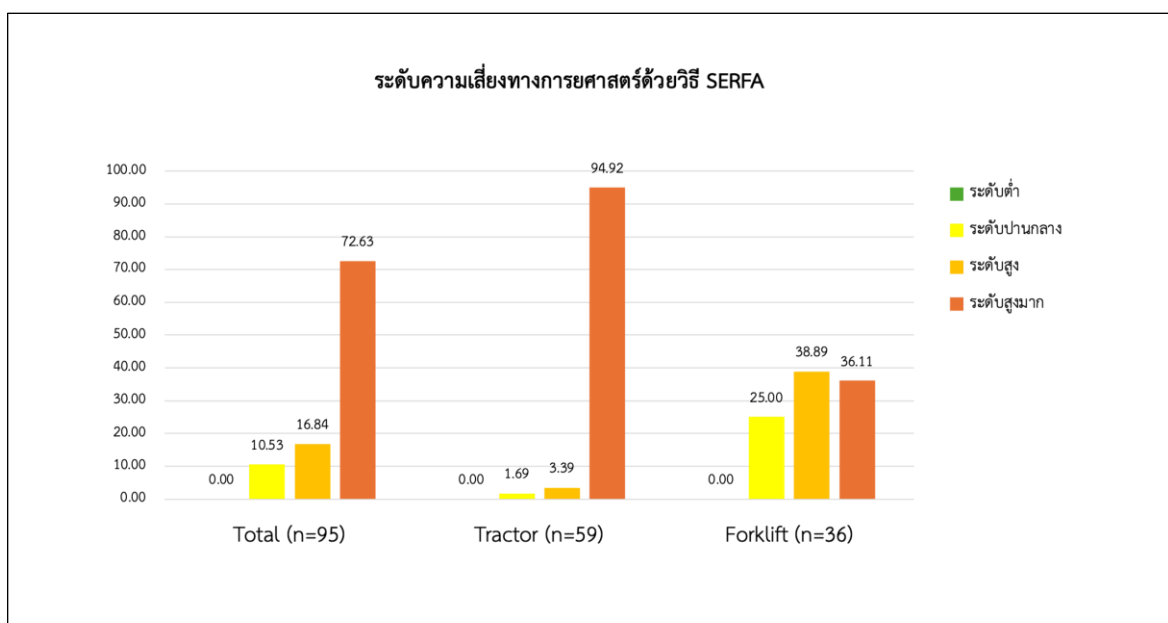
4.3 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเพื่อการเฝ้าระวังและปัจจัยเสี่ยงทางการยศาสตร์โดย SERFA

การประเมินปัจจัยเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยเครื่องมือ SERFA และการสัมผัสปัจจัยความสั่นสะเทือนและสภาพแวดล้อมกายภาพอื่นๆ โดยเครื่องมือที่สามารถประเมินได้เบื้องต้น คำนึงถึงท่าทางในการทำงานที่มีความเสี่ยงทางการยศาสตร์ การเคลื่อนไหวซ้ำๆ ของบริเวณร่างกาย และการสัมผัสปัจจัยคุกคามด้านสภาพแวดล้อม ความสั่นสะเทือน ผลระดับความเสี่ยงจากการประเมินความเสี่ยง ด้วยวิธี SERFA พบว่าสูงสุดคือระดับ 4 คือ ระดับเสี่ยงสูงมาก ที่มาจากผลคะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 5 คะแนน โดยเฉพาะกลุ่มขับแทรกเตอร์ มี ร้อยละ 72.63 กลุ่มขับรถยกมีระดับเสี่ยงสูงมาก คือ ร้อยละ 36.11 รองจากระดับเสี่ยงสูงที่พบร้อยละ 38.89 ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ผลการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยวิธี SERFA จำแนกตามระดับเสี่ยง พบเสี่ยงสูงในพนักงานขับรถแทรกเตอร์มากกว่า ดังภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.8 จำนวน (ร้อยละ) ของพนักงานจำแนกระดับความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยวิธี SERFA (n= 95)

ระดับความเสี่ยงด้วยวิธี SERFA	จำนวน (ร้อยละ)		
	แทรกเตอร์ (n=59)	รถยก (n=36)	รวม (n=95)
ระดับ 1; ต่ำ (0-2 คะแนน)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)
ระดับ 2; ปานกลาง (3 คะแนน)	1 (1.69)	9 (25.00)	10 (10.53)
ระดับ 3; สูง (4 คะแนน)	2 (3.39)	14 (38.89)	16 (16.84)
ระดับ 4; สูงมาก (มากกว่าหรือเท่ากับ 5 คะแนน)	56 (94.92)	13 (36.11)	69 (72.63)



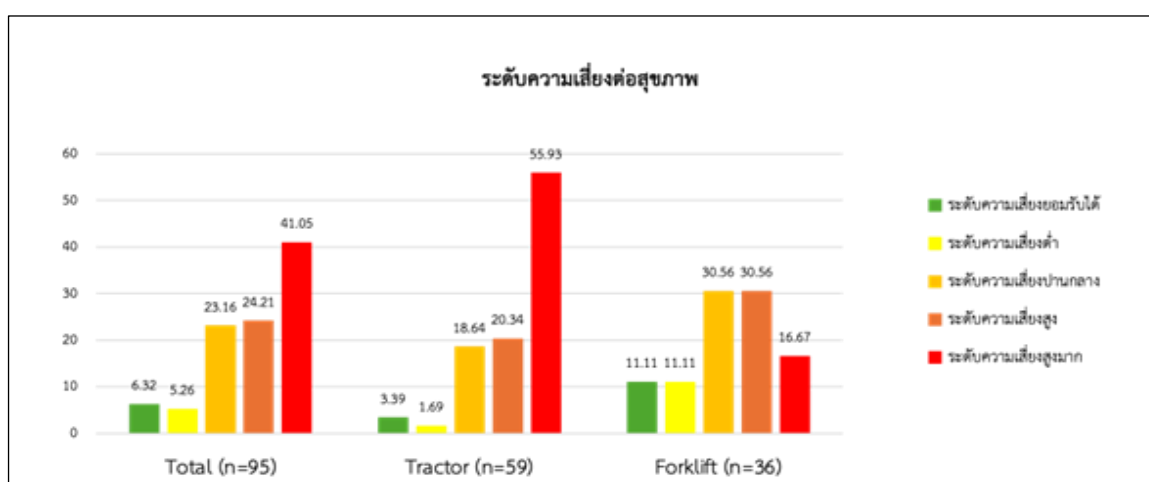
ภาพที่ 4.4 ผลเปรียบเทียบความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดย SERFA ของพนักงานจำแนกเป็น 4 ระดับใน
พนักงานขับรถแทรกเตอร์และขับรถยก

เมื่ออาศัยหลักการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพโดยอาศัยเมตริกความเสี่ยงเพื่อการเฝ้าระวังการสัมผัส
ความสั่นสะเทือน อาศัยผลประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วยเมตริกความเสี่ยง
(5 x 4) ของระดับโอกาสจากผลระดับ MSFQ (5 ระดับ) และ SERFA (4 ระดับ) จึงจำแนกความเสี่ยงต่อ
สุขภาพ เป็น 5 ระดับ และพบว่าพนักงานส่วนใหญ่ มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูงมาก ร้อยละ 41.05 เมื่อทำการ
เปรียบเทียบระหว่างพนักงานขับรถแทรกเตอร์ และขับรถยก พบสัดส่วนของความเสี่ยงสูงมากในพนักงานขับ
รถแทรกเตอร์ที่มากกว่าเป็น 3 เท่าของพนักงานรถยกดังตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.9 จำนวน (ร้อยละ) ของพนักงานจำแนกตามระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพทางความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (n= 95)

ระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ	จำนวน (ร้อยละ)		
	แทรกเตอร์ (n=59)	รถยก (n=36)	รวม(n=95)
ความเสี่ยงยอมรับได้ (0 คะแนน)	2 (3.39)	4 (11.11)	6 (6.32)
ความเสี่ยงต่ำ (1-2 คะแนน)	1 (1.69)	4 (11.11)	5 (5.26)
ความเสี่ยงปานกลาง (3-4 คะแนน)	11 (18.64)	11 (30.56)	22 (23.16) ³
ความเสี่ยงสูง (6-8 คะแนน)	12 (20.34)	11 (30.56)	23 (24.21) ²
ความเสี่ยงสูงมาก (9-16 คะแนน)	33 (55.93)	6 (16.67)	39 (41.05) ¹

หมายเหตุ ^{1, 2, 3} ลำดับสูงสุดที่มีจำนวนพนักงานมีเสียง อันดับที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.5 ความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานขับรถแทรกเตอร์และรถยกที่จำแนกเป็น 5 ระดับ

4.4 การสัมผัสความสั่นสะเทือนของพนักงาน

4.4.1 ระดับความสั่นสะเทือนและความเสี่ยงต่อการสัมผัส

ผลการตรวจประเมินการสัมผัสความสั่นสะเทือน ด้วยเครื่องมือตรวจวัดและวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญของพนักงานขับรถแทรกเตอร์และรถยก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยตลอดการทำงาน เปรียบเทียบกับระดับที่ต้องมีการเฝ้าระวังสุขภาพ (Exposure Action Value; EAV) คือ 0.5 m/s^2 และค่าขีดจำกัดที่สัมผัสได้ตลอดการทำงาน คือ Exposure Limit Value (ELV) คือ 1.15 m/s^2 ผลการประเมินพบว่าค่าเฉลี่ยของความสั่นสะเทือนรวมคือ 1.12 m/s^2 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; S.D.= 0.66) พบว่าที่มีค่าสูงเกินค่า EAV กลุ่มรถแทรกเตอร์ที่มีค่าเฉลี่ย คือ 1.47 m/s^2 (S.D.= 0.57) ซึ่งมีค่าสูงเกินระดับค่าขีดจำกัดความปลอดภัย (1.15 m/s^2)

จากตารางที่ 4.10 จำแนกระดับการสัมผัสเป็น 3 ระดับการสัมผัส คือ ต่ำกว่า EAV คือ $< 0.5 \text{ m/s}^2$, ระดับ $0.5 - 1.15 \text{ m/s}^2$ และสูงกว่าค่าขีดจำกัด ELV คือ $> 1.15 \text{ m/s}^2$ ซึ่งพบว่าพนักงานร้อยละ 42.11 สัมผัสความสั่นสะเทือนที่ระดับสูงเกิน ELV รองลงมาคือ ร้อยละ 41.05 สัมผัสที่ระดับ $0.5 - 1.15 \text{ m/s}^2$ ที่ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มขับรถแทรกเตอร์สัมผัสที่ระดับสูงกว่า ELV คิดเป็น ร้อยละ 64.41 และพนักงานขับรถยกส่วนใหญ่สัมผัสความสั่นสะเทือนที่ระดับ $0.5 - 1.15 \text{ m/s}^2$ ร้อยละ 52.78 และสัมผัสระดับสูงเกินค่าขีดจำกัด คือ $> 1.15 \text{ m/s}^2$ ร้อยละ 5.56

ตารางที่ 4.10 จำนวน (ร้อยละ) ของพนักงานที่สัมผัสความสั่นสะเทือน A(8) จำแนกเป็น 3 ระดับ (n=95)

A(8) [m/s^2]	Tractor (n=59)	Forklift (n=36)	Total (n=95)
Level 1; < 0.5	1 (1.69)	15 (41.67)	16 (16.84)
Level 2; $0.5 - 1.15$	20 (33.90)	19 (52.78)	39 (41.05)
Level 3; > 1.15	38 (64.41)	2 (5.56)	40 (42.11)
Mean (S.D.)	1.47 (0.57)	0.54 (0.27)	1.12 (0.66)
Medium (min-max)	1.42 (0.40-2.76)	0.52 (0.04-1.51)	1.02 (0.04-2.76)

หมายเหตุ; Exposure Action Value (EAV) = 0.5 m/s^2 และ Exposure Limit Value (ELV) = 1.15 m/s^2

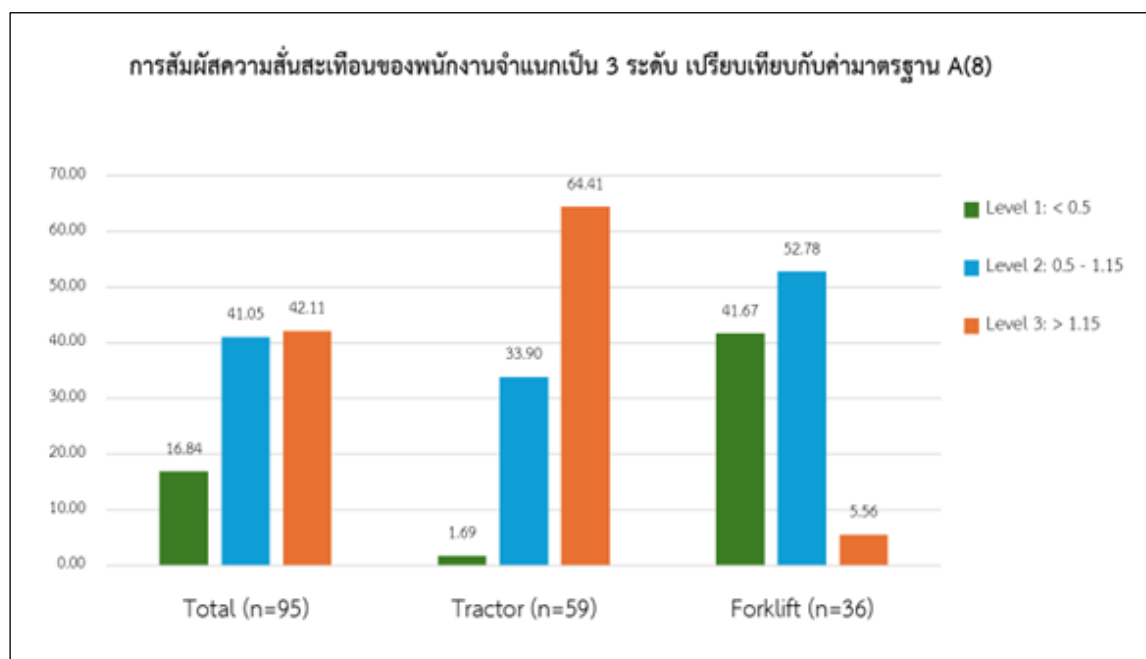
จากการวิเคราะห์ความถี่ในช่วงการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่สัมผัสสูงเกินค่าขีดจำกัด (ELV) ได้ พบว่ากลุ่มขับรถแทรกเตอร์มีผลขอความถี่ที่วิเคราะห์ได้ในระหว่างค่า 5-30 เฮิร์ตซ์ (Hz) โดยพบระดับที่มีการสัมผัสที่สูงกว่า 1.15 m/s^2 มีช่วงของความถี่คือ 1-25 Hz โดยพบว่าระดับที่มีการสัมผัสที่สูงกว่า 0.75 m/s^2 มีความถี่ที่วัดได้ในช่วงความถี่เดิมคือ ไม่เกิน 25 Hz อย่างไรก็ตามในกลุ่มของรถยกเมื่อวิเคราะห์พบความถี่ช่วงที่สูงขึ้นมากกว่า 25 Hz รวมมาด้วย โดยมีค่าต่ำสุด-สูงสุด ในกลุ่มพนักงานทั้งรถยกและขับรถแทรกเตอร์มีค่าอยู่ระหว่าง 1-80 Hz

ตารางที่ 4.11 แสดงการจัดระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนโดยการจำแนกระดับความสั่นสะเทือนเป็น 4 ระดับความเสี่ยง คือ ระดับ 1; ระดับต่ำที่ยอมรับได้ $< 0.5 \text{ m/s}^2$ ระดับ 2; ระดับที่ต้องเฝ้าระวัง ($0.5 - 0.75 \text{ m/s}^2$) ระดับ 3; ระดับเสี่ยงที่ต้องปรับปรุงแก้ไข ($> 0.75 - 1.15 \text{ m/s}^2$) และระดับ 4; ระดับเสี่ยงสูงเกินกว่าค่าขีดจำกัดที่ยอมรับได้ (1.15 m/s^2) การศึกษาพบว่าพนักงานกลุ่มขับรถแทรกเตอร์และรถยกสัมผัสระดับเสี่ยงที่ต้องปรับปรุงแก้ไขคือ ร้อยละ 27.12 และร้อยละ 5.56 ตามลำดับ และการสัมผัสความสั่นสะเทือนระดับเสี่ยงสูงเกินกว่าค่าขีดจำกัดความปลอดภัยที่จะยอมรับได้ ในกลุ่มขับรถแทรกเตอร์และรถยก คือ ร้อยละ 64.41 และร้อยละ 5.56 ตามลำดับ

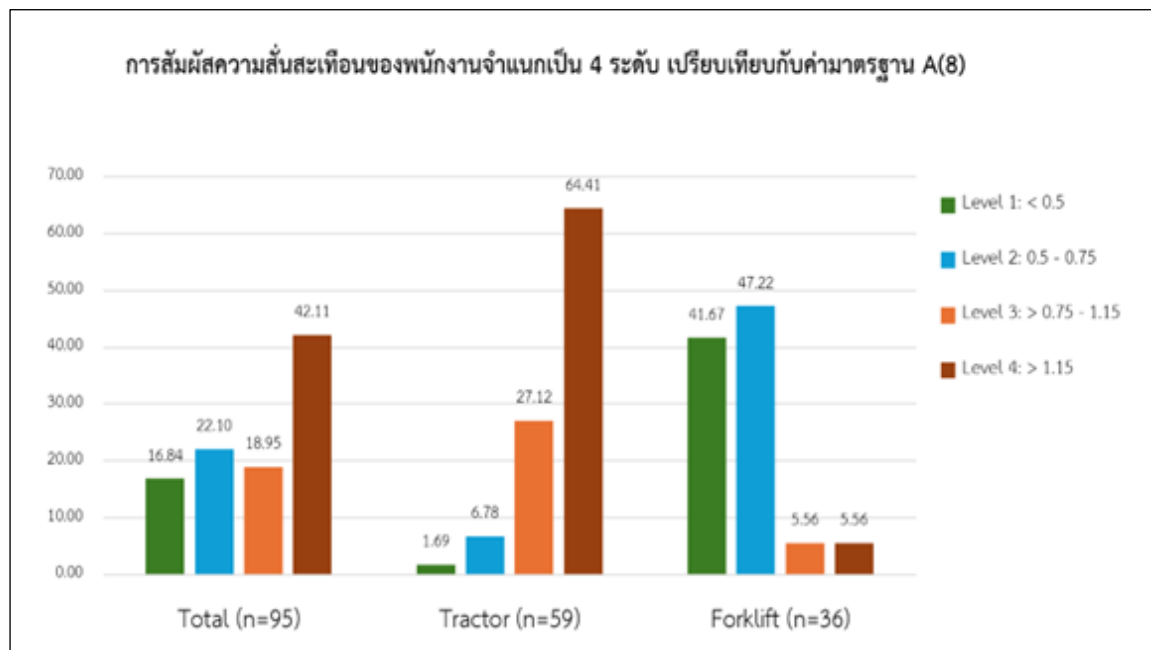
ตารางที่ 4.11 จำนวน (ร้อยละ) ของพนักงานที่สัมผัสความสั่นสะเทือน A(8) จำแนกเป็น 4 ระดับ (n=95)

A(8) [m/s ²]	Tractor (n=59)	Forklift (n=36)	Total (n=95)
Level 1; < 0.5)	1 (1.69)	15 (41.67)	16 (16.84)
Level 2; 0.5 - 0.75	4 (6.78)	17 (47.22)	21 (22.10)
Level 3; > 0.75 - 1.15	16 (27.12)	2 (5.56)	18 (18.95)
Level 4; > 1.15	38 (64.41)	2 (5.56)	40 (42.11)
Mean (S.D.)	1.47 (0.57)	0.54 (0.27)	1.12 (0.66)
Medium (min-max)	1.42 (0.40-2.76)	0.52 (0.04-1.51)	1.02 (0.04-2.76)

หมายเหตุ; Exposure Action Value (EAV) = 0.5 m/s² และ Exposure Limit Value (ELV) = 1.15 m/s²



ภาพที่ 4.6 ร้อยละของพนักงานจำแนกตามระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่จำแนกเป็น 3 ระดับ

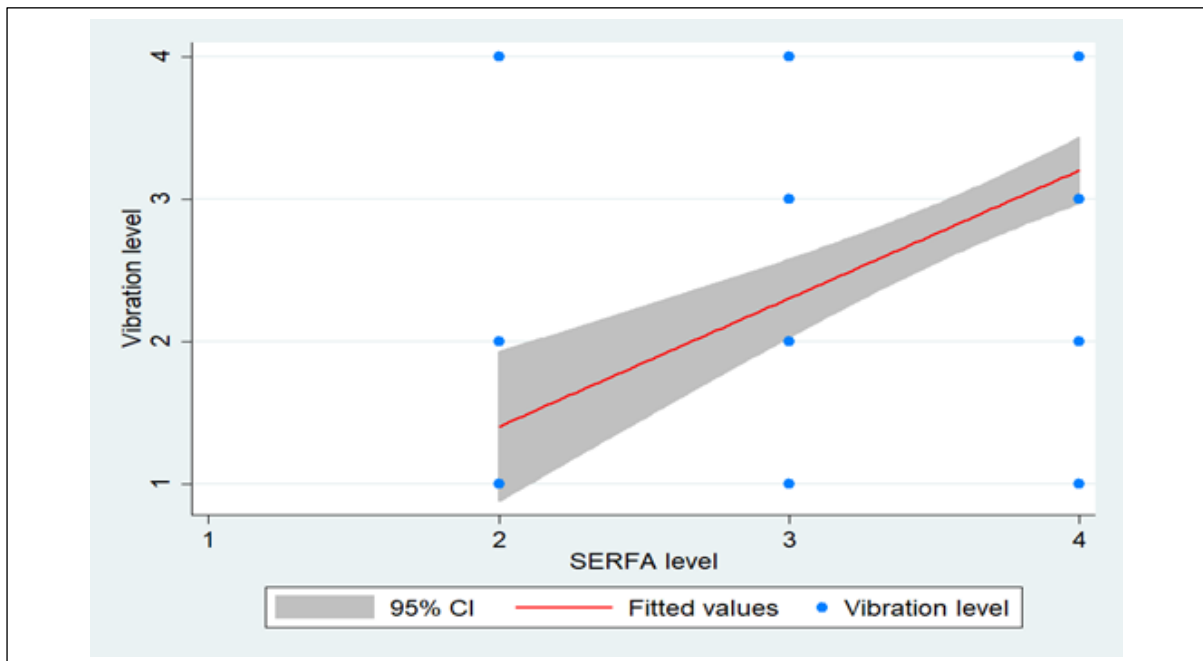


ภาพที่ 4.7 ร้อยละของพนักงานที่จำแนกตามระดับความเสี่ยงของการสัมผัสความสั่นสะเทือน 4 ระดับ

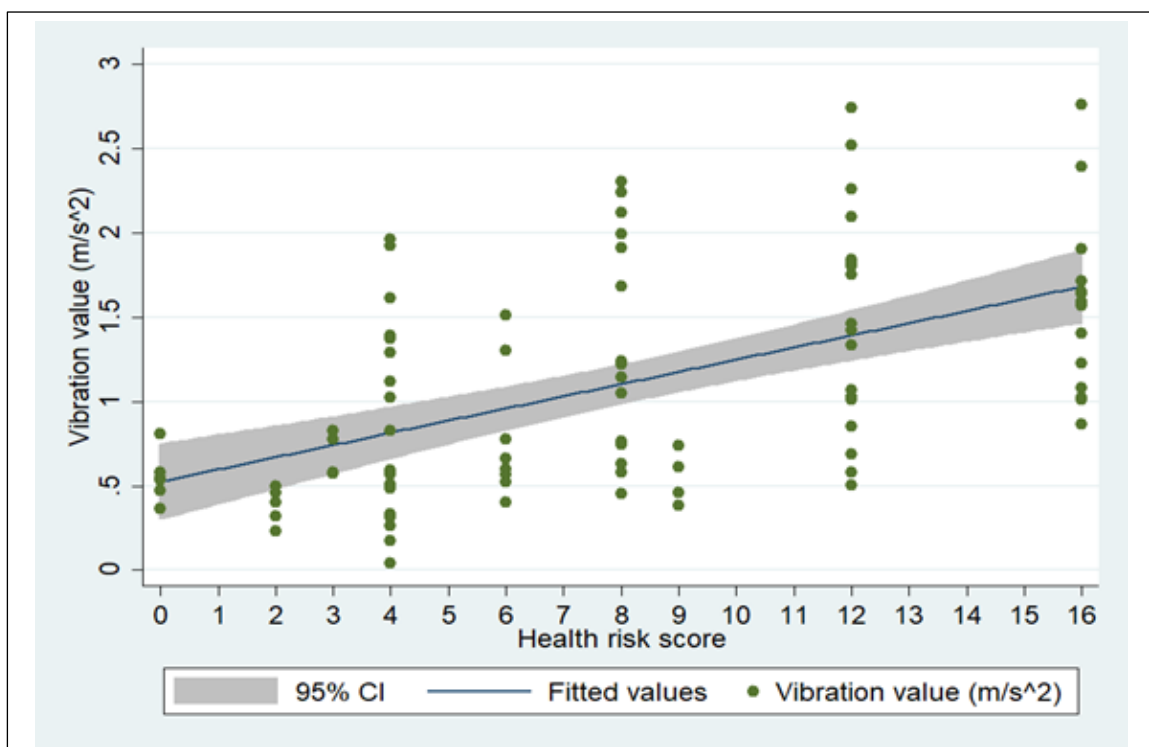
4.4.2 ระดับความสั่นสะเทือนและความสัมพันธ์กับระดับความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดย SERFA และความเครียดต่อสุขภาพ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนของพนักงานและระดับความเสี่ยงทางการยศาสตร์ที่ประเมินโดย SERFA ที่มีผล 4 ระดับความเสี่ยง โดยใช้สถิติวิเคราะห์ Spearman's Rank Correlation test พบว่าความสัมพันธ์ของการสัมผัสความสั่นสะเทือนและความเสี่ยงทางการยศาสตร์ SERFA อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($Rho=0.5174$ (95%CI: 0.353-0.681), $p\text{-value} < 0.001$) ดังแสดงในภาพที่ 4.8

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าการสัมผัสความสั่นสะเทือนของพนักงานและคะแนนความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานใช้สถิติ Pearson correlation test พบว่าระดับสัมผัสความสั่นสะเทือนมีความสัมพันธ์กับคะแนนความเสี่ยงต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.540$ (95%CI: 0.380-0.669), $p\text{-value} < 0.001$) ดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือน 4 ระดับ และระดับความเสี่ยงทางกายศาสตร์ SERFA ($\rho=0.5174$, 95%CI: 0.353-0.681, $p\text{-value}<0.001$ by Spearman's Rank Correlation test)



ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของการสัมผัสความสั่นสะเทือน A(8) และคะแนนความเสี่ยงต่อสุขภาพ ($r=0.540$, 95%CI: 0.380-0.669, $p\text{-value}<0.001$ by Pearson correlation test)

4.4.3 เมตริกความเสี่ยงต่อสุขภาพกับค่าทำนายและการคัดกรองกลุ่มสัมผัสความสั่นสะเทือนในระดับที่ต้องเฝ้าระวังการสัมผัส

จากเมตริกความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HRA risk matrix) ที่พิจารณาโอกาสและความรุนแรงของของคำนึงถึงผลจากระดับ SERFA 4 ระดับ และระดับความรุนแรงของอาการรู้สึกไม่สบายทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ หรือ MSFQ อีก 5 ระดับจนตัดสินความเสี่ยงต่อสุขภาพออกมาทั้งหมด 5 ระดับคือเสี่ยงยอมได้ เสี่ยงต่ำ เสี่ยงปานกลาง เสี่ยงสูง และเสี่ยงสูงมาก เพื่อการรายงานให้พนักงานได้รับทราบด้านภาวะเสี่ยงจากการสัมผัสสัมผัสสิ่งคุกคามต่อสุขภาพ คือ การยศาสตร์จากท่าทางการทำงานและปัจจัยคุกคามด้านสิ่งแวดล้อมการทำงานอื่นๆ ร่วมด้วย คือ ความสั่นสะเทือน อันจะมีผลกระทบด้านสุขภาพของแรงงานได้ทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกทั้งจากที่มาของการรายงานด้วยตนเองด้าน MSFQ และการประมวลผลหรือคำนวณแบบอัจฉริยะของโปรแกรมคำนวณที่สร้างไว้โดยนักวิจัย เพื่อการพัฒนาเครื่องมือนี้ใช้ได้ในระยะยาวในการคัดกรองกลุ่มเสี่ยงที่จะป่วยหรือรับอันตรายจากผลการสัมผัสปัจจัยทางกายศาสตร์และความสั่นสะเทือน ที่เราพบว่าความสั่นสะเทือนนั้นยังไม่มีกฎหมายบังคับควบคุมด้านระดับที่ปลอดภัยได้ แต่ปัจจุบันมีเพียงมาตรฐานจากต่างประเทศที่มากับการใช้เครื่องมือตรวจวัดคือ ISO 2631-1 (1997) และแนวทางประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจาก WBV ของ ISO 2631-4 (2001) ที่ได้จัดแบ่งช่วงรับรู้ความรู้สึกไม่สบายทางกาย (Uncomfortable) ที่ระดับ 0.8 m/s^2 ขึ้นไปจนระดับ 1.25 m/s^2 ขึ้นไปที่จะเป็น Very uncomfortable หรือโดย ISO 2631-2 (2003) และ ACGIH (2024) ที่ให้พิจารณา Health risk guidance Zone ของช่วงความเร่งดังกล่าวและผลกระทบอันตรายต่อสุขภาพ หรือมาตรฐานข้อเสนอแนะสหภาพยุโรป ที่กำหนดค่าเฉลี่ยจากการสัมผัสเฉลี่ยตลอด 8 ชั่วโมงการทำงาน [A(8)] ในระดับที่ต้องเฝ้าระวัง Action level คือ 0.5 m/s^2 (EAV) จนถึงที่ค่าระดับขีดจำกัดความปลอดภัย (ELV) คือ 1.15 m/s^2 อีก 2 ระดับการสัมผัส คือ $0.5\text{-}1.15 \text{ m/s}^2$ (ระดับ 2) และมากกว่า 1.15 m/s^2 (ระดับ 3) จากการจัดระบบการเฝ้าระวังนี้โดยอาศัยเมตริกความเสี่ยงต่อสุขภาพนี้ในระดับที่จะใช้ทำนายเพื่อการเฝ้าระวังโรค และการคัดกรองผู้ป่วยที่เสี่ยงเป็นกลุ่มเฝ้าระวัง จึงเหมาะสมที่จะใช้ระดับค่า Action level คือ 0.5 m/s^2 มาจัดแบ่งกลุ่มเสี่ยงต่ำ/สูง และระดับผลความเสี่ยงสุขภาพ HRA ที่ระดับ Action คือ HRA ระดับ 3, 4, 5 เป็นกลุ่มความเสี่ยง ปานกลางถึงสูงระดับยอมรับไม่ได้ที่ต้องปรับปรุง เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ระดับต่ำกว่า คือ HRA 1, 2 และ A(8) $<0.5 \text{ m/s}^2$ ตามตาราง 2x2 ของการทำนายและกำหนด Gold standard ของการเกิดโรค เมื่อระดับสัมผัส A(8) $>0.5 \text{ m/s}^2$ และความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HRA) ระดับยอมรับไม่ได้ (3,4,5) จากกลุ่มศึกษา 95 คน ค่าทำนายมีค่าความชุกของโรคทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก คือ ร้อยละ 88.4% ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ตาราง 2x2 Vibration level 0.5 m/s^2 (Gold Standard- 2,3) and Risk matrix ยอมรับไม่ได้ (3,4,5)

ระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Risk matrix)	ระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือน		รวม
	เกิน 0.5 m/s^2 (2,3)	ไม่เกินมาตรฐาน (1)	
ระดับยอมรับไม่ได้ (3,4,5)	74	10	84
ระดับยอมรับได้ (1,2)	5	6	11
รวม	79	16	95

หมายเหตุ; Prevalence 88.4% (95%CI: 80.2%-94.1%)

ผลจากการวิเคราะห์ ได้ผลทดสอบความไว ความจำเพาะ การทำนายบวก และความถูกต้อง จากการวิเคราะห์ดังแสดงได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ตาราง 2x2 vibration level 0.5 m/s^2 ผลทดสอบ ความไว ความจำเพาะ ค่าทำนาย และความถูกต้อง

ตัวชี้วัด (Indicators)	ค่าสถิติ (Value)	95% Confidence Interval
ความไว (Sensitivity)	88.1%	79.2% - 94.1%
ความจำเพาะ (Specificity)	54.5%	23.4% - 83.3%
ค่าทำนายบวก (PPV)	93.7%	85.8% - 97.9%
ความถูกต้องรวม (Accuracy)	84.21%	75.33% - 90.85%

Area Under ROC Curve (AUC) = 0.6559 หมายถึง ความแม่นยำระดับดี

เนื่องจากพบว่าค่าจำเพาะยังไม่สูง จึงทำการวิเคราะห์โมเดลเพิ่มเติมจากการคัดกรองระดับความความเสี่ยงต่อสุขภาพสูง และให้ระดับความสั่นสะเทือน $A(8) > 0.75 \text{ m/s}^2$ เป็น Gold standard เมื่อกำหนด เมตริกความเสี่ยง (HRA) มีผลระดับสูงยอมรับไม่ได้ ที่ระดับ 4,5 หรือ ระดับยอมรับไม่ได้ที่ระดับ 3,4,5 หรือใช้ ค่า Limit level $A(8) > 1.15 \text{ m/s}^2$ เป็น Gold standard จากกลุ่มศึกษา นี้ ผลทดสอบความไว ความจำเพาะ ค่าทำนาย และความถูกต้อง ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ตาราง 2x2 Vibration level $>0.75 \text{ m/s}^2$ and Risk matrix ระดับยอมรับไม่ได้ (4,5) หรือ (3,4,5)

ตัวชี้วัด (Indicators)	(1)ค่าสถิติ (95% Confidence Interval) -Risk matrix (4,5)	(2)ค่าสถิติ (95% Confidence Interval), Risk matrix (3,4,5)
ความไว (Sensitivity)	74.2% (61.5% - 84.5%)	67.9% (56.8% - 77.6%)
ความจำเพาะ (Specificity)	63.6% (45.1% - 79.6%)	90.9% (58.7% - 99.8%)
ค่าทำนายบวก (PPV)	79.3% (66.6% - 88.8%)	98.3% (90.8% - 100.0%)
ความถูกต้องรวม (Accuracy)	70.53% (60.23% - 79.46%)	70.53% (60.23% - 79.46%)

(1),(2) Area Under ROC Curve (AUC) = 0.6803, 0.6803 ตามลำดับ คือความแม่นยำระดับดีทั้งสองโมเดล

สรุปผลที่สามารถความจำเพาะของกลุ่มได้สูงขึ้น เป็น **90.9%** เพื่อการคัดกรองกลุ่มสัมผัสที่เสี่ยงสูงต่อการได้รับอันตรายจากความสั่นสะเทือนจากการศึกษานี้ได้ที่ผลความแม่นยำระดับดี เช่นเดียวกับการให้ค่า Gold standard ที่ค่า Limit level $>1.15 \text{ m/s}^2$ แต่ทั้งสองค่ายังให้ค่าความไว (Sensitivity) ทำนายที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับใช้ค่า (Action level $>0.5 \text{ m/s}^2$)

4.5 ปัจจัยเสี่ยงของการสัมผัสความสั่นสะเทือนและความเสี่ยงต่อสุขภาพ

4.5.1. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านลักษณะส่วนบุคคล ลักษณะการทำงานและการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านลักษณะส่วนบุคคล ลักษณะการทำงาน และการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนสูง ซึ่งในที่นี้จากภาพรวมของการตรวจวัด ค่าตัวแทนของกลุ่มสัมผัสสูงที่อยู่ระหว่างค่าเกินค่าเฝ้าระวังการสัมผัส คือ 0.5 m/s^2 แต่ไม่เกินค่าขีดจำกัดการสัมผัสได้คือ 1.10 m/s^2 จึงเป็นกลุ่มตัวแทนการสัมผัสสูงของประชากรกลุ่มนี้ได้ระดับสูงคือเกิน 0.75 m/s^2 เพื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่สัมผัสต่ำกว่าในการหาปัจจัยเสี่ยงโดยใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis)

ผลพบว่า ผู้ขับรถแทรกเตอร์ (OR=86.40, 95%CI: 21.62-345.35) มีประสบการณ์การขับขี่มากกว่า 5 ปี (OR=3.11, 95%CI: 1.25-7.73) การได้ขยับเปลี่ยนท่าทางเมื่อมีความเมื่อยล้ามากกว่า 3 ครั้ง/วัน (OR=3.11, 95%CI: 1.25-7.73) และอายุการใช้งานของรถที่มากกว่า 5 ปี (OR=2.56, 95%CI: 1.08-6.07) มีความสัมพันธ์กับการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนที่สูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value < 0.05) ดังตารางที่ 4.15

4.5.2. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยความเสี่ยงทางการยศาสตร์ ความเสี่ยงต่อสุขภาพและการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis)

จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยความเสี่ยงทางการยศาสตร์ ความเสี่ยงต่อสุขภาพ และการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน ผลวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis) พบว่า ความเสี่ยง SERFA ระดับสูงมาก (OR=13.91, 95%CI: 4.52-42.82) และความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงถึงยอมรับไม่ได้ (OR=5.03, 95%CI: 2.03-12.49) มีความสัมพันธ์กับการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.15 ความสัมพันธ์ของลักษณะส่วนบุคคล ลักษณะการทำงาน และการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน วิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (n= 95)

ปัจจัย	สัมผัสความสั่นสะเทือน (n=58)	OR (95% CI)	P-value
อายุ (ปี)			
≤ 40	22 (37.93)	1	
> 40	36 (62.07)	1.73 (0.75-3.98)	0.199
ดัชนีมวลกาย (Kg/m²)			
กลุ่มปกติ-ไม่อ้วน (BMI 18.5-22.9)	25 (43.10)	1	
กลุ่มเสี่ยง/อ้วน (BMI≥23.00)	33 (56.90)	0.56 (0.23-1.34)	0.192
การออกกำลังกาย			
เป็นบางครั้งถึงประจำ	30 (51.72)	1	
ไม่ออกกำลังกาย	28 (48.28)	0.57 (0.25-1.31)	0.187
โรคประจำตัว			
ไม่มี	50 (87.72)	1	
มี	7 (12.28)	0.44 (0.15-1.30)	0.135
ประเภทรถ			
รถยก หรือโฟล์คลิฟท์ (Forklift)	4 (6.90)	1	
แทรกเตอร์ (Tractor)	54 (93.10)	86.40 (21.62-345.35)	<0.001*
ประสบการณ์การขับขี่ (ปี)			
≤ 5	29 (50.00)	1	
> 5	29 (50.00)	3.11 (1.25-7.73)	0.015*

ปัจจัย	สัมผัสความสั่นสะเทือน (n=58)	OR (95% CI)	P-value
ระยะเวลาในการใช้รถทำงานติดต่อกัน (ชั่วโมง/วัน)			
≤ 4	22 (37.93)	1	
> 4	36 (62.07)	2.15 (0.93-4.97)	0.074
จำนวนครั้งในการขยับท่าทางการนั่งลดความเมื่อยล้า (ครั้ง/ชั่วโมง)			
≤ 3	29 (50.00)	1	
> 3	29 (50.00)	3.11 (1.25-7.73)	0.015*
อายุการใช้งานของรถ (ปี)			
≤ 5	26 (44.83)	1	
> 5	32 (55.17)	2.56 (1.08-6.07)	0.032*
การดัดแปลงสภาพเบาะรถ			
ไม่มี	55 (94.83)	1	
มี	3 (5.17)	0.62 (0.12-3.24)	0.569

หมายเหตุ; * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.05

ตารางที่ 4.16 ความสัมพันธ์ของความเสี่ยงทางการยศาสตร์ SERFA ความเสี่ยงต่อสุขภาพ และการสัมผัสความสั่นสะเทือนเกิน 0.75 m/s^2 วิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (n= 95)

ตัวแปรต้น	สัมผัสความสั่นสะเทือน (n=58)	OR (95% CI)	P-value
ความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยวิธี SERFA			
ระดับต่ำถึงสูง (0-4 คะแนน)	5 (8.62)	1	
ระดับสูงมาก (5 คะแนนขึ้นไป)	53 (91.38)	13.91 (4.52-42.82)	<0.001*
ความเสี่ยงต่อสุขภาพ			
ยอมรับได้ถึงปานกลาง (ระดับ 1-3)	12 (20.69)	1	
สูงถึงยอมรับไม่ได้ (ระดับ 4-5)	46 (79.31)	5.03 (2.03-12.49)	<0.001*

หมายเหตุ; *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value <0.05

4.5.3. ความสัมพันธ์แบบตัวแปรเชิงพหุลอยอิสระระหว่างปัจจัยเสี่ยงกับการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน

นำค่าตัวแปรจากการวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว ที่มีค่า $p\text{-value} < 0.20$ เข้าสู่โมเดล 10 ตัวแปร ได้แก่ อายุ ประเภทรถ ดัชนีมวลกาย การออกกำลังกาย โรคประจำตัว ประสบการณ์การขับขี่ ระยะเวลาในการใช้รถ ทำงานติดต่อกัน จำนวนครั้งในการขับท่าทางการนั่งลดความเมื่อยล้า อายุการใช้งานของรถ ความเสี่ยงสูงโดยเครื่องมือ SERFA และความเสี่ยงต่อสุขภาพ พบว่า ผู้ขับรถแทรกเตอร์เสี่ยงต่อการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนสูงกว่าผู้ขับโพล์คลิฟท์เป็น 228.73 เท่า ($OR_{adj} = 228.73$, 95%CI: 24.53-2,132.64) และผู้ที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงถึงสูงมาก มีการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนมากกว่าเป็น 6.01 เท่า ($OR_{adj} = 6.01$, 95%CI: 1.29-28.02) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ปัจจัยเสี่ยงของการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนวิเคราะห์แบบตัวแปรเชิงพหุลอยอิสระ (n=95)

ตัวแปรต้น	การสัมผัส สั่นสะเทือน	OR (95% CI)	OR_{adj} (95% CI)	P-value
อายุ (ปี)				
≤ 40	22 (37.93)	1	1	
> 40	36 (62.07)	1.73 (0.75-3.98)	0.16(0.02-1.40)	0.097
ประเภทรถ				
โพล์คลิฟท์	4 (6.90)	1	1	
แทรกเตอร์	54 (93.10)	86.40 (21.62-345.35)	228.73(24.53-2,132.64)	<0.001*
ระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ				
ยอมรับได้ถึงปานกลาง (ระดับ 1-3)	12 (20.69)	1	1	
สูงถึงยอมรับไม่ได้ (ระดับ 4-5)	46 (79.31)	5.03 (2.03-12.49)	6.01 (1.29-28.02)	0.022*

หมายเหตุ: ตัวแปรควบคุม คือ อายุ, *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\text{-value} < 0.05$, Fit model; Mean VIF = 1.12, AUC = 0.9448

4.5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านลักษณะส่วนบุคคล ลักษณะการทำงาน และความเสี่ยงต่อสุขภาพจากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านลักษณะส่วนบุคคล ลักษณะการทำงาน และความเสี่ยงต่อสุขภาพด้านความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก พบว่า การขับรถแทรกเตอร์ ($OR=86.40$, 95%CI: 21.62-345.35) มีความสัมพันธ์กับการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ลักษณะการทำงาน และความเสี่ยงต่อสุขภาพวิเคราะห
แบบตัวแปรเดียว (n= 95)

ลักษณะทางประชากร	ความเสี่ยงต่อสุขภาพ สูง (n=62)	OR (95% CI)	P-value
อายุ (ปี)			
≤ 40	23 (37.10)	1	
> 40	39 (62.90)	2.03 (0.86-4.79)	0.104
ดัชนีมวลกาย (Kg/m²)			
กลุ่มปกติ-ไม่อ้วน (BMI 18.5-22.9)	23 (37.10)	1	
กลุ่มเสี่ยง/อ้วน (BMI≥23.00)	39 (62.90)	1.10 (0.46-2.62)	0.826
การออกกำลังกาย			
เป็นบางครั้งถึงประจำ	29 (46.77)	1	
ไม่ออกกำลังกาย	33 (53.23)	0.95 (0.41-2.21)	0.902
โรคประจำตัว			
ไม่มี	50 (81.97)	1	
มี	11 (18.03)	1.23 (0.39-3.91)	0.723
ประเภทรถ			
โฟล์คคลิพท์	17 (27.42)	1	
แทรกเตอร์	45 (72.58)	3.59 (1.48-8.37)	0.005*
ประสบการณ์การขับขี่ (ปี)			
≤ 5	35 (56.45)	1	
> 5	27 (43.55)	1.54 (0.64-3.72)	0.335
ระยะเวลาในการใช้รถทำงานติดต่อกัน (ชั่วโมง/วัน)			
≤ 4	26 (41.94)	1	
> 4	36 (58.06)	1.47 (0.63-3.44)	0.373
จำนวนครั้งในการขยับท่าทางการนั่งลดความเมื่อยล้า (ครั้ง/ชั่วโมง)			
≤ 3	33 (53.23)	1	
> 3	29 (46.77)	2.34 (0.94-5.85)	0.068

ลักษณะทางประชากร	ความเสี่ยงต่อสุขภาพ สูง (n=62)	OR (95% CI)	P-value
อายุการใช้งานของรถ (ปี)			
≤ 5	33 (53.23)	1	
> 5	29 (46.77)	1.05 (0.45-2.46)	0.902
การดัดแปลงสภาพเบาะรถ			
ไม่มี	58 (93.55)	1	
มี	4 (6.45)	1.07 (0.19-6.17)	0.941

หมายเหตุ; * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.05

4.5.5. ความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสความสั่นสะเทือน และความเสี่ยงต่อสุขภาพจากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบตัวแปรเดียว

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสความสั่นสะเทือน และความเสี่ยงต่อสุขภาพด้านความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก พบว่า มีความสัมพันธ์ของการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่ระดับเกิน 0.75 m/s^2 กับความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงถึงสูงมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.05) ดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ความสัมพันธ์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis) ระหว่างการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน และความเสี่ยงต่อสุขภาพด้านความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (n= 95)

ระดับการรับสัมผัสความ สั่นสะเทือน (m/s^2)	ความเสี่ยงต่อสุขภาพสูง (n=62)	OR (95% CI)	P-value
< 0.5	4 (6.45)	1	
≥ 0.5-0.75	12 (19.35)	4 (0.96-16.61)	0.056
> 0.75-1.15	12 (19.35)	6 (1.34-26.81)	0.019*
> 1.15	34 (54.84)	17 (4.08-70.76)	<0.001*

หมายเหตุ; * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value < 0.05

4.5.6 ความสัมพันธ์แบบตัวแปรเชิงพหุลอจิสติกระหว่างปัจจัยเสี่ยงกับความเสี่ยงต่อสุขภาพจาก วิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบตัวแปรเชิงพหุลอจิสติก (Multiple logistic regression analysis)

นำค่าตัวแปรจากการวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียวที่มีค่า $p\text{-value} < 0.20$ เข้าสู่โมเดล 4 ตัวแปร ได้แก่ อายุ ประเภทรถ จำนวนครั้งในการขยับท่าทางการนั่งลดความเมื่อยล้า และระดับการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน ทำให้พบว่าผู้มีความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงถึงยอมรับไม่ได้ มีความสัมพันธ์กับปัจจัยของรับสัมผัสทุกระดับ การสัมผัสความสั่นสะเทือนตั้งแต่เกิน 0.5 m/s^2 เกิน 0.75 และเกินค่าขีดจำกัดคือ 1.15 m/s^2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) โดยมีโอกาสเสี่ยงสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อสัมผัสความสั่นสะเทือนที่ระดับสูงขึ้นตามลำดับ คือ 4.41, 7.01 และ 15.95 เท่าของการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่ต่ำกว่าค่าเฝ้าระวัง ($< 0.5 \text{ m/s}^2$) ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ความสัมพันธ์ของการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนกับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการวิเคราะห์แบบตัวแปรเชิงพหุลอจิสติก

ปัจจัย	ความเสี่ยงต่อสุขภาพสูง (n=62)	OR (95% CI)	OR _{adj} (95% CI)	P-value
อายุ (ปี)				
≤ 40	23 (37.10)	1	1	
> 40	39 (62.90)	2.03 (0.86-4.79)	1.73 (0.63-4.70)	0.285
ระดับการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน (m/s^2)				
< 0.5	4 (6.45)	1	1	
0.5-0.75	12 (19.35)	4 (0.96-16.61)	4.41 (1.03-18.83)	0.045*
> 0.75-1.15	12 (19.35)	6 (1.34-26.81)	7.01 (1.49-32.87)	0.014*
> 1.15	34 (54.84)	17 (4.08-70.76)	15.95 (3.80-66.97)	<0.001*

หมายเหตุ: ตัวแปรควบคุม คือ อายุ, *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\text{-value} < 0.05$, Fit model; Mean VIF = 1.69, AUC = 0.7581

4.6 ผลการปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงาน

4.6.1 ผลการปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงาน (การวิจัยพัฒนาระยะ 2)

การวิจัยพัฒนาระยะ 2 นี้ได้กำหนดรูปแบบการปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงานโดยการโมเดลการศึกษาที่กำหนดความเร็วรอบเครื่องยนต์ของรถแทรกเตอร์เบื้องต้นในการวัดความสั่นสะเทือนไว้ที่ 2200 rpm ทำการปรับลดความเร็วรอบเครื่องยนต์ซึ่งใช้จากค่าเป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมสามารถใช้ได้ทั้งรถที่มีค่าแรงม้าต่ำ (20-40 HP) ปานกลาง (41-80 HP) และแรงม้าสูงกว่า 80 HP ผลการศึกษาในระยะที่ 2 พบว่าคือความเร็วรอบต่ำสุด คือ 1,500 ของทุกแรงม้า ขณะทำงานปกติและงานวิจัยก่อนหน้านี้ของทีมผู้วิจัยที่พบว่า การลดความเร็วรอบเครื่องยนต์ของรถแทรกเตอร์เป็น 1,600 แรงม้า สามารถลดการสัมผัสความสั่นสะเทือนได้ต่ำกว่าค่าขีดจำกัดความปลอดภัย (อนุสิทธิ์ พันธุ์ประสิทธิ์ และสุนิสา ชายเกลี้ยง, 2568) โดยไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการไถพรวน ของรถที่มีแรงม้าต่ำหรือระดับปานกลาง และการศึกษาพบความเหมาะสมกับการกำหนดความเร็วรอบให้กับรถแทรกเตอร์ เนื่องจากรถแทรกเตอร์ที่มีกำลังแรงงานม้าสูงกว่า 80 HP ใช้ความเร็วรอบปกติที่ไม่เกิน 1,600 rpm ขณะทำงาน และเป็นการประหยัดพลังงานหรือเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ที่มีแรงม้าต่ำหรือปานกลางได้อีกด้วย ในการศึกษาการปรับปรุงสภาพแวดล้อมนี้จึงควบคุมที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ 1,600 rpm ในการวัดความสั่นสะเทือนระยะของการศึกษาการปรับปรุงสภาพแวดล้อม

การศึกษาการปรับปรุงสภาพแวดล้อมของรถยกได้กำหนดรถยกให้ควบคุมความเร็วที่ ไม่เกิน 10 km/hr หรือต่ำกว่า และลดน้ำหนักจากการยกกรณีปกติที่มากกว่า 1,000 kg เป็น 1,000 kg หรือต่ำกว่า ผลการสัมผัสความสั่นสะเทือนของพนักงานพบว่า ค่าเฉลี่ยของความสั่นสะเทือนลดลงจาก 1.12 m/s² (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน; S.D. = 0.6) เป็น 0.91 m/s² (S.D.=0.53) ซึ่งลดลงเป็นต่ำกว่าค่าขีดจำกัดระดับการสัมผัสเฉลี่ย A(8) หรือ ELV ได้ โดยเฉพาะการลดลงของจำนวนผู้ที่มีความเสี่ยงสูงเกินกว่ายอมรับได้ในกลุ่มแทรกเตอร์ โดยเฉพาะกลุ่มรถยกที่ลดลงมากกว่าร้อยละ 50 หรือครึ่งหนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนปรับปรุงในกลุ่มสัมผัสสูงเกินกว่าระดับเสียงที่ต้องเฝ้าระวังและที่ระดับที่เสียงสูงกว่าขีดจำกัดที่ยอมให้สัมผัสได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.21 ตารางที่ 4.22 และ ภาพที่ 4.10

ตารางที่ 4.21 จำนวน (ร้อยละ) ของพนักงานที่มีการสัมผัสความสั่นสะเทือน หลังปรับปรุง จำแนกเป็น
3 ระดับการสัมผัส เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ A(8) (n=95)

A(8) m/s ²	Tractors (n=59)	Forklifts (n=36)	Total (n=95)
Level 1; < 0.5	3 (5.08)	26 (72.22)	29 (30.53)
Level 2; 0.5 - 1.15	27 (45.76)	9 (25.00)	36 (37.89)
Level 3; > 1.15	29 (49.15)	1 (2.78)	30 (31.58)
Mean (SD)	1.18 (0.47)	0.47 (0.24)	0.91 (0.53)
Medium (Min-max)	1.15 (0.40-2.48)	0.42 (0.04-1.41)	0.87 (0.04-2.48)

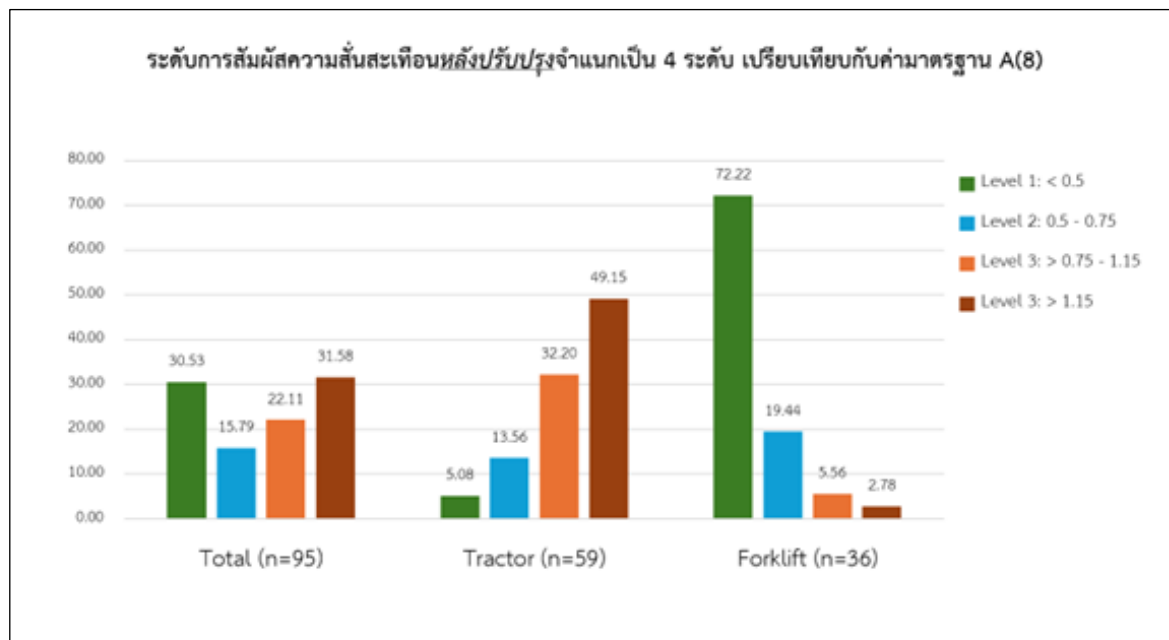
หมายเหตุ; Exposure Action Value (EAV) = 0.5 m/s² และ Exposure Limit Value (ELV) = 1.15 m/s²

ตารางที่ 4.22 จำนวน (ร้อยละ) ของพนักงานที่มีการสัมผัสความสั่นสะเทือน หลังปรับปรุง จำแนกเป็น
4 ระดับความเสี่ยง เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ A(8) (n=95)

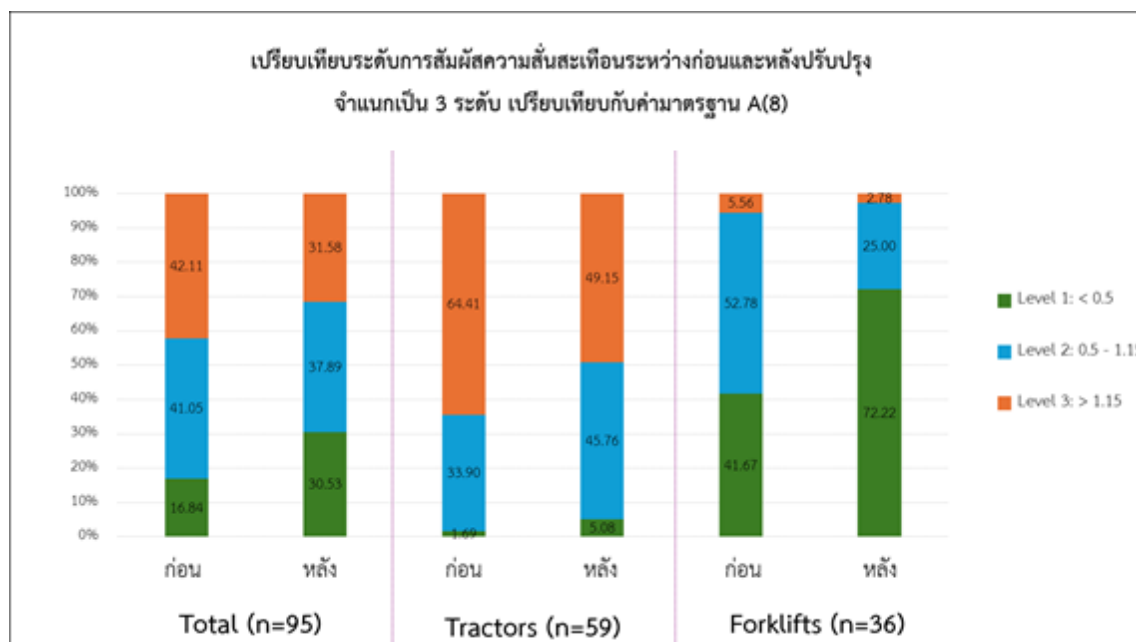
A (8) m/s ²	Tractors (n=59)	Forklifts (n=36)	Total (n=95)
Level 1; < 0.5	3 (5.08)	26 (72.22)	29 (30.53)
Level 2; 0.5 - 0.75	8 (13.56)	7 (19.44)	15 (15.79)
Level 3; > 0.75 - 1.15	19 (32.20)	2 (5.56)	21 (22.11)
Level 4; > 1.15	29 (49.15)	1 (2.78)	30 (31.58)
Mean (SD)	1.18 (0.47)	0.47 (0.24)	0.91 (0.53)
Medium (Min-max)	1.15 (0.40-2.48)	0.42 (0.04-1.41)	0.87 (0.04-2.48)

หมายเหตุ; Exposure Action Value (EAV) = 0.5 m/s² และ Exposure Limit Value (ELV) = 1.15 m/s²

ผลการเปรียบเทียบระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนระหว่างก่อนและหลังปรับปรุงของค่าความ
สั่นสะเทือน A(8) ที่จัดแบ่งเป็น 3 ระดับการสัมผัสและ 4 ระดับความเสี่ยง พบว่าทั้งพนักงานขับรถแทรกเตอร์
และรถยกมีระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.10 การสัมผัสความสั่นสะเทือนเปรียบเทียบ A(8) ของพนักงาน หลังการปรับ/ปรุง จำแนกเป็น 4 ระดับความเสี่ยงของการสัมผัส



ภาพที่ 4.11 ผลเปรียบเทียบระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนของพนักงานก่อนและหลังการปรับ/ปรุงที่
จำแนก เป็น 3 ระดับเปรียบเทียบกับมาตรฐาน A(8)

4.6.2 การลดความเสี่ยงต่อสุขภาพในกลุ่มพนักงานใช้วัสดุออกแบบลดการสัมผัสความสั่นสะเทือน

การออกแบบวัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนในเบาะนั่งรถแทรกเตอร์และรถยก อาศัยหลักการวัดสัดส่วนโดยการวัดสัดส่วนร่างกายของพนักงานเพื่อประกอบการออกแบบมีความสำคัญในแง่ของการยศาสตร์ ช่วยสามารถออกแบบที่เหมาะสมและสะดวกสบายสำหรับผู้ใช้งานส่วนใหญ่ ที่คำนึงถึงการใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 เกี่ยวกับการรองรับกลุ่มคนที่มีขนาดร่างกายใหญ่กว่าปกติ โดยการออกแบบเบาะนั่งที่มีขนาดและรูปร่างที่เหมาะสมกับกลุ่มคนในเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 จะช่วยลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ เช่น อาการปวดหลังจากการนั่งในท่าที่ไม่ถูกต้อง แม้ว่าการออกแบบเบาะนั่งจะมุ่งเน้นในการใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 แต่คนกลุ่มคนที่มีขนาดเล็กกว่า เช่น พนักงานที่เป็นผู้ใช้ในเปอร์เซ็นต์ไทล์ ที่ 5 ถึง 9 ก็ยังสามารถใช้เบาะนั่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงได้มีการวัดสัดส่วนร่างกายของพนักงานโดยมีท่าทางการวัดดังแสดงในตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ค่าสัดส่วนร่างกายของพนักงานขับรถยกและรถแทรกเตอร์ (cm)

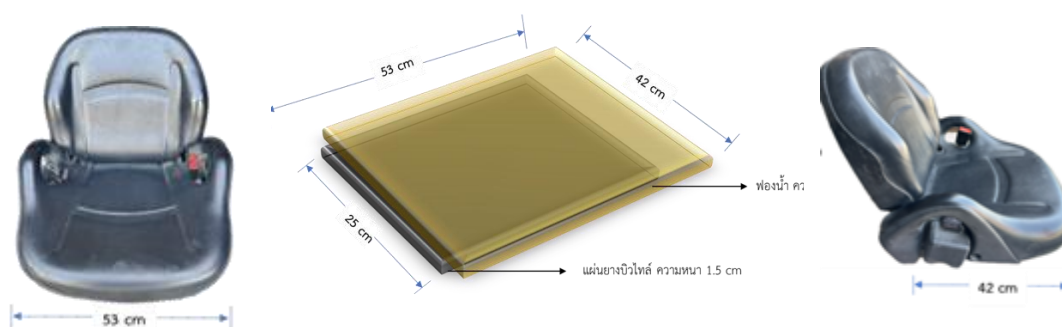
สัดส่วนของผู้ปฏิบัติงาน	Mean (S.D.)		Mean (S.D.)	
	Mean (S.D.)	[min, max]	Mean (S.D.)	[min, max]
ความกว้างสะโพก	33.50 (3.18)	[29.0, 44.0]	33.41 (3.63)	[30, 45]
ความยาวของก้นกบ-ขาพับ	44.03 (3.02)	[36.5, 50.0]	42.27 (3.55)	[37, 52]
ความสูงของขาส่วนล่าง	45.78 (5.41)	[21.0, 50.0]	45.36 (4.35)	[36, 56]

การวัดขนาดเบาะนั่งของรถแทรกเตอร์และรถยก วัดขนาดของเบาะนั่งรถยกเดิมเพื่อประกอบการออกแบบวัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนให้เหมาะสมโดยการวัดขนาดของเบาะนั่งมีการวัดส่วนต่างๆ ของเบาะนั่งดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ข้อมูลสัดส่วนของเก้าอี้จากการวัดขนาดเบาะรถแทรกเตอร์และรถยก

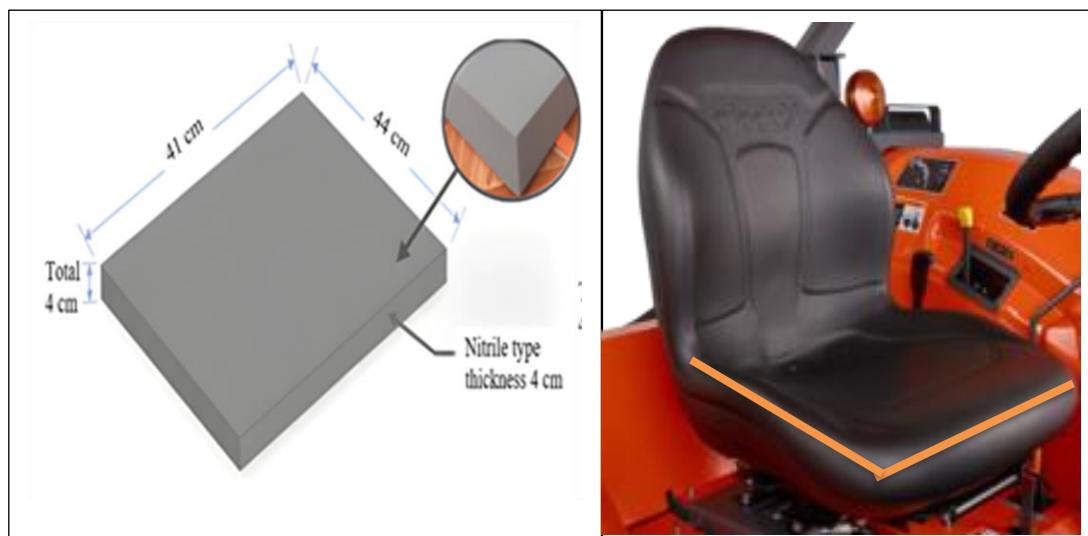
สัดส่วนของขนาดเบาะนั่ง	ขนาดเบาะนั่งรถยก (cm)		ขนาดเบาะนั่งรถแทรกเตอร์ (cm)	
	Mean (S.D.)	[min, max]	Mean (S.D.)	[min, max]
ความกว้างของเบาะ	44.53 (3.53)	[34, 53]	49.22 (3.86)	[32, 58]
ความลึกของเบาะ	38.02 (4.96)	[30, 55]	41.69 (7.69)	[17, 46]
ความหนาของเบาะ	7.15 (1.49)	[4, 12]	8.06 (0.95)	[6, 10]
ความสูงจากพื้นของเบาะ	44.42 (4.69)	[32, 60]	44.61 (2.97)	[38, 48]
ความสูงของพนักพิงหลัง	39.47 (10.37)	[20, 79]	42.94 (1.72)	[39, 49]
ความกว้างของพนักพิงหลัง	42.07 (2.78)	[37, 53]	44.94 (4.99)	[37, 52]

การปรับปรุงเบาะนั่งโดยการออกแบบใช้วัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนมาใส่ที่เบาะนั่งของพนักงาน จากข้อมูลการวัดสัดส่วนร่างกายของพนักงานและการวัดขนาดเบาะนั่ง ผู้วิจัยไม่ได้ใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของการวัดสัดส่วนร่างกายมาใช้ในการออกแบบขนาดของเบาะนั่งใหม่เนื่องจากเบาะนั่งรถยนต์เดิมมีขนาดความกว้าง ความยาว และความลึกที่มีขนาดมากกว่าสัดส่วนร่างกายในเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดอยู่แล้วจึงสามารถใช้โครงสร้างเบาะรถยนต์เดิมในการตั้งวัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนเพิ่มเติมได้ ผู้วิจัยจึงได้ติดตั้งแผ่นยางบิวไทล์ที่ได้จากศึกษาการลดการรับความสั่นสะเทือนที่ครอบคลุมช่วงความถี่ระหว่าง 25 - 80 Hz ขนาดความกว้าง x ความยาว x และความหนา เท่ากับ 25 x 53 x 1.5 เซนติเมตร เป็นชั้นที่ 1 ในโครงสร้างของเบาะนั่งรถยนต์ เพื่อลดการสัมผัสความสั่นสะเทือน ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 ขนาดเบาะนั่งรถยนต์และการออกแบบวัสดุภายในโดยการเสริมแผ่นยางบิวไทล์และพองน้ำ

การออกแบบวัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนที่เบาะรองนั่งของรถแทรกเตอร์ ผู้วิจัยใช้ผลวัดสัดส่วนเพื่อออกแบบขนาดของเบาะรองนั่งให้เข้ากับขนาดเบาะเดิมมีขนาดความกว้าง ความยาว และความลึกที่มีขนาดมากกว่าสัดส่วนร่างกายในเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดอยู่แล้วจึงออกแบบติดตั้งวัสดุดูดซับความสั่นสะเทือน ชนิดแผ่นยางไนไตรล์ที่ได้จากผลศึกษาความสั่นสะเทือนในระยะที่ 1 เพื่อการลดการสัมผัสความสั่นสะเทือนซึ่งมีความถี่ในช่วงต่ำโดยการออกแบบที่เลือกใช้วัสดุที่ดูดซับความสั่นสะเทือนช่วงความถี่ระหว่าง 5- 25 Hz ที่เหมาะสมคือ ชนิดของยางไนไตรล์ มีขนาด ความกว้าง x ความยาว x และความหนา เท่ากับ 41 x 44 x 4 เซนติเมตร เป็นแผ่นเบาะรองนั่ง สำหรับความหนา 4 เซนติเมตร พิจารณาจากระยะห่างความสูงของขาส่วนล่างวัดจากพื้นถึงใต้ท้องเข้าขณะนั่งวางขาแนวดิ่งของกลุ่มตัวอย่าง และความสูงของเบาะนั่งของรถ ในการกำหนดความหนาของเบาะ โดยระยะห่างความสูงของขาส่วนล่างวัดจากพื้นถึงใต้ท้องเข้าขณะนั่งวางขาแนวดิ่งของกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าต่ำสุดถึงค่าเฉลี่ย ได้ความสูงของเบาะนั่งของรถความหนาที่ไม่เกิน 4 เซนติเมตร เพื่อทำเบาะเสริมรองลดการสัมผัสความสั่นสะเทือนของเบาะรถแทรกเตอร์ ดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 ขนาดเบาะรองนั่งรถแทรกเตอร์ด้วยการออกแบบที่ใช้วัสดุแผ่นยางไนไตรล์เสริมภายในเบาะรองนั่งเพื่อดูดซับความสั่นสะเทือนในช่วงความถี่ต่ำช่วง 5-25 Hz

4.6.3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายก่อนและหลังออกแบบวัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนในเบาะนั่ง

ผลการเปรียบเทียบความสั่นสะเทือนก่อนและหลังการออกแบบวัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนในเบาะนั่งรถยกของพนักงานขับรถโดยเปรียบเทียบค่าความสั่นสะเทือนเฉลี่ย 8 ชั่วโมงการทำงาน A(8) ของการวัดในพนักงานจำนวน 34 คน พบว่าระดับความสั่นสะเทือนก่อนและหลังการออกแบบวัสดุมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการผลข้อมูลของรถยกครั้งที่ 1 ความเร็วการขับเคลื่อน (> 10 km/hr) มีการแจกแจงแบบไม่ปกติทดสอบความแตกต่างโดยใช้สถิติ Wilcoxon Signed- Rank Test ผลการทดสอบความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายก่อนและหลังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value < 0.001) ส่วนผลทดสอบกรณีที่ 2 ของรถยกที่มีการควบคุมความเร็วลดลงต่ำกว่า 10 km/hr และกรณีรถแทรกเตอร์ซึ่งควบคุมความเร็วรอบเครื่องยนต์ ที่ 1,600 rpm ให้วิ่งปกติบนพื้นราบ จำนวน 30 ตัวอย่าง ผลข้อมูลแจกแจงแบบปกติทดสอบความแตกต่างโดยใช้สถิติ Paired T-Test ผลการทดสอบความสั่นสะเทือนก่อนและหลังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value = 0.004 และ p -value < 0.001 สำหรับรถยกและรถแทรกเตอร์ ตามลำดับ) และจำนวนพนักงานที่สัมผัสความสั่นสะเทือนที่มีค่าเกินค่าระงับการสัมผัส (EAV > 0.5) พบว่าจำนวนลดลงเป็นร้อยละ 50 หลังมีการใช้เบาะที่มีวัสดุลดความสั่นสะเทือน ดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 ความสั่นสะเทือน (WBV) เปรียบเทียบก่อนและหลังการออกแบบใช้วัสดุดูดซับความสั่นสะเทือน
ที่เบาะนั่งของรถยกและรถแทรกเตอร์

โมเดลทดสอบความสั่นสะเทือน A(8)	Mean (m/s ²)	S.D.	P-Value
รถยก - ความเร็วปกติ			
ก่อน	0.61	0.08	<0.001
หลัง	0.50	0.05	
รถยก - ลดความเร็ว/ ลดน้ำหนักการยก			
ก่อน	0.55	0.09	0.004
หลัง	0.50	0.05	
รถแทรกเตอร์ (1,600 rpm)			
ก่อน	0.71	0.02	<0.001
หลัง	0.57	0.07	

4.6.4 ผลเปรียบเทียบความเสี่ยงต่อสุขภาพก่อนและหลัง การออกแบบปรับปรุงโดยใช้วัสดุดูดซับความสั่นสะเทือน

ความเสี่ยงต่อสุขภาพอาศัยเมตริกความเสี่ยงของ MSDs ที่พบว่าเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังออกแบบของผู้ใช้วัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนของเบาะนั่งทั้งในรถยกและรถแทรกเตอร์ พบว่าความเสี่ยงต่อสุขภาพภาพรวม และกลุ่มความเสี่ยงสูงถึงสูงมาก มีผลลดลงของจำนวนผู้ที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพทั้งรถยกและรถแทรกเตอร์ ดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 ความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานจากการสัมผัสความสั่นสะเทือนเปรียบเทียบกับก่อนและหลังการออกแบบวัสดุดูดซับ

ระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ	รถยก (ร้อยละ)			รถแทรกเตอร์ (ร้อยละ)		
	ก่อน	หลัง	ก่อน-หลัง (%)	ก่อน	หลัง	ก่อน-หลัง (%)
ระดับ 1; ยอมรับได้	0	0	0	20.00	26.67	[-6.67]
ระดับ 2; ต่ำ	38.24	47.06	[-8.82]	6.67	26.67	-20.00
ระดับ 3; ปานกลาง	23.53	23.53	0	36.67	36.67	0
ระดับ 4; สูง	35.29	29.41	5.88	33.33	10.0	23.33
ระดับ 5; สูงมาก	2.94	0	2.94	3.33	0	3.33

4.6.5 ความพึงพอใจของพนักงานต่อการออกแบบใช้วัสดุลดการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน

ความพึงพอใจของพนักงานขับรถยก ผลความพึงพอใจหลังการออกแบบเบาะนั่งเพื่อลดการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน พบว่าพนักงานมีความพึงพอใจภาพรวมเบาะนั่งระดับมาก 4.47 คะแนน (S.D.=0.50) ความกว้างเบาะนั่งรถยกมีขนาดเหมาะสมกับผู้ใช้งานเท่ากับ 4.65 คะแนน (S.D. = 0.49), ความหนาของเบาะนั่งรถยกมีความเหมาะสมกับการใช้งาน เท่ากับ 4.65 (S.D.=0.49) ความลึกของเบาะนั่งรถยกมีความเหมาะสมกับการใช้งาน เท่ากับ 4.52 (S.D.=0.50) เบาะนั่งรถยกสามารถลดความสั่นสะเทือนมายังร่างกายได้ เท่ากับ 4.03 คะแนน (S.D.= 0.58)

ความพึงพอใจของพนักงานขับรถยกต่อการออกแบบวัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนภายในเบาะนั่งรถยก เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกแบบวัสดุพบว่า ความนุ่มสบายของวัสดุเบาะนั่งรถยกในขณะใช้งานมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) เบาะนั่งรถยกสามารถลดความสั่นสะเทือนมายังร่างกายได้ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.001$) และความสบายของพนักงานหลังขณะใช้งานรถยกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) รายละเอียดดัง **ตารางที่ 4.27**

จากเครื่องมือประเมินความพึงพอใจของรถยก นำมาประยุกต์ต่อกับรถแทรกเตอร์ คำถามประกอบด้วยการออกแบบและการใช้สอย มีจำนวน 5 ข้อ คะแนนเต็ม 5 คะแนนต่อข้อ และคะแนนสามารถจำแนกคะแนนออกเป็น 3 ระดับคือ ระดับดี (3.66 -5.00), ปานกลาง (2.33-3.65) และต้องปรับปรุง (1.00- 2.32) ผลการประเมินของพนักงานด้านการออกแบบและประโยชน์ใช้สอยของเบาะรองนั่งที่ทำด้วยวัสดุยางไนไตรล์ มีคะแนนความพึงพอใจด้านการออกแบบโดยใช้วัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนที่ทำด้วยวัสดุไนไตรล์ โดยคะแนนรวมของความพึงพอใจถูกจัดจัดอยู่ในระดับดี รายละเอียดแสดงใน **ตารางที่ 4.28**

ตารางที่ 4.27 คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของพนักงาน เปรียบเทียบก่อนและหลังการออกแบบวัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนในเบาะนั่งรถยก

ความพึงพอใจกับเบาะนั่งรถยก	$\bar{X}$ ก่อน	$\bar{X}$ หลัง	P-value
ความกว้างเบาะนั่งรถยกมีขนาดเหมาะสมกับผู้ใช้งาน	4.62	4.65	0.7443
ความหนาของเบาะนั่งรถยกมีความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.56	4.65	0.0831
ความลึกของเบาะนั่งรถยกมีความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.62	4.52	0.2630
ความนุ่มสบายของวัสดุเบาะนั่งรถยกในขณะใช้งาน	2.38	2.71	0.0094*
เบาะนั่งรถยกสามารถลดความสั่นสะเทือนมายังร่างกายได้	3.38	4.03	0.0001*
ความพึงพอใจภาพรวมเบาะนั่งรถยก	3.94	0.29	0.1967

หมายเหตุ; $\bar{X}$ หมายถึงคะแนนเฉลี่ย

ตารางที่ 4.28 คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานกับรถแทรกเตอร์หลังการออกแบบวัสดุเสริมดูดซับความสั่นสะเทือนที่เบาะเสริมรองนั่ง

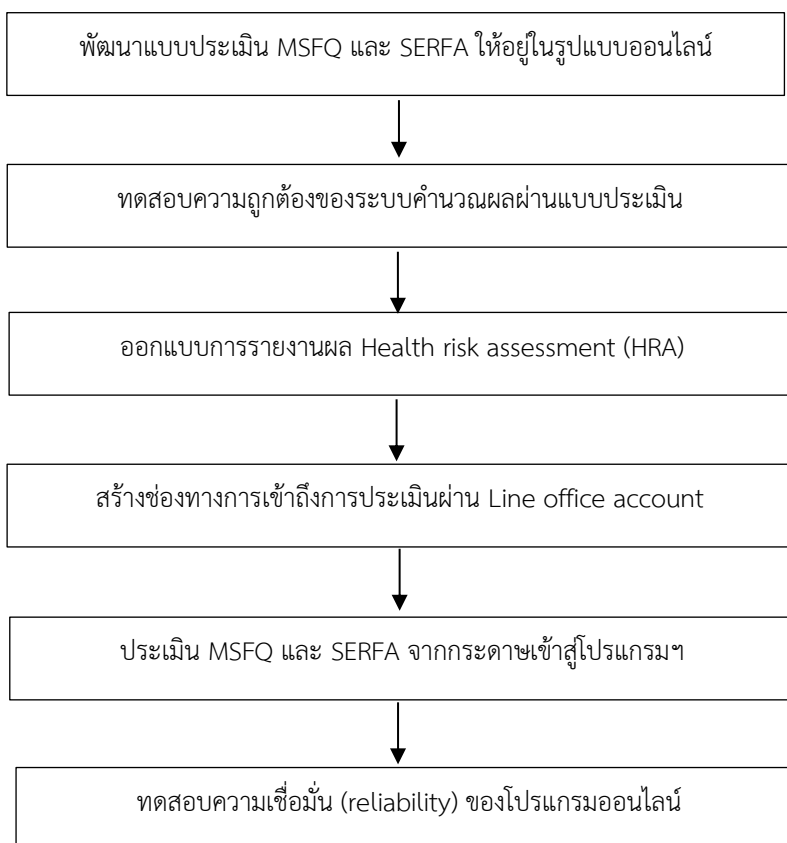
ความพึงพอใจหลังการปรับปรุง	คะแนนเฉลี่ย (S.D.)
ความกว้างเบาะเสริมรองนั่งมีขนาดเหมาะสมกับผู้ใช้งาน	3.00 (1.00)
ความน่าใช้ เช่น ความนุ่มของเบาะ หรือรูปแบบเบาะรองนั่ง	3.66 (0.57)
เบาะเสริมไม่เป็นอุปสรรคต่อการทำงาน	3.00 (1.00)
ความสะดวกสบายขณะใช้งาน	2.66 (0.57)
ความพึงพอใจในภาพรวมต่อการใช้งานเบาะรองนั่ง	3.06 (0.82)

4.7. การพัฒนาโปรแกรมเฝ้าระวัง Ergo Ocare Vibration เฝ้าระวังการสัมผัสความสั่นสะเทือน

ตามกระบวนการศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเพื่อประเมินความเสี่ยงด้านการสัมผัสความสั่นสะเทือน
โดยมีแผนผังการพัฒนาตามภาพ



ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมเฝ้าระวัง Ergo Ocare Vibration



ภาพที่ 4.14 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม Ergo Ocare Vibration สำหรับการเฝ้าระวังการสัมผัสความสั่นสะเทือน

การพัฒนาโปรแกรมฯ มีขั้นตอนแสดงดังภาพที่ 4.14 ดังนี้

1. พัฒนาแบบประเมิน MSFQ และ SERFA ให้อยู่ในรูปแบบออนไลน์
2. ทดสอบความสอดคล้องระหว่างการประเมินแบบกระดาษและแบบออนไลน์ ด้วยการทดลองลงข้อมูลการประเมิน
3. ออกแบบการรายงานผล Health risk assessment (HRA) รายบุคคลที่ต้องพิจารณาร่วมกันระหว่างระดับของ MSFQ และ SERFA
4. สร้างช่องทางการเข้าถึงการประเมินผ่าน Line office account
5. ทดสอบการลงข้อมูลผลการประเมิน MSFQ และ SERFA จากกระดาษ เข้าสู่โปรแกรมในระบบออนไลน์
6. ทดสอบความเชื่อมั่นของโปรแกรมออนไลน์ โดยการใช้การทดสอบคะแนนและระดับของ MSFQ, SERFA, และ HRA ดังนี้
 - ใช้สถิติ Intraclass Correlation Coefficient (ICC) สำหรับวิเคราะห์คะแนน โดยเกณฑ์การแปลผล ค่าระดับความสอดคล้อง (Reliability) ได้แก่

น้อยกว่า 0.50	ต่ำ (Poor)
0.50 – 0.75	ปานกลาง (Moderate)
0.75 – 0.90	ดี (Good)
มากกว่า 0.90	ดีเยี่ยม (Excellence)
 - ใช้สถิติ Weight Kappa analysis สำหรับวิเคราะห์ระดับ โดยมีเกณฑ์แปลผลระดับความสอดคล้อง (Reliability) ได้แก่

< 0.00; ไม่มีความสอดคล้องกันเลย (Poor)
0.01 – 0.20; สอดคล้องน้อยมาก (Slight)
0.21 – 0.40; สอดคล้องพอใช้ (Fair)
0.41 – 0.60; สอดคล้องปานกลาง (Moderate)
0.61 – 0.80; สอดคล้องดี (Substantial)
0.81 – 1.00; สอดคล้องดีเยี่ยม (Almost Perfect)

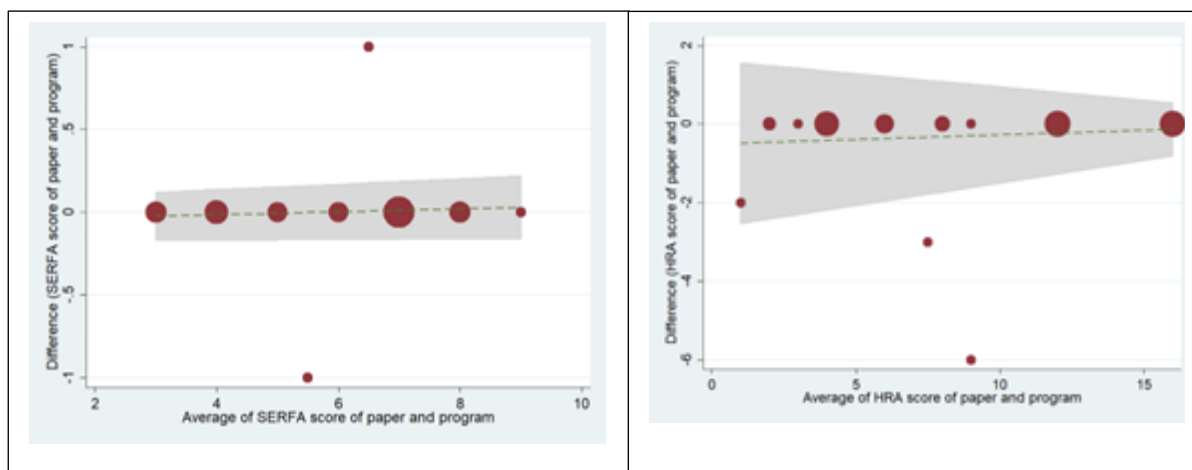
ผลการทดสอบโปรแกรมในระยะพัฒนา

จากการทดสอบ ICC ของคะแนน MSFQ, SERFA, และ HRA พบความสอดคล้องระหว่างผลของโปรแกรมและกระดาษอยู่ในระดับดีถึงดีเยี่ยม และการทดสอบ Weight Kappa ของระดับ MSFQ, SERFA, และ HRA พบความสอดคล้องระหว่างผลของโปรแกรมและกระดาษอยู่ในระดับดีถึงดีเยี่ยม ดังแสดงผลในตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 ค่าความสอดคล้องระหว่างผลของโปรแกรมและกระดาษ (n=37)

ตัวแปร	ICC	95% CI	WKappa	95% CI	ระดับความ สอดคล้อง
คะแนน MSFQ	0.83	0.70–0.91	-	-	ดี
ระดับ MSFQ	-	-	0.94	0.92-1.000	ดีเยี่ยม
คะแนน SERFA	0.99	0.98–0.99	-	-	ดีเยี่ยม
ระดับ SERFA	-	-	1.00	-	ดีเยี่ยม
คะแนน HRA	0.94	0.94–0.99	-	-	ดีเยี่ยม
ระดับ HRA	-	-	0.93	0.87-0.94	ดีเยี่ยม

จากการทดสอบความสอดคล้องของคะแนน MSDs ด้วยกราฟ Bland-Altman (ภาพที่ 4.15) พบว่า ผลต่างเฉลี่ย (Mean Bias) ของคะแนนระหว่างวิธีดั้งเดิมและโปรแกรมเท่ากับ -0.43 (sd= 2.05) โดยมี ขอบเขตความสอดคล้อง (95% Limits of Agreement) อยู่ระหว่าง -4.44 ถึง 3.58



ภาพที่ 4.15 ทดสอบความสอดคล้องของคะแนน HRA ด้วยกราฟ Bland-Altman

ผลการประเมินความสอดคล้องของเครื่องมือจากใช้กระดาษและจากโปรแกรม

โดย Weight Kappa analysis สำหรับส่วนของระดับ มีผลดังนี้

ระดับ MSFQ (level) ระหว่างการประเมินด้วยรูปแบบกระดาษและโปรแกรม พบว่า มีความสอดคล้องใน ระดับสอดคล้องดีเยี่ยม (Almost Perfect) โดยมีค่า Weighted Kappa เท่ากับ 0.938 (95% CI: 0.917 -

1.000, $p\text{-value} < 0.0001$)

ระดับ SERFA (level) พบว่ามีความสอดคล้องอยู่ในระดับสอดคล้องดีเยี่ยม (Almost Perfect) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ Weighted Kappa เท่ากับ 1.000 (95% CI: , $p\text{-value} < 0.0001$)

ระดับ HRA (level) พบว่ามีความสอดคล้องอยู่ในระดับสอดคล้องดีเยี่ยม (Almost Perfect) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ Weighted Kappa เท่ากับ 0.9260 (95% CI: 0.868 - 0.941, $p\text{-value} < 0.0001$)

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

5.1 สถานการณ์การสัมผัสความสั่นสะเทือนจากการศึกษาในประเทศไทย

จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบของวิจัยในรอบ 10 ปี ที่ผ่านมา คือ พ.ศ. 2558-2568 ที่มีโดยครอบคลุมผลลัพธ์ที่ต้องการศึกษา ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ประเมินการรับสัมผัส อาชีพที่สัมผัส ผลกระทบต่อสุขภาพ และระดับการสัมผัสของความสั่นสะเทือน พบว่ากลุ่มพนักงานอาชีพขับรถยก ผู้ใช้รถแทรกเตอร์ พนักงานขับรถติดตั้งตอกเสาเข็มพืด ผู้ขายยานพาหนะหนัก ผู้ควบคุมเครื่องจักรหนัก เป็นกลุ่มอาชีพที่มีความเสี่ยงสูงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย ประกอบกับข้อมูลที่สืบค้นจากฐานข้อมูล (Database) ของผลความสั่นสะเทือนจากเครื่องจักร ยานพาหนะที่ส่งผลให้รับสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย (WBV) ที่ประเมินมาจากการตรวจวัดในภาคสนามในกลุ่มอาชีพที่เสี่ยงสูงคือ พนักงานขับรถยก และผู้ใช้รถแทรกเตอร์ ซึ่งพบว่าสูงกว่าค่าเคลมจากผู้ผลิต (manufacturer's declared value) (Physical Agents Portal (PAF), Portale Agenti Fisici, 2026) โดยทุกการศึกษาที่ผ่านมาใช้เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนโดยตรง (vibration meter) แบบทั้งร่างกาย (WBV) ที่อาศัยผู้เชี่ยวชาญในการประเมินซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้จะแสดงผลค่าความสั่นสะเทือนในหน่วย m/s^2 โดยมาตรฐานสหภาพยุโรป (EU directive 2002/44/EC limits) กำหนดการได้รับความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายตลอดเวลา 8 ชั่วโมงการทำงาน คือ A(8) ที่จำแนกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับการสัมผัสที่ต้องเฝ้าระวังควบคุม (Action level; EAV) คือไม่เกิน $0.5 m/s^2$ และระดับค่าขีดจำกัดการสัมผัสที่ปลอดภัย (Limit Level; ELV) คือ ไม่เกิน $1.15 m/s^2$

โดยผลจากการทบทวนวรรณกรรมด้านการใช้เครื่องมือประเมินปัจจัยการสัมผัสความสั่นสะเทือนพบว่ามีทั้งในรูปแบบของการใช้แบบสอบถาม คือ Musculoskeletal Disorders (MSDs) Severity and Frequency Questionnaire (MSFQ) (Konjaroen et al., 2025) ที่สามารถวัดความรุนแรงและความถี่ของอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก และแบบสังเกตท่าทางการทำงานที่คำนึงถึงปัจจัยทางสภาพแวดล้อมด้านความสั่นสะเทือน คือ Self-Ergonomics Risk Factor Assessment (SERFA) เพื่อระบุปัจจัยเสี่ยง (อนุสิทธิ์ ศรีพันธ์ และสุนิสา ขายเกลี้ยง, 2568) อีกทั้งยังพบเมตริกการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (Chaiklieng, 2019) ที่คำนึงถึงโอกาสสัมผัสปัจจัยและความรุนแรงจากผลกระทบต่อสุขภาพ เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพต่อไป

5.2 การรับสัมผัสความสั่นสะเทือนจากสภาพแวดล้อมการทำงานของแรงงานไทย

ผลการศึกษาทั้งจากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบของการศึกษาวิจัยในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2558-2568) พบว่าการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายอยู่ระหว่าง $0.147 - 7.160 \text{ m/s}^2$ โดยส่วนใหญ่เกินค่าเฝ้าระวัง คือ Action level (มากกว่า 0.5 m/s^2) และสูงกว่าค่าขีดจำกัดที่ปลอดภัย Limit level (มากกว่า 1.15 m/s^2) ในบางอาชีพ ซึ่งพบว่ากลุ่มอาชีพผู้ใช้รถแทรกเตอร์และผู้ขับรถยกได้รับสัมผัสความสั่นสะเทือนในระดับสูงสุด โดยความถี่ที่พบอยู่ในช่วง 1-25 Hz ในรถแทรกเตอร์และ 5-80 Hz ของรถยก

การศึกษานี้ได้ทำการตรวจวัดระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนในกลุ่มอาชีพขับแทรกเตอร์และผู้ขับรถยก จำนวน 95 คน ผลการประเมินว่าพบระดับการสัมผัสของความสั่นสะเทือนในกลุ่มศึกษานี้โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดและวิธีการประเมินความสั่นสะเทือนตามมาตรฐาน ISO พบค่าระหว่าง $0.04 - 2.76 \text{ m/s}^2$ โดยกลุ่มผู้ขับรถแทรกเตอร์ ($0.40 - 2.76 \text{ m/s}^2$) มีค่าเฉลี่ยของการสัมผัสคือ 1.47 m/s^2 ที่อยู่ในระดับที่สูงกว่ากลุ่มผู้ขับรถยก ($0.04 - 1.51 \text{ m/s}^2$) ที่มีค่าเฉลี่ยคือ 0.54 m/s^2 ทั้งสองกลุ่มได้รับสัมผัสแรงสั่นสะเทือนที่สูงกว่าค่าต้องเฝ้าระวังการสัมผัส คือ EAV (0.5 m/s^2) ที่จะส่งผลอันตรายต่อสุขภาพได้ และผู้ปฏิบัติงานกับรถแทรกเตอร์ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่ได้รับสัมผัสแรงสั่นสะเทือนที่สูงกว่ากลุ่มผู้ขับรถยกโดยพบว่ามีเกินค่าขีดจำกัดความปลอดภัยที่สัมผัสได้ (Exposure limit value ; ELV) คือ มากกว่า 1.15 m/s^2

การสัมผัสความสั่นสะเทือนของกลุ่มเสี่ยงนี้จึงสอดคล้องกับการรายงานที่พบในหลายการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบค่าสูงสุดของความสั่นสะเทือนขณะกิจกรรมไถพรวนของผู้ขับรถแทรกเตอร์ (อนุสิทธิ์ ศรีพันธ์ และสุนิสา ชายเกลี้ยง, 2568) และกลุ่มผู้ขับรถยกบริเวณคลังสินค้า (อนุวัฒน์ คงเจริญ และคณะ, 2568) และบริเวณท่าเรือ (ศิริประภา สิ้นใจ, 2563)

5.3 ปัจจัยเสี่ยงของการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนสูง โดยใช้สถิติความสัมพันธ์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis) พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนสูง คือ การขับรถแทรกเตอร์ (OR=86.40, 95%CI: 21.62-345.35) การมีประสบการณ์ขับซิ่งมากกว่า 5 ปี (OR=2.56, 95%CI: 1.08-6.07) อายุการใช้งานของรถที่มากกว่า 5 ปี (OR=3.11, 95%CI: 1.25-7.73) และปัจจัยของมีความเสี่ยงสูงจากท่าทางการยศาสตร์การทำงาน โดยเครื่องมือ Self-Ergonomics Risk Factor Assessment (SERFA) (OR=13.91, 95%CI: 4.52-42.82) และผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนกับระดับความเสี่ยงทางกายศาสตร์การทำงานโดย SERFA ที่มี 4 ระดับ โดยใช้สถิติวิเคราะห์ Spearman's Rank Correlation test พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(p -value < 0.001) และพบความสัมพันธ์ของการสัมผัสความสั่นสะเทือนของพนักงานกับคะแนนความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.540$, p -value < 0.001)

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบตัวแปรเชิงพหุคูณ (Multivariate analysis) โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสความสั่นสะเทือน ที่ของการสัมผัส 4 ระดับ คือ ระดับการสัมผัสสูงกว่าค่าการแผ่รังสี 0.50 - 0.75 m/s^2 , >0.75 - 1.15 m/s^2 , และเกินค่าขีดจำกัดคือ $>1.15 \text{ m/s}^2$ มีความเสี่ยงสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อสัมผัสความสั่นสะเทือนที่ระดับสูงขึ้นตามลำดับ คือ 4.41 เท่า, 7.01 เท่า และ 15.95 เท่าของการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่ต่ำกว่าค่าการแผ่รังสี ($< 0.5 \text{ m/s}^2$)

และจากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยความเสี่ยงทางการยศาสตร์ กับความเสี่ยงต่อสุขภาพ และการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน ผลวิเคราะห์แบบตัวแปรเดียว (Univariate analysis) พบว่า ความเสี่ยง SERFA ที่ระดับสูงมาก ($OR=13.91$, $95\%CI$: 4.52 - 42.82) และความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงถึงยอมรับไม่ได้ ($OR=5.03$, $95\%CI$: 2.03 - 12.49) มีความสัมพันธ์กับการสัมผัสความสั่นสะเทือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value < 0.05)

เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนโดยตรงที่ได้ค่าเทียบมาตรฐานที่ชัดเจน แต่มีข้อจำกัดด้านการใช้ที่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมินและมีราคาสูง อีกทั้งการวัดการสั่นสะเทือนควรใช้เวลาตามมาตรฐาน ISO 2631-1 ระยะเวลาในการวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายควรครอบคลุมระยะเวลาการทำงานของกิจกรรมนั้น (สุนิสา ชายเกลี้ยง, 2561ข) ซึ่งหากกลุ่มแรงงานต้องการทราบความเสี่ยงของตนเองแต่ไม่มีเครื่องมือตรวจวัดจึงจะไม่สามารถทำได้ และยังไม่มียกกฎหมายควบคุมในประเทศไทยด้านค่าขีดจำกัดดังกล่าวเพื่อควบคุมเครื่องมือ เครื่องจักรที่ผลิตและนำไปใช้ได้อย่างปลอดภัย จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่สามารถคัดกรองเบื้องต้นของกลุ่มเสี่ยงที่เหมาะสมที่ประเมินได้ให้ความเชื่อมั่นมากเพียงพอต่อการนำไปสู่การแผ่รังสีสุขภาพ ผลการศึกษานี้จึงยืนยันการศึกษาก่อนหน้านี้ด้านการใช้เครื่องมือ แบบสัมภาษณ์ แบบสอบถาม แบบประเมิน SERFA เพื่อระบุปัจจัยเสี่ยงทางการยศาสตร์ (อนุสิทธิ์ ศรีพันธ์ และสุนิสา ชายเกลี้ยง, 2568) อีกทั้งเมตริกความเสี่ยงทางสุขภาพทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (Chaiklieng, 2019) เพื่อประกอบการคัดกรองกลุ่มที่สัมผัสกับความสั่นสะเทือนซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ เพื่อนำไปสู่การติดตามแผ่รังสีการสัมผัสได้และสามารถนำไปสู่การประเมินการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนโดยใช้เครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินค่าการสัมผัส WBV ต่อไป

5.4 ผลกระทบต่อสุขภาพของแรงงานในประเทศไทยจากความสั่นสะเทือน

ผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนที่มือและแขน และความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่ได้จากผลการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบในรอบ 10 ที่ผ่านมา พบว่า มีผลกระทบที่ระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก ที่มีความชุกสูงสุด คือ ร้อยละ 34.91 - 80.00 และสูงกว่าด้านอื่นๆ ที่รายงานรองลงมาคือ ระบบประสาท (ความชุก ร้อยละ 16.70 - 50.00) และระบบหลอดเลือด (ความชุก ร้อยละ

17.96-40.00) ซึ่งระบบที่ได้รับผลกระทบหลักจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั้งร่างกาย (WBV) ได้แก่ ระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก โดยพบรายงานสูงสุดในพนักงานขับรถยก (ร้อยละ 80)

ผลการสำรวจในกลุ่มตัวอย่างของการศึกษานี้คือพนักงานขับรถยกและขับรถแทรกเตอร์ โดยใช้เครื่องมือประเมินความถี่และความรุนแรง (MSFQ) ของอาการปวด ตึง ชา ตามตำแหน่งของร่างกาย ในรอบ 1 เดือนที่ผ่านมา พบว่ามีพนักงาน จำนวน 89 คน (ร้อยละ 93.68) อาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก โดยพบความชุกสูงสุดบริเวณหลัง ร้อยละ 68.72 รองลงมาคือ คอ (ร้อยละ 53.68) และ สะโพก (ร้อยละ 48.42) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าความชุกสูงสุด 3 อันดับแรก เปรียบเทียบตามตำแหน่งของร่างกายที่มีความรู้สึกไม่สบายรุนแรงระดับปานกลางขึ้นไป พบว่าในกลุ่มขับรถแทรกเตอร์ มีความชุกสูงสุดในตำแหน่งหลังส่วนล่าง เข่า และคอ ตามลำดับ ในกลุ่มผู้ขับรถยก มีความชุกสูงสุดในตำแหน่ง หลังส่วนล่าง สะโพก และคอ เข่า เท้าและข้อเท้า ตามลำดับ

ผลการประเมินความเสี่ยงโดยอาศัยเมตริกความเสี่ยงเพื่อการเฝ้าระวังสุขภาพจากการสัมผัสความสั่นสะเทือน อาศัยเมตริกทำนายความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการพิจารณาความรุนแรงของ 5 ระดับจากการประเมินโดยเครื่องมือ MSFQ และโอกาส 4 ระดับจากโอกาสเสี่ยงทางกายศาสตร์โดย SERFA เพื่อการคัดกรองผู้ที่อาจได้รับอันตรายจากการสัมผัสความสั่นสะเทือน จำแนกเป็นความเสี่ยง 5 ระดับ โดยความแม่นยำและน่าเชื่อถือจากการพัฒนาเมตริกความเสี่ยงนี้อาศัยผลทดสอบทางสถิติวิเคราะห์ค่าความไว ความจำเพาะในการทำนายเพื่อการคัดกรองกลุ่มเสี่ยงที่ระดับการเฝ้าระวังเข้ามา คือมีผลความเสี่ยงระดับปานกลางขึ้นไป (ระดับ 3,4,5) เพื่อการจำเพาะ Gold standard ของระดับความสั่นสะเทือนที่สอดคล้องในการกำหนดค่าการเฝ้าระวัง (Action level) กำหนดเบื้องต้นที่ 0.5 m/s^2 ได้ความไวของการคัดกรอง (Sensitivity) คือ 88.1%, ค่าความแม่นยำ (Accuracy) คือ 84.2% และความสามารถทำนายบวก (PPV) คือ 93.7% โดยความจำเพาะ (Specificity) คือ 54.5% และที่ค่าการเฝ้าระวังความสั่นสะเทือนที่สูงกว่า 0.75 m/s^2 เป็นค่า Gold standard จากเมตริกความเสี่ยง พบว่าค่าความจำเพาะ (Specificity) ได้สูงขึ้น คือ 90.8% ค่าทำนายบวก (PPV) คือ 98.3% ที่คัดกรองแม่นยำระดับดีมาก สำหรับกลุ่มเสี่ยงสูงต่อสุขภาพ และพบในการศึกษานี้จากการเปรียบเทียบระหว่างพนักงานขับรถแทรกเตอร์และขับรถยก ได้สัดส่วนของความเสียงสูงถึงสูงมากในพนักงานที่ขับรถแทรกเตอร์มากกว่าผู้ขับรถยก

ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบพนักงานขับรถยกในบริเวณคลังสินค้ามีอาการทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก โดยพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดความผิดปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ระยะเวลาในการขับรถยก (ปริยาภรณ์ โทหงส์สา และคณะ, 2559) และมีรายงานผลการศึกษายืนยันว่าการรับสัมผัสแรงสั่นสะเทือนซึ่งเกินค่าขีดจำกัดการสัมผัส (ELV) มีผลต่ออาการปวดหลังส่วนล่างที่พบในพนักงานขับรถติดตั้งและตอกเสาเข็มพีตระบบสั่นสะเทือน โดยความชุกพบสูงครั้งร้อยละ 86.67 และรวมถึงปัจจัยเสี่ยงมาจากระยะเวลาในการทำงานที่ต่อเนื่อง (สุภาวดี บุญจง และคณะ, 2560) นอกจากนั้นสนับสนุนจากการศึกษาใน

คนขับรถบรรทุกส่งก๊าซอุตสาหกรรม ที่พบว่าระยะทางที่ไกลกว่าในการขับเคลื่อนสัมพันธ์กับอาการปวดบริเวณหลังส่วนล่าง คอ แขนและไหล่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการสัมผัสความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Firdaous Sekkay et al., 2018)

นอกจากนั้นการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนสั่นทั้งร่างกายเป็นเวลานานในผู้ควบคุมรถเทรลเลอร์อุตสาหกรรมเหมืองแร่แห่งหนึ่ง พบความถี่ที่ 2.6 Hz ขึ้นไป ส่งผลต่อความเสี่ยงของอาการปวดคอและหลัง และความเครียดทางสรีรวิทยาโดยมีผลให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Kaviraj Ramar et al., 2023) และการศึกษาในพนักงานขับรถแทรกเตอร์พบความถี่ที่วัดได้เมื่อรับสัมผัสความสั่นสะเทือนสูงกว่า 0.75 m/s^2 คือความถี่ช่วง 7.5 Hz เป็นระดับความถี่ที่ส่งผลกระทบต่อระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก และเสี่ยงต่อการบาดเจ็บที่กระดูกสันหลังต่อไปได้

5.5 ผลการปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงานเพื่อลดการสัมผัสความสั่นสะเทือน

ผลเปรียบเทียบระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนระหว่างก่อนและหลังปรับปรุงของค่าความสั่นสะเทือนที่จัดแบ่งเป็น 3 ระดับการสัมผัส เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน A(8) และ 4 ระดับความเสี่ยงของการศึกษา การศึกษานี้ที่ค้นพบค่าจำเพาะต่อกลุ่มเสี่ยง คือ 0.75 m/s^2 โดยพบว่าทั้งพนักงานขับรถแทรกเตอร์มีระดับการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์ของรถแทรกเตอร์ไม่เกิน 1600 rpm และการปรับปรุงสภาพแวดล้อมของรถยกโดยการควบคุมความเร็ว ไม่เกิน 10 km/hr หรือลดน้ำหนักจากการยกกรณีปกติที่มากกว่า 1,000 kg เป็น 1,000 kg หรือต่ำกว่า ผลพบว่าค่าเฉลี่ยของความสั่นสะเทือนลดลงจาก 1.12 m/s^2 (S.D. = 0.6) เป็น 0.91 m/s^2 (S.D.=0.53) ซึ่งเป็นต่ำกว่าค่าขีดจำกัดความปลอดภัยที่สัมผัสได้ และส่งผลให้จำนวนผู้ที่มีความเสี่ยงสูงเกินกว่ายอมรับในกลุ่มแทรกเตอร์ และกลุ่มรถยกที่ลดลงมากกว่าร้อยละ 50 หรือครึ่งหนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนปรับปรุง

การปรับปรุงเบาะนั่งโดยการออกแบบใส่วัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนที่เบาะนั่งของรถยกโดยติดตั้งแผ่นยางบิวไทล์ลดการรับความสั่นสะเทือนในช่วงความถี่ 25 - 80 Hz ในโครงสร้างของเบาะนั่งรถยก และออกแบบวัสดุที่ดูดซับความสั่นสะเทือนช่วงความถี่ 1- 25 Hz ชนิดของยางไนไตรล์ เป็นแผ่นเบาะรองนั่งบนเบาะรถแทรกเตอร์ พบผลเปรียบเทียบความสั่นสะเทือนก่อนและหลังการออกแบบวัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนในเบาะนั่งรถยกของพนักงานขับรถยกโดยค่า A(8) ความสั่นสะเทือนหลังการออกแบบวัสดุลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความเสี่ยงต่อสุขภาพอาศัยเมตริกความเสี่ยงของ MSDs ที่พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนและหลังออกแบบใช้วัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนของเบาะนั่งในรถยกหรือรถแทรกเตอร์ พบว่าความเสี่ยงต่อสุขภาพภายในกลุ่มความเสี่ยงสูงถึงสูงมาก ลดลงของจำนวนผู้ที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพทั้งจากรถยกและรถแทรกเตอร์ และผลการประเมินของพนักงานด้านการออกแบบและประโยชน์ใช้สอยของเบาะรองนั่งที่ทำด้วยวัสดุยางไนไตรล์ มีคะแนนความพึงพอใจด้านการออกแบบและคะแนนรวมอยู่ในระดับดี รวมทั้งความพึงพอใจของ

พนักงานขับรถบรรทุกหลังการออกแบบเบาะนั่งลดความสั่นสะเทือน มีความพึงพอใจภาพรวมเบาะนั่งระดับมาก ความพึงพอใจของพนักงานต่อการออกแบบวัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนภายในเบาะนั่งรถบรรทุกเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนออกแบบด้านความนุ่มสบายของวัสดุเบาะนั่งรถบรรทุกในขณะใช้งาน ที่สามารถลดความสั่นสะเทือนมายังร่างกายได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\text{-value} < 0.001$)

5.6 การพัฒนาเครื่องมือผ่านโปรแกรมการเฝ้าระวังการสัมผัสความสั่นสะเทือน Ergo Ocare Vibration

การศึกษานี้ได้พัฒนาโปรแกรม Ergo Ocare Vibration สำหรับการเฝ้าระวังการสัมผัสความสั่นสะเทือน โดยใช้แบบประเมิน MSFQ และ SERFA ให้อยู่ในรูปแบบออนไลน์ มีรายงานเมตริกความเสี่ยงผ่านกระบวนการ Health risk assessment (HRA) รายบุคคลของระดับ MSFQ และ SERFA ที่สร้างช่องทางการเข้าถึงการประเมินได้ผ่าน Smartphone ด้วยระบบ Line Office Account เครื่องมือนี้ผ่านการทดสอบความเชื่อมั่น โปรแกรมออนไลน์ค่า Intraclass Correlation Coefficient (ICC) ของคะแนน MSFQ, SERFA, และ HRA คือ 0.83, 0.99, 0.94 ตามลำดับ ที่สอดคล้องระหว่างผลของโปรแกรมออนไลน์ กับแบบฟอร์มกระดาษในระดับดี ถึงดีเยี่ยม และผลการทดสอบ Weight Kappa ของระดับ MSFQ, SERFA, และ HRA คือ มากกว่า 0.93 ทุกเครื่องมือ หมายถึงมีความสอดคล้องระหว่างผลของโปรแกรมในระดับดีมากถึงดีเยี่ยม

ซึ่งการใช้เครื่องมือผ่านโปรแกรมออนไลน์หรือแอปพลิเคชัน ที่สามารถทราบผลประเมินได้ง่ายหลังประเมิน มีความเที่ยงและความตรงจากงานวิจัยนี้สามารถคัดกรองกลุ่มสัมผัส เพื่อการวัดโดยตรงด้วยเครื่องมือ Vibration meters ได้ หรือเพื่อการป้องกันที่ทราบผลกระทบลดความเสี่ยงได้แบบ Real time กรณีที่การศึกษาเป็นระยะพัฒนาเครื่องมือ เพื่อใช้ในการประเมินการรับสัมผัสของแรงงานสัมผัสความสั่นสะเทือนด้วยตนเองได้รวดเร็ว เพื่อประโยชน์ในการเฝ้าระวังไม่ให้เกิดปัญหาจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนตามมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ที่มีผลกระทบต่อความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก ซึ่งสามารถนำไปสู่การจัดการความเสี่ยงได้

5.7 ข้อเสนอแนะ

5.7.1 ข้อจำกัดของการศึกษาวิจัย

ด้วยกลุ่มตัวอย่างมาจากความหลากหลายของชนิดรถบรรทุก / รถแทรกเตอร์ ที่มี ความเร็ว แรงม้า และความเร็รรอบของการใช้งานแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีข้อจำกัดของการศึกษาที่สังเกตเพลาลูกสูบ ความยาวและช่วงชักของระบบป้องกันการสัมผัสความสั่นสะเทือน หรือการรายงานความถี่จำเพาะของความสั่นสะเทือนจากกลุ่มตัวอย่างเชิงลึกเพื่อการออกแบบเบาะดูดซับความสั่นสะเทือนได้ จึงมีข้อเสนอแนะเพื่อการขยายผลการศึกษาวิจัยต่อไปที่จะลงประเมินเชิงลึกเฉพาะกลุ่ม

5.7.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน ด้านความสั่นสะเทือนของแรงงานไทย

[1] ควรจัดอบรมสั้นให้เกษตรกรเรื่องการใช้ความเร็วให้เหมาะสมกับ เพื่อป้องกันการสัมผัสความสั่นสะเทือนสูง จากการใช้ความเร็วรอบที่ระดับต่ำกว่า 2,000 rpm และทั้งนี้ขึ้นกับสภาพแปลง และกำลังแรงงานของรถ ให้มีการพักระหว่างงาน และการดูแลสภาพยาง/ช่วงล่าง/เบาะ ของรถก่อนการทำงานต่อเนื่อง

[2] การฝึกอบรมให้ความรู้ด้านอันตรายจากความสั่นสะเทือน (Training and Education) และให้ความรู้ด้านหลักการยศาสตร์ (Ergonomic Principles) เช่น จัดให้นั่งออกแรงและก้ามืออยู่ในระดับที่เหมาะสม เช่น เพิ่มความรู้ด้านการยศาสตร์ การใช้ท่าทางที่ถูกต้อง การฝึกอบรมการใช้ท่าทางที่ถูกต้องการสร้างความสะดวกสบายเรื่องความเสี่ยงและการป้องกันโรคจากการทำงาน

[3] การแนะนำจากผู้ผลิตในการติดตั้งลักษณะ “ช่วงรอบความเร็วที่ปลอดภัย” ในคู่มือ/หน้าปัด ของรถแทรกเตอร์

[4] การส่งเสริมการใช้แผ่นรองเบาะที่มีประสิทธิภาพเสริมวัสดุยางดูดซับความสั่นสะเทือนในการป้องกันแรงสั่นสะเทือนสำหรับผู้ขับแทรกเตอร์ที่มีอายุการใช้งานกว่า 5 ปี และการสนับสนุนการติดตั้งชุดรองเบาะ ระบบรองรับความสั่นสะเทือน เช่น ระบบโช้กอัพ ให้รถที่ใช้อยู่เดิม เมื่อต้องมีการซื้อเบาะมาเปลี่ยนใหม่

[5] ควรกำหนดค่ามาตรฐานการสัมผัสความสั่นสะเทือนในระดับที่ต้องดำเนินการ (Action level) หรือ ค่า EAV คือ 0.5 m/s^2 เพื่อการประเมินความเสี่ยงและการเฝ้าระวังด้านการสัมผัสความสั่นสะเทือนในกลุ่มเสี่ยง หรือที่ระดับ $0.75\text{--}0.8 \text{ m/s}^2$ ในกลุ่มเสี่ยงสูงต่อการสัมผัส ซึ่งมาจากผลการศึกษาวิจัยนี้ และอ้างอิงจากมาตรฐานของประเทศเยอรมนี เพื่อกำหนดนโยบายและเงื่อนไขการจัดซื้อหรือรับรถแทรกเตอร์หรือรถยกให้มีระบบลดแรงสั่นสะเทือนได้

[6] ให้มีการออกกฎหมายความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน เรื่องความสั่นสะเทือนจากค่าขีดจำกัดการสัมผัส (Exposure limit value; EAV) เฉลี่ยตลอด 8 ชั่วโมงการทำงาน (A(8)) ที่ระดับ 1.15 m/s^2 กำหนดตามมาตรฐานของประเทศในสหภาพยุโรป (EU) สำหรับการคุ้มครองแรงงานในประเทศไทย กรณีที่สัมผัสความสั่นสะเทือนเกินค่า ต้องให้นายจ้างมีมาตรการลดความเสี่ยงที่แหล่งกำเนิด ปรับปรุงแก้ไขทางวิศวกรรม การดูแลเครื่องจักร ปรับปรุงวิธีการทำงานเช่นการขับขี่ที่ความเร็วลดลง และการตรวจสุขภาพ อาการผิดปกติของผู้ปฏิบัติงาน เช่น การปวดหลังส่วนล่าง ผลกระทบต่อระบบประสาทหรือระบบไหลเวียนเลือดได้

[7] นำโปรแกรมการเฝ้าระวัง Ergo Ocare Vibration เพื่อขยายผลใช้งานในชุมชนหรือกลุ่มเสี่ยง พร้อมติดตามเฝ้าระวังผลในระยะยาว

[8] มาตรการทางการบริหาร (Administrative Controls) เช่น การกำหนดเวลาพัก การหมุนเวียนงาน การจำกัดระยะเวลาสัมผัส การกำหนดเวลาพักและการหมุนเวียนงาน การจำกัดระยะเวลาการทำงานที่มีท่าทางเสี่ยง กำหนดช่วงเวลาพักระหว่างการทำงาน เพื่อป้องกันความล้า

[9] การปรับปรุงทางวิศวกรรม (Engineering Controls) เช่น การออกแบบเก้าอี้คนขับเคลื่อน เครื่องจักรอุปกรณ์ให้เหมาะสมตามหลักกายศาสตร์ สรีรวิทยา ปรับตำแหน่งอุปกรณ์และคันควบคุมให้เหมาะสมกับมิติร่างกายและมุมการทำงานที่ไม่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า การให้มือจับอยู่ในมุมที่เกิน 90° เพื่อลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บ

[10] การออกแบบเครื่องมือ (Hand-held Tools and Controls) เช่น ผู้ผลิตปรับการออกแบบเครื่องมือและคันบังคับให้อยู่ในตำแหน่งที่ลดแรงกดและความเสี่ยงต่อการเกิดอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (MSDs)

5.7.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการขยายผลงานวิจัยและการศึกษาต่อไป

ข้อเสนอแนะเป็นแนวปฏิบัติสำหรับการจัดการด้านการป้องกันการสัมผัสความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายมีดังนี้

[1] การพัฒนาเบาะรองนั่งด้วยวัสดุซับแรงความสั่นสะเทือน เช่น ยางบิวไทล์ ยางไนโตรล ชนิดตามความเหมาะสมกับชนิดของรถที่รับความสั่นสะเทือน โดยติดตั้งระบบลดแรงสั่นสะเทือนแบบแอคทีฟ (Active systems) ของระบบโช้คอัพรองรับได้เบาะนั่ง ร่วมกับผล Phototype วัสดุดูดซับความสั่นสะเทือนจากงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพ และขยายผลสู่ผู้ผลิตเบาะเพื่อปรับเปลี่ยนได้มาพร้อมระบบลดความสั่นสะเทือนที่เหมาะสมกับรถแทรกเตอร์หรือรถยก พร้อมต้นทุนหรือราคาจำหน่ายที่ไม่สูง

[2] การเฝ้าระวังการสัมผัสความสั่นสะเทือนและผลกระทบต่อสุขภาพ ผ่านการใช้โปรแกรมออนไลน์ Ergo Ocare Vibration เพื่อติดตามผลกระทบทางสุขภาพด้านโรคทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูก (MSDs) และการรายงานผลความเสี่ยงของกลุ่มเสี่ยงทั้ง WBV และ HAV ในระยะยาว

[3] ศึกษาการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่มือและแขน (HAV) และผลกระทบในแรงงานไทยเพื่อกำหนดรูปแบบการเฝ้าระวังคู่ขนานไปกับโปรแกรมการเฝ้าระวังการสัมผัส HAV ที่เหมาะสม

บรรณานุกรม

- กองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน. (2568). สถานการณ์การประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน ปี 2563-2567. https://www.sso.go.th/wpr/assets/upload/files_storage/sso_th/65e64958a0565ddc98ebc2ee6cc1fbf4.pdf
- จิรายุทธ กิจกล้า และศิริศักดิ์ เชิดเกียรติพล. (2555). การสั่นสะเทือนและการส่งผ่านการสั่นสะเทือนของเครื่องพรวนจอบหมุนติดรถไถเดินตาม. ใน การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9; วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม (หน้า 3–10). นครปฐม; มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- ณัฐพงศ์ ม้าเทศ, ณัฐพงษ์ อดุนัน, ณัฐกานต์ เกิดพร, เสาวลักษณ์ แจ่มสว่าง, สายฝน ผุดผ่อง, พรรณวดี สิงห์แก้ว และคณะ. (2568). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับในการลดความสั่นสะเทือนของพนักงานที่ใช้เครื่องบล็อกกลมในอุโมงค์รถยนต์ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา. *วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม*, 4(1), 38–42.
- มารุต ตำหนักโพธิ และสรันยา เสงพระพรหม. (2560). กลุ่มอาการผิดปกติจากความสั่นสะเทือนเฉพาะมือและแขนในกลุ่มอาชีพต่าง ๆ; บทความพื้นฟูวิชาการ. *วารสารสมาคมเวชศาสตร์ป้องกันแห่งประเทศไทย*, 7(3), 292–301.
- ปรียาภรณ์ โทณหงส์สา, ไอลดา ตรีรัตน์ตระกูล และเลิศชัย ระตะนะอาพร. (2559). การประเมินการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายของพนักงานขับรถยกในบริเวณคลังสินค้า. *วิศวกรรมสาร มก.*, 29(95), 63–70.
- ประกาศิต ทอนช่วย และพรรณวดี สิงห์แก้ว. (2564). การประเมินระดับความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายของผู้ปฏิบัติงานกับรถเกี่ยวนาในจังหวัดพะเยา. *วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 14(3), 24–34. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/kkujphr/article/view/246437/170633>.
- ประภัสสร ธรรมพิทักษ์. (2561). การศึกษาประสิทธิผลของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความสั่นสะเทือนที่มือและแขนในพนักงานควบคุมเครื่องตบดินแบบกระโดดในอุตสาหกรรมก่อสร้างประเภทงานดินและปรับพื้นที่. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยบูรพา]. คลังปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา (BUUIR).

ยุวดี ขุนสอาด และอาวุธ เกตุสาคร. (2567). การประเมินความสั่นสะเทือนเฉพาะมือและแขนของแรงงาน
นอกระบบ กลุ่มอาชีพการทำครกหิน พื้นที่ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง. *วารสารวิชาการ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม*; มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, 12(2), 16–26.

ศิริภัตสร พึ่งผล, ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์ และนันทพร ภัทรพุทธิ. (2568). ประสิทธิภาพของเบาะรองนั่งเพื่อลดความ
สั่นสะเทือนทั่วร่างกายและอาการปวดหลังส่วนล่างในพนักงาน ขับรถบรรทุกของบริษัทรับเหมาขนดิน
แห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง. *วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา*, 20(2), 71–81.

ศิริประภา สิ้นใจ. ประสิทธิภาพของเบาะรองนั่งเพื่อลดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายของกลุ่มพนักงานขับรถยก
ชนิดนั่งขับในท่าเรือแห่งหนึ่งจังหวัดกรุงเทพมหานคร. [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,
มหาวิทยาลัยบูรพา]. มหาวิทยาลัยบูรพา 2563.

สุนิสสา ขายเกลี้ยง. (2561ก). หน่วยที่ 4 กฎหมายและมาตรฐานเสียงและความสั่นสะเทือนในงานอาชีวอนามัย.
*ประมวลสาระชุดวิชา 59718 การควบคุมและจัดการมลพิษทางเสียงและการสั่นสะเทือนใน
อุตสาหกรรม (Industrial noise and vibration control and management)*. นนทบุรี; สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมิกราช.

สุนิสสา ขายเกลี้ยง. (2561ข). หน่วยที่ 11 เทคนิคการวัดและประเมินความสั่นสะเทือนในงานอาชีวอนามัย.
*ประมวลสาระชุดวิชา 59718 การควบคุมและจัดการมลพิษทางเสียงและการสั่นสะเทือนใน
อุตสาหกรรม (Industrial noise and vibration control and management)*. นนทบุรี; สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมิกราช.

สุนิสสา ขายเกลี้ยง, กนกวรรณ อาจแก้ว, วิชัย พลฤกษ์ธาราธิกุล และกรรณิการ์ ตฤณวุฒิพงษ์. (2563).
การประเมินความเสี่ยงด้วย BRIEF TMSurvey และการสัมผัสความสั่นสะเทือนที่มือและแขนของ
พนักงานผลิตชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์ทำความเย็น. *วารสารสำนักงานป้องกันและควบคุม
โรคที่ 7 ขอนแก่น*, 27(2), 67-79.

สุนิสสา ขายเกลี้ยง. (2566). *การยศาสตร์อาชีวอนามัย*. ขอนแก่น; สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สุภาวดี บุญจง, พรทิพย์ เย็นใจ และปวีณา มีประดิษฐ์. (2560). การประเมินการรับสัมผัสแรงสั่นสะเทือนและ
อาการปวดหลังส่วนล่าง ในพนักงานขับรถติดตั้งตัวดอกเสาเข็มพีตระบบสั่นสะเทือนของงานก่อสร้าง
เขื่อนป้องกันตลิ่งพังแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. *วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม*,
(2)1, 1-7.

- อนุวัฒน์ คงเจริญ, วิชัย พกษัธราธิกุล และสุนิสา ขายเกลี้ยง. (2568). ความสัมพันธ์ระหว่างความผิดปกติทางระบบระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกกับความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายจากเบาะนั่งของพนักงานขับรถยกแผ่นกัลลิ่งสินค้าแห่งหนึ่งในจังหวัดฉะเชิงเทรา. *วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม*, 34(1), 60-70.
- อนุสิทธิ์ ศรีพันธ์ และสุนิสา ขายเกลี้ยง. (2567). การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์และความผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกของเกษตรกรผู้ใช้รถแทรกเตอร์ในกิจกรรมทางการเกษตร: กรณีศึกษาตำบลแวง อำเภอนาทอง จังหวัดร้อยเอ็ด. *วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม*, 7(1), 49-59.
- อนุสิทธิ์ ศรีพันธ์ และสุนิสา ขายเกลี้ยง. (2568). ประสิทธิภาพของเบาะรองนั่งและการควบคุมความเร็วเพื่อลดการสัมผัสแรงสั่นสะเทือนทั่วร่างกายของเกษตรกรผู้ใช้รถแทรกเตอร์. *วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม*. 34(2), 51-58.
- อรุณศิริ วงศ์สวัสดิ์, ศรีรัตน์ ล้อมพงศ์ และธีรยุทธ เสงี่ยมศักดิ์. (2568). ประสิทธิภาพของวัสดุห่อหุ้มด้ามจับเพื่อลดความสั่นสะเทือนที่บริเวณมือและแขนในพนักงานขัดแผ่นเหล็กชนิดใช้ลม; กรณีศึกษาในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่งของจังหวัดชลบุรี. *วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา* 8(1), 11-27.
- อานวยพร ใจดี และสุนทร ศุภพงษ์. (2565). ความชุกและปัจจัยที่สัมพันธ์กับอาการผิดปกติที่มือและแขนจากแรงสั่นสะเทือนในผู้ประกอบการอาชีพแปรรูปไม้ในจังหวัดแพร่. *วารสารศูนย์การศึกษาแพทยศาสตร์คลินิก โรงพยาบาลพระปกเกล้า*, 39(2), 143-150.
- Bhatia, A., Kalsi, S., Sehgal, A. K., & Singh, I. (2022). Comparative study of different seat cushion materials to improve the comfort of tractor seat. *Journal of the Institution of Engineers (India)*; Series A, 103(2), 387-396.
- Bordignon, M., Cutini, M., Bisaglia, C., Taboga, P., Marcolin, F., & Antonutto, G. (2018). Evaluation of agricultural tractor seat comfort with a new protocol based on pressure distribution assessment. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 24(1), 13-26.
- Chaiklieng S. Health risk assessment on musculoskeletal disorders among potato-chip processing workers. *PloS One* 2019; 14(12); e0224980.

- De la Hoz-Torres, M. L., Aguilar, A. J., Ruiz, D. P., & Martínez-Aires, M. D. (2022). Whole body vibration exposure transmitted to drivers of heavy equipment vehicles; A comparative case according to the short- and long-term exposure assessment methodologies defined in ISO 2631-1 and ISO 2631-5. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 1–18.
- Domínguez, R., & Dasso, J. (2020). *An Assessment of whole-body vibrations exposure in transport truck drivers*. Springer, Cham. pp. 407–412. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51549-2_54
- Dong, Y., Wang, H., Zhu, Y., Chen, B., Zheng, Y., Liu, X., et al. (2020). *Effects of whole body vibration exercise on lumbar-abdominal muscles activation for patients with chronic low back pain*. *BMC Sports Sci Med Rehabil.*, 12(1), 78. 2020 Dec 10. doi:10.1186/s13102-020-00226-4
- EUR-Lex. (2002). *Directive 2002/44/EC of the European parliament and of the council*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2002/44/2019-07-26>
- Gillin, E. K., Cann, A., Vi, P., Eger, T., Hunt, M., & Salmoni, A. (2006). *Evaluation of scraper operator exposure to whole body vibration in the construction industry; A task analysis* [Technical report]. CDC Stacks.
- Health Data Center (HDC). (2023). *ระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ (HDC) กระทรวงสาธารณสุข*. Retrieved August 15, 2025, Available from; <https://hdc.moph.go.th/center/public/main>
- Hsieh, F. Y., Bloch, D. A., & Larsen, M. D. (1998). *A simple method of sample size calculation for linear and logistic regression*. *Statistics in Medicine*, 17(14), 1623–1634. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0258\(19980730\)17:14<1623::aid-sim871>3.0.co;2-s](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0258(19980730)17:14<1623::aid-sim871>3.0.co;2-s)
- Kaviraj Ramar, L. A., Kumaraswamidhas, P. S., Balaji, A. A. (2023). Whole body vibration impact assessment on dumper operator using computational learning technique. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 24, 219–238

- Khaksar, Z., Karuppiyah, K., Ismail, M. Y., & Ahmad, D. (2013). Whole body vibration analysis of tractor operators using power spectral density. *Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 1(1), 6–12.
- Kongjaroen, A., Pruktharathikul, V., & Chaiklieng, S. (2025). Seat suspension design for reduction of whole-body vibration of forklift drivers in warehouse. *International Journal of Public Health Asia Pacific*, 4(9), 1–15.
- Krajnak, K. (2018). Health effects associated with occupational exposure to hand-arm or whole-body vibration. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 21(5), 320–334. <https://doi.org/10.1080/10937404.2018.1557576>
- Mandapuram, S., Rakheja, S., & Boileau, P.-É. (2015). Energy absorption of seated body exposed to single and three-axis whole body vibration. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration & Active Control*, 34(1), 21–38.
- Samuel, K.E., Trask, C., Khan, M., Boden, C., & Bath, B. (2018). Association between whole-body vibration and low-back disorders in farmers; a scoping review. *Journal of Agromedicine*, 23(1):105-120.
- Singh, A., Samuel, S., Singh, H., Kumar, Y., & Prakash, C. (2021). *Evaluation and analysis of whole-body vibration exposure during soil tillage operation*. *Safety*, 7(61), 1–11.
- Singh, A. (2022). *Whole body vibration exposure among the tractor operator during soil tillage operation: An evaluation using ISO 2631-5 standard*. *Shock and Vibration*, 1, 1–8.
- The Physical Agents Portal (PAF). (n.d.). *Portale Agenti Fisici*. Retrieved March 13, 2026, Available from; <https://www.portaleagentifisici.it/>
- Tonhongsas, P., Treerattrakoon, A., & Rattanaporn, L. (2016). Whole body vibration assessment of warehouse forklift driver. *Kasetsart Engineering Journal*, 29(95), 63–70.

Upadhyay, R., Kumar, A., & Bhattacharjee, A. (2025). *A comprehensive review of whole body vibration exposure assessment among heavy earthmoving equipment operators in the mining industry*. Mining, Metallurgy & Exploration, 42(7), 1389–1420.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบประเมิน Self-Ergonomic Risk Factor Assessment (SERFA)

แบบประเมินด้านความเสี่ยงจากปัจจัยทางกายภาพการทำงาน

ชื่องาน: _____

วันที่: _____

โรงงานหรือสถานศึกษา: _____

ประเภทหน่วยที่ทำงาน: _____

แบบ: _____

ผลผลิต: _____

กะ: _____

ผลิตภัณฑ์: _____

ขั้นตอนที่ 1 ระบุงาน

โปรดระบุลักษณะงาน

ขั้นตอนที่ 2 ระบุท่าทาง

โปรดระบุท่าทางของ มือ แขน ข้อศอก ไหล่ คอ หลัง และขา

ให้ท่านพิจารณาว่าท่าทางจาก รูปด้านบน หากท่านมีท่าทาง ทำได้ทั้ง หรือหลาย ท่าทางดังกล่าว ท่านจะ โปรดตอบว่าท่าทางดังกล่าวจากภาพในช่อง สีเหลืองข้อ 2.1

2.1 ระบุท่าทาง (1 คะแนน)

กรณีท่านมีการออกแรง ขณะมีท่าทางต่าง ๆ ของ อวัยวะ โปรดตอบว่าท่าทาง ข้อ 2.2 (1 คะแนน)

2.2 ระบุการออกแรง

2.3 คงท่าเดิม

2.4 ความถี่ซ้ำ

2.5 ความสั่นสะเทือน

รวมคะแนน ข้อ 2.1-2.5

มือ ข้อมือ	แขน ข้อศอก	ไหล่	คอ	หลัง	ขา
</					

ภาคผนวก ข

จริยธรรมวิจัยในมนุษย์ เลขที่ HE682244 ฉบับภาษาไทย ฉบับอังกฤษ



มหาวิทยาลัยขอนแก่น
หนังสือฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

โครงการวิจัยเรื่อง : สถานการณ์ด้านการดำเนินงานที่มีภาวะความสั่นสะเทือนของแรงงานในประเทศและการพัฒนาเครื่องมือ
ในการประเมินการทำงานที่มีภาวะความสั่นสะเทือน
: Situation of the labor force's working environment with vibration in the country and
tools development for evaluating the working environment with vibration

ผู้วิจัย: รองศาสตราจารย์ ดร. สุนิสา ซายเกลี้ยง
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผู้ร่วมวิจัย: 1. รองศาสตราจารย์ ดร. วิภากรรัตน์ โพธิ์ชัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ศักดิ์ ด้วงรัตน์
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
3. นางสาว วรพรรณ ภูชาดา
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
4. นางสาว ภัทธพร จันทร์จำนงค์
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำหรับเอกสาร:

1. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เวอร์ชัน 2 ฉบับลงวันที่ 26 ธันวาคม 2568
2. โครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เวอร์ชัน 2 ฉบับลงวันที่ 23 ธันวาคม 2568
3. เอกสารข้อมูลและขอความยินยอมสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย
 - 3.1. เอกสารข้อมูลและขอความยินยอมสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย สำหรับอาสาสมัคร (forklift) ระยะที่ 2 เวอร์ชัน 2 ฉบับลงวันที่ 23 ธันวาคม 2568
 - 3.2. เอกสารข้อมูลและขอความยินยอมสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย สำหรับอาสาสมัคร (tractor) ระยะที่ 2 เวอร์ชัน 2 ฉบับลงวันที่ 23 ธันวาคม 2568
 - 3.3. เอกสารข้อมูลและขอความยินยอมสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย สำหรับอาสาสมัคร (forklift) ระยะที่ 3 เวอร์ชัน 2 ฉบับลงวันที่ 23 ธันวาคม 2568

คำศัพท์ : 4.2.01 : 46/2568

เลขที่ : HE682244

ศูนย์จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ชั้น 17 อาคารคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (Bld. 1)

คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เลขที่ 123 อ.เมือง ขอนแก่น 40002

โทร. 089-7141913-089-7141177 043-366621-3

Institutional Review Board Number: IRB00008614

Federal wide Assurance: FWA00003418



KHON KAEN UNIVERSITY

This is to certify that.

The Project Entitled: Situation of the labor force's working environment with vibration in the country
and tools development for evaluating the working environment with vibration

Investigator: Associate Professor Sunisa Chaiklieng
Faculty of Public Health, Khon Kaen University

Co-Investigators: 1. Associate Professor Wipharat Phokee
Faculty of Public Health, Khon Kaen University
2. Assistant Professor Puek Tantriratna
Faculty of Public Health, Khon Kaen University
3. Ms. Worawan Poochada
Faculty of Public Health, Khon Kaen University
4. Ms. Pataraporn Janjamnong
Faculty of Public Health, Khon Kaen University

Document approved:

1. KKUEC Application form, version 2, dated 26 December 2025
2. Protocol, version 2, dated 23 December 2025
3. Information Sheet Form and Informed Consent Form
 - 3.1. Information Sheet Form and Informed Consent Form for Volunteers (Forklift) - Phase 2, version 2, dated 23 December 2025
 - 3.2. Information Sheet Form and Informed Consent Form for Volunteers (Tractor) - Phase 2, version 2, dated 23 December 2025
 - 3.3. Information Sheet Form and Informed Consent Form for Volunteers (Forklift) - Phase 3, version 2, dated 23 December 2025
 - 3.4. Information Sheet Form and Informed Consent Form for Volunteers (Tractor) - Phase 3, version 2, dated 23 December 2025

Record No.4.2.01 : 46/2568

Reference No. HE682244

Center for Ethics in Human Research, Khon Kaen University

17th floor, Sor Vor 1 building, Faculty of Medicine, Khon Kaen University,

123 Mittraphap road, Nai Muang Subdistrict, Muang District, Khon Kaen, Thailand 40002

Tel. 043-366621-3 Mobile 089-7141177, 089-7141913

Institutional Review Board Number: IRB00008614

Federal wide Assurance: FWA00003418

ภาคผนวก ค

Certificate นำเสนอผลงานเผยแพร่ ในการประชุมวิชาการนานาชาติ
OAIC OSH Avenue International Conference 2025



ภาคผนวก ง

บทความวิจัยเผยแพร่วารสารระดับชาติ (TCI) ; เครื่องมือประเมิน ผลกระทบต่อสุขภาพและการจัดการ ในกลุ่มอาชีพที่เสี่ยงสูงจากการสัมผัสความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย



วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม ปีที่ 34 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2568 ISSN 3088-2427 (Online)
OHSWA JOURNAL OF SAFETY AND ENVIRONMENT Volume 34 Number 2 (July – December) 2025

เครื่องมือประเมิน ผลกระทบต่อสุขภาพและการจัดการในกลุ่มอาชีพที่เสี่ยงสูง จากการสัมผัสความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย: การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ ASSESSMENT TOOLS, HEALTH EFFECTS, AND MANAGEMENT STRATEGIES FOR WHOLE BODY VIBRATION EXPOSURE AMONG HIGH-RISK OCCUPATIONAL WORKERS: A SYSTEMATIC REVIEW

ภัทรพร จันทร์จำนงค์¹, วรพรรณ ภูชาดา², ธนวรรณ ฤทธิชัย³, สุนิสา ชัยเกลี้ยง^{2*}

Pataraporn Janjamnong¹, Worawan Poochada², Thanawan Ritthichai³, Sunisa Chaiklieang^{2*}

(Received: 25 November 2025; Revised: 12 December 2025; Accepted: 15 December 2025)

¹นักศึกษาลัทธิสุตวิทย์สาครมหาบัณฑิต สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

¹Master of Science Program student in Occupational Health and Safety, Khon Kaen University, Thailand

²ภาควิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²Department of Occupational Safety and Environmental Health, and Faculty of Public Health, Khon Kaen University, Thailand

³สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน (สสพท.) (องค์การมหาชน) กรุงเทพมหานคร

³Thailand Institute of Occupational Safety and Health (T-OSH), (Public Organization) Bangkok, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: csunis@kku.ac.th

บทคัดย่อ

ความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Whole body vibration: WBV) เป็นสิ่งคุกคามในกลุ่มผู้ขับขี่ยานพาหนะหรือเครื่องจักรหนักในภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรม การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบมีวัตถุประสงค์เพื่อสรุปงานการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเครื่องมือประเมินการสัมผัส ผลกระทบต่อสุขภาพ และการจัดการผลกระทบจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายในพนักงานที่เสี่ยงสูงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือน สืบค้นงานวิจัยที่เผยแพร่ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2568 จากฐาน Scopus, Google scholar และ ThaiJo พบว่าผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 14 เรื่อง ศึกษาในกลุ่มอาชีพเสี่ยงสูงคือพนักงานขับรถบรรทุก รถแทรกเตอร์ และการควบคุมเครื่องจักรหนัก โดยมีเครื่องมือวัดการสัมผัสความสั่นสะเทือนโดยตรง คือ เครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือน อีกทั้งมีแบบสัมภาษณ์อาการ คือ แบบประเมินและแบบสัมภาษณ์อาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ แบบสังเกตท่าทางการทำงาน คือ ประเมินปัจจัยเสี่ยงทางกายศาสตร์ด้วยตนเอง แบบประเมินความเสี่ยงทางกายศาสตร์ความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ส่วนใหญ่มีผลกระทบต่อความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (MSDs) ซึ่งมีวิธีการจัดการเพื่อลดการสัมผัสความสั่นสะเทือน ได้แก่ การจัดการทางกายศาสตร์ของเบาะที่นั่งและศึกษาการพัฒนาเบาะนั่งขับรถจากวัสดุลดความสั่นสะเทือน การศึกษาต่อไปจึงควรมีการศึกษาในกลุ่มเสี่ยงสูงในการเฝ้าระวังและป้องกันการสัมผัสโดยการออกแบบเบาะที่นั่งให้ลดแรงสั่นสะเทือนเพื่อป้องกันโรคทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (MSDs)

คำสำคัญ: ความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย / ความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ / ผู้ขับขี่ / กายศาสตร์ / SERFA

Abstract

Whole body vibration (WBV) is a hazard for drivers of vehicles and heavy machinery in agricultural and industrial sectors. The purpose of this systematic review was to summarize prior research on exposure assessment tools, health impacts, and preventive control management of whole body vibration (WBV) exposure in workers who were at high risk. Scopus, Google scholar and ThaiJo were all searched for research published between 2015 and 2025. Fourteen studies met the requirements, which included high risk occupations, i.e, forklift, tractor drivers, and heavy



machinery operators. Those studies employed a vibration meter to directly measure vibration exposure, a musculoskeletal symptoms by interviewed Musculoskeletal Disorders (MSDs) questionnaire, and self-ergonomics risk factors assessment (SERFA) and risk assessment form. Musculoskeletal problems were most affected by the WBV on health impact and preventive control approaches included seat ergonomic study and the development of vibration-reducing driving seats. Further research should be conducted in high-risk occupations for MSDs surveillance and implementation with vibration-reducing seats design on MSDs prevention.

Keyword: Whole Body Vibration / Musculoskeletal Disorders / Driver / Ergonomics / SERFA

บทนำ

ปัจจุบันแรงงานในประเทศไทยมีปัจจัยคุกคามต่อสุขภาพจากการประกอบอาชีพด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานหลายด้าน ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญคือปัจจัยคุกคามด้านสภาพแวดล้อมการทำงานทางกายภาพโดยเฉพาะภาวะความสั่นสะเทือนที่มีผลกระทบต่อมนุษย์ โดยในปี พ.ศ. 2565 แรงงานไทยที่ได้รับผลกระทบจากการสั่นสะเทือนในที่ทำงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 12 เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า¹ โดยความสั่นสะเทือนถูกส่งผ่านแรงจากเครื่องจักร ยานพาหนะ หรือเครื่องมือ สู่ร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งแบ่งตามแหล่งกำเนิดได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ ความสั่นสะเทือนบริเวณมือและแขน (Hand-arm Vibration: HAV) เกิดจากการจับหรือถืออุปกรณ์ เครื่องมือที่มีแรงสั่นสะเทือนส่งผลกระทบต่อหลอดเลือด ประสาทและกล้ามเนื้อ ที่อาจส่งผลเกิด Hand-Arm Vibration Syndrome (HAVS) และความสั่นสะเทือนแบบทั่วร่างกาย (Whole-body Vibration: WBV) เกิดจากแรงสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านจากพื้นหรือโครงสร้างมายังร่างกายทั้งหมด โดยเฉพาะกระดูกสันหลังในผู้ขับขี่หรือผู้ปฏิบัติงานบนยานพาหนะ และเครื่องจักรหนัก เช่น รถแทรกเตอร์ รถยก เครื่องจักรในเหมือง เป็นต้น ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก (Musculoskeletal disorders: MSDs) เช่น อาการปวดหลังส่วนล่าง และความเสี่ยงต่อโรคกล้ามเนื้อเรื้อรัง เนื่องจากการสั่นสะเทือนมีผลกระทบต่อร่างกาย² เป็นโรคที่เกิดขึ้นตามลักษณะหรือสภาพของงานเนื่องจากการทำงานที่ร่ายงานสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ในแรงงานของประเทศไทย³ ซึ่งแรงงานไทยตามลักษณะหรือสภาพของการทำงานที่ได้รับผลกระทบจากระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจากการสัมผัสความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายพบร้อยละ 92 ทั้งนี้ความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายในแรงงานภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยเป็นปัจจัยคุกคามต่อสุขภาพเนื่องจากการประกอบอาชีพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์อย่างมาก⁴

อย่างไรก็ตาม ปัญหาจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนในแรงงานยังไม่สามารถสรุปได้ถึงกลุ่มเสี่ยงสูงที่รับสัมผัสเกินเกณฑ์มาตรฐานจากปริมาณการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน เครื่องมือที่ใช้ประเมินการรับสัมผัส และรูปแบบการลดหรือควบคุมความสั่นสะเทือน ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสรุปรายงานการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเครื่องมือประเมินการสัมผัสความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ผลกระทบต่อสุขภาพจากความสั่นสะเทือน

ทั่วร่างกาย และการจัดการผลกระทบจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายในพนักงานที่เสี่ยงสูง ซึ่งเป็นปัญหาด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยที่จำเป็นต้องมีมาตรการควบคุม ตรวจสอบ และออกแบบการทำงานที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการเกิดโรคจากแรงสั่นสะเทือนและลดความเสี่ยงต่อสุขภาพในพนักงานที่เสี่ยงสูงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือนต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การทบทวนงานวิจัยครั้งนี้ได้รวบรวมจากงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการสัมผัสจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายในภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรม โดยคัดเลือกงานวิจัยที่มีการศึกษาในประเทศไทยและต่างประเทศที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2568 (ค.ศ. 2015-2025) ในฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ Scopus, Google scholar และ ThaiJo และใช้คำสำคัญในการสืบค้นภาษาไทย คือ (อาชีพ OR พนักงาน OR แรงงาน OR คนงาน) AND (สั่นสะเทือนทั่วร่างกาย) AND (ปวด OR โครงร่างและกล้ามเนื้อ OR กล้ามเนื้อและกระดูก OR ไม่สบาย OR ผลกระทบสุขภาพ OR ความผิดปกติ) คำสืบค้นภาษาอังกฤษ คือ [(Occupation) OR (Worker) OR (Labor)] AND [(Whole body vibration)] AND [(Pain) OR (Musculoskeletal disorder) OR (Discomfort) OR (Health effect)] ซึ่งผ่านเกณฑ์คัดเลือกงานวิจัยเข้าและออก ดังนี้

1) เกณฑ์การคัดเลือกงานวิจัยเข้า

- 1.1) บทความต้นฉบับที่ศึกษาในประชากรที่เป็นอาชีพ และ
- 1.2) บทความต้นฉบับที่ศึกษาในอาชีพที่มีการทำงานสัมผัสความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย หรือผลกระทบทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจากการสัมผัสจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย และ
- 1.3) บทความต้นฉบับที่มีการศึกษาในประเทศไทยและต่างประเทศที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2568 (ค.ศ. 2015-2025)

2) เกณฑ์การคัดเลือกงานวิจัยออก

- 2.1) ชื่อเรื่องไม่สอดคล้องหรือไม่เกี่ยวข้อง หรือ
- 2.2) บทความไม่สอดคล้อง ไม่เกี่ยวข้องตามเกณฑ์หรือชื่อเรื่องซ้ำ หรือ
- 2.3) ไม่มีวรรณกรรมฉบับสมบูรณ์ (Full paper) หรือ
- 2.4) งานวิจัยที่ไม่ได้เก็บข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data)



จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ พบว่า จำนวน 4 เรื่อง, Google scholar จำนวน 3 เรื่อง และ ThaiJo
รายงานวิจัยสำหรับการทบทวนวรรณกรรมฉบับสมบูรณ์ทั้งสิ้น จำนวน 7 เรื่อง ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลสำหรับทบทวนงานวิจัยอย่างเป็นระบบ

ผลการศึกษา

การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ พบว่า มีงานวิจัยที่ผ่านเกณฑ์คัดเลือกรวมทั้งสิ้น 14 เรื่อง ซึ่งพบว่าการศึกษานี้ในกลุ่มผู้ขับขี่ยานพาหนะ ได้แก่ พนักงานขับรถยก พนักงานขับรถบรรทุก พนักงานขับรถติดตั้งเสาเข็มตีด ผู้ปฏิบัติงานกับรถเกี่ยวนาข้าว ผู้ขับขี่ยานพาหนะหนัก และกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิต ได้แก่ ผู้ปฏิบัติงานควบคุมเครื่องจักรหนัก หากพิจารณาถึงเครื่องมือประเมินการสัมผัสความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (ดังแสดงในตารางที่ 1) พบว่า การศึกษาจำนวน 10 เรื่อง

ใช้เครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือน (Vibration meters) สำหรับการวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Whole body vibration) ตามแนวแกน X, Y และ Z โดยพบว่าส่วนใหญ่ค่าการสัมผัสแรงสั่นสะเทือนเกินกว่าค่ามาตรฐาน ISO 2631-1 และพบความสั่นสะเทือนสูงสุดในแนวแกน z ซึ่งเป็นแกนหลักที่ส่งผลกระทบต่อกระดูกสันหลัง

ตารางที่ 1 เครื่องมือประเมินการสัมผัสจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ผลการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2558-2568

กลุ่มตัวอย่าง (พื้นที่ที่ทำการศึกษา)	วิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล	เครื่องมือประเมินการสัมผัส
1. พนักงานขับรถยก Forklift drivers จังหวัด ฉะเชิงเทรา ประเทศ ไทย ¹⁴	1) รูปแบบการศึกษา Cross-sectional analytical study 2) เครื่องมือที่ใช้ - แบบสอบถาม 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปและ ข้อมูลการทำงาน และอาการความผิดปกติ ทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ - เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometry) และวัดขนาดเก้าอี้รถ - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- เครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters) พบว่า ความสั่นสะเทือนตามแนวแกน Z สูงสุด (0.60 m/s ²) แนวแกน X รองลงมา (0.48 m/s ²) แนวแกน Y ต่ำสุด (0.44 m/s ²) ค่าเฉลี่ย (0.58 m/s ²) พบว่าเกินค่า มาตรฐาน ISO 2631-1 Exposure Action Value (EAV) คือ 0.5 m/s ²



วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม ปีที่ 34 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2568 ISSN 3088-2427 (Online)
OHSWA JOURNAL OF SAFETY AND ENVIRONMENT Volume 34 Number 2 (July – December) 2025

ตารางที่ 1 เครื่องมือประเมินการสัมผัสจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ผลการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2558-2568 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่าง (พื้นที่ที่ทำการศึกษา)	วิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล	เครื่องมือประเมินการสัมผัส
2. พนักงานขับรถยก Forklift drivers จังหวัด กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ¹⁷	1) รูปแบบการศึกษา Quasi-experimental research 2) เครื่องมือที่ใช้ - แบบสอบถาม 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป และการทำงาน และความพึงพอใจต่อการใช้ เบาะรองนั่ง - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- เครื่องวัดความสั่นสะเทือน (Whole body vibration meter) พบว่า ความสั่นสะเทือนก่อนการใช้เบาะรองนั่งมี ค่า 2.42 m/s^2 หลังการใช้เบาะรองนั่งที่ 1 มีค่า 2.03 m/s^2 หลังการใช้เบาะรองนั่งที่ 2 มีค่า 1.89 m/s^2 พบว่า สามารถลดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายได้ แต่เกินค่า มาตรฐาน ISO 2631-1 (0.5 m/s^2)
3. พนักงานขับรถยก Forklift drivers จังหวัด ฉะเชิงเทรา ประเทศไทย ¹⁹	1) รูปแบบการศึกษา Survey และ Quasi-experimental study 2) เครื่องมือที่ใช้ - แบบสอบถามความรู้สึกลำบากในการ ทำงาน - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- ชุดวัดการสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Whole Body Vibration) พบว่าหลังเสริมอุปกรณ์ความสั่นสะเทือน มีค่า ลดลง (ร้อยละ 12.06) ค่าความสั่นสะเทือนสะสม (Vibration Dose Value: VDV_{exp}) มีค่าลดลง (ร้อยละ 34.29) และค่าความสั่นสะเทือนที่มาจาก 3 แนวแกน (a_x) มีค่าลดลง (ร้อยละ 16.14)
4. พนักงานขับรถติดตั้ง เสาเข็มที่ระบบ สั่นสะเทือน Vibratory hammer pile drivers จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ประเทศไทย ⁸	1) รูปแบบการศึกษา Cross-sectional study 2) เครื่องมือที่ใช้ - แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป - แบบสัมภาษณ์อาการปวดหลังส่วนล่าง Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ) - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- เครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters) พบว่าค่าการรับสัมผัสแรงสั่นสะเทือนมากกว่า 1.15 เมตร/วินาที ² (ร้อยละ 53.33) 0.5 เมตร/วินาที ² - 1.15 เมตร/วินาที ² (ร้อยละ 33.33) และน้อยกว่า 0.5 เมตร/วินาที ² (ร้อยละ 13.33) พบว่า ค่าการสัมผัส แรงสั่นสะเทือนเกินกว่าค่ามาตรฐาน ISO 2631-1
5. ผู้ปฏิบัติงานขับรถเกี่ยว นวดข้าว Rice combine harvesting operators จังหวัดพะเยา ประเทศไทย ²⁰	1) รูปแบบการศึกษา Quasi-experimental study 2) เครื่องมือที่ใช้ - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- เครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters) พบว่าแกน Z มีความสั่นสะเทือนเฉลี่ยสูงสุด เกิน มาตรฐาน
6. พนักงานขับรถ แทรกเตอร์ Tractor Ludhiana India ¹⁶	1) รูปแบบการศึกษา Experimental trials 2) เครื่องมือที่ใช้ - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- เครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters) พบว่าแกน Z มีผลต่อค่าความสั่นสะเทือน ค่า $A(8)$ มีค่าเฉลี่ย 0.64 เมตร/วินาที ² พบว่าเกินกว่าค่า มาตรฐาน ค่าการตอบสนอง SEAT% อยู่ในช่วงระหว่าง 91.37 ถึง 133.08 คือความสามารถในการดูดซับ แรงสั่นสะเทือนของเบาะนั่งที่ต่ำ
7. พนักงานขับรถ แทรกเตอร์ Tractor Canada ¹¹	1) รูปแบบการศึกษา Analysis study 2) เครื่องมือที่ใช้ - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- เครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters) พบว่า ค่าความสั่นสะเทือนสูงสุดเกิดขึ้นใน แนวแกน Z ในระหว่างที่รถบรรทุกน้ำหนักเต็ม และ ค่าเฉลี่ยของค่าความสั่นสะเทือนในทั้งสามแกนมีค่าเท่ากับ 2.55 m/s^2 พบว่าเกินค่ามาตรฐาน



วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม ปีที่ 34 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2568 ISSN 3088-2427 (Online)
OHSWA JOURNAL OF SAFETY AND ENVIRONMENT Volume 34 Number 2 (July – December) 2025

ตารางที่ 1 เครื่องมือประเมินการสัมผัสจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ผลการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2558-2568 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่าง (พื้นที่ที่ทำการศึกษา)	วิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล	เครื่องมือประเมินการสัมผัส
8. ผู้ปฏิบัติงานควบคุม เครื่องจักรหนัก Heavy Earthmoving Equipment Operators India ²¹	1) รูปแบบการศึกษา Observational study 2) เครื่องมือที่ใช้ - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- Tri-axial seat pad accelerometers ตามมาตรฐาน ISO 2631-1 พบว่า แกน z เป็นแกนหลักที่ส่งผลต่อกระดูก สันหลัง (58%)
9. พนักงานขับรถ แทรกเตอร์ Tractor India ⁶	1) รูปแบบการศึกษา Experimental study 2) เครื่องมือที่ใช้ - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- Triaxial accelerometer ใช้วัดแรงสั่นสะเทือนในแกน X, Y และ Z
10. พนักงานขับรถยก Forklift drivers จังหวัด ฉะเชิงเทรา ประเทศไทย ¹³	1) รูปแบบการศึกษา Quasi-experimental study 2) เครื่องมือที่ใช้ - แบบสอบถาม - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- เครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters) พบว่า แกน Z มีแรงสั่นสะเทือนสูงสุด หลัง ออกแบบเบาะใหม่ ระดับ WBV ลดลง แรงสั่นสะเทือนเกิน มาตรฐาน ISO 2631-1 (A8) ลดลงจาก 97.06% เหลือ 50.00%

ส่วนการศึกษาด้านผลกระทบต่อสุขภาพจากความ
สั่นสะเทือน (ดังแสดงในตารางที่ 2) พบว่า มีรายงานจำนวน 8
เรื่อง ซึ่งส่วนใหญ่ส่งผลต่อความผิดปกติทางระบบโครงร่างและ
กล้ามเนื้อ (Musculoskeletal disorders: MSDs) โดยเฉพาะ
อาการปวดบริเวณหลังส่วนล่าง คอ และไหล่ รวมถึงภาวะเสื่อมของ
กระดูกสันหลังและหมอนรองกระดูก โดยงานวิจัยที่ผ่านมาใช้
เครื่องมือประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ 1) แบบประเมิน
ความรุนแรงและความถี่ของอาการทางระบบโครงร่างและ
กล้ามเนื้อ (Musculoskeletal Disorders Severity and

Frequency Questionnaire: MSFQ) 2) แบบสัมภาษณ์อาการ
ปวดหลังส่วนล่าง (Nordic Musculoskeletal Questionnaire:
NMQ) 3) แบบสอบถามความรู้สึกไม่สบายในการทำงานและระดับความ
รุนแรงของอาการผิดปกติ นอกจากนี้ พบว่ามีการใช้เครื่องมือ
ทางกายศาสตร์แบบสังเกตในการประเมินปัจจัยสัมผัสด้านความ
สั่นสะเทือน ได้แก่ 1) แบบประเมินความเสี่ยงทางกายศาสตร์
เบื้องต้นด้วยวิธี Brief's survey 2) แบบประเมินความเสี่ยง
ทางกายศาสตร์ด้วยวิธีประเมินปัจจัยการยศาสตร์ด้วยตนเอง
(Self-Ergonomics Risk Factor Assessment: SERFA)

ตารางที่ 2 ผลกระทบต่อสุขภาพจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ผลการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2558-2568

กลุ่มตัวอย่าง (พื้นที่ที่ทำการศึกษา)	วิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล	ผลกระทบต่อสุขภาพ
1. พนักงานขับรถยก Forklift drivers จังหวัด ฉะเชิงเทรา ประเทศไทย ¹⁴	1) รูปแบบการศึกษา Cross-sectional analytical study 2) เครื่องมือที่ใช้ - แบบสอบถาม 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปและ ข้อมูลการทำงาน และอาการความผิดปกติ ทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ - เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- แบบประเมินด้านความรุนแรงและความถี่ของอาการ ทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (Musculoskeletal Disorders Severity and Frequency Questionnaire: MSFQ) พบว่ามีอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและ กล้ามเนื้อจากความรู้สึกไม่สบายที่ตำแหน่งหลังส่วนล่าง สูงสุด (ร้อยละ 47.06) เท้าและข้อเท้ารองลงมา (ร้อยละ 29.41) และหลังส่วนบนและน่องเท่ากัน (ร้อยละ 23.53)
2. พนักงานขับรถยก Forklift drivers จังหวัด ฉะเชิงเทรา ประเทศไทย ¹⁹	1) รูปแบบการศึกษา Survey และ Quasi- experimental study 2) เครื่องมือที่ใช้	- การประเมินด้วย Rapid Upper Limb Assessment (RULA) พบว่าอยู่ในระดับ 3 (ร้อยละ 52.00) หมายถึง ควรทำการตรวจสอบวิธีการทำงานอย่างละเอียด



ตารางที่ 2 ผลกระทบต่อสุขภาพจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ผลการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2558-2568 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่าง (พื้นที่ทำการศึกษา)	วิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล	ผลกระทบต่อสุขภาพ
2. พนักงานขับรถยก Forklift drivers จังหวัด ฉะเชิงเทรา ประเทศไทย ¹⁹	- แบบสอบถามความรู้สึกลำบากในการทำงาน - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	ปรับเปลี่ยนท่าทางการทำงาน และลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากการทำงาน - แบบสอบถามความรู้สึกลำบากในการทำงาน พบว่ามีอาการผิดปกติทางระบบกล้ามเนื้อบริเวณหลังส่วนบนเอวสูงสุด (ร้อยละ 80.00) บริเวณคอ หลังส่วนบนรองลงมา (ร้อยละ 72.00)
3. พนักงานขับรถ แทรกเตอร์ Tractor จังหวัด ร้อยเอ็ด ประเทศไทย ¹⁸	1) รูปแบบการศึกษา Cross-sectional study 2) เครื่องมือที่ใช้ - แบบสอบถาม 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลส่วนบุคคล และความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ - แบบประเมินท่าทางในการทำงาน ได้แก่ Self-ergonomics risk factor assessment (SERFA) - เมตริกการประเมินความเสี่ยงต่อความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ - เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometry)	- หลังส่วนล่าง (ร้อยละ 63.33) น่อง (ร้อยละ 60.00) คอ เท้าและข้อเท้า (ร้อยละ 26.67) เป็นตำแหน่งที่พบความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อสูงสุด 3 อันดับแรก - ความเสี่ยงทางกายศาสตร์ SERFA พบว่าส่วนใหญ่มีระดับความเสี่ยงในระดับปานกลางสูงสุดบริเวณข้อมือและข้อมือและข้อมือ (ร้อยละ 56.67) และมีระดับความเสี่ยงระดับสูงมาก (ร้อยละ 43.33) ระดับต่ำรองลงมา (ร้อยละ 30.00) และระดับสูง (ร้อยละ 20.00) - ผลความเสี่ยงต่อความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อจากเมตริก พบว่าความรู้สึกลำบากไม่สบายอยู่ในระดับ 1 (ร้อยละ 68.75) ความรู้สึกไม่สบายร่างกายส่วนบน อยู่ในระดับ 1 (ร้อยละ 80.00) และระดับความรู้สึกไม่สบายหลังอยู่ในระดับ 2 (ร้อยละ 50.00)
4. พนักงานขับรถติดตั้ง เสาเข็มพิชิตระบบสั่นสะเทือน Vibratory hammer pile drivers จังหวัด พระนครศรีอยุธยา ประเทศไทย ⁸	1) รูปแบบการศึกษา Cross sectional study 2) เครื่องมือที่ใช้ - แบบสัมภาษณ์อาการปวดหลังส่วนล่าง Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ) - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- รอบ 12 เดือนที่ผ่านมา มีอาการปวด MSDs มาก (ร้อยละ 40) และมีอาการปวดปานกลาง (ร้อยละ 13.33) - พนักงานที่เริ่มมีอาการปวดภายในระยะเวลา 7 วันที่ผ่านมา พบว่ามีอาการปวดปานกลาง (ร้อยละ 33.33) และมีอาการปวดมาก (ร้อยละ 13.33)
5. พนักงานขับรถ แทรกเตอร์ Tractor Italy ⁷	1) รูปแบบการศึกษา Experimental study 2) เครื่องมือที่ใช้ - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- การสั่นสะเทือนของรถแทรกเตอร์และท่าทางที่ไม่ถูกต้องขณะขับรถทำให้เกิดความผิดปกติของหลังส่วนล่างมากกว่าร้อยละ 80.00 ของผู้ขับ
6. ผู้ขุดยานพาหนะหนัก Heavy Equipment Vehicle Spain ¹⁰	1) รูปแบบการศึกษา Observational study 2) เครื่องมือที่ใช้ - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- การประเมินการสัมผัส WBV ระยะสั้นและระยะยาว พบว่าระยะสั้น ผู้ขับรายที่ 2 (BMI ปกติ) มีค่า WBV เกินค่า EAV ของ A(8) และผู้ขับรายที่ 1 และ 2 มีค่าเกิน EAV ของ VDV ในทุกสภาพพื้นผิว และผลระยะยาว พบปัจจัยเสี่ยงในผู้ขับรายที่ 1 ด้านผลกระทบทางสุขภาพในช่วงอายุ 57-60 ปี)
7. ผู้ปฏิบัติงานควบคุม เครื่องจักรหนัก Heavy Earthmoving Equipment Operators India ²¹	1) รูปแบบการศึกษา Observational study 2) เครื่องมือที่ใช้ - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- WBV เป็นปัจจัยเสี่ยงหลักต่อการปวดหลังส่วนล่าง ซึ่งเป็น MSDs ที่พบได้บ่อยที่สุดในผู้ขับเครื่องจักร ทำให้เกิดความเสื่อมของกระดูกสันหลัง หมอนรองกระดูก และข้อต่อ มีผลต่อ กระดูกสันหลังส่วนเอว (Lumbar spine)



วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม ปีที่ 34 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2568 ISSN 3088-2427 (Online)
OHSWA JOURNAL OF SAFETY AND ENVIRONMENT Volume 34 Number 2 (July – December) 2025

ตารางที่ 2 ผลกระทบต่อสุขภาพจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ผลการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2558-2568 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่าง (พื้นที่ที่ทำการศึกษา)	วิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล	ผลกระทบต่อสุขภาพ
8. พนักงานขับรถ แทรกเตอร์ Tractor India ⁶	1) รูปแบบการศึกษา Experimental study 2) เครื่องมือที่ใช้ - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- แรงสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านจากเบาะไปยังร่างกาย โดยเฉพาะบริเวณหลังส่วนล่าง เป็นหนึ่งในสาเหตุหลักที่ ทำให้เกิดอาการปวดหลังเรื้อรัง และความผิดปกติทาง ระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในพนักงานขับรถ แทรกเตอร์

นอกจากนี้ การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบพบ รายงานวิธีการจัดการผลกระทบจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายใน พนักงานที่เสี่ยงสูงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือน จำนวน 7 เรื่อง (ดังแสดงในตารางที่ 3) ซึ่งเป็นผลการจัดการผลกระทบจากความ สั่นสะเทือนทั่วร่างกายในพนักงานขับรถยก พนักงานขับรถติดตั้ง เส้าเข็มพืด พนักงานขับรถแทรกเตอร์ ผู้ปฏิบัติงานควบคุม เครื่องจักรหนัก ได้แก่ การพัฒนาเบาะรองนั่งรวมถึงการออกแบบ เบาะรองนั่งพนักพิงหลัง การปรับเปลี่ยนท่าทางในการขับรถ และ การติดตั้งแผ่นยาง Butyl ร่วมกับ foam sponge (พนักงานขับรถ ยก) การออกแบบเบาะรองนั่งและเฝ้ารัดตัวผลกระทบต่อสุขภาพ (พนักงานขับรถติดตั้งเส้าเข็มพืด) วิเคราะห์ลักษณะทางกาย ศาสตร์ของเบาะที่นั่งและการเลือกใช้วัสดุในการทำเบาะ (พนักงาน ขับรถแทรกเตอร์) และการออกแบบเบาะนั่งรวมถึงพัฒนาระบบลด แรงสั่นสะเทือนและติดตามสุขภาพ (ผู้ปฏิบัติงานควบคุมเครื่องจักร หนัก)

ตารางที่ 3 การจัดการผลกระทบจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายในพนักงานที่เสี่ยงสูงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือน ผลการศึกษาระหว่าง ปี พ.ศ. 2558-2568

กลุ่มตัวอย่าง (พื้นที่ที่ทำการศึกษา)	วิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล	การจัดการผลกระทบ
1. พนักงานขับรถยก Forklift drivers จังหวัด กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ¹⁷	1) รูปแบบการศึกษา Quasi-experimental research 2) เครื่องมือที่ใช้ - แบบสอบถาม 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปและ การทำงาน และความพึงพอใจต่อการใช้เบาะ - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	การพัฒนาเบาะรองนั่ง 2 แบบ ซึ่งแบบที่ 1 ทำจาก แผ่นยางซิลิโคนและแผ่นโฟลียูรีเทนโฟม และแบบที่ 2 ทำจากยางบิวทิลและแผ่นโฟลียูรีเทนโฟม พบว่า สามารถลดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายในทั้ง 3 แนวแกนในบางความถี่
2. พนักงานขับรถยก Forklift drivers จังหวัด ฉะเชิงเทรา ประเทศไทย ¹⁹	1) รูปแบบการศึกษา Survey และ Quasi- experimental study 2) เครื่องมือที่ใช้ - แบบสอบถามความรู้สึเมื่อยล้าในการ ทำงาน - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- ปรับทำนั่งให้เหมาะสมในการขับ โดยการ 1) จัด ตำแหน่งทำนั่ง โดยเว้นระยะห่างจากพวงมาลัย ประมาณ 1 ช่วงแขน แขนงเล็กน้อย นั่งกึ่งอ้า แผ่น หลังแนบสนิทกับพนักพิงตลอดเวลาที่ขับรถ 2) ปรับ ระยะห่างของเท้ากับแป้นเหยียบให้เหมาะสมกับแป้น เหยียบให้เหมาะสมกับสรีระของผู้ขับ โดยเท้าเหยียบแป้น เบรกและคันเร่งพอดี ส้นเท้าติดอยู่กับพื้นรถ 3) ปรับที่ นั่งให้มีมุมระหว่างลำตัวกับขาส่วนบนประมาณ 110- 130 องศา - ออกแบบเบาะรองนั่งพนักพิงหลังโดยใช้ข้อมูล สัดส่วนของร่างกายในทำนั่งและข้อมูลขนาดของเบาะ และพนักพิงหลังรถ (ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95) เป็นเกณฑ์ในการออกแบบและเสริมแผ่นกันเมื่อย



วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม ปีที่ 34 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2568 ISSN 3088-2427 (Online)
OHSWA JOURNAL OF SAFETY AND ENVIRONMENT Volume 34 Number 2 (July – December) 2025

ตารางที่ 3 การจัดการผลกระทบจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายในพนักงานที่เสี่ยงสูงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือน ผลการศึกษาระหว่าง
ปี พ.ศ. 2558-2568 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่าง (พื้นที่ที่ทำการศึกษา)	วิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล	การจัดการผลกระทบ
3. พนักงานขับรถติดตั้ง เสาเข็มที่ระบบสั่นสะเทือน Vibratory hammer pile drivers จังหวัดพระนครศรี อยุธยา ประเทศไทย ⁵	1) รูปแบบการศึกษา Cross sectional study 2) เครื่องมือที่ใช้ - แบบสัมภาษณ์อาการปวดหลังส่วนล่าง Nordic Musculoskeletal Questionnaire - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- มีแนวทางที่จะใช้เบาะรองนั่งที่มีประสิทธิภาพที่มี การออกแบบเพื่อลดการรับสัมผัสแรงสั่นสะเทือน และ มีการเฝ้าระวังสุขภาพ เพื่อไม่ให้พนักงานขับรถ ติดตั้งตัวตอกเสาเข็มที่ระบบสั่นสะเทือนเกิดอันตราย ต่อสุขภาพ
4. พนักงานขับรถ แทรกเตอร์ Tractor Italy ⁷	1) รูปแบบการศึกษา Experimental study 2) เครื่องมือที่ใช้ - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- วิเคราะห์ลักษณะทางกายศาสตร์ของเบาะที่นั่งรถ แทรกเตอร์เกษตรกรรม โดยใช้ Pressure sensors ทั้ง สภาวะนิ่ง (static) และ สภาวะแปรผัน (dynamic) : นั่งบนเบาะ 2 รุ่น ภายใต้สภาพการใช้งาน 5 แบบ เพื่อ กำหนด Comfort Index: CI พบว่าค่า CI สำหรับเบาะ A ในทั้ง 5 สภาพการใช้งาน ต่ำกว่าเบาะ B ความ แตกต่างของค่า CI ระหว่างเบาะทั้งสองรุ่น อาจเกิด จากคุณภาพของวัสดุบุวมและการออกแบบของเบาะ โดยเฉพาะในกรณีของเบาะ A ซึ่งอาจมีพื้นที่สัมผัสกับ ร่างกายน้อยกว่า และมีขอบเบาะที่แข็ง ไม่สามารถ รองรับสรีระของผู้ใช้ได้เหมาะสม
5. ผู้ปฏิบัติงานควบคุม เครื่องจักรหนัก Heavy Earthmoving Equipment Operators India ²¹	1) รูปแบบการศึกษา Observational study 2) เครื่องมือที่ใช้ - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	1) การออกแบบเบาะนั่งให้เหมาะสมตามหลัก สรีรศาสตร์ 2) พัฒนาระบบลดแรงสั่นสะเทือนแบบแอคทีฟ (Active systems) 3) นำเทคโนโลยีแบบสวมใส่ (Wearable sensors) มา ใช้ในการวัดและติดตามความเสี่ยง 4) ควรมีการจัดทำการเฝ้าระวังสุขภาพ (Health surveillance) สำหรับผู้ปฏิบัติงานในระยะยาว
6. พนักงานขับรถ แทรกเตอร์ Tractor India ⁶	1) รูปแบบการศึกษา Experimental study 2) เครื่องมือที่ใช้ - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- วัสดุเบาะส่งผลอย่างมากต่อความสบายและสุขภาพ ของผู้ขับรถแทรกเตอร์จึงแนะนำให้ใช้แบบ Coir- based composite cushion มีค่าการส่งผ่านต่ำสุด และมีศักยภาพที่ดีในการลดแรงสั่นสะเทือน
7. พนักงานขับรถยก Forklift drivers จังหวัด ฉะเชิงเทรา ประเทศไทย ¹³	1) รูปแบบการศึกษา Quasi-experimental study 2) เครื่องมือที่ใช้ - เครื่องวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Vibration meters)	- การติดตั้งแผ่นยาง Butyl ร่วมกับ foam sponge ใน เบาะรถยกช่วยลดแรงสั่นสะเทือนทั้งตัวได้อย่างมี ประสิทธิภาพและส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

อภิปรายผล

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่ากลุ่มพนักงานขับรถยก
พนักงานขับรถแทรกเตอร์ พนักงานขับรถติดตั้งเสาเข็มพืด
ผู้ปฏิบัติงานกับรถเกี่ยวนาข้าว ผู้ขับยานพาหนะหนัก ผู้ปฏิบัติงาน
ควบคุมเครื่องจักรหนัก เป็นกลุ่มอาชีพที่มีความเสี่ยงสูงต่อการ

สัมผัสความสั่นสะเทือน ประกอบกับข้อมูลที่สืบค้นจากฐานข้อมูล
(Database) ของความสั่นสะเทือนจากเครื่องจักร ยานพาหนะที่
ส่งผลให้รับสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั่วร่างกายจากการทำงานที่
พบได้ประเมินมาจากการตรวจวัดในภาคสนาม (ตารางที่ 4) ใน
กลุ่มอาชีพที่สัมผัสกับความสั่นสะเทือนสูงกว่ามาตรฐานคือ



พนักงานขับรถยก และพนักงานขับรถแทรกเตอร์ ซึ่งพบว่า ค่า Maximum manufacturer's declared value ในกลุ่มพนักงานขับรถยก มีค่า 1.14 m/s² ซึ่งประเภทรถมีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ในกลุ่มพนักงานขับรถแทรกเตอร์ มีค่า 1.8 m/s² ประเภทกลาง ใช้ 160 แรงม้าและในกลุ่มผู้ไต่รถเกี่ยวนาข้าว มีค่า 0.7 m/s² ประเภทกลาง ใช้ 153 แรงม้า (ค่าความสั่นสะเทือน

ขึ้นอยู่กับยี่ห้อและประเภทรถ)¹⁵ โดยมาตรฐาน EU directive 2002/44/EC limits กำหนดถึงการได้รับความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ตลอดเวลา 8 ชั่วโมงการทำงานต้องมีค่าต่ำกว่าค่าขีดจำกัดที่ 0.5 m/s² และขีดจำกัดการได้รับความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ที่ 1.15 m/s²

ตารางที่ 4 ฐานข้อมูล (Database) การรับสัมผัสความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายของกลุ่มอาชีพจำแนกตามประเภทของรถ

กลุ่มอาชีพ	ความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (Whole body vibration; WBV) Maximum manufacturer's declared value (m/s ²)
รถยก	1.14, 0.96, 0.81, 0.67, 0.56, 0.48
รถแทรกเตอร์	0.9, 1, 1.1, 0.6, 1.3, 0.9, 1.8, 0.7
รถเกี่ยวนาข้าว	0.7, 0.5

หมายเหตุ: ค่าความสั่นสะเทือนขึ้นอยู่กับยี่ห้อและประเภทของรถ¹⁵

การทบทวนวรรณกรรมพบปัญหาหลักคืออาการทางระบบกระดูกโครงร่างและกล้ามเนื้อ ซึ่งจากการศึกษาทางระบาดวิทยาโดยสถาบันความปลอดภัยและอนามัยในการทำงานแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า การสัมผัสกับความสั่นสะเทือนเป็นเวลานานมีความสัมพันธ์กับการเกิดความผิดปกติในร่างกาย โดยที่ระดับ 0.1-1 เฮิร์ตซ์ อาจส่งผลกระทบต่อระบบการควบคุมการทรงตัวของร่างกาย ทำให้เกิดอาการมึนงง คลื่นไส้ และอาเจียน ส่วนความถี่ที่ทำให้เกิดความผิดปกติชั่วคราวของสายตา เกิดจากการรบกวนการทำงานของกล้ามเนื้อตา ทำให้มีอาการตาพร่าและมองเห็นไม่ชัดเจน สำหรับความถี่ที่สูงกว่า 2 เฮิร์ตซ์ อาจส่งผลกระทบต่อระบบการหายใจ ทำให้อัตราการหายใจเพิ่มขึ้นจนเกิดอาการภาวะหายใจเกิน ซึ่งเป็นภาวะที่ระดับออกซิเจนในเลือดสูงขึ้นและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง สายตาพร่ามัว และอาการชาที่ปลายมือปลายเท้าที่ระดับ 3 เฮิร์ตซ์ ถึง 10 เฮิร์ตซ์ มีผลกระทบต่อระบบหมุนเวียนโลหิต ทำให้ความดันโลหิตและชีพจรสูงขึ้น รวมถึงการไหลเวียนของเลือดไปยังสมองลดลง ขณะที่ความถี่ที่ 20 เฮิร์ตซ์ อาจส่งผลกระทบต่อระบบประสาท ระบบกล้ามเนื้อ และระบบกระดูก มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บที่กระดูกสันหลัง และความถี่ที่ 26 เฮิร์ตซ์ อาจส่งผลกระทบต่อระบบการกำหนดรู้ในส่วนตัวหน่วงต่าง ๆ ของร่างกาย²

ทั้งนี้ ผลกระทบต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบทั่วร่างกาย มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับการเกิดปัญหาเกี่ยวกับ Musculoskeletal disorders (MSDs) โดยเฉพาะอาการปวดหลังส่วนล่าง ปวดคอ ปวดไหล่ รวมถึงภาวะเสื่อมของกระดูกสันหลังและหมอนรองกระดูก โดยองค์ประกอบที่สำคัญของการสัมผัสความสั่นสะเทือนขึ้นกับความถี่ของการสั่นสะเทือน ความแรงของความสั่นสะเทือน ทิศทางของการสั่นสะเทือน และระยะเวลาที่ได้รับสัมผัสความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย จากการใช้งานรถแทรกเตอร์ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญต่อผู้ปฏิบัติงาน การศึกษาแสดงให้เห็นว่าพนักงานขับรถ

แทรกเตอร์สัมผัสกับการสั่นสะเทือนในระดับสูงโดยกระดูกสันหลังส่วนเอวได้รับผลกระทบเป็นพิเศษ¹⁶

นอกจากนี้ การทบทวนวรรณกรรมครั้งนี้พบเครื่องมือในการวัดความสั่นสะเทือนโดยตรงด้วยเครื่องมือ Vibration meters ที่สามารถวัดแรงสั่นสะเทือนในแกน X, Y และ Z โดยค่าขีดจำกัดในการสัมผัสความสั่นสะเทือนเฉลี่ย 8 ชั่วโมงทำงาน หรือ A(8) ของ HAV เทียบกับมาตรฐานที่กำหนดให้ Daily exposure limit value (ELV) = 5 m/s² และ Exposure action value (EAV) = 2.5 m/s² และการประเมินการสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบ WBV พบว่า ค่า EAV = 0.5 m/s² ค่า ELV = 1.15 m/s² และ Vibration Dose Value (VDV_{eq}) ระดับ Action level = 9.1 m/s^{1.75} และ Limit level = 21.0 m/s^{1.75} ⁴ สำหรับค่าปริมาณการสั่นสะเทือน VDV ในหน่วย m/s^{1.75} เป็นหน่วยวัดความแรงของการสั่นสะเทือนที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการสั่นสะเทือนที่แม่นยำยิ่งขึ้น ซึ่งรวมถึงแรงกระแทกตามมาตรฐาน ISO VDV จะถูกใช้เพื่อประเมิน A(8) ของสัญญาณที่มีแรงกระแทก การประเมินนี้ใช้ค่าแกนตั้งฉากสูงสุดจากสามค่า (1.4 VDV_{wx}, 1.4 VDV_{wy} หรือ VDV_{wz})⁴

แม้ว่าปัจจุบันจะมีเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนโดยตรงที่ได้ค่าเทียบมาตรฐานที่ชัดเจน แต่มีข้อจำกัดด้านการใช้ที่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมินและมีความสูง อีกทั้งการวัดการสั่นสะเทือนควรใช้เวลาตามมาตรฐาน ISO ระยะเวลาในการวัดความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายควรครอบคลุมระยะเวลาการทำงานที่เป็นตัวแทน ในทางปฏิบัติการวัดจะครอบคลุมเวลารวมของงานแต่ละชิ้นที่คนงานสัมผัสกับการสั่นสะเทือนตามมาตรฐาน BS EN 14253:2003 ของอังกฤษแนะนำให้วัดอย่างน้อย 2 ชั่วโมง แต่หากเป็นไปได้ควรวัดครึ่งวันหรือเต็มวันทำงาน ในกรณีที่ไม่สามารถวัดได้นานกว่านั้น แนะนำให้ใช้ช่วงเวลาน้อยกว่า 20 นาที ซึ่งหากกลุ่มแรงงานต้องการทราบความเสี่ยงของตนเองจะไม่สามารถทำได้ โดยจากการทบทวนวรรณกรรมมีการใช้เครื่องมือประเมินปัจจัย



วารสารความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม ปีที่ 34 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2568 ISSN 3088-2427 (Online)
OHSWA JOURNAL OF SAFETY AND ENVIRONMENT Volume 34 Number 2 (July – December) 2025

การสัมผัสความสั่นสะเทือนทั้งในรูปแบบของการสอบถาม ได้แก่ แบบสอบถาม Musculoskeletal Disorders Severity and Frequency Questionnaire (MSFQ) เพื่อวัดความรุนแรงและความถี่ของอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ) เพื่อประเมินอาการปวดกล้ามเนื้อและกระดูก และแบบสังเกตท่าทางการทำงาน ได้แก่ Rapid Upper Limb Assessment (RULA) เพื่อประเมินความเสี่ยงท่าทางการทำงาน, Self-Ergonomics Risk Factor Assessment (SERFA) เพื่อระบุปัจจัยเสี่ยงทางกายศาสตร์ด้วยตนเอง, Brief Survey เพื่อการประเมินความเสี่ยงทางกายศาสตร์เบื้องต้น อีกทั้งยังพบเทคนิคการประเมิน MSDs เพื่อประเมินเชิงปริมาณว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพต่อการรับความสั่นสะเทือนอยู่ในระดับใด นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือที่สามารถวัดการทำงานของกล้ามเนื้อได้โดยตรง คือ การตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography; EMG) ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า เมื่อได้รับความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายจะส่งผลให้กล้ามเนื้อหน้าท้องและหลังส่วนล่างทำงานเพิ่มมากขึ้น²²

อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบงานวิจัยใดที่ใช้เครื่องมือจากการสอบถามหรือสังเกตในการประเมินการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนแบบเฉพาะ ซึ่งมีความเที่ยงและความตรงเหมือนกับการวัดโดยตรงด้วย Vibration meters ได้ ดังนั้น การศึกษาในครั้งต่อไปควรพัฒนาเครื่องมือประเมินการรับสัมผัสที่แรงงานสามารถใช้ประเมินการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนได้ด้วยตนเอง เพื่อเป็นการป้องกันและเฝ้าระวังไม่ให้เกิดปัญหาจากการรับสัมผัสความสั่นสะเทือนตามมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (WBV) ที่มีผลกระทบต่อความผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (MSDs) และมีการจัดการผลกระทบจากความสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในพนักงานที่เสี่ยงสูงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือน ดังนั้นจากผลการศึกษาข้างต้น จำเป็นต้องมีมาตรการควบคุม ตรวจสอบ และออกแบบการทำงานที่เหมาะสม เพื่อป้องกันการเกิดโรคจากแรงสั่นสะเทือนและลดความเสี่ยงต่อสุขภาพในพนักงานที่เสี่ยงสูงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือน โดยพัฒนาการวิจัยในอนาคต จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความสั่นสะเทือนบริเวณมือและแขนเพิ่มเติมด้วย

สรุปผลการศึกษา

การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบนี้สรุปรายงานการศึกษาที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าและคัดออก 14 บทความ พบว่า ส่วนใหญ่ใช้ Vibration meter เป็นเครื่องมือประเมินทางตรงจากการสัมผัสจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ประกอบกับการใช้เครื่องมือสัมภาษณ์ผลกระทบต่อการรับสัมผัสความสั่นสะเทือน ได้แก่ MSFQ, NMQ และแบบสังเกตการทำงานจากการสัมผัสปัจจัยด้านความสั่นสะเทือน ได้แก่ RULA, SERFA, Brief Survey โดยพบแนวทางการจัดการผลกระทบจากความสั่นสะเทือนทั่วร่างกายในพนักงานที่เสี่ยงสูงต่อการสัมผัสความสั่นสะเทือน (พนักงานขับรถ

ยก และพนักงานขับรถแทรกเตอร์) ได้แก่ การปรับปรุงสภาพแวดล้อมของเบาะนั่งขับรถ และการจัดท่าให้เหมาะสมกับการขับรถ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนส่วนหนึ่งจากสถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน) เพื่อที่ปรึกษาการดำเนินงานวิจัยสถานการณ์ด้านการทำงานที่มีภาวะความสั่นสะเทือนของแรงงานในประเทศและการพัฒนาเครื่องมือในการประเมินการทำงานที่มีภาวะความสั่นสะเทือน

เอกสารอ้างอิง

1. Department of Labour Protection and Welfare. Ministry of Labour. Department of Labour Protection and Welfare website [Internet]. 2025. Available from: <https://www.labour.go.th/index.php/> Accessed August 24, 2025.
2. Chaiklang S. Unit 4: Laws and standards on noise and vibration in occupational health. In: Course materials for course 59718: Industrial noise and vibration control and management. Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University Press; 2018.
3. Chaiklang S. Unit 11: Techniques for measurement and assessment of vibration in occupational health. In: Course materials for course 59718: Industrial noise and vibration control and management. Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University Press; 2018.
4. Chaiklang S. Occupational ergonomics. Khon Kaen: Khon Kaen University Press; 2023.
5. Workmen's Compensation Fund Office. Ministry of Labour. Workmen's Compensation Fund website [Internet]. Available from: <https://wcfp.sso.go.th/web-portal/HomePage>. Accessed August 24, 2025.
6. Bhatia A, Kalsi S, Sehgal AK, Singh I. Comparative study of different seat cushion materials to improve the comfort of tractor seat. J Inst Eng India Ser A. 2022; 103(2): 387–396.
7. Bordinon M, Cutini M, Bisaglia C, Taboga P, Marcolin F, Antonutto G. Evaluation of agricultural tractor seat comfort with a new protocol based on pressure distribution assessment. Journal of Agricultural Safety and Health. 2018; 24(1): 13–26.
8. Bunchong S, Yenjai P, Meepradit P. The assessment of vibration exposure and low back pain among vibratory



- hammer pile drivers in the bank protection dam construction, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province. *Journal of Safety and Environment*. 2017; 2(1): 1–7.
9. Chaiklieng S, Arjkaew K, Pruktharathikul V, Trinnawoottipong K. Ergonomic risks assessment by the BRIEF™ Survey and hand-arm vibration exposure among workers in air conditioning and refrigeration components manufacturing. *J Office Dis Prev Control* 7 Khon Kaen. 2020; 27(2): 67–79.
10. De la Hoz-Torres ML, Aguilar AJ, Ruiz DP, Martínez-Aires MD. Whole body vibration exposure transmitted to drivers of heavy equipment vehicles: A comparative case according to the short- and long-term exposure assessment methodologies defined in ISO 2631-1 and ISO 2631-5. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19(9): 1–18.
11. Gillin EK, Cann A, Vi P, Eger T, Hunt M, Salmoni A. Evaluation of scraper operator exposure to whole body vibration in the construction industry: A task analysis [Technical report]. CDC Stacks; 2006.
12. Health Data Center (HDC). Health Data Center (2023). Available from: <https://hdc.moph.go.th/center/public/main>. Accessed August 15, 2025.
13. Kongjaroen A, Pruktharathikul V, Chaiklieng S. Seat suspension design for reduction of whole-body vibration of forklift drivers in warehouse. *Int J Public Health Asia Pac*. 2025; 4(9): 1–15.
14. Kongjaroen A, Pruktharathikul W, Chaiklieng S. The association between musculoskeletal disorders and whole-body vibration from the seat of forklift drivers in a warehouse department in Chachoengsao Province. *Safety & Environment Review*. 2025; 34(1): 60–70.
15. Physical Agents Portal (PAF). Portale Agenti Fisici. Available from: <https://www.portaleagentifisici.it/>. Accessed on 13 August 2025.
16. Singh A, Samuel S, Singh H, Kumar Y, Prakash C. Evaluation and analysis of whole-body vibration exposure during soil tillage operation. *Safety*. 2021; 7(61): 1–11.
17. Sinjai S. The effectiveness of seat cushion in reducing whole body vibration among counter balance forklift drivers in a seaport, Bangkok [Master's thesis]. Chonburi: Burapha University, Faculty of Public Health; 2020.
18. Syphanh A, Chaiklieng S. Ergonomics risk assessment and musculoskeletal disorders among tractor users in agricultural activities: A case study in Waeng Subdistrict, Phon Thong District, Roi Et Province. *Safety & Environment Review*. 2024; 33(1): 49–59.
19. Tonhongsap P, Treeratrakoon A, Rattanaporn L. Whole body vibration assessment of warehouse forklift driver. *Kasetsart Engineering Journal*. 2016; 29(95): 63–70.
20. Tonchay P, Singkaew P. Whole body vibration assessment of rice combine harvesting operators in Phayao Province. *KKU Journal for Public Health Research*. 2021; 14(3): 24–34.
21. Upadhyay R, Kumar A, Bhattacharjee A. A comprehensive review of whole body vibration exposure assessment among heavy earthmoving equipment operators in the mining industry. *Mining, Metallurgy & Exploration*. 2025; 42(7): 1389–1420.
22. Dong Y, Wang H, Zhu Y, Chen B, Zheng Y, Liu X, et al. Effects of whole body vibration exercise on lumbar-abdominal muscles activation for patients with chronic low back pain. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2020;12(1):78. Published 2020 Dec 10. doi:10.1186/s13102-020-00226-4



สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์การมหาชน)

อาคารกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน (ส่วนแยกตลิ่งชัน) ชั้น 2
เลขที่ 18 ถนนบรมราชชนนี แขวงฉิมพลี เขตตลิ่งชัน กรุงเทพฯ 10170
โทรศัพท์ 0 2448 9111 โทรสาร 0 2448 9098
www.tosh.or.th

 สสพท-TOSH  @TOSH  สสพท  T-OSH  TOSHThailand  T-OSH