

การออกแบบสถานีงานเพื่อลดผลกระทบด้านสุขภาพของพนักงานซ่อมพาเลทไม้ Workstation Design to Reduce Health Impacts on Pallet Repair Workers

ธนทรัพย์กรณ์ เพชรประพัตร์¹ และ จเร เลิศสุตวิชัย^{2*}

Thanonpakorn Phetprapak¹ and Charay Lerdsudwichai^{2*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900 ประเทศไทย

²ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900 ประเทศไทย

¹Safety Engineering Program, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

²Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*E-mail: charay.l@ku.ac.th

Received: Jul 02, 2025

Revised: Jul 30, 2025

Accepted: Jul 31, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้านกายศาสตร์ในสถานีงานซ่อมพาเลทไม้ และเสนอแนวทางในการปรับปรุงลักษณะท่าทางการทำงาน จากข้อมูลสถิติการเข้ารับบริการห้องพยาบาลของบริษัทผู้ให้บริการด้านพาเลทแห่งหนึ่ง ในพ.ศ. 2566 พบว่าพนักงานมีปัญหาเกี่ยวกับระบบกล้ามเนื้อ ข้อ และกระดูก คิดเป็นร้อยละ 25 ของผู้ใช้บริการทั้งหมด โดยในจำนวนนี้ร้อยละ 16 เป็นพนักงานจากส่วนงานซ่อมพาเลท การศึกษานี้ใช้เครื่องมือประเมินความเสี่ยง 2 ประเภท ได้แก่ สมการการยกของ NIOSH และแบบประเมินท่าทางของร่างกายส่วนบน (RULA) โดยมุ่งเน้นการประเมินความเสี่ยงในสถานีงานซ่อมพาเลท ผลการศึกษพบว่าขั้นตอนการยกพาเลทจากระดับความสูงที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าดัชนีการยกแบบรวม (CLI) มีค่าเท่ากับ 4.09 ซึ่งอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง ดังนั้นจึงได้ดำเนินการปรับลดจำนวนพาเลทที่เรียงซ้อนกันจาก 10 อัน เหลือ 5 อัน พร้อมทั้งติดตั้งโต๊ะยกปรับระดับความสูง ส่งผลให้ค่าดัชนี CLI ลดลงเหลือ 1.95 และค่าดัชนีการยกรายตัว (LI) ของพาเลทลำดับที่ 1-4 ลดลงเหลือ 1.42 นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ปืนยิงตะปูเป็นการใช้อุปกรณ์ที่มีน้ำหนักอย่างต่อเนื่อง และจากการประเมินด้วย RULA พบว่ามีคะแนนอยู่ที่ระดับ 6 ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่ต้องดำเนินการแก้ไขโดยเร่งด่วน เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงได้ติดตั้งอุปกรณ์ช่วยยกสำหรับปืนยิงตะปู ส่งผลให้คะแนนจากการประเมินด้วย RULA ลดลงเหลือระดับ 3 ซึ่งสะท้อนถึงการลดภาระของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกอย่างมีนัยสำคัญ ผลของการปรับปรุงดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการออกแบบสถานีงานตามหลักการยศาสตร์ในการลดความเสี่ยงทางกายภาพของพนักงานได้อย่างชัดเจน

คำสำคัญ: ความเสี่ยงทางการยศาสตร์ สมการการยกของ NIOSH ดัชนีการยก แบบประเมินท่าทางของร่างกายส่วนบน

Abstract

This study aimed to analyze the causes of ergonomic problems in a wooden pallet repair workstation and to propose guidelines for improving working conditions. Based on statistical data from a company's infirmary in 2023, it was found that 25% of all service users had musculoskeletal, joint, and bone related problems, of which 16% were employees from the pallet repair section. The study applied two ergonomic risk assessment tools including the NIOSH Lifting Equation and the Rapid Upper Limb Assessment (RULA), with a focus on risk assessment in pallet repair workstations. The findings revealed that lifting pallets from different height levels resulted in a Composite Lifting Index (CLI) of 4.09, indicating a high-risk level. Consequently, the number of stacked pallets was reduced from 10 to 5, and a height-adjustable lift table was installed. These modifications led to a decrease in the CLI to 1.95, and the individual Lifting Index (LI) for the first to fourth pallets dropped to 1.42. In addition, the use of nail guns was found to be prolonged handling of a heavy tool and from the assessment by

RULA, it was found to have a score of 6, indicating an urgent need for corrective action. To address this problem, a lifting aid for the nail gun was installed, resulting in a reduction in the RULA score to 3, reflecting a significant reduction in musculoskeletal stress. The results of these improvements clearly demonstrate the effectiveness of ergonomic workstation design in mitigating physical risks to workers.

Keywords: Ergonomic risk, NIOSH Lifting Equation, Lifting Index, Rapid Upper Limb Assessment

1. บทนำ

จากสถานการณ์เศรษฐกิจของประเทศไทยในปัจจุบัน ระบบการขนส่งและการจัดเก็บสินค้ามีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ “พาเลท (Pallet)” ถือเป็นอุปกรณ์ที่มีบทบาทสำคัญ ในกระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้าให้มีประสิทธิภาพ เพราะทำให้สามารถเคลื่อนย้ายสินค้าได้อย่างสะดวก ประหยัดเวลา และช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับสินค้าได้ ดังนั้นการเลือกใช้งานพาเลท จึงเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการผลิตและระบบขนส่ง โดยเฉพาะพาเลทไม้ซึ่งเป็นประเภทที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากมีคุณสมบัติด้านความแข็งแรง ทนทาน และสามารถซ่อมแซมเพื่อนำกลับมาใช้งานซ้ำได้เมื่อเกิดความชำรุด ทำให้ช่วยลดต้นทุนของกระบวนการผลิตและขนส่งสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1]

การหมุนเวียนพาเลท (Pallet pooling) เป็นแนวทางการบริหารจัดการที่เน้นการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเป็นส่วนสำคัญของระบบขนส่งในห่วงโซ่อุปทาน (Supply chain) ที่ครอบคลุมตั้งแต่การจัดเก็บ การเคลื่อนย้าย ไปจนถึงการกระจายสินค้า โดยอาศัยกระบวนการซ่อมแซมและควบคุมคุณภาพเพื่อให้สามารถนำพาเลทกลับมาใช้ซ้ำได้อย่างเหมาะสม [2] สำหรับพาเลทไม้ ซึ่งมีถูกนำมาใช้งานซ้ำ จำเป็นต้องผ่านกระบวนการซ่อมแซมที่ใช้แรงงานคนเป็นหลัก พนักงานที่รับผิดชอบมักต้องทำงานในท่าทางซ้ำ ๆ และไม่เหมาะสม โดยเฉพาะเมื่อต้องยกหรือเคลื่อนย้ายพาเลทที่มีน้ำหนักมาก อันส่งผลให้เกิดความเสี่ยงด้านกายศาสตร์ (Ergonomic risk) เช่น ความเมื่อยล้าหรือการบาดเจ็บของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก [3] ดังนั้นปัญหาด้านกายศาสตร์ จึงควรได้รับการพิจารณาและปรับปรุงอย่างเป็นระบบเพื่อป้องกันการบาดเจ็บจากการทำงานระยะยาว [4]

จากสถิติการเบิกจ่ายค่ารักษาพยาบาลจากกองทุนเงินทดแทน ของสำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน พบว่าโรคระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกอันเนื่องมาจากการทำงาน

เป็นกลุ่มโรคที่มีอัตราการประสบนันตรายหรือเจ็บป่วยสูงที่สุด เป็นอันดับหนึ่งอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2562 ถึง 2566 โดยมีจำนวนลูกจ้างที่ประสบนันตรายเฉลี่ยปีละ 3,765 ราย คิดเป็นร้อยละ 0.90 ของจำนวนผู้ประสบนันตรายทั้งหมด [5]

ในขณะที่ข้อมูลสถิติการเข้ารับบริการห้องพยาบาลของบริษัทผู้ให้บริการด้านพาเลทแห่งหนึ่งในปี พ.ศ. 2566 พบว่าพนักงานมีปัญหาเกี่ยวกับระบบกล้ามเนื้อ ข้อ และกระดูก คิดเป็นร้อยละ 25 ของผู้ใช้บริการทั้งหมด โดยในจำนวนนี้ร้อยละ 16 เป็นพนักงานจากส่วนงานซ่อมพาเลท คิดเป็นอัตราเฉลี่ย 0.66 ครั้งต่อคนต่อปี ซึ่งสูงกว่าส่วนงานอื่นภายในบริษัทอย่างมีนัยสำคัญ

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยจึงเห็นความจำเป็นในการศึกษาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้านการยศาสตร์ในสถานงานซ่อมพาเลทไม้ และเสนอแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขลักษณะท่าทางการทำงานให้เหมาะสม ตลอดจนออกแบบสถานีงานให้เป็นไปตามหลักการยศาสตร์ เพื่อลดผลกระทบด้านสุขภาพของพนักงาน และยกระดับความปลอดภัยในกระบวนการซ่อมพาเลทไม้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1. วัสดุอุปกรณ์

2.1.1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

2.1.2. Intel® CORE i5-8265U CPU 1.6GHz

RAM: 8 GB

2.1.3. กล้องดิจิทัล สำหรับบันทึกภาพ สถานที่

และอุปกรณ์ในพื้นที่ที่ศึกษา

2.2. ขอบเขตงานวิจัย

การประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในสถานงานซ่อมพาเลท เฉพาะในขั้นตอนการยกพาเลท และขั้นตอนการใช้นิ้วตบตะปูของบริษัทผู้ให้บริการด้านพาเลทแห่งหนึ่ง

2.3. การวิเคราะห์ข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ลักษณะท่าทางการทำงานตามปัจจัยเสี่ยง โดยประยุกต์ใช้เครื่องมือประเมินความเสี่ยง 2 ประเภท ได้แก่ สมการการยกของ NIOSH (NIOSH Lifting Equation) และแบบประเมินท่าทางของร่างกายส่วนบน (Rapid Upper Limb Assessment, RULA) ทั้งนี้ได้มีการเปรียบเทียบค่าดัชนีการยกแบบรวม (Composite Lifting Index, CLI) ก่อนและหลังการปรับปรุง รวมถึงวิเคราะห์ผลคะแนนจากการประเมินความเสี่ยงด้วยแบบประเมิน RULA เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการประเมินประสิทธิภาพของการออกแบบสถานีงานใหม่อย่างเป็นระบบ

การวิจัยครั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างถูกคัดเลือกโดยใช้หลักทางสถิติแบบการแจกแจงไฮเปอร์จีโอเมตริก (Hypergeometric distribution) จากพนักงานทั้งหมดจำนวน 37 คน โดยสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ในการคำนวณความน่าจะเป็นจากกลุ่มประชากรที่มีจำกัด โดยเก็บข้อมูลอาการเมื่อยล้าของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกผ่านแบบสอบถาม เพื่อนำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงด้านกายศาสตร์ ดังแสดงใน Figure 1 นอกจากนี้ได้ดำเนินการวิเคราะห์งานและประเมินด้านการยศาสตร์จากสภาพการทำงานจริงของพนักงานซ่อมพาลเลตไม้ โดยสำรวจลักษณะงานเพื่อสรุปขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานกล้ามเนื้อในลักษณะท่าทางการทำงานซ้ำ ๆ ทั้งนี้ ขั้นตอนในการวิเคราะห์และประเมินได้ดังแสดงใน Figure 2 [6]

Musculoskeletal Pain Assessment During or After Work Over the Past 6 Months
Please rate the severity of pain or discomfort experienced in each body region using the following numeric scale:
Score/Meaning
0 = No pain or discomfort at all
1 = Mild discomfort, able to continue working without rest
2 = Moderate discomfort, requires occasional rest
3 = Severe discomfort, rest or posture change does not relieve pain
4 = Very severe discomfort, requires medical attention

Left	Body Region	Right
1. Neck	1. Neck	1. Neck
2. Shoulder	2. Shoulder	2. Shoulder
3. Upper Back	3. Upper Back	3. Upper Back
4. Lower Back	4. Lower Back	4. Lower Back
5. Upper Arm	5. Upper Arm	5. Upper Arm
6. Elbow	6. Elbow	6. Elbow
7. Forearm	7. Forearm	7. Forearm
8. Wrist/Hand	8. Wrist/Hand	8. Wrist/Hand
9. Hips/Thigh	9. Hips/Thigh	9. Hips/Thigh
10. Knee	10. Knee	10. Knee
11. Calf	11. Calf	11. Calf
12. Foot	12. Foot	12. Foot

During the past 7 days, have you experienced any pain or discomfort in the listed body parts?
 No Yes, please indicate the pain score

Figure 1 Survey questionnaire on musculoskeletal fatigue and pain symptoms

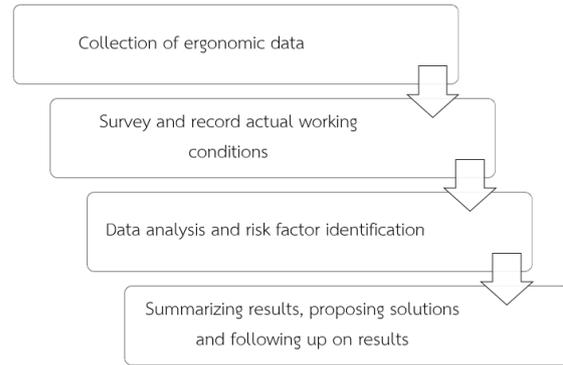


Figure 2 Procedural steps for job analysis and ergonomic evaluation

2.4. ขั้นตอนการปฏิบัติงานซ่อมพาลเลต

สถานีงานซ่อมพาลเลตเป็นขั้นตอนในการปรับปรุงพาลเลตไม้ที่ชำรุดให้สามารถกลับมาใช้งานได้ โดยใช้พนักงานซ่อมจำนวน 2 คนต่อสถานี ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นตอนการเตรียมพาลเลตเข้าสู่พื้นที่รอซ่อม

พนักงานขับรถฟอร์คลิฟต์นำพาลเลตที่ชำรุดจำนวน 10 ตัว วางซ้อนกันในตำแหน่งที่จัดเตรียมไว้บริเวณพื้นที่รอซ่อม ดังแสดงใน Figure 3

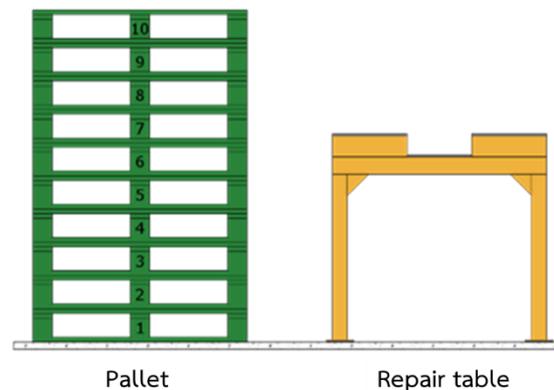


Figure 3 The process of preparing pallets for transfer to the repair waiting zone

2) ขั้นตอนการยกพาลเลตวางบนโต๊ะซ่อม

พนักงานซ่อมพาลเลตจะดำเนินการยกพาลเลตที่วางซ้อนกัน โดยเริ่มจากพาลเลตอันบนสุด (อันที่ 10) วางบนโต๊ะซ่อมทีละอัน ซึ่งในกระบวนการนี้พนักงานต้องใช้แรงยกในระดับความสูงที่แตกต่างกัน โดยมีท่าทางการยกที่อยู่ในช่วงต่ำกว่าระดับเอวไปจนถึงสูงกว่าระดับไหล่ อันอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก ดังแสดงใน Figure 4

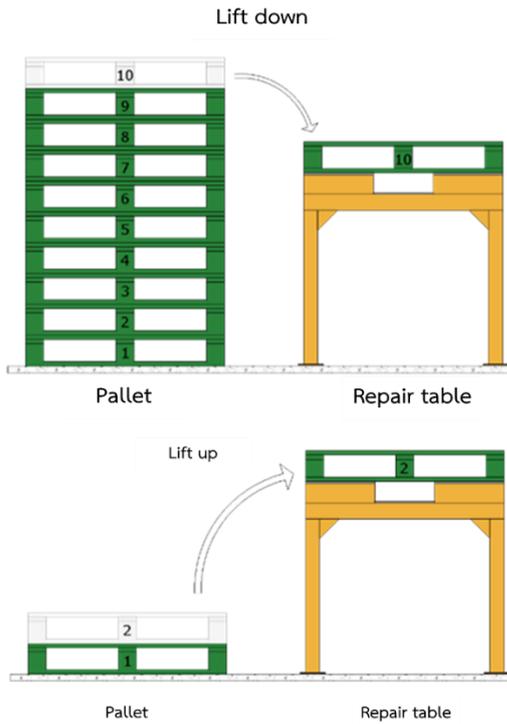


Figure 4 Lifting the pallet onto the repair table

3) ขั้นตอนการซ่อมพาเลท

พนักงานซ่อมพาเลทจะต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มเติมในการทำงาน เช่น ปืนตะปู เลื่อย หรือตะปูเสริม ตามลักษณะความเสียหายของพาเลท โดย “ปืนยิงตะปู” เป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานมากที่สุด และเป็นอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมากที่สุด ดังแสดงใน Figure 5

No.	Equipment	Equipment picture	Weight (kg)	Usage	Maximum usage (times/pallet)
1	Air nail gun		4.5	Used for shooting nails to fasten each part of the pallet together.	33
2	Electric reciprocating saw		2.8	Used for sawing and cutting nails in damaged pallet positions.	28
3	Hammer		0.8	Use to hammer nails when the nail head protrudes beyond the surface of the wood.	10
4	Crowbar		1.6	Used for prying wood to create space for sawing.	28

Figure 5 List of tools and equipment required for wooden pallet repair operations

4) ขั้นตอนการยกพาเลทที่ซ่อมเสร็จไปยังสายพานลำเลียง

เมื่อดำเนินการการซ่อมแซมพาเลทแล้วเสร็จ พนักงานจะยกพาเลทออกจากโต๊ะซ่อมและนำไปวางบนสายพานลำเลียงที่อยู่บริเวณใกล้เคียง เพื่อส่งต่อไปยังสถานีงานถัดไป โดยพนักงานจะดำเนินการตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดอย่างต่อเนื่องจนครบจำนวน 10 อัน ในแต่ละรอบของการทำงาน

2.5. เครื่องมือประเมินความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์

การประเมินด้านการยศาสตร์ (Ergonomic Assessment)

เป็นกระบวนการที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับสภาพแวดล้อมในการทำงาน เพื่อระบุปัจจัยเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก [7]-[9] สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ได้เลือกใช้เครื่องมือในการประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

2.5.1. การประเมินการยศาสตร์โดยใช้สมการการยกของ NIOSH

สมการการยกของ NIOSH ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อคำนวณ น้ำหนักที่แนะนำให้ยกได้ (Recommended Weight Limit, RWL) โดยอ้างอิงจากปัจจัยด้านกายภาพของลักษณะงาน ยก เช่น ความสูงและระยะของการยกจากลำตัว ท่าทางในการจับวัตถุ และความถี่ของการยก ซึ่งช่วยให้สามารถประเมินความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกได้อย่างเป็นระบบ โดยแบ่งรูปแบบการประเมินออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การประเมินหลายงาน (Multiple task) และการประเมินงานเดี่ยว (Single task) [10]

การประเมินหลายงาน (Multiple task) เป็น การประเมินหลายงานด้วยสมการการยกของ NIOSH ใช้เมื่อ ผู้ปฏิบัติงานต้องยกวัตถุในหลายลักษณะหรือหลายช่วงเวลาในหนึ่งรอบการทำงาน แต่การยกของนั้นมีความแตกต่างกันในตัวแปรหรือปัจจัยที่ใช้คำนวณ RWL โดยจะได้ค่าเป็นผลรวมดัชนีการยก (CLI) โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1

ดำเนินการเก็บข้อมูลในแต่ละชั้นเพื่อระบุค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการยก ได้แก่ น้ำหนักวัตถุที่ยกจริง (Load weight)

ระยะทางแนวนอน (H) ความสูงจากพื้นถึงตำแหน่งยก (V) ระยะทางเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง (D) มุมการบิดลำตัว (A) ความถี่ในการยก (F) และลักษณะการจับวัตถุ (Coupling)

ขั้นตอนที่ 2

คำนวณขีดจำกัดน้ำหนักที่แนะนำโดยไม่ขึ้นกับความถี่ (Frequency-Independent Recommended Weight Limit, FIRWL) การคำนวณค่า FIRWL เป็นกระบวนการที่อ้างอิงจากสมการการยกของ NIOSH (NIOSH Lifting Equation) โดยตัดปัจจัยด้านความถี่ (Frequency Multiplier, FM) ออกจากสมการเพื่อให้ได้ค่าขีดจำกัดน้ำหนักที่แนะนำไม่พิจารณาความถี่ของการยก ซึ่งสามารถหาได้โดยใช้สมการ

$$FIRWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM \quad (1)$$

เมื่อ

LC = ค่าคงที่ของน้ำหนัก (Load Constant) = 23 กิโลกรัม

$$HM = \text{Horizontal Multiplier} = \frac{25}{H}$$

$$VM = \text{Vertical Multiplier} = 1 - 0.003|V - 75|$$

$$DM = \text{Distance Multiplier} = 0.82 + \frac{4.5}{D}$$

$$AM = \text{Asymmetry Multiplier} = 1 - 0.0032A$$

CM = Coupling Multiplier (อ้างอิงตามคุณภาพการจับวัตถุ)

ขั้นตอนที่ 3

คำนวณหาค่าขีดจำกัดน้ำหนักที่แนะนำสำหรับงานเดียว (Single-Task Recommended Weight Limit, STRWL) สำหรับแต่ละงาน ซึ่งสามารถหาได้โดยใช้สมการ

$$STRWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \quad (2)$$

เมื่อ

LC = ค่าคงที่ของน้ำหนัก (Load Constant) = 23 กิโลกรัม

$$HM = \text{Horizontal Multiplier} = \frac{25}{H}$$

$$VM = \text{Vertical Multiplier} = 1 - 0.003|V - 75|$$

$$DM = \text{Distance Multiplier} = 0.82 + \frac{4.5}{D}$$

$$AM = \text{Asymmetry Multiplier} = 1 - 0.0032A$$

FM = Frequency Multiplier (อ้างอิงตามตารางจาก NIOSH)

CM = Coupling Multiplier (อ้างอิงตามคุณภาพการจับวัตถุ)

ขั้นตอนที่ 4

คำนวณ ดัชนีการยกที่ไม่ขึ้นกับความถี่ (Frequency-Independent Lifting Index, FILI) โดยที่ FILI เป็นค่าดัชนีที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงของงานยก ที่ไม่รวมผลกระทบจากความถี่ในการยก (Frequency Multiplier, FM) หรือ กำหนดค่าตัวคูณความถี่ในการยก (FM) เท่ากับ 1.0 ค่าที่ได้จะสะท้อนถึงแรงอัดที่กระทำต่อกระดูกสันหลังและการออกแรงของกล้ามเนื้อสำหรับการยกหนึ่งครั้งของงานนั้น ๆ หากค่า FILI ได้มีค่ามากกว่า 1.0 แสดงว่าควรมีการปรับเปลี่ยนตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดการออกแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งสามารถหาได้โดยใช้สมการ

$$FILI = \frac{L}{FIRWL} \quad (3)$$

เมื่อ

L = น้ำหนักจริงของวัตถุที่ยก (กิโลกรัม)

FIRWL = ค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากสมการ (1)

ขั้นตอนที่ 5

คำนวณค่าดัชนีการยกของงานเดียว (Single-Task Lifting Index, STLI) สำหรับแต่ละงาน หากค่า STLI ได้มีค่ามากกว่า 1.0 อาจจำเป็นต้องมีการปรับปรุงตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดภาระของงานนั้น ซึ่งสามารถหาได้โดยใช้สมการ

$$STLI = \frac{L}{STRWL} \quad (4)$$

เมื่อ

L = น้ำหนักจริงของวัตถุที่ยก (กิโลกรัม)

STRWL = ค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากสมการ (2)

ขั้นตอนที่ 6

จัดเรียงค่าดัชนีการยกของงานเดียว (Single-Task Lifting Index: STLI) จากมากไปน้อย โดยเริ่มจากงานที่มีค่า STLI สูงที่สุด ไปจนถึงงานที่มีค่า STLI ต่ำที่สุด การจัดลำดับในลักษณะนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้พิจารณางานที่มีภาระงานสูงก่อนและนำมาคำนวณดัชนีการยกแบบรวม (Composite Lifting Index, CLI) ด้วยสมการ

$$CLI = STLI_1 + \sum \Delta LI \quad (5)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} \Sigma \Delta LI = & [FIL_2 \times \left(\frac{1}{FM_{1,2}} - \frac{1}{FM_1} \right)] \\ & + [FIL_3 \times \left(\frac{1}{FM_{1,2,3}} - \frac{1}{FM_{1,2}} \right)] \\ & + [FIL_4 \times \left(\frac{1}{FM_{1,2,3,4}} - \frac{1}{FM_{1,2,3}} \right)] \\ & + [FIL_n \times \left(\frac{1}{FM_{1,\dots,n}} - \frac{1}{FM_{1,\dots,n-1}} \right)] \end{aligned} \quad (6)$$

หมายเหตุ:

- ตัวเลขที่อยู่ในตำแหน่งตัวห้อย (Subscripts) หมายถึงหมายเลขของงานใหม่
- ค่าของ FM ถูกกำหนดจากตารางค่า FM ของ NIOSH โดยอ้างอิงจากผลรวมของความถี่ในการยกของงานที่ระบุไว้ในตัวห้อยนั้น
- ค่าดัชนี CLI ที่มากกว่า 1.0 บ่งชี้ถึงความเสี่ยงที่ควรได้รับการปรับปรุงงานหรือสภาพแวดล้อมการทำงาน

การประเมินงานเดี่ยว (Single task) เป็นการประเมินงานเดี่ยวใช้สำหรับกรณีที่มีผู้ปฏิบัติงานทำงานยกในลักษณะเดียวกันตลอดระยะเวลาการทำงาน โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1

ระบุค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการยก ได้แก่ น้ำหนักวัตถุที่ยกจริง (Load weight) ระยะทางแนวนอน (H) ความสูงจากพื้นถึงตำแหน่งยก (V) ระยะทางเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง (D) มุมการบิดลำตัว (A) ความถี่ในการยก (F) และลักษณะการจับวัตถุ (Coupling)

ขั้นตอนที่ 2 การคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำ (Recommended Weight Limit, RWL)

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \quad (7)$$

เมื่อ

LC = ค่าคงที่ของน้ำหนัก (Load Constant) = 23 กิโลกรัม

$$HM = \text{Horizontal Multiplier} = \frac{25}{H}$$

VM = Vertical Multiplier = 1-0.003|V-75|

$$DM = \text{Distance Multiplier} = 0.82 + \frac{4.5}{D}$$

AM = Asymmetry Multiplier = 1-0.0032A

FM = Frequency Multiplier (อ้างอิงตามตารางจาก NIOSH)

CM = Coupling Multiplier (อ้างอิงตามคุณภาพการจับวัตถุ)

ขั้นตอนที่ 3

คำนวณค่าดัชนีการยก (Lifting Index: LI) ของแต่ละงานยกแยกกัน โดยใช้สมการ

$$LI = \frac{L}{RWL} \quad (8)$$

เมื่อ

L = น้ำหนักจริงของวัตถุที่ยก (กิโลกรัม)

RWL = ค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากสมการ (7)

การแปลผลค่า LI สามารถแปลผลได้ดังนี้ ค่า LI ≤ 1.0 คือค่ายอมรับได้ระดับความเสี่ยงต่ำ ส่วนค่าที่มากกว่า 1.0 สะท้อนถึงระดับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ

2.5.2. การประเมินความเสี่ยงด้านการยกศาสตร์ด้วยวิธี RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

การประเมินด้วยแบบประเมินท่าทางการทำงานของร่างกายส่วนบน (Rapid Upper Limb Assessment, RULA) เป็นเครื่องมือที่พัฒนาโดย McAtamney and Nigel Corlett [9] และ Middlesworth [11] สำหรับประเมินความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก โดยเน้นการประเมินการใช้งานร่างกายส่วนบน ได้แก่ คอ ไหล่ หลังส่วนบน แขน ข้อมือ และมือ สามารถใช้ได้กับทั้งงานนั่งและงานยืน โดยเฉพาะในงานที่มีการทำงานซ้ำ ใช้แรง หรืออยู่ในท่าทางคงที่นาน ๆ มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1

ทำการเลือกท่าทางที่มีความเสี่ยงมุ่งเน้นท่าทางที่เกิดขึ้นซ้ำบ่อย หรือคงอยู่เป็นระยะเวลานาน เลือกช่วงเวลาที่สุดคือง่ายกับลักษณะงานจริงใช้สามารถใช้ภาพนิ่งหรือวิดีโอ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์รายละเอียดท่าทางช่วยลดความคลาดเคลื่อนจากการสังเกตด้วยตาเปล่า และสามารถทบทวนซ้ำได้

ขั้นตอนที่ 2

แบ่งร่างกายออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ กลุ่ม A แขนบน (Upper arm) แขนล่าง (Lower arm) ข้อมือ (Wrist) และการบิดข้อมือ (Wrist twist) กลุ่ม B คอ (Neck) ลำตัว (Trunk) และขา (Legs)

ขั้นตอนที่ 3

กำหนดค่าคะแนนท่าทาง (Posture score) ให้คะแนนตามมุม การเคลื่อนไหวของข้อต่อ เช่น ข้อมือ ศอก ไหล่ คอ และลำตัว พิจารณาร่วมกับปัจจัยเพิ่มเติม ได้แก่ แรงที่ใช้ในการทำงาน (Force/Load) ความถี่ในการทำงานและระยะเวลาท่าทาง คงอยู่ การหยุดพัก ความตึงของกล้ามเนื้อหรือความเกร็ง

ขั้นตอนที่ 4

รวมคะแนนและหาค่าคะแนนสุดท้าย ใช้ตารางมาตรฐานของ RULA เพื่อรวมคะแนนจากกลุ่ม A และกลุ่ม B คำนวณเป็น คะแนน RULA สุดท้าย (Final score) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 7 และสามารถแปลได้ ดังแสดงใน Table 1

Table 1 RULA score interpretation

RULA score	Risk level
1-2	Low
3-4	Medium
5-6	High
7	Very high

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย**3.1. ผลการวิจัย**

จากการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ปฏิบัติงานจริง พบว่าขั้นตอนที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านการยศาสตร์ในสถาน งานซ่อมพาเลทไม้มีอยู่ 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ขั้นตอนการยก พาเลท และ ขั้นตอนการใช้อุปกรณ์ป็นยั้งตะปู โดยสามารถ สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ ดังนี้

- 1) ผลการประเมินอาการเมื่อยล้าหรือปวดของพนักงานซ่อมพาเลทไม้
- 2) ผลการประเมินโดยใช้สมการ NIOSH Lifting Equation สำหรับการยกพาเลทไม้
- 3) ผลการประเมินความเสี่ยงด้านกรยศาสตร์ของขั้นตอนการใช้ป็นยั้งตะปูโดยวิธี RULA

3.1.1. ผลการประเมินอาการเมื่อยล้าหรือปวดของพนักงานซ่อมพาเลทไม้

จากผลการสำรวจอาการเมื่อยล้าหรือความเจ็บปวดของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในกลุ่มพนักงานซ่อมพาเลทไม้ โดยอ้างอิงข้อมูลจากแบบสอบถามในช่วง 7 วัน และภายหลังจากที่พนักงานได้ปฏิบัติงานต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า บริเวณที่มีอาการเมื่อยล้ามากที่สุด

3 อันดับแรกในช่วง 7 วัน ได้แก่ หลังส่วนล่าง แขนส่วนล่าง และข้อมือ ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจในช่วงหลังเริ่มปฏิบัติงาน 6 เดือน ที่ยังคงพบอาการในบริเวณเดิมเช่นเดียวกัน ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Body parts with body discomfort after working for 7 days and 6 months

Body region	Samples with body discomfort after working (%)	
	7 days	6 months
Lower back	27	67.6
Forearm	10.8	32.4
Wrist/Hand	8.1	32.4

เมื่อนำข้อมูลมาจำแนกอาการเมื่อยล้าหรือความเจ็บปวดของพนักงานซ่อมพาเลทไม้ทั้ง 2 ด้านของร่างกาย ได้แก่ ด้านซ้ายและด้านขวา โดยพิจารณาจากระดับความรุนแรงของอาการแบ่งออกเป็น 5 ระดับ พบว่า ด้านขวาของร่างกายมีอาการอยู่ในระดับ 5 ซึ่งจัดเป็นระดับที่มีความรุนแรงสูงและควรได้รับการตรวจรักษาโดยแพทย์ ได้แก่ บริเวณหลังส่วนล่าง แขนส่วนล่าง และไหล่ ในขณะที่ด้านซ้ายของร่างกายพบอาการอยู่ในระดับ 4 ซึ่งหมายถึงมีอาการปวดมากเมื่อหยุดพักแล้วไม่สามารถหายปวดได้ โดยพบมากในบริเวณหลังส่วนล่างและไหล่เช่นเดียวกัน ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Score indicating level of body discomfort reported by pallet repair workers

Body Region	Score	
	Left	Right
Lower back	4	5
Forearm	4	5
Shoulder	4	5

จากผลการเปรียบเทียบความผิดปกติของกล้ามเนื้อทั้งสองด้านของร่างกาย พบว่า หลังส่วนล่างด้านขวาของร่างกายมีคะแนนมากกว่าด้านซ้าย 66.67% ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของงานที่ต้องอาศัยการใช้ร่างกายด้านขวาและมือขวาเป็นหลัก ในการยกพาเลทและใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดการออกแรงและเคลื่อนไหวในลักษณะท่าทางซ้ำ ๆ บริเวณดังกล่าวมากกว่าด้านซ้าย [12] ดังแสดงใน Figure 6

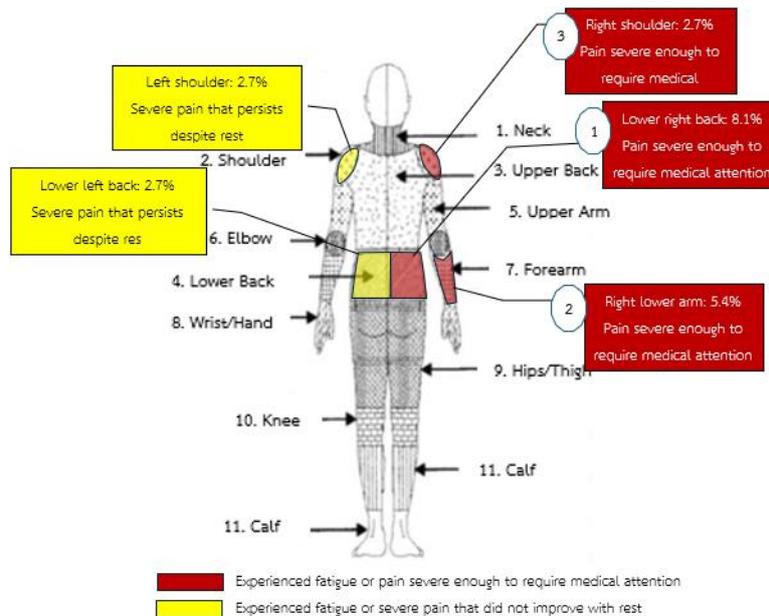


Figure 6 Body parts with reported discomfort in pallet repair workers

จากผลการวิเคราะห์แบบสอบถามร่วมกับการศึกษากระบวนการทำงานในสถานีซ่อมพาเลทไม้ พบว่าขั้นตอนที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาด้านการยศาสตร์ในพนักงาน

ได้แก่ ขั้นตอนการยกพาเลท และขั้นตอนการใช้ปืนยิงตะปู ซึ่งสามารถนำมาพิจารณาเพื่อเลือกใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Comparison of task characteristics and ergonomic risk assessment tools

Item	Pallet lifting task	Pallet repair task (Nail gun use)
Parts involved	Entire body	Upper limbs
Injured body parts	Lower back	Lower arm (forearms)
Assessment tool used	NIOSH Lifting Equation	RULA
Rationale for tool selection	Appropriate for evaluating manual lifting activities	Suitable for assessing postures involving low-level upper limb exertion

2) ผลการประเมินโดยใช้สมการ NIOSH Lifting Equation สำหรับการยกพาเลทไม้

จากการประเมินความเสี่ยงโดยใช้สมการ NIOSH สำหรับงานที่มีหลายภารกิจ (Multiple task) พบว่า ค่าดัชนีการยกแบบรวม (CLI) จากการยกพาเลทไม้ จำนวน 10 อัน ซึ่งวางซ้อนกันในระดับความสูงที่แตกต่างกัน มีค่า CLI เท่ากับ 4.09 จัดอยู่ในระดับความเสี่ยงสูงตามหลักเกณฑ์ของ NIOSH ซึ่งระบุว่าหากค่า CLI มีค่ามากกว่า 1 จะถือว่ามีความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก และควรได้รับการพิจารณาปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ดังแสดงใน Figure 7

การประเมินงานยกแบบเดี่ยว (Single task) จากการคำนวณค่าดัชนีการยก (Lifting Index, LI) แยกรายตัวเพื่อวิเคราะห์ระดับความเสี่ยงของการยกในแต่ละระดับความสูงของพาเลท ผลการประเมินพบว่า ค่าดัชนี LI ในทุกตำแหน่งมีค่ามากกว่า 1.0 ซึ่งจัดอยู่ในระดับความเสี่ยงสูงและควรได้รับการปรับปรุง โดยเฉพาะพาเลทลำดับที่ 1 ที่อยู่ในตำแหน่งล่างสุด มีค่า LI สูงที่สุดเท่ากับ 2.02 ในขณะที่พาเลทลำดับที่ 10 ซึ่งอยู่ในตำแหน่งบนสุด มีค่า LI สูงรองลงมา คือ 1.90 ส่วนพาเลทลำดับที่ 5 - 6 ซึ่งอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลาง มีค่า LI น้อยที่สุด อยู่ที่ 1.42-1.43 แสดงให้เห็นว่ามีระดับความเสี่ยงน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งอื่น ดังแสดงใน Figure 8

NIOSH Lifting Equation (Multi Task)													
STEP 1 : Measure and record task variable data													
No.	Task	Object Weight		V (cm)	H (cm)	D (cm)	A (degs)	F (lift/mi)	Duration	C			
		L (Avg.)	L (Max)										
1	Pallet 10	22.50	22.50	153.80	28.00	40.70	0.00	0.50	8.00	Fair			
2	Pallet 9	22.50	22.50	138.20	28.00	27.30	0.00	0.50	8.00	Fair			
3	Pallet 8	22.50	22.50	122.60	28.00	11.70	0.00	0.50	8.00	Fair			
4	Pallet 7	22.50	22.50	107.00	28.00	3.90	0.00	0.50	8.00	Fair			
5	Pallet 6	22.50	22.50	91.40	28.00	19.50	0.00	0.50	8.00	Fair			
6	Pallet 5	22.50	22.50	75.80	28.00	35.10	0.00	0.50	8.00	Fair			
7	Pallet 4	22.50	22.50	60.20	28.00	50.70	0.00	0.50	8.00	Fair			
8	Pallet 3	22.50	22.50	44.60	28.00	66.30	0.00	0.50	8.00	Fair			
9	Pallet 2	22.50	22.50	29.00	28.00	81.90	0.00	0.50	8.00	Fair			
10	Pallet 1	22.50	22.50	13.40	28.00	97.50	0.00	0.50	8.00	Fair			

STEP 2 : Compute multipliers and FIRWL, STRWL, FILI and STLI for Each Task														
No.	Task	LC	VM	HM	DM	AM	CM	FIRWL x FM		STRWL	FILI (=L/FIRWL)	STLI (=L/STRWL)	Reordered task no.	F (lift/min)
1	Pallet 1	23.00	0.82	0.89	0.87	1.00	0.95	13.78	0.81	11.16	1.63	2.02	1	0.50
2	Pallet 10	23.00	0.76	0.89	0.93	1.00	1.00	14.59	0.81	11.82	1.54	1.90	2	0.50
3	Pallet 2	23.00	0.86	0.89	0.87	1.00	0.95	14.71	0.81	11.92	1.53	1.89	3	0.50
4	Pallet 3	23.00	0.91	0.89	0.89	1.00	0.95	15.74	0.81	12.75	1.43	1.76	4	0.50
5	Pallet 9	23.00	0.81	0.89	0.98	1.00	1.00	16.39	0.81	13.28	1.37	1.69	5	0.50
6	Pallet 4	23.00	0.96	0.89	0.91	1.00	0.95	16.94	0.81	13.72	1.33	1.64	6	0.50
7	Pallet 8	23.00	0.86	0.89	1.00	1.00	1.00	17.60	0.81	14.26	1.28	1.58	7	0.50
8	Pallet 7	23.00	0.90	0.89	1.00	1.00	1.00	18.56	0.81	15.04	1.21	1.50	8	0.50
9	Pallet 5	23.00	1.00	0.89	0.95	1.00	1.00	19.43	0.81	15.73	1.16	1.43	9	0.50
10	Pallet 6	23.00	0.95	0.89	1.00	1.00	1.00	19.53	0.81	15.82	1.15	1.42	10	0.50

CU =	STLI ₁	+ΔFILI ₂	+ΔFILI ₃	+ΔFILI ₄	+ΔFILI ₅	+ΔFILI ₆	+ΔFILI ₇	+ΔFILI ₈	+ΔFILI ₉	+ΔFILI ₁₀	
CU =	2.02	0.15	0.15	0.16	0.18	0.20	0.23	0.27	0.32	0.41	4.09

Figure 7 NIOSH Lifting Equation (Multiple task) evaluation results: Pre-improvement for wooden pallet lifting task

Parameters of the NIOSH Lifting Equation	Pallet No.									
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Object Weight (Kg)	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50
V (cm)	153.80	138.20	122.60	107.00	91.40	75.80	60.20	44.60	29.00	13.40
VM	0.76	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00	0.96	0.91	0.86	0.82
H (cm)	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
HM	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
D (cm)	40.70	27.30	11.70	3.90	19.50	35.10	50.70	66.30	81.90	97.50
DM	0.93	0.98	1.00	1.00	1.00	0.95	0.91	0.89	0.87	0.87
A (degs)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AM	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
F (lift/min)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
FM	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
C	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair
CM	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	0.95
RWL(Kg)	11.82	13.28	14.26	15.04	15.82	15.73	13.72	12.75	11.92	11.16
LI	1.90	1.69	1.58	1.50	1.42	1.43	1.64	1.76	1.89	2.02

Figure 8 NIOSH Lifting Equation (Single task) evaluation results: Pre-improvement for wooden pallet lifting task

จากการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของสมการ NIOSH Lifting Equation พบว่า ค่าระยะการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (D) และค่าระยะตำแหน่งแนวตั้ง (V) เป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า LI โดยค่าทั้งสองมีบทบาทในการเพิ่มหรือลดความเสี่ยงของการยกวัตถุ ทั้งนี้ จากการประเมินระดับความสูงของพาเลททั้ง 10 อัน พบว่าระดับที่ปลอดภัยที่สุดในการยก คือ ตำแหน่งที่ระยะยกอยู่ในระดับเอวประมาณ 75 เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับพาเลทลำดับที่ 5 โดยมีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้ ความสูงจากพื้นถึงตำแหน่งที่ยก (V) = 75.8 เซนติเมตร ค่าตัวคูณแนวตั้ง (VM) = 1 ระยะการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (D) = 35.1 เซนติเมตร ค่าตัวคูณระยะทาง (DM) = 0.95 ดังนั้นระดับความสูงที่เหมาะสมที่สุดในการยกพาเลท เท่ากับ 75.8 เซนติเมตร

3) ผลการประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ของขั้นตอนการใช้ปืนยิงตะปูโดยวิธี RULA

จากสังเกตการปฏิบัติงานของพนักงานรวมถึงการบันทึกภาพและวิดีโอขณะพนักงานปฏิบัติงานจริง เพื่อนำมาประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์โดยใช้วิธีการประเมิน RULA พบว่า คะแนนการประเมินอยู่ที่ระดับ 6 ซึ่งตามเกณฑ์ที่กำหนดจัดอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง ดังนั้น จึงควรได้รับการแก้ไขโดยเร็วเพื่อป้องกันการเกิดความผิดปกติต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก รายละเอียดผลการประเมิน ดังแสดงใน Figure 9

Step	Body Part Evaluated	Assessment Score
1	Upper arm	2
2	Lower arm	2
3	Wrist	2
4	Wrist twist	2
5	Group A score	3
6	Muscle use in arm or hand	1
7	Force or load on arm or hand	2
8	Final score for arm and wrist	6
9	Neck	2
10	Trunk	2
11	Legs	1
12	Group B score	2
13	Muscle use in legs or feet	1
14	Force or load on legs or feet	2
15	Final score for legs and feet	5
16	Final RULA Score	6
Risk Level		High Risk

Figure 9 Results of the RULA ergonomic assessment for nail gun operation task: Pre-improvement

3.2. การปรับปรุงสถานีนงานตามหลักการยศาสตร์

จากการประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในขั้นตอนการยกพาเลทไม้และการใช้ปืนยิงตะปู พบว่า ทั้งสองขั้นตอนส่งผลกระทบต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก โดยเฉพาะบริเวณหลัง แขน และข้อมือ อันเป็นผลมาจากข้อจำกัดด้านขนาดของผลิตภัณฑ์ ลักษณะของอุปกรณ์ และมาตรฐานงานซ่อม เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงได้เลือกใช้นโยบายควบคุมความเสี่ยงทางวิศวกรรม (Engineering control) โดยการออกแบบอุปกรณ์และปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงานให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ ภายใต้ข้อจำกัดด้านงบประมาณ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของงานซ่อม และเพื่อป้องกันปัญหาด้านสุขภาพของพนักงานในระยะยาว [13]

3.2.1. การปรับปรุงสถานีนงานในขั้นตอนการยกพาเลท

การเพิ่มค่าความสูงจากพื้นถึงตำแหน่งยก (V) สำหรับพาเลทลำดับที่ 1 ถึง 4 ซึ่งเป็นระดับที่มีความเสี่ยงสูงส่งผลให้ค่าระยะการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (D) ลดลง และค่าตัวคูณระยะทาง (DM) เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าดัชนีการยก (LI) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม แนวทางการปรับปรุงนี้ไม่สามารถนำไปใช้กับพาเลทลำดับที่ 6 ถึง 10 ได้ เนื่องจากตำแหน่งของพาเลทอยู่ในระดับความสูงที่เกินขีดจำกัดของโต๊ะยกที่สามารถปรับระดับได้ สามารถแสดงรายละเอียดผลการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงใน Figure 10

Pallet No.	V (cm)	VM	D (cm)	DM	Height Adjustment Feasibility (cm)
10	153.80	0.76	40.70	0.93	Height adjustment not possible
9	138.20	0.81	27.30	0.98	Height adjustment not possible
8	122.60	0.86	11.70	1.00	Height adjustment not possible
7	107.00	0.90	3.90	1.00	Height adjustment not possible
6	91.40	0.95	19.50	1.00	Height adjustment not possible
5	75.80	1.00	35.10	0.95	No adjustment needed as VM = 1.00
4	60.20	0.96	50.70	0.91	15.60
3	44.60	0.91	66.30	0.89	31.20
2	29.00	0.86	81.90	0.87	46.80
1	13.40	0.82	97.50	0.87	62.40

Figure 10 Height adjustment to improve V value

การปรับปรุงสถานีนงานในขั้นตอนการยกพาเลทสามารถปรับปรุงได้ 2 รูปแบบ ดังนี้

การปรับปรุงรูปแบบที่ 1

การปรับปรุงสถานีนงานในขั้นตอนการยกพาเลทมีแนวทางดำเนินการ 2 แนวทาง ได้แก่

1) ลดจำนวนพาเลทจากเดิม 10 อัน เหลือเพียง 5 อัน โดยตัดพาเลทลำดับที่ 6-10 ออกจากกระบวนการเนื่องจากอยู่ในระดับความสูงที่เกินกว่าค่าที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ (75.8 เซนติเมตร) และไม่สามารถปรับระดับได้ ดังแสดงใน Figure 11

2) ใช้โต๊ะยกปรับระดับ (Table lift) เพื่อช่วยลดการก้มตัวระหว่างปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ [14], [15] โดยกำหนดระดับความสูงของโต๊ะให้อยู่ในระดับเดียวกับพาเลทลำดับที่ 5 (75.8 เซนติเมตร) ซึ่งมีค่า VM เท่ากับ 1.00 ตามหลักการยศาสตร์ แนวทางนี้ช่วยให้สภาพการยกอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก และสามารถลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากการทำงานในระยะยาวได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน Figure 12

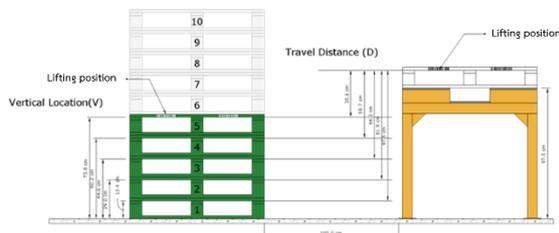


Figure 11 Adjustment of the number of stacked pallets per lift to only 5 units

Pallet No.	V (cm)	VM	D (cm)	DM	Height Adjustment Feasibility (cm)
5	75.80	1.00	35.10	0.95	No adjustment needed as VM = 1.00
4	60.20	0.96	50.70	0.91	15.60
3	44.60	0.91	66.30	0.89	31.20
2	29.00	0.86	81.90	0.87	46.80
1	13.40	0.82	97.50	0.87	62.40

Figure 12 Height adjustment to improve V value via an adjustable lift table

โต๊ะยกปรับระดับ (Table lift) ที่นำมาใช้ในการปรับปรุงสถานงานมีความสูงขั้นต่ำที่ 20.5 เซนติเมตร ซึ่งไม่สามารถปรับลดต่ำกว่าระดับดังกล่าวได้ ส่งผลให้ค่าระยะการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (D) และค่าความสูงจากพื้นถึงตำแหน่งยก (V) มีการเปลี่ยนแปลงจากค่าที่คาดไว้ โดยจากการประเมินพบว่า ระดับการยกของพาเลทลำดับที่ 4 อยู่ในช่วงที่มีความเสี่ยงต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับลำดับอื่นภายใต้ข้อจำกัดของความสูงโต๊ะรายละเอียดการประเมิน ดังแสดงใน Figure 13

Pallet No.	V (cm)	VM	D (cm)	DM	Required Height Adjustment (cm)
5	96.50	0.94	14.50	1.00	Height adjustment not possible
4	80.90	0.98	30.10	0.97	No height adjustment as VM value is close to 1.00
3	65.30	0.97	45.70	0.92	15.60
2	49.70	0.92	61.30	0.89	31.20
1	34.10	0.88	76.90	0.88	46.80

Figure 13 Height adjustment to improve V value via an adjustable lift table for pallet handling

จากการจำลองการปรับระดับโต๊ะยก พบว่าสามารถเพิ่มค่าระยะจากพื้นถึงตำแหน่งยก (V) ของพาเลทลำดับที่ 1-3 ให้มีค่าใกล้เคียงพาเลทลำดับที่ 4 ส่งผลให้ค่าตัวคูณแนวตั้ง (VM) เพิ่มขึ้นใกล้ 1.00 ซึ่งจัดเป็นระดับความเสี่ยงต่ำตามเกณฑ์ NIOSH นอกจากนี้ ยังช่วยลดระยะการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (D) และภาวะการยกได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน Figure 14 และ Figure 15

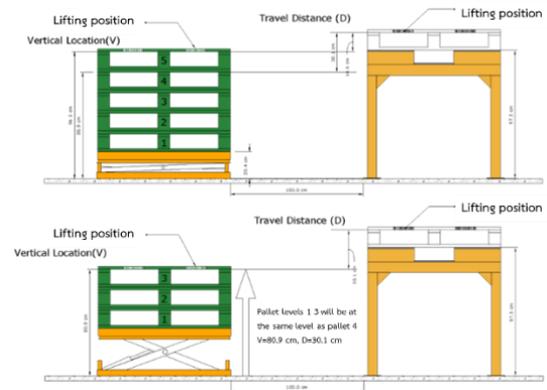


Figure 14 Height level of pallet placement on the adjustable lift table

Pallet No.	Before				After			
	V (cm)	VM	D (cm)	DM	V (cm)	VM	D (cm)	DM
10	153.80	0.76	40.70	0.93				
9	138.20	0.81	27.30	0.98				
8	122.60	0.86	11.70	1.00				
7	107.00	0.90	3.90	1.00				
6	91.40	0.95	19.50	1.00				
5	75.80	1.00	35.10	0.95	96.50	0.94	14.50	1.00
4	60.20	0.96	50.70	0.91	80.90	0.98	30.10	0.97
3	44.60	0.91	66.30	0.89	80.90	0.98	30.10	0.97
2	29.00	0.86	81.90	0.87	80.90	0.98	30.10	0.97
1	13.40	0.82	97.50	0.87	80.90	0.98	30.10	0.97

Figure 15 Risk level comparison based on Vertical Multiplier (VM) and Distance Multiplier (DM) values before and after improvement

เมื่อประเมินโดยใช้สมการ NIOSH (Multiple task) หลังการปรับปรุงสถานีงาน พบว่า ค่าดัชนีการยกแบบรวม (CLI) มีค่าลดลงจาก 4.09 เหลือเพียง 1.95 ซึ่งแสดงถึงการลดระดับความเสี่ยงจากสูงลงมาอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้มากขึ้นตามเกณฑ์ของ NIOSH ดังแสดงไว้ใน Figure 16

ในส่วนของ การประเมินงานยกแบบเดี่ยว (Single task) หลังการปรับปรุงสถานีงาน พบว่าค่าดัชนีการยก (LI) ของพาเลทลำดับที่ 1-4 ลดลงจากช่วงเดิมที่อยู่ระหว่าง 1.64-2.02 เหลือเพียง 1.42 เท่ากันทุกตำแหน่ง ดังแสดงใน Figure 17

NIOSH Lifting Equation (Multi Task)														
STEP 1 : Measure and record task variable data														
No.	Task	Object Weight		V (cm)	H (cm)	D (cm)	A (degs)	F (lift/min)	Duration (Hrs)	C				
		L (Avg.)	L (Max)								FIRWL x FM	STRWL	FILI (=L/FIRWL)	STLI (=L/STRWL)
1	Pallet 5	22.50	22.50	96.50	28.00	14.50	0.00	0.50	8.00	Fair				
2	Pallet 4	22.50	22.50	80.90	28.00	30.10	0.00	0.50	8.00	Fair				
3	Pallet 3	22.50	22.50	80.90	28.00	30.10	0.00	0.50	8.00	Fair				
4	Pallet 2	22.50	22.50	80.90	28.00	30.10	0.00	0.50	8.00	Fair				
5	Pallet 1	22.50	22.50	80.90	28.00	30.10	0.00	0.50	8.00	Fair				
STEP 2 : Compute multipliers and FIRWL, STRWL, FILI and STLI for Each Task														
No.	Task	LC	VM	HM	DM	AM	CM	FIRWL x FM	STRWL	FILI (=L/FIRWL)	STLI (=L/STRWL)	Reordered task no.	F (lift/min)	
1	Pallet 5	23.00	0.94	0.89	1.00	1.00	1.00	19.21	0.81	15.56	1.17	1.45	1	0.50
2	Pallet 4	23.00	0.98	0.89	0.97	1.00	1.00	19.56	0.81	15.84	1.15	1.42	2	0.50
3	Pallet 3	23.00	0.98	0.89	0.97	1.00	1.00	19.56	0.81	15.84	1.15	1.42	3	0.50
4	Pallet 2	23.00	0.98	0.89	0.97	1.00	1.00	19.56	0.81	15.84	1.15	1.42	4	0.50
5	Pallet 1	23.00	0.98	0.89	0.97	1.00	1.00	19.56	0.81	15.84	1.15	1.42	5	0.50
CLI =		STLI ₁	+ ΔFILI ₂	+ ΔFILI ₃	+ ΔFILI ₄	+ ΔFILI ₅								
CLI =		1.45	0.11	0.11	0.13	0.15	1.95							

Figure 16 NIOSH Lifting Equation (Multiple task) evaluation results: Post-improvement for wooden pallet lifting task

Parameters of the NIOSH Lifting Equation	Pallet No.				
	5	4	3	2	1
Object Weight (Kg)	22.50	22.50	22.50	22.50	22.50
V (cm)	96.50	80.90	80.90	80.90	80.90
VM	0.94	0.98	0.98	0.98	0.98
H (cm)	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
HM	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
D (cm)	14.50	30.10	30.10	30.10	30.10
DM	1.00	0.97	0.97	0.97	0.97
A (degs)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AM	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
F (lift/min)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
FM	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
C	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair
CM	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
RWL(Kg)	15.56	15.84	15.84	15.84	15.84

Figure 17 NIOSH Lifting Equation (Single task) evaluation results: Post-improvement for wooden pallet lifting task

การปรับปรุงรูปแบบที่ 2

แนวทางการปรับปรุงนี้เป็นทางเลือกสำหรับทดแทนการใช้โต๊ะยกปรับระดับ โดยอ้างอิงจากผลการประเมินงานยกแบบเดี่ยว (Single task) ก่อนการปรับปรุงพบว่าค่าดัชนีการยก (LI) ของพาเลทลำดับที่ 4-8 อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อยถึงปานกลาง ดังแสดงใน Figure 18 จึงนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการปรับปรุง ดังนี้

1) ลดจำนวนพาเลทจาก 10 อัน เหลือ 5 อัน โดยตัดพาเลทลำดับที่ 9-10 เพื่อหลีกเลี่ยงระดับความสูงที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงสูง

2) จัดทำแท่นวางพาเลททดแทนตำแหน่งลำดับที่ 1-3 เพื่อยกระดับการวางพาเลทให้เหมาะสม โดยคงระยะ V ของพาเลทลำดับที่ 4 และ 7-8 ให้อยู่ในช่วงความเสี่ยงปานกลาง และพาเลทลำดับที่ 5 ให้อยู่ในระดับความเสี่ยงต่ำ ดังแสดงใน Figure 19

เมื่อนำข้อมูลมาประเมินด้วยสมการ NIOSH (Multiple Task) หลังการปรับปรุงตามแนวทางการปรับปรุงที่ 2 พบว่าค่าดัชนีการยกแบบรวม (CLI) ลดลงจาก 4.09 เหลือ 2.16 ดังแสดงใน Figure 20

ในการประเมินงานยกแบบเดี่ยว (Single task) หลังการปรับปรุง ไม่จำเป็นต้องดำเนินการประเมินซ้ำ เนื่องจากค่าความสูงจากพื้นถึงตำแหน่งยก (V) และระยะการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (D) ยังคงเท่ากับพาเลทลำดับที่ 4-8 ของก่อนการปรับปรุง ซึ่งมีค่าดัชนีการยก (LI) อยู่ในช่วง 1.42-1.64

Pallet No.	V (cm)	VM	D (cm)	DM	Risk Level	Meaning
10	153.80	0.76	40.70	0.93	High	Most difficult lifting height
9	138.20	0.81	27.30	0.98	High	Most difficult lifting height
8	122.60	0.86	11.70	1.00	Medium	Lifting height with ergonomic risk
7	107.00	0.90	3.90	1.00	Medium	Lifting height with ergonomic risk
6	91.40	0.95	19.50	1.00	Medium	Lifting height with ergonomic risk
5	75.80	1.00	35.10	0.95	Low	Most favorable (comfortable) lifting height
4	60.20	0.96	50.70	0.91	Medium	Lifting height with ergonomic risk
3	44.60	0.91	66.30	0.89	Medium	Lifting height with ergonomic risk
2	29.00	0.86	81.90	0.87	Medium	Lifting height with ergonomic risk
1	13.40	0.82	97.50	1.00	High	Most difficult lifting height

Figure 18 Risk levels based on VM and DM values for each pallet before improvement

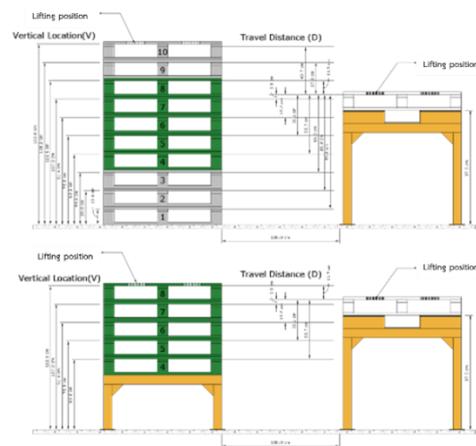


Figure 19 Simulation of V and D values when placing pallets on a pallet platform

NIOSH Lifting Equation (Multi Task)														
STEP 1 : Measure and record task variable data														
No.	Task	Object Weight		V (cm)	H (cm)	D (cm)	A (degs)	F (lift/min)	Duration (Hrs)	C				
		L (Avg.)	L (Max)											
1	Pallet 8	22.50	22.50	122.60	28.00	11.70	0.00	0.50	8.00	Fair				
2	Pallet 7	22.50	22.50	107.00	28.00	3.90	0.00	0.50	8.00	Fair				
3	Pallet 6	22.50	22.50	91.40	28.00	19.50	0.00	0.50	8.00	Fair				
4	Pallet 5	22.50	22.50	75.80	28.00	35.10	0.00	0.50	8.00	Fair				
5	Pallet 4	22.50	22.50	60.20	28.00	50.70	0.00	0.50	8.00	Fair				
STEP 2 : Compute multipliers and FIRWL, STRWL, FILI and STLI for Each Task														
No.	Task	LC	VM	HM	DM	AM	CM	FIRWL x FM	STRWL	FILI (=L/FIRWL)	STLI (=L/STRWL)	Reordered task no.	F (lift/min)	
1	Pallet 4	23.00	0.96	0.89	0.91	1.00	0.95	16.94	0.81	13.72	1.33	1.64	1	0.50
2	Pallet 8	23.00	0.86	0.89	1.00	1.00	1.00	17.60	0.81	14.26	1.28	1.58	2	0.50
3	Pallet 7	23.00	0.90	0.89	1.00	1.00	1.00	18.56	0.81	15.04	1.21	1.50	3	0.50
4	Pallet 5	23.00	1.00	0.89	0.95	1.00	1.00	19.43	0.81	15.73	1.16	1.43	4	0.50
5	Pallet 6	23.00	0.95	0.89	1.00	1.00	1.00	19.53	0.81	15.82	1.15	1.42	5	0.50
CLI =		STLI ₁	+ ΔFILI ₂	+ ΔFILI ₃	+ ΔFILI ₄	+ ΔFILI ₅								
CLI =		1.64	0.13	0.12	0.13	0.15	2.16							

Figure 20 NIOSH Lifting Equation (Multiple task) evaluation results: Post-improvement for wooden pallet on a platform

จากผลการศึกษาการปรับปรุงรูปแบบที่ 2 สรุปได้ว่า แนวทางการปรับปรุงโดยใช้แท่นวางพาเลท แม้ไม่สามารถลดค่า CLI ได้เทียบเท่ากับแนวทางที่ใช้โต๊ะยกปรับระดับ แต่สามารถลดค่าดัชนีการยกแบบรวม (CLI) จาก 4.09 เหลือ 2.16 ด้วยงบประมาณที่ต่ำกว่า จึงถือเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการพิจารณาใช้งานจริงภายใต้ข้อจำกัดด้านต้นทุนขององค์กร

3.2.2. การปรับปรุงสถานีงานในขั้นตอนการใช้ปืนยิงตะปู

จากการประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์โดยใช้แบบสอบถามอาการเมื่อยล้าและวิธีการประเมิน RULA พบว่าขั้นตอนการใช้ปืนยิงตะปูจัดอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง เนื่องจากต้องถือเครื่องมือที่มีน้ำหนัก 4.5 กิโลกรัม ซึ่งส่งผลกระทบต่อกล้ามเนื้อแขน ไหล่ และหลังส่วนบน เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงเลือกแนวทางควบคุมทางวิศวกรรม โดยออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ช่วยยกแบบรอกพวยง เพื่อรองรับน้ำหนักของเครื่องมือ ลดภาระทางกล้ามเนื้อของพนักงาน ดังแสดงใน Figure 21 และ Figure 22

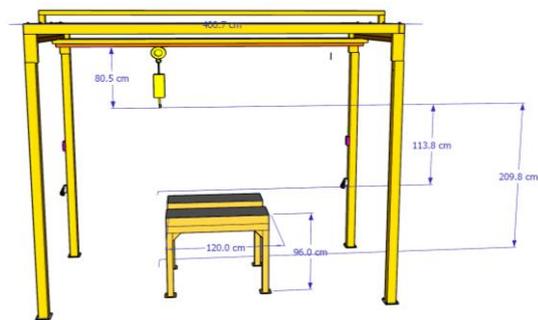


Figure 21 Configuration of a nail gun lifting aid installation for the wooden pallet repair station



Figure 22 Demonstration of nail gun use with lifting assist device (after improvement)

หลังติดตั้งอุปกรณ์ช่วยยกสำหรับปืนยิงตะปู ผลการประเมินท่าทางการทำงานโดยใช้วิธี RULA พบว่าคะแนนลดลงจากระดับเสี่ยงสูงเหลือเพียง 3 ซึ่งจัดอยู่ในระดับความเสี่ยงปานกลาง แสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของการปรับปรุงสถานีงานในการลดภาระทางกล้ามเนื้อและความเสี่ยงด้านการยศาสตร์อย่างชัดเจน (Figure 23)

Step	Body Part Evaluated	Assessment Score
1	Upper arm	2
2	Lower arm	1
3	Wrist	1
4	Wrist twist	1
5	Group A score	2
6	Muscle use in arm or hand	1
7	Force or load on arm or hand	0
8	Final score for arm and wrist	3
9	Neck	2
10	Trunk	2
11	Legs	1
12	Group B score	2
13	Muscle use in legs or feet	1
14	Force or load on legs or feet	0
15	Final score for legs and feet	3
16	Final RULA Score	3
Risk Level		Medium Risk

Figure 23 Results of the RULA ergonomic assessment for nail gun operation task: Post-improvement

4. บทสรุป

จากการศึกษาพบว่า การยกพาเลทจากระดับความสูงที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าดัชนีการยกแบบรวม (Composite Lifting Index, CLI) เท่ากับ 4.09 ซึ่งจัดอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง อย่างไรก็ตาม หลังจากปรับลดจำนวนพาเลทเหลือ 5 ตัว และติดตั้งโต๊ะยกปรับระดับ สามารถลดค่า CLI ลงเหลือ 1.95 และค่าดัชนีการยก (Lifting Index, LI) ของพาเลทลำดับที่ 1-4 เหลือเพียง 1.42 หากเลือกใช้แท่นวางพาเลทแทนโต๊ะยกพบว่าค่า CLI ลดลงเหลือ 2.16 และค่า LI อยู่ในช่วง 1.42-1.64 ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับก่อนการปรับปรุงในส่วนของขั้นตอนการใช้ปืนยิงตะปู ซึ่งพนักงานต้องถืออุปกรณ์ที่มีน้ำหนักต่อเนื่อง ผลการประเมินด้วยวิธี RULA (Rapid Upper Limb Assessment) อยู่ในระดับ 6 ซึ่งแสดงถึงความเสี่ยงสูงที่ควรได้รับการแก้ไขโดยเร็ว ภายหลังจากติดตั้งอุปกรณ์ช่วยยกแบบสปริงบาลานเซอร์ (Spring balancer) คะแนน RULA ลดลงเหลือ 3 และได้รับความพึงพอใจจากพนักงานในระดับ “มาก” ถึง “มากที่สุด” จากผลการดำเนินงานแสดงให้เห็นว่า การออกแบบสถานีงานตามหลักการยศาสตร์ร่วมกับการประเมินเชิงระบบ สามารถช่วยลดความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอาจส่งผลดีต่อการลดต้นทุนด้านสุขภาพ

ในระยะยาว อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาความคุ้มค่าเพิ่มเติม เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในเชิงต้นทุนและประสิทธิผลต่อไป

5. References

- [1] Department of Industrial Promotion. 2019. **Guidelines for Selecting Pallets in the Manufacturing Industry**. Bangkok: Ministry of Industry. (*in Thai*)
- [2] Pongthong, P. 2015. **Logistics Management for Competitive Advantage in the Pallet Rental Business**. Research Report, Ratchaphruek University. (*in Thai*)
- [3] Taweepiriyajinda, S., Jamulitrat, S. and Sungkhapong, A. 2015. Hazardous working posture among non healthcare workers of Naradhiwasrajanakarindra Hospital and prevalence of work-related musculoskeletal disorders (WMSDs). **KKU Research Journal**. 15(2): 80-88. (*in Thai*)
- [4] National Institute for Occupational Safety and Health. 2023. **A Primer Based on Workplace Evaluations of Musculoskeletal Disorders**. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/97-117/default.html>. Accessed 12 May 2025.
- [5] Workmen's Compensation Fund Office. 2024. **Work-Related Injury and Illness Situation 2019-2023**. Bangkok: Workmen's Compensation Fund Office. (*in Thai*)
- [6] Sombatsawat, E. and et al. 2024. Review of physical ergonomics toolkit and assessment techniques for work-related musculoskeletal disorders prevention. **Thai Journal of Ergonomics**. 7(2): 104-119. (*in Thai*)
- [7] Occupational Safety and Health Administration. 1993. **Ergonomics Program Management Guidelines for Meatpacking Plants**. <https://www.osha.gov/publications/OSHA3123>. Accessed 12 May 2025.
- [8] International Labour Office. 2010. **Ergonomic Checkpoints: Practical and Easy-to-Implement Solutions for Improving Safety**. Geneva: International Labour Office.
- [9] McAtamney, L. and Nigel Corlett, E. 1993. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. **Applied Ergonomics**. 24(2): 91-99.
- [10] Waters, T.R. and et al. 1993. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. **Ergonomics**. 36(7): 749-776.
- [11] Middlesworth, M. 2016. **A Step-by-Step Guide to the REBA Assessment Tool**. <https://www.scribd.com/document/721214624/A-Step-by-Step-Guide-to-the-REBA-Assessment-Tool>. Accessed 16 June 2025.
- [12] Kaewyot, P., Chaiklieng, S. and Puntumetakul, R. 2019. Muscle activation assessment and ergonomics risk among lifted operation workers in the industry. **Safety & Environment Review**. 4(2): 62-72. (*in Thai*)
- [13] Department of Labour Protection and Welfare. 2019. **Manual for Improving Manual Material Handling Practices Based on Ergonomic Principles**. Bangkok: Ministry of Labour. (*in Thai*)
- [14] Lertrit, C. 2016. **Improvement of the Workstation of Lathe Operators Using NIOSH Lifting Equation and REBA for Ergonomic Risk Assessment: A Case Study at an Engine Parts Manufacturing Plant**. M.Sc. thesis, Kasetsart University. (*in Thai*)
- [15] Sakprom, P. 2019. **Ergonomic Improvement in the Repellent Moisture Baking Process of Motor Compressor Production**. M.Sc. thesis, Kasetsart University. (*in Thai*)