



การปรับปรุงสถานีนงานตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดอาการปวด การบาดเจ็บกล้ามเนื้อและกระดูกสัน
หลังของพนักงานตาแหน่งยก cell rework ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

นางสาวปัญญพิทย์ อยู่พุ่ม

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การปรับปรุงสถานีนงานตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดอาการปวด การบาดเจ็บกล้ามเนื้อและกระดูกสัน
หลังของพนักงานตำแหน่งยก cell rework ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

นางสาวบุญณพิทย์ อยู่พุ่ม

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองโครงการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การปรับปรุงสถานีนงานตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดอาการปวด การบาดเจ็บกล้ามเนื้อและกระดูกสันหลังของพนักงานตำแหน่ง cell rework ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่เทียมไอออน

โดย นางสาวบุญณพิทย์ อยู่พุ่ม

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้าภาควิชา

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

อาจารย์ที่ปรึกษา

(เปรมพร เขมวูฒม์)

ชื่อ : นางสาวบุญพิทย์ อยู่พุ่ม
 ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การปรับปรุงสถานีนงานตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดอาการ
 ปวด การบาดเจ็บกล้ามเนื้อและกระดูกสันหลังของพนักงาน
 ตำแหน่ง cell rework ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิต
 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน
 สาขาวิชา : วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : เปรมพร เขมวูฒม์
 ปีการศึกษา : 2567

บทคัดย่อ

สารนิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและปรับปรุงสถานีนงานตามหลักการยศาสตร์ เพื่อลด
 อาการปวด การบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังของพนักงานตำแหน่ง cell rework ใน
 โรงงานอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน โดยมีสมมติฐานว่าหลังการปรับปรุงสถานีนงาน ค่า
 Lifting index จะมีค่าน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ วิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วย การสำรวจสภาพ
 ปัญหา และสุขภาพของพนักงานโดยใช้แบบสอบถาม การศึกษารายละเอียดของสถานีนงาน และการ
 ปฏิบัติงาน การวิเคราะห์หาค่า Lifting index ในสภาพการทำงานปัจจุบัน การวิเคราะห์สาเหตุของ
 ปัญหา และปรับปรุงสถานีนงานใหม่ การคำนวณเปรียบเทียบค่า Lifting index ก่อน และหลัง
 ปรับปรุง และการทดลองใช้สถานีนงานใหม่พร้อมสำรวจผล ผลการวิจัยคาดว่าจะสามารถลดอาการ
 ปวดหลัง การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังของพนักงาน เพิ่มประสิทธิภาพในการ
 ทำงาน และเป็นแนวทางในการปรับปรุงสถานีนงานอื่นๆ ให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานของพนักงาน
 ต่อไป

(มีจำนวนทั้งสิ้น xx หน้า)

คำสำคัญ : Lifting index,สถานีนงาน,cell rework

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Miss Punnapit Yoopum

Independent Study Title : ERGONOMIC WORKSTATION IMPROVEMENT FOR
REDUCE PAIN MUSCLE AND SPINAL INJURIES OF
OPERATOR POSITION LIFTING CELL REWORK IN PLANT
PRODUCING LITHIUM-ION BATTERIES

Major Field : Industrial Management Engineering
King Mongkut's University of Technology North
Bangkok

Independent Study Advisor : Premporn Khemavuk

Academic Year : 2024

ABSTRACT

This thesis aims to study and improve the workstation design based on ergonomic principles to reduce pain, muscle injuries, and spinal injuries of employees in the cell rework position at a lithium-ion battery manufacturing plant. The hypothesis is that after the workstation improvement, the Lifting Index (LI) will significantly decrease. The research methodology includes surveying the current problems and health conditions of employees using a questionnaire, studying the details of the workstation and work process, analyzing the Lifting Index in the current working conditions, identifying the causes of the problems, improving the workstation, calculating and comparing the Lifting Index before and after the improvement, and testing the new workstation with a follow-up survey of the results. The research results are expected to reduce back pain, muscle injuries, and spinal injuries of employees, improve work efficiency, and serve as a guideline for improving other workstations to better suit the employees' tasks.

(Total xx Pages)

Keywords: Lifting index, cell rework, workstation

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เปรมพร เขมาวุฒม์ เป็นอย่างสูงที่ทำให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ฉบับนี้ และให้ข้อคิดเห็นรวมถึงคำแนะนำต่างๆ ซึ่งเป็นแนวทางในการจัดทำสารนิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่เสียสละเวลามาเป็นกรรมการคุมสอบสารนิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณ พนักงานทุกท่านในบริษัทที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ที่ให้ความร่วมมือในทุกๆด้านเป็นอย่างดีทั้งการทำงาน ทำแบบสอบถาม และปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานตามคำแนะนำ ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม และเพื่อนๆ นักศึกษา XMIE มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สำหรับความช่วยเหลือ แนวคิด และกำลังใจที่ดี ขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำสารนิพนธ์ในครั้งนี้ทุกท่านสุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดามารดาและบุคคลในครอบครัวทุกท่าน ที่ให้ทุกสิ่งทุกอย่างในชีวิตแก่ข้าพเจ้า และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

บุญณพิทย์ อยู่พุ่ม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง (ถ้ามี).....	ญ
สารบัญรูปภาพ (ถ้ามี).....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 สมมติฐานของงานวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	4
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
1.6 ประโยชน์ของงานวิจัย	4
1.7 แผนการดำเนินงานวิจัย	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ความหมายของการยศาสตร์	6
2.2 กายวิภาคศาสตร์ของกระดูกสันหลัง	7
2.3 อาการปวดหลังส่วนล่าง และสาเหตุของการปวดหลังส่วนล่าง	12

สารบัญ

	หน้า
2.4 ทฤษฎีสรีรวิทยาของกระดูกสันหลังขณะทำการยกวัตถุ	13
2.5 ปัญหาของหมอนรองกระดูก และความดันภายในหมอนรองกระดูก	14
2.6 เทคนิคของการยก และความดันภายในหมอนรองกระดูก	16
2.7 แรงกดที่กระทำต่อกระดูกสันหลังบริเวณ L5/S1	19
2.8 ข้อเสนอแนะในทางปฏิบัติสำหรับการเคลื่อนย้ายสิ่งของด้วยมือ	21
2.9 การประเมินความเสี่ยงโดยใช้สมการ NIOSH	22
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	36
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	37
3.1 ศึกษาสภาพทั่วไปของกระบวนการทำงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัย	39
3.2 ศึกษาการดำเนินงาน และกำหนดขอบเขตของปัญหา	40
3.3 ศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และรวบรวมข้อมูล	40
3.4 ศึกษาสภาพการทำงานปัจจุบันของพนักงาน	40
3.5 วิเคราะห์สถานีการทำงานที่เหมาะสม พร้อมอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการปรับปรุงสถานีการทำงาน	45
3.6 สรุปผล และนำเสนอการวิจัย	46
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	47
4.1 สภาพกิจกรรมก่อนการปรับปรุงการทำงาน	47
4.2 วิธีการแก้ไขและปรับปรุงการทำงาน	51

สารบัญ

	หน้า
4.3 สภาพกิจกรรมหลังการปรับปรุงการทำงาน	86
4.4 บทสรุป	88
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	90
5.1 สรุปผลการดำเนินการวิจัย	90
5.2 ข้อเสนอแนะ	92
บรรณานุกรม.....	93
ภาคผนวก.....	94
ประวัติผู้เขียน.....	114



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1-1	5
2-1	18
2-2	24
2-3	29
2-4	30
2-5	31
2-6	33
4-1	50
4-2	51
4-3	53
4-4	54
4-5	54
4-6	55
4-7	55
4-8	56
4-9	57
4-10	58
4-11	58
4-12	59
4-13	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

[illegible]

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4-25 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 5 ชั้น และยก cell ครึ่งละ 5 cell (ต่อ)	75
4-26 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 5 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อน 5 ชั้น	76
4-27 แสดงค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 5 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อนกันที่ 3 ชั้น, 4 ชั้น และ 5 ชั้น	77
4-28 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้โดยไม่ทำการซ้อนพาเลทและยก cell ครึ่งละ 5 cell	80
4-28 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้โดยไม่ทำการซ้อนพาเลทและยก cell ครึ่งละ 5 cell (ต่อ)	81
4-29 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 5 กิโลกรัม โดยไม่ทำการซ้อนพาเลท	82
4-30 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 2 ชั้น และยก cell ครึ่งละ 5 cell	83
4-30 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 2 ชั้น และยก cell ครึ่งละ 5 cell (ต่อ)	84
4-31 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 5 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อน 2 ชั้น	85
4-32 แสดงค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 5 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อนกันที่ 2 ชั้น, 3 ชั้น, 4 ชั้น และ 5 ชั้น	86

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	.โรคที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานสูงสุด 5 อันดับแรก ในปี พ.ศ. 2562 ถึง พ.ศ. 2566 ตามลักษณะ หรือสภาพของงาน	1
1-2	รายงานการลาของพนักงานประจำเดือนกรกฎาคม 2567	2
1-3	สาเหตุการลาป่วยของพนักงานประจำเดือนกรกฎาคม 2567	3
2-1	กระดูกสันหลัง (วิภาจรรย์, 2537)	7
2-2	ลักษณะของกระดูกหลังส่วนเอวที่ถ่ายจากมุมด้านบน (วิภาจรรย์, 2537)	8
2-3	หมอนรองกระดูก (Unless, 2003)	8
2-4	ตำแหน่งของหมอนรองกระดูกและรากประสาท (Unless, 2003)	9
2-5	กล้ามเนื้อส่วนลาดตัวด้านหลัง (ธวัชชานนท์, 2548)	10
2-6	กล้ามเนื้อส่วนลาดตัวด้านหน้า (ธวัชชานนท์, 2548)	11
2-7	พังผืดและเอ็นยึดข้อต่อของกระดูกสันหลัง (Stewart, 2002)	12
2-8	บริเวณที่เกิดอาการปวดหลังส่วนล่างกระดูก L1-L5 (Stewart, 2002) อาการที่ปรากฏในผู้ป่วยปวดหลังส่วนล่างมีดังต่อไปนี้	12
2-9	ผลกระทบของท่าทางการยกของที่มีต่อความดันภายในหมอนรองกระดูก L3/L4 (Nachemson, 1970)	16
2-10	กราฟการเปลี่ยนผลของแรงดันภายในกระดูกสันหลัง L3/L4 ขณะทำการยกน้ำหนัก 20 กิโลกรัม (Nachemson, 1970)	17
2-11	ลักษณะการเกิดแรงกดบนหมอนรองกระดูกสาเหตุที่ทำให้ค่าความดันภายในหมอนรองกระดูกเพิ่มขึ้นเมื่อมีการงอหลัง (Nachemson, 1970)	18
2-12	แรง และโมเมนต์ที่กระทำบนกระดูกสันหลัง (Chaffin, 1997)	20
2-13	ลักษณะท่าทางการยกที่ถูกต้อง ด้วยการยืนหลังตรง วางเท้าให้ถูกต้อง (Chaffin, 1991)	22
2-14	ตำแหน่งของวัตถุ และมือเท้าของผู้ยกในแนวนอน และแนวตั้ง (ไกรวัชร ชีรเนตร , 2546)	25
2-15	ตำแหน่งของการหมุนเอี้ยวตัวในการจับยกวัตถุ (ไกรวัชร ชีรเนตร , 2546)	26
2-16	แสดงหลักเกณฑ์ในการพิจารณาลักษณะการจับยก	32
2-17	แสดงมุมการบิดเอี้ยวตัว	35

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

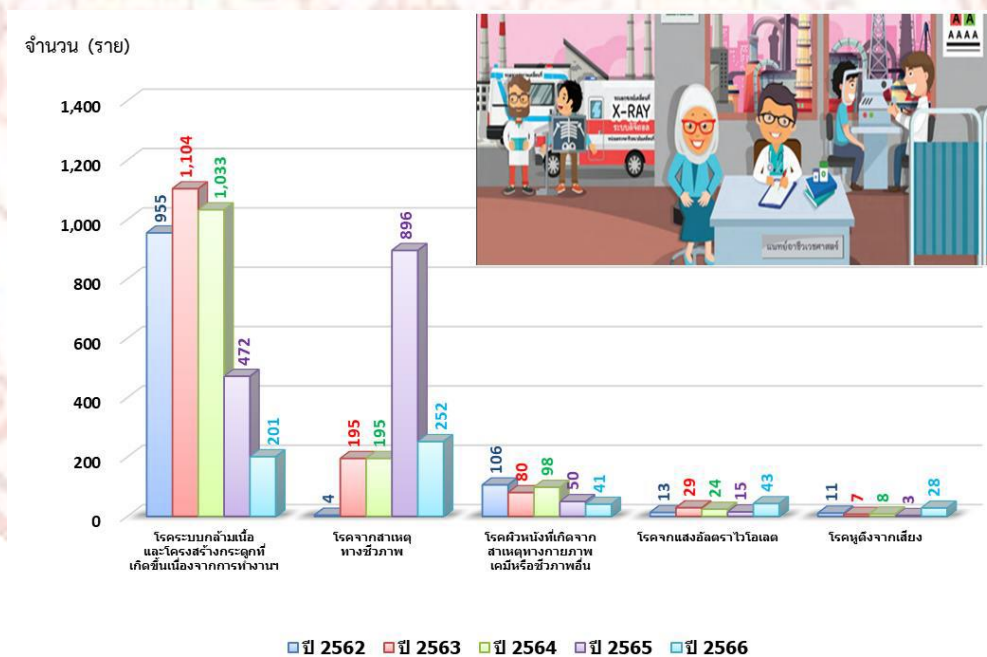
ภาพที่		หน้า
3-1	แผนผังลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย	38
3-2	กระบวนการยก cell rework ของพนักงานที่ไม่เป็นไปตามหลักการยศาสตร์	41
3-3	กระบวนการยก cell rework ของพนักงานที่ไม่เป็นไปตามหลักการยศาสตร์	41
3-4	กระบวนการขนย้าย cell rework ของพนักงาน	41
3-5	แผนภูมิแสดงร้อยละของท่าทางในการยกขึ้นงาน	42
3-6	แผนภูมิแสดงร้อยละของการสอบถามประวัติความเจ็บปวด	43
3-7	แผนภูมิแสดงร้อยละของการสอบถามประวัติช่วงเวลาที่มีความเจ็บปวด	43
3-8	แผนภูมิแสดงร้อยละของการสอบถามประวัติความเมื่อยล้า หรือเจ็บปวดกล้ามเนื้อบริเวณหลังส่วนล่าง ระหว่างทำงาน หรือหลังเลิกงาน	44
3-9	แผนภูมิแสดงร้อยละของการสอบถามประวัติความเมื่อยล้า หรือเจ็บปวดกล้ามเนื้อบริเวณหลังส่วนบน ระหว่างทำงาน หรือหลังเลิกงาน	44
3-10	แผนภูมิแสดงร้อยละของการสอบถามความคิดเห็นของพนักงานหากต้องทำงานภายใต้ความเมื่อยล้า หรืออาการปวดเมื่อยโดยไม่ได้รับการแก้ไขปรับปรุง	45
4-1	ความสูงของ Cell Rework ที่อยู่บนพาเลท	49
4-2	ความสูงของพาเลท	49
4-3	ขั้นตอนการทำงานบางส่วนในเอกสารใบแสดงมาตรฐานการทำงาน	78
4-4	กระบวนการยก cell rework ของพนักงานหลังจากปรับปรุงตามหลักการยศาสตร์	88
4-5	สถานีงานหลังปรับปรุงความสูงให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์	88

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

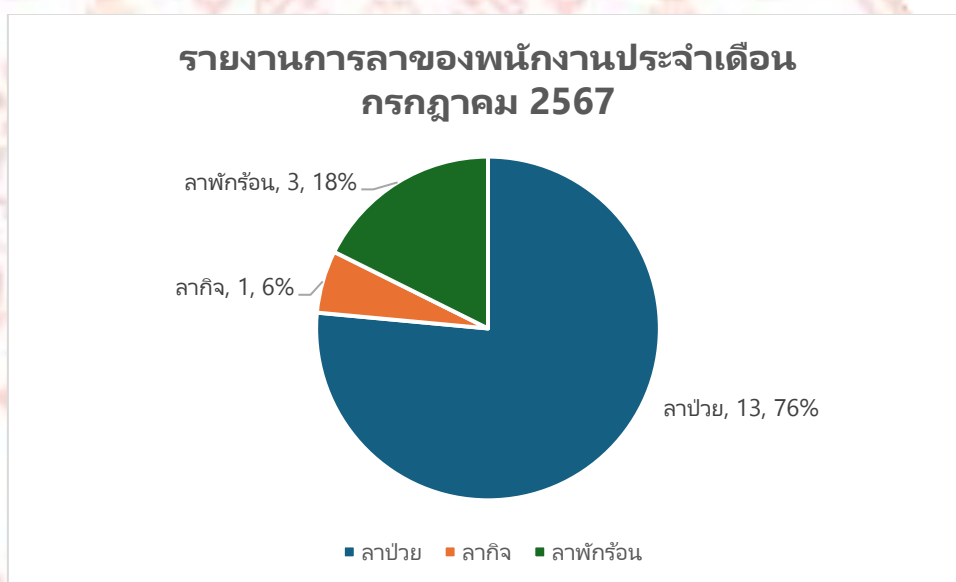
จากข้อมูลสถานการณ์การประสบอันตราย หรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานในปี พ.ศ.2562 ถึงปี พ.ศ. 2566 ของสำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน พบว่าโรคที่เกิดขึ้นตามลักษณะ หรือสภาพของงานที่มีจำนวนการประสบอันตราย หรือเจ็บป่วย เนื่องจากการทำงานสูงสุด 5 อันดับแรก ปี พ.ศ. 2562 ถึงปี พ.ศ. 2566 อันดับที่ 1 คือ โรคระบบกล้ามเนื้อและโครงสร้างกระดูกที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานฯ อันดับที่ 2 คือ โรคจากสาเหตุทางชีวภาพ อันดับที่ 3 คือ โรคผิวหนังที่เกิดจากสาเหตุทางกายภาพเคมี หรือชีวภาพอื่น อันดับที่ 4 คือ โรคจกแสงอัลตราไวโอเล็ต และอันดับที่ 5 คือ โรคหูตึงจากเสียง



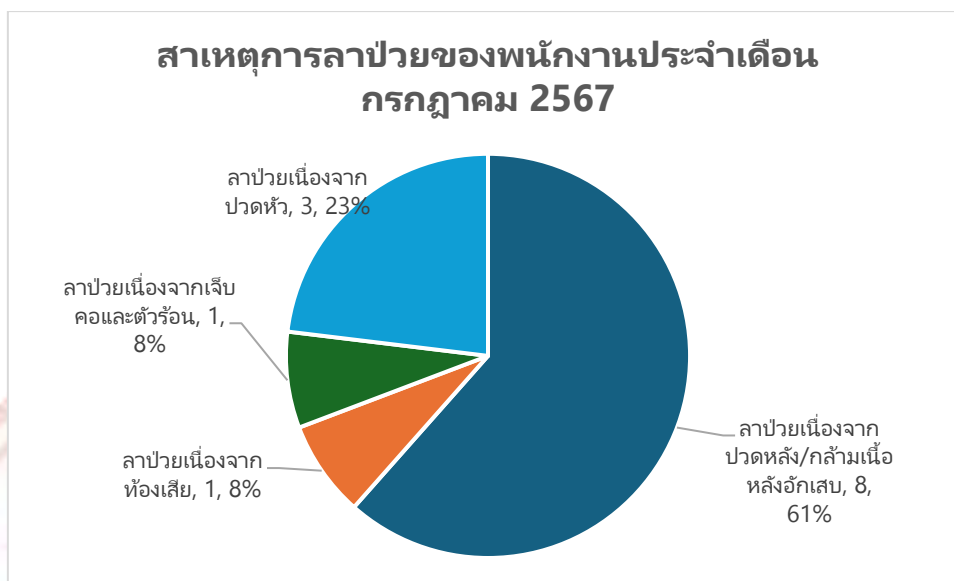
ภาพที่ 1-1 โรคที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานสูงสุด 5 อันดับแรก ในปี พ.ศ. 2562 ถึง พ.ศ. 2566 ตามลักษณะ หรือสภาพของงาน

จากข้อมูลดังกล่าว เมื่อทางผู้วิจัยได้ทำการสำรวจพนักงานในแผนกตนเองซึ่งทำหน้าที่ในการยก และขนย้าย cell rework ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานใหม่ที่เพิ่งเริ่มต้นในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานที่พนักงานจะต้องทำงานในลักษณะท่าทางเดิมซ้ำๆ

ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 5 วันต่อสัปดาห์ และอย่างน้อย 8 ถึง 10 ชั่วโมง 30 นาทีต่อวัน เพื่อยก cell rework จาก pallet ที่วางบนพื้นขึ้นไปวางบนรถเข็นสำหรับขนย้ายก็พบว่า มีพนักงานที่ลาป่วยเนื่องจากเกิดการปวดหลัง กล้ามเนื้อหลังอักเสบ และการบาดเจ็บที่หลังเป็นจำนวนมาก เมื่อเทียบกับสาเหตุการลาป่วยอื่นๆที่เกิดขึ้นภายในเดือนเดียวกัน ซึ่งจากรายงานการลาของพนักงานในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2567 พบว่ามีการลาป่วยจำนวน 13 รายการจากการลาทั้งหมด 17 รายการ คิดเป็น ร้อยละ 76 ของรายการลาทั้งหมด ในขณะที่เดียวกันก็พบว่าในรายการลาป่วยนั้นเป็นการลาป่วยเนื่องจากปวดหลัง หรือกล้ามเนื้อหลังอักเสบ จำนวน 8 รายการจาก 13 รายการคิดเป็นร้อยละ 61 ของการลาป่วย ดังแสดงในภาพที่ 1-2 และ ภาพที่ 1-3



ภาพที่ 1-2 รายงานการลาของพนักงานประจำเดือนกรกฎาคม 2567



ภาพที่ 1-3 สาเหตุการลาป่วยของพนักงานประจำเดือนกรกฎาคม 2567

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษา วิเคราะห์ และปรับปรุงสถานงานเพื่อหาแนวทางในการป้องกันการปวด การบาดเจ็บและการอักเสบของกล้ามเนื้อหลังอันเนื่องมาจากการทำงาน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อพนักงานซึ่งทำหน้าที่ในการยก และขนย้าย cell rework ในแผนก และจากการคำนวณค่า Lifting index ในสถานงานปัจจุบันพบว่าค่า Lifting index หรือค่าดัชนีการยกของพนักงานมีค่าอยู่ที่ 3.213 และ 2.025 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเสี่ยงปานกลาง และมีความเสี่ยงสูงมากซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าการยกนั้นเป็นสาเหตุของอาการปวด และการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังของพนักงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อปรับปรุงน้ำหนักในการยกให้เหมาะสมตามค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำ หรือ RWL ซึ่งเป็นค่าน้ำหนักที่เหมาะสมที่จะยกหรือขนย้ายวัตถุได้โดยไม่เกินขีดจำกัดในการรับน้ำหนักของกล้ามเนื้อหลัง
- 1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบค่า Lifting index ก่อนและหลังปรับปรุงสถานงานที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บบริเวณสันหลัง (กระดูกสันหลัง L5-S1) จากการยก

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

หลังการปรับปรุงสถานีนางานจะทำให้ค่า Lifting index มีค่าน้อยกว่าก่อนปรับปรุงสถานีนางานอย่างมีนัยสำคัญ

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในพนักงานซึ่งทำหน้าที่ในการยก และขนย้าย cell rework ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานใหม่ ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ในจังหวัดฉะเชิงเทรา

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.5.1 สํารวจสภาพปัญหา และสุขภาพของพนักงานในสถานีนางานโดยใช้แบบสอบถาม
- 1.5.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.5.3 ศึกษารายละเอียดของสถานีนางาน และการปฏิบัติงานของพนักงานเพื่อทำการหาค่า Lifting index ในสภาพการทำงานปัจจุบัน
- 1.5.4 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และทำการแก้ไขโดยปรับปรุงสถานีนางานใหม่
- 1.5.5 ทำการคำนวณเปรียบเทียบค่า Lifting index ของสถานีนางานที่ทำการปรับปรุง
- 1.5.6 ทดลองใช้สถานีนางานใหม่ และสํารวจสภาพปัญหา และสุขภาพของพนักงานในสถานีนางานโดยใช้แบบสอบถาม
- 1.5.7 สรุปผลการศึกษา และจัดทำรูปเล่มสารนิพนธ์

1.6 ประโยชน์ของงานวิจัย

- 1.6.1 ลดอาการปวดหลัง การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังอันเนื่องมาจากการทำงานของพนักงานในท่าทาง และสถานีนางานที่ไม่เหมาะสม
- 1.6.2 เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานเนื่องจากลดความเหนื่อยล้าของพนักงานที่ต้องทำงานเพิ่มขึ้นในกรณีที่เพื่อนร่วมงานลาป่วยเนื่องจากการทำงาน
- 1.6.3 เป็นแนวทางในการปรับปรุงสถานีนางานอื่นให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานของพนักงาน

1.7 แผนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1-1 รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

รายการ		ปี พ.ศ. 2567					ปี พ.ศ. 2568		
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1	สำรวจสภาพปัญหา และสุขภาพของพนักงานในสถานงานโดยใช้แบบสอบถาม								
2	ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง								
3	ศึกษารายละเอียดของสถานงาน และการปฏิบัติงานของพนักงานเพื่อทำการหาค่า Lifting index ในสภาพการทำงานปัจจุบัน								
4	วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และทำการแก้ไขโดยปรับปรุงสถานงานใหม่								
5	ทำการคำนวณเปรียบเทียบค่า Lifting index ของสถานงานที่ทำการปรับปรุง								
6	ทดลองใช้สถานงานใหม่ และสำรวจสภาพปัญหา และสุขภาพของพนักงานในสถานงานโดยใช้แบบสอบถาม								
7	สรุปผลการศึกษา และจัดทำรูปเล่มสารนิพนธ์								

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การลดอาการปวด การบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังอันเนื่องมาจากการทำงานของพนักงานในท่าทาง และสถานงานที่ไม่เหมาะสม โดยใช้หลักการทางกายศาสตร์ จำเป็นที่จะต้องศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคน และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบ เพื่อที่จะสามารถนำหลักการทางกายศาสตร์มาประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1 ความหมายของการยศาสตร์

การยศาสตร์ (ergonomics) เป็นคำที่มาจากภาษากรีก คือ "ergon" ที่หมายถึงงาน (work) และอีกคำหนึ่ง "nomos" ที่แปลว่า กฎตามธรรมชาติ (Natural Laws) เมื่อนำมารวมกันจะกลายเป็นคำว่า "ergonomics" หรือ "laws of work" ที่อาจแปลได้ว่ากฎของงาน ซึ่งเป็นศาสตร์ หรือวิชาการที่เป็นการปรับเปลี่ยนสภาพงานให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน หรือเป็นการปรับปรุงสภาพการทำงานอย่างเป็นระบบ

Ergonomics หรือ การยศาสตร์ (เป็นศัพท์บัญญัติของราชบัณฑิตยสถานของไทย) เริ่มใช้ครั้งแรกในประเทศอังกฤษ คำศัพท์นี้ถูกนำมาใช้โดยผู้ที่มีความรู้ด้านการศึกษา และวิทยาศาสตร์ ชาวโปแลนด์ชื่อว่า วอยสึเฮช จาสเซโบรสกี (Wojciech Jastrzebrowski) ระหว่างปี ค.ศ. 1799-1882 โดยคำว่า เออร์โกโนมิกส์ (Ergonomics) ในภาษาอังกฤษ ซึ่งมาจากคำ ภาษากรีก 2 คำมาสนธิกัน

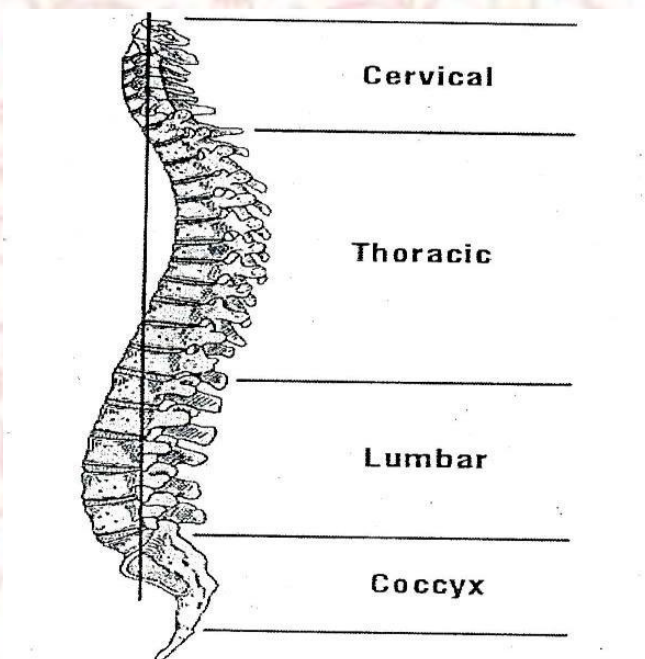
คำจำกัดความของการยศาสตร์หมายถึง การออกแบบสถานที่ในการทำงาน อุปกรณ์ เครื่องจักรกล ผลิตภัณฑ์ สิ่งแวดล้อมและระบบ โดยการนำเอาเรื่องของความสามารถของมนุษย์ในแง่ของลักษณะทางกายภาพ สรีรวิทยา กลศาสตร์ชีวภาพ และด้านจิตวิทยา มาเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาการออกแบบเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพ และประสิทธิผลในระบบงาน ในขณะเดียวกันการออกแบบนั้นจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัย สุขภาพอนามัย และความเป็นอยู่ที่ดีของผู้ปฏิบัติงานนั้นๆ พร้อมกันไปในเวลาเดียวกัน

องค์การแรงงานระหว่างประเทศ (International Labor Organization, ILO) ให้นิยามของการยศาสตร์ หมายถึง การประยุกต์วิทยาการทางด้านชีววิทยาของมนุษย์ และวิศวกรรม ให้เข้ากับคนทำงาน และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน เพื่อให้คนทำงานเกิดความพอใจในงาน และได้ผลผลิตสูงสุด (สสิธร, 2542) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มนุษย์สามารถทำงานหรือใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัย (กิตติ, 2548)

2.2 กายวิภาคศาสตร์ของกระดูกสันหลัง

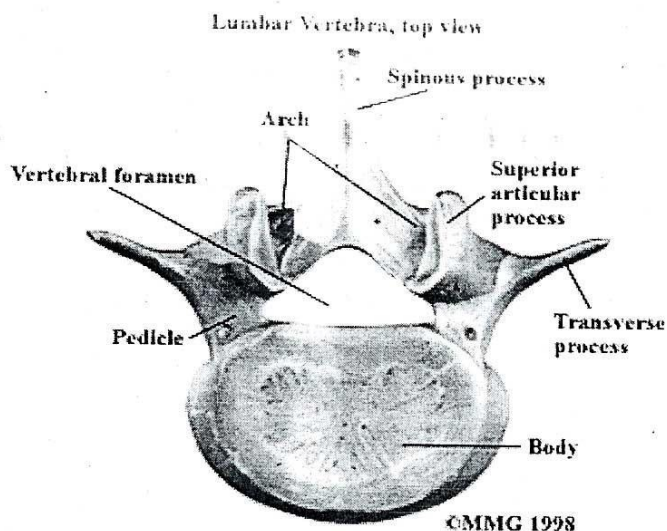
กายวิภาคของกระดูกสันหลังจะเป็นแท่งวางเรียงต่อกัน 33 ชิ้น (วิภาจรีย์, 2537) ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ คือ กระดูกสันหลัง ทาหน้าที่เป็นแกนของร่างกายประกอบด้วยกระดูกสันหลังจำนวน 26 ชิ้น ดังแสดงในภาพที่ 2-1 เป็นภาพที่แสดงกระดูกสันหลังของมนุษย์ ซึ่งแบ่งกระดูกสันหลังออกเป็น

1. กระดูกสันหลังส่วนคอ (Cervical) 7 ชิ้น
2. กระดูกสันหลังส่วนอก (Thoracic) 12 ชิ้น
3. กระดูกสันหลังส่วนเอว (Lumbar) 5 ชิ้น
4. กระดูกกระเบนเหน็บ (Sacrum) 1 ชิ้น
5. กระดูกก้นกบ (Coccyx) 1 ชิ้น



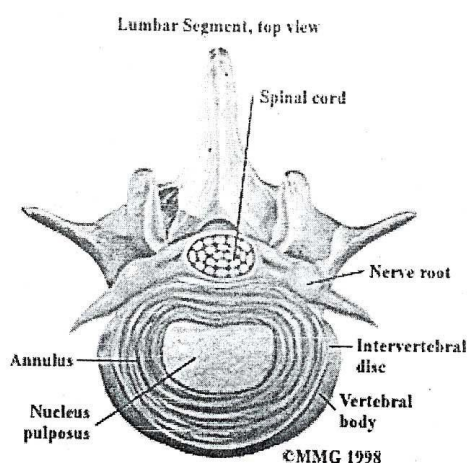
ภาพที่ 2-1 กระดูกสันหลัง (วิภาจรีย์, 2537)

จากภาพเป็นภาพที่แสดงลักษณะของกระดูกสันหลังส่วนเอว ที่ถ่ายจากมุมด้านบนซึ่งกระดูกสันหลังแต่ละชิ้นของหลัง จะเชื่อมต่อกันด้วยหมอนรองกระดูก ดังแสดงในภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 ลักษณะของกระดูกหลังส่วนเอวที่ถ่ายจากมุมด้านบน (วิภาจรรย์, 2537)

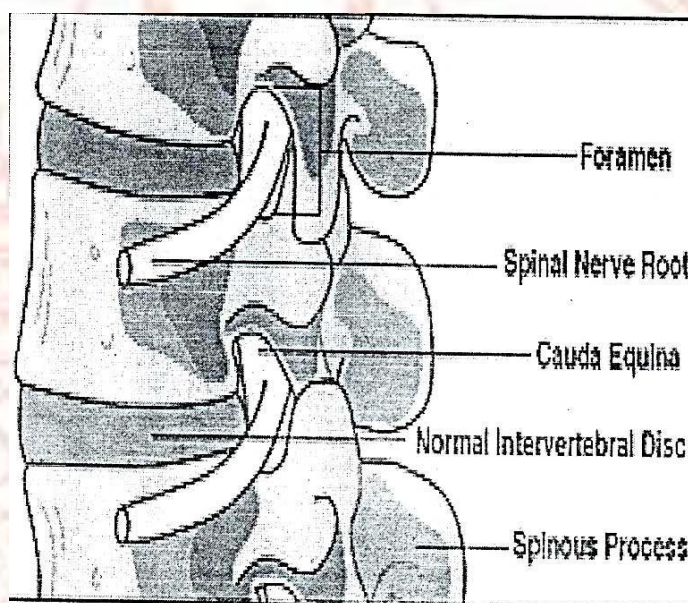
หมอนรองกระดูก (Intervertebral Disc) ทำหน้าที่เป็นตัวรองรับแรงกระแทกตามแนวดิ่ง และ ยังทำหน้าที่ในการทำให้เกิดการเคลื่อนไหว ระหว่างกระดูกสันหลังแต่ละอันได้ ทำให้คนเราสามารถที่ก้มเงย และบิดตัวได้ หมอนรองกระดูกมีรูปร่างคล้ายโดนัท ประกอบด้วย 2 ชั้น ชั้นนอกเหนียวหนาน ชั้นในอ่อนนุ่ม ซึ่งเป็นรูปที่แสดงลักษณะและตำแหน่งของหมอนรองกระดูก (Smith, 1997) ดังแสดงในภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 หมอนรองกระดูก (Unless, 2003)

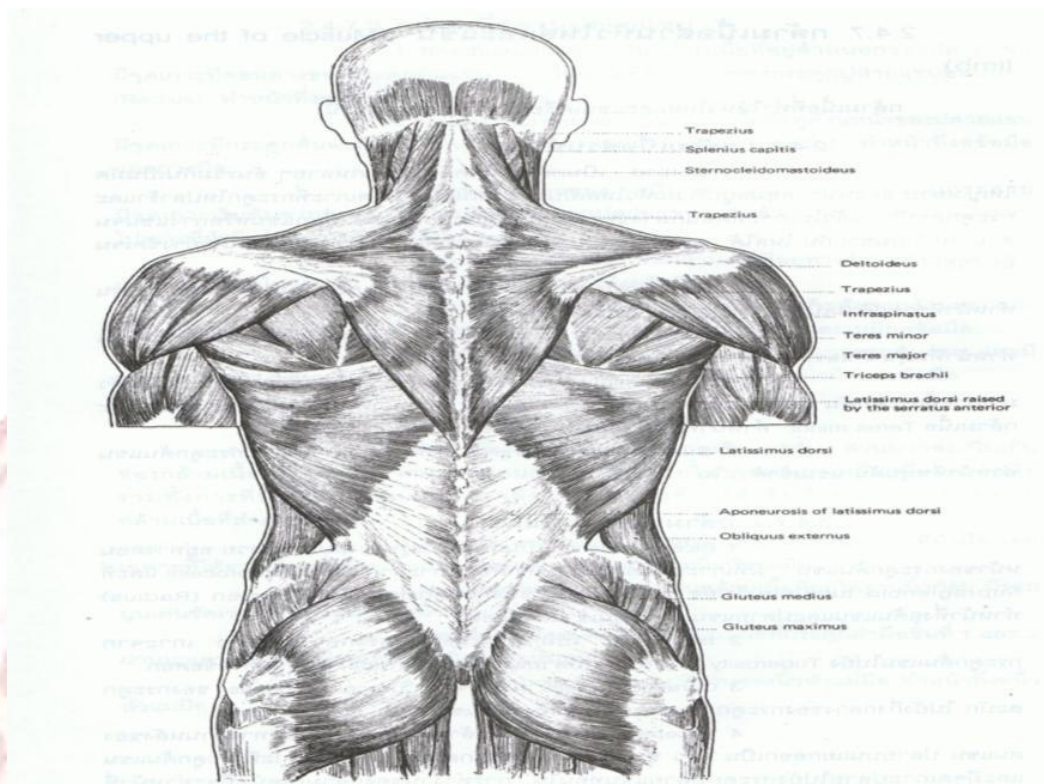
ตำแหน่งของหมอนรองกระดูก จะคั่นอยู่ระหว่างกระดูกสันหลังแต่ละชั้น ส่วนประกอบที่สำคัญของหมอนรองกระดูก คือ น้ำพบได้ร้อยละ 80 ตั้งแต่แรกเกิด เมื่อมีอายุมากขึ้นก็จะเกิดอาการเสื่อมปริมาณน้ำลดลง มีการแข็งตัวของหมอนรองกระดูก ซึ่งเป็นไปตามวัยทำให้คนแก่มีความสูงลดลง

ไขสันหลัง (Spinal Cord) และเส้นประสาท (Nerve Roots) เส้นประสาทไขสันหลังทำหน้าที่เชื่อมระหว่างสมองกับอวัยวะอื่นๆ โดยออกจากสมองแล้ววิ่งในช่องกระดูกสันหลังผ่านกระดูกคอ กระดูกส่วนนอก และสิ้นสุดที่กระดูกเอวส่วนล่าง ดังนั้นหากได้รับอุบัติเหตุที่คอ และกระดูกส่วนเอว อาจจะทำให้เส้นประสาทไขสันหลังได้รับอันตรายจนเกิดอาการอัมพาต เนื่องจากกระดูกส่วนเอว (lumbar Spine) ไม่มีเส้นประสาทไขสันหลัง แต่มันเป็นที่รวมของรากประสาท (Nerve Roots) ซึ่งรากประสาทจะออกผ่านทางรูระหว่างกระดูกซึ่งเป็นจุดที่อ่อนแอที่สุดและเป็นจุดที่หมอนกระดูกมักจะกดทับ ดังแสดงในภาพที่ 2-4

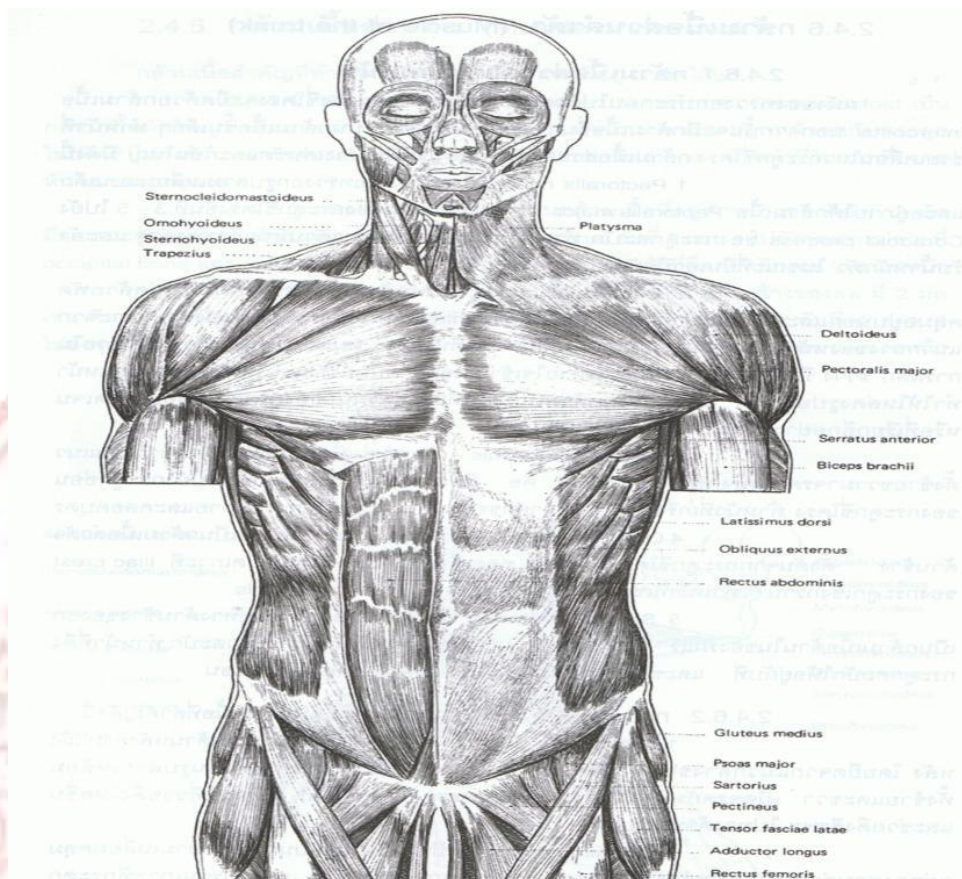


ภาพที่ 2-4 ตำแหน่งของหมอนรองกระดูกและรากประสาท (Unless, 2003)

กล้ามเนื้อหลังและหน้าท้อง จะทำหน้าที่ประคับประคองกระดูกสันหลังโดยเฉพาะกล้ามเนื้อบริเวณเอว จะเป็นกล้ามเนื้อที่สำคัญในการเดิน การนั่ง และการยก กล้ามเนื้อบริเวณหลัง ดังแสดงในภาพที่ 2-5 และกล้ามเนื้อบริเวณหน้าท้อง ดังแสดงในภาพที่ 2-6

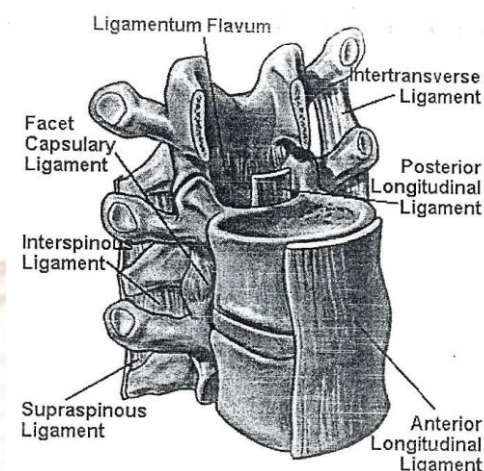


ภาพที่ 2-5 กล้ามเนื้อส่วนลาตัวด้านหลัง (รัชชานนท์, 2548)



ภาพที่ 2-6 กล้ามเนื้อส่วนลำตัวด้านหน้า (รัวชานนท์, 2548)

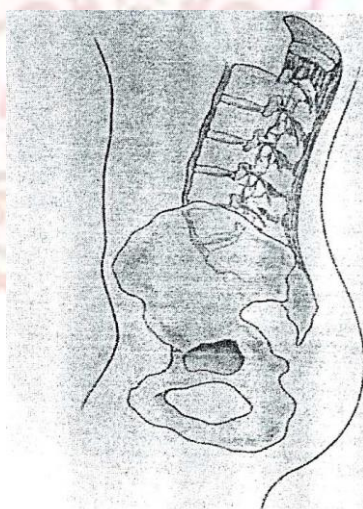
พังผืด และเอ็นยึดข้อต่อของกระดูกสันหลัง (Ligament Support) เอ็นยึดข้อต่อเหล่านี้มีความยืดหยุ่นสูง มีทั้งทอดตามยาวทางด้านหน้าของกระดูกสันหลัง (Anterior Longitudinal Ligament) ช่วยจำกัดการแอ่นไปข้างหลังของกระดูกสันหลัง และทอดตามยาวทางด้านหลัง (Posterior Longitudinal Ligament) ช่วยจำกัดการงอของกระดูกสันหลัง นอกจากนี้ยังมีเอ็นยึดตามส่วนต่างๆ ของกระดูกสันหลัง ซึ่งเอ็นยึดข้อต่อเหล่านี้มีปลายประสาทรับความรู้สึกอยู่ด้วย ฉะนั้น ถ้าถูกยึด หรือหดมากเกินไป จะทำให้เกิดอาการปวดหลังได้ ดังแสดงในภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 พังผืดและเอ็นยึดข้อต่อของกระดูกสันหลัง (Stewart, 2002)

2.3 อาการปวดหลังส่วนล่าง และสาเหตุของการปวดหลังส่วนล่าง

2.3.1 อาการปวดหลังส่วนล่าง (Stewart, 2002) เป็นการปวดหลังบริเวณบั้นเอว เกิดขึ้นเมื่อมีการพยาธิสภาพที่โครงสร้างทั้งหมดของกระดูกสันหลัง ส่วนบั้นเอว และบริเวณกระดูกกระเบนเหน็บ (Lumbar Sacral) ที่มีปลายประสาทอยู่โดยโครงสร้างเหล่านี้ได้แก่ กล้ามเนื้อ เอ็นยึดกระดูก (Ligament) ส่วนต่างๆ ข้อต่อที่สำคัญ คือข้อฟาเซต (Facet) และหมอนรองกระดูกสันหลัง (Intervertebral Disc) อาการที่เด่นชัด จะพบกล้ามเนื้อบริเวณหลังหดเกร็ง และข้อต่อกระดูกสันหลังยึดติด มีอาการปวดเฉพาะที่แบบตื้อๆ ลึกๆ ปวดตึงบางครั้งขยับตัวได้น้อยหรือไม่ได้เลย บริเวณที่เกิดอาการปวดหลังส่วนล่าง ดังแสดงในภาพที่ 2-8



ภาพที่ 2-8 บริเวณที่เกิดอาการปวดหลังส่วนล่างกระดูก L1-L5 (Stewart, 2002)

อาการที่ปรากฏในผู้ป่วยปวดหลังส่วนล่างมีดังต่อไปนี้

2.3.1.1. ปวดหลังเพียงอย่างเดียว

2.3.1.2. ปวดหลังและมีอาการปวดขาาร่วมด้วย โดยไม่มีอาการกดทับเส้นประสาท

2.3.1.3. ปวดหลังและมีอาการปวดขา รวมทั้งมีอาการกดทับเส้นประสาท

การนั่งจะทำให้มีการการปวดมากขึ้น ในขณะที่การยืน หรือการเดิน จะทำให้อาการปวดลดน้อยลง อาการแสดงของการปวดหลังส่วนล่าง มักจะตรวจพบว่าการก้มหลังส่วนเอว ทำให้อาการปวดเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่การแอ่นหลังส่วนเอวทำให้อาการปวดลดลงไป การป้องกันการปวดหลังส่วนล่างทำได้โดยการให้ความรู้ด้านการยศาสตร์ร่วมกับการประเมินอัตราเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์

2.3.2 การศึกษาสาเหตุการปวดหลังส่วนล่างจากการทงานพบว่าสาเหตุจากการเพิ่มแรงกดลงไปบนกระดูกสันหลัง ซึ่งเกิดขึ้นได้จากสาเหตุดังต่อไปนี้

2.3.2.1. การทำงานที่ต้องใช้แรงกายมาก

2.3.2.2. การทำงานที่อยู่ในท่าเดียวเป็นเวลานาน

2.3.2.3. งานที่ต้องก้มตัว และ บิดเอี้ยวตัวบ่อย

2.3.2.4. งานที่มีการยก และเคลื่อนไหวด้วยแรงมาก

2.3.2.5. งานที่ต้องเคลื่อนไหวในท่าทางซ้ำไปซ้ำมา

2.3.2.6. การทำงานในท่าโก่งโค้ง

2.3.2.7. การทำงานในสภาพงานที่มีความสั่นสะเทือน

สาเหตุของการปวดหลังส่วนล่างที่เหตุทางเชิงกลอันเนื่องมาจากการยก การก้ม การบิดหลังทำให้เกิดอันตรายต่อ Annular Ligament แล้วเกิดการเสื่อมสภาพตามมา จนกระทั่งเกิดการยื่น หรือเลื่อนของ Nucleus Palposus และสุดท้ายเกิดโรคหมอนรองกระดูกเสื่อม (Degenerative Disc Disease) และไขสันหลังตีบ (Spinal Stenosis)

2.4 ทฤษฎีสรีรวิทยาของกระดูกสันหลังขณะทำการยกวัตถุ

2.4.1 มีการศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับสรีรวิทยาของกระดูกสันหลังเมื่อทำการยกวัตถุไว้ดังนี้

2.4.1.1. กระดูกเชิงกรานควรหมุนกลับก่อนที่กระดูกสันหลังส่วนล่างจะหมุนกลับเพื่ออยู่ในสภาพตัวตรง

2.4.1.2. ช่วงสะโพก และเข่า ควรมีการงอเล็กน้อย

2.4.1.3. ควรยกวัตถุขึ้นๆ ขึ้นมาถือไว้ใกล้ลำตัว

2.4.1.4. ขณะยัดตัวกลับมาอยู่ในท่าตรง ไม่ควรหมุน หรือเอี้ยวหลังส่วนล่าง

2.4.2 การเคลื่อนไหวทุกแบบต้องประสานสอดคล้องกัน ความเร็ว ความแรง และทิศทางในการเคลื่อนไหวต้องเหมาะสมกับงานที่ทำ โดยระบบประสาทส่วนกลางของคนเราจะต้องจัดการให้ปัจจัยต่อไปนี้มีความเหมาะสมพอดีกัน คือ

- 2.4.2.1. ขนาดของวัตถุที่จะยก
- 2.4.2.2. น้ำหนักของวัตถุที่จะยก
- 2.4.2.3. ตำแหน่งของร่างกายในการยกของนั้นๆ จากเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุด
- 2.4.2.4. ความเร็วในการยก
- 2.4.2.5. ลักษณะการท่าที่เข้าที่คาดการณ์ไว้
- 2.4.2.6. ตำแหน่งของร่างกายขณะทำการยก

แม้ว่าเราจะได้ก้มลงยกวัตถุใดๆ นายแพทย์แคลเลียมก็ยังเสนอแนะไว้ว่า เวลาที่เราก้มตัวลงเราต้องงอตัว และยืดตัวขึ้นให้เหมือนกับเวลาที่เรทำการยกของ นายแพทย์แคลเลียมเชื่อว่า หากเราสามารถปฏิบัติตามแนวทางที่แนะนำนี้ได้เป็นประจำ การก้มตัว โน้มตัว การยก และการยืดตัวกลับสู่สภาพตัวตรงก็จะเป็นไปอย่างถูกวิธีเสมอ

2.5 ปัญหาของหมอนรองกระดูก และความดันภายในหมอนรองกระดูก

2.5.1 ปัญหาของหมอนรองกระดูก เป็นที่ทราบกันดีว่าลำสันหลัง (The Vertebral Column: Spine) มีรูปร่างส่วนโค้งที่มีลักษณะคล้ายตัว S ที่ยึดออกคือ บริเวณอกจะมีการโค้งลงเล็กน้อย เราเรียกส่วนโค้งนี้ว่า Hypnosis ลักษณะเช่นนี้ทำให้กระดูกสันหลังสามารถรับแรงกระแทกในขณะวิ่งและกระโดดได้ดี น้ำหนักที่กดลงบนลำสันหลังจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นจากบนลงล่าง และจะมากที่สุดที่กระดูกสันหลังส่วนเอวท่อนสุดท้าย (L5) ตามที่ได้กล่าวไปแล้วว่าระหว่างกระดูกสันหลังแต่ละท่อนจะถูกคั่นด้วยหมอนรองกระดูก การเสื่อมของหมอนรองกระดูกส่วนแรกเริ่มจากการยุบตัวของหมอนรองกระดูก ส่วนที่ซึ่งปกติมีโครงสร้างที่เป็นเส้นใยเหนียวเป็นวงรอบ และเรียงกันเป็นชั้นการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวกับการสูญเสีย น้ำ เป็นผลให้ชั้น หรือวงของเส้นใยที่กล่าวข้างต้นเริ่มเปราะ และมีโอกาสแตกหักง่ายขึ้น ความแข็งแรงลดน้อยลง การเสื่อมของหมอนรองกระดูกในช่วงแรกนี้ทำให้เกิดการแบนมากขึ้น ความแข็งแรงของมันจะลดน้อยลง การทำงานของกระดูกสันหลัง หรือแม้แต่การเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลัง ภายใต้อาการเหล่านี้การกระทำของแรงที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย เช่น การยกน้ำหนัก การโน้มตัวไปข้างหน้า อาจจะกระตุ้นการปวดหลัง และเอวได้เร็วขึ้น

เมื่อมีการเสื่อมของหมอนรองกระดูกมากขึ้น แรงที่เกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดบนลำสันหลัง อาจจะทำให้ของเหลวภายในถูกฉีดออกตามบริเวณที่เกิดโป่งพองของชั้นเส้นใยที่ห่อหุ้มอยู่ และ

เช่นเดียวกับการโป่งพองนี้อาจไปกดทับบนเส้นประสาทของสันหลัง (The Spinal Cord) ที่วิ่งผ่านบริเวณนั้น นี่คือนี่สิ่งที่เกิดขึ้นในกรณีของการเลื่อนของหมอนรองกระดูก หรือการโป่งพองของหมอนรองกระดูก การกดทับเส้นประสาท การแคบลงของพื้นที่ระหว่างกระดูกสันหลัง การบีบออก หรือถูกฉีกออกของของเหลวภายในที่บริเวณรอยต่อของเนื้อเยื่อ และเอ็น (Ligaments) ของข้อต่อต่างๆ ในบริเวณนั้น คือสาเหตุของความเจ็บปวดต่างๆ การบีบเกร็งของกล้ามเนื้อ และอาการอัมพาตรวมทั้ง Lumbago และ Sciatica ซึ่งเป็นอาการที่มักจะปรากฏรวมอยู่ในอาการเสื่อมของหมอนรองกระดูก

เพื่อเป็นการศึกษา และทำนายผลล่วงหน้าของการบาดเจ็บที่จะเกิดขึ้น การค้นหาวิธีประเมินความเสี่ยงของการบาดเจ็บของหลัง เนื่องจากการเสื่อม และถูกทำลายลงของหมอนรองกระดูกจึงถูกนำมาใช้ ซึ่งปัจจุบันมี 3 วิธีการ ที่นิยมนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินความเสี่ยงของหลังจากการยกของ คือ

2.5.1.1. การวัดความดันภายในหมอนรองกระดูก

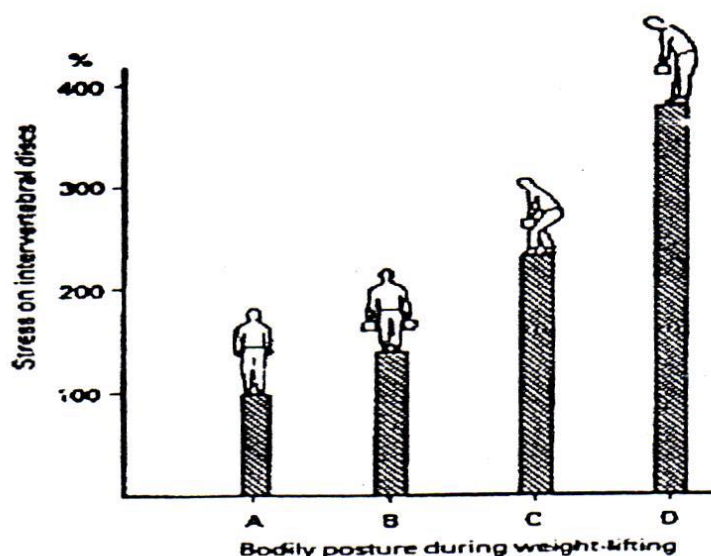
2.5.1.2. เทคนิคทางชีวกลศาสตร์ในการทำนายแรงกดบนกระดูกสันหลัง

2.5.1.3. การวัดความดันภายในช่องท้อง (Intra-Abdominal Pressure)

2.5.2 ความดันภายในหมอนรองกระดูก

ในสวีเดน (Nechemson and Andersson, 1974) ได้ทำการศึกษาค่าแรงดันภายในหมอนรองกระดูกที่เกิดขึ้นจากการทำงานในท่าทางต่างๆ กัน โดยจะวัดในคนที่มีชีวิตจำนวนทั้งหมด 9 คน ซึ่ง 2 คน จะเป็นคนที่มีปัญหาเกี่ยวกับหลัง และอีก 7 คนนั้นมีสุขภาพดี

จากรูปเห็นได้ชัดว่าค่าของความดันภายในหมอนรองกระดูกจะสูงขึ้นเมื่อน้ำหนักของการยกมีมากขึ้น และจะยิ่งมีค่าสูงมากขึ้นเมื่อท่าทางในการยกมีลักษณะที่งอหลัง หรือโน้มตัวมาทางด้านหน้า ทั้งนี้เพราะการงอหลังยกของในขณะที่หัวเข่ายืดตรง จะทำให้เกิดแรงกระทำภายในเนื่องจากกล้ามเนื้อหลังในการรักษาท่าทางการงอหลังนั้น ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2-9 ซึ่งจะทำให้เกิดแรงกดกระทำบนหมอนรองกระดูกมากโดยเฉพาะในบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว



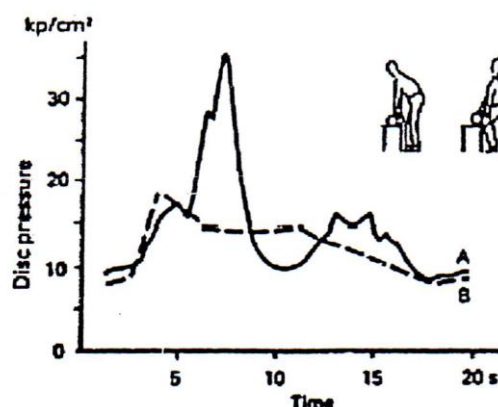
ภาพที่ 2-9 ผลกระทบของท่าทางการยกของที่มีต่อความดันภายในหมอนรองกระดูก L3/L4
(Nachemson, 1970)

2.6 เทคนิคของการยก และความดันภายในหมอนรองกระดูก

จากภาพที่ 2-10 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของความดันภายในหมอนรองกระดูกในขณะที่ยกของ เปรียบเทียบใน 2 ลักษณะท่าทาง

จากการศึกษาแสดงให้เห็นชัดว่าการยกของในลักษณะที่งอหลัง จะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความดันภายในหมอนกระดูกอย่างรวดเร็ว และทันที และความดันที่เกิดขึ้นมีค่าเกินกำลังที่จะรับได้ โดยเฉพาะในส่วนของเส้นใย (The Fibrous Ring)

ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ยังยืนยันว่าบุคคลที่มีการเสื่อม หรือมีปัญหาเกี่ยวกับหมอนรองกระดูกต้องเผชิญกับการบาดเจ็บอย่างรุนแรง และรวดเร็ว และอาจถึงขั้นอัมพาตได้ ซึ่งอาการเหล่านี้ถูกกระตุ้น หรือเร่งจากแรงที่กดลงบนหมอนรองกระดูกอย่างแรงในทันทีทันใด ซึ่งความเสี่ยงส่วนหนึ่งมาจากวิธีทำงานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายสิ่งของอย่างไม่ชำนาญ (Nachemson, 1970)



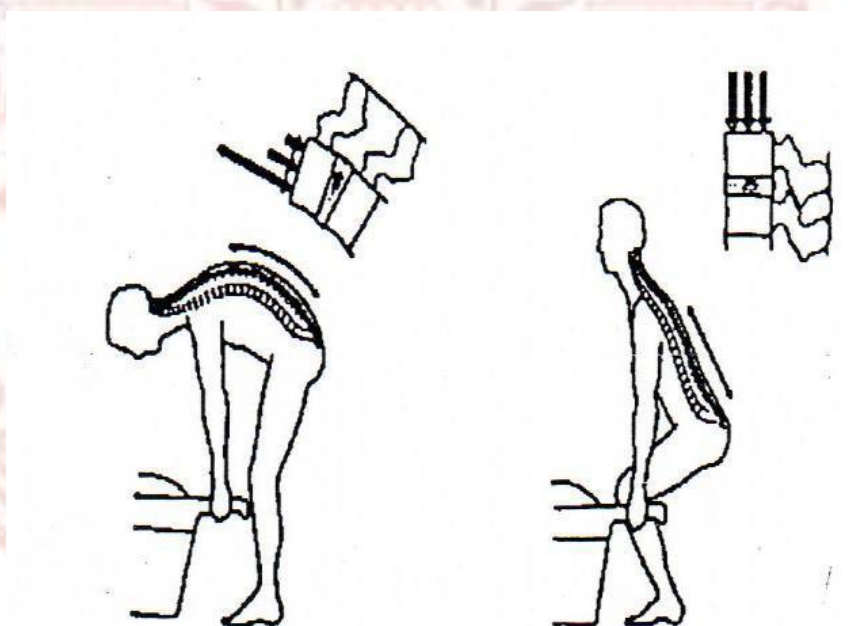
ภาพที่ 2-10 กราฟการเปลี่ยนแปลงของแรงดันภายในกระดูกสันหลัง L3/L4 ขณะทำการยกน้ำหนัก 20 กิโลกรัม (Nachemson, 1970)

บุคคลที่ก้มหลังมากๆ จนกระทั่งลำตัวส่วนบนอยู่ในแนวระดับกับพื้น จะเป็นผลทำให้เกิดความดันอย่างรุนแรงบนหมอนรองกระดูกสันหลังส่วนเอว น้ำหนักเฉลี่ยของลำตัวส่วนบนจะประมาณ 45 kg โดยถ้าคิดระยะห่างของจุดศูนย์กลางมวลของลำตัวส่วนบนห่างจากกระดูกสันหลังส่วนเอวมีประมาณ 350 มม. ซึ่งจะเป็นผลทำให้เกิดโมเมนต์ที่มีขนาดประมาณ 1000-2000 Nm (Nachem, 1970)

ค่าที่แน่นอนของความดันบนหมอนรองกระดูกแต่ละอัน เมื่ออยู่ในท่าทางการทำงานต่างๆ กันแสดงไว้ในตารางที่ 2-1 ลักษณะการเกิดแรงกดบนหมอนรองกระดูกสาเหตุที่ทำให้ค่าความดันภายในหมอนรองกระดูกเพิ่มขึ้นเมื่อมั่งอหลัง สาเหตุหนึ่งเนื่องจากการเปลี่ยนความโค้งของหมอนรองกระดูก ดังแสดงในภาพที่ 2-11

ตารางที่ 2-1 แรงกดบนหมอนรองกระดูกระหว่าง L3/L4 ในท่าการทำงานต่างๆ (Nachem, 1970)

Posture/activity	N
Standing upright	860
Walking slowly	920
Bending trunk sideways 20°	1,140
Rotating trunk about 45°	1,140
Bending trunk forwards 30°	1,470
Bending trunk forwards 30°, supporting weight of 20 kg	2,400
Standing upright holding 20 kg (10 kg in each hand)	1,220
Lifting 20 kg with bent back and knees straight	2,100
Lifting 20 kg with bent back and knees straight	3,270



ภาพที่ 2-11 ลักษณะการเกิดแรงกดบนหมอนรองกระดูกสาเหตุที่ทำให้ค่าความดันภายในหมอนรองกระดูกเพิ่มขึ้นเมื่อมีการงอหลัง (Nachemson, 1970)

2.7 แรงกดที่กระทำต่อกระดูกสันหลังบริเวณ L5/S1

การคำนวณทางชีวกลศาสตร์ในงานยกวัตถุในภาวะสถิตระนาบหน้า-หลัง (Sagital-Plane) ของ (Morris, 1961) ซึ่งได้มีการคำนวณแรงกดที่กระทำต่อกระดูกสันหลังบริเวณ L5/S1 Disc และ โมเมนต์ที่เกิดบริเวณ L5/S1 Disc จากวัตถุ ดังนั้น จากการสมดุลโมเมนต์ ณ จุด L5/S1 แสดงดังภาพที่ 2-13

กำหนดให้

F คือ แรงของกล้ามเนื้อ Erector spine ทำหน้าที่พยุงลำตัวขณะยกวัตถุ

b คือ ระยะในแนวราบจาก L5/S1 disc ถึงจุดศูนย์ถ่วงของลำตัว

h คือ ระยะในแนวราบจาก L5/S1 disc ถึงจุดศูนย์กลางของลำตัว

e คือ แรงของกล้ามเนื้อ Erector spine มายัง L5/S1 disc

D คือ แรงของกล้ามเนื้อ Erector spine มายัง L5/S1 disc

F_A คือ แรงของกล้ามเนื้อ Erector spine มายัง L5/S1 disc

mg_{load} คือ แรงของกล้ามเนื้อ Erector spine มายัง L5/S1 disc

mg_{bw} คือ แรงของกล้ามเนื้อ Erector spine มายัง L5/S1 disc

$$\Sigma M_{L5/S1} = 0 \quad (2-1)$$

$$b(mg_{bm}) + h(mg_{load}) - D(F_A) - E(F_M) = 0 \quad (2-2)$$

$$F_M = [b(mg_{bm}) + h(mg_{load}) - D(F_A)] / E \quad (2-3)$$

$$\Sigma F_{press\ force} = 0 \quad (2-4)$$

$$\sin \alpha mg_{bm} + \sin \alpha mg_{load} - F_A + F_M + F_C = 0 \quad (2-5)$$

จากสมการ (2-3) และ (2-5) สามารถคำนวณหา F_C ได้

$$F_C = \sin \alpha mg_{bm} + \sin \alpha mg_{load} - F_A + F_M \quad (2-6)$$

กำหนดให้

Q_H คือ มุมที่ร่างกายท่อนบนทำมุมกับแนวราบ (องศา)

Q_T คือ มุมที่ต้นขาทำมุมกับแนวราบ (องศา)

M_H คือ โมเมนต์ที่เพิ่มขึ้นรอบๆ จุดหมุนที่สะโพก (N-M)

เมื่อ

$$M_H = b (mg_{bm}) + h(mg_{load}) \quad (2-9)$$

b คือ ความยาวแขนของโมเมนต์น้ำหนักตัวส่วนที่เหลืออยู่จุดหมุนที่สะโพกขึ้นไปซึ่งเท่ากับ

ระยะตั้งฉากระหว่างศูนย์กลางมวลของลำตัวส่วนบนถึงจุดหมุนสะโพก (Hip Joint)

หน่วยเป็นเมตร : m

h คือ ความยาวโมเมนต์น้ำหนักวัตถุในมือซึ่งเท่ากับระยะที่ตั้งฉากจากจุดกึ่งกลางมือถึงจุด

หมุนสะโพก (Hip Joint) หน่วยเป็นเมตร : m

สำหรับพื้นที่หน้าตัดของช่องท้องนั้น นักวิจัยหลายท่านได้กำหนดค่าที่ต่างกันไปได้แก่ การกำหนดให้พื้นที่หน้าตัดช่องท้องนั้นมีค่าประมาณ 465 ตารางเซนติเมตร และการประมาณพื้นที่หน้าตัดช่องท้อง โดยเฉลี่ย 483 ตารางเซนติเมตร

การหัตถ์สถิติของกล้ามเนื้อจะต้องไม่เกิน 5% MVE และการหัตถ์มัธยฐานจะต้องไม่เกิน 14% MVC ส่วนการหัตถ์สูงสุดของกล้ามเนื้อจะต้องไม่เกิน 70% MVE

2.8 ข้อเสนอแนะในทางปฏิบัติสำหรับการเคลื่อนย้ายสิ่งของด้วยมือ

กฎต่อไปนี้จะถูกพิจารณาภายใต้ประสบการณ์ขั้นพื้นฐาน โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อเสนอแนวทางการทำงานเกี่ยวกับการยกของซึ่งมีดังนี้

2.8.1. จับชิ้นงาน และยกขึ้นในลักษณะดังนี้

2.8.1.1 ยืนหลังให้ตรง

2.8.1.2 งอเข่าลงเพื่อลดระดับร่างกาย

2.8.2. ประคองให้ชิ้นงานอยู่ใกล้ลำตัวมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

2.8.2.1 จับชิ้นงานให้แน่นและควรให้อยู่ระหว่างหัวเข่า

2.8.2.2 วางเท้าให้เหมาะสม ดังแสดงในภาพที่ 2-17



ภาพที่ 2-13 ลักษณะท่าทางการยกที่ถูกต้อง ด้วยการยืนหลังตรง วางเท้าให้ถูกต้อง (Chaffin, 1991)

2.9 การประเมินความเสี่ยงโดยใช้สมการ NIOSH

NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health) เป็นหน่วยงานทางสาธารณสุขอุตสาหกรรมในสหรัฐอเมริกา ที่ทำหน้าที่หลักเกี่ยวกับการศึกษาวิจัยทางด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย และจัดทำข้อเสนอแนะต่างๆ ในการปฏิบัติงานเพื่อป้องกันการบาดเจ็บเนื่องจากการทำงาน (Work-related injury and illness) NIOSH ยังทำการตรวจสอบอันตรายทางด้านต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้จากการทำงาน ให้คำแนะนำในการออกข้อกำหนดกฎหมายที่เกี่ยวข้องเสนอแนะมาตรการใช้สารพิษ และระดับของสารเคมีที่ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งเรียกว่า ค่าปริมาณขีดจำกัดของสารที่แนะนำ (Recommended Exposure Limits, RELs) นอกจากนี้ที่ดังกล่าวข้างต้น NIOSH ยังเสนอวิธีการในการวิเคราะห์และประเมิน ปัจจัยเสี่ยงด้านการยศาสตร์ในสถานที่ทำงานที่มีลักษณะการทำงานที่ต้องมีการยกขนย้ายวัตถุด้วยแรงคน ซึ่งวิธีการดังกล่าวรู้จักกันในนามว่า สมการการยกของ NIOSH (NIOSH lifting equation)

NIOSH ได้เสนอสมการการยกครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1981 ต่อมา NIOSH ได้มีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงสมการดังกล่าวให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น และในปี ค.ศ. 1991 จึงได้เสนอสมการการยกที่มีการปรับปรุงใหม่ (Revised NIOSH lifting equation) ซึ่งสมการนี้ก็ได้มีการนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบันนี้

สมการการยกของ NIOSH ใช้ในการประเมินสภาพการยก และเคลื่อนย้ายสิ่งของด้วยแรงกายของผู้ปฏิบัติงาน โดยพิจารณาความสามารถในการใช้แรงกล้ามเนื้อของมนุษย์รวมถึงความสำคัญของปัจจัยที่เกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับงานยกนั้นๆ การประเมินโดยใช้สมการการยกของ NIOSH จะใช้ประเมินได้ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัด ดังต่อไปนี้

1. ลักษณะการยก: ต้องเป็นการยกหรือขนย้ายด้วยมือทั้งสองข้าง ยกทางด้านหน้าของลำตัว มือทั้งสองข้างอยู่ในระดับเดียวกัน วัตถุสิ่งของที่จะเคลื่อนย้ายมีขนาดไม่กว้างมากเกินไปและมีการกระจายน้ำหนักไปยังมือทั้ง 2 ข้างเท่าๆ กันสมการนี้ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการยกด้วยมือเพียงข้างเดียว การยกที่มีระยะเวลาทำงานมากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน งานยกในท่าทางนั่ง หรือคุกเข่า การยกในบริเวณที่มีพื้นที่จำกัดคับแคบ งานยกสิ่งของที่ไม่มั่นคง งานยกในลักษณะที่มีการฉุดกระชาก การดึง หรือการลาก งานยกที่ใช้ความเร็วในการเคลื่อนไหวสูง การใช้รถเข็นหรือการขุดเจาะ

2. สภาพของสถานที่ปฏิบัติงาน: สภาพแวดล้อมในที่ทำงานควรอยู่ที่อุณหภูมิระหว่าง 19-27 °C ความชื้นระหว่าง 35-50% นอกจากนั้นสภาพของพื้นผิวที่ยืนทำงานจะต้องอยู่ในสภาพราบเรียบ หรือเย็นได้อย่างมั่นคง และผู้ปฏิบัติงานสวมใส่รองเท้าที่มีพื้นรองเท้าที่เหมาะสม ถ้าสภาพแวดล้อมในการทำงานอยู่นอกเหนือช่วงหรือลักษณะดังกล่าว อาจเป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดอาการบาดเจ็บได้

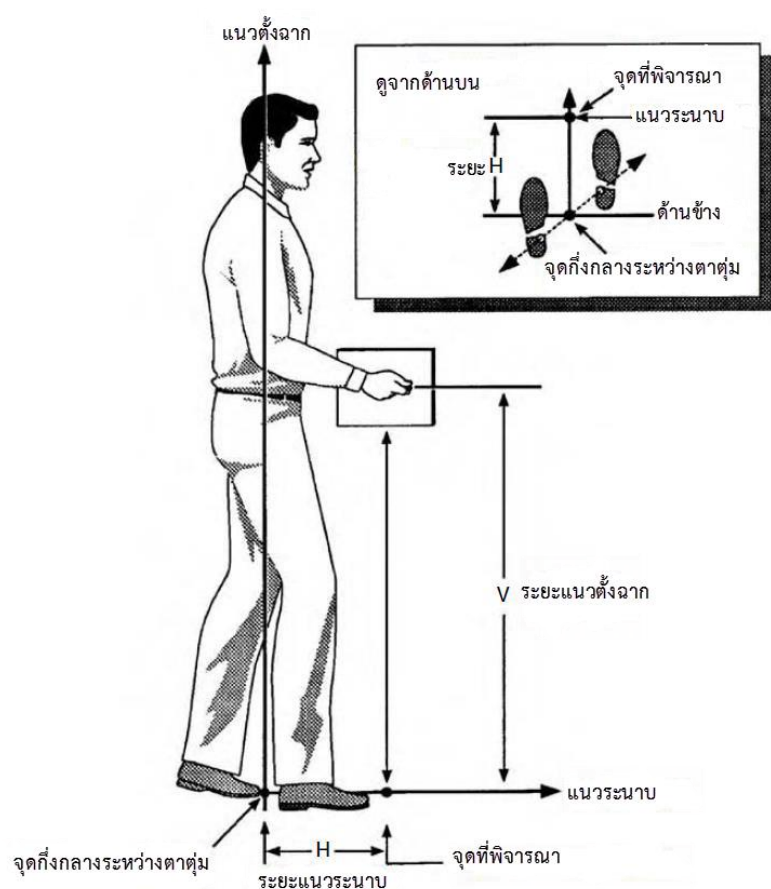
ในการใช้สมการการยกนี้ถ้าลักษณะงานและสภาพของการทำงานไม่ได้อยู่ภายใต้สถานการณ์หรือเงื่อนไขดังกล่าว อาจส่งผลให้การประมาณค่าอันตรายที่ได้ต่ำกว่าความเป็นจริงได้ ดังนั้นจึงต้องสำรวจให้แน่ใจก่อนที่จะประยุกต์ใช้สมการนี้ สมการการยกของ NIOSH จะทำการประเมินโดยพิจารณาตามหลักการที่ว่า น้ำหนักของวัตถุสิ่งของที่ทำการยก (Load weight) จะต้องมีค่าไม่เกินค่าความสามารถของกล้ามเนื้อในท่าทางที่เหมาะสมของร่างกายหรือขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำ (Recommended Weight Limit, RWL) โดยอัตราส่วนของน้ำหนักที่ยกกับขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำนี้เรียกว่า ดัชนีการยก (Lifting Index, LI) รายละเอียดของการคำนวณค่าต่างๆของสมการการยกของ NIOSH มี 3 ขั้นตอนหลักดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การวัดค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

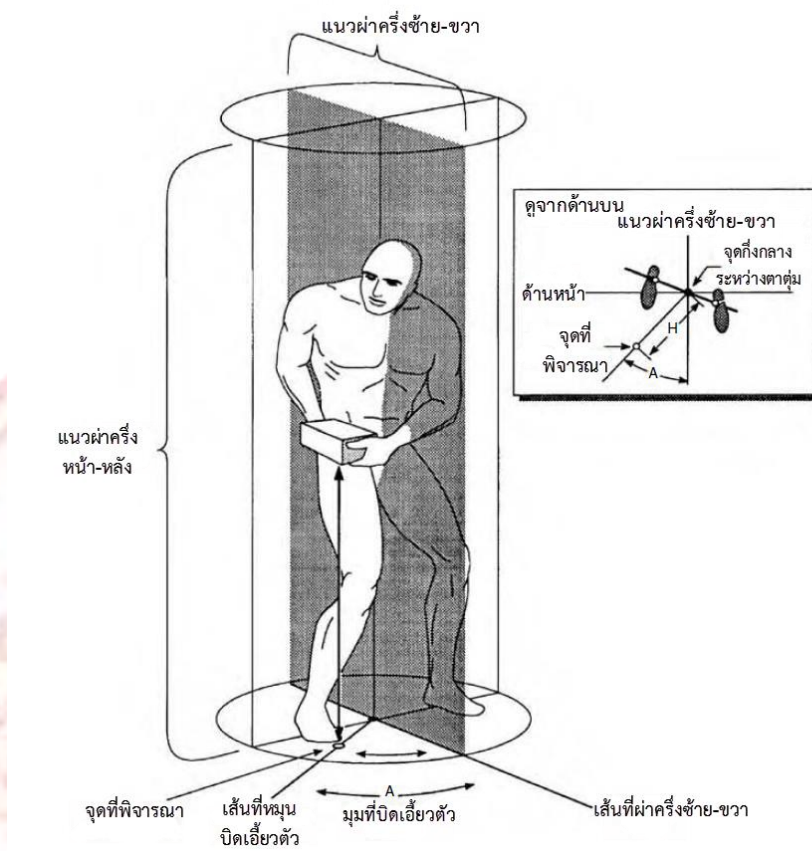
การคำนวณตามสมการการยกของ NIOSH ต้องมีการวัดค่าตัวแปรต่างๆที่ต้องใช้ในสมการโดย ตัวแปรและวิธีการในการวัดแสดงในตาราง 2-2 และภาพที่ 2-18

ตารางที่ 2-2 แสดงตัวแปรที่ใช้ในสมการการยกของ NIOSH

ตัวแปร	คำเต็ม	ความหมาย (หน่วย)
L	Load weight	น้ำหนักจริงของวัตถุที่ยก (กก.)
H	Horizontal location	ระยะในแนวนอนจากกึ่งกลางของผู้ยกหรือกึ่งกลางหลังถึงกึ่งกลางของวัตถุที่ถูกยกหรือวัดจากระยะในแนวนอนบนพื้นจากจุดกึ่งกลางกระดูกข้อเท้า(ตาตุ่ม) ด้านใน ไปยังจุดกึ่งกลางข้อนิ้วมือที่จับยก (ซม.)
V	Vertical location	ระยะในแนวดิ่งจากมือถึงพื้น (ซม.)
D	Vertical travel distance	ระยะห่างในแนวดิ่งจากจุดที่ยกถึงตำแหน่งวัตถุ (ซม.)
A	Asymmetry angle	มุมของการเอี้ยวตัว (องศา)
F	Lifting frequency	ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งของการยกใน 1 นาที (ครั้ง/นาที)
W	Work duration	ระยะเวลาทำงาน (ชม.)
C	Coupling classification	ลักษณะการจับยึด (ดี/พอใช้/ไม่ดี)



ภาพที่ 2-14 ตำแหน่งของวัตถุ และมือเท้าของผู้ยกในแนวนอน และแนวตั้ง (ไกรวัชร ชีรเนตร , 2546)



ภาพที่ 2-15 ตำแหน่งของการหมุนเอี้ยวตัวในการจับยกวัตถุ (ไกรวัชร ชีเรนทร , 2546)

ขั้นตอนที่ 2 : การคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำ

ค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำ (RWL) เป็นค่าน้ำหนักที่เหมาะสมที่จะยกหรือขนย้ายได้โดยไม่เกินขีดจำกัดในการรับน้ำหนักของกล้ามเนื้อหลัง โดยค่า RWL ที่ได้เปรียบเสมือนค่าน้ำหนักที่มีความใกล้เคียงกับสถานะของผู้ปฏิบัติงานที่มีสุขภาพดีโดยทั่วไป ซึ่งสามารถยกขนย้ายได้อย่างปลอดภัยในช่วงเวลาการทำงานปกติคือ ไม่เกิน 8 ชั่วโมงต่อวัน ค่า RWL ได้มาจากการคำนวณโดยใช้ สมการดังนี้

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \quad (2-10)$$

โดย

LC = ค่าคงที่ของน้ำหนัก (กก.)

HM = ตัวคูณปัจจัยระยะห่างจากศูนย์กลางของวัตถุที่ยกกับร่างกายของผู้ยก (ในแนวนอน)

VM = ตัวคูณปัจจัยความสูงในแนวดิ่งของระยะจากมือของผู้ยกถึงพื้น

DM = ตัวคูณปัจจัยระยะทางการยก (ระยะทางในแนวดิ่งจากจุดที่ยกไปยังจุดที่วางวัตถุ)

FM = ตัวคูณปัจจัยความถี่ในการยก ซึ่งต้องพิจารณาระยะเวลาการทำงานยกพร้อมด้วย

AM = ตัวคูณปัจจัยมุมของการเอี้ยวตัว

CM = ตัวคูณปัจจัยลักษณะหรือความถนัดในการจับยึดชิ้นงาน

การหาค่าตัวแปรในสมการการยกของ NIOSH มีรายละเอียดที่ต่างกันระหว่างการคำนวณในระบบเมตริก (Metric) และระบบอเมริกัน (U.S. customary) ในหนังสือเล่มนี้จะอธิบายการคำนวณตามระบบเมตริกเป็นหลัก ดังนี้

1. Load Constant (LC) เป็นค่าคงที่ของน้ำหนักโดยการคำนวณจะใช้เป็น 23 กิโลกรัม ซึ่งค่านี้เป็นค่าน้ำหนักที่สามารถยกได้อย่างปลอดภัยสำหรับคนทั่วไป

2. Horizontal Multiplier (HM) เป็นตัวคูณปัจจัยระยะห่างจากศูนย์กลางของวัตถุที่ยกกับร่างกายของผู้ยก โดยระยะห่างดังกล่าวจะอยู่ในแนวนอนหรือแนวนอน คำนวณมาจากสมการ

$$HM = 25/H \quad (2-11)$$

โดย

H = ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางของวัตถุถึงกึ่งกลางของผู้ยก (ซม.)

ค่า H (Horizontal location) หมายถึงระยะในแนวนอนจากกึ่งกลางผู้ยก หรือกึ่งกลางหลังถึงกึ่งกลางวัตถุที่ถูกยก หรืออาจจะวัดจากระยะในแนวนอนบนพื้นจากจุดกึ่งกลางกระดูกข้อเท้า (ตาตุ่ม) ด้านในไปยังจุดกึ่งกลางข้อนิ้วมือที่จับยกวัตถุสิ่งของนั้น (จุดศูนย์กลางของน้ำหนัก) ค่า H กำหนดให้มีค่าน้อยที่สุดคือ 25 ซม. (ในกรณีที่วัดแล้วค่า H ที่ได้มีค่าน้อยกว่า 25 ซม. จะให้ปรับเป็น 25 ซม.) และค่า H ที่มากที่สุดจะไม่เกิน 63 ซม. ซึ่งโดยปกติแล้วถ้าเกินระยะดังกล่าว จะไม่สามารถยกของขึ้นลงได้อย่างสมดุล การประมาณค่า H มาจากสมการ

ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$ (2-12)

ในกรณีที่ $V < 25$ ซม. ใช้ $H = 25 + W/2$ (2-13)

โดย

V = ระยะในแนวดิ่งจากมือถึงพื้น (ซม.)

W = ความกว้างของวัตถุที่ยก (ซม.)

3. Vertical Multiplier (VM) เป็นค่าตัวคูณปัจจัยด้านความสูงในแนวดิ่ง โดยค่า VM จะมี 2 ค่าคือ ที่จุดเริ่มต้น และจุดสุดท้ายของการยกและค่า VM จะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 การคำนวณค่า VM จะคำนวณจากสมการ

$$VM = 1 - (0.003|V - 75|) \quad (2-14)$$

โดย

V = ระยะในแนวดิ่งจากมือถึงพื้น (ซม.)

ค่า V (Vertical location) หมายถึงระยะห่างในแนวดิ่งจาก (แนวดิ่ง) จากมือที่จับยกวัตถุถึงพื้น โดยจะวัดระยะในแนวดิ่งจากพื้นไปยังจุดกึ่งกลางระหว่างมือ (ข้อนิ้วกลาง) ที่จับยกวัตถุ ค่า V จะมีค่าต่ำสุดคือ ศูนย์ นั่นหมายถึง วัตถุตั้งอยู่บนพื้น และมีค่าสูงสุดไม่เกิน 175 ซม. กรณีที่ ค่า V เกิน 175 ซม. จะให้ค่า VM เป็นศูนย์นั้นคือไม่สามารถยกสิ่งของได้

4. Distance Multiplier (DM) เป็นค่าตัวคูณปัจจัยด้านระยะทางการยกนั้น คือ ระยะทางในแนวดิ่งจากจุดที่ยกไปยังจุดที่วางวัตถุ โดยค่า DM มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$DM = 0.82 + (4.5/D) \quad (2-15)$$

โดย

D = ระยะห่างในแนวดิ่งจากจุดที่ยกถึงตำแหน่งที่วางวัตถุ (ซม.)

ค่า D (Vertical travel distance) หมายถึงระยะห่างในแนวดิ่งจากจุดที่ยกถึงตำแหน่งที่วางวัตถุ โดยค่า D สามารถคำนวณได้จากผลลบของค่า V ณ จุดเริ่มต้นที่จับยกวัตถุ และค่า V ณ จุดที่วางวัตถุในการคำนวณจะใช้ค่า D ที่อยู่ในช่วง 25-175 ซม. กรณีที่น้อยกว่า 25 ซม. ให้

ใช้ค่า D เป็น 25 ซม. และถ้ามากกว่า 175 ซม. ค่า DM จะมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งทำให้ค่า RWL มีค่าเป็นศูนย์ด้วยนั่นคือไม่สามารถเคลื่อนย้ายวัตถุนี้ได้ การประมาณค่าของค่า DM สามารถเปิดค่าได้จากตารางดังแสดงในตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 ตารางแสดงค่า DM

D (ซม.)	DM
≤ 25	1
40	0.93
55	0.9
70	0.88
85	0.87
100	0.87
115	0.86
130	0.86
145	0.85
160	0.85
175	0.85
≥175	0

5. Asymmetry Multiplier (AM) เป็นค่าตัวคูณปัจจัยด้านมุมของการเอี้ยวตัว สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$AM = 1 - (0.0032A) \quad (2-16)$$

โดย

A = มุมของการเอี้ยวตัว (องศา)

ค่า A (Asymmetry angle) เป็นค่ามุมของการบิดเอี้ยวตัวของผู้ยกซึ่งถือว่าเป็นท่าทางที่มีความเสี่ยงต่อการปวดเมื่อย ดังนั้นจึงเป็นอิริยาบถที่ควรหลีกเลี่ยง ค่ามุม A วัดจากเส้นใน

แนวนอนที่ลากมาชนกันของเส้นที่ลากมาจากจุดกึ่งกลางระหว่างกระดูกข้อเท้า (ตาตุ่ม) ด้านใน และเส้นที่ลากมาจากจุดกึ่งกลางมือ (ข้อนิ้วกลาง) ที่จับยวดยัตถ์ ถ้าเส้นสองเส้นนี้ทับกันถือว่าเป็นท่าทางที่เป็นธรรมชาติ แขนอยู่ชิดด้านหน้าของลำตัวโดยไม่มีการบิดเอี้ยวลำตัว หัวไหล่ และขา ค่า A จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0° ถึง 135° ถ้าค่ามากกว่า 135° จะให้ค่า AM เป็นศูนย์ ซึ่งผลให้ RWL เป็นศูนย์นั้นคือไม่สามารถยกหรือเคลื่อนย้ายวัตถุได้ ค่า AM สามารถหาค่าโดยการเปิดจากตารางดังแสดงในตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 ตารางแสดงค่า AM

A (องศา)	AM
0	1
15	0.95
30	0.9
45	0.86
60	0.81
75	0.76
90	0.71
105	0.66
120	0.62
135	0.57
>135	0

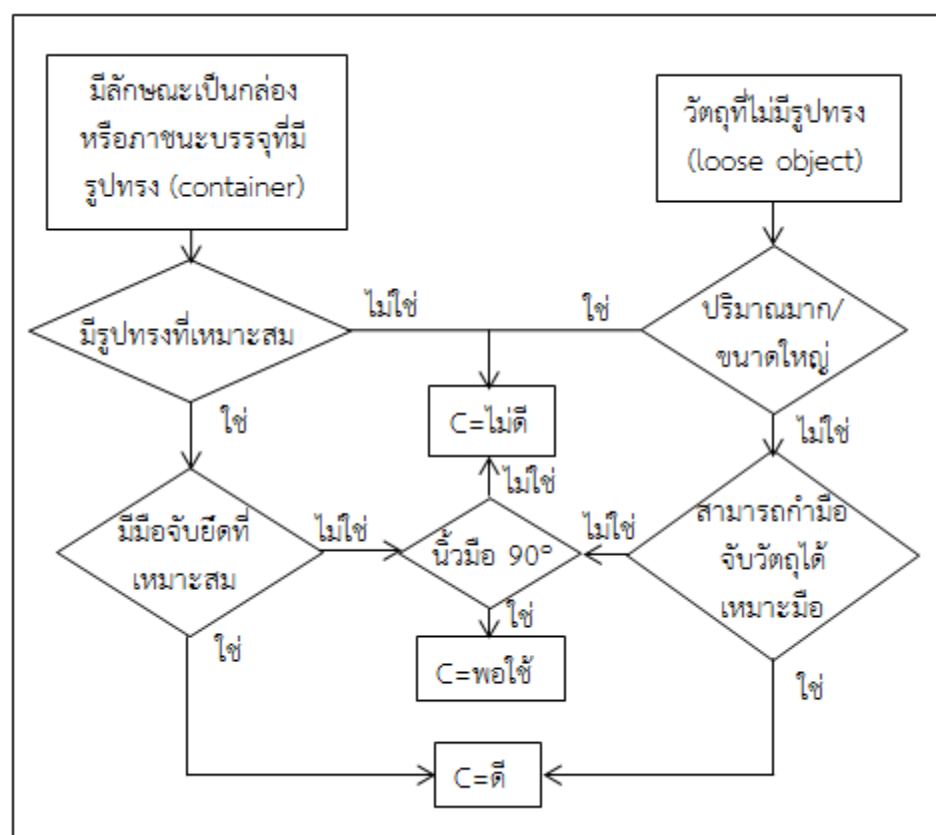
6. Frequency Multiplier (FM) เป็นค่าตัวคูณปัจจัยความถี่ในการยก ค่า FM จะหามาจากค่า F (Lifting frequency) ซึ่งคือ ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งในการยกวัตถุในเวลา 1 นาที มีหน่วยเป็น ครั้ง/นาที นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาถึงช่วงเวลาในการทำงาน (Work duration) และระยะในแนวดิ่งจากมือถึงพื้น (V) โดยค่า F จะมีค่าไม่เกิน 15 ครั้ง/นาที ถ้า F มากกว่า 15 ครั้ง/นาที จะได้ค่า FM เป็นศูนย์ ส่วนค่า V จะเป็น 2 ระดับคือ (1) น้อยกว่า 75 ซม. และ (2) มากกว่าหรือเท่ากับ 75 ซม. สำหรับค่าช่วงเวลาในการทำงานจะแบ่งเป็น 3 ช่วงคือ (1) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ชม. (2) มากกว่า 1 ชม. แต่ไม่เกิน 2 ชม. (3) มากกว่า 2 ชม. แต่ไม่

เกิน 8 ชม. จะเห็นว่าในกรณีที่ผู้ยกต้องทำงานมากกว่า 8 ชม. จะไม่สามารถใช้สมการการยกของ NIOSH ในการประเมินความเสี่ยงได้ ค่า FM สามารถเปิดได้จากตารางดังแสดงในตารางที่ 2-5 โดยค่าความถี่ (F) ที่น้อยกว่า 0.2 ครั้ง/นาทีก่อน หมายถึงความถี่ในการยกน้อยกว่า 1 ครั้งใน 5 นาที

ตารางที่ 2-5 ตารางแสดงค่า FM

ความถี่ (F) (ครั้ง/นาทีก่อน)	ระยะเวลาทำงาน (work duration, W)					
	W ≤ 1 ชม.		1 ชม. < W ≤ 2 ชม.		2 ชม. < W ≤ 8 ชม.	
	V < 75 ซม.	V ≥ 75 ซม.	V < 75 ซม.	V ≥ 75 ซม.	V < 75 ซม.	V ≥ 75 ซม.
≤0.2	1	1	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5	0.8	0.8	0.6	0.6	0.35	0.35
6	0.75	0.75	0.5	0.5	0.27	0.27
7	0.7	0.7	0.42	0.42	0.22	0.22
8	0.6	0.6	0.35	0.35	0.18	0.18
9	0.52	0.52	0.3	0.3	0	0.15
10	0.45	0.45	0.26	0.26	0	0.13
11	0.41	0.41	0	0.23	0	0
12	0.37	0.37	0	0.21	0	0
13	0	0.34	0	0	0	0
14	0	0.31	0	0	0	0
15	0	0.28	0	0	0	0
>15	0	0	0	0	0	0

7. Coupling Multiplier (CM) เป็นปัจจัยตัวคูณด้านความถนัด หรือ ลักษณะในการจับยึด มีค่าระหว่าง 0.9 ถึง 1 โดยประเมินจากวัตถุที่ยกกว่ามีการออกแบบให้ง่ายหรือ ยากต่อการยก ซึ่งลักษณะการจับยกที่ดีจะช่วยลดการออกแรงในการจับยกวัตถุนั้นๆ ซึ่งจะทำให้ ค่า RWL สูงขึ้นด้วย ลักษณะการจับยก (Coupling classification, C) แบ่งเป็น 3 ระดับคือ ดี พอใช้ และไม่ดี โดยมีหลักการในการพิจารณา ดังแสดงในภาพที่ 2-20 และในส่วนการหาค่า CM สามารถ เปิดได้จากตารางดังแสดงในตารางที่ 2-6



ภาพที่ 2-16 แสดงหลักเกณฑ์ในการพิจารณาลักษณะการจับยก

ตารางที่ 2-6 ตารางแสดงค่า CM

ลักษณะการจับยก	CM	
	V < 75 ซม.	V ≥ 75 ซม.
ระดับดี	1	1
ระดับปานกลาง	0.95	1
ระดับไม่ดี	0.9	0.9

ขั้นตอนที่ 3 : การคำนวณค่าดัชนีการยก (Lifting Index, LI)

ดัชนีการยก (LI) เป็นดัชนีชี้วัดที่ใช้บ่งบอกถึงระดับความเครียดของการยกจากสภาพงานยกที่นำมาวิเคราะห์ ค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากสมการ

$$LI = L/RWL \quad (2-17)$$

โดย

L = น้ำหนักจริงของวัตถุที่ยก (กก.)

RWL = ค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่แล้ว

ขั้นตอนที่ 4 : การวิเคราะห์ผลการประเมิน

ค่าที่คำนวณได้จากสมการจะใช้เป็นแนวทางในการประเมินความเสี่ยงไม่ใช่ระบุถึงอันตราย ดังนั้นเมื่อทำการคำนวณค่าต่างๆในสมการการยกของ NIOSH แล้วจะสามารถวิเคราะห์ความเสี่ยงได้ โดยมีหลักการดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าดัชนีของการยก (LI)

ค่า LI เป็นค่าที่มาจากค่าน้ำหนักจริงของวัตถุที่ยก (L)หารด้วยค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำ (RWL) ค่าน้อยกว่า 1 หมายความว่า ค่าน้ำหนักของวัตถุที่ยกมีค่าน้อยกว่าค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำ ดังนั้นแสดงว่าผู้ยกมีความเสี่ยงน้อย ในขณะที่ ถ้าค่า LI มีค่ามากกว่า 1 หมายความว่า ค่าน้ำหนักของวัตถุที่ยกมีค่ามากกว่าค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่เหมาะสมในการยก (ค่า LI ยิ่งมากแสดงว่ามีความเสี่ยงมาก) ดังนั้นจึงควรต้องแก้ไข โดยวิธีการปรับปรุงอย่างง่าย คือ การลดค่าน้ำหนักของวัตถุที่ยก (L) เพื่อให้มีค่าเหมาะสมกับค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่

แนะนำ (RWL) อย่างไรก็ตามในบางกรณีไม่สามารถปรับลดค่า L ได้เนื่องจากอาจจะเป็นขนาดหรือน้ำหนักที่เฉพาะเจาะจงไว้แล้ว เช่น ขนาดบรรจุของสินค้า ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงโดยวิเคราะห์ค่า RWL ต่อไป

2. การวิเคราะห์ค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำ (RWL)

ค่า RWL เป็นค่าที่ได้มาจากการคำนวณค่าน้ำหนักที่สามารถยกได้อย่างปลอดภัยโดยไม่เกินขีดจำกัดในการรับน้ำหนักของหลัง ซึ่งคาดว่าผู้ยกทั่วไปที่มีสุขภาพดีจะสามารถขนย้ายได้อย่างปลอดภัยในช่วงเวลาทำงาน (ไม่เกิน 8 ชั่วโมง) โดย NIOSH แนะนำไว้ว่า ค่าน้ำหนักนี้ (LC) มีค่า 23 กิโลกรัม ซึ่งในการคำนวณค่า RWL จะนำค่า LC มาคูณกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยก นั่นคือ HM, VM, DM, AM, FM และ CM ซึ่งปัจจัยดังกล่าวจะมีค่าไม่เกิน 1.00 นั่นคือสถานะที่ดีที่สุดของการยก (ของแต่ละปัจจัย) ในทางกลับกันค่าปัจจัยเหล่านี้จะมีค่าน้อยลง เมื่อมีสถานะการยกที่ไม่ดี ดังนั้น เมื่อนำค่าปัจจัยที่ดีที่สุดคือ 1.00 ไปคูณกับค่า LC จะทำให้ค่า RWL มีค่าเป็น 23 กิโลกรัม นั่นหมายถึงผู้ยกที่มีสถานะการยกที่ดีจะทำให้สามารถยกของที่มีขนาดน้ำหนัก 23 กิโลกรัมได้โดยปลอดภัย (ซึ่งจะได้ค่า ดัชนีการยกเป็น 1.00) ในขณะที่ถ้าค่าปัจจัยมีค่าน้อยเมื่อนำไปคูณกับค่า LC จะทำให้ได้ RWL ที่ต่ำลง แสดงว่าผู้ยกจะสามารถที่จะยกน้ำหนักที่น้อยกว่า 23 กิโลกรัม ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการยกลดลง จะเห็นได้จากสมการของการหาค่าดัชนีการยก (LI) ถ้าค่า RWL ยิ่งน้อยลงจะทำให้ค่า LI ยิ่งมีค่าสูงขึ้นนั่นหมายถึงผู้ยกมีความเสี่ยงในการยกมากขึ้น ดังนั้นจึงควรทำการปรับปรุงเพื่อปรับสถานะการยกเพื่อให้มีค่าปัจจัยต่างๆเข้าใกล้ 1.00 (สถานะที่ดีที่สุด) โดยทำการปรับปรุง ดังนี้

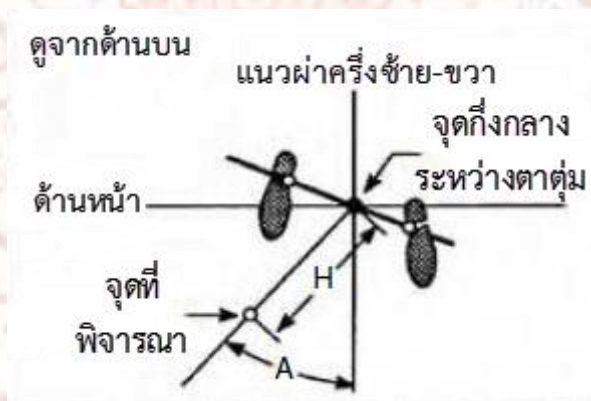
(1) ค่า HM ในกรณีที่ค่า HM มีค่าน้อยมาจากการที่ผู้ยกมีระยะห่างจากศูนย์กลางระหว่างวัตถุและร่างกายมาก นั่นคือ ผู้ยกจับถือวัตถุที่ยกห่างจากลำตัวมากเกินไป ดังนั้นจึงควรปรับให้ผู้ยกมีท่าทางในการยกที่จับยึดวัตถุอยู่ชิดลำตัว หรือจัดสิ่งกีดขวางที่มีในแนวนอน หรือลดขนาดของวัตถุที่จะต้องยกหรือขนย้าย

(2) ค่า VM ในการคำนวณค่า VM มาจากระยะห่างในแนวดิ่งจากมือของผู้ยกถึงพื้น (V) โดยระยะที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้ค่า VM เป็น 1.00 คือ ระยะความสูงของการยกที่ 75 ซม. ดังนั้นการที่ผู้ยกเคลื่อนย้ายวัตถุในระดับที่สูงกว่า หรือต่ำกว่า 75 ซม. ก็จะทำให้ค่า VM มีค่าลดลง ดังนั้นในการปรับปรุงจะต้องปรับระดับความสูงของการยกให้เข้าใกล้ค่า 75 ซม. มากที่สุด

ซึ่งในการยกวัตถุโดยทั่วไปควรพยายามหลีกเลี่ยงการยกขนย้ายในระดับต่ำใกล้พื้นหรือสูงเกินระดับหัวไหล่

(3) ค่า DM ในการคำนวณค่า DM มาจากระยะทางในแนวดิ่งจากจุดที่ยกไปยังจุดที่วาง (D) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากผลต่างระหว่าง ค่า V ณ จุดเริ่มต้น (V_1) กับค่า V ณ จุดที่วางวัตถุ (V_2) ระยะ D ที่ดีที่สุดควรมีค่า ≤ 25 ซม. ดังนั้นจึงควรปรับระดับความแตกต่างของการยกจากจุดเริ่มต้นไปถึงจุดปลายทางให้ไม่เกิน 25 ซม.

(4) ค่า AM คำนวณมาจากมุมที่มีการบิดหรือเอี้ยวตัวในการยก (A) โดยดูจากมุมของเส้นในแนวนอนที่ลากมาชนกันของเส้นที่ลากมาจากจุดกึ่งกลางระหว่างกระดูกข้อเท้า (ตาตุ่ม) ด้านใน และเส้นที่ลากมาจากจุดกึ่งกลางมือ (ข้อนิ้วกลาง) ดังรูป ซึ่งถ้าเส้นสองเส้นนี้ทับกันจะได้ค่ามุม A เป็นศูนย์นั่นคือ เป็นสภาวะการยกที่ดีที่สุด ดังนั้นในการปรับปรุงควรให้ผู้ยกมีท่าทางการเอี้ยวตัวน้อยที่สุด โดยให้แนวเส้นจุดเริ่มต้นจับยกวัตถุอยู่ใกล้แนวเส้นของจุดที่วางวัตถุเพื่อลดมุมของการบิดเอี้ยวตัว หรือเลื่อนให้จุดเริ่มต้นจับยกวัตถุอยู่ห่างจากจุดที่วางวัตถุ เพื่อให้ผู้ยกต้องก้าวเท้าไปยังที่วางวัตถุแทนการบิดเอี้ยวตัว



ภาพที่ 2-17 แสดงมุมการบิดเอี้ยวตัว

(5) ค่า FM ได้มาจากการพิจารณาความถี่ในการยกวัตถุ (F) โดยค่า FM จะแปรผกผันกับค่า F และค่าระยะเวลาที่ผู้ยกต้องรับภาระงานยกนั้น (W) นอกจากนั้นค่า FM ยังเกี่ยวข้องกับ ค่า V ด้วย ดังนั้นในกรณีนี้ที่ค่า FM มีค่าน้อยควรปรับปรุงด้วยการลดอัตราความถี่ในการยกหรือขนย้ายวัตถุ หรือลดช่วงระยะเวลาที่ต้องยกขนย้ายวัตถุ หรือเพิ่มระยะเวลาพักให้มากขึ้น เพื่อให้ผู้ยกคลายความเหนื่อยล้าจากการยก

(6) ค่า CM ได้มาจากการประเมินลักษณะการจับยึดวัตถุ ดังนั้นถ้า CV มีค่าน้อยควรปรับปรุงด้วยการปรับลักษณะการจับยึดวัตถุโดยจัดให้มีหีบห่อบรรจุภัณฑ์ที่มีหูหิ้ว หรือมีที่จับยึดที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้จับถือได้กระชับและง่ายสะดวกต่อการยก

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Anderson (1981) ได้ศึกษาทดลองการทำงานของกล้ามเนื้อหลัง และวัดแรงดันภายในหมอนรองกระดูกบริเวณหลังส่วนล่าง (Lumbar Vertebrae) โดยให้ผู้ถูกทดลองนั่งเก้าอี้ที่มีพนักพิงเอียงทำมุมแตกต่างกัน และมีหมอนรองหลังความหนา 3 เซนติเมตรกับ 5 เซนติเมตร รongรับที่เอวผลปรากฏว่าท่าที่หมอนรองกระดูกรับแรงน้อยที่สุดคือ ท่าที่นั่งที่เอนไปด้านหลังทำมุม 120 องศา และขนาดของหมอน 5 เซนติเมตร และจะดียิ่งขึ้นถ้ามีที่วางแขนทั้งสองข้าง

Frymoyer, et al. (1986) ได้สรุปถึงความถี่ของการยกว่ามีผลทำให้เกิดการเจ็บบริเวณหลังส่วนล่าง และการยกของที่มีน้ำหนักมากๆ เกิน 20 kg ที่ซ้ำกันหลายๆ ครั้ง จะเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ทำให้เกิดการเจ็บบริเวณหลังส่วนล่าง

ชูศักดิ์ (2518) ได้ทดสอบพลังกล้ามเนื้อของแขน และขาของคนไทย พบว่าช่วงอายุที่มากขึ้นค่าที่ได้จากการทดสอบพลังกล้ามเนื้อจะลดลง และเพศชายจะมีพลังกล้ามเนื้อสูงกว่าเพศหญิงแสดงว่าพลังงานของกล้ามเนื้อนั้นขึ้นอยู่กัเพศ และอายุด้วย

บทที่ 3

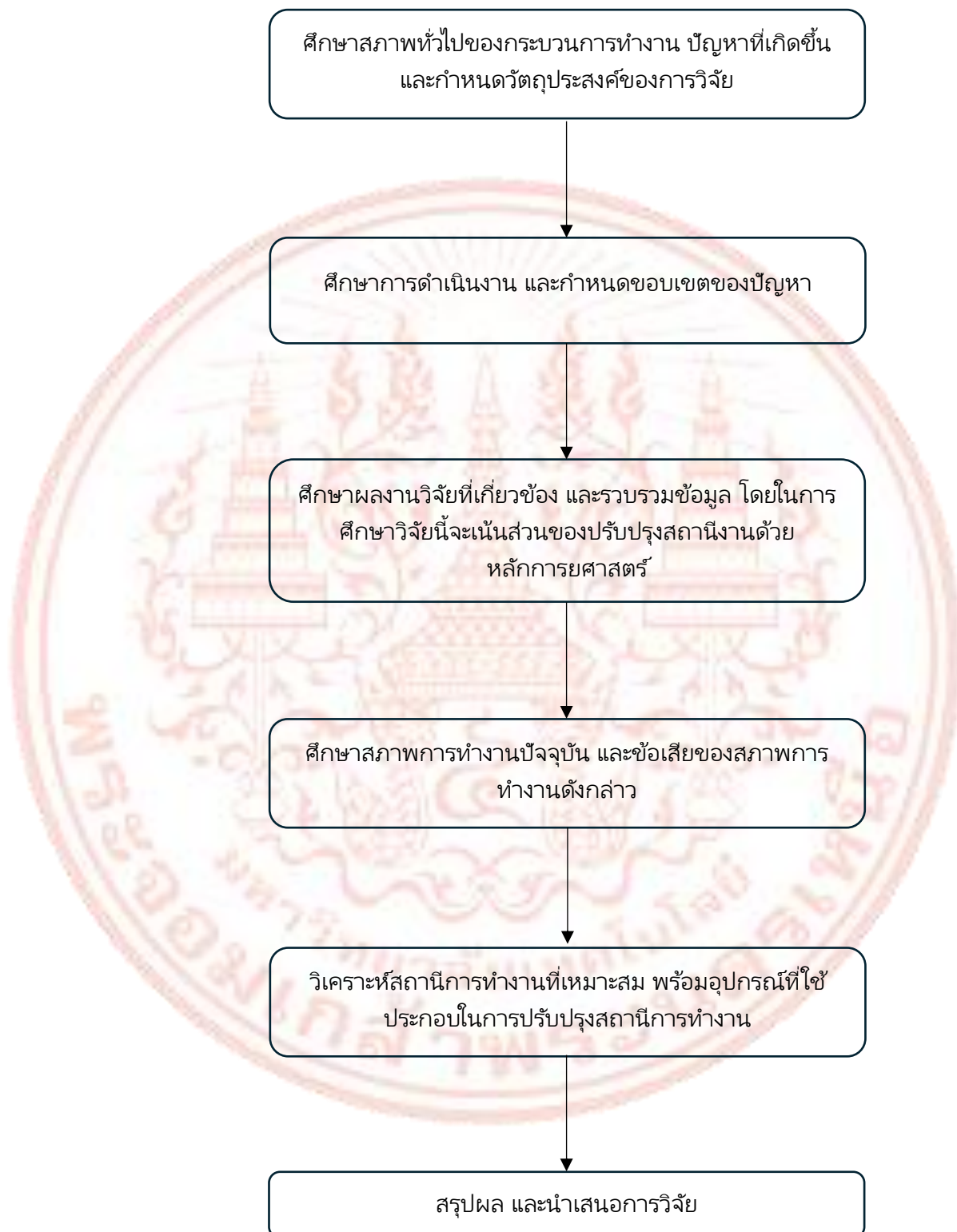
การดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในพนักงานซึ่งทำหน้าที่ในการยก และขนย้าย cell rework ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานใหม่ โดยทำการเก็บข้อมูลจากแบบสำรวจสุขภาพของพนักงาน และทำการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่า Lifting index ที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บบริเวณสันหลัง (กระดูกสันหลัง L5-S1) จากการยกก่อน และหลังปรับปรุงสถานงานเพื่อวิเคราะห์ที่หาสาเหตุและทำการแก้ไขปรับปรุง

โดยในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล วิธีการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ก่อนการปรับปรุง และการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาตลอดจนการแก้ไขปรับปรุงใหม่ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

- 3.1 ศึกษาสภาพทั่วไปของกระบวนการทำงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัย
- 3.2 ศึกษาการดำเนินงาน และกำหนดขอบเขตของปัญหา
- 3.3 ศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และรวบรวมข้อมูล โดยในการศึกษาวิจัยนี้จะเน้นส่วนของปรับปรุงสถานงานด้วยหลักการยศาสตร์
- 3.4 ศึกษาสภาพการทำงานปัจจุบัน และข้อเสียของสภาพการทำงานดังกล่าว
- 3.5 วิเคราะห์สถานการณ์การทำงานที่เหมาะสม พร้อมอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการปรับปรุงสถานการณ์การทำงาน
- 3.6 สรุปผล และนำเสนอการวิจัย

จากขั้นตอนที่ได้กล่าวมาสามารถอธิบายเป็นแผนผังลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยได้ดังแสดงในภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 แผนผังลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

จากขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วนั้นสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนการดำเนินงานโดยละเอียดเพื่อให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้ ดังนี้

3.1. ศึกษาสภาพทั่วไปของกระบวนการทำงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัย

บริษัท ทรินิตี้ศึกษาเป็นโรงงานผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ซึ่งมีกระบวนการเชื่อว่าการ Rework cell คือการนำแบตเตอรี่มาชาร์จกระตุ้นประจุเป็นกระบวนการทำงานใหม่ที่เพิ่งเริ่มปฏิบัติในช่วงเดือนเมษายน ปีพ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นกระบวนการที่พนักงานซึ่งทำหน้าที่ในกระบวนการนี้จะต้องทำการยก และขนย้าย cell rework เพื่อนำมาเรียงเข้าเครื่องจักรเพื่อส่งไปชาร์จกระตุ้นประจุ

การศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น และกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัยเป็นขั้นตอนในการศึกษาถึงสาเหตุของการเกิดอาการปวด และการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังของพนักงานตำแหน่งยก cell rework ซึ่งอาการบาดเจ็บส่วนใหญ่สามารถแบ่งเป็น ดังนี้

3.1.1 พนักงานยก และขนย้าย cell rework มีการปฏิบัติงานในลักษณะก้มแล้วยกขึ้นงาน ซึ่งเป็นการปฏิบัติงานยก และเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยร่างกายอย่างไม่เหมาะสม เนื่องจากการก้ม และเงยหลังจะใช้กล้ามเนื้อท้อง และกล้ามเนื้อหลังร่วมกันในการปฏิบัติกิจกรรม โดยกระดูกสันหลังจะเกิดการงอที่บริเวณหลังส่วนล่าง ซึ่งจะมีความเสี่ยงของการเกิดอาการปวดเมื่อย หรือบาดเจ็บที่บริเวณนั้น โดยสาเหตุอาจจะมาจากปัญหาที่กล้ามเนื้อ เส้นเอ็นกระดูก หรือหมอนรองกระดูก แต่พนักงานมักจะยกขึ้นงานในท่าทางก้มหลัง เพราะสามารถปฏิบัติได้อย่างสะดวก และรวดเร็ว แต่ก็จะเพิ่มความเสี่ยงต่ออาการบาดเจ็บที่บริเวณหลังส่วนล่างด้วย

3.1.2 พนักงานยก และขนย้าย cell rework มีการปฏิบัติงานในลักษณะที่มีการบิดเอี้ยวตัว หรือเอียงตัวขณะปฏิบัติงานยกซึ่งจะสร้างแรงเฉือนบนหมอนรองกระดูก เมื่อรวมกับแรงเฉือนที่เกิดจากน้ำหนักของวัสดุที่กำลังยกแล้ว จะเพิ่มความเสี่ยงที่ส่วนวุ้นชั้น (Nucleus Pulposus) ในหมอนรองกระดูกจะเคลื่อนไปทางด้านหลัง และกดทับรากประสาทของเส้นประสาทส่วนหลัง ที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ และการรับรู้สื่กับบริเวณขาทั้ง 2 ข้าง

3.1.3 พนักงานมีการออกแรงยกของที่มีน้ำหนักมากเป็นระยะเวลาที่นาน และมีความถี่ในการยกสูงเกินกว่าที่ร่างกายจะรับภาระไหว ซึ่งเป็นผลให้เกิดความเสียหายแก่ร่างกายพนักงาน

3.2. ศึกษาการดำเนินงาน และกำหนดขอบเขตของปัญหา

เป็นขั้นตอนการกำหนดขอบเขตของปัญหาของการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ โดยขอบเขตของการทำวิจัยในครั้งนี้คือ

3.2.1 ศึกษาปัญหาของกระบวนการ Rework cell ของโรงงานตัวอย่างเท่านั้น

3.2.2 การศึกษาวิจัยจะเน้นในส่วนการวิเคราะห์ท่าทางการปฏิบัติงานที่เหมาะสมกับกระบวนการ Rework cell ตามหลักการยศาสตร์

3.2.3 การศึกษาวิจัยจะเน้นในส่วนการวิเคราะห์สถานงานที่เหมาะสมกับกระบวนการ Rework cell ตามหลักการยศาสตร์

3.3. ศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาวิจัย จะเน้น และให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน และสถานงานที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการปรับใช้กับการปฏิบัติงานของพนักงานซึ่งผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้เป็นผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการยศาสตร์ (Ergonomic)

3.4. ศึกษาสภาพการทำงานปัจจุบันของพนักงาน

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะศึกษาสภาพการทำงานปัจจุบันของพนักงานจากวิธีปฏิบัติงานเรื่องการยก และขนย้าย cell rework และใช้แบบสำรวจสุขภาพของพนักงานเพื่อเป็นการสำรวจหน่วยงานที่เกิดอาการปวด และการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังจากการปฏิบัติงานที่ไม่ถูกต้อง และสถานงานที่ไม่เหมาะสมดังแสดงในภาพที่ 3-2 และภาพที่ 3-3 โดยคำนวณค่า Lifting index ก่อนปรับปรุงสถานงาน

3.4.1 วิธีปฏิบัติงานยก cell rework

Cell แบตเตอรี่ 1 ชี้นมีน้ำหนักโดยประมาณ 1,000 กรัม หรือประมาณ 1 กิโลกรัม ซึ่งในการยกครั้งที่ 1 จาก cell ตั้งแรกจะยกประมาณ 20 ชี้น มีน้ำหนักโดยรวมประมาณ 20 กิโลกรัม และครั้งที่ 2 จาก cell ในตั้งเดียวกันจะยกประมาณ 10 ชี้น ซึ่งมีน้ำหนักโดยรวมประมาณ 10 กิโลกรัม



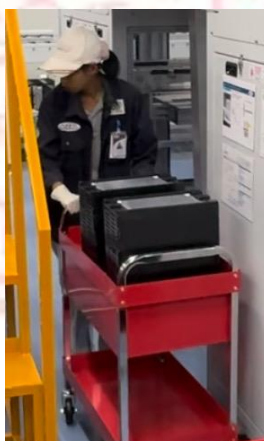
ภาพที่ 3-2 กระบวนการยก cell rework ของพนักงานที่ไม่เป็นไปตามหลักการยศาสตร์



ภาพที่ 3-3 กระบวนการยก cell rework ของพนักงานที่ไม่เป็นไปตามหลักการยศาสตร์

3.4.2 วิธีปฏิบัติงานขนย้าย cell rework

พนักงานจะลากรถเข็นที่มี cell rework มายังสถานี Rework cell เข้าเครื่องจักร



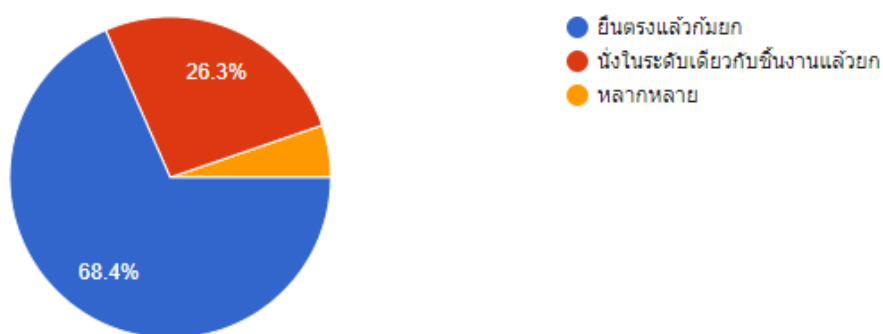
ภาพที่ 3-4 กระบวนการขนย้าย cell rework ของพนักงาน

3.4.3 สํารวจสุขภาพของพนักงาน

เนื่องจากโรงงานตัวอย่าง ํ้าการผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ทั้งนี้กระบวนการที่พบปัญหาเกี่ยวกับพนักงานที่มีการปฏิบัติงานในลักษณะก้มยกชิ้นงานคือ กระบวนการ Rework cell เป็นกระบวนการทำงานใหม่ที่เพิ่งเริ่มปฏิบัติในช่วงเดือนเมษายน ปีพ.ศ. 2567 ซึ่งมีการเคลื่อนไหวที่ไม่ถูกต้องตามลักษณะท่าทาง ที่ควรจะเป็นตามหลัก Ergonomic ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการแจกแบบสํารวจสุขภาพพนักงาน เพื่อเป็นการสํารวจสถานํ้างาน และพนักงานในกระบวนการที่เกิดความเจ็บปวดจากการปฏิบัติงานที่ไม่ถูกต้อง โดยใช้แบบสํารวจสุขภาพในภาคผนวกสอบถามพนักงานจำนวน 19 คน พบว่าพนักงาน 13 คนจาก 19 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 68.4 มีการยกชิ้นงานโดยวิธีการยืนแล้วก้มยก มีพนักงาน 5 คนจาก 19 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 26.3 มีการยกโดยนั่งในระดับเดียวกับชิ้นงานแล้วยก และมีเพียง 1 คนจาก 19 คน ที่ยกโดยทั้ง 2 วิธี นอกจากนี้ยังพบว่าพนักงานจำนวน 18 คนจาก 19 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 94.7 เคยมีความเจ็บปวดบริเวณส่วนหลัง แขน และข้อมือหรือมือ และมีพนักงานถึงร้อยละ 73.7 ที่มีความเจ็บปวดมากในช่วงเวลาหลังเลิกงาน

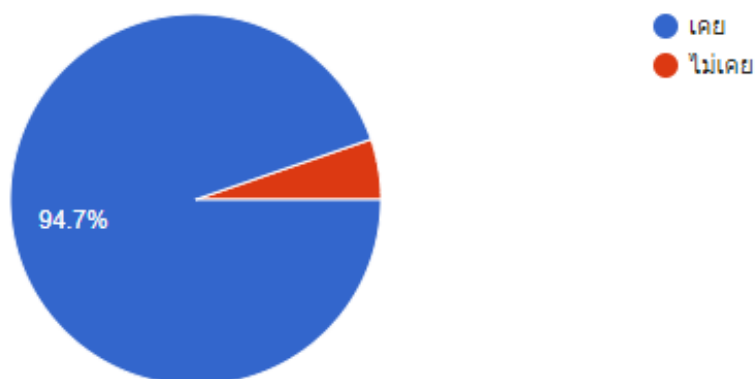
ท่านยก Cell Rework โดยลักษณะท่าทางแบบ

สําคอบ 19 ข้อ



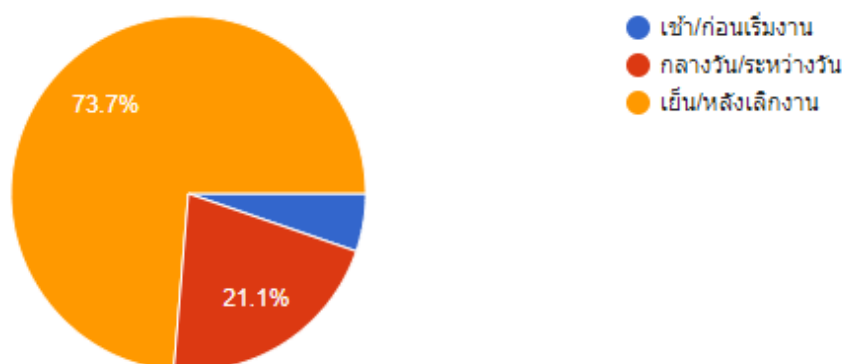
ภาพที่ 3-5 แผนภูมิแสดงร้อยละของท่าทางในการยกชิ้นงาน

ท่านเคยมีความเจ็บปวดบริเวณ ส่วนหลัง ส่วนแขน ส่วนข้อมือ หรือ ส่วนมือ บ้างไหม
 ศาตอบ 19 ข้อ



ภาพที่ 3-6 แผนภูมิแสดงร้อยละของการสอบถามประวัติความเจ็บปวด

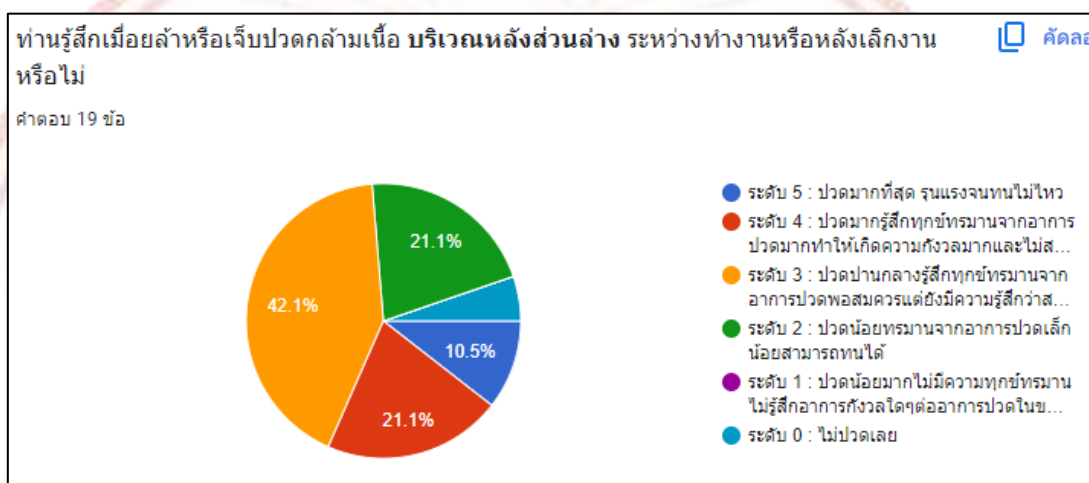
ความเจ็บปวดที่ท่านรู้สึกในข้อด้านบนนั้น ท่านเจ็บปวดมากในช่วงเวลา
 ศาตอบ 19 ข้อ



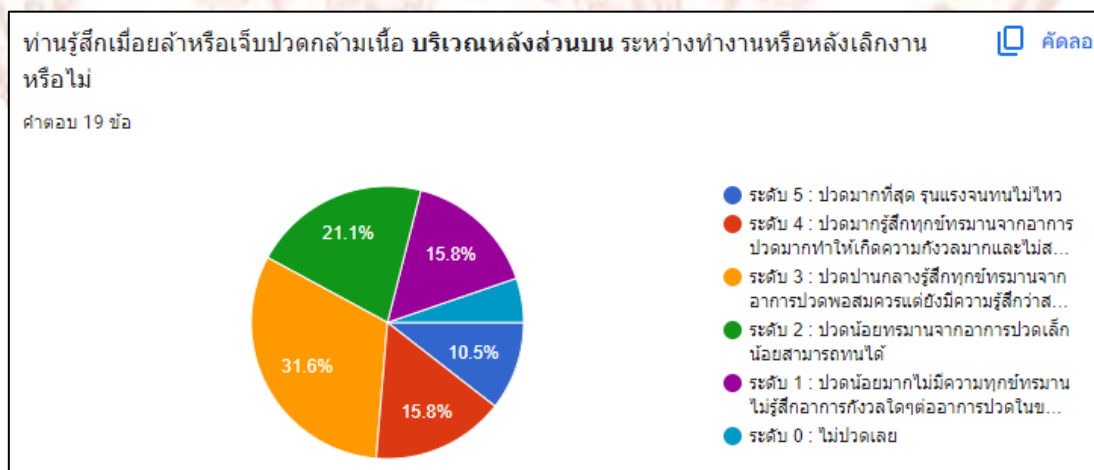
ภาพที่ 3-7 แผนภูมิแสดงร้อยละของการสอบถามประวัติช่วงเวลาที่มีความเจ็บปวด

โดยเมื่อทำการสำรวจถึงระดับความเจ็บปวด และบริเวณที่เจ็บปวดเพิ่มเติมพบว่า มีพนักงาน 8 คนจาก 19 คนหรือคิดเป็นร้อยละ 42.1 ที่มีความเมื่อยล้า หรือเจ็บปวดกล้ามเนื้อบริเวณหลัง ส่วนล่างในระดับ 3 และมีพนักงาน อีกจำนวน 4 คน และ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 21.1 และ 10.5

ตามลำดับ ที่มีความเมื่อยล้าหรือเจ็บปวดกล้ามเนื้อบริเวณหลังส่วนล่างในระดับ 4 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณหลังส่วนบนพนักงาน 6 คนจาก 19 คนหรือคิดเป็นร้อยละ 31.6 ที่มีความเมื่อยล้า หรือเจ็บปวดกล้ามเนื้อบริเวณหลังส่วนบนในระดับ 3 และมีพนักงาน อีกจำนวน 3 คน และ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 15.8 และ 10.5 ตามลำดับ ที่มีความเมื่อยล้าหรือเจ็บปวดกล้ามเนื้อบริเวณหลังส่วนบนในระดับ 4 และ 5 ตามลำดับ

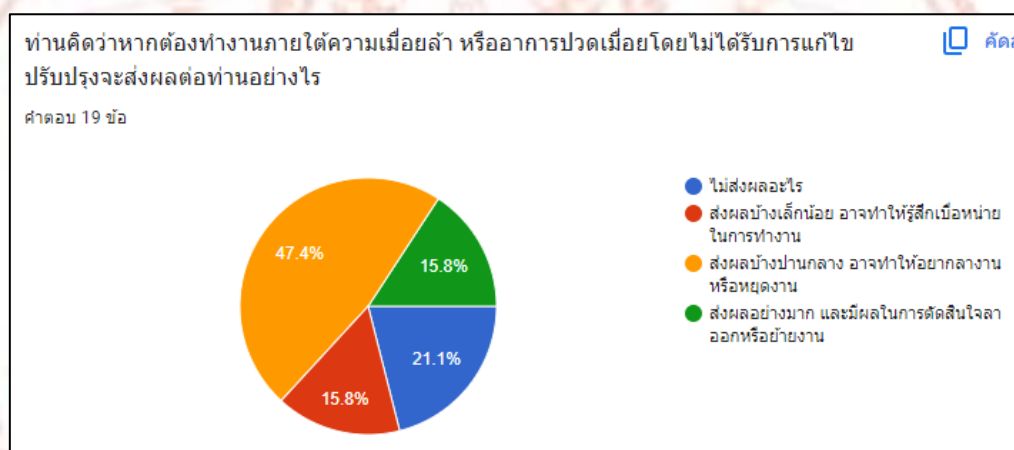


ภาพที่ 3-8 แผนภูมิแสดงร้อยละของการสอบถามประวัติความเมื่อยล้า หรือเจ็บปวดกล้ามเนื้อ บริเวณหลังส่วนล่าง ระหว่างทำงาน หรือหลังเลิกงาน



ภาพที่ 3-9 แผนภูมิแสดงร้อยละของการสอบถามประวัติความเมื่อยล้า หรือเจ็บปวดกล้ามเนื้อ บริเวณหลังส่วนบน ระหว่างทำงาน หรือหลังเลิกงาน

และจากการสำรวจพนักงานทั้ง 19 คนว่าหากต้องทำงานภายใต้ความเมื่อยล้า หรืออาการปวดเมื่อยโดยไม่ได้รับการแก้ไขปรับปรุงจะส่งผลต่อพนักงานอย่างไรพบว่ามีพนักงานจำนวน 4 คนจาก 19 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 21.1 ตอบว่าไม่ส่งผลอะไร และมีพนักงานจำนวน 3 คนจาก 19 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 15.8 ตอบว่าส่งผลบ้างเล็กน้อย อาจทำให้รู้สึกเบื่อหน่ายในการทำงาน และมีพนักงานส่วนมากจำนวน 9 จาก 19 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 47.4 ตอบว่าส่งผลบ้างปานกลาง อาจทำให้อยากลางาน หรือหยุดงาน และมีพนักงานอีกจำนวน 3 คนจาก 19 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 15.8 ตอบว่าส่งผลอย่างมาก และมีผลในการตัดสินใจลาออก หรือย้ายงาน



ภาพที่ 3-10 แผนภูมิแสดงร้อยละของการสอบถามความคิดเห็นของพนักงานหากต้องทำงานภายใต้ความเมื่อยล้า หรืออาการปวดเมื่อยโดยไม่ได้รับการแก้ไขปรับปรุง

3.5. วิเคราะห์สถานีการทำงานที่เหมาะสม พร้อมอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการปรับปรุงสถานีการทำงาน

ในขั้นตอนของการวิเคราะห์สถานีการทำงานที่เหมาะสม พร้อมอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบในการปรับปรุงสถานีนงาน ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจของกลุ่มผู้ถูกทดสอบ ข้อมูลทางด้านรายละเอียดขององค์ประกอบในสถานีการทำงาน อาทิเช่น น้ำหนักของ cell ที่ทำการยกในแต่ละครั้ง ความสูงของพาเลทหรือสถานีนงาน ณ สภาพปัจจุบัน ระยะในแนวดิ่งจากมือถึงพื้นในการยกแต่ละครั้ง ความกว้างของวัตถุที่ยก ระยะห่างในแนวดิ่งจากจากจุดที่ยกถึงตำแหน่งที่วางในแต่ละครั้ง มุมในการเอี้ยวบิดตัว และความถี่ในการยก และการปฏิบัติงานของพนักงานมาทำการวิเคราะห์ร่วมกับหลักการ

ทางการยศาสตร์ และทำการวิเคราะห์สถานงานที่ทำการปรับปรุงโดยเพิ่มความสูงด้วยวิธีการวาง
ซ้อนพาเลทจำนวน 3 ชั้น, 4 ชั้น และ 5ชั้น โดยใช้น้ำหนัก และจำนวนครั้งการยกเท่ากับก่อนปรับปรุง
จากนั้นทำการปรับน้ำหนัก และจำนวนการยกเพื่อให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์

3.6. สรุปผล และนำเสนอการวิจัย

กล่าวถึงผลการวิจัยว่างานวิจัยสามารถบรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่



บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษาในการดำเนินการวิจัย โดยประยุกต์ใช้หลักการทางกายศาสตร์ และการใช้อุปกรณ์เสริมเพื่อช่วยในการป้องกันอาการปวด และการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังของพนักงาน และทำให้การทำงานของพนักงานในกระบวนการ Rework cell ให้ความปลอดภัยมากขึ้น จากลักษณะการทำงานของพนักงานตำแหน่งยก cell rework ซึ่งเกิดปัญหาการเกิดอาการปวด และการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังพบว่าการยก cell rework มีท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น พนักงานจะต้องยืนก้มๆเงยๆ และต้องทำการก้มลงไปยกงานซึ่งมีน้ำหนักโดยรวมประมาณ 10 ถึง 20 กิโลกรัมวันละหลายๆครั้งส่งผลให้พนักงานเกิดอาการปวด และการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลัง ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการสำรวจจากแบบสอบถามสุขภาพของพนักงาน ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุต่างๆ และจะเป็นแนวทางในการปรับปรุงสถานที่ทำงานของพนักงานเพื่อแก้ไขปัญหายอาการปวด และการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังของพนักงานดังกล่าว ซึ่งการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยจากสภาพการทำงานจริงโดยการใช้วิธีการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำ (RWL) ซึ่งเป็นค่าน้ำหนักที่เหมาะสมที่จะยกหรือขนย้ายได้โดยไม่เกินขีดจำกัดในการรับน้ำหนักของกล้ามเนื้อหลัง จากนั้นนำมาคำนวณค่าดัชนีการยก (Lifting Index) และทำการวิเคราะห์ผลการประเมิน

4.1 สภาพกิจกรรมก่อนการปรับปรุงการทำงาน

สภาพปัจจุบันของกิจกรรมของพนักงานที่ปฏิบัติงานในตำแหน่งยก cell rework มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. ลากพาเลทที่ใส่ cell rework มาที่หน้างาน
2. ยก cell rework จากบนพาเลทที่ลากมาขึ้นไปวางบนรถเข็นเพื่อเตรียมขนย้ายไปยังสถานี Rework cell
3. พนักงานจะลากรถเข็นที่มี cell rework มายังสถานี Rework cell

ซึ่งในขั้นตอนการยก cell rework จากบนพาเลทขึ้นไปวางบนรถเข็นเพื่อเตรียมขนย้ายไปยังสถานี Rework cell พนักงานจะทำการยกครั้งละ 20 cell และ 10 cell ตามลำดับ และพบว่า

ลักษณะการยก cell ของพนักงานเป็นลักษณะท่าทางที่ไม่ถูกต้องตามหลักกายศาสตร์ และอาจทำให้เกิดอาการปวด และการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังอันเนื่องมาจากน้ำหนักของ cell ที่ทำการยก

พนักงานในตำแหน่งยก cell reworkประกอบไปด้วยพนักงานชาย และหญิงรวมทั้งสิ้นจำนวน 4 คนต่อกะการทำงาน ซึ่งในแต่ละวันพนักงานทุกคนมีลักษณะในการทำงานคือ ต้องทำการยก cell rework ที่วางอยู่บนพาเลทที่ลากมาหน้างานโดยมีระยะและองค์ประกอบในการยกดังนี้

1. Cell ที่ยกมีน้ำหนักประมาณ 1,000 กรัม หรือ 1 กิโลกรัมโดยจะทำการยกครั้งแรก 20 cell ซึ่งจะมีน้ำหนักโดยรวมอยู่ที่ประมาณ 20 กิโลกรัม และยกครั้งที่ 2 จาก cell ตั้งเดียวกัน 10 cell ซึ่งจะมีน้ำหนักโดยรวมอยู่ที่ประมาณ 10 กิโลกรัม
2. พาเลทมีความสูงอยู่ที่ 15 เซนติเมตร
3. มีระยะในแนวดิ่งจากมือถึงพื้นในการยกขั้นที่ 1 อยู่ที่ 30 เซนติเมตร
4. มีระยะในแนวดิ่งจากมือถึงพื้นในการยกขั้นที่ 2 อยู่ที่ 15 เซนติเมตร ซึ่งเป็นการยกที่ชั้นล่างสุดที่วางอยู่บนพาเลท
5. ความกว้างของวัตถุที่ยกอยู่ที่ 33.93 เซนติเมตร
6. มีระยะห่างในแนวดิ่งจากจากจุดที่ยกถึงตำแหน่งที่วางครั้งที่ 1 อยู่ที่ 49 เซนติเมตร
7. มีระยะห่างในแนวดิ่งจากจากจุดที่ยกถึงตำแหน่งที่วางครั้งที่ 2 อยู่ที่ 97.355 เซนติเมตร
8. มีมุมในการบิดเอี้ยวตัวอยู่ที่ประมาณ 90 องศา
9. มีความถี่ในการยกอยู่ที่ประมาณ 1 ครั้ง/นาที



ภาพที่ 4-1 ความสูงของ Cell Rework ที่อยู่บนพาเลท



ภาพที่ 4-2 ความสูงของพาเลท

จากข้อมูลสามารถนำมาคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำรวมถึงค่าดัชนีการยก และวิเคราะห์ค่าดัชนีการยกที่ได้ดังนี้

4.1.1. คำนวณหาขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำ

ทำการคำนวณหาขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำโดยใช้สมการ

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

โดยในการคำนวณจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักระหว่างแสดงในตารางที่ ก-1 และตารางที่ 4-1 จะแสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักระหว่างที่แนะนำที่คำนวณได้

ตารางที่ 4-1 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักระหว่างที่แนะนำที่คำนวณได้

ตัวแปร	สูตร	ค่า
LC	ค่าคงที่	23.000
HM1	$HM = 25/H$	0.676
HM2		0.596
VM1	$VM = 1-(0.003 V-75)$	0.865
VM2		0.820
DM1	$DM = 0.82 + (4.5/D)$	0.912
DM2		0.866
AM1	$AM = 1-(0.0032A)$	0.712
AM2		0.712
FM1	เปิดตาราง	0.750
FM2		0.750
CM1	เปิดตาราง	0.950
CM2		0.950
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	6.224
RWL2		4.937

4.1.2. คำนวณหาค่าดัชนีการยกและทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีการยกที่ได้

ทำการคำนวณหาค่าดัชนีการยกโดยการใช้สมการ

$$LI = L/RWL$$

โดยในการคำนวณจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณเพื่อหาค่าดัชนีการยกดังแสดงในตารางที่ 4-2 จะแสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้

ตารางที่ 4-2 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้

ตัวแปร	สูตร	ค่า
L1		20.000
L2		10.000
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	6.224
RWL2		4.937
LI 1	$LI = L/RWL$	3.213
LI 2		2.025

จากการคำนวณจะพบว่าค่าดัชนีการยกที่ได้ในการยกครั้งที่ 1 มีค่าอยู่ที่ 3.213 และค่าดัชนีการยกในครั้งที่ 2 มีค่าอยู่ที่ 2.025 ซึ่งมากกว่า 1 โดยที่ถ้าค่าดัชนีการยกมีค่ามากกว่า 1 หมายความว่า ค่าน้ำหนักของวัตถุที่ยกมีค่ามากกว่าค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่เหมาะสมในการยก และถ้าหากค่าอยู่ในเกณฑ์ 1-3 แสดงว่ามีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บบริเวณสันหลังจากการยกอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง แต่หากค่าที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 3 แสดงว่ามีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บบริเวณสันหลังจากการยกอยู่ในเกณฑ์สูงมาก และการปวดหลังเกี่ยวเนื่องกับการยกของ ดังนั้นจึงควรต้องแก้ไขปรับปรุงสถานการณ์นี้เพื่อแก้ไขปัญหาการเกิดอาการปวด และการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังของพนักงาน

4.2 วิธีการแก้ไขและปรับปรุงการทำงาน

จากการสังเกตพฤติกรรมการทำงาน และข้อมูลที่ได้จากการคำนวณในหัวข้อที่ 4.1 ทางผู้วิจัย จึงได้ทำการเสนอการปรับปรุงสถานการณ์การทำงาน และการปรับลดน้ำหนัก cell ที่ทำการยกเพื่อให้เกิดความเหมาะสม และสามารถลดและป้องกันการเกิดอาการปวด และการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังของพนักงานได้

4.2.1 ทำการปรับปรุงสถานการณ์การทำงานของพนักงานตำแหน่งยก Cell Rework โดยการปรับปรุงความสูงของพาเลทที่วาง Cell Rework ที่พนักงานจะต้องทำการยกโดยทำการทดลองเพิ่มความสูงโดยการวางพาเลทวางซ้อนกันจำนวน 3พาเลท 4พาเลท และ 5 พาเลทตามลำดับได้พาเลทที่มีความสูงอยู่ที่ประมาณ 45 ถึง 75 เซนติเมตร จากนั้นทำการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่

แนะนำรวมถึงค่าดัชนีการยกใหม่หลังจากการเพิ่มความสูงของพาเลทที่ว่าง Cell Rework และทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีการยกว่าเหมาะสมหรือไม่

โดยในการคำนวณจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำดังแสดงในตารางที่ ก-2 โดยตารางที่ 4-3 จะแสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้ และตารางที่ 4-4 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 3 ชั้น และสำหรับการวางซ้อนพาเลท 4 ชั้นจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำดังแสดงในตารางที่ ก-3 โดยตารางที่ 4-5 จะแสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้ และตารางที่ 4-6 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 4 ชั้น และสำหรับการวางซ้อนพาเลท 5 ชั้นจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำดังแสดงในตารางที่ ก-4 โดยตารางที่ 4-7 จะแสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้ และตารางที่ 4-8 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 5 ชั้น

ตารางที่ 4-3 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวาง
ชั้นปาเลท 3 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
LC	ค่าคงที่	23.000
HM1	$HM = 25/H$	0.676
HM2		0.676
VM1	$VM = 1-(0.003 V-75)$	0.955
VM2		0.910
DM1	$DM = 0.82 + (4.5/D)$	1.000
DM2		0.887
AM1	$AM = 1-(0.0032A)$	0.712
AM2		0.712
FM1	เปิดตาราง	0.750
FM2		0.750
CM1	เปิดตาราง	0.950
CM2		0.950
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.536
RWL2		6.368

ตารางที่ 4-4 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 3 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
L1		20.000
L2		10.000
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.536
RWL2		6.368
LI 1	$LI = L/RWL$	2.654
LI 2		1.570

ตารางที่ 4-5 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 4 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
LC	ค่าคงที่	23.000
HM1	$HM = 25/H$	0.676
HM2		0.676
VM1	$VM = 1-(0.003 V-75)$	1.000
VM2		0.955
DM1	$DM = 0.82 + (4.5/D)$	1.000
DM2		0.906
AM1	$AM = 1-(0.0032A)$	0.712
AM2		0.712
FM1	เปิดตาราง	0.750
FM2		0.750
CM1	เปิดตาราง	1.000
CM2		0.950
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	8.307
RWL2		6.827

ตารางที่ 4-6 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 4 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
L1		20.000
L2		10.000
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	8.307
RWL2		6.827
LI 1	$LI = L/RWL$	2.408
LI 2		1.465

ตารางที่ 4-7 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 5 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
LC	ค่าคงที่	23.000
HM1	$HM = 25/H$	0.676
HM2		0.676
VM1	$VM = 1-(0.003 V-75)$	0.955
VM2		1.000
DM1	$DM = 0.82 + (4.5/D)$	1.000
DM2		0.940
AM1	$AM = 1-(0.0032A)$	0.712
AM2		0.712
FM1	เปิดตาราง	0.750
FM2		0.750
CM1	เปิดตาราง	1.000
CM2		1.000
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.933
RWL2		7.812

ตารางที่ 4-8 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 5 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
L1		20.000
L2		10.000
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.933
RWL2		7.812
LI 1	$LI = L/RWL$	2.521
LI 2		1.280

จากการคำนวณจะพบว่าค่าดัชนีการยกที่ได้ในการยกครั้งที่ 1 จากการวางพาเลทซ้อนกัน 3 ชั้นมีค่าอยู่ที่ 2.654 และค่าดัชนีการยกในครั้งที่ 2 มีค่าอยู่ที่ 1.280 ในขณะที่หากทำการเพิ่มจำนวนการซ้อนพาเลทเป็น 4 ชั้น ค่าดัชนีการยกในครั้งที่ 1 จะมีค่าอยู่ที่ 2.408 และค่าดัชนีการยกในครั้งที่ 2 จะมีค่าอยู่ที่ 1.465 ในขณะที่หากทำการเพิ่มจำนวนการซ้อนของพาเลทเป็น 5 ชั้นจะพบว่าค่าดัชนีการยกที่ได้ในการยกครั้งที่ 1 มีค่าอยู่ที่ 2.521 และค่าดัชนีการยกที่ได้ในการยกครั้งที่ 2 มีค่าอยู่ที่ 1.280 ซึ่งการเพิ่มจำนวนชั้นของพาเลทตั้งแต่ 3 ชั้นถึง 5 ชั้นส่งผลให้ค่าดัชนีการยกในครั้งที่ 1 ลดลงขึ้นจากเดิมคือ 3.213 และค่าดัชนีการยกในครั้งที่ 2 ลดลงจากเดิมคือ 2.025 แต่ก็ยังคงมีค่าที่มากกว่า 1 ซึ่งยังคงแสดงว่ามีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บบริเวณสันหลังจากการยกอยู่ จึงพบว่าการปรับปรุงไม่สามารถทำได้เพียงแค่การเพิ่ม หรือลดความสูงของสถานงานให้เหมาะสมได้เพียงอย่างเดียวผู้วิจัยจึงได้พิจารณาทำการปรับปรุงเพิ่มในขั้นต่อไป

4.2.2 ทำการปรับน้ำหนัก cell ที่ทำการยกเพื่อให้เกิดความเหมาะสมโดยทำการปรับจากการยก Cell ครั้งละ 20 Cell และ 10 cell ซึ่งจะมีน้ำหนักรวมอยู่ที่ประมาณ 20 กิโลกรัม และ 10 กิโลกรัม เป็นการยกครั้ง 15 Cell ซึ่งจะมีน้ำหนักรวมอยู่ที่ประมาณ 15 กิโลกรัม แล้วทำการคำนวณหาค่าดัชนีการยกใหม่โดยใช้จำนวนการซ้อนพาเลทที่ 3 ชั้น 4 ชั้น และ 5 ชั้นเช่นเดียวกับในขั้นตอนที่ 4.2.1

โดยในการคำนวณจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำดังแสดงในตารางที่ ก-5 โดยตารางที่ 4-9 จะแสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของ

น้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้ และตารางที่ 4-10 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 3 ชั้น และสำหรับการวางซ้อนพาเลท 4 ชั้นจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำดังแสดงในตารางที่ ก-6 โดยตารางที่ 4-11 จะแสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้ และตารางที่ 4-12 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 4 ชั้น และสำหรับการวางซ้อนพาเลท 5 ชั้นจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำดังแสดงในตารางที่ ก-7 โดยตารางที่ 4-13 จะแสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้ และตารางที่ 4-14 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 5 ชั้น

ตารางที่ 4-9 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 3 ชั้น และยก cell ครั้งละ 15 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า
LC	ค่าคงที่	23.000
HM1	$HM = 25/H$	0.676
HM2		0.676
VM1	$VM = 1 - (0.003 V - 75)$	0.976
VM2		0.910
DM1	$DM = 0.82 + (4.5/D)$	1.000
DM2		0.899
AM1	$AM = 1 - (0.0032A)$	0.712
AM2		0.712
FM1	เปิดตาราง	0.750
FM2		0.750
CM1	เปิดตาราง	0.950
CM2		0.950
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.702
RWL2		6.454

ตารางที่ 4-10 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 15 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อน 3 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
L1		15.000
L2		15.000
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.702
RWL2		6.454
LI 1	$LI = L/RWL$	1.948
LI 2		2.324

ตารางที่ 4-11 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 4 ชั้น และยก cell ครั้งละ 15 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า
LC	ค่าคงที่	23.000
HM1	$HM = 25/H$	0.676
HM2		0.676
VM1	$VM = 1-(0.003 V-75)$	0.979
VM2		0.955
DM1	$DM = 0.82 + (4.5/D)$	1.000
DM2		0.927
AM1	$AM = 1-(0.0032A)$	0.712
AM2		0.712
FM1	เปิดตาราง	0.750
FM2		0.750
CM1	เปิดตาราง	1.000
CM2		0.950
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	8.132
RWL2		6.985

ตารางที่ 4-12 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 15 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อน 4 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
L1		15.000
L2		15.000
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	8.132
RWL2		6.985
LI 1	$LI = L/RWL$	1.845
LI 2		2.147

ตารางที่ 4-13 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 5 ชั้น และยก cell ครั้งละ 15 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า
LC	ค่าคงที่	23.000
HM1	$HM = 25/H$	0.676
HM2		0.676
VM1	$VM = 1-(0.003 V-75)$	0.934
VM2		1.000
DM1	$DM = 0.82 + (4.5/D)$	1.000
DM2		0.986
AM1	$AM = 1-(0.0032A)$	0.712
AM2		0.712
FM1	เปิดตาราง	0.750
FM2		0.750
CM1	เปิดตาราง	1.000
CM2		1.000
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.758
RWL2		8.190

ตารางที่ 4-14 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 15 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อน 5 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
L1		15.000
L2		15.000
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.758
RWL2		8.190
LI 1	$LI = L/RWL$	1.933
LI 2		1.831

จากการคำนวณจะพบว่าค่าดัชนีการยกที่ได้ในการยกครั้งที่ 1 นั้นของการวางซ้อนกันจำนวน 3 พาเลทมีค่าอยู่ที่ 1.948 การวางซ้อนกัน 4 พาเลทมีค่าอยู่ที่ 1.845 และการวางซ้อนกัน 5 พาเลทมีค่าอยู่ที่ 1.933 ซึ่งทั้งหมดมีแนวโน้มที่ลดลงจากเดิมแต่ยังคงมีค่าอยู่ในเกณฑ์ 1-3 ซึ่งถือว่ายังคงมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บบริเวณสันหลังจากการยกอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง แต่ในการยกครั้งที่ 2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจาก 10 กิโลกรัมเป็น 15 กิโลกรัมส่งผลให้ค่าดัชนีการยกเมื่อวางพาเลทซ้อนกันจำนวน 3 พาเลทมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 2.324 ในขณะที่วางซ้อนกัน 4 พาเลทมีค่าอยู่ที่ 2.147 และวางซ้อนกัน 5 พาเลทมีค่าอยู่ที่ 1.831 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม จึงทำการปรับลดน้ำหนักการยกลงจาก 15 กิโลกรัม เหลือ 10 กิโลกรัม โดยแบ่งการยกออกเป็นตั้งละ 3 ครั้ง และทำการคำนวณใหม่อีกครั้ง โดยในการคำนวณจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำดังแสดงในตารางที่ ก-8 โดยตารางที่ 4-15 จะแสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้ และตารางที่ 4-16 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 3 ชั้น และสำหรับการวางซ้อนพาเลท 4 ชั้นจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำดังแสดงในตารางที่ ก-9 โดยตารางที่ 4-17 จะแสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้ และตารางที่ 4-18 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 4 ชั้น และสำหรับการวางซ้อนพาเลท 5 ชั้นจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำดังแสดงในตารางที่ ก-10 โดยตารางที่ 4-19 จะแสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณ

ได้ และตารางที่ 4-20 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางซ้อนพาล์ว 5 ชั้น

ตารางที่ 4-15 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาล์ว 3 ชั้น และยก cell ครั้งละ 10 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า
LC	ค่าคงที่	23.000
HM1	$HM = 25/H$	0.676
HM2		0.676
HM3		0.676
VM1	$VM = 1-(0.003 V-75)$	0.997
VM2		0.955
VM3		0.910
DM1	$DM = 0.82 + (4.5/D)$	1.000
DM2		0.961
DM3		0.887
AM1	$AM = 1-(0.0032A)$	0.712
AM2		0.712
AM3		0.712
FM1	เปิดตาราง	0.750
FM2		0.750
FM3		0.750
CM1	เปิดตาราง	0.950
CM2		0.950
CM3		0.950
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.868
RWL2		7.244
RWL3		6.368

ตารางที่ 4-16 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 10 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อน 3 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
L1		10.000
L2		10.000
L3		10.000
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.868
RWL2		7.244
RWL3		6.368
LI 1	$LI = L/RWL$	1.271
LI 2		1.380
LI 3		1.570

ตารางที่ 4-17 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 4 ชั้น และยก cell ครั้งละ 10 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า
LC	ค่าคงที่	23.000
HM1	$HM = 25/H$	0.676
HM2		0.676
HM3		0.676
VM1	$VM = 1-(0.003 V-75)$	0.958
VM2		1.000
VM3		0.955
DM1	$DM = 0.82 + (4.5/D)$	1.000
DM2		1.000
DM3		0.906
AM1	$AM = 1-(0.0032A)$	0.712
AM2		0.712
AM3		0.712
FM1	เปิดตาราง	0.750
FM2		0.750
FM3		0.750
CM1	เปิดตาราง	1.000
CM2		1.000
CM3		0.950
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.958
RWL2		8.307
RWL3		6.827

ตารางที่ 4-18 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 10 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อน 4 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
L1		10.000
L2		10.000
L3		10.000
RWL1		7.958
RWL2	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	8.307
RWL3		6.827
LI 1		1.257
LI 2	$LI = L/RWL$	1.204
LI 3		1.465

ตารางที่ 4-19 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 5 ชั้น และยก cell ครั้งละ 10 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า
LC	ค่าคงที่	23.000
HM1	$HM = 25/H$	0.676
HM2		0.676
HM3		0.676
VM1	$VM = 1-(0.003 V-75)$	0.913
VM2		0.955
VM3		1.000
DM1	$DM = 0.82 + (4.5/D)$	1.000
DM2		1.000
DM3		0.940
AM1	$AM = 1-(0.0032A)$	0.712
AM2		0.712
AM3		0.712
FM1	เปิดตาราง	0.750
FM2		0.750
FM3		0.750
CM1	เปิดตาราง	1.000
CM2		1.000
CM3		1.000
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.584
RWL2		7.933
RWL3		7.812

ตารางที่ 4-20 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 10 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อน 5 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
L1		10.000
L2		10.000
L3		10.000
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.584
RWL2		7.933
RWL3		7.812
LI 1	$LI = L/RWL$	1.319
LI 2		1.261
LI 3		1.280

จากการคำนวณจะพบว่าค่าดัชนีการยกที่ได้ในการยกครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 จากการวางซ้อนพาเลท 3 ชั้น มีค่าอยู่ที่ 1.271, 1.380 และ 1.570 ตามลำดับ จากการวางซ้อนพาเลท 4 ชั้น มีค่าอยู่ที่ 1.257, 1.204 และ 1.465 ตามลำดับ และจากการวางซ้อนพาเลท 5 ชั้น มีค่าอยู่ที่ 1.319, 1.261 และ 1.280 ตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดมีแนวโน้มที่ลดลงอยู่แต่ยังคงมีค่าอยู่ในเกณฑ์ 1-3 ซึ่งถือว่ายังมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บบริเวณสันหลังจากการยกอยู่ในเกณฑ์ปานกลางจึงทำการปรับลดน้ำหนักการยกลงจาก 10 กิโลกรัม เหลือ 5 กิโลกรัม โดยแบ่งการยกออกเป็น 6 ครั้ง และทำการคำนวณใหม่อีกครั้ง โดยในการคำนวณจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำดังแสดงในตารางที่ ก-11 โดยตารางที่ 4-21 จะแสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้ และตารางที่ 4-22 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 3 ชั้น และสำหรับการวางซ้อนพาเลท 4 ชั้นจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำดังแสดงในตารางที่ ก-12 โดยตารางที่ 4-23 จะแสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้ และตารางที่ 4-24 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 4 ชั้น และสำหรับการวางซ้อนพาเลท 5 ชั้นจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำดังแสดงในตารางที่ ก-13 โดยตารางที่ 4-25 จะแสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของ

น้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้ และตารางที่ 4-26 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยก
คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 5 ชั้น



ตารางที่ 4-21 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 3 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า
LC	ค่าคงที่	23.000
HM1	$HM = 25/H$	0.676
HM2		0.676
HM3		0.676
HM4		0.676
HM5		0.676
HM6		0.676
VM1	$VM = 1-(0.003 V-75)$	0.982
VM2		0.997
VM3		0.976
VM4		0.955
VM5		0.934
VM6		0.910
DM1	$DM = 0.82 + (4.5/D)$	1.000
DM2		1.000
DM3		1.000
DM4		0.927
DM5		0.896
DM6		0.878
AM1	$AM = 1-(0.0032A)$	0.712
AM2		0.712
AM3		0.712
AM4		0.712
AM5		0.712
AM6		0.712

ตารางที่ 4-21 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 3 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell (ต่อ)

ตัวแปร	สูตร	ค่า
FM1	เปิดตาราง	0.750
FM2		0.750
FM3		0.750
FM4		0.750
FM5		0.750
FM6		0.750
CM1	เปิดตาราง	1.000
CM2		0.950
CM3		0.950
CM4		0.950
CM5		0.950
CM6		0.950
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	8.157
RWL2		7.868
RWL3		7.702
RWL4		6.985
RWL5		6.602
RWL6		6.305

ตารางที่ 4-22 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 5 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อน 3 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
L1		5
L2		5
L3		5
L4		5
L5		5
L6		5
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	8.157
RWL2		7.868
RWL3		7.702
RWL4		6.985
RWL5		6.602
RWL6		6.305
LI 1	$LI = L/RWL$	0.613
LI 2		0.636
LI 3		0.649
LI 4		0.716
LI 5		0.757
LI 6		0.793

ตารางที่ 4-23 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 4 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า
LC	ค่าคงที่	23.000
HM1	$HM = 25/H$	0.676
HM2		0.676
HM3		0.676
HM4		0.676
HM5		0.676
HM6		0.676
VM1	$VM = 1 - (0.003 V - 75)$	0.937
VM2		0.958
VM3		0.979
VM4		1.000
VM5		0.979
VM6		0.955
DM1	$DM = 0.82 + (4.5/D)$	1.000
DM2		1.000
DM3		1.000
DM4		0.986
DM5		0.921
DM6		0.892
AM1	$AM = 1 - (0.0032A)$	0.712
AM2		0.712
AM3		0.712
AM4		0.712
AM5		0.712
AM6		0.712

ตารางที่ 4-23 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 4 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell (ต่อ)

ตัวแปร	สูตร	ค่า
FM1	เปิดตาราง	0.750
FM2		0.750
FM3		0.750
FM4		0.750
FM5		0.750
FM6		0.750
CM1	เปิดตาราง	1.000
CM2		1.000
CM3		1.000
CM4		1.000
CM5		0.950
CM6		0.950
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.783
RWL2		7.958
RWL3		8.132
RWL4		8.190
RWL5		7.119
RWL6		6.721

ตารางที่ 4-24 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 5 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อน 4 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
L1		5
L2		5
L3		5
L4		5
L5		5
L6		5
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.783
RWL2		7.958
RWL3		8.132
RWL4		8.190
RWL5		7.119
RWL6		6.721
LI 1	$LI = L/RWL$	0.642
LI 2		0.628
LI 3		0.615
LI 4		0.610
LI 5		0.702
LI 6		0.744

ตารางที่ 4-25 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 5 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า
LC	ค่าคงที่	23.000
HM1	$HM = 25/H$	0.676
HM2		0.676
HM3		0.676
HM4		0.676
HM5		0.676
HM6		0.676
VM1	$VM = 1-(0.003 V-75)$	0.892
VM2		0.913
VM3		0.934
VM4		0.955
VM5		0.976
VM6		1.000
DM1	$DM = 0.82 + (4.5/D)$	1.000
DM2		1.000
DM3		1.000
DM4		1.000
DM5		0.973
DM6		0.915
AM1	$AM = 1-(0.0032A)$	0.712
AM2		0.712
AM3		0.712
AM4		0.712
AM5		0.712
AM6		0.712

ตารางที่ 4-25 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 5 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell (ต่อ)

ตัวแปร	สูตร	ค่า
FM1	เปิดตาราง	0.750
FM2		0.750
FM3		0.750
FM4		0.750
FM5		0.750
FM6		0.750
CM1	เปิดตาราง	1.000
CM2		1.000
CM3		1.000
CM4		1.000
CM5		1.000
CM6		1.000
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.409
RWL2		7.584
RWL3		7.758
RWL4		7.933
RWL5		7.891
RWL6		7.597

ตารางที่ 4-26 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 5 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อน 5 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
L1		5
L2		5
L3		5
L4		5
L5		5
L6		5
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.409
RWL2		7.584
RWL3		7.758
RWL4		7.933
RWL5		7.891
RWL6		7.597
LI 1	$LI = L/RWL$	0.675
LI 2		0.659
LI 3		0.644
LI 4		0.630
LI 5		0.634
LI 6		0.658

ตารางที่ 4-27 แสดงค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 5 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อนกันที่ 3 ชั้น, 4 ชั้น และ 5 ชั้น

ดัชนีการยกครั้งที่	3Pallet	4Pallet	5Pallet
LI 1	0.613	0.642	0.675
LI 2	0.636	0.628	0.659
LI 3	0.649	0.615	0.644
LI 4	0.716	0.610	0.630
LI 5	0.757	0.702	0.634
LI 6	0.793	0.744	0.658

จากการคำนวณจะพบว่าค่าดัชนีการยกที่ได้ในการยกครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 ครั้งที่ 3 ครั้งที่ 4 ครั้งที่ 5 และครั้งที่ 6 ของการซ้อนพาเลทกันจำนวน 3 ชั้นมีแนวโน้มที่ลดลงอยู่ที่ 0.613, 0.636, 0.649, 0.716, 0.757 และ 0.793 ตามลำดับ การซ้อนพาเลทกันจำนวน 4 ชั้นมีแนวโน้มที่ลดลงอยู่ที่ 0.642, 0.628, 0.615, 0.610, 0.702 และ 0.744 ตามลำดับ และการซ้อนพาเลทกันจำนวน 5 ชั้นมีแนวโน้มที่ลดลงอยู่ที่ 0.675, 0.659, 0.644, 0.630, 0.634 และ 0.658 ตามลำดับ ซึ่งทั้งหมดนี้มีค่าที่อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่า 1 หมายความว่า ค่าน้ำหนักของวัตถุที่ยกมีค่าน้อยกว่าค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำ ดังนั้นแสดงว่าผู้ยกมีความเสี่ยงน้อยต่อการเกิดการบาดเจ็บบริเวณสันหลังจากการยก และหากเกิดอาการปวดหลังจะไม่สืบเนื่องมาจากการยกของจึงทำการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานในเอกสารใบแสดงมาตรฐานการทำงานโดยการจำกัดการยก Cell ที่จำนวน 5 Cell ซึ่งจะมีน้ำหนักโดยรวมในการยกแต่ละครั้งประมาณ 5 กิโลกรัม

	จอตกรถเข็นบริเวณพื้นที่นำ Pallet และล้อคสล็อตเข็น หลังจากนั้นนำ Cell จาก Pallet ครึ่งละ 5 Cell วางบนรถเข็น 80 Cell ตั้งละ 40 Cell	
	เข็นรถเข็นที่ใส่ Cell จำนวน 80 Cell ไปยังพื้นที่ใต้ Conveyor บริเวณเส้นที่กำหนด และล้อคสล็อตเข็น	

ภาพที่ 4-3 ขั้นตอนการทำงานบางส่วนในเอกสารใบแสดงมาตรฐานการทำงาน

และจากการปรับปรุงทางผู้วิจัยมีความสนใจว่าหากทำการปรับลดแค่น้ำหนักในการยกแต่ไม่ได้ปรับปรุงความสูงของสถานงานให้เหมาะสมจะส่งผลอย่างไรต่อค่าดัชนีการยกจึงทดลองทำการคำนวณโดยในการคำนวณจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำโดยไม่ทำการซ้อนพาเลทและยก cell ครึ่งละ 5 cell ดังแสดงในตารางที่ ก-14 และตารางที่ 4-28 จะแสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้ และตารางที่ 4-29 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางโดยไม่ทำการซ้อนพาเลทและยก cell ครึ่งละ 5 cell และพบว่าหากทำการปรับลดแค่น้ำหนักที่ยกแต่ไม่ทำการปรับปรุงสถานงานค่าดัชนีการยกในครั้งที่ 1 จะอยู่ที่ 0.696 ค่าดัชนีการยกในครั้งที่ 2 จะอยู่ที่ 0.743 ค่าดัชนีการยกในครั้งที่ 3 จะอยู่ที่ 0.793 ค่าดัชนีการยกในครั้งที่ 4 จะอยู่ที่ 0.830 ค่าดัชนีการยกในครั้งที่ 5 จะอยู่ที่ 0.979 แต่ค่าดัชนีการยกในครั้งที่ 6 จะอยู่ที่ 1.018 ซึ่งยังคงเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ 1-3 ซึ่งถือว่ายังคงมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บบริเวณสันหลังจากการยกอยู่ในเกณฑ์ปานกลางจึงพบว่าการปรับปรุงเพื่อให้การยกมีค่าดัชนีการยกที่เหมาะสมนั้นควรทำทั้งการปรับปรุงความสูงของสถานงาน และปรับลดน้ำหนักของ cell ที่ยก ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการคำนวณเพิ่มเติมว่าหากทำการวางพาเลทซ้อนกัน 2 ชั้นโดยใช้ค่าน้ำหนักที่ยกอยู่ที่ 5 กิโลกรัมจะมีค่าดัชนีการยกที่เหมาะสมหรือไม่ซึ่งพบว่าการซ้อนพาเลทแค่ 2 ชั้นก็สามารถลดค่าดัชนีการยกให้มีค่าต่ำกว่า 1 ได้หากกำหนดให้น้ำหนักในการยกอยู่ที่ 5 กิโลกรัม โดยใน

การคำนวณจะมีค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณหาค่าขีดจำกัดของน้ำหนัที่แนะนำโดยทำการ
ซ้อนพลาเท 2 ชั้นและยก cell ครึ่งละ 5 cell ดังแสดงในตารางที่ ก-15 และตารางที่ 4-30จะแสดง
ค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนัที่แนะนำที่คำนวณได้ และตารางที่ 4-31 แสดงค่าตัว
แปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกคำนวณได้จากการวางโดยทำการซ้อนพลาเท 2 ชั้นและยก cell
ครึ่งละ 5 cell



ตารางที่ 4-28 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้โดยไม่ทำการซ้อนพลาทและยก cell ครั้งละ 5 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า
LC	ค่าคงที่	23.000
HM1	$HM = 25/H$	0.676
HM2		0.676
HM3		0.676
HM4		0.676
HM5		0.596
HM6		0.596
VM1	$VM = 1-(0.003 V-75)$	0.928
VM2		0.907
VM3		0.886
VM4		0.865
VM5		0.844
VM6		0.820
DM1	$DM = 0.82 + (4.5/D)$	0.981
DM2		0.940
DM3		0.902
DM4		0.882
DM5		0.870
DM6		0.862
AM1	$AM = 1-(0.0032A)$	0.712
AM2		0.712
AM3		0.712
AM4		0.712
AM5		0.712
AM6		0.712

ตารางที่ 4-28 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้โดยไม่ทำการซ้อนพลาทและยก cell ครั้งละ 5 cell (ต่อ)

ตัวแปร	สูตร	ค่า
FM1	เปิดตาราง	0.750
FM2		0.750
FM3		0.750
FM4		0.750
FM5		0.750
FM6		0.750
CM1	เปิดตาราง	0.950
CM2		0.950
CM3		0.950
CM4		0.950
CM5		0.950
CM6		0.950
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.182
RWL2		6.725
RWL3		6.307
RWL4		6.023
RWL5		5.106
RWL6		4.912

ตารางที่ 4-29 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 5 กิโลกรัม โดยไม่ทำการซ้อนพลาเทท

ตัวแปร	สูตร	ค่า
L1		5
L2		5
L3		5
L4		5
L5		5
L6		5
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.182
RWL2		6.725
RWL3		6.307
RWL4		6.023
RWL5		5.106
RWL6		4.912
LI 1	$LI = L/RWL$	0.696
LI 2		0.743
LI 3		0.793
LI 4		0.830
LI 5		0.979
LI 6		1.018

ตารางที่ 4-30 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 2 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า
LC	ค่าคงที่	23.000
HM1	$HM = 25/H$	0.676
HM2		0.676
HM3		0.676
HM4		0.676
HM5		0.676
HM6		0.676
VM1	$VM = 1-(0.003 V-75)$	0.973
VM2		0.952
VM3		0.931
VM4		0.910
VM5		0.889
VM6		0.865
DM1	$DM = 0.82 + (4.5/D)$	1.000
DM2		1.000
DM3		0.933
DM4		0.899
DM5		0.881
DM6		0.869
AM1	$AM = 1-(0.0032A)$	0.712
AM2		0.712
AM3		0.712
AM4		0.712
AM5		0.712
AM6		0.712

ตารางที่ 4-30 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำที่คำนวณได้จากการวางซ้อนพาเลท 2 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell (ต่อ)

ตัวแปร	สูตร	ค่า
FM1	เปิดตาราง	0.750
FM2		0.750
FM3		0.750
FM4		0.750
FM5		0.750
FM6		0.750
CM1	เปิดตาราง	0.950
CM2		0.950
CM3		0.950
CM4		0.950
CM5		0.950
CM6		0.950
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.678
RWL2		7.512
RWL3		6.854
RWL4		6.454
RWL5		6.177
RWL6		5.929

ตารางที่ 4-31 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 5 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อน 2 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า
L1		5
L2		5
L3		5
L4		5
L5		5
L6		5
RWL1	$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$	7.678
RWL2		7.512
RWL3		6.854
RWL4		6.454
RWL5		6.177
RWL6		5.929
LI 1	$LI = L/RWL$	0.651
LI 2		0.666
LI 3		0.730
LI 4		0.775
LI 5		0.809
LI 6		0.843

ตารางที่ 4-32 แสดงค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการปรับน้ำหนัก Cell เป็น 5 กิโลกรัม บนพาเลทที่วางซ้อนกันที่ 2 ชั้น, 3 ชั้น, 4 ชั้น และ 5 ชั้น

ดัชนีการยกครั้งที่	2Pallet	3Pallet	4Pallet	5Pallet
LI 1	0.651	0.613	0.642	0.675
LI 2	0.666	0.636	0.628	0.659
LI 3	0.730	0.649	0.615	0.644
LI 4	0.775	0.716	0.610	0.630
LI 5	0.809	0.757	0.702	0.634
LI 6	0.843	0.793	0.744	0.658

จากค่าดัชนีการยกที่คำนวณได้จากการวางพาเลทซ้อนกัน 2 ชั้น, 3 ชั้น, 4 ชั้น และ 5 ชั้น พบว่าทั้งหมดมีค่าที่ต่ำกว่า 1 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเสี่ยงน้อย แต่จะเห็นว่าการวางซ้อนกัน 5 พาเลทนั้นจะได้ค่าจากการคำนวณออกมาเป็นค่าที่น้อยที่สุด และในทุกๆ ระดับชั้นที่ทำการยกจะมีค่าไม่เกิน 0.7 ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกปรับปรุงสถานการณ์งานโดยใช้จำนวนการวางซ้อนพาเลทที่ 5 ชั้น

4.3 สภาพกิจกรรมหลังการปรับปรุงการทำงาน

หลังการปรับปรุงการทำงานพนักงานที่ปฏิบัติงานในตำแหน่งยก cell rework จะต้องมีส่วนขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

1. ลากพาเลทที่ใส่ cell rework มาที่หน้างาน
2. ใช้รถยกยกพาเลทที่ใส่ cell rework วางซ้อนบนฐานพาเลทที่เตรียมไว้จำนวน 4 ชั้นเพื่อให้มีพาเลทซ้อนกันทั้งหมดรวม 5 ชั้น
3. ยก cell rework จากบนพาเลทขึ้นไปวางบนรถเข็นเพื่อเตรียมขนย้ายไปยังสถานี Rework cell
4. พนักงานจะลากรถเข็นที่มี cell rework มายังสถานี Rework cell

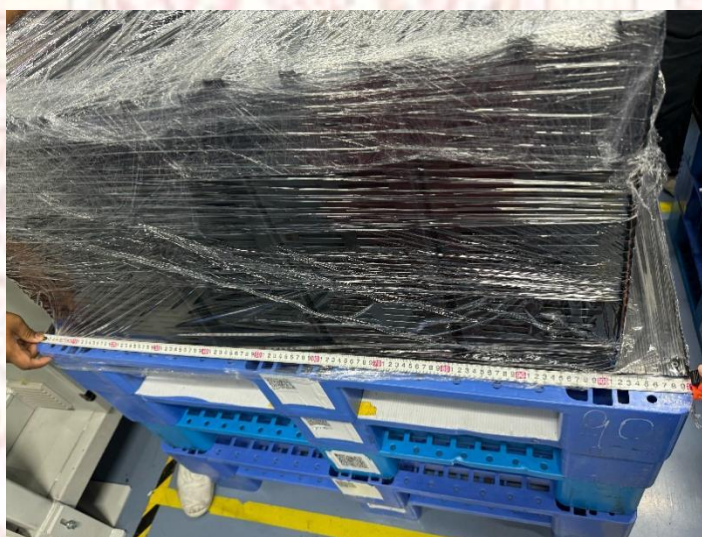
ซึ่งในขั้นตอนการยก cell rework จากบนพาเลทขึ้นไปวางบนรถเข็นเพื่อเตรียมขนย้ายไปยังสถานี Rework cell พนักงานจะทำการยกครั้งละ 5 cell และพบว่าลักษณะการยก cell ของ

พนักงานไม่จำเป็นที่จะต้องมีการก้มยกของซึ่งเป็นท่าทางที่ผิดหลักการยศาสตร์เนื่องจากการเพิ่มความสูงของจุดที่วางพาเลทที่วาง cell rework ให้เหมาะสมแล้ว

1. Cell ที่ยกมีน้ำหนักประมาณ 1,000 กรัม หรือ 1 กิโลกรัมโดยจะทำการยกครั้งละ 5 cell ซึ่งจะมีน้ำหนักโดยรวมอยู่ที่ประมาณ 5 กิโลกรัม
2. พาเลทมีความสูงอยู่ที่ 75 เซนติเมตร
3. มีระยะในแนวดิ่งจากมือถึงพื้นในการยกชั้นที่ 1 อยู่ที่ 111 เซนติเมตร
4. มีระยะในแนวดิ่งจากมือถึงพื้นในการยกชั้นที่ 2 อยู่ที่ 104 เซนติเมตร
5. มีระยะในแนวดิ่งจากมือถึงพื้นในการยกชั้นที่ 3 อยู่ที่ 97 เซนติเมตร
6. มีระยะในแนวดิ่งจากมือถึงพื้นในการยกชั้นที่ 4 อยู่ที่ 90 เซนติเมตร
7. มีระยะในแนวดิ่งจากมือถึงพื้นในการยกชั้นที่ 5 อยู่ที่ 83 เซนติเมตร
8. มีระยะในแนวดิ่งจากมือถึงพื้นในการยกชั้นที่ 6 อยู่ที่ 75 เซนติเมตร ซึ่งเป็นการยกที่ชั้นล่างสุดที่วางอยู่บนพาเลท
9. ความกว้างของวัตถุที่ยกอยู่ที่ 33.93 เซนติเมตร
10. มีระยะห่างในแนวดิ่งจากจากจุดที่ยกถึงตำแหน่งที่วางครั้งที่ 1 อยู่ที่ -32 เซนติเมตร
11. มีระยะห่างในแนวดิ่งจากจากจุดที่ยกถึงตำแหน่งที่วางครั้งที่ 2 อยู่ที่ -22.395 เซนติเมตร
12. มีระยะห่างในแนวดิ่งจากจากจุดที่ยกถึงตำแหน่งที่วางครั้งที่ 3 อยู่ที่ -5.145 เซนติเมตร
13. มีระยะห่างในแนวดิ่งจากจากจุดที่ยกถึงตำแหน่งที่วางครั้งที่ 4 อยู่ที่ 12.105 เซนติเมตร
14. มีระยะห่างในแนวดิ่งจากจากจุดที่ยกถึงตำแหน่งที่วางครั้งที่ 5 อยู่ที่ 29.355 เซนติเมตร
15. มีระยะห่างในแนวดิ่งจากจากจุดที่ยกถึงตำแหน่งที่วางครั้งที่ 2 อยู่ที่ 47.605 เซนติเมตร
16. มีมุมในการบิดเอี้ยวตัวอยู่ที่ประมาณ 90 องศา
17. มีความถี่ในการยกอยู่ที่ประมาณ 1 ครั้ง/นาที



ภาพที่ 4-4 กระบวนการยก cell rework ของพนักงานหลังจากปรับปรุงตามหลักการยศาสตร์



ภาพที่ 4-5 สถานะงานหลังปรับปรุงความสูงให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์

4.4 บทสรุป

การเปรียบเทียบค่าดัชนีการยกก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงพบว่าค่าดัชนีการยกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ก่อนทำการปรับปรุงมีค่าอยู่ที่ 3.213 และ 2.025 แต่หลังจากการปรับปรุงโดยแบ่งการยกออกเป็น 6 ครั้ง เหลือเพียง 0.675, 0.659, 0.644, 0.630, 0.634 และ 0.658 ตามลำดับซึ่งก่อนปรับปรุงจะเห็นว่าค่าดัชนีการยกบ่งบอกถึงค่าน้ำหนักของวัตถุที่ยกมีค่ามากกว่าค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่เหมาะสมในการยก และมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บบริเวณสันหลังจากการยกอยู่ในเกณฑ์สูงมาก จึงทำการวิเคราะห์ได้ว่าการปวดหลังเกี่ยวเนื่องกับการยกของ แต่หลังการทำการปรับปรุงสถานี

งานและแก้ไขขั้นตอนการทำงานโดยทำการจำกัดการยก Cell ให้เหมาะสมแล้วทำให้ค่าดัชนีการยกมีค่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่า 1 หมายความว่า ค่าน้ำหนักของวัตถุที่ยกมีค่าน้อยกว่าค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำ ดังนั้นแสดงว่าผู้ยกมีความเสี่ยงน้อยต่อการเกิดการบาดเจ็บบริเวณสันหลังจากการยก และหากเกิดอาการปวดหลังจะไม่สืบเนื่องมาจากการยกของซึ่งจะสามารถแก้ไขปัญหาการเกิดอาการปวด และการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังของพนักงานตำแหน่งยก cell rework ได้



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินการวิจัย

สารนิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดการบาดเจ็บและการอักเสบของกล้ามเนื้อหลังอันเนื่องมาจากการทำงานของพนักงานซึ่งทำหน้าที่ในการยก และขนย้าย cell rework ในแผนกโดยการประยุกต์ใช้หลักการทางกายศาสตร์ โดยทำการศึกษาในพนักงานซึ่งทำหน้าที่ในการยกและขนย้าย cell rework ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานใหม่ ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ในจังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งในการยก cell rework ก่อนทำการปรับปรุงจะมีน้ำหนักที่ต้องทำการยกอยู่ที่ประมาณ 20 ถึง 10 กิโลกรัมประกอบกับสถานีงานที่ไม่เหมาะสมทำให้พนักงานเกิดอาการเมื่อยล้า ปวดหลัง และเกิดการอักเสบของกล้ามเนื้อหลังเนื่องจากการยก cell rework อีกทั้งยังส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานด้วย

จากการศึกษาถึงสาเหตุของการเกิดอาการปวด และการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังของพนักงานในกระบวนการยก และขนย้าย cell rework ในแผนกโดยการศึกษาวิธีการทำงาน สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. จากการศึกษาสภาพการทำงานในปัจจุบันโดยใช้แบบสอบถามพนักงานเพื่อทำการสำรวจถึงระดับความเจ็บปวด และบริเวณที่เจ็บปวดในการทำงานของพนักงานพบว่ามีพนักงาน 14 คนจาก 19 คนที่มีความเมื่อยล้า หรือเจ็บปวดกล้ามเนื้อบริเวณหลังส่วนล่างในระดับ 3 ถึงระดับ 5 และจากผลสำรวจของพนักงานว่าหากต้องทำงานภายใต้ความเมื่อยล้าโดยไม่ได้รับการแก้ไขจะส่งผลกระทบต่ออย่างไร พนักงานส่วนมากจำนวน 9 จาก 19 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 47.4 ตอบว่าส่งผลข้างเคียงปานกลาง อาจทำให้ยากกลางาน หรือหยุดงาน ซึ่งสอดคล้องกับการลาป่วยของพนักงานในช่วงที่ทำการเก็บข้อมูล และมีพนักงานอีกจำนวน 3 คนจาก 19 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 15.8 ตอบว่าส่งผลอย่างมาก และมีผลในการตัดสินใจลาออก หรือย้ายงาน
2. จากทฤษฎีของการยศาสตร์เกี่ยวกับการคำนวณเพื่อปรับปรุงน้ำหนักในการยกให้เหมาะสมตามค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำ หรือ RWL ซึ่งเป็นค่าน้ำหนักที่เหมาะสมที่จะยกหรือขนย้ายวัตถุได้โดยไม่เกินขีดจำกัดในการรับน้ำหนักของกล้ามเนื้อหลังพบว่า

เมื่อทำการแบ่งการยกออกเป็น 6 ระดับความสูง หรือ 6 ครั้งแล้วนั้นค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำในแต่ละครั้งมีค่าอยู่ที่ 7.409, 7.584, 7.758, 7.933, 7.891 และ 7.597 ตามลำดับจึงจะเป็นค่าน้ำหนักการยกที่เหมาะสมดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงโดยให้น้ำหนักของวัตถุทำการยกในแต่ละครั้งมีค่ารวมกันอยู่ที่ประมาณ 5 กิโลกรัม

3. จากทฤษฎีของการยศาสตร์เกี่ยวกับการคำนวณค่าดัชนีการยก หรือ Lifting index ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงระดับความเครียดทางกายของสันหลังส่วนล่างภายใต้การยกนั้นพบว่า หากค่าดัชนีการยกมีค่าต่ำกว่า 1 จะถือว่ามีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บบริเวณสันหลังส่วนล่างจากการยกอยู่ในเกณฑ์ต่ำ และหากค่าอยู่ในเกณฑ์ 1-3 จะถือว่ามีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บบริเวณสันหลังส่วนล่างจากการยกอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง แต่หากค่าอยู่ในเกณฑ์สูงกว่า 3 จะถือว่ามีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บบริเวณสันหลังส่วนล่างจากการยกอยู่ในเกณฑ์สูงมาก และการปวดหลังนั้นเกี่ยวเนื่องกับการยกของ และปัจจุบันค่าดัชนีการยกของพนักงานมีค่าอยู่ที่ 3.213 และ 2.025 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเสี่ยงปานกลาง และมีความเสี่ยงสูงมากซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าการยกนั้นเป็นสาเหตุของอาการปวดและการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังของพนักงานได้
4. มีการจัดอบรมต่อพนักงาน โดยแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการท่าทางในการยกวัตถุ สิ่งของที่ต้อง สถานีงานที่เหมาะสม และน้ำหนักที่เหมาะสมในการยกทำให้สามารถปรับปรุงให้ค่าดัชนีการยกมีค่าที่ลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่จะเกิดความเสี่ยงต่ออาการปวดปวด และการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังของพนักงานลดลง
5. สามารถนำหลักการยศาสตร์ขยายผลไปทำการศึกษาในแผนกอื่นๆ ที่ต้องใช้พนักงานในการยกสิ่งของ เพื่อปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้กับพนักงาน และเป็นการสร้างขวัญและกำลังใจให้พนักงานไม่อยากลางานหรือหยุดงานลดลง
6. ผลสรุปหลังทำการปรับปรุงสถานีงานตามหลักการยศาสตร์แล้วพบว่าสามารถลดค่าดัชนีการยกได้อยู่ที่เพียง 0.675, 0.659, 0.644, 0.630, 0.634 และ 0.658 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ส่งผลต่อการปวด และการบาดเจ็บบริเวณสันหลังส่วนล่างจากการยกที่ต่ำจึงสอดคล้องกับการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับพนักงานที่ปฏิบัติงานในตำแหน่งยก และขนย้าย cell rework

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการทำงาน และสถานงานของพนักงานตามแผนกต่างๆ ที่มีการยก และขนย้ายวัสดุสิ่งของเพื่อปรับปรุงให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์
2. ทำการชี้แจงต่อพนักงาน และผู้บริหารให้เข้าใจถึงความสำคัญของการปฏิบัติงานตามหลักการยศาสตร์ ทั้งในด้านสุขภาพร่างกายของพนักงาน และการเพิ่มผลผลิต และประสิทธิภาพในการผลิตให้กับบริษัทและองค์กร
3. หัวหน้างาน วิศวกร และผู้จัดการในฝ่ายงานต่างๆควรมีความเข้าใจอย่างถูกต้องในหลักการของการยศาสตร์เพื่อทำการคิด และปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงานให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานของพนักงานภายในฝ่ายงานของตนเอง
4. ควรมีการติดตามและประเมินสภาพการทำงานของพนักงานว่าถูกต้องตามหลักการยศาสตร์หรือไม่ และมีความเสี่ยงในการส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานจากการทำงานที่ผิดหลักการยศาสตร์หรือไม่
5. เพิ่มการนำ 2 Factor Factorial Design มาใช้ประกอบในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 Factor คือความสูงของพาเลท และน้ำหนักที่ทำการยกที่ส่งผลต่อการเกิดอาการปวด และการบาดเจ็บกล้ามเนื้อ และกระดูกสันหลังของพนักงาน

บรรณานุกรม

บทความพื้นฟูวิชาการ, ดัชนีการยก (Lifting index), ไกรวัชรทธีรเนตร พ.บ. ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู
วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า

หลักการประเมินด้านการยศาสตร์ (Ergonomics assessment), การประเมินความเสี่ยงโดยใช้
สมการ NIOSH, เว็บไซต์ [https://thai-ergonomic-
assessment.blogspot.com/2014/07/niosh.html](https://thai-ergonomic-assessment.blogspot.com/2014/07/niosh.html)

การศึกษาความเสี่ยงด้านการยศาสตร์สำหรับการยกของด้วยแรงกายด้วยสมการยกของ NIOSH A
(case study of ergonomic intervention in lifting task evaluated by using
NIOSH), Lifting Equation, ธนารักษ์ หีบแก้ว และ ณัฐพล พุฒยางกูร ภาควิชาวิศวกรรม
อุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคผนวก

ตารางที่ ก-1 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำ

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
L1		20	ก.ก.
L2		10	ก.ก.
H1	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H2	ในกรณีที่ $V < 25$ ซม. ใช้ $H = 25 + W/2$	41.965	
V1		30	ซ.ม.
V2		15	ซ.ม.
D1		49	ซ.ม.
D2		97.355	ซ.ม.
A1		90	องศา
A2		90	องศา
F1		1	
F2		1	
W		33.93	
C		พอใช้	

ตารางที่ ก-2 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ชั้นพาเลท 3 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
L1		20	ก.ก.
L2		10	ก.ก.
H1	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H2	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
V1		60	ซ.ม.
V2		45	ซ.ม.
D1		19	ซ.ม.
D2		67.355	ซ.ม.
A1		90	องศา
A2		90	องศา
F1		1	
F2		1	
W		33.93	
C		พอใช้	

ตารางที่ ก-3 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ชั้นพาเลท 4 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
L1		20	ก.ก.
L2		10	ก.ก.
H1	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H2	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
V1		75	ซ.ม.
V2		60	ซ.ม.
D1		4	ซ.ม.
D2		52.355	ซ.ม.
A1		90	องศา
A2		90	องศา
F1		1	
F2		1	
W		33.93	
C		พอใช้	

ตารางที่ ก-4 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ชั้นพาเลท 5 ชั้น

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
L1		20	ก.ก.
L2		10	ก.ก.
H1	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H2	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
V1		90	ซ.ม.
V2		75	ซ.ม.
D1		-11	ซ.ม.
D2		37.355	ซ.ม.
A1		90	องศา
A2		90	องศา
F1		1	
F2		1	
W		33.93	
C		พอใช้	

ตารางที่ ก-5 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ชั้นพาเลท 3 ชั้น และยก cell ครั้งละ 15 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
L1		15	ก.ก.
L2		15	ก.ก.
H1	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H2	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
V1		67	ซ.ม.
V2		45	ซ.ม.
D1		12	ซ.ม.
D2		57.105	ซ.ม.
A1		90	องศา
A2		90	องศา
F1		1	
F2		1	
W		33.93	
C		พอใช้	

ตารางที่ ก-6 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ชั้นพาเลท 4 ชั้น และยก cell ครั้งละ 15 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
L1		15	ก.ก.
L2		15	ก.ก.
H1	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H2	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
V1		82	ซ.ม.
V2		60	ซ.ม.
D1		-3	ซ.ม.
D2		42.105	ซ.ม.
A1		90	องศา
A2		90	องศา
F1		1	
F2		1	
W		33.93	
C		พอใช้	

ตารางที่ ก-7 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ชั้นพาเลท 5 ชั้น และยก cell ครั้งละ 15 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
L1		15	ก.ก.
L2		15	ก.ก.
H1	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H2	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
V1		97	ซ.ม.
V2		75	ซ.ม.
D1		-18	ซ.ม.
D2		27.105	ซ.ม.
A1		90	องศา
A2		90	องศา
F1		1	
F2		1	
W		33.93	
C		พอใช้	

ตารางที่ ก-8 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ชั้นพาเลท 3 ชั้น และยก cell ครั้งละ 10 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
L1		10	ก.ก.
L2		10	ก.ก.
L3		10	ก.ก.
H1	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H2	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H3	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
V1		74	ซ.ม.
V2		60	ซ.ม.
V3		45	ซ.ม.
D1		5	ซ.ม.
D2		31.855	ซ.ม.
D3		67.355	ซ.ม.
A1		90	องศา
A2		90	องศา
A3		90	องศา
F1		1	
F2		1	
F3		1	
W		33.93	
C		พอใช้	

ตารางที่ ก-9 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ชั้นพาเลท 4 ชั้น และยก cell ครั้งละ 10 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
L1		10	ก.ก.
L2		10	ก.ก.
L3		10	ก.ก.
H1	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H2	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H3	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
V1		89	ซ.ม.
V2		75	ซ.ม.
V3		60	ซ.ม.
D1		-10	ซ.ม.
D2		16.855	ซ.ม.
D3		52.355	ซ.ม.
A1		90	องศา
A2		90	องศา
A3		90	องศา
F1		1	
F2		1	
F3		1	
W		33.93	
C		พอใช้	

ตารางที่ ก-10 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ชั้นพาเลท 5 ชั้น และยก cell ครั้งละ 10 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
L1		10	ก.ก.
L2		10	ก.ก.
L3		10	ก.ก.
H1	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H2	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H3	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
V1		104	ซ.ม.
V2		90	ซ.ม.
V3		75	ซ.ม.
D1		-25	ซ.ม.
D2		1.855	ซ.ม.
D3		37.355	ซ.ม.
A1		90	องศา
A2		90	องศา
A3		90	องศา
F1		1	
F2		1	
F3		1	
W		33.93	
C		พอใช้	

ตารางที่ ก-11 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ชั้นพาเลท 3 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
L1		5	ก.ก.
L2		5	ก.ก.
L3		5	ก.ก.
L4		5	ก.ก.
L5		5	ก.ก.
L6		5	ก.ก.
H1	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ชม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H2	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ชม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H3	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ชม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H4	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ชม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H5	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ชม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H6	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ชม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
V1		81	ช.ม.
V2		74	ช.ม.
V3		67	ช.ม.
V4		60	ช.ม.
V5		53	ช.ม.
V6		45	ช.ม.
D1		-2	ช.ม.
D2		7.605	ช.ม.
D3		24.855	ช.ม.
D4		42.105	ช.ม.
D5		59.355	ช.ม.
D6		77.605	ช.ม.

ตารางที่ ก-11 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ชั้นพาเลท 3 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell (ต่อ)

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
A1		90	องศา
A2		90	องศา
A3		90	องศา
A4		90	องศา
A5		90	องศา
A6		90	องศา
F1		1	
F2		1	
F3		1	
F4		1	
F5		1	
F6		1	
W		33.93	
C		พอใช้	

ตารางที่ ก-12 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ซ้อนพาเลท 4 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
L1		5	ก.ก.
L2		5	ก.ก.
L3		5	ก.ก.
L4		5	ก.ก.
L5		5	ก.ก.
L6		5	ก.ก.
H1	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H2	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H3	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H4	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H5	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H6	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
V1		96	ซ.ม.
V2		89	ซ.ม.
V3		82	ซ.ม.
V4		75	
V5		68	
V6		60	
D1		-17	ซ.ม.
D2		-7.395	ซ.ม.
D3		9.855	ซ.ม.
D4		27.105	
D5		44.355	
D6		62.605	

ตารางที่ ก-12 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ชั้นพาเลท 4 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell (ต่อ)

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
A1		90	องศา
A2		90	องศา
A3		90	องศา
A4		90	องศา
A5		90	องศา
A6		90	องศา
F1		1	
F2		1	
F3		1	
F4		1	
F5		1	
F6		1	
W		33.93	
C		พอใช้	

ตารางที่ ก-13 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ซ้อนพาเลท 5 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
L1		5	ก.ก.
L2		5	ก.ก.
L3		5	ก.ก.
L4		5	ก.ก.
L5		5	ก.ก.
L6		5	ก.ก.
H1	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H2	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H3	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H4	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H5	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H6	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
V1		111	ซ.ม.
V2		104	ซ.ม.
V3		97	ซ.ม.
V4		90	
V5		83	
V6		75	
D1		-32	ซ.ม.
D2		-22.395	ซ.ม.
D3		-5.145	ซ.ม.
D4		12.105	
D5		29.355	
D6		47.605	

ตารางที่ ก-13 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ชั้นพาเลท 5 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell (ต่อ)

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
A1		90	องศา
A2		90	องศา
A3		90	องศา
A4		90	องศา
A5		90	องศา
A6		90	องศา
F1		1	
F2		1	
F3		1	
F4		1	
F5		1	
F6		1	
W		33.93	
C		พอใช้	

ตารางที่ ก-14 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำโดยไม่ทำการซ้อนพาเลทและยก cell ครั้งละ 5 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
L1		5	ก.ก.
L2		5	ก.ก.
L3		5	ก.ก.
L4		5	ก.ก.
L5		5	ก.ก.
L6		5	ก.ก.
H1	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H2	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H3	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H4	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H5	ในกรณีที่ $V < 25$ ซม. ใช้ $H = 25 + W/2$	41.965	
H6	ในกรณีที่ $V < 25$ ซม. ใช้ $H = 25 + W/2$	41.965	
V1		51	ซ.ม.
V2		44	ซ.ม.
V3		37	ซ.ม.
V4		30	ซ.ม.
V5		23	ซ.ม.
V6		15	ซ.ม.
D1		28	ซ.ม.
D2		37.605	ซ.ม.
D3		54.855	ซ.ม.
D4		72.105	
D5		89.355	
D6		107.605	

ตารางที่ ก-14 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนัที่แนะนำโดยไม่ทำการซ้อนพลาเทและยก cell ครั้งละ 5 cell (ต่อ)

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
A1		90	องศา
A2		90	องศา
A3		90	องศา
A4		90	องศา
A5		90	องศา
A6		90	องศา
F1		1	
F2		1	
F3		1	
F4		1	
F5		1	
F6		1	
W		33.93	
C		พอใช้	

ตารางที่ ก-15 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ซ้อนพาเลท 2 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
L1		5	ก.ก.
L2		5	ก.ก.
L3		5	ก.ก.
L4		5	ก.ก.
L5		5	ก.ก.
L6		5	ก.ก.
H1	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H2	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H3	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H4	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H5	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
H6	ในกรณีที่ $V \geq 25$ ซม. ใช้ $H = 20 + W/2$	36.965	
V1		66	ซ.ม.
V2		59	ซ.ม.
V3		52	ซ.ม.
V4		45	
V5		38	
V6		30	
D1		13	ซ.ม.
D2		22.605	ซ.ม.
D3		39.855	ซ.ม.
D4		57.105	
D5		74.355	
D6		92.605	

ตารางที่ ก-15 แสดงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการคำนวณค่าขีดจำกัดของน้ำหนักที่แนะนำจากการวาง
ชั้นพาเลท 2 ชั้น และยก cell ครั้งละ 5 cell (ต่อ)

ตัวแปร	สูตร	ค่า	หน่วย
A1		90	องศา
A2		90	องศา
A3		90	องศา
A4		90	องศา
A5		90	องศา
A6		90	องศา
F1		1	
F2		1	
F3		1	
F4		1	
F5		1	
F6		1	
W		33.93	
C		พอใช้	

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	บุญณพิทย์ อยู่พุ่ม
ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การปรับปรุงสถานีงานตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดอาการปวด การบาดเจ็บกล้ามเนื้อและกระดูกสันหลังของพนักงานตำแหน่งยก cell rework ในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน
สาขาวิชา	วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม
ประวัติ	ประวัติส่วนตัว เกิดเมื่อ วันอังคาร ที่ 15 กรกฎาคม พ.ศ. 2540 ที่ จังหวัดนนทบุรี เป็นบุตรของ นายณัฐวุฒิ อยู่พุ่ม และ นางปัทมา อยู่พุ่ม ปัจจุบันประกอบอาชีพพนักงานบริษัทเอกชน ตำแหน่งวิศวกรผลิต ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนช่างฝีมือทหารสถาบันวิชาการป้องกันประเทศ กองบัญชาการกองทัพไทย และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการวัดคุมและอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปีการศึกษา 2563