ผลกระทบในการปรับปรุงสภาพการทำงานในสภาวะเร่งทำงานต่อผลิตภาพและความปลอดภัย : กรณีศึกษาการยกสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ด้วยแรงคน

นางสาววรีวรรณ เอี่ยมอารีรัตน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECTS OF IMPROVEMENT OF WORKING CONDITION WITH RUSH STATE ON PRODUCTIVITY AND SAFETY : A CASE STUDY OF CONTAINER MANUAL HANDLING TASKS

Miss Raweewan Aiemarreerat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบในการปรับปรุงสภาพการทำงานในสภาวะเร่งทำงานต่อผลิตภาพและความปลอดภัย :กรณีศึกษาการยกสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ด้วยแรงคน
โดย	นางสาวรวีวรรณ เอี่ยมอารีรัตน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รวีวรรณ เอี่ยมอารีรัตน์ : ผลกระทบในการปรับปรุงสภาพการทำงานในสภาวะเร่งทำงานต่อผลิตภาพและความปลอดภัย :กรณีศึกษาการยกสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ด้วยแรงคน (THE EFFECTS OF IMPROVEMENT OF WORKING CONDITION WITH RUSH STATE ON PRODUCTIVITY AND SAFETY : A CASE STUDY OF CONTAINER MANUAL HANDLING TASKS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล, 174 หน้า.

อุปสรรคสำคัญของงานจัดเรียงสินค้าภายในตู้คอนเทนเนอร์ คือ อุณหภูมิภายในที่ทำงานสูงและพื้นที่ทำงานจำกัด เนื่องจากตู้คอนเทนเนอร์มักถูกวางไว้กลางแจ้ง จึงทำให้อุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอกเสมอ รวมทั้งทางเข้า-ออกมีเพียงทางเดียวจึงไม่สามารถสร้างระบบการไหลเวียนของอากาศได้ แม้ว่าสินค้าที่จัดเรียงมีน้ำหนักไม่มาก แต่ด้วยปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่กล่าวมางานจัดเรียงสินค้าภายในตู้คอนเทนเนอร์จึงเป็นงานที่สร้างภาระให้กับร่างกายมากกว่าการทำงานยกแบบปกติทั่วไป งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภาพและความปลอดภัยในการจัดเรียงสินค้าขนาดไม่เกิน 7 กิโลกรัมเข้าตู้คอนเทนเนอร์ด้วยแรงงานคนในสภาวะปกติและสภาวะเร่งทำงาน 2) เพื่อค้นหาสภาพการทำงานที่มีผลิตภาพที่สูงขึ้นโดยไม่ก่อให้เกิดภาระแก่ร่างกายเกินระดับจนก่อให้เกิดอันตรายหรือภาวะเจ็บป่วยเรื้อรัง

การปรับปรุงสภาพการทำงานที่บริษัทเข้าร่วมยอมรับให้ปรับปรุงได้มี 2 วิธี คือ 1)การติดตั้งพัดลมบริเวณหน้าทางเข้า-ออกตู้คอนเทนเนอร์ เพื่อช่วยลดภาระความร้อน และ 2)การนำโต๊ะเข้ามาเพื่อช่วยลดปัญหาท่ายกของที่ไม่ปลอดภัย โดยมีพนักงานชายที่เข้าร่วมงานวิจัยด้วยความสมัครใจทั้ง 2 สภาพงาน โดยสภาพงานละ 6 คน แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของเวลาในการวิจัยแต่ละครั้งที่ต้องไม่รบกวนเวลาการทำงานของพนักงาน งานวิจัยนี้จึงได้ใช้แนวทางการเพิ่มความเร็วในการทำงานเพื่อต้องการให้ได้ผลการปรับปรุงที่ชัดเจน จึงได้กำหนดความเร็วในการทำงานออกเป็น 3 ระดับ คือ 1.ความเร็วปกติ (Rating 100%) 2.ความเร็วสูง (Rating 110 -120%) และ 3.ความเร็วสูงที่สุด (Rating 120 - 140%) โดยแต่ละความเร็วมีระยะเวลาเพียง 5 นาที จำนวนกล่องที่จัดเรียงและอัตราการเต้นของหัวใจของพนักงานถูกใช้เป็นตัวชี้วัดผลในการปรับปรุงครั้งนี้

ผลการวิจัยพบว่า ในสภาวะการทำงานที่มีการติดตั้งพัดลม ไม่ได้ส่งผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ทำให้ผลิตภาพสูงขึ้น แต่ส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง (ลดลงเฉลี่ย 4.20%) อย่างมีนัยสำคัญทุกระดับความเร็วในการทำงาน สำหรับการนำโต๊ะเข้ามาช่วย พบว่าส่งผลให้ผลิตภาพลดลงอย่างมีนัยสำคัญทุกระดับความเร็วในการทำงาน (ลดลงเฉลี่ย 10.23%) เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ทำงานได้ทำให้การใช้โต๊ะกลายเป็นการกีดขวางการทำงาน แต่ทำให้จำนวนท่าทางที่ไม่ปลอดภัยลดลง (ลดลงเฉลี่ย 16.95 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ทุกระดับความเร็วในการทำงาน นอกจากนี้ยังพบข้อสังเกตสำหรับการทำงานที่ยาวนานขึ้น (90 นาที) ว่าการติดตั้งพัดลมได้ทำให้ผลิตภาพเพิ่มขึ้นประมาณ 16.45%

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การติดตั้งพัดลมจึงเป็นแนวทางที่เป็นไปได้ที่ได้รับการยอมรับจากโรงงานนี้ เนื่องจากเป็นการเพิ่มระดับความปลอดภัยจากอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานที่ลดลง และอาจส่งผลต่อผลิตภาพในระยะยาวให้เพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากความล้าสะสมที่เกิดขึ้นจากการทำงานลดลง

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

5570938021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS: MANUAL HANDLING TASKS / WORKING ON RUSH STATE / WORKING CONDITION IMPROVEMENT

RAWEEWAN AIEMARREERAT: THE EFFECTS OF IMPROVEMENT OF WORKING CONDITION WITH RUSH STATE ON PRODUCTIVITY AND SAFETY : A CASE STUDY OF CONTAINER MANUAL HANDLING TASKS. ADVISOR: DR. PHAIROAT LADAVICHITKUL, 174 pp.

The major problems of a container manual handling task are the high temperature in working area and the limited working space. The container is always located outside the building causes the inner temperature is higher than the outside. Moreover, there is only one way access the ventilation system cannot be installed in the container.

Although the handling packages are not heavy, the working environments of container increases workload more than a normal manual handling task. This research aimed to 1) study the effects of improvement of working conditions with normal and rush states on productivity and safety of the container manual handling task with lifting load less than 7 kg. 2) determine the working conditions which increase the productivity without the injury and illness from exceeding workloads.

The joined company accepted two methods of improvement which were 1) the installation of industrial fan in front of the access way of the container in order to reduce heat loads. 2) the installation of table for solving unsafe lifting posture. Male industrial workers were recruited voluntarily in 2 working conditions. Each working condition was performed by 6 workers. Due to the time limitation of research that should not disturb the routine works. Therefore the increasing of working movement speed were implemented in this research for revealing the obvious results. The working movement speed was implemented into 3 levels of rating 1) normal movement speed (rating at 100%), 2) rush movement speed (rating at 110-120%) and 3) very rush movement speed (rating at 120-140%). Each movement rating was performed in 5 minutes. The quantity of handling cartons and the heart rate of worker were recorded as the indicator for these improvements.

The results showed that when industrial fan was applied in working condition. There was no significant differences on the increasing of productivity but it significantly decreased the heart rate in all movement rating (average decreasing = 4.20%). Furthermore, the table installation significantly decreased in productivity in all movement rating (average decreasing = 10.23%) because of working space constraints and table was obstructive for handling. However the number of unsafe lifting posture significantly decreased (average decreasing = 16.95 %) in all movement rating. By observation for long term working (90 minutes), the industrial fan installation increased the productivity about 16.45%

In conclusion, the indusial fan installation should be possible to accept in this factory that will increase the safety level by decreasing the working heart rate. Furthermore, it may be increase the productivity in longer term because it reduces the working fatigue.

Department: Industrial Engineering Student's Signature .....

Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะประสบความสำเร็จไม่ได้เลย หากไม่ได้รับความรู้และคำแนะนำจาก อาจารย์ ดร. ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล และอาจารย์ วรโชค ไชยวงษ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภัสสวงศ์ โอสถศิลป์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ โรงงานกรณีศึกษาที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และให้โอกาสในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งพนักงานที่เกี่ยวข้อง ที่ได้ให้ความร่วมมือ ตลอดช่วงเวลาในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ได้สนับสนุนและให้กำลังใจจนกระทั่งงานวิจัยชิ้นนี้ประสบความสำเร็จ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 2

1.1.1 ความล้าและความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน 2

1.1.2 งานวิจัยที่ทำเป็นภาระงานยกที่เบา 7

1.1.3 การปรับสภาพการทำงานในสภาวะเร่งทำงาน 9

1.2 แนวทางในการปรับปรุงสภาพการทำงาน 10

1.2.1 การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด ด้วยการติดตั้งพัดลม 10

1.2.2 การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย 11

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 13

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 13

1.5 ผลที่ได้รับ 13

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ 14

1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน 14

บทที่ 2 15

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

2.1 การยกย้ายวัสดุสิ่งของด้วยแรงกายคน 15

หน้า

2.2 ปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อการทำงานยกของ 15
2.3 การปรับปรุงสถานที่ทำงานสำหรับการยกของ 16
2.4 สมการ NIOSH 18
2.5 ความล้าในการทำงาน 20
2.6 ปัจจัยที่ทำการศึกษา 23
2.7 การประเมินภาระงานยกของด้วยมือ 34
2.8 การประเมินความล้าด้วยอัตราการเต้นของหัวใจ 38
บทที่ 3 41
การดำเนินงานวิจัย 41
3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา 41
3.2 สภาพการทำงานในปัจจุบัน 41
3.3 สภาพแวดล้อมในการทำงาน 48
3.4 การดำเนินการวิจัย 49
3.4.1 ผู้ถูกทดสอบ 49
3.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 50
3.4.3 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย 53
บทที่ 4 60
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 60
4.1 ลักษณะของภาระงานและสภาวะแวดล้อม 60
4.2 รายละเอียดของผู้เข้าร่วมงานวิจัย 61
4.3 ผลการทดสอบ 63
4.3.1 การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดด้วยพัดลม โดยนำลมเข้าไปภายในตู้คอนเทนเนอร์ 63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.2 การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย 104

บทที่ 5 130

สรุปผลการวิจัยและข้อแนะนำ 130

5.1 สรุปผลการวิจัย 130

5.1.1 ส่วนที่ 1 การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด 130

5.1.2 ส่วนที่ 2 การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย 132

5.1.3 สภาวะในการทำงานที่ให้ผลิตภาพสูงขึ้น โดยไม่ก่อให้เกิดภาระร่างกายเกินระดับก่อให้เกิดอันตราย 133

5.2 ข้อจำกัดในการดำเนินงานวิจัย 133

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในอนาคต 134

รายการอ้างอิง 136

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 174

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆในขณะที่พนักงาปฏิบัติงาน……..……..……2
ตารางที่ 1.2 ลักษณะกล่องสินค้าที่ทำการยก……..…8
ตารางที่ 2.1 การจำแนกภาระงานทางสรีระของร่างกาย โดยใช้ค่าอัตราการใช้ออกซิเจน อัตราการเต้นหัวใจ และพลังงานที่ใช้……..……..39
ตารางที่ 3.1 ตารางการทดสอบในสภาวะต่างๆของผู้ถูกทดสอบแต่ละคน……..……49
ตารางที่ 3.2 การออกแบบการทดลองที่สภาวะต่างๆที่มีการปรับสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด……..…55
ตารางที่ 3.3 การออกแบบการทดลองที่สภาวะต่างๆที่มีการปรับสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย……..…55
ตารางที่ 4.1 สภาวะแวดล้อมก่อนการปรับปรุงโดยทั่วไปภายในตู้คอนเทนเนอร์……..61
ตารางที่ 4.2 รายละเอียดคุณสมบัติของผู้ถูกทดสอบ……..…62
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบสภาวะแวดล้อมในการทำงานระหว่างมีลมพัดและไม่มีลมพัด…..63
ตารางที่ 4.4 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติก่อนการปรับปรุงซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด……..…64
ตารางที่ 4.5 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด……..65
ตารางที่ 4.6 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงก่อนการปรับปรุงซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด……..…65
ตารางที่ 4.7 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูง หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด……..65
ตารางที่ 4.8 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงที่สุด ก่อนการปรับปรุงซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด……..…66
ตารางที่ 4.9 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงที่สุด หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด……..66
ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของจำนวนกล่องสินค้าต่อคนที่ยกได้ในแต่ละนาทีในสภาวะการทำงานต่างๆเมื่อปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด……67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ตารางที่ 4.11 ผลรวมเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ที่สภาวะและระดับความเร็ว
ในการทำงานต่างๆ เมื่อมีการปรับสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด……...69
ตารางที่ 4.12 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในขณะยกกล่องสินค้าเข้า
ตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วปกติก่อนการปรับปรุง ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด…...……..77
ตารางที่ 4.13 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในขณะยกกล่องสินค้าเข้า
ตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วปกติหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด……77
ตารางที่ 4.14 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในขณะยกกล่องสินค้าเข้า
ตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วสูงก่อนการปรับปรุงซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด……..77
ตารางที่ 4.15 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในขณะยกกล่องสินค้าเข้า
ตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วสูงหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด……...78
ตารางที่ 4.16 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในขณะยกกล่องสินค้าเข้า
ตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วสูงที่สุดก่อนการปรับปรุงซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด……....78
ตารางที่ 4.17 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในขณะยกกล่องสินค้าเข้า
ตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วสูงที่สุดหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด…….....78
ตารางที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของอัตราการเต้นของหัวใจ
ในแต่ละนาทีที่สภาวะการทำงานต่างๆ…….....79
ตารางที่ 4.19 อัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ยในสภาวะการทำงานต่างๆ……..……82
ตารางที่ 4.20 การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจโดยเฉลี่ยต่อคนที่สภาวะการทำงานต่างๆ…....83
ตารางที่ 4.21 ขีดจำกัดที่ปลอดภัยของเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจต่ออัตราการเต้นหัวใจสูงสุด
ที่ระดับความเร็วปกติในการทำงาน ก่อนการปรับปรุงซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด……..92
ตารางที่ 4.22 ขีดจำกัดที่ปลอดภัยของเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจต่ออัตราการเต้นหัวใจสูงสุด
ที่ระดับความเร็วปกติในการทำงาน หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด……...92
ตารางที่ 4.23 ขีดจำกัดที่ปลอดภัยของเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจต่ออัตราการเต้นหัวใจสูงสุด
ที่ระดับความเร็วสูงในการทำงาน ก่อนการปรับปรุงซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด……93
ตารางที่ 4.24 ขีดจำกัดที่ปลอดภัยของเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจต่ออัตราการเต้นหัวใจสูงสุด
ที่ระดับความเร็วสูงในการทำงาน หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด……93
ตารางที่ 4.25 ขีดจำกัดที่ปลอดภัยของเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจต่ออัตราการเต้นหัวใจสูงสุด
ที่ระดับความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน ก่อนการปรับปรุงซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด……93

ตารางที่ 4.26 ขีดจำกัดที่ปลอดภัยของเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจต่ออัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่ระดับความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด.....94
ตารางที่ 4.27 สภาวะแวดล้อมก่อนและหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด (ระยะเวลาในการทดลอง 90 นาที) 96
ตารางที่ 4.28 จำนวนกล่องที่ยกได้และอัตราการเต้นของหัวใจที่สภาวะการทำงานที่มีและไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วปกติในการทำงาน ในระยะเวลา 90 นาที.....97
ตารางที่ 4.29 อัตราการเต้นของหัวใจในขณะหยุดพักหลังจากสิ้นสุดการทดลองที่สภาวะการทำงานที่มีและไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วปกติ.....98
ตารางที่ 4.30 ค่าภาระการตอบสนองด้วยอัตราการเต้นของหัวใจที่ไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วสภาวะการทำงานที่มีและปกติในการทำงาน ในระยะเวลา 90 นาที.....103
ตารางที่ 4.31 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติก่อนการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย.....104
ตารางที่ 4.32 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติหลังการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย.....104
ตารางที่ 4.33 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงก่อนการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย.....105
ตารางที่ 4.34 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงหลังการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย.....105
ตารางที่ 4.35 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงสุดก่อนการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย.....105
ตารางที่ 4.36 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงสุดหลังการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย.....106
ตารางที่ 4.37 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของจำนวนกล่องสินค้าต่อคนที่ทำการยกได้ในแต่ละนาทีในสภาวะการทำงานต่างๆ เมื่อมีการนำโต๊ะเข้ามาช่วย.....106
ตารางที่ 4.38 ผลรวมเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้และระดับความเร็วในการทำงานต่างๆ เมื่อนำโต๊ะเข้ามาช่วย.....109

หน้า

ตารางที่ 4.39 จำนวนท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ที่ระดับความเร็วปกติก่อนการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย.....116
ตารางที่ 4.40 จำนวนท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ที่ระดับความเร็วปกติหลังการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย.....117
ตารางที่ 4.41 จำนวนท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ที่ระดับความเร็วสูงก่อนการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย.....118
ตารางที่ 4.42 จำนวนท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ที่ระดับความเร็วสูงหลังการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย.....119
ตารางที่ 4.43 จำนวนท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ที่ระดับความเร็วสูงสุดก่อนการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย.....120
ตารางที่ 4.44 จำนวนท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ที่ระดับความเร็วสูงสุดหลังการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย.....121
ตารางที่ 4.45 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของจำนวนกล่องสินค้าต่อคนที่ยกได้ในแต่ละนาทีในสภาวะการทำงานต่างๆ เมื่อนำโต๊ะเข้ามาช่วย.....122

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 ข้อกำหนดขนาดของพาเลทสินค้า……..……..3
รูปที่ 1.2 พื้นที่จำกัดที่เหลืออยู่ให้สำหรับพนักงานยกสินค้าปฏิบัติงาน……..…4
รูปที่ 1.3 การยกกล่องสินค้าจากพาเลทสินค้าในระดับความสูงต่ำกว่าหัวเข่า……..…4
รูปที่ 1.4 การยกกล่องสินค้าเพื่อวางในตู้สินค้าที่ระดับความสูงต่ำกว่าหัวเข่า……...5
รูปที่ 1.5 การยกกล่องสินค้าจากพาเลทสินค้าในระดับความสูงที่สูงกว่าหัวไหล่……5
รูปที่ 1.6 การยกกล่องสินค้าเพื่อวางเข้าไปในตู้สินค้าที่ระดับความสูงที่สูงกว่าหัวไหล่ ……..6
รูปที่ 1.7 การบิดเอี้ยวตัวเพื่อยกกล่องสินค้าภายในตู้คอนเทนเนอร์……..6
รูปที่ 1.8 ข้อมูลปริมาณจำนวนกล่องสินค้าที่บรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์ ตั้งแต่ ปี 2009 – 2013…...7
รูปที่ 1.9 ข้อมูลจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำการบรรจุ ตั้งแต่ปี 2009 – 2013……..7
รูปที่ 1.10 ผลกระทบของท่าทางการยกของที่มีต่อค่าความดันภายในหมอนรองกระดูก L3/L4 ของ Nschemson และ Elfstrom (1970) จาก Grandjean (1995)……....12
รูปที่ 1.11 กราฟการเปลี่ยนแปลงของแรงดันภายในหมอนรองกระดูกสันหลัง L3/L4 ขณะยกน้ำหนัก 20 กิโลกรัม Nschemson และ Elfstrom (1970) ……..…..…12
รูปที่ 2.1 ท่ายกของแบบ Stoop……..31
รูปที่ 2.2 ท่ายกของแบบ Squat……..32
รูปที่ 2.3 ท่ายกของแบบ Semi-squat……32
รูปที่ 3.1 ผังโรงงานกรณีศึกษา……..……42
รูปที่ 3.2 สินค้าที่ถูกจัดเก็บในคลังสินค้า……42
รูปที่ 3.3 แผนผังขั้นตอนการบรรจุสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์โดยรวมในปัจจุบัน……44
รูปที่ 3.4 พนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ นำสินค้าที่ต้องการบรรจุไปยังตู้สินค้าที่จะทำการบรรจุ …...45
รูปที่ 3.5 พนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ นำสินค้าเข้าไปวางยังตู้สินค้าที่จะทำการบรรจุ……45
รูปที่ 3.6 พนักงานยกสินค้ากรีด film wrap สินค้าออก……...45
รูปที่ 3.7 พาเลทสินค้าที่กรีด film wrap ออก เรียบร้อยแล้ว……..46
รูปที่ 3.8 พนักงานยกสินค้ายก จัดเรียงสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ทีละกล่อง……46
รูปที่ 3.9 พนักงานยกสินค้ายก จัดเรียงสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์จนครบ……..46
รูปที่ 3.10 พนักงานนำพาเลทเปล่าออกจากตู้คอนเทนเนอร์มาไว้ยังพื้นที่ที่กำหนด……47

หน้า

รูปที่ 3.11 สินค้าที่บรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์ครบถ้วนเรียบร้อยแล้ว……47
รูปที่ 3.12 แผนภาพการทำงานที่พิจารณาในงานวิจัย ……47
รูปที่ 3.13 พัดลมที่ติดภายในคลังสินค้า……48
รูปที่ 3.14 หลังคายื่นออกมาเพื่อป้องกันความร้อนไม่ให้กระทบต่อตู้คอนเทนเนอร์โดยตรง……49
รูปที่ 3.15 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ……50
รูปที่ 3.16 เครื่องวัดความดันโลหิต……51
รูปที่ 3.17 เครื่องวัดอุณหภูมิเวทบัลบ์โกลบ Wet Bulb Globe Temperature Meter……51
รูปที่ 3.18 เครื่องวัดความเร็วลม……52
รูปที่ 3.19 พัดลมที่นำมาใช้ในการปรับปรุงสภาพการทำงาน……52
รูปที่ 3.20 โต๊ะที่นำมาใช้ในการปรับปรุงสภาพการทำงาน……53
รูปที่ 3.21 ท่าทางไม่ปลอดภัยที่นำมาพิจารณา (ท่าสตูพ) ……56
รูปที่ 3.22 พนักงานยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์โดยการนำโต๊ะเข้ามาช่วย……58
รูปที่ 3.23 พนักงานยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์โดยการนำโต๊ะเข้ามาช่วย……58
รูปที่ 3.24 พนักงานยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์โดยการนำโต๊ะเข้ามาช่วย……59
รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้ในสภาวะที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วปกติในการทำงาน……67
รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้ในสภาวะที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วสูงในการทำงาน……68
รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้ในสภาวะที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดที่ความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน……68
รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยโดยรวมที่ยกได้ที่สภาวะมีลมและไม่มีลมในระดับความเร็วต่างๆ……70
รูปที่ 4.5 แผนภาพการตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลจำนวนกล่องที่ยกได้ในแต่ละนาที……72
รูปที่ 4.6 การตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่ของข้อมูลจำนวนกล่องที่ยกได้ในแต่ละนาที……73
รูปที่ 4.7 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลจำนวนกล่องที่ยกได้ในแต่ละนาที……73

หน้า

รูปที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนกล่องสินค้าที่ยกเข้าตู้คอนเทนเนอร์……..…..74
รูปที่ 4.9 Interaction Plot ที่เกิดขึ้นระหว่างระดับความเร็วในการทำงานและระยะเวลาในการทำงาน…….... 75
รูปที่ 4.10 Main Effect Plot ของปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนกล่องที่ยกได้โดยเฉลี่ย……..……76
รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยในสภาวะที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดที่ความเร็วปกติในการทำงาน…….....…80
รูปที่ 4.12 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยในสภาวะที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดที่ความเร็วสูงในการทำงาน…….....……...81
รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยในสภาวะที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดที่ความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน…….....……..…..81
รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจในสภาวะที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดในระดับความเร็วต่างๆ……..……..……....82
รูปที่ 4.15 กราฟการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจ Δ HR ที่สภาวะและความเร็วต่าง……84
รูปที่ 4.16 แผนภาพการตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจ…….....…..……..…86
รูปที่ 4.17 การตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่ของข้อมูลการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจ….87
รูปที่ 4.18 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจ……..88
รูปที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ……..……88
รูปที่ 4.20 Main Effect Plot ของปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจ……....89
รูปที่ 4.21 Interaction Plot ที่เกิดขึ้นระหว่างสภาพการทำงานและระดับความเร็วในการทำงาน.....……..……90
รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่พบระหว่างอัตราการหายใจและการใช้ออกซิเจนของร่างกาย…..……...91
รูปที่ 4.23 ค่าสัดส่วนของความต้องการใช้ออกซิเจนที่เหมาะสมเมื่อจำเป็นต้องทำงานต่อเนื่องจะถูกกำหนดให้มีค่าน้อยลงเมื่อการทำงานมีระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น……..91
รูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องที่ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติในสภาวะมีลมพัดและไม่มีลมพัด (90 นาที) .....……..……98

หน้า

รูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจที่ระดับความเร็วปกติในสภาวะมีลมพัดและไม่มีลมพัด (90 นาที) ……..99
รูปที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ paired t-test ต่อจำนวนกล่องในระยะเวลา 90 นาที ด้วยโปรแกรมทางสถิต Minitab……..100
รูปที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ paired t-test ต่ออัตราการเต้นหัวใจในระยะเวลา 90 นาที ด้วยโปรแกรมทางสถิติ Minitab……..101
รูปที่ 4.28 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้ในสภาวะที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ ที่ระดับความเร็วปกติในการทำงาน……..107
รูปที่ 4.29 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้ในสภาวะที่มีโต๊ะและไม่โต๊ะ ที่ระดับความเร็วสูงในการทำงาน ……..107
รูปที่ 4.30 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้ในสภาวะที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ ที่ความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน……..108
รูปที่ 4.31 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยโดยรวมที่ยกได้ที่สภาวะมีลมและไม่มีลม ในระดับความเร็วต่างๆ……..109
รูปที่ 4.32 แผนภาพการตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลจำนวนกล่องที่ยกได้ ในสภาพการทำงานที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ……..112
รูปที่ 4.33 การตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่ของข้อมูลจำนวนกล่องที่ยกได้ในสภาพ การทำงานที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ……..112
รูปที่ 4.34 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลจำนวนกล่องที่ยกได้ในสภาพ การทำงานที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ……..113
รูปที่ 4.35 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนกล่องสินค้าที่ยกได้ในสภาพ การทำงานที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ……..114
รูปที่ 4.36 Main Effect Plot ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนกล่องสินค้าที่ยกได้……115
รูปที่ 4.37 กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัยในการทำงานที่สภาวะ การทำงานต่างๆ……..123
รูปที่ 4.38 แผนภาพการตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทาง ที่ไม่ปลอดภัยในการทำงาน……..125

หน้า

รูปที่ 4.39 การตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่ของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงาน……126
รูปที่ 4.40 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงาน……126
รูปที่ 4.41 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงาน……127
รูปที่ 4.42 Interaction Plot ที่เกิดขึ้นระหว่างระดับการปรับปรุงสภาพการทำงานและระดับความเร็วในการทำงาน……128
รูปที่ 4.43 Main Effect Plot ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงาน……129

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

การเคลื่อนย้ายหรือการขนถ่ายวัสดุ เป็นส่วนที่มีความสำคัญส่วนหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเป็นส่วนที่เข้ามาช่วยสนับสนุนในกระบวนการต่างๆให้สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการขนถ่ายวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการ การขนถ่ายระหว่างกระบวนการ การขนถ่ายผลิตภัณฑ์ออกจากกระบวนการ ซึ่งล้วนแล้วแต่มีการขนถ่ายเข้ามาเกี่ยวข้องแทบทั้งสิ้น หากขาดการขนถ่ายแล้วกระบวนการต่างๆย่อมไม่อาจเกิดขึ้นได้เลย โดยพบว่ากิจกรรมการเคลื่อนย้ายเหล่านั้นต้องใช้แรงคนเข้ามาช่วยและเกี่ยวข้องเป็นอย่างมาก ซึ่งถือได้ว่าแรงงานคนมีความสำคัญต่อกิจกรรมดังกล่าวอย่างยิ่ง โดยปัญหาหนึ่งที่แรงงานคนเหล่านั้นต้องเผชิญก็คือปัญหาในเรื่องของความเครียด ความล้าและความปลอดภัยที่เกิดขึ้นในการทำงาน โดยปัญหาดังกล่าวมีสาเหตุมาจากสภาพในการทำงาน สภาพแวดล้อมในการทำงาน ชนิดของงานที่ทำ จำนวนชั่วโมงในการทำงาน เป็นต้น ซึ่งล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานเอง และยังส่งผลกระทบต่อผลิตภาพที่เกิดขึ้นในการทำงานอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อปรับเปลี่ยนสภาพการทำงานโดยศึกษาผลกระทบในการปรับเปลี่ยนสภาพการทำงานต่อผลิตภาพและความปลอดภัย โดยที่พิจารณาว่าเมื่อทำการปรับเปลี่ยนสภาพในการทำงานตามปัจจัยลักษณะต่างๆแล้ว แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงทั้งผลิตภาพและความปลอดภัยเป็นอย่างไร โดยกระทำในสภาวะเร่งทำงานเพื่อให้เห็นผลที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งได้ทำการศึกษาโดยใช้กรณีศึกษาการยก จัด เรียง กล่องสินค้าในตู้คอนเทนเนอร์ด้วยแรงคน

การศึกษางานวิจัยฉบับนี้ ได้ทำการศึกษาในโรงงานกรณีศึกษาซึ่งทำการปรับสภาพการทำงานในส่วนของการยก จัดเรียง กล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ เพื่อดูผลการเปลี่ยนไปของผลิตภาพและความปลอดภัยที่เกิดขึ้น

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ที่มาและความสำคัญของปัญหาในงานวิจัยนี้มีดังนี้

1.1.1 **ความล้าและความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน** เนื่องจากการทำงานของพนักงานยกสินค้าในปัจจุบันนี้มีหลายส่วนที่ทำให้เกิดความล้าและความไม่ปลอดภัยในการทำงานขึ้นได้ ซึ่งมีสาเหตุมาจาก

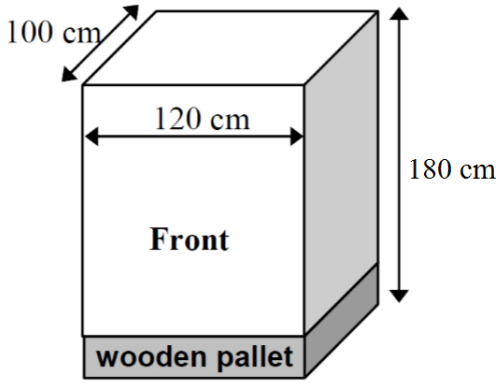
1.1.1.1 **สภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงาน** ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมในการทำงานนั้นถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้เกิดความเครียดในการทำงาน สภาพการทำงานที่ไม่ดีก่อให้เกิดความเครียด ผลผลิตลดน้อยลง นอกจากนี้สภาพการทำงานยังก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของร่างกาย ซึ่งสามารถทำการวัดผลได้โดยวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, 2552:434) และเนื่องจากการปฏิบัติงานของพนักงานยกสินค้าส่วนใหญ่ทำการยกจัดเรียงสินค้าภายในตู้คอนเทนเนอร์ โดยตู้คอนเทนเนอร์มักถูกวางไว้กลางแดด จึงทำให้อุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอกเสมอ ซึ่งจากปัญหาสภาพแวดล้อมที่พบ จึงเป็นปัญหาเกี่ยวกับอุณหภูมิภายในตู้สินค้าที่ค่อนข้างสูงรวมไปถึงการไหลเวียนอากาศภายในตู้คอนเทนเนอร์ค่อนข้างต่ำ ดังตาราง 1.1

ตารางที่ 1.1 ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆในขณะที่พนักงานปฏิบัติงาน

ตัวแปรประเมินสภาวะความร้อน	**เวลา**			
	9:30 -10:00	12:00 -12:30	14:30 -15:00	16:30 -17:00
WBGT (°C)	30.1	33.7	33.0	31.1
% RH	76	67	65	61
ความเร็วลม (m/s)	0	0	0	0

1.1.1.2 **พื้นที่ว่างในการยกสินค้าเพื่อบรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์** เนื่องจากในปัจจุบันกระบวนการยก จัดเรียง กล่องสินค้าในตู้คอนเทนเนอร์ จะใช้แรงงานคนเป็นส่วนใหญ่ โดยในระหว่างที่พนักงานทำการยก จัดเรียง กล่องสินค้าเพื่อบรรจุนั้น โดยพนักงานจะยกกล่องสินค้าจากพาเลทสินค้าที่วางอยู่ภายในตู้ใกล้กับตำแหน่งที่พนักงานยืนปฏิบัติงานอยู่ เพื่อเป็นการลดระยะทางในการยกกล่องสินค้า ซึ่งการที่พาเลทสินค้าวางในตู้ระหว่างที่พนักงานทำการยกกล่อง

สินค้านั้นพบว่าพื้นที่ในการปฏิบัติงานของพนักงานค่อนข้างจำกัด ทำให้พนักงานต้องเคลื่อนไหวร่างกายในที่แคบ สำหรับตู้คอนเทนเนอร์ที่พนักงานของโรงงานกรณีศึกษาต้องทำการบรรจุมีขนาดความกว้าง (W) 2.34 เมตร, ความยาว (L) 12.01 เมตร และความสูง (H) 2.36 เมตร และในส่วนของพาเลทสินค้าที่พนักงานต้องยก จัดเรียง สินค้าในตู้คอนเทนเนอร์ โดยวางอยู่ภายในตู้ใกล้กับตำแหน่งที่พนักงานยืนปฏิบัติงานอยู่ พาเลทสินค้ามีขนาดความกว้าง (w) 100 เซนติเมตร, ความยาว (l) 120 เซนติเมตรและความสูง (h) โดยรวมสูงสุดไม่เกิน 180 เซนติเมตร ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ข้อกำหนดขนาดของพาเลทสินค้า

รูปที่ 1.2 พื้นที่จำกัดที่เหลืออยู่ให้สำหรับพนักงานยกสินค้าปฏิบัติงาน

ดังนั้นเห็นได้ว่าระยะจากพาเลทสินค้าไปยังผนังตู้สินค้ามีอย่างจำกัด ดังรูปที่ 1.2 ซึ่งเมื่อพนักงานยกสินค้ายืนปฏิบัติงานพื้นที่ในการปฏิบัติงานจึงมีค่อนข้างน้อย โดยพื้นที่ในการ

ปฏิบัติงานที่แคบและจำกัด รวมทั้งทางเข้า-ออก มีเพียงทางเดียวจึงส่งผลต่อการไหลเวียนของอากาศ

จากการที่พื้นที่ในการทำงานที่ค่อนข้างจำกัดนี้เอง ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การทำงานในพื้นที่แคบยังส่งผลต่อความเสี่ยงในด้านท่าทางในการทำงานเนื่องจากการทำงานของพนักงานยกสินค้า พบปัจจัยความเสี่ยงที่เกิดจากท่าทางในการยกของด้าน Awkward posture ในการปฏิบัติงาน นั่นก็คือการที่ท่าทางตำแหน่งของแขนขา ลำตัว เบี่ยงเบนจากท่าปกติ (Neutral Anatomical Posture) การยกของจากตำแหน่งข้างล่างขึ้นข้างบน โดยยกในระดับความสูงที่ต่ำกว่าหัวเข่าและ/หรือสูงกว่าระดับหัวไหล่ (กวินธิดา สันติพงศ์ ,2557: ออนไลน์) ความเสี่ยงที่เกิดจากระดับในการยกสินค้ามีดังนี้

1. การยกกล่องสินค้าในระดับความสูงที่ต่ำกว่าหัวเข่า

โดยที่พบเป็นการยกกล่องสินค้าจากพาเลทสินค้าในระดับความสูงต่ำกว่าหัวเข่า ดังรูปที่ 1.3 หรือการยกกล่องสินค้าเพื่อวางในตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความสูงต่ำกว่าหัวเข่า ดังรูปที่ 1.4

รูปที่ 1.3 การยกกล่องสินค้าจากพาเลทสินค้าในระดับความสูงต่ำกว่าหัวเข่า

2. การยกกล่องสินค้าในระดับความสูงที่สูงกว่าหัวไหล่

โดยที่พบเป็นการยกกล่องสินค้าจากพาเลทสินค้าในระดับความสูงที่สูงกว่าหัวไหล่ ดังรูปที่1.5 หรือการยกกล่องสินค้าเพื่อวางเข้าไปในตู้สินค้าที่ระดับความสูงที่สูงกว่าหัวไหล่ ดังรูปที่ 1.6 นอกจากนี้ยังพบปัจจัยความเสี่ยงทางด้าน Awkward posture ในการปฏิบัติงานนอกเหนือจากที่กล่าว

มาแล้วคือ ยังพบปัญหาในส่วนของการบิดเอี้ยวตัวเพื่อยกกล่องสินค้าภายในตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนไหวร่างกายในที่แคบ ดังรูปที่ 1.7

รูปที่ 1.4 การยกกล่องสินค้าเพื่อวางในตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความสูงต่ำกว่าหัวเข่า

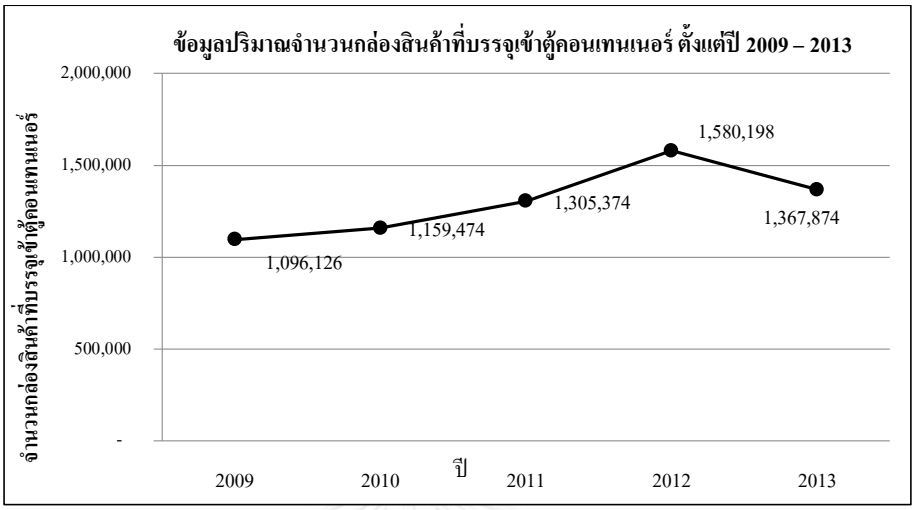
รูปที่ 1.5 การยกกล่องสินค้าจากพาเลทสินค้าในระดับความสูงที่สูงกว่าหัวไหล่

รูปที่ 1.6 การยกกล่องสินค้าเพื่อวางเข้าไปในตู้สิคอนเทนเนอร์ที่ระดับความสูงที่สูงกว่าหัวไหล่

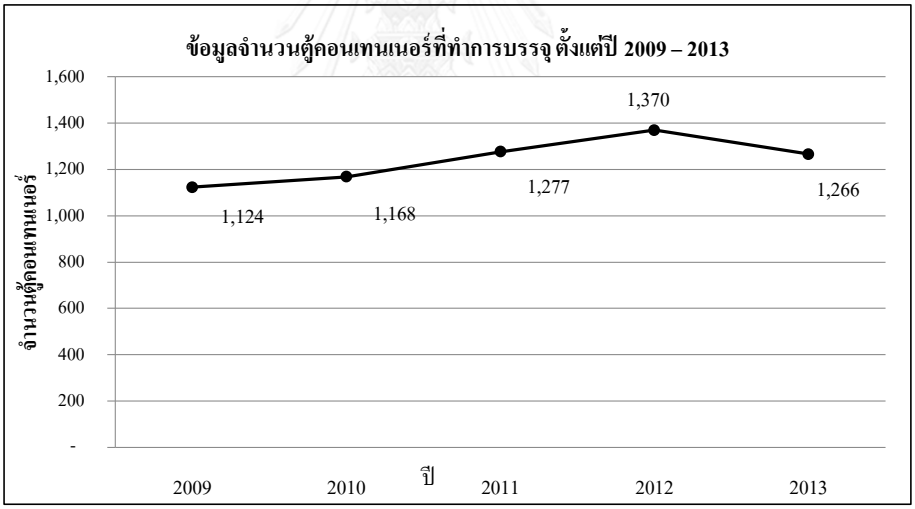
รูปที่ 1.7 การบิดเอี้ยวตัวเพื่อยกกล่องสินค้าภายในตู้คอนเทนเนอร์

1.1.1.3 **ปริมาณสินค้าที่ต้องบรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์** นั่นก็คือ ถ้าสินค้าที่ต้องทำการยก จัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์มีปริมาณมาก จะส่งผลให้ความถี่ในการยกเพิ่มสูงขึ้นด้วย และส่งผลต่อความล้าสะสมของพนักงาน ดังเห็นได้จากจำนวนการขนถ่ายสินค้าบรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์และจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องทำการบรรจุ ตั้งแต่ปี 2009 – 2013 ดังในรูปที่ 1.8 และ 1.9 พบว่า แนวโน้มในการยกย้ายขนถ่ายสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์มีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแนวโน้มที่

เพิ่มสูงขึ้นนี้เองส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการบรรจุสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์และความล้าสะสมของพนักงานให้เพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 1.8 ข้อมูลปริมาณจำนวนกล่องสินค้าที่บรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์ ตั้งแต่ ปี 2009 – 2013



รูปที่ 1.9 ข้อมูลจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำการบรรจุ ตั้งแต่ปี 2009 – 2013

1.1.2 **งานวิจัยที่ทำเป็นภาระงานยกที่เบา** เนื่องจากการทำงานในโรงงานกรณีศึกษาเป็นการยก จัดเรียง กล่องสินค้าบรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์ด้วยแรงคน โดยที่สินค้าส่วนใหญ่ที่ทำการยกมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 7 กิโลกรัม ซึ่งเป็นภาระงานที่มีน้ำหนักเบา ถึงแม้ว่าสินค้าที่จัดเรียงมีน้ำหนักไม่มาก แต่ด้วยปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่กล่าวมางาน ยก จัดเรียงสินค้าภายในตู้คอนเทนเนอร์จึงเป็นงานที่สร้างภาระให้กับร่างกายมากกว่าการทำงานยกแบบปกติทั่วไป โดยที่ทาง NOISH (1994) ได้กำหนดค่ามาตรฐานความปลอดภัยในการยกของต้องไม่เกิน 23 กิโลกรัมใน

สภาพการทำงานปกติ และน้ำหนักดังกล่าวได้นำมาใช้ในการคำนวณน้ำหนักที่แนะนำในการยกที่เหมาะสมตามสภาพงาน RWL (Recommend Weight Limit) ดังนั้น น้ำหนักดังกล่าวจึงเป็นน้ำหนักของภาระงานที่เหมาะสม ที่ไม่ทำให้เกิดความล้าและความเสี่ยงต่อการปวดหลัง ในสภาวะหนึ่งๆ (ความถี่ ระยะการเอื้อมในแนวราบ แนวดิ่ง ระยะการยก การเอี้ยวตัว ความถนัดของมือจับ) โดยที่เกณฑ์ในการกำหนดน้ำหนักที่เหมาะสมมีด้วยกัน 3 เกณฑ์ หนึ่งในนั้นก็คือ เกณฑ์ทางสรีรวิทยาโดยพิจารณาการใช้พลังงาน ความล้า จากงานที่ทำซ้ำๆกัน (ประจวบ กล่อมจิตร และกิตติ อินทรานนท์, 2548:333) ลักษณะกล่องสินค้าที่ทำการยก จัดเรียง เข้าตู้คอนเทนเนอร์ แสดงไว้ดังนี้

ตารางที่ 1.2 ลักษณะกล่องสินค้าที่ทำการยก

ชนิดผลิตภัณฑ์	Dimension (cm)			Weight (kg.)			ปริมาณสัดส่วน
	L	W	H	min	max	Avg	
Product A	32.5	25	29	6.5	7.5	7.0	71%
Product B	28.7	27.7	41.7	5.5	6.5	6.0	18%
อื่น ๆ							11%

จากตารางข้างต้นเห็นได้ว่าน้ำหนักของสินค้าส่วนใหญ่ที่ต้องยกอยู่ในช่วง 6.0 ถึง 7.0 กิโลกรัม

นอกจากนี้ในปัจจุบันยังพบว่า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการยกส่วนใหญ่มุ่งเน้นการประเมินความปลอดภัยและปรับปรุงสภาพทำงานไปที่ภาระงานยกที่เป็นน้ำหนักแนะนำในการยกที่เหมาะสม RWL (Recommend Weight Limit) เป็นเกณฑ์โดยคำนวณจากภาระงานคงที่ 23 กิโลกรัม ดังเห็นได้จากงานวิจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

Dempsey et al. (2001) ถูกอ้างถึงใน ประจวบ กล่อมจิตร (2552:16) พบว่าความแตกต่างของน้ำหนักที่แนะนำในการยกที่เหมาะสม RWL (ΔRWL) = -23 kg โดยที่หากระยะแนวราบเปลี่ยนไป 1 เซนติเมตร ทำให้ค่า RWL ต่างไปจากเดิม 0.78 กิโลกรัม

Chung และ Kee (2000) ถูกอ้างถึงใน ประจวบ กล่อมจิตร (2552:16) ได้วิเคราะห์งานในโรงงานอิฐซึ่งจากหลายกระบวนการ โดยใช้สมการ NIOSH lifting equations ในการประเมินภาระงานหลายงาน (Composite Lifting Indices: CLI) ซึ่งพบว่า งานยกส่วนใหญ่ในบริษัทนี้มีค่าเกินกว่า น้ำหนักที่แนะนำในการยกที่เหมาะสม RWL (Recommend Weight Limit) จึงได้มีการแนะนำให้มีการออกแบบใหม่เพื่อขจัดปัจจัยที่ก่อให้ความบาดเจ็บ

Reiser, Wickel และ Menzer (2008) ได้ทำการศึกษาผลกระทบบริเวณเอวต่อความชันระดับต่างๆ ที่ทำการยกของจากพื้นลาด (ทั้งหงายขึ้นและลง 10° และ 20°) โดยทดลองกับชาย 21 คน ให้ยกของหนัก 25 กิโลกรัม และทำการคำนวณโมเมนต์ที่ตำแหน่ง L5/S1

Lee, Park และ Chun (1996) ได้ทำการศึกษาโดยใช้วิธีการทางด้านจิตฟิสิกส์เพื่อวิจัยตรวจสอบว่าน้ำหนักที่ได้รับคำแนะนำจาก NOISH สามารถนำไปใช้กับคนงานชาวเกาหลีได้หรือไม่ โดยทดสอบการยกในแนวระนาบหน้า-หลังที่ความถี่ และความสูงต่างๆ กัน และภาระงานในการยกเป็นมีน้ำหนักเหมือนกับที่ สมการ NOISH แนะนำ ซึ่งได้ค่าเหมือนตามที่สมการ NOISH แนะนำ

อรอุมา ลาสุนนท์ (2542) ได้ทำการทดสอบการเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยมือสำหรับคนงานหญิง เพื่อหาขีดจำกัดที่ยอมรับได้ของการเคลื่อนย้ายวัสดุเป็นครั้งคราว โดยมีระดับปัจจัยที่ทำการศึกษา ชนิดของกล่อง (มีมือจับ, ไม่มีมือจับ) โดยทำการทดลองกับผู้ถูกทดสอบเพศหญิง 10 คน ยกกล่องที่มีมือจับและไม่มีมือจับ หนัก 22.2 - 34.8 และ 20.2 - 34.2 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งพบว่าชนิดของกล่องมีผลต่อค่าน้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับได้

นอกจากนี้ วิธีการประเมินการยกด้วยเทคนิค NIOSH ยังให้ผลลัพธ์เหมือนกันกับการประเมินด้วยเทคนิคของ ACGIH TLV, และ Snook ไม่ว่าจะเป็นความสูงและจำนวนในการยกที่แตกต่างกัน (Russell et al., 2007)

ซึ่งจะเห็นได้ว่า งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการวิจัยที่ภาระงานยกที่หนัก โดยใช้ค่ามาตรฐานที่ 23 กิโลกรัมเป็นเกณฑ์ ในขณะที่งานยกที่ทางโรงงานกรณีศึกษาส่วนใหญ่เฉลี่ยอยู่ที่ 7 กิโลกรัม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่ภาระงานยกที่เบาเพื่อพิจารณาความล้าและความไม่ปลอดภัยที่เกิดขึ้น ซึ่งภาระงานยกที่เบาในลักษณะดังกล่าวได้ถูกละเลยไป

1.1.3 การปรับสภาพการทำงานในสภาวะเร่งทำงาน เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการปรับสภาพการทำงานการยกกล่องสินค้าที่มีน้ำหนักไม่มากนัก ภาระงานเบา ซึ่งการปรับสภาพการทำงานให้เหมาะสมกับปัจจัยมนุษย์ (Human Factor) เป็นการช่วยลดความเครียดและความล้าในการทำงาน โดยที่การปรับปรุงการทำงานเมื่อรับภาระงานที่เบาจะไม่เห็นข้อแตกต่างที่ชัดเจนของการปรับปรุงที่เกิดขึ้นมากนัก ดังนั้นจึงมีการทำให้เกิดสภาวะเร่งทำงานขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มภาระงานให้หนักขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เห็นถึงสภาพที่เป็นอันตรายได้เร็วขึ้น ทำให้เห็นข้อแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงอย่างชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากการที่ต้องการให้เห็นผลการปรับปรุงที่ชัดเจนขึ้นแล้ว การเพิ่มความเร็วในการทำงานยังช่วยลดระยะเวลาในการเก็บข้อมูล ซึ่งเหมาะสำหรับโรงงานที่มีข้อจำกัดของเวลาในการวิจัยแต่ละครั้งที่ต้องไม่รบกวนเวลาการทำงานของพนักงาน

1.2 แนวทางในการปรับปรุงสภาพการทำงาน

จากมูลเหตุจูงใจทั้งหมดข้างต้น จึงเป็นเหตุจูงใจให้มีการปรับสภาพในการทำงาน โดยการปรับปรุงสภาพการทำงานที่ทางหน่วยงานยอมรับให้ปรับปรุงได้ คือ 1) การติดตั้งพัดลมจากภายนอกทางเข้า-ออกตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งการปรับปรุงโดยการติดตั้งพัดลมที่ภายนอกทางเข้า-ออกตู้คอนเทนเนอร์ เพื่อเป็นการลดอุณหภูมิภายในตู้ ช่วยลดภาระความร้อน และ 2)การนำโต๊ะเข้ามาเพื่อช่วยลดปัญหาท่ายกของที่ไม่ปลอดภัย แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของเวลาในการวิจัยแต่ละครั้งที่ต้องไม่รบกวนเวลาการทำงานของพนักงาน งานวิจัยนี้จึงได้ใช้แนวทางการเพิ่มความเร็วในการทำงานเพื่อต้องการให้ได้ผลการปรับปรุงที่ชัดเจน โดยการปรับปรุงสภาพการทำงานทั้ง 2 รูปแบบดำเนินการที่ในสภาวะเร่งทำงาน และดูว่าปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อผลิตภาพและอัตราการเต้นของหัวใจหรือท่าทางที่เป็นอันตรายอย่างไร ซึ่งการวัดผลทางด้านผลิตภาพที่เกิดขึ้นในการทำงานวัดจากจำนวนกล่องที่พนักงานทำการยกได้ในระยะเวลาที่กำหนด ส่วนทางด้านความปลอดภัยนั้นวัดจากอัตราการเต้นของหัวใจหรือท่าทางที่เป็นอันตราย ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจเป็นผลตอบสนองทางสรีรวิทยาที่มีความไวต่อผลกระทบของสิ่งแวดล้อม เช่น ความร้อน ความชื้น มากกว่าการใช้อัตราการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อและสามารถทำการประเมินภาระงานได้ง่าย โดยที่เมื่อร่างกายรับภาระงานที่มากขึ้นการใช้พลังงานย่อมมากขึ้นตามไปด้วยส่งผลให้อัตราการเต้นหัวใจเพิ่มสูง เพราะเมื่อมีการใช้พลังงานมากขึ้นร่างกายก็มีความต้องการใช้ออกซิเจนมากขึ้น ระบบการหายใจและระบบเลือดต้องทำงานหนักขึ้นเพื่อป้อนออกซิเจนให้แก่ร่างกายเกิดขึ้นอย่างเพียงพอ โดยที่การทำงานที่ภาระงานหนักจนเกินไป ทำให้เกิดผลเสียต่อความล้าสะสมภายในร่างกาย และเมื่อมีความล้าสะสมขึ้นในร่างกายและปล่อยให้ระดับความล้ามีแต่สูงขึ้นเรื่อยๆ จนเกินขีดจำกัดที่ร่างกายรับได้ ก็ย่อมเป็นอันตรายต่อร่างกายและเอื้ออำนวยให้มีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ง่าย และทำให้อุบัติเหตุเกิดขึ้นด้วย (นริศ เจริญพร, 2543)

1.2.1 การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด ด้วยการติดตั้งพัดลม

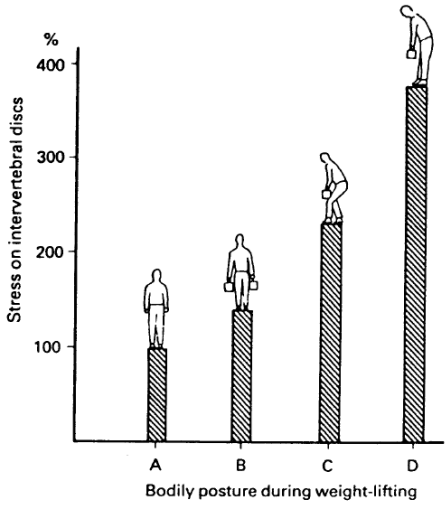
เนื่องจากปัญหาหนึ่งที่พนักงานยก จัดเรียง กล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ต้องเผชิญ นั่นก็คือปัญหาด้านสภาพแวดล้อมในการทำงานที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง การทำงานในสภาพที่ร้อนจะส่งผลต่อ การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจที่สูงขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความต้องการไหลเวียนของเลือดมีค่าสูงขึ้นเพื่อระบายความร้อนสะสมในร่างกายออกให้มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากหัวใจจะมีหน้าที่ปั๊มสูบฉีดเลือดไปยังกล้ามเนื้อและกระจายไปตามผิวหนัง เมื่อมีความจำเป็นต้องกำจัดความร้อนที่เกินออกจากร่างกาย ดังนั้นเมื่อต้องทำงานในสภาพที่ร้อนหัวใจและระบบไหลเวียน

ต้องทำงานหนักขึ้น (นริศ เจริญพร, 2543 :116,121) โดยอัตราการเต้นของหัวใจที่สูงขึ้นนี้เองเป็นตัวบอกถึงภาระงานที่เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการที่ทำให้อัตราการเต้นหัวใจลดลงจึงต้องทำให้ความร้อนที่สะสมในร่างกายมีน้อยที่สุด โดยการควบคุมการไหลของเลือดด้วยการเอาความร้อนภายในไปยังส่วนที่เย็นกว่าและส่งความร้อนออกไปโดยการนำ การพา การแผ่รังสีความร้อนและการระเหยของเหงื่อ ซึ่งการระบายความร้อนของเหงื่อขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน เช่น ความเร็วลม เปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์ (% RH) โดยที่ความเร็วลมที่สูงนี้เองทำให้กระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายด้วยการพาความร้อนและการระเหยเป็นไปด้วยดี ดังนั้นทำให้ความร้อนที่สะสมในร่างกายนั้นสามารถถูกถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้อย่างรวดเร็ว ในลักษณะเดียวกันกับเปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์ (% RH) ที่มีผลต่อการระเหยของเหงื่อ ถ้าความชื้นในอากาศต่ำแล้วเหงื่อออกมาก จะระเหยได้เร็วและระบายออกไปได้มาก (ภาณุ บูรณจารุกร, 2539)

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงนำไปสู่การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด ด้วยการติดตั้งพัดลม โดยความเร็วลมที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้เปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์ (% RH) มีค่าที่ลดต่ำลง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการระเหยของเหงื่อ

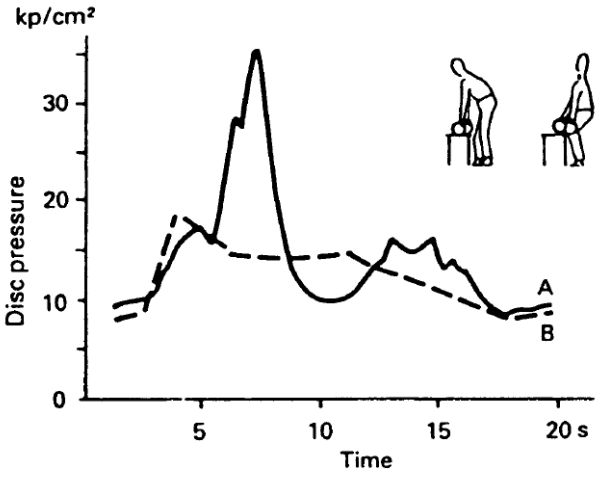
1.2.2 การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

ท่าทางที่ไม่ปลอดภัยที่พบที่นำมาพิจารณาจะเป็นการยกในท่าสตูพ เนื่องจากมีผลการวิจัยพบว่า โหลดโมเมนต์ภายนอกที่เข้ามากระทำ หรือแรงที่ทำให้เกิดโมเมนต์ปฏิกิริยาที่จุดหมุน L_5/S_1 Disc มีค่ามากกว่า การยกแบบท่าสค็อท (Chaffin และ Anderson, 1991) โดยในสวีเดน Nechemson (1970 และ 1974) และ Andersson (1974) ได้ทำการศึกษาค่าแรงดันภายในหมอนรองกระดูกที่เกิดขึ้นจากกการทำงานในท่าทางต่างๆกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.10 โดยวัดในคนที่มีชีวิตจำนวน 9 คน 2 คน เป็นคนที่มีปัญหาเกี่ยวกับหลังและอีก 7 คน มีสุขภาพดี โดยจะเห็นได้ชัดว่า ค่าของความดันภายในหมอนรองกระดูกสูงขึ้นเมื่อน้ำหนักของการยกมีมากขึ้น และยิ่งมีค่าสูงขึ้นเมื่อท่าทางในการยกมีลักษณะที่งอหลังหรือโน้มตัวมาด้านหน้า ทั้งนี้เพราะการงอหลังยกของในขณะที่หัวเข่ายืดตรงจะทำให้เกิดแรงกระทำภายในเนื่องจากกล้ามเนื้อหลังในการรักษาท่าทางการงอหลังนั้น ทำให้เกิดแรงกดกระทำบนหมอนรองกระดูกมากโดยเฉพาะในบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว นอกจากนี้รูปที่ 1.11 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของความดันภายในหมอนรองกระดูกในขณะทำการยกของเปรียบเทียบใน 2 ลักษณะท่าทาง จากการศึกษาแสดงให้เห็นชัดว่าการยกของในลักษณะที่งอหลังทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความดันภายในหมอนรองกระดูกอย่างรวดเร็วและทันที



รูปที่ 1.10 ผลกระทบของท่าทางการยกของที่มีต่อค่าความดันภายในหมอนรองกระดูก L3/L4 ของ Nschemson และ Elfstrom (1970) จาก Grandjean (1995)

บุคคลที่ก้มหลังมากๆ จนกระทั่งลำตัวส่วนบนอยู่ในแนวระดับกับพื้น จะเป็นผลทำให้เกิดความดันอย่างรุนแรงบนหมอนรองกระดูกสันหลังส่วนเอว น้ำหนักเฉลี่ยของลำตัวส่วนบนจะประมาณ 45 กิโลกรัม เมื่อระยะห่างของจุดศูนย์กลางมวลของลำตัวส่วนบนจากกระดูกสันหลังส่วนเอว ประมาณ 350 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดโมเมนต์ที่มีขนาดประมาณ 1000 – 2000 Nm และเมื่อยกของที่มีน้ำหนักขนาดใกล้เคียงกันโมเมนต์นี้จะเพิ่มขึ้นเป็น 3000-4000 Nm



รูปที่ 1.11 กราฟการเปลี่ยนแปลงของแรงดันภายในหมอนรองกระดูกสันหลัง L3/L4 ขณะยกน้ำหนัก 20 กิโลกรัม Nschemson และ Elfstrom (1970)

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงนำไปสู่การปรับปรุงสภาพการทำงาน โดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางที่ไม่ปลอดภัย (ท่าสตูพ) เพื่อนำเสนอเป็นแนวทาง รวมทั้งเป็นต้นแบบในการแก้ไขปัญหา

ทางด้านท่าทางที่ไม่ปลอดภัย (ท่าสตูพ) ให้กับโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งในอนาคตจะเป็นแนวคิดและต้นแบบให้ทางผู้บริหารนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อื่น เช่น สายพานลำเลียง เป็นต้น

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภาพและความปลอดภัย ในการจัดเรียงสินค้าขนาดไม่เกิน 7 กิโลกรัม เข้าตู้คอนเทนเนอร์ด้วยแรงงานคนในสภาวะปกติและสภาวะเร่งทำงาน

2. เพื่อค้นหาสภาพการทำงานที่มีผลิตภาพที่สูงขึ้นโดยไม่ก่อให้เกิดภาระแก่ร่างกายเกินระดับจนก่อให้เกิดอันตรายหรือภาวะเจ็บป่วยเรื้อรัง

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบในการปรับปรุงสภาพการทำงานของกระบวนการยก จัดเรียง กล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ของโรงงานกรณีศึกษาแห่งหนึ่ง โดยส่วนของกระบวนการที่ทำการศึกษา เริ่มพิจารณาตั้งแต่ การที่ผู้ถูกทดสอบยก จัดเรียง กล่องสินค้าเข้าตู้ทีละกล่องจนครบตามระยะเวลาที่ได้กำหนด ซึ่งผู้ถูกทดสอบเป็นพนักงานยก จัดเรียงสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ เพศชาย อายุระหว่าง 18 – 40 ปี จำนวน 10 คน โดยการทดสอบทั้ง 2 สภาพงาน ดำเนินการสภาพงานละ 6 คน โดยรายละเอียดของการถูกทดสอบในแต่ละบุคคลได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ซึ่งการปรับปรุงสภาพการทำงานที่ทำการศึกษา ได้แก่ การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด และการปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย ซึ่งการปรับปรุงสภาพการทำงานดังกล่าว ทำการพิจารณาว่ามีผลต่อผลิตภาพและความปลอดภัยว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ในสภาวะเร่งการทำงาน โดยข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์ในส่วนของผลิตภาพเก็บข้อมูลจากจำนวนกล่องที่ยกได้ในช่วงเวลาที่กำหนด ในส่วนของความปลอดภัยที่เกิดขึ้นทำการเก็บข้อมูลจากอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างทำงานของผู้ถูกทดสอบหรือท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

1.5 ผลที่ได้รับ

1. ผลกระทบของการปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดและการนำโต๊ะเข้ามาช่วย ต่อผลิตภาพและความปลอดภัย

2. สภาพการทำงานที่ส่งผลให้ผลิตภาพสูงขึ้น ในขณะที่ร่างกายยังคงปลอดภัย ไม่เกิดอันตรายต่อร่างกาย

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เป็นแนวทางในการปรับปรุงสภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในกิจกรรมยก จัดเรียงสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ให้เหมาะสม

2. ช่วยลดอุบัติเหตุ การบาดเจ็บ ความไม่ปลอดภัยและความล้าในการทำงานให้แก่พนักงาน

3. เป็นภาพลักษณ์ที่ดีให้แก่บริษัทเนื่องจากเป็นการให้ความใส่ใจกับความปลอดภัยในการทำงาน

4. สามารถนำไปเป็นแนวทางในการปรับสภาพการทำงานกับอุตสาหกรรมประเภทอื่นได้ เนื่องจากการส่งออกสินค้าส่วนใหญ่จะส่งออกโดยทางเรือด้วยตู้คอนเทนเนอร์

1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. สำรวจลักษณะการทำงานและสภาพการทำงานในการยกสินค้าของพนักงาน เพื่อหาปัจจัยที่ก่อให้เกิดความล้า

2. ศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

3. ศึกษาหาแนวทางในการปรับปรุงสภาพในการทำงานการยกด้วยแรงคน ซึ่งได้แก่ การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด โดยใช้พัดลมพัดเข้าไปในตู้คอนเทนเนอร์ และการปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

4. ออกแบบการทดลอง โดยให้ครอบคลุมปัจจัยที่ได้ศึกษาแนวทางในการปรับปรุงไว้

5. ทำการทดลองและเก็บข้อมูลตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ และวิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้ทั้งทางด้านผลิตภาพและความปลอดภัย โดยทางด้านผลิตภาพทำการวิเคราะห์จากจำนวนกล่องที่ยกได้ในระยะเวลาที่กำหนด ส่วนทางด้านความปลอดภัยวัดผลด้วยอัตราการเต้นของหัวใจที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงให้เป็นสภาพการทำงานที่มีลมพัด และวัดจากจำนวนท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงานที่เกิดจากการปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

6. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบผลกระทบของการปรับปรุงสภาพการทำงานที่มีต่อทั้งผลิตภาพและความปลอดภัยที่เกิดขึ้นโดยการวัดอัตราการเต้นของหัวใจหรือจำนวนท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย เพื่อพิจารณาแนวทางในการปรับปรุง

7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การยกย้ายวัสดุสิ่งของด้วยแรงกายคน

คำว่า “กิจกรรมการใช้มือจับยก-วางสิ่งของ (Manual Material Handlings: MMH)” คือ กิจกรรมการทำงาน ที่ประกอบไปด้วยกิจกรรมที่มีลักษณะคล้าย ๆ กันอยู่ 6 ชนิดรวมเข้าด้วยกัน กิจกรรมเหล่านั้นก็คือ (ชมรมอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มสธ 2551:ออนไลน์)

1. การยกของขึ้นด้วยมือเปล่า (Unaided Lifting)
2. การยกของลงวางด้วยมือเปล่า (Lowering)
3. การใช้แรงกายผลักดันวัตถุ (Pushing)
4. การใช้แรงกายลากหรือดึงวัตถุ (Pulling)
5. การหิ้ว สะพาย หรือแบกวัตถุเคลื่อนที่ไป (Carrying)
6. การถือวัตถุอยู่ในมือ (Unaided Holding)

2.2 ปัจจัยต่าง ๆที่มีผลกระทบต่อการทำงานยกของ

NIOSH (1981) และ Randle et al. (1989) ถูกอ้างถึงใน จิตรา รู้กิจการพานิช (2541:4-5) ได้สรุปปัจจัยสำคัญเกี่ยวกับการทำงานที่ควรพิจารณาเพื่อใช้ในการออกแบบงาน ได้แก่

2.2.1 ลักษณะของสิ่งของที่ยก ได้แก่

1. ความกว้าง ความยาว ความสูงหรือความลึก
2. ตำแหน่งมือจับและลักษณะที่จับ
3. ความแข็ง การคงรูปและการไหลของสิ่งของ น้ำหนักของ
4. น้ำหนักและจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุ
5. สิ่งอันตรายทั้งทางกายภาพและทางเคมีของสิ่งของที่ยก
6. ข้อแนะนำหรือคำสั่งเฉพาะของการยกสิ่งนั้น

2.2.2 ลักษณะงาน

1. ตำแหน่งของสิ่งของที่ยก

2. ความถี่หรือความเร็วและความเร่ง ช่วงเวลาที่ใช้ยก ตารางเวลาการทำงานและการหยุดพัก การทำงานเป็นกะ

3. อุปกรณ์ช่วยยก

4. การทำงานตามความเร็วของเครื่องจักรหรือไม่ต้องทำตามความเร็วของเครื่องจักร

5. การทำงานคนเดียวหรือทำงานเป็นทีม

6. ความซับซ้อนของงาน ท่าทางการยกและระยะเอื้อม

7. การจูงใจหรือผลตอบแทน

2.2.3 สภาพแวดล้อม

1. ผังและขนาดสถานที่บริเวณทำงาน

2. ลักษณะพื้นที่ ความลาดเอียง แสงสว่าง อุณหภูมิ เสียง ความสั่นสะเทือน ความสะอาด

2.2.4 ผู้ทำการยก

1. เพศ อายุ สัดส่วนร่างกาย สุขภาพทั่วไป ความแข็งแรงของร่างกายและความอดทน

2. ความพอใจในงาน ความรู้ ความชำนาญ ความเข้าใจ จิตสำนึก การปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ Chaffin และ Andersson (1984) ถูกอ้างถึงใน กาญจนา หลวงโปธา (2554:1) ได้กล่าวถึงผลกระทบต่องานเคลื่อนย้ายวัสดุไว้ในทำนองเดียวกัน ดังนี้

1. ลักษณะคน ได้แก่ อายุ เพศ ความกระตือรือร้น ความแข็งแรง เป็นต้น

2. ลักษณะงาน ได้แก่ ระยะในการเอื้อม ความถี่ในการหยิบยก ระยะเวลาการหยิบยก สภาพแวดล้อม เป็นต้น

3. ลักษณะของสิ่งของ เช่น น้ำหนัก ขนาดของสิ่งของ การกระจายของน้ำหนัก มือจับ เป็นต้น

4. ลักษณะของการทำงาน เช่น แผนการพักระหว่างงาน การฝึกฝน การฝึกหัด การสลับการทำงาน การออกกำลังกาย เป็นต้น

2.3 การปรับปรุงสถานที่ทำงานสำหรับการยกของ

Cal/OSHA Consultation Service Research and Education Unit (2007:8-9) ได้กล่าวถึงสัญญาณเตือนว่าต้องทำการปรับปรุงสถานที่ทำงาน ดังนี้

1 ปัจจัยเสี่ยงในการทำงาน เช่น ท่าทางที่ไม่เหมาะสม การเคลื่อนไหวที่ซ้ำซาก งานที่หนักเกินกำลัง การอยู่ในท่าใดท่าหนึ่งนานเกินไป

2 ความล้าของคนงาน ความรู้สึกไม่สบายหรือรายงานที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

3 คนงานแสดงถึงความเจ็บปวด เช่นไม่สามารถเคลื่อนไหวส่วนต่างๆของร่างกายได้ เคลื่อนไหวร่างกายได้อย่างจำกัด หรือต้องคอยนวด มือ, แขน, ขา, คอหรือหลัง

4 คนงานปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ เครื่องมือในสถานที่ทำงานของตนเอง

5 คนงานขาดงานเพิ่มขึ้น อัตราการเปลี่ยนงานเพิ่มขึ้น

6 คุณภาพสินค้าหรือบริการลดลง หรือ ขวัญกำลังใจของพนักงานลดลง

7 การเพิ่มขึ้นของอัตราความผิดพลาด, การไม่ยอมรับ หรือวัสดุสิ้นเปลือง

8 เกิดคอขวดในการผลิต

9. อุปกรณ์ชำรุด

10. การยกเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็นและความซ้ำซากในการเคลื่อนไหววัตถุดิบและผลิตภัณฑ์

โดยสาเหตุที่ต้องมีการปรับปรุงสถานที่ทำงานในการยกเพื่อ ลดและป้องกันการบาดเจ็บ ลดแรงในการยก ถือ พลักและดึง ลดปัจจัยเสี่ยงต่อความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อ เช่นท่าที่ไม่เหมาะสมจากการเอื้อมไปยังภาชนะบรรจุ เพิ่มผลิตภาพ, คุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการและเป็นขวัญกำลังใจในการทำงานของคนงาน ลดค่าใช้จ่ายโดยการลดหรือกำจัดคอขวดในการผลิต อัตราความผิดพลาดหรือการปฏิเสธ นอกจากนี้ยังลดการใช้บริการทางการแพทย์เพราะความผิดปกติของกล้ามเนื้อ ลดการเรียกร้องค่าชดเชยทางแรงงาน

นอกจากนี้การเคลื่อนย้ายยกของอาจส่งผลต่อสุขภาพของคนงาน ถ้างานเหล่านี้ดำเนินการซ้ำแล้วซ้ำอีกหรือเป็นเวลานาน จะทำให้นำไปสู่ความล้าและการบาดเจ็บ ซึ่งปัจจัยความเสี่ยงที่ต้องได้รับการปรับปรุง ได้แก่

1. ท่าทางที่ไม่เหมาะสม (การก้ม, การบิด)

2. การเคลื่อนไหวซ้ำซาก (ความถี่ในการยก)

3. งานที่หนักเกินกำลัง (การยกของที่หนัก)

4. การอยู่ในท่าใดท่าหนึ่งนานเกินไป (การอยู่ในตำแหน่งเดิม ท่าเดิมเป็นเวลานานๆ)

ซึ่งการทำซ้ำหรือการสัมผัสอย่างต่อเนื่องในปัจจัยเหล่านี้ในขั้นต้นอย่างน้อย หนึ่งหรือมากกว่าอาจนำไปสู่ความเหนื่อยล้าและความรู้สึกไม่สบาย โดยที่เมื่อเวลาผ่านไปการได้รับบาดเจ็บที่หลัง, ไหล่, มือข้อมือหรือส่วนอื่น ๆ ของร่างกายและการบาดเจ็บดังกล่าวอาจนำความ

เสียหายไปให้กับกล้ามเนื้อเส้นเอ็น, เอ็น, เส้นประสาทและหลอดเลือดได้ นอกจากนี้ สภาพแวดล้อมที่ไม่ดีเช่น ความร้อนสูง , หนาว, เสียงดังและแสงสว่างที่ไม่เพียงพอ ก็อาจเพิ่มโอกาสในการพัฒนาให้เกิดปัญหาอื่นๆขึ้นมาได้

2.4 สมการ NIOSH

NIOSH ได้ระบุปัจจัยเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก ประกอบด้วย (ประจวบ กล่อมจิตร, 2552:11)

1. น้ำหนักวัตถุ เป็นแรงที่ต้องใช้

2. ตำแหน่งที่หน้างาน คือระยะจากจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุกับคนงาน

3. ความถี่ ระยะเวลา จังหวะการทำงาน เป็นตัวกำหนดความซ้ำซากของงาน

4. ความมั่นคง เป็นความสม่ำเสมอของจุดศูนย์ถ่วงในการถือของเหลวและของใหญ่

5. ลักษณะการจับ ขนาด ตำแหน่งและรูปร่างของมือจับ

6. รูปร่างสถานที่ทำงาน เป็นระยะในการทำงานในรูปของระยะเคลื่อนที่ ทิศทาง สิ่งกีดขวาง ท่าทาง

7. สภาพแวดล้อม เป็นปัจจัยเกี่ยวกับ ความร้อน ความชื้น แสง เสียงรบกวน การสั่นสะเทือน ความฝืด ความมั่นคงของเท้า

ปัจจัย 3 ตัวแรกเป็นตัวแปรอยู่ในสมการที่เป็นแนวทางในการป้องกันการบาดเจ็บจากการยกของ ส่วนปัจจัย 4 -7 ต้องมีสภาพที่ดี ประกอบด้วย ความมั่นคงของวัตถุที่ยก มีมือจับที่สะดวก สมดุล มีขนาดพอดี ได้แก่ ท่าทางการยก การยืนที่ดี มีอุณหภูมิ ความชื้น แสง เสียงรบกวน และความสั่นสะเทือนที่เหมาะสม ไม่บิดขณะยก และไม่ทำงานอื่นขณะที่ยกเช่น ลาก ผลัก แบก หรือถือของ

คำแนะนำเรื่องการยกของ NIOSH (1994) ได้กำหนดพิกัดแรงกดที่เกิดบน L5/S1 Disc เอาไว้เพื่อความปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงาน คือ ค่าขีดจำกัดน้ำหนักที่แนะนำให้ยกได้ขณะทำงาน (Recommended Weight Limit: RWL); ซึ่งแปรผันไปกับปัจจัยต่างๆ ค่า RWL เป็นค่าน้ำหนักที่เหมาะสม ที่คาดว่าคนงานทั่วไปที่มีสุขภาพดีเกือบทุกคน (90% ของวัยแรงงาน โดยเป็น 99% ของแรงงานชาย และ 75% ของแรงงานหญิง) สามารถยก เคลื่อนย้ายวัสดุ ในระยะเวลาส่วนใหญ่แต่ละวันได้อย่างปลอดภัย (เกือบ 8 ชั่วโมง/วัน) โดยไม่เกินขีดจำกัดในการรับน้ำหนักของหลัง หรือไม่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิด Low Back Pain ค่า RWL ที่คำนวณได้ ซึ่งใช้เป็นแนวทางในการประเมินความเสี่ยงไม่ใช่เป็นการระบุถึงอันตราย (กาญจนา หลวงโปธา, 2554:30)

2.4.1 คำแนะนำในการยกของ NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health)

ในความพยายามที่จะลดปัญหาการบาดเจ็บอันเนื่องมาจากการทำงานยกย้ายวัสดุสิ่งของด้วยแรงกายคนได้มีหลายองค์กรที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรมพยายามออกกฎคำแนะนำเกี่ยวกับงานยกย้ายวัตถุต่าง ๆ เอาไว้

คำแนะนำที่มีการนำไปใช้และได้รับการยอมรับมากอีกแบบหนึ่ง ซึ่งก็คือ คำแนะนำในการยกของ NIOSH (NIOSH Lifting Guide) ซึ่ง คำแนะนำนี้ได้นำเอาปัจจัยหลัก 7 ปัจจัยที่ถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดอันตรายจากงานยกได้มากที่สุด ซึ่งก็คือ

1. น้ำหนักของวัตถุที่ถูกยก (L) มีหน่วยเป็น นิวตัน

2. ระยะในแนวระนาบวัดจากจุดกึ่งกลางของข้อเท้าถึงตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล (C.M.) วัตถุหรือจุดที่มือจับ มีหน่วยเป็นซม.

3. ตำแหน่งจุดเริ่มต้นของการยกในแนวดิ่ง วัดจากพื้น ถึงจุดศูนย์กลางมวล (C.M.) หรือจุดที่มือจับถือ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

4. ระยะทางในแนวดิ่งที่ยกวัตถุได้วัดจากจุดเริ่มต้นถึงจุดปลายทาง มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

5. ความถี่เฉลี่ยในการยกในช่วงเวลาที่กำหนดให้ มีหน่วยเป็น ครั้ง/นาที โดยที่ความถี่น้อยที่สุดคือความถี่ที่ยกวัตถุเพียงครั้งเดียว

6. ช่วงเวลาในการทำงานที่มีการยกวัตถุ (น้อยกว่า 1 ชม. หรือ 8 ชม.)

7. ค่าประสิทธิภาพการทำงานทางกายภาพของแต่ละบุคคล (Physical Work Capacity; PWC) ซึ่งเป็นตัวกำหนด ค่าน้ำหนักที่แนะนำให้ยกได้ขณะทำงาน (Recommended Weight Limit: RWL)

2.4.2 ข้อดีและข้อจำกัดของสมการ NIOSH

สมการ NIOSH ยังไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ คือ

1. การยกของขึ้น/ลง มือเดียว

2. การยกของขึ้น /ลง นานเกิน 8 ชั่วโมง

3. การยกของขึ้น/ลง ในขณะนั่งหรือคุกเข่า

4. การยกของขึ้น/ลงที่จำกัด

5. การยกของที่ไม่มั่นคงขึ้น /ลง

6. การยกของขึ้น/ลงในขณะ ถือ ดัน หรือดึง

7. การยกของขึ้น/ลง ด้วยความถี่มากๆ (มากกว่า 30 ครั้ง/นาที)

8. การยกของขึ้น/ลงในขณะที่เท้าไม่มั่นคง (ค่าสัมประสิทธิความเสียดทานระหว่างพื้นและรองเท้าน้อยกว่า 0.4)

9. การยกของขึ้น/ลงในสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม ซึ่งอุณหภูมิอยู่นอกช่วง 19-26 °C หรือความชื้นอยู่นอกช่วง 30-50 %

2.5 ความล้าในการทำงาน

Grandjean,1979 ถูกอ้างถึงใน นิวิท เจริญใจ (2534:6) ได้กล่าวว่า ความล้าที่เกิดขึ้นในการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ความล้าทางกายภาพหรือกล้ามเนื้อ (physical fatigue) และความล้าทางจิตใจ (mental fatigue) ความล้าที่เกิดขึ้นในทางกายภาพมักเป็นอาการไม่สบายหรือความรู้สึกเจ็บปวด/ปวดเมื่อย ซึ่งเกิดขึ้นในกล้ามเนื้อที่ได้รับ ความเครียดจากการทำงานมากเกินขนาด (Overstressed) ส่วนความล้าทางจิตใจ เป็นความรู้สึก เพลีย เบื่อหน่าย เกียจคร้านหรือความเบื่อระอาต่อการทำงาน

ความล้าของกล้ามเนื้อเกิดจาก การหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นเวลานาน ซึ่งทำให้เกิดความล้าและความเจ็บปวดแก่กล้ามเนื้อส่วนนั้นๆ กล้ามเนื้อไม่สามารถหดตัวได้ตลอดเวลาเนื่องจากการหดตัวของกล้ามเนื้อจะทำให้ระบบการส่งเลือดเข้าสู่ภายในกล้ามเนื้อส่วนนั้นทำได้ยากหรือบางครั้งไม่สามารถทำได้ ในขณะที่ความต้องการเลือดเข้าสู่กล้ามเนื้อจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อเกิดการใช้งาน ซึ่งในช่วงของการหดตัวกล้ามเนื้อจะทำการบีบให้เลือดไหลออกและเมื่อมีการคลายตัวเลือดใหม่ก็จะนำเอาออกซิเจนและสารอาหารไปยังเซลล์ภายในกล้ามเนื้อ การไหลเข้าออกจะเกิดขึ้นเป็นจังหวะตามการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อ แต่ถ้ากล้ามเนื้อส่วนใดมีการหดตัวเพียงอย่างเดียวจะทำให้เลือดใหม่ไม่สามารถนำออกซิเจนและสารอาหารไปยังเซลภายในกล้ามเนื้อได้ ลักษณะดังกล่าวจะส่งผลเสียต่อกล้ามเนื้อคือทำให้เกิดความล้าเนื่องจากการสะสมของกรดชนิดหนึ่งชื่อว่า กรดเลคติก (lactic acid) ที่เป็นผลมาจากการใช้พลังงานในภาวะที่กล้ามเนื้อส่วนนั้นหรือร่างกายขาดออกซิเจน โดยที่ภาวะการขาดออกซิเจนเกิดจาก เมื่อเกิดการใช้กำลังจากกล้ามเนื้ออย่างหนัก จะทำให้มีความต้องการใช้ออกซิเจนในปริมาณที่สูงขึ้น และทำให้ร่างกายไม่สามารถทำงานส่งออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายได้ทันกับปริมาณที่ต้องการ และเมื่อร่างกายต้องทำงานอยู่ในลักษณะขาดออกซิเจนเป็นเวลานานก็จะเกิดการสะสมของกรดแลคติด ส่งผลต่อความล้าของร่างกาย (นริศ เจริญพร, 2543 :44)

รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม (2552:433-437) ได้กล่าวถึง ความล้าในความหมายเชิงอุตสาหกรรม หมายถึง

1. ความรู้สึกเหนื่อย (Tiredness) คือ ความรู้สึกอ่อนเพลียหรือเหนื่อยล้าจากการทำงาน
2. การเปลี่ยนแปลงทางสรีระของร่างกาย (Physiological Change)
3. ผลงานลดถอยลง (Diminishing Capacity)

2.5.1 **ความเหนื่อย**

ความเหนื่อยหรือความรู้สึกเหนื่อยเป็นความรู้สึกเฉพาะคน เกิดขึ้นตามปกติเนื่องจากทำงานเป็นระยะเวลานาน ไม่มีใครสามารถวัดปริมาณของความเหนื่อยได้ และบางครั้งความเหนื่อยก็ไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของร่างกายเลย บางคนอาจรู้สึกเหนื่อยแต่ก็สามารถทำงานต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่บางคนอาจรู้สึกปกติ แต่ผลงานหรืออัตราการทำงานของเขาลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากผลของความล้าทางร่างกาย ซึ่งความรู้สึกเหนื่อยนี้ค่อนข้างเป็นความรู้สึกของแต่ละบุคคล และยากที่จะสังเกตเห็นได้โดยง่ายบางครั้งอาจเป็นความเหนื่อยล้าทางกายของกล้ามเนื้อกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง แต่บางครั้งก็เป็นความรู้สึกเหนื่อยล้าทางใจ และไม่ค่อยสัมพันธ์กับปริมาณการทำงานหรือผลผลิตของบุคคลนั้น

2.5.2 **การเปลี่ยนแปลงทางสรีระ**

ความล้าในเชิงสรีระ หมายถึง การสะสมของของเสียในกล้ามเนื้อและเส้นเลือด ซึ่งทำให้การโต้ตอบของกล้ามเนื้อเฉื่อยลง ในขณะที่กล้ามเนื้อเคลื่อนไหวจะมีการใช้อาหารในการทำปฏิกิริยาทางเคมี อาหารที่ถูกนำไปใช้นี้คือ Glycogen ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลในเส้นเลือด ขณะที่ทำงานกล้ามเนื้อจะหดตัวและยืดตัวได้ทำให้ Glycogen ที่มีอยู่ถูกเปลี่ยนเป็น Lactic Acid ซึ่งเป็นของเสียที่ทำให้การทำงานต่างๆของกล้ามเนื้อช้าลงและเกิดอาการกล้ามเนื้อล้า การแก้ไขให้กลับคืนสู่สภาพปกติ ก็โดยการหยุดทำงานเพื่อให้กล้ามเนื้อได้รับ Oxygen เพียงพอในการเปลี่ยน Lactic Acid กลับคืนมาเป็น Glycogen ดังเดิม

การเปลี่ยนทางสรีระของร่างกายขึ้นกับสภาพแวดล้อมต่างๆในการทำงาน เช่น อุณหภูมิ ความชื้นการถ่ายเทของอากาศ สภาพอากาศเป็นพิษ เครื่องป้องกันร่างกายต่างๆ

การวัดผลของ Factors ต่างๆเหล่านี้ต่อผลการทำงานของร่างกาย โดยวิธีการวัดการเต้นของหัวใจและอัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกาย จากการศึกษาพบว่าสภาพการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวของแต่ละบุคคลไม่เท่าเทียมกัน ทั้งนี้ เนื่องจากสภาพร่างกายและพันธุกรรมที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ สภาพแวดล้อมของการทำงาน และแม้แต่เสื้อผ้าที่สวมใส่ก็ส่งผลต่อ การทำงานของระบบต่างๆในร่างกายได้

2.5.3 ผลงานลดถอยลง

เป็นตัวชี้วัดที่เป็นเชิงตัวเลขที่วัดได้ง่ายดาย ในแง่ของผลผลิตอาจถือว่าปริมาณและคุณภาพของผลผลิตเป็นดัชนีที่จะชี้ถึงความล้าที่เกิดขึ้นได้ แต่ขณะเดียวกันผลผลิตที่ลดน้อยลงอาจไม่ได้มีผลจากความล้าก็ได้ อาจจะเกิดจากความเบื่อหน่ายก็ได้

แม้ผลงานจะเป็นตัวชี้วัดที่ประเมินได้ง่ายและมีข้อมูลพร้อมในกระบวนการผลิต แต่ในงานอื่นๆ เช่น งานบริการหรืองานสนับสนุน ซึ่งปริมาณผลงานมีการแปรเปลี่ยนอยู่เสมอและมีปัจจัยของการบริหารจัดการเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ผลงานอาจไม่สะท้อนถึงความล้าในการทำงาน

องค์ประกอบซึ่งมีผลต่อระดับของความล้า

1 จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน

จากการศึกษาของ Health of Munition Workers Committee ในประเทศอังกฤษในปี ค.ศ.1915 พบว่าถ้าลดชั่วโมงการทำงานซึ่งในสมัยนั้นทำงานเฉลี่ยอยู่ที่ 12-15 ชั่วโมง ลงมาเหลือเพียง 8 ชั่วโมงต่อวัน จะทำให้ผลผลิตต่อวันและต่อชั่วโมงของคนงานเพิ่มขึ้น อันเป็นผลโดยตรงจากการลดความล้าอันเนื่องมาจากการทำงานเป็นระยะเวลานาน

2 เวลาพักเหนื่อย

จากการศึกษาของ Taylor และ Vernon พบว่า ถ้าให้คนงานที่ต้องทำงานหนักมีเวลาพักมากขึ้น จะทำให้ผลผลิตต่อวันเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะถ้าเป็นงานหนักที่ต้องทำในที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง ก็ควรให้มีช่วงพักมากขึ้น จากการศึกษาการทำงานของคนงานในโรงงานถลุงเหล็กของ Taylor พบว่าถ้าเพิ่มเวลาพักให้คนงานเป็น 57% และใช้เวลาทำงานเพียง 43% ของวัน สามารถเพิ่มผลผลิตจาก 12 ตันครึ่งเป็น 47 ตันต่อวัน

การศึกษาทางสรีรวิทยาของร่างกายมนุษย์พบว่า อัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกายคนจะเพิ่มมากขึ้นถ้าต้องการทำงานซึ่งใช้พลังงานมากกว่า 5 แคลอรีต่อนาที หรือเมื่อชีพจรเต้นเร็วกว่า 100-125 ครั้งต่อนาที ดังนั้น เมื่อมีการทำงานซึ่งต้องใช้พลังงานมากกว่า 5-7 แคลอรีต่อนาทีก็ควรให้เพิ่มเวลาพักในการทำงานจากปกติ

นอกจากนี้ ณรงชัย เต็มเจริญสุข (2535) ได้ทำการศึกษาถึงการทำงานของพนักงานกดขึ้นรูปโลหะในโรงงานผลิตข้อต่อท่อประปา โดยการกำหนดการพักเย็น 3 ระดับ คือ ไม่มีกำหนดการพัก, พัก 5 นาทีทุก 2 ชั่วโมง และพัก 5 นาทีทุกชั่วโมง ซึ่งพบว่า การทำงานแบบมีกำหนดการพัก 5 นาทีทุก 2 ชั่วโมง มีอัตราการผลิตสูงสุด และยังพบอีกว่า เมื่อกำหนดการพักแบบ 5 นาทีทุกชั่วโมง

มีแนวโน้มที่จะมีอัตราการผลิตลดลง ทั้งนี้เนื่องจากมีระยะเวลาการทำงานต่อชั่วโมงน้อยลง แต่ขณะเดียวกันความล้าในการทำงานก็ลดลงด้วย

3 สภาพการทำงาน

สภาพการทำงานที่ไม่ดี เช่น แสงสว่าง ความร้อน การระบายอากาศและเสียงรบกวน ก่อให้เกิดความล้า ผลผลิตลดน้อยลงและก่อให้เกิดความรู้สึกไม่ดีในแง่ของจิตใจคนงาน การให้แสงสว่างเพียงพอทำให้การทำงานเป็นไปโดยสะดวกรวดเร็ว การรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของโรงงาน สร้างความรู้สึกอันดีให้กับหมู่คนงานและช่วยลดอุบัติเหตุ มลภาวะแวดล้อมในการทำงานอื่นๆ ได้แก่ เสียงดังและการสั่นสะเทือน เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผลผลิตลดน้อยลง

4 ชนิดของงานที่ทำ

งานในสายการผลิตแบบต่อเนื่อง ซึ่งคนงานต้องทำงานชนิดเดียวกันซ้ำซากเป็นเวลานาน อาจก่อให้เกิดความเบื่อหน่ายและทำให้ผลผลิตลดน้อยลง ดังนั้น ซึ่งอาจจะแก้ไขโดยการสลับสับเปลี่ยนคนงาน ณ จุดต่างๆ เพื่อไม่ให้เกิดความเบื่อหน่ายกับงานจนเกินไป

5. ท่าทางในการทำงานที่ไม่ถูกต้อง

ทำให้เกิดความล้าเร็ว ให้ผลผลิตลดลงและยังมีแนวโน้มที่จะทำงานผิดพลาดและเกิดอุบัติเหตุมากขึ้นอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6 ปัจจัยที่ทำการศึกษา

2.6.1 อุณหภูมิในการทำงาน

ชนิดและแหล่งกำเนิดความร้อนที่มีอิทธิพลต่อร่างกายของมนุษย์นั้นมาจากแหล่งกำเนิดสามแหล่งใหญ่ๆ ด้วยกันประกอบด้วย

1. ความร้อนภายในร่างกายที่เกิดจากกระบวนการเผาผลาญสารอาหาร (Metabolism)
2. ความร้อนที่ร่างกายผลิตขึ้นจากการทำกิจกรรมหรืองาน
3. ความร้อนที่ร่างกายได้รับจากสิ่งแวดล้อม

กิตติ อินทรานนท์, 2538 ถูกอ้างถึงใน ภาณุ บูรณจารุกร (2539:10) กล่าวถึง รายละเอียดของชนิดและแหล่งกำเนิดความร้อน มีดังนี้

1. ความร้อนจากกระบวนการเผาผลาญสารอาหาร

ความร้อนนี้เป็นความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการเผาผลาญสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีนภายในร่างกาย เรียกว่า “กระบวนการเมตาโบลิซึม (Metabolism)” ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ เนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ

สารอาหารจะถูกเผาผลาญในเนื้อเยื่อได้ต้องอาศัยออกซิเจนเข้ามาช่วยในกระบวนการทางเคมี โดยออกซิเจนจากบรรยากาศจะถูกส่งผ่านเข้าไปโดยการหายใจเข้าและอาศัยวงจรการหมุนเวียนโลหิตในการส่งผ่านออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อเผาผลาญสารอาหารเพื่อให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ กากไนโตรเจนและได้พลังงานออกมา พลังงานส่วนหนึ่งจะถูกนำมาใช้ในกิจกรรมการทำงานของกล้ามเนื้อ แต่ก็มีพลังงานที่เหลือส่วนหนึ่งถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของความร้อน กระบวนการดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นตลอดเวลาไม่ว่าจะทำงานหรือพักซึ่งสามารถวัดได้จากปริมาณออกซิเจนที่หายใจเข้าไป ความร้อนที่ผลิตได้นั้นจะขึ้นอยู่กับประเภทของสารอาหารที่รับประทานเข้าไปโดยดูจากค่าความจุความร้อน (caloric value) ของสารอาหารในแต่ละประเภทที่สามารถผลิตความร้อนได้ไม่เท่ากัน เช่น อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตนั้นมีค่าความจุความร้อนเท่ากับ 1.0 แสดงว่าในออกซิเจน 1 ลิตร จะสามารถผลิตความร้อนได้ 5.047 กิโลแคลอรี แต่ถ้าเป็นไขมันที่มีค่าความจุความร้อนเท่ากับ 0.7 นั้นแสดงว่าออกซิเจนปริมาณ 1 ลิตร จะสามารถผลิตความร้อนได้เพียง 4.6 กิโลกรัม

การสันดาปสารอาหาร 2 แบบ ที่ก่อให้เกิดพลังงานของกล้ามเนื้อ มีดังนี้คือ

1.1 การเผาผลาญสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Metabolism) เป็นการสันดาปที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ของกล้ามเนื้อเพราะเกิดขึ้นในขณะที่กล้ามเนื้ออยู่ในภาวะขาดเลือด ซึ่งจะเกิดขึ้นในงานหนัก เช่น การยกน้ำหนักเป็นระยะเวลานานๆ การเคลื่อนไหวที่รวดเร็วในระยะเวลาสั้นๆ กระบวนการดังกล่าวจะทำให้เกิดกรดแลคติคที่เป็นของเสียที่เกิดขึ้นในเซลล์กล้ามเนื้อและต้องการให้ร่างกายขจัดออกไปทางระบบไหลเวียนโลหิต

1.2 การเผาผลาญสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Metabolism) เป็นการสันดาปที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์กับออกซิเจนในกระแสโลหิต ซึ่งจะเกิดขึ้นกับงานเบาๆ ที่ทำอย่างต่อเนื่องช้าๆ มีจังหวะที่เหมาะสม โลหิตจะสามารถไหลเวียนไปหล่อเลี้ยงกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อได้ทันตลอดเวลา ร่างกายสามารถรับสารอาหารและระบายของเสียจากกระบวนการเผาผลาญสารอาหารออกมาได้อย่างต่อเนื่อง เราสามารถรู้การใช้พลังงานที่ต้องการออกซิเจนได้จากจำนวนสูงสุดของออกซิเจนที่สามารถรับเข้าไปได้

2. **ความร้อนจากการทำงาน**

ในขณะทำงานหรือออกกำลังกายร่างกายจะต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในการสันดาปอาหาร Fox และ Mathew (1981) ถูกอ้างถึงใน ภาณุ บูรณจารุกร (2539:12) ทำให้ร่างกายต้องผลิตความร้อนเพิ่มขึ้น เมื่อกล้ามเนื้อเริ่มทำงานก็จะมีการเพิ่มกระบวนการเผาผลาญสารอาหารและการเพิ่มปริมาณการใช้ออกซิเจนและแหล่งพลังงาน การทำงานอย่างต่อเนื่องนั้นจะทำให้ระบบหายใจทำงานเพิ่มขึ้นและเพิ่มปริมาณการไหลของเลือดเข้าสู่กล้ามเนื้อซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณออกซิเจนที่กล้ามเนื้อต้องใช้

3. **ความร้อนจากสิ่งแวดล้อม**

ความร้อนที่ร่างกายได้รับจากสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่อยู่รอบตัว เช่น บรรยากาศ เครื่องจักรต่างๆ ในกระบวนการผลิต เป็นต้น ความร้อนจากสิ่งแวดล้อมนี้จะมีผลต่อร่างกายมากเนื่องจากในสภาวะความร้อนสูงนั้นนอกจากร่างกายจะได้รับภาระจากงานจากการทำงานหนัก (work load) แล้วร่างกายยังต้องรับภาระความร้อน (heat load) จากสภาพแวดล้อมเพิ่มขึ้นด้วย (ภาณุ บูรณจารุกร, 2539) โดยที่อัตราการเต้นของหัวใจสามารถถูกใช้เป็นตัววัดผลกระทบจากความร้อนและภาระงาน ซึ่งสอดคล้องกับ Grandjean (1988) ถูกอ้างถึงใน ภาณุ บูรณจารุกร (2539:12) ได้กล่าวว่าการทำงานในที่ที่มีอุณหภูมิสูงก็จะเป็นการเพิ่มภาระงานอันเนื่องมาจากความร้อนด้วย และดัชนีที่นิยมใช้ในการวัดภาระงานซึ่งก่อให้เกิดความล้าหนึ่งในนั้นก็คือ อัตราการเต้นของหัวใจ เนื่องจากหัวใจจะเป็นหน้าที่เสมือนปั๊มที่สูบฉีดเลือดไปยังกล้ามเนื้อและกระจายไปตามผิวหนังเมื่อมีความจำเป็นต้องกำจัดความร้อนที่เกินออกจากร่างกาย ดังนั้นเมื่อต้องทำงานในสภาพที่ร้อนหัวใจและระบบไหลเวียนต้องทำงานหนักขึ้นจาก การขนส่งพลังงานไปยังกล้ามเนื้อ และขนถ่ายความร้อนจากภายในของร่างกายไปยังผิวหนัง ซึ่งการจำกัดความร้อนส่วนที่เกินเป็นผลให้หัวใจทำงานเพิ่มขึ้น (นริศ เจริญพร, 2543)

2.6.1.1 **กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อน**

ร่างกายของมนุษย์มีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวหนังหรือเสื้อผ้ากับสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในร่างกายให้อยู่ในระดับคงที่ ประมาณ 37 °C การควบคุมอุณหภูมิภายในสามารถทำได้ในช่วงแคบๆ โดยการควบคุมการไหลของเลือดที่นำเอาความร้อนที่ผลิตโดยกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อภายในไปยังส่วนที่เย็นกว่าและส่งความร้อนออกไปโดยการนำ การพา การแผ่รังสีความร้อนและการระเหยของเหงื่อ โดยกระบวนการทั้งสี่นั้นมีความแตกต่างกันดังนี้ คือ

1. **การนำความร้อน** (Heat Conduction)

คือ การส่งผ่านพลังงานจากโมเลกุลของวัตถุในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยจะถ่ายเทเคลื่อนผ่านสสารไปยังผิวของร่างกายที่สัมผัสอยู่ การนำความร้อนจะขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของวัตถุ ระยะเวลาที่สัมผัสกับวัตถุและชนิดของวัตถุ เช่น ถ้าวัตถุนั้นเป็นโลหะก็จะนำความร้อนได้ดีกว่าไม้ เป็นต้น การถ่ายเทความร้อนนี้อาจน้อยลงเมื่อผ่านตัวกลางที่เป็นฉนวนหรืออากาศ กระบวนการถ่ายเทความร้อนนี้เกิดขึ้นน้อยมาก ไม่เกินร้อยละ 1-2 ของการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดของร่างกาย

2. **การพาความร้อน** (Heat Convection)

คือ การเคลื่อนที่ของความร้อนจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งโดยอาศัยของไหลเป็นสื่อพาไป เมื่ออากาศได้รับความร้อนแล้วขยายตัวและสามารถเคลื่อนที่พาเอาความร้อนไปด้วยจึงเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวหนังกับอากาศรอบๆตัว กระบวนการนี้เป็นฟังก์ชั่นของอุณหภูมิระหว่างผิวหนังกับอากาศภายนอกและการเคลื่อนที่ของอากาศที่ผิวหนังซึ่งสามารถเกิดได้ในสองลักษณะ โดยลักษณะแรกมีแรงมากระทำให้เกิดการพาความร้อน เรียกว่า “การพาความร้อนชนิดบังคับ (forced-convection)” ส่วนลักษณะที่สองนั้นเกิดจากการที่มีอุณหภูมิและความหนาแน่นต่างกันทำให้ของไหลที่มีอุณหภูมิสูงไหลเข้ามาแทนที่ของไหลอุณหภูมิต่ำ เรียกว่า “การพาความร้อนแบบธรรมชาติ (natural-convection)”

3. **การแผ่รังสีความร้อน** (Heat Radiation)

เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เป็นไปตามทฤษฎีของควอนตัม ที่กล่าวว่า “วัตถุใดถ้ามีอุณหภูมิสูงกว่าองศาสัมบูรณ์ก็จะมีการแผ่รังสีออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า” วัตถุในแต่ละชนิดนั้นจะมีช่วงความยาวคลื่นความร้อนที่แตกต่างกันจึงทำให้ความสามารถในการดูดกลืนความร้อนและการกระจายความร้อนแตกต่างกัน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถูกสร้างขึ้นโดยการสั่นของโมเลกุลของพื้นผิวที่ร้อนมีความเร็วเท่ากับความเร็วของแสงจะออกมาจากพื้นผิวร้อนไปยังบริเวณที่เย็นกว่า เมื่อรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ไปกระทบเข้ากับร่างกายหรือวัตถุอื่นๆ ก็จะรบกวนโมเลกุลของพื้นผิวนั้นๆ และทำให้อุณหภูมิสูงเพิ่มขึ้น กระบวนการนี้เป็นฟังก์ชั่นของอุณหภูมิเฉลี่ยของสิ่งแวดล้อมของแข็งต่ออุณหภูมิผิวหนัง

4. **การระเหยของความร้อน**

เป็นการถ่ายเทความร้อน ซึ่งเกิดจากการกลายเป็นไอของของเหลวและระเหยออกไปจากผิวพร้อมกับดึงเอาความร้อนแฝงออกจากของเหลวไปด้วย การถ่ายเทความร้อนวิธีนี้เกิดขึ้นมากกับร่างกาย

เนื่องจากความร้อนจะสูญเสียไปพร้อมกับการขับเหงื่อของร่างกาย กระบวนการระเหยความร้อนนี้เป็นฟังก์ชั่นของความเร็วอากาศและความแตกต่างของความดันไอระหว่างผิวหนังกับอากาศ

ทั้งการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีนั้นอาจเกิดขึ้นเพียงกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งหรือส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นร่วมกันในหลายๆกระบวนการก็ได้

ถ้าสภาพแวดล้อมรอบตัวเรามีอุณหภูมิสูงกว่าร่างกายของมนุษย์แล้วจะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากสิ่งแวดล้อมมาสู่ตัวเราได้ด้วยกระบวนการทั้งสามกระบวนการที่ได้กล่าวถึงมาแล้ว แต่ในทางกลับกัน ถ้าร่างกายของคนเรามีอุณหภูมิสูงกว่าสิ่งแวดล้อมก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากตัวเราไปสู่สิ่งแวดล้อมโดยการระเหยความร้อนได้เช่นเดียวกัน

ในขณะที่ร่างกายได้รับความร้อนจากสิ่งแวดล้อมและจากการเผาผลาญอาหารไปเป็นพลังงาน ร่างกายคนเราก็จะพยายามที่จะถ่ายเทความร้อนบางส่วนที่รับเข้ามากลับออกไปสู่สภาพแวดล้อมเช่นเดียวกัน โดยใช้การขับถ่ายความร้อนออกไปพร้อมกับการระเหยของเหงื่อ เหงื่อจะทำหน้าที่นำพาเอาความร้อนจากภายในร่างกายออกมาสู่บริเวณผิวหนังแล้วเหงื่อเหล่านี้จะระเหยไปโดยใช้ความร้อนของร่างกายในขณะนั้นเป็นตัวระเหยเหงื่อทำให้ความร้อนในร่างกายลดลง โดยเหงื่อ 1 ลิตร ต้องใช้ความร้อน 500 - 600 กิโลแคลอรี่ ในการที่จะระเหยออกไปในอากาศ (ภาณุ บูรณจารุกร, 2539:14)

2.6.1.2 ระบบควบคุมความร้อนของร่างกาย

การทำงานในสภาวะความร้อนสูงนั้นร่างกายจะได้รับความร้อนจากสาเหตุหลักสองประการด้วยกัน คือ พลังงานจากการเผาผลาญสารอาหารในช่วงทำงานและพลังงานความร้อนจากสิ่งแวดล้อมในการทำงาน

เมื่อร่างกายได้รับความร้อนหรือสร้างความร้อนขึ้นก็จำเป็นจะต้องถ่ายเทออกไปเพื่อรักษาสมดุลของอุณหภูมิภายในร่างกายไว้ โดยอุณหภูมิร่างกายนั้นจะแปรผันไปได้ตามสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากศูนย์ควบคุมอุณหภูมิของร่างกายไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ 100% จึงทำให้ร่างกายไม่สามารถถ่ายเทความร้อนออกไปได้หมด จึงเกิดความไม่สมดุลของความร้อนขึ้นในร่างกายอันจะนำไปสู่ปัญหาสุขภาพและการเจ็บป่วยของคนงานต่อไป เพราะฉะนั้นในการทำงานหนักมากๆ จนร่างกายมีอุณหภุมิสูงขึ้น อุณหภูมิร่างกายก็จะถูกปรับให้ลดลงมา โดยใช้ระบบกลไกการควบคุมความร้อนของร่างกายในสมองส่วนไฮโปธาลามัส (Hypothalamus) เป็นศูนย์ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย (Thermostatic Center) ซึ่งประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนหน้าและส่วนหลัง โดยส่วนหน้าจะมีหน้าที่เป็นศูนย์ระบายความร้อนของร่างกาย ถ้าร่างกายเสียส่วนนี้ไปจะทำให้เกิดความผิดปกติของร่างกายได้ง่ายโดยเฉพาะกับคนงานที่ทำงาน

ในที่มีความร้อนสูงมากๆ และในส่วนหลังของไฮโปธาลามัสนั้นจะใช้เป็นศูนย์รักษาความร้อนซึ่งคอยทำหน้าที่ให้ร่างกายอบอุ่นอยู่เสมอ

ระบบควบคุมความร้อนของร่างกาย (สุวดี ทวีสุข, 2535 ถูกอ้างถึงใน ภาณุ บูรณจารุกร (2539:17) แบ่งออกได้เป็นสองลักษณะ คือ

1. **ระบบควบคุมความร้อนทางเคมี** (Chemical Regulation)

ระบบนี้จะเน้นไปทางการควบคุมกระบวนการเมตาโบลิซึมของร่างกาย เช่น ความร้อนจากการทำงานของกล้ามเนื้อ การควบคุมโดยฮอร์โมน (อิปิเนฟริน หรือนอร์อิปิเนฟริน) และการย่อยอาหารเป็นต้น

2. **ระบบควบคุมทางกายภาพ** (Physical Regulation)

ระบบนี้จะเน้นไปทางการแลกเปลี่ยนความร้อนทางฟิสิกส์ เช่น การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน การระเหยความร้อน การนำความร้อน การหายใจและระบบการหมุนเวียนต่างๆภายในร่างกาย

2.6.1.3 **ดัชนีความเค้นแห่งความร้อน** (Heat Stress Index)

ในการควบคุมป้องกันอันตรายจากความร้อนนั้น สิ่งแรกที่เราควรดำเนินการก็คือการหาระดับความรุนแรงหรือปริมาณความมากน้อยของความร้อนนั้น โดยจะใช้ดัชนีความเค้นแห่งความร้อนมาประเมินสภาวะความร้อนของสถานที่ทำงานซึ่งจัดเป็นการประเมินภาระงานภายนอก ดัชนีที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นดัชนีที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายและสามารถตรวจวัดได้ง่าย คือ ดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก (wet-bulb globe temperature หรือ WBGT) ความเร็วลมและเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ รวมถึงสภาพแวดล้อมอื่นๆและรายละเอียดของงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ คือ

1. **ดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก** (WBGT)

ค่าดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียกเป็นค่าที่คำนวณได้จากสภาพความร้อนอื่นร่วมกัน ได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะดำ อุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ค่าดัชนีที่วัดได้จากวิธีที่ถูกแนะนำให้ใช้กันมากที่สุดทางด้านสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและใช้ในอุตสาหกรรมกันมาก สมการหาค่าดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก (WBGT) (ปีติ พูนไชยศรี, 2534 ถูกอ้างถึงใน ภาณุ บูรณจารุกร ,2539:19) แสดงได้ดังนี้

- กรณีที่อยู่ในร่ม $WBGT = 0.7T_{nwb} + 0.3T_g$
- กรณีที่อยู่กลางแจ้ง $WBGT = 0.7T_{nwb} + 0.2T_g + 0.1T_{na}$

ค่าดัชนีดังกล่าวนี้สามารถถูกนำมาประเมินหาค่าความร้อนในสภาพแวดล้อมได้โดยใช้อุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้ คือ เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง (Natural dry bulb, T_{na}) เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก (Natural wet bulb, T_{nwb}) และเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะดำ (Globe thermometer, T_g)

2. **ความเร็วลม**

ความเร็วลมนั้นถูกวัดโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม (flow meter) ความเร็วลมที่สูงกว่านี้เองทำให้กระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายด้วยการพาความร้อนและการระเหยเป็นไปด้วยดี ดังนั้นทำให้ความร้อนที่สะสมในร่างกายนั้นสามารถถูกถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้อย่างรวดเร็ว

3. **เปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์**

เปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อการระเหยของเหงื่อ ถ้าความชื้นในอากาศต่ำแล้วเหงื่อจะออกมากและระเหยได้เร็วช่วยระบายความร้อนออกไปได้มาก แต่ถ้าความชื้นในอากาศสูงจะทำให้เหงื่อระเหยได้ยาก

งานวิจัยผลกระทบของอุณหภูมิต่อความล้ามีดังนี้

Snook และ Ciriello (1974) ได้ทำการศึกษา ผลกระทบของภาระความร้อนในงานขนย้ายวัสดุ โดยทำการทดลองกับคนงานชายในโรงงานอุตสาหรรม 16 คน พบว่า การขนย้ายวัสดุในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ 17.2 °C และ 27 °C จะส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นประมาณ 6-9 ครั้ง/นาที นอกจากนี้จะทำให้ภาระงานที่ทำได้ลดลง 20% สำหรับงานยกของ 16% สำหรับงานผลักของ และ 11% สำหรับงานถือของ

Chad และ Brown (1995) ถูกอ้างถึงใน อลงกรณ์ ฉัตรเมืองปัก (2555:22) ได้ทำการศึกษาผลกระทบการตอบสนองของอุณหภูมิในร่างกายและความล้าของกล้ามเนื้อในการทำงานของคนงานเพศหญิง โดยทำการวิเคราะห์อัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิแกน อุณหภูมิผิวหนังและการวัดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อในการทำงานเบา คือ งานพิมพ์ดีด และการทำงานหนัก คือ งานยกของภายใต้สภาพอากาศปกติและสภาพอากาศร้อน ซึ่งผลจากการศึกษา พบว่าการทำงานในที่ร้อนมีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิแกน และอุณหภูมิผิวของทั้ง 2 งาน โดยเมื่อวิเคราะห์อัตราการเต้นของหัวใจของพนักงานยกของกับพนักงานพิมพ์ดีด ภายใต้สภาพอากาศร้อน พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจของพนักงานยกของมีอัตราเพิ่มขึ้นสูงกว่าพนักงานพิมพ์ดีดอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอุณหภูมิแกน และอุณหภูมิผิวของทั้ง 2 งานจะมีการเพิ่มขึ้นที่ไม่แตกต่างกันทั้งในสภาพอากาศปกติและอากาศร้อน

Ramsey และ Mornssey (1978) ถูกอ้างถึงใน ภาณุ บูรณจารุกร (2539:2) ในบทความเรื่องความปลอดภัยในการทำงานในสภาพความร้อน ซึ่งได้กล่าวถึง ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยกับอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก (WBGT) โดยทำการศึกษาวิจัยในโรงงานอุตสาหกรรมสองแห่ง ระยะเวลานาน 14 เดือน สรุปได้ว่า สภาพความร้อนมีผลกระทบต่อพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัย และพฤติกรรมที่ปลอดภัยในการทำงานจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก 17 °C – 23 °C แต่ถ้าหากอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นกว่าในช่วงนี้แล้วก็จะทำให้แนวโน้มที่จะมีพฤติกรรมที่ไม่ปลอดภัยมีมากขึ้น

Nielsen (1990) ถูกอ้างถึงใน ภาณุ บูรณจารุกร (2539:26) ได้ทำการศึกษาวิจัยในเรื่องความเค้นความร้อนกับความคุ้นเคยในสภาวะความร้อน โดยทำการทดลองในห้องวิจัยโดยให้ผู้ถูกทดสอบออกกำลังกายบนเครื่องเดินออกกำลังกายด้วยความเร็ว 5 กิโลเมตรต่อนาที ก่อนการวิจัยให้ผู้ถูกทดสอบคุ้นเคยกับสภาพความร้อนโดยให้สัมผัสกับความร้อนที่อุณหภูมิ 40 – 42 °C เป็นระยะเวลา 8-12 วัน หลังจากนั้นเริ่มทำการวิจัย โดยเปรียบเทียบในสองสภาวะ คือ อุณหภูมิ 18°C และอุณหภูมิ 40 °C พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกายและอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

Vitalis et al (1994) ถูกอ้างถึงใน ภาณุ บูรณจารุกร (2539:26) ได้ทำการศึกษาคนงานในอุตสาหกรรมเหล็กในประเทศกรีก จำนวน 14 คน ในช่วงฤดูหนาวและร้อน โดยให้ทำงานในแต่ละกิจกรรมปกติและทำการวัดสภาวะแวดล้อมทั้ง 2 ฤดู พบว่าในฤดูหนาวจะมีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียกเฉลี่ย เท่ากับ 16.1 °C ± 6°C ความเร็วลม 1.3 เมตร/วินาที ส่วนในฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียกเฉลี่ย เท่ากับ 25.3 °C ± 2.2 °C ความเร็วลม 0.3 เมตร/วินาที พบว่า การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจเท่ากับ 21% ± 15%

2.6.2 การแก้ปัญหาเรื่องท่าทางที่เป็นอันตราย

โดยที่พบในการปฏิบัติงาน คือ ความเสี่ยงทางด้าน Awkward posture ในการปฏิบัติงานนั่นก็คือการที่ท่าทางตำแหน่งของแขนขา ลำตัว เบี่ยงเบนจากท่าปกติ (Neutral Anatomical Posture) การยกของจากตำแหน่งข้างล่างขึ้นข้างบน โดยยกในระดับความสูงที่ต่ำกว่าหัวเข่าและ/หรือสูงกว่าระดับหัวไหล่ (กวินธิดา สันติพงศ์, :ออนไลน์)

ตัวอย่างท่าทางที่ไม่เหมาะสม เช่น การยกหรือกางแขนเกิน 15 องศา การคว่ำมือ การกระดกข้อมือเกิน 10 องศา การก้มหรือบิดหลังเกิน 20 องศา เป็นต้น การจัดสถานที่ทำงานจะป้องกันท่าทางที่ไม่เหมาะสมได้

โดยงานวิจัยผลกระทบของท่าทางที่เป็นอันตรายโดยการนำหลักการยกสินค้าด้วยแรงคนเข้ามาแก้ปัญหาต่อความล้ามีดังนี้

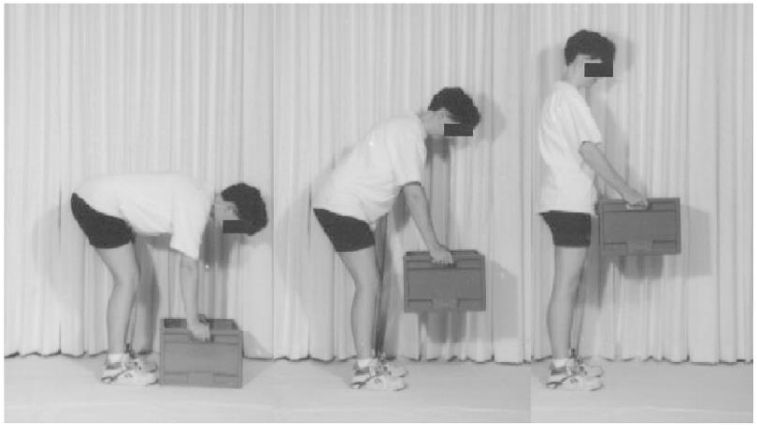
Snook และ Irvire (1969) ได้ศึกษาอัตราการเต้นของหัวใจในงานยกของสามระดับคือ ยกของจากพื้นถึงระดับหัวเข่า, ยกของจากระดับหัวเข่าถึงระดับหัวไหล่ และยกจากระดับหัวไหล่ถึงระดับมือเอื้อม ในคนงานชาย 12 คน อายุเฉลี่ย 29 ปี พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจมีค่าประมาณ 110 ครั้งต่อนาที สำหรับการยกของจากระดับหัวไหล่ถึงระดับมือเอื้อมซึ่งเป็นการยกที่ใช้กล้ามเนื้อแขนเป็นหลัก สำหรับการยกของจากพื้นถึงระดับหัวเข่า ซึ่งเป็นการยกที่ใช้กล้ามเนื้อขาเป็นหลักในการยก อัตราการเต้นของหัวใจมีค่าประมาณ 112 ครั้งต่อนาที

กาญจนา หลวงโปธา (2554) ได้ทำการศึกษาภาระงานสำหรับงานบรรจุผลิตภัณฑ์แผงบันไดข้างและสปอยเลอร์หลังเพื่อการส่งออก โดยพบว่าปัจจัยระดับความสูงโต๊ะและปัจจัยระดับความสูงของจุดวางกล่องสำหรับใส่ชิ้นงานมีผลต่อค่าแรงกดอัดเฉลี่ยที่เกิดขึ้น บริเวณหลังส่วนล่างโดยปัจจัยระดับความสูงของจุดวางกล่องสำหรับใส่ชิ้นงานมีผลต่อค่าแรงกดอัดมากกว่าปัจจัยระดับความสูงโต๊ะ

2.6.3 **ท่าทางหรือวิธีการยกของ**

ชมรมอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มสธ (2551:ออนไลน์) ได้กำหนดท่าทางการยกของขนาดต่าง ๆ ขึ้นจากพื้นหรือการวางของลงที่พื้นที่สำคัญนั้นมีอยู่ 3 ท่าทาง ดังนี้

2.6.3.1 ท่ายืนเข่าตึง-ก้มหลังยกขึ้น-วางลง (Stoop or Back Lift Posture)
ควรใช้ท่านี้ยก-วางของที่มีขนาดเล็กขึ้นจากพื้น โดยผู้ยกหรือผู้วางสามารถที่จะยืนกางขาโดยให้เท้าทั้งสองวางอยู่ทางด้านข้างแต่ละด้านของวัตถุ จากนั้นจึงงอเข่าเล็กน้อยก้มตัว (ก้มโค้ง) ลงแล้วยกวัตถุขึ้นจากพื้นหรือวางวัตถุลงไปที่พื้นโดยใช้แรงกล้ามเนื้อหลัง ด้วยลักษณะเช่นนี้



รูปที่ 2.1 ท่ายกของแบบ Stoop (Straker, 2003)

2.6.3.2 **ท่านั่งย่อเข่า-หลังเหยียดตรงยกขึ้น-วางลง** (Squat or Leg Lift Posture) ควรใช้ท่านี้ ยกของที่มีขนาดใหญ่จนผู้ยกไม่สามารถที่จะเข้าไปยืนกางขาคร่อมวัตถุแบบท่าในข้อ 1 ได้ ก็ให้ทำท่ายกของโดยยืนอยู่หลังวัตถุที่จะยกแทน แล้วงอขาย่อเข่าลง เอามือจับวัตถุแล้วยกวัตถุขึ้นในลักษณะที่วัตถุนั้นอยู่ทางด้านหน้าของหัวเข่าและยันตัวลุกขึ้นไปสู่ระดับที่ต้องการในจังหวะแรก ส่วนการวางลงนั้นก็ให้ทำย้อนกลับขั้นตอนของการยกขึ้น

รูปที่ 2.2 ท่ายกของแบบ Squat (Straker, 2003)

2.6.3.3 **ท่าฟรีสไตล์หรือท่ากึ่งย่อเข่า-หลังตรง** (Semi-squat Lift Posture) ให้ทำท่ายก-วางของคล้าย ๆ กับท่าสควอท โดยยืนหรือถืออยู่หลังวัตถุที่จะยก-วาง แล้วงอขาย่อเข่าลงแล้วยกวัตถุขึ้นหรือวางวัตถุลงในลักษณะที่วัตถุนั้นอยู่ทางด้านหน้าของหัวเข่าเช่นเดิม แตกต่างจากท่าสควอทตรงที่ให้ยกหรือวางของมาวางพักไว้ที่หน้าขาก่อนในจังหวะแรก แล้วจึงค่อยยกของและยันตัวลุกขึ้นไปสู่ระดับที่ต้องการในจังหวะต่อมา ส่วนการวางลงนั้นก็ให้ทำย้อนกลับขั้นตอนของการยกของขึ้น

รูปที่ 2.3 ท่ายกของแบบ Semi-squat (Straker, 2003)

Straker (2003) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับท่ายกของแบบ squat, semi-squat และ stoop ในการยกของจากพื้น ไว้ดังนี้

1. ด้าน Maximum Acceptable Weight (MAW) พบว่า การยกด้วยท่า squat ได้รับการยอมรับจากผู้ถูกทดลอง น้อยกว่า ท่ายกแบบ semi-squat หรือ ท่ายกแบบ stoop และการยกแบบ semi-squat มีค่าสูงกว่าการยกแบบ stoop นั่นก็คือท่ายกแบบ semi-squat มีค่าดีที่สุด

2. อัตราการใช้ออกซิเจนและอัตราการเต้นของหัวใจของท่ายกแบบ squat สูงกว่าท่า stoop ในส่วนของการยกแบบ semi-squat จะใช้ออกซิเจนและอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่า ท่า stoop แต่น้อยกว่าท่า squat สำหรับการใช้พลังงาน การยกแบบ semi-squat มีค่าสูงกว่าแบบ stoop แต่มีค่าน้อยกว่าแบบ squat

3. โมเมนต์ที่เอวของท่ายกแบบ stoop มากกว่าท่ายกแบบ squat และท่ายกแบบ semi-squat โมเมนต์ที่เอวสูงกว่า ท่ายกแบบ stoop และท่ายกแบบ squat

4. ไม่มีความแตกต่างของผลผลิตสูงสุดของท่ายกแบบ squat และ stoop ในช่วงเวลาสั้นๆ

5. ประมาณ 1 ใน 3 ที่มีการยกแบบ squat ไม่มีการเจ็บหลังส่วนการยกแบบ stoop พบไม่มีการเจ็บหลังเพียง 1 ใน 4 ดังนั้นการยกแบบ squat อาจจะดีกว่าแบบ stoop

โดยงานวิจัยผลกระทบของท่าทางในการยกของมีดังนี้

Anderson และ Chaffin (1986) ถูกอ้างถึงใน อรอุมา ลาสุนนท์ (2542:23) ได้ทำการศึกษาเทคนิคการยกของ 5 วิธี โดยใช้การประเมินตามแนวทางชีวกลศาสตร์ในภาวะงานสถิต ของการยกของขึ้นในระนาบหน้า-หลัง (sagittal-plane) การทดลองจะวิเคราะห์ภาระงาน 2 แบบ คือ การยกของที่มีลักษณะหนักทึบ (compact load) และการยกของที่มีขนาดใหญ่-หลวม (bulky load) ทำการยกจากระดับพื้นถึงระดับเอว ใช้น้ำหนัก 44, 222 และ 400 นิวตัน ตัวแปรที่วัดเพื่อใช้พิจารณาเปรียบเทียบคือ แรงกดที่เกิดกับหมอนรองกระดูกระหว่าง L5/S1, ผลที่เกิดกับหลังส่วนล่าง และกำลัง (strength) ของไหล่, หมอนรองกระดูกระหว่าง L5/S1, สะโพกและหัวเข่าที่ต้องใช้ในการออกแรงยก โดยในการออกแบบการทดลอง หรือเทคนิคการยกนั้น Anderson และ Chaffin ได้พิจารณาจากหลักความปลอดภัยของวิธีการยก 4 อย่าง คือ ตำแหน่งการวางเท้า, ลักษณะของหัวเข่า (งอ หรือ เหยียดตึง), ลักษณะของหลัง (โค้งงอ หรือ ราบตรง) และตำแหน่งของมือบนวัตถุที่ยก สำหรับเทคนิค หรือท่าทางการยกที่เลือกมาทำการวิเคราะห์ 5 วิธี พบว่าวิธีการยกของด้วยท่าทางแบบ Squat แบบวางเท้าเยื้องกันและหลังตรงเป็นวิธีที่ดีที่สุดที่ทำให้ความเครียด (strain) ที่เกิดกับเอ็นบริเวณหลังส่วนล่าง, แรงกดที่เกิดกับหมอนรองกระดูกระหว่าง L5/S1 และกำลังที่กล้ามเนื้อส่วน

ต่างๆต้องใช้ในการยกมีค่าต่ำสุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของนักวิจัยหลายคนที่กล่าวว่าการยกด้วยวิธี Squat จะได้เปรียบการยกด้วยวิธี Stoop ด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ

1. ท่าทางการยกแบบ Squat จะใช้ขาเป็นอวัยวะส่วนที่รับน้ำหนัก ซึ่งกล้ามเนื้อขามีความแข็งแรงกว่ากล้ามเนื้อหลังที่ใช้ในท่าทางการยกแบบ Stoop ทำให้สามารถยกน้ำหนักได้มากกว่า

2. ท่าทางการยกแบบ Squat วัตถุหรือภาระงานที่ยกจะอยู่ชิดลำตัว ซึ่งช่วยลดโมเมนต์ของแขน

3. ท่าทางการยกแบบ Squat ทำให้เส้นเอ็นบริเวณหลังส่วนล่างได้รับความเครียดต่ำว่าท่าทางการยกแบบ Stoop

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยในการปรับปรุงสภาพการทำงานดังข้างต้น ส่วนใหญ่ทำการศึกษาไปที่การยกของเพื่อประเมินภาระงานหรือความล้า ซึ่งยังมีช่องว่างสำหรับงานวิจัยที่ยก จัด เรียง สินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์

2.7 การประเมินภาระงานยกของด้วยมือ

การประเมินภาระงานและการออกแบบจะใช้วิธีการทางด้าน ชีวกลศาสตร์ สรีรวิทยา จิตฟิสิกส์ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะขอกล่าวถึงการประเมินทางสรีรวิทยาด้วยการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ที่ใช้ประเมินในการวิจัยครั้งนี้ ส่วนแนวทางอื่นๆจะขอกล่าวพอสังเขปเท่านั้น

2.7.1 วิธีการทางด้านชีวกลศาสตร์

วิธีการทางด้านชีวกลศาสตร์ จะประมาณค่าทางกลของร่างกาย เช่น พิจารณาจากแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่างที่เกิดกับหมอนรองกระดูก L5/S1 (L5/S1 หมายถึง หมอนรองกระดูกที่อยู่ระหว่างกระดูก Lumbar ชิ้นที่ 5 และ Sacral ชิ้นที่ 1 ซึ่งเป็นหลังส่วนล่างอยู่บริเวณเอว) เทียบกับค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ โดยการแบ่งชิ้นส่วนร่างกายออกเป็นส่วนๆ คือ มือ แขนส่วนล่าง แขนส่วนบน ขาส่วนบน ขาส่วนล่าง ลำตัว และศีรษะ จากนั้นทำการคำนวณหาค่าแรงและโมเมนต์ที่เกิดจากการยกภาระที่ข้อมือส่งผ่านไปยังศอก หัวไหล่ และกระดูกสันหลังบริเวณ L5/S1 ตามลำดับ (Tayyari และ Smith,1997 ถูกอ้างถึงใน โรสมารินทร์ สุขเกษม, 2546:17)

2.7.2 วิธีการทางด้านจิตฟิสิกส์

เป็นการทดสอบการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นทางกายภาพด้วยการพินิจพิจารณาตามความรู้สึกนึกคิดของแต่ละบุคคลซึ่งจะมีมากน้อยไม่เท่ากัน ในการยกย้ายวัสดุสิ่งของด้วยแรงกายคน จะใช้ในการประเมินค่าที่ตนเองคิดว่าน้ำหนักเท่าใดจึงจะเหมาะสำหรับตนเองในการทำงานยกเคลื่อนย้ายสิ่งของ (กาญจนา หลวงโปธา, 2554:19 ดังนั้นการใช้หลักทางจิตฟิสิกส์กำหนดค่า

Maximum Acceptable Weight (MAW) กระทำโดยการทดลองให้ผู้ถูกทดสอบทำการยกหรือเคลื่อนย้ายวัสดุที่มีน้ำหนักต่างๆ และสามารถปรับน้ำหนักได้โดยไม่รู้น้ำหนักที่แท้จริง เพื่อให้ผู้ถูกทดสอบเลือกน้ำหนักมากที่สุดที่เขาพึงพอใจ และคาดหมายว่าหากทำการยกหรือเคลื่อนย้ายของที่น้ำหนักนั้นตลอดการทำงานจะสามารถทำการยกหรือเคลื่อนย้ายได้โดยไม่ก่อให้เกิดความเครียด (Stain) ภาวะไม่สบาย ความเหนื่อย อุณหภูมิร่ายกายสูงเกินขนาด หรือหายใจไม่ทันข้อดีสำหรับแนวทางจิตฟิสิกส์ คือ มีค่าใช้จ่ายน้อย และใช้ระยะเวลาสั้น ส่วนข้อเสียคือเป็นการใช้ความรู้สึกของผู้ทดสอบเป็นหลัก (โรสมารินทร์ สุขเกษม, 2546:16)

2.7.3 วิธีการทางด้านสรีระวิทยา

แนวทางสรีรวิทยานี้จะมีความเหมาะสมกับงานการยกย้ายวัสดุสิ่งของด้วยแรงกาย (Manual Material Handling : MMH) ที่ต้องกระทำด้วยความถี่มากๆ หรือทำบ่อยๆ ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง แต่น้ำหนักของวัตถุที่ถูกยกย้ายนั้นมีน้ำหนักค่อนข้างเบา เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาสำหรับแนวทางสรีรวิทยา คือ ปริมาณการใช้พลังงาน (Energy Consumption) หรือค่า Physical Work Capacity (PWC) (โรสมารินทร์ สุขเกษม, 2546:15)

ความสามารถในการทำงานของร่างกาย (Physical work capacity; PWC) หมายถึงความสามารถสูงสุดของระบบสรีระของร่างกายที่จะผลิตพลังงานให้กับงานที่กล้ามเนื้อต้องการ ในคนปกติ PWC จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถของระบบหัวใจและเลือดในการที่จะป้อนออกซิเจนให้กล้ามเนื้อ รวมถึงขับของเสียที่เกินจากขบวนการเผาผลาญอาหารด้วย PWC อาจจะถูกกำหนดเป็นคุณลักษณะเฉพาะของกล้ามเนื้อในการทำงานหนึ่ง หรือกำหนดเป็นคุณลักษณะของร่างกาย เป็นต้น (นริศ เจริญพร, 2543)

การทดสอบที่เป็นมาตรฐานในการหา PWC มักใช้ treadmill หรือ cycle ergometer ในการป้อนภาระงานคงที่ให้กับร่างกายผู้ถูกทดสอบ โดยปกติ ค่า PWC ที่ได้รับจาก cycle ergometer มักจะมีค่าน้อยกว่า ค่า PWC ที่ได้จาก treadmill เล็กน้อย (ประมาณ 3-5%)

1. ความสามารถในการใช้ออกซิเจน (Aerobic capacity) หมายถึงระดับของการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยปกติมีหน่วยเป็น ลิตร ต่อ นาที (l.min) หรือ เป็น มิลลิตรของออกซิเจนต่อ 1 กิโลกรัมของร่างกายต่อนาที คำที่มีความหมายเหมือนกับ aerobic capacity คือ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (PWC, maximum oxygen uptake)

2. ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจน

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนของร่างกายมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่

1) ปัจจัยเกี่ยวกับร่างกาย เช่น ขนาด อายุ เพศ

2) ปัจจัยที่เกี่ยวกับจิตใจ เช่น การตอบสนองทางอารมณ์ พฤติกรรม สิ่งกระตุ้น

3) ปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม เช่น ความสูง อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น

4) ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะงาน เช่น ภาระงาน ช่วงเวลา จังหวะ และเทคนิค

5) ปัจจัยเฉพาะบุคคล คือ ปัจจัยที่เกี่ยวกับพันธุกรรม การฝึกฝน และประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง

โดย Legg และ Pateman (1985) ถูกอ้างถึงใน ประจวบ กล่อมจิตร (2552:10) ได้กำหนดค่าความสามารถในการทำงาน 8 ชั่วโมง ว่าควรอยู่ในช่วง 21-23 % ของความสามารถในการวิ่งในลู่วิ่ง และ 28-29% ของการปั่นจักรยาน (เป็นความสามารถสูงสุดในการพลังงานหรือใช้ออกซิเจน)

NIOSH (1981) ถูกอ้างถึงใน โรสมารินทร์ สุขเกษม (2546:15) สรุปว่า อัตราการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อ อัตราการใช้พลังงานในกระบวนการเมตาบอลิซึม และอัตราการเต้นของหัวใจเป็นตัววัดผลตอบสนองทาง สรีรวิทยาที่นิยมใช้กันมากในการวิเคราะห์ระดับความหนักของงานสูงสุดที่สามารถทำได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีความล้าสะสม ซึ่งควรนำมาพิจารณาและนำไปปฏิบัติในงานอุตสาหกรรม ดังนี้

2.7.3.1 **อัตราการใช้พลังงานในกระบวนการเมตาบอลิซึม** เพื่อความปลอดภัยในการทำงานสำหรับการทำงานต่อเนื่อง 8 ชั่วโมงการทำงาน ขีดจำกัดของพลังงานที่ใช้ไม่ควรเกิน 4,300 กิโลแคลอรีต่อวัน

2.7.3.2 **อัตราการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อ** ในการพิจารณาถึงน้ำหนักที่ยอมรับได้ในการยกหรือเคลื่อนย้ายวัสดุใช้การเปรียบเทียบอัตราการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อขณะทำงานนั้นกับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งขีดจำกัดบนของการทำงานที่ไม่ทำให้เกิดความล้าควรเป็นหนึ่งในสาม หรือประมาณ 33% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด

การประเมินความสามารถในการใช้ออกซิเจน (aerobic capacity) ความสามารถในการใช้ออกซิเจนของร่างกายสามารถหาได้ทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม ในการประเมินโดยทางตรงเป็นกระทำที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบค่าสูงสุดจากการทดลอง ซึ่งโดยปกติกระทำในบุคคลที่อยู่วัยรุ่นหรือ ผู้ที่ถูกฝึกฝนทางร่างกายมาแล้ว เช่น นักกีฬา หรือนักเรียนพลศึกษา สำหรับการประเมินโดยทางอ้อม จะเป็นการหาค่าในระดับที่ต่ำกว่าค่าสูงสุดหลังจากนั้นก็ใช้ข้อมูลดังกล่าวทำการ

ประมาณค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดอีกครั้งหนึ่ง วิธีการนี้นิยมให้กับบุคคลทั่วๆ ไป เช่น พนักงานในโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับรายละเอียดของทั้งสองวิธีมีดังนี้

1. การวัดโดยทางตรง (direct method หรือ maximal exercise test) การหาความสามารถทางสรีระของร่างกายโดยวิธีวัดโดยตรงสามารถทำโดยการทดลองด้วยการกำหนดภาระงานให้ผู้ถูกทดสอบกระทำ หลังจากนั้นก็ทำการบันทึกค่าอัตราการเต้นของหัวใจ และ การใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายไว้ ในการทดสอบภาระงานเริ่มต้นจะถูกกำนดที่ค่าต่ำก่อน หลังจากนั้นจะกำหนดให้มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งอาจจะใช้วิธีการทดสอบอย่างต่อเนื่อง หรือ เป็นหยุดพักเป็นช่วงๆ จนกระทั่งปริมาณความต้องการออกซิเจนมากถึงระดับสูงสุด (maximum oxygen consumption) สัญลักษณ์ คืออัตราการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดของร่างกายโดยมากจะมีหน่วยเป็น ลิตรต่อนาที (l/min) ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนได้สูงสุดควรอยู่ที่ตำแหน่งการเต้นของหัวใจสูงสุด ซึ่งประมาณว่ามีค่าเท่ากับ 220-อายุ

การใช้วิธีการวัดโดยตรงมีข้อเสียคือ อาจเป็นผลร้ายต่อผู้ถูกทดสอบได้ถ้าผู้ถูกทดสอบไม่แข็งแรง สำหรับข้อดีของวิธีการนี้คือจะได้ผลที่ให้ความถูกต้องและความแม่นยำกว่าวิธีอื่น เมื่อใช้เครื่องมือวัดอัตราการเต้นหัวใจและการใช้ออกซิเจน ชนิดเดียวกัน

2. การวัดโดยทางอ้อม (Indirect method หรือ submaximum exercise test) การวัดวิธีผู้ถูกทดสอบไม่จำเป็นต้องทำงานจนกระทั่งถึงจุดที่อัตราการเต้นของหัวใจมีค่าสูงสุด แต่จะใช้การกำหนดภาระงานที่เหมาะสมมาให้กระทำ หลังจากนั้นก็จะใช้ข้อมูลหรือผลที่ได้มาทำการทำนายค่าสูงสุดต่อไป (นริศ เจริญพร, 2543)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.7.3.3 อัตราการเต้นของหัวใจ

นริศ เจริญพร (2543:47,90) ระบบการไหลเวียนของเลือดและการหายใจมีส่วนเกี่ยวข้องกับการให้พลังงานต่อกล้ามเนื้อ โดยที่สารอาหาร เช่น กลูโคส ไขมัน โปรตีน ตลอดจนออกซิเจนจะถูกลำเลียงไปยังเซลล์ของกล้ามเนื้อผ่านด้วยระบบการไหลเวียนของเลือด เมื่อกล้ามเนื้อออกแรงหรือร่างกายมีความต้องการใช้แรงจากกล้ามเนื้อมากขึ้น จะส่งผลกระทบต่อระบบการไหลเวียนของเลือด ซึ่งพอที่จะสรุปได้เป็นข้อๆ ดังต่อไปนี้

1) ความต้องการโลหิตไหลเวียนมากขึ้น

2) หัวใจทำงานเร็วขึ้น

3) ความดันโลหิตสูงขึ้น

4) เกิดการขยายของเส้นเลือดที่นำไปสู่กล้ามเนื้อนั้น

อัตราการเต้นของหัวใจเป็นความเครียดอันเกิดขึ้น เนื่องจากการบีบตัวของหัวใจเพื่อเพิ่มปริมาณการหมุนเวียนโลหิตในร่างกาย โดยที่อัตราการเต้นของหัวใจนั้นเป็นผลตอบสนองทางสรีรวิทยาที่มีความไวต่อผลกระทบของสิ่งแวดล้อม เช่น ความร้อน ความชื้น มากกว่าการใช้อัตราการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อ

2.8 การประเมินความล้าด้วยอัตราการเต้นของหัวใจ

การใช้อัตราการเต้นของหัวใจกับความสามารถในการทำงานเป็นที่นิยมกันโดยทั่วไป เพราะอัตราการเต้นของหัวใจสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าอื่นๆ เช่น ความร้อน เสียง ความชื้น เป็นต้น (Brouha et al.,1963 ถูกอ้างถึงใน จิตรา รู้กิจการพานิช 2541:7) โดยที่ Green et al (1986) ถูกอ้างถึงใน ชาติชาย อัศดรศักดิ์ (2536:6) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัย ซึ่งมีผลกระทบต่ออัตราการเต้นของหัวใจของพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรม และกล่าวถึงอัตราการเต้นของหัวใจว่าเป็นตัวแสดงที่ดี (Good indicator)

อัตราการเต้นของหัวใจจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับของภาระงาน กล่าวคือ ถ้างานหนักขึ้น ความต้องการใช้ออกซิเจนก็จะมากขึ้นทำให้อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้นตามด้วยเพื่อลำเลียงออกซิเจนไปสู่เซลล์กล้ามเนื้อให้มากยิ่งขึ้น เมื่อร่างกายต้องทำงานติดต่อกันเป็นระยะเวลานานๆ ก็จะทำให้เกิดของเสียสะสมภายในเซลล์มากขึ้น อันเป็นสาเหตุให้เกิดความล้า (ศรีรักษ์ ศรีทองชัย, 2533 ถูกอ้างถึงใน ภาณุ บูรณจารุกร, 2539:26)

โดยที่เมื่อร่างกายรับภาระงานที่มากขึ้นการใช้พลังงานย่อมมากขึ้นตามไปด้วย เมื่อร่างกายใช้พลังงานมากขึ้นอัตราการเต้นหัวใจจะเพิ่มสูง เพราะเมื่อมีการใช้พลังงานมากขึ้นร่างกายก็จะมีความต้องการใช้ออกซิเจนมากขึ้น ระบบการหายใจและระบบเลือดต้องทำงานหนักขึ้นเพื่อป้อนออกซิเจนให้แก่ร่างกายเกิดขึ้นอย่างเพียงพอ อัตราการเต้นของหัวใจอาจมีค่าแตกต่างกันได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะงาน ซึ่งการทำงานในสภาพที่ร้อนจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจที่สูงขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความต้องการไหลเวียนของเลือดมีค่าสูงขึ้นเพื่อระบายความร้อนที่สะสมในร่างกายออกให้มากที่สุด โดยที่เมื่อภาระงานมีการเปลี่ยนแปลงทำให้การทำงานของอวัยวะ, เนื้อเยื่อ และของเหลวต่างๆในร่างกายเปลี่ยนไป เช่น หัวใจทำงานหนักขึ้น ความต้องการเลือดไหลเวียนมีมากขึ้น เป็นต้น ซึ่งการปรับตัวที่สำคัญเมื่อมีภาระงานทางร่างกายสูงขึ้นหนึ่งในนั้นคือ อัตราการหายใจสูงขึ้น โดยจะไปเพิ่มความสามารถและความเร็วในการทำงานของหัวใจ ซึ่งการวัดอัตราการเต้นของหัวใจคือหนึ่งในหลายๆ ทางที่มีประโยชน์ต่อการประเมินภาระงานเพราะมันสามารถถูกทำได้ง่าย (นริศ เจริญพร, 2543:117,118) ซึ่งจากภาระงานที่มากขึ้นส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lind, A.R. และ Petrofsky (1976) ถูกอ้าง

ถึงใน ภาณุ บูรณจารุกร (2539) ที่พบว่าภาระงานที่เกิดจากการยกของมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจะทำให้มีอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ภาระงานที่มากเกินกว่าความสามารถทางสรีระของร่างกายซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ การที่อัตราการเต้นของหัวใจไม่สามารถปรับตัวเข้าสู่ภาวะคงที่ได้เป็นเพราะมีความต้องการใช้ออกซิเจนของร่างกายสูงมากเกินกว่าความสามารถของร่างกายจะป้อนให้ได้ เมื่อเป็นเช่นนี้หัวใจต้องทำงานหนักมากขึ้น มากขึ้นเรื่อยเพื่อส่งออกซิเจนไปสู่ส่วนต่างๆให้เพียงพอ (นริศ เจริญพร, 2543) โดยที่ Morris และ Chevalier (1961) ได้เสนอว่า อัตราการเต้นของหัวใจ 130 ครั้งต่อนาที ในการทำงานนั้นสูงเกินไป และได้เสนอว่าขีดจำกัดบนของอัตราการเต้นของหัวใจควรเป็นเพียง 100 ครั้งต่อนาที ในขณะที่ Luongo (1964) ศึกษาปริมาณของแลคเตทในระบบหมุนเวียนโลหิต และพบว่าการทำงานที่อัตราการเต้นของหัวใจ 120 ครั้งต่อนาทีนั้น ก่อให้เกิดความล้าแล้ว (ตริฉัตร จำปาวัลย์ 2538:16)

ความหนักเบาของภาระงานทางสรีระของร่างกายโดยปกติถูกจำแนกตามปริมาณความต้องการใช้พลังงาน อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ถูกใช้ในการจำแนกภาระงาน เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ใช้, อัตราการเต้นของหัวใจ, อัตราการไหลวียนของอากาศ และอุณหภูมิร่างกายเป็นต้น ตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นตัวอย่างการจำแนกภาระงานด้วยปัจจัยต่างๆ (นริศ เจริญพร, 2543:100)

ตารางที่ 2.1 การจำแนกภาระงานทางสรีระของร่างกาย โดยใช้ค่าอัตราการใช้ออกซิเจน อัตราการเต้นหัวใจ และพลังงานที่ใช้

Workload class	Oxygen consumption $\dot{V}O_2$ ($l \cdot min^{-1}$)	Energy expenditure ($kcal \cdot h^{-1}$)	Heart rate (bpm)
Sedentary	0.25–0.33	75–100	60–80
Light	0.33–0.5	100–150	70–90
Moderate	0.5–1.0	150–300	80–110
Heavy	1.0–1.5	300–450	100–130
Very heavy	1.5–2.0	450–600	120–150

มหาวิทยาลัยมหิดล คณะกายภาพบำบัด ศูนย์กายภาพบำบัด (2557:ออนไลน์) ได้จำแนกกิจกรรมในการทำงานได้ 3 ประเภท ตามพลังงานที่ใช้หรืออัตราการเต้นของหัวใจในการทำกิจกรรมนั้น ได้แก่ กิจกรรมเบา ปานกลาง และหนัก

กิจกรรมเบา มีอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ย 90 ครั้งต่อนาที ได้แก่ กิจกรรมที่ต้องนั่งหรือยืนนานเคลื่อนไหวเฉพาะมือหรือนิ้ว

ตัวอย่างเช่น

- กิจกรรมในสำนักงาน เช่น การประชุม ถ่ายเอกสาร พิมพ์งานด้วยคอมพิวเตอร์
- กิจกรรมในโรงงานที่คนทำงานมีการเคลื่อนไหว เฉพาะมือ เช่น การประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
- งานบ้าน เช่น การกวาดถูบ้าน ปูเตียง ทำอาหาร และงานบ้านที่ยืนหรือนั่งทำ
- การเดินที่ช้ากว่า 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และการขี่จักรยานที่ความเร็วช้ากว่า 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ผู้ที่มีร่างกายปกติจะรู้สึกเหนื่อยน้อยมาก)

กิจกรรมปานกลาง อัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ย 100 ครั้งต่อนาที ได้แก่กิจกรรมที่ต้องออกแรงแขน ขาและมีการเคลื่อนไหวทั้งร่างกายเป็นครั้งคราว

ตัวอย่างเช่น

- การถือหรือแบกและการยกวัตถุที่หนักน้อยกว่า 23 กิโลกรัม
- กิจกรรมในโรงงานที่คนทำงานเคลื่อนไหวทั้งตัว เช่น การบรรจุของและเคลื่อนย้ายกล่อง
- งานก่อสร้างที่ไม่หนักมากนัก เช่น การเดินไฟฟ้า งานประปา งานทาสี
- งานบ้าน เช่น ตากผ้า การทำความสะอาดห้องน้ำ เช็ดรถ กวาดถูบริเวณนอกบ้าน
- การขี่จักรยานที่ความเร็ว 5-14 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือการขี่ขึ้นเนินเตี้ย

กิจกรรมหนัก มีอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยมากกว่า 120 ครั้งต่อนาที ได้แก่กิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว มีการเคลื่อนไหวทั้งตัวและต้องใช้แรงมาก

ตัวอย่างเช่น

- การถือหรือแบกและการยกวัตถุที่หนักมากกว่า 23 กิโลกรัม
- งานของพนักงานดับเพลิง งานของพนักงานเหมือง
- งานก่อสร้างที่หนัก เช่น การขนอิฐ ขุดหลุม แบกปูน เลื่อยไม้
- งานกสิกรรมที่หนัก เช่น การทำความสะอาดโรงนา การแบกกระสอบที่หนัก
- การขี่จักรยานที่ความเร็วมากกว่า 16 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือการขี่จักรยานขึ้นเนินสูง

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยครังนี้ทำการศึกษาภายในโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งมุ่งศึกษาในส่วนของการปรับสภาพการทำงานในการยก จัดเรียง สินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ของพนักงานยกสินค้า เพื่อดูผลการเปลี่ยนไปของผลิตภาพและความปลอดภัยที่เกิดขึ้น

3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

การศึกษาวิจัยครังนี้ทำการศึกษาภายในโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งมุ่งเน้นไปที่กิจกรรมการยก จัดเรียง สินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ด้วยแรงคน ซึ่งถือได้ว่าเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญต่อโรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้ โดยสินค้าที่ทางโรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้ต้องทำการยก จัดเรียงสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ มีดังนี้

1. อุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ใช้แล้วทิ้ง (Disposable Medical Devices) ได้แก่ ถุงมือผ่าตัด ชุดคลุมผ่าตัด ผ้าคลุมเตียงผ่าตัด เข็มฉีดยา ชุดถ่ายเลือด อุปกรณ์ทำแผล เป็นต้น สัดส่วนประมาณ 80 %

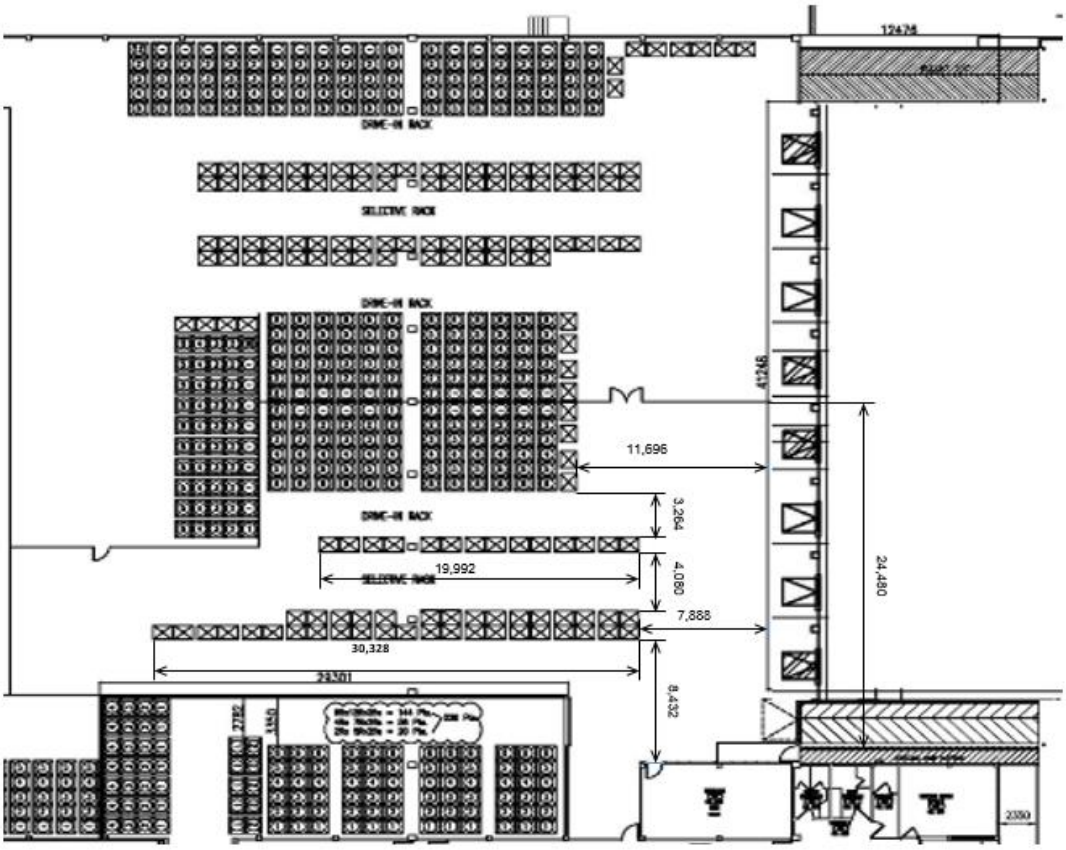
2. อาหารขบเคี้ยวสุนัข (Dog Chew) สัดส่วนประมาณ 12%

3. อาหาร เช่น เครื่องเทศ สมุนไพร ผลไม้เพื่อการส่งออก สัดส่วนประมาณ 5%

4. เครื่องสำอางและยา (Cosmetics and Pharmaceuticals) สัดส่วนประมาณ 3 %

3.2 สภาพการทำงานในปัจจุบัน

ในโรงงานกรณีศึกษานั้น ลักษณะผังโรงงานเป็นดังรูปที่ 3.1 โดยสินค้าที่พร้อมทำการยกจัดเรียง เข้าตู้คอนเทนเนอร์ ได้ถูกจัดเก็บไว้ภายในคลังสินค้าบริเวณที่กำหนดเพื่อรอการบรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์ ดังรูปที่ 3.2 โดยช่องการบรรจุสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์มีทั้งหมด 8 ช่อง ซึ่งสามารถทำการบรรจุสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ได้สูงสุด 6 ตู้ พร้อมกัน ขึ้นอยู่กับจำนวนพนักงานที่ปฏิบัติงานในเวลาดังกล่าว และในส่วนของพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ ที่ต้องนำสินค้าเข้าไปวางในตู้สินค้าที่ต้องการบรรจุมี 4 คัน ที่สามารถทำงานได้พร้อมกัน



รูปที่ 3.1 ผังโรงงานกรณีศึกษา

รูปที่ 3.2 สินค้าที่ถูกจัดเก็บในคลังสินค้า

เวลาในการปฏิบัติงานของพนักงาน คืออยู่ในช่วงระหว่าง เวลา 8:30 – 17:30 น. โดยเวลาพักกลางวันจะอยู่ในช่วงเวลา 12:00 -13:00 น. และมีช่วงเวลาพักเพิ่มเติม ครั้งละ 10 นาที ในช่วง 10:00 – 10:10 น. และ 14:00 – 14:10 น. นอกจากนี้ทางโรงงานกรณีศึกษายังมีการทำงานล่วงเวลา ซึ่งอยู่ในช่วงเวลา 18:00 – 21:00 น. โดยในการทำงานล่วงเวลาจะขึ้นอยู่กับปริมาณงานในแต่ละวัน

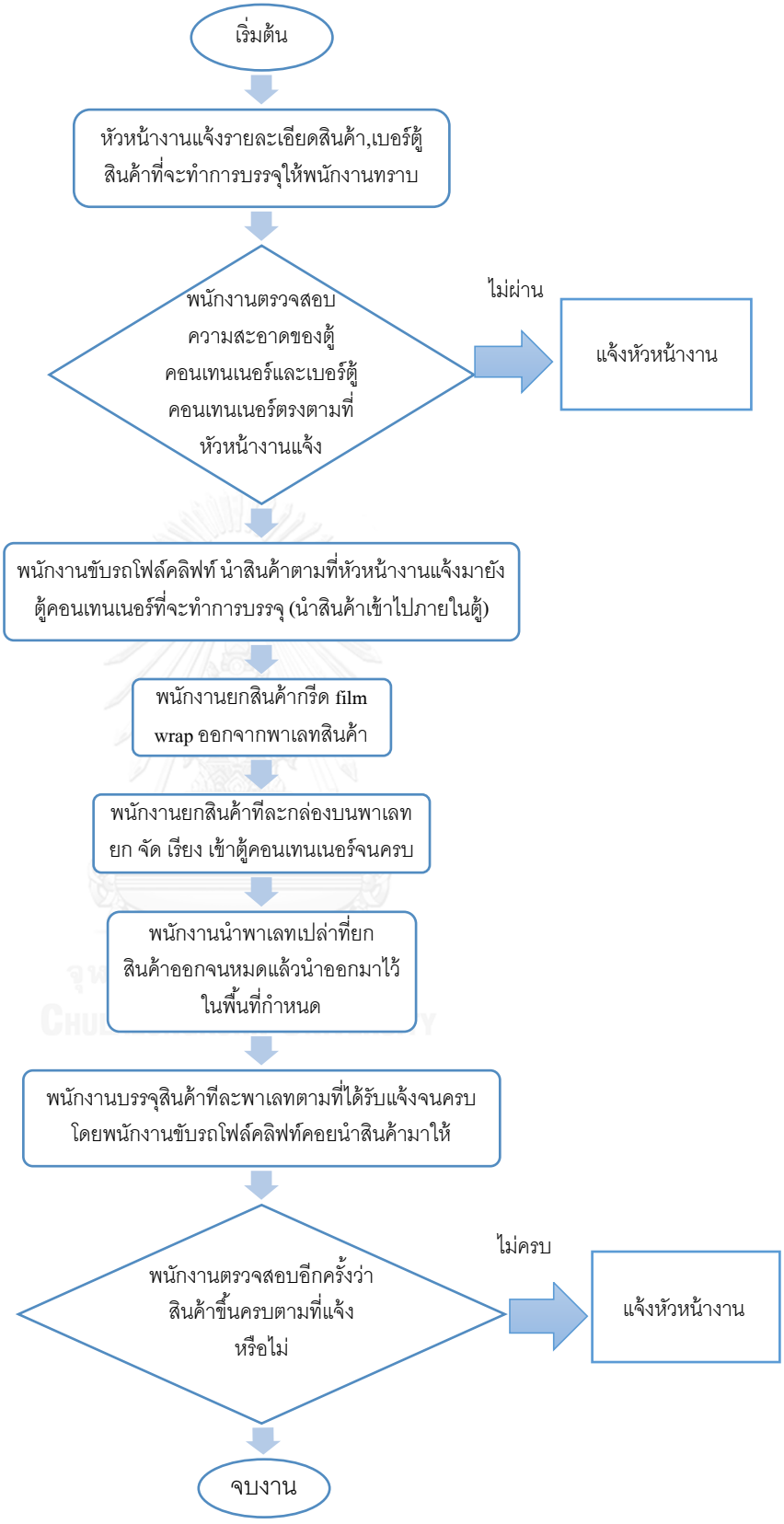
ขั้นตอนในการทำงานโดยรวมแสดงดังรูปที่ 3.3 ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. พนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ นำสินค้าที่จะทำการยก จัดเรียง เข้าตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งได้จัดเก็บอยู่ภายในคลังสินค้ามายังตู้คอนเทนเนอร์ที่ทำการบรรจุ ดังรูปที่ 3.4 -3.5

2. หลังจากพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ นำสินค้าเข้าไปวางในตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องการบรรจุเรียบร้อยแล้ว พนักงานยกสินค้ากรีด film wrap ออกจากพาเลทสินค้า ดังรูปที่ 3.6-3.7

3. จากนั้นพนักงาน ยกสินค้าที่อยู่บนพาเลทีละกล่องเพื่อยก จัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์จนหมด โดยที่ใน 1 พาเลท มีสินค้าประมาณ 50 กล่องเรียงซ้อนกันอยู่ ซึ่งในการบรรจุตู้สินค้า 1 ตู้ ใช้พนักงานยกสินค้าประมาณ 2-3 คนเพื่อยก จัดเรียง สินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ ดังรูปที่ 3.8-3.9

4. เมื่อยก จัดเรียง สินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์จนครบแล้ว พนักงานยกสินค้านำพาเลทเปล่าที่ยกสินค้าออกจนหมดแล้วออกมาไว้ในพื้นที่กำหนด ดังรูปที่ 3.10 โดยในระหว่างที่รอพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ นำพาเลทสินค้าต่อไปที่จะทำการบรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์มายังตู้ที่ต้องการบรรจุ พนักงานยกสินค้าจะเดินออกมาพักภายนอกตู้สินค้าเพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนภายในตู้ และเมื่อพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ นำสินค้าที่จะทำการบรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์เรียบร้อยแล้ว พนักงานยกสินค้าจะเข้าไปในตู้คอนเทนเนอร์และทำยก จัดเรียงสินค้าในพาเลทต่อไปจนครบถ้วน



รูปที่ 3.3 แผนผังขั้นตอนการยก จัดเรียง สินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์โดยรวมในปัจจุบัน

รูปที่ 3.4 พนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ นำสินค้าที่ต้องการบรรจุไปยังตู้คอนเทนเนอร์ที่จะทำการบรรจุ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3.5 พนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ นำสินค้าเข้าไปวางยังตู้คอนเทนเนอร์ที่จะทำการบรรจุ

รูปที่ 3.6 พนักงานยกสินค้ากรีด film wrap สินค้าออก

รูปที่ 3.7 พาเลทสินค้าที่กรีด film wrap ออก เรียบร้อยแล้ว

Chulalongkorn University

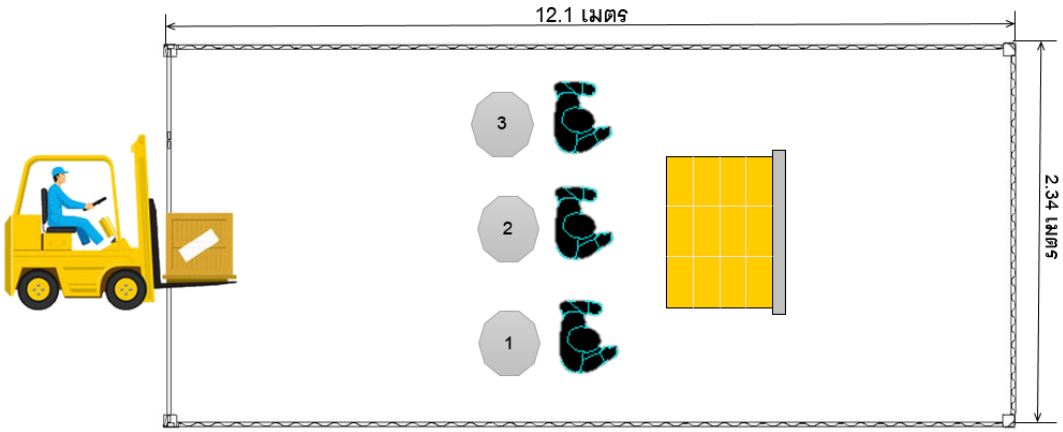
รูปที่ 3.8 พนักงานยกสินค้ายก จัดเรียงสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ทีละกล่อง

รูปที่ 3.9 พนักงานยกสินค้ายก จัดเรียงสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์จนครบ

รูปที่ 3.10 พนักงานนำพาเลทเปล่าออกจากตู้คอนเทนเนอร์มาไว้ยังพื้นที่ที่กำหนด

Chulalongkorn University

รูปที่ 3.11 สินค้าที่บรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์ครบถ้วนเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 3.12 แผนภาพการทำงานที่พิจารณาในงานวิจัย

ดังที่กล่าวมาแล้วนั้น 1 ตู้คอนเทนเนอร์ มีพนักงานยกสินค้าปฏิบัติงาน 3 คนเพื่อยกจัดเรียง สินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์และมีพนักงานขับรถโฟล์คลิฟท์ 1 คน ทำหน้าที่นำสินค้าที่ต้องการบรรจุไปยังตู้สินค้าที่จะทำการบรรจุ โดยในการงานวิจัยนี้พิจารณาเฉพาะกระบวนการที่พนักงานยก จัด เรียง สินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์เท่านั้น นั่นก็คือพิจารณาที่ พนักงานตำแหน่งที่ 1,2 และ 3 ตามแผนภาพการทำงาน รูปที่ 3.12 คือตั้งแต่ พนักงานยกสินค้าเริ่มยกกล่องสินค้ากล่องแรกจัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์ทีละกล่องจนครบตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ โดยพนักงานยกสินค้าต้องมีการทำทุก element ในการทำงานคือ ยก วาง เรียงและจัด โดยต้องทำการเรียงสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ให้ครบทุกระดับความสูงของการวางภายในตู้คอนเทนเนอร์

3.3 **สภาพแวดล้อมในการทำงาน**

การทำงานของพนักงานยกสินค้าส่วนใหญ่จะปฏิบัติงานภายในคลังสินค้าและตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งปัญหาส่วนใหญ่ที่พบคืออุณหภูมิในการปฏิบัติงานค่อนข้างสูง โดยปัจจุบันทางโรงงานกรณีศึกษาก็ได้มีการติดพัดลมในคลังสินค้าเพื่อช่วยให้อุณหภูมิภายในคลังสินค้าลดต่ำลง

รูปที่ 3.13 พัดลมที่ติดภายในคลังสินค้า

ในส่วนของภายในตู้คอนเทนเนอร์ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าภายในคลังสินค้า ในปัจจุบันทางโรงงานกรณีศึกษาได้มีการป้องกันความร้อน โดยมีหลังคายื่นออกมาเพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนกระทบต่อตู้คอนเทนเนอร์โดยตรง

รูปที่ 3.14 หลังคายื่นออกมาเพื่อป้องกันความร้อนไม่ให้กระทบต่อตู้คอนเทนเนอร์โดยตรง

3.4 การดำเนินการวิจัย

3.4.1 ผู้ถูกทดสอบ

การวิจัยศึกษานี้มีผู้ถูกทดสอบ คือ พนักงานชายที่ยก จัดเรียง สินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ จำนวน 10 คน จากพนักงานที่ปฏิบัติงานทั้งสิ้น 20 คน โดยผู้ถูกทดสอบที่เข้าร่วมทดสอบในงานวิจัยนี้เข้าร่วมด้วยความสมัครใจ ซึ่งผู้ถูกทดสอบแต่ละคนทำการทดสอบดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางการทดสอบในสภาวะต่างๆของผู้ถูกทดสอบแต่ละคน

ผู้ถูกทดสอบ	การปรับปรุงสภาพการทำงาน
ผู้ถูกทดสอบคนที่ 1	รูปแบบที่ 1 และ รูปแบบที่ 2
ผู้ถูกทดสอบคนที่ 2	รูปแบบที่ 1 และ รูปแบบที่ 2
ผู้ถูกทดสอบคนที่ 3	รูปแบบที่ 1
ผู้ถูกทดสอบคนที่ 4	รูปแบบที่ 1
ผู้ถูกทดสอบคนที่ 5	รูปแบบที่ 1
ผู้ถูกทดสอบคนที่ 6	รูปแบบที่ 1
ผู้ถูกทดสอบคนที่ 7	รูปแบบที่ 2
ผู้ถูกทดสอบคนที่ 8	รูปแบบที่ 2
ผู้ถูกทดสอบคนที่ 9	รูปแบบที่ 2
ผู้ถูกทดสอบคนที่ 10	รูปแบบที่ 2

โดยที่ รูปแบบที่ 1 เป็น การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

รูปแบบที่ 2 เป็น การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

ผู้ถูกทดสอบบางคน ไม่สามารถดำเนินการทดสอบได้ทั้ง 2 รูปแบบ เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องการให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมงานวิจัย รวมไปถึงข้อจำกัดด้านคุณสมบัติ ทางด้านอายุงาน ประสบการณ์ในการทำงาน เพราะโรงงานกรณีศึกษามีพนักงานเข้าและลาออกจากงานบ่อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงพยายามให้แต่ละรูปแบบการทดลองมีผู้ถูกทดสอบเข้าร่วมรูปแบบละ 6 คน

การคัดเลือกผู้ถูกทดสอบ ทำการคัดเลือกจากพนักงานที่ทำงานยกสินค้าเป็นประจำด้วยความสมัครใจ โดยคุณสมบัติของผู้ถูกทดสอบต้องเป็นดังต่อไปนี้

คุณสมบัติของผู้ถูกทดสอบ

1. เพศชาย อายุระหว่าง 18 – 40 ปี
2. มีประสบการณ์การทำงานไม่น้อยกว่า 6 เดือน
3. สุขภาพร่างกายแข็งแรง ไม่มีการบาดเจ็บรุนแรงส่วนต่างๆของร่างกาย
4. ก่อนการทดสอบ 1 วันต้องมีการนอนพักผ่อนอย่างเพียงพอ 8 ชั่วโมง
5. ไม่ดื่มเหล้าหรือเครื่องดื่มชูกำลังก่อนการทดสอบ
6. มีอัตราการเต้นของหัวใจและความดันไม่ต่ำเกินไป ต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
7. มีการจัดให้ผู้ถูกทดสอบมีระยะในการฟื้นตัว คือใน 1 วันให้ผู้ถูกทดสอบทดสอบที่สภาวะเดียวเท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Polar, T31)

รูปที่ 3.15 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

2. เครื่องวัดความดันโลหิต (Omron, SEM-1)

รูปที่ 3.16 เครื่องวัดความดันโลหิต

3. เครื่องวัดอุณหภูมิเวทบัลบ์โกลบ Wet Bulb Globe Temperature Meter; WBGT (3M, QuesTemp 36)

รูปที่ 3.17 เครื่องวัดอุณหภูมิเวทบัลบ์โกลบ Wet Bulb Globe Temperature Meter

4. เครื่องวัดความเร็วลม (Mini Anemometer Air Velocity meter, DT-82)

รูปที่ 3.18 เครื่องวัดความเร็วลม

5. พัดลมที่นำมาใช้ในการปรับปรุงสภาพการทำงาน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 76 เซนติเมตร

รูปที่ 3.19 พัดลมที่นำมาใช้ในการปรับปรุงสภาพการทำงาน

6. โต๊ะนำมาใช้ในการปรับปรุงสภาพการทำงาน ขนาด 70 x120x75 เซนติเมตร

รูปที่ 3.20 โต๊ะที่นำมาใช้ในการปรับปรุงสภาพการทำงาน

7. นาฬิกาจับเวลา

8. กล้องดิจิตอลที่สามารถบันทึกภาพเคลื่อนไหวได้ (Fujifilm, X-A1)

3.4.3 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

3.4.3.1 ศึกษาสภาพการทำงานของพนักงานยก จัดเรียงสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ เพื่อพิจารณาหาปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อความล้าในการทำงาน ได้แก่ สภาพแวดล้อมในขณะปฏิบัติงาน ท่าทางในการยกสินค้าของพนักงาน

3.4.3.2 เลือกและกำหนดปัจจัยในการทดลอง

โดยทำการวิจัย ณ สถานที่จริง ซึ่งมีตัวแปรตาม และ ตัวแปรอิสระ ดังนี้

ตัวแปรอิสระ คือ

1. **การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด** โดยทำการศึกษา 2 แบบ คือสภาพการทำงานที่ยังไม่ได้มีการปรับปรุงใดๆ (สภาพการทำงานในปัจจุบัน) และสภาพการทำงานที่มีลมพัดโดยการนำลมเข้าไปในตู้คอนเทนเนอร์

2. **การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย** เพื่อเป็นการแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย โดยทำการศึกษา 2 แบบ คือ สภาพการทำงานที่ยังไม่ได้มีการปรับปรุงใดๆ (สภาพการทำงานในปัจจุบัน) และสภาพการทำงานที่นำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

ตัวแปรตาม คือ

1. จำนวนกล่องที่พนักงานทำการยก จัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์เพื่อเป็นการบอกถึงผลิตภาพที่เกิดขึ้น

2. อัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อเป็นการบอกถึงภาระงานที่ก่อให้เกิดความล้า

3. จำนวนท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

3.4.3.3 ออกแบบการทดลอง

หลักพื้นฐานของการออกแบบการทดลอง มี 3 ประการ ซึ่งประกอบด้วย 1. การทำซ้ำ (Replication) 2. การสุ่ม (Randomization) 3. การบล็อก (Blocking) (ปารเมศ ชุติมา, 2545)

1. การทำซ้ำ (Replication) ในงานวิจัยนี้มีการทำซ้ำ จำนวน 3 ซ้ำ ในแต่ละผู้ถูกทดสอบที่สภาพการทำงานต่างๆ โดยการทำซ้ำมีคุณสมบัติเพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งในการทดลอง ดังนั้นการทำซ้ำๆ ทำให้ผู้ทดลองสามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการประมาณผลกระทบนี้

2. การสุ่ม (Randomization) หมายถึงการทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม (Random) วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่าข้อมูล จะต้องเป็นตัวแปรแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ

3. การบล็อก (Blocking) ในงานวิจัยนี้มีการบล็อกผู้ถูกทดสอบ เพื่อเพิ่มความเที่ยงตรงให้กับการทดสอบ เพราะเป็นการกำจัดปัจจัยรบกวน

ดังที่กล่าวมาแล้วในข้อ 3.4.3.2 เกี่ยวกับการเลือกและกำหนดปัจจัยในการทำวิจัยครั้งนี้ ซึ่งมีการกำหนด 2 ปัจจัยที่ใช้ในการปรับสภาพการทำงาน คือ การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดด้วยพัดลม โดยนำลมเข้าไปภายในตู้คอนเทนเนอร์ และการปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางที่ไม่ปลอดภัย ตารางออกแบบการทดลองแสดงดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด โดยใช้พัดลมพัดเข้าไปในตู้คอนเทนเนอร์

ตารางที่ 3.2 การออกแบบการทดลองที่สภาวะต่างๆที่มีการปรับสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

การปรับปรุงสภาพการทำงาน	ความเร็วในการทำงาน		
	ความเร็วปกติ	ความเร็วสูง	ความเร็วสูงที่สุด
ไม่มีลมพัด			
มีลมพัด			

โดยกำหนดให้ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ระยะเวลาในการทดลองแต่ละครั้งเป็น 5 นาที จำนวน 3 ซ้ำ

ส่วนที่ 2 การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

ตารางที่ 3.3 การออกแบบการทดลองที่สภาวะต่างๆที่มีการปรับสภาพการทำงานนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

การปรับปรุงสภาพการทำงาน	ความเร็วในการทำงาน		
	ความเร็วปกติ	ความเร็วสูง	ความเร็วสูงที่สุด
ไม่ได้นำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย			
นำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย			

กำหนดให้ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ระยะเวลาในการทดลองแต่ละครั้งเป็น 5 นาที จำนวน 3 ซ้ำ โดยท่าทางไม่ปลอดภัยที่นำมาพิจารณาจะเป็นการยกด้วยท่าสตูพ ดังแสดงในรูปที่ 3.21

ในส่วนของสภาพการทำงานที่ไม่มีการปรับปรุงมีลักษณะดังนี้

1. เป็นสภาพการทำงานปัจจุบันโดยที่ไม่มีการปรับปรุงใดๆ
2. ความเร็วลมเป็นศูนย์
3. ท่าทางในการยกสินค้าของพนักงานเป็นอิสระ ไม่มีการกำหนด
4. อุณหภูมิในการทำงานเป็นอุณหภูมิทั่วไป

รูปที่ 3.21 ท่าทางไม่ปลอดภัยที่นำมาพิจารณา (ท่าสตูพ)

ตัวชี้วัดในงานวิจัย

1. ทางด้านผลิตภาพ (Productivity) วิเคราะห์จากจำนวนกล่องที่ยกได้

2. ทางด้านความปลอดภัย มีการวิเคราะห์จาก

ตอนที่ 1 การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด วิเคราะห์จากอัตราการเต้นของหัวใจ

ตอนที่ 2 การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย วิเคราะห์จากจำนวนท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงานที่พบ (ท่าสตูพ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4.3.4 วิธีทำการทดลอง

1. ทำการคัดเลือกผู้ถูกทดลอง โดยต้องมีคุณสมบัติดังข้อที่ 3.4.1 พร้อมทั้งอธิบายวิธีการทดลองให้ผู้ถูกทดลองเข้าใจ

2. บันทึกค่าต่างๆของผู้ถูกทดลอง ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง อายุ ประสบการณ์ในการทำงาน

3. ก่อนเริ่มทำการทดลองบันทึกค่าต่างๆ คือ อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดลอง และสภาพแวดล้อมในการทดลองในแบบฟอร์มตามภาคผนวก ก ได้แก่ ความเร็วลม, อุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature), อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry bulb temperature), โกลบเทอร์โมมิเตอร์(Globe thermometer), ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb globe

thermometer : WBGT), เปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) โดยการวัดความเร็วลมในการทดลองจะวัดที่ตำแหน่งของพนักงานที่ปฏิบัติงาน ซึ่งตัวแปรเหล่านี้เป็นตัวแปรที่นิยมใช้ในการประเมินสภาวะความร้อนของสถานที่ทำงานกันอย่างแพร่หลายและตรวจวัดได้ง่าย

4. เริ่มทำการทดลอง ตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ โดยในระหว่างการทดลองต้องมีแพทย์และพยาบาลประจำโรงงานประจำการ เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งในการทดลองมีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดด้วยพัดลม โดยนำลมเข้าไปภายในตู้คอนเทนเนอร์ ทำการทดลองในช่วงเวลา 10:00 – 16:00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ร้อนที่สุดของวัน โดยให้ผู้ถูกทดสอบยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ ทำการบันทึกค่าจำนวนกล่องที่ยกได้และอัตราการเต้นของหัวใจทุกๆ 1 นาที จนครบ 5 นาที ซึ่งแต่ละคนต้องทำการทดลอง 3 ซ้ำ ทุกระดับความเร็วในการทำงาน โดยที่ผู้ถูกทดสอบสามารถหยุดการทดสอบได้ทุกเวลา เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการทำงานเกินขีดความสามารถของร่างกาย

ส่วนที่ 2 การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย โต๊ะที่เข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงาน มีขนาด 70 x120x75 เซนติเมตร โดยโต๊ะมีความสูง 75 เซนติเมตร เนื่องจากความสูงดังกล่าว เป็นความสูงของมือ (The Knuckle Height) เพราะได้รับการพิจารณาว่า ทำให้ไม่เกิดการก้มตัวหรือต้องยกหัวไหล่ในขณะยกวัตถุ (นริศ เจริญพร, 2543) ให้ผู้ถูกทดสอบยก จัดเรียง กล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์โดยมีการนำโต๊ะเข้ามาช่วย ทำการบันทึกค่าจำนวนกล่องที่ยกได้ทุกๆ 1 นาที และจำนวนท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบจนครบ 5 นาที ซึ่งแต่ละคนต้องทำการทดลอง 3 ซ้ำ ทุกระดับความเร็วในการทำงาน เมื่อทำการทดสอบเสร็จในแต่ละครั้งแล้วให้ผู้ทดสอบนั่งพัก เป็นระยะเวลา 5 นาที โดยที่ผู้ถูกทดสอบสามารถหยุดการทดสอบได้ทุกเวลา เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการทำงานเกินขีดความสามารถของร่างกาย ซึ่งขั้นตอนในการยก จัดเรียง กล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ โดยการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางที่ไม่ปลอดภัย (ท่าสตูพ) มีรายละเอียด ดังรูปที่ 3.22 – 3.24

รูปที่ 3.22 พนักงานยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์โดยการนำโต๊ะเข้ามาช่วย

รูปที่ 3.23 พนักงานยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์โดยการนำโต๊ะเข้ามาช่วย

รูปที่ 3.24 พนักงานยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์โดยการนำโต๊ะเข้ามาช่วย

ซึ่งการทดลองทั้ง 2 ส่วนมีปัจจัยที่ต้องทำการควบคุม ได้แก่ ขนาดของกล่องสินค้าทำการยกเป็นกล่องที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 7 กิโลกรัม ขนาด 32.5 x 25 x 29 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างจุดยกกล่องสินค้าบรรจุเข้าตู้คอนเทนเนอร์ทั้งก่อนและหลังทำการปรับปรุง, Element ในการทำงานของผู้ถูกทดสอบ คือ ยก วาง เรียงและจัด โดยต้องทำการจัดเรียงสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ให้ครบทุกระดับความสูงของการวางภายในตู้คอนเทนเนอร์ หลังจากที่ผู้ถูกทดสอบทำการทดลองแต่ละครั้งเสร็จ ต้องมีการให้ผู้ถูกทดสอบนั่งพักจนหายเหนื่อยและสังเกตค่าอัตราการเต้นของหัวใจให้ใกล้เคียงกับเมื่อก่อนเริ่มทำการทดลอง

5. บันทึกข้อมูล และทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของการปรับปรุงสภาพการทำงานที่มีต่อผลิตผลและความปลอดภัยในการทำงาน รวมทั้งทำการวิเคราะห์ผลทางด้านปัจจัยที่มีผลร่วม

6. สรุปผลและเสนอแนะ

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะของภาระงานและสภาวะแวดล้อม

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการยก จัดเรียงสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ด้วยแรงคนในสภาวะเร่งทำงาน เพื่อศึกษาถึงผลกระทบในการปรับปรุงสภาพการทำงานต่อผลิตภาพและความปลอดภัย โดยการปรับปรุงสภาพการทำงานแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

1. การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด ด้วยพัดลม โดยนำลมเข้าไปภายในตู้คอนเทนเนอร์
2. การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

โดยในแต่ละการปรับปรุงสภาพการทำงาน กำหนดให้ทำการทดลองที่สภาวะความเร็วในการทำงาน ที่ระดับ 3 ความเร็ว ดังนี้

1. ระดับความเร็วปกติในการทำงาน (Rating 100 %)
2. ระดับความเร็วสูงในการทำงาน (Rating 110 - 120 %)
3. ระดับความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน (Rating 120 - 140 %)

โดยที่ ความเร็วปกติในการทำงาน (Normal Movement Time) ดังกล่าว เป็นอัตราการทำงานเฉลี่ยของผู้ถูกทดสอบทั้ง 10 คน เท่านั้น

การทดลองในงานวิจัยนี้ ทดลองกับพนักงานชายที่ปฏิบัติงานยก จัดเรียงสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์จำนวน 10 คน โดยผู้ถูกทดสอบต้องยก จัดเรียงกล่องสินค้าขนาด น้ำหนักเฉลี่ย 7 กิโลกรัม ขนาด 32.5 x 25 x 29 เซนติเมตร เข้าตู้คอนเทนเนอร์ เป็นเวลา 5 นาที ซึ่งแต่ละคนต้องทำการทดลอง 3 ซ้ำ ทุกระดับความเร็ว เพื่อวิเคราะห์หาค่าจำนวนกล่องที่ยกได้และอัตราการเต้นของหัวใจหรือจำนวนท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบ โดยที่ผู้ถูกทดสอบสามารถหยุดการทดสอบได้ตลอดเวลา เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการทำงานเกินขีดความสามารถของร่างกาย ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมก่อนการปรับปรุงโดยทั่วไป มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 สภาวะแวดล้อมก่อนการปรับปรุงโดยทั่วไปภายในตู้คอนเทนเนอร์

รายละเอียด	ค่าเฉลี่ย	ค่ามากที่สุด	ค่าน้อยที่สุด	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ความเร็วลม (m/s)	0	0	0	0
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C	30.62	32.50	27.8	1.06
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C	36.83	39.80	30.80	2.35
โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) °C	37.14	40.40	31.50	2.44
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)	32.59	34.40	28.90	1.43
%RH	63.39	77.00	57.00	5.45

4.2 รายละเอียดของผู้เข้าร่วมงานวิจัย

ผู้ถูกทดสอบในการวิจัยครั้งนี้เป็นพนักงานชายที่ทำการยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ โดยผู้เข้าร่วมทุกคนมีสุขภาพแข็งแรง ไม่เคยมีอาการบาดเจ็บบริเวณหลังจนถึงขั้นเข้าโรงพยาบาลมาก่อน ซึ่งรายละเอียดการปรับปรุงสภาพการทำงานที่ทำการวิจัยมี 2 รูปแบบ ดังนี้คือ

รูปแบบที่ 1 การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดด้วยพัดลม โดยนำลมเข้าไปภายในตู้คอนเทนเนอร์

รูปแบบที่ 2 การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

รายละเอียดคุณสมบัติของผู้ถูกทดสอบเป็นดังตารางที่ 4.2 โดยสามารถสรุปข้อมูลได้ดังนี้ ผู้เข้าร่วมงานวิจัยมีทั้งสิ้น 10 คน เป็นพนักงานเพศชายที่ทำงานยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทกรณีศึกษา มีอายุระหว่าง 19 - 39 ปี มีประสบการณ์ในการทำงานอยู่ระหว่าง 0.5 - 3 ปี โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้ง 10 คน มีสุขภาพแข็งแรง รวมทั้งไม่มีอาการบาดเจ็บถึงขั้นเข้า

โรงพยาบาลมาก่อน ก่อนเข้าร่วมทดสอบต้องไม่สุบบุหรี่ ดื่มเครื่องดื่มกระตุ้น เกลือแร่ และสุรามาก่อน ตามแบบสอบถามที่ระบุไว้ในภาคผนวก ก นอกจากนี้ก่อนเริ่มทำการทดลองต้องทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และความดันโลหิต ซึ่งได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดคุณสมบัติของผู้ถูกทดสอบ

ผู้ถูกทดสอบคนที่	อายุ (ปี)	ประสบการณ์การทำงาน (ปี)	ส่วนสูง (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	อัตราการเต้นหัวใจขณะพักเฉลี่ย (ครั้ง/นาที)	ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มม. ปรอท)	ความดันโลหิตขณะหัวใจคายตัว(มม. ปรอท)
1	39	3	162	53	97.39±5.38	96.33±6.02	60.97±4.07
2	27	3	165	52	85.83±3.71	115.19±6.90	66.19±6.97
3	34	2	175	76	99.00±3.88	106.83±5.93	73.94±5.60
4	37	1	177	61	114.11±5.58	118.33±8.26	72.78±8.07
5	37	1.5	168	68	93.50±5.59	114.83±5.82	76.56±4.63
6	33	1	163	55	94.72±4.79	122.28±7.04	67.83±4.51
7	31	2	175	65	80.61±4.85	120.94±7.62	78.78±6.89
8	28	2.5	160	60	83.56±7.94	119.00±4.93	61.89±7.75
9	24	0.5	169	55	95.94±8.59	101.33±7.18	66.67±11.23
10	19	0.5	157	50	100.78±4.86	113.00±6.62	59.22±3.95

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

***หมายเหตุ**

1. ผู้ถูกทดสอบคนที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 ถูกทดสอบในรูปแบบที่ 1 การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

2. ผู้ถูกทดสอบคนที่ 1, 2, 7, 8, 9, 10 ถูกทดสอบในรูปแบบที่ 2 การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

ผู้ถูกทดสอบคนที่ 1, 2 ถูกทดสอบทั้งรูปแบบที่ 1 และ รูปแบบที่ 2

4.3 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบของการปรับปรุงสภาพการทำงานทั้ง 2 รูปแบบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.1 การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดด้วยพัดลม โดยนำลมเข้าไปภายในตู้คอนเทนเนอร์

4.3.1.1 สภาวะแวดล้อมของการปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

เมื่อเปรียบเทียบสภาวะแวดล้อมก่อน (สภาพการทำงานปัจจุบัน) และหลังการปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด โดยตัวแปรที่ใช้ในการประเมินสภาวะความร้อนของสถานที่ทำงานในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ดัชนีอุณหภูมิกระเปาะดำเปียก (Wet-bulb globe temperature หรือ WBGT) ความเร็วลม และเปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์ (% RH) ซึ่งถูกใช้กันอย่างแพร่หลายและตรวจวัดได้ง่าย มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบสภาวะแวดล้อมในการทำงานระหว่างมีลมพัดและไม่มีลมพัด

รายละเอียด	ค่าเฉลี่ย		ค่ามากที่สุด		ค่าน้อยที่สุด		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ความเร็วลม (m/s)	0.00	2.64	0	3.46	0	2.17	0	0.27
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C	30.62	29.92	32.50	31.60	27.8	27.50	1.06	0.99
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C	36.83	37.14	39.80	39.80	30.80	31.80	2.35	2.24
โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) °C	37.14	37.21	40.40	39.8	31.50	31.90	2.44	2.26
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)	32.56	32.12	34.40	33.90	28.90	28.90	1.43	1.34
%RH	63.46	62.52	77.00	74.00	57.00	55.00	5.49	5.33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4.3 สภาวะแวดล้อมในการทำงาน หลังจากการปรับปรุง พบว่า

- ความเร็วลมมีค่าเพิ่มสูงขึ้น (เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.64 m/s)
- เปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์ (% RH) มีค่าลดลง (ลดลง 1.48 %)
- อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) มีค่าลดลง (ลดลง 2.29 %)

ซึ่งความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นนี้เองทำให้กระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายด้วยการพาความร้อนและการระเหยเป็นไปด้วยดี ดังนั้นทำให้ความร้อนที่สะสมในร่างกายนั้นสามารถถูกถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้อย่างรวดเร็ว ในลักษณะเดียวกันกับเปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์ (% RH) ที่มีผลต่อการระเหยของเหงื่อ ถ้าความชื้นในอากาศต่ำแล้วเหงื่อออกมาก จะระเหยได้เร็วและระบายออกไปได้มาก (ภาณุ บูรณจารุกร, 2539)

4.3.1.2 ผลกระทบต่อผลิตภาพจากการปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

4.3.1.2.1 จำนวนกล่องที่ได้

เมื่อผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ทำการทดลองโดยยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ ในสภาพการทำงานทั้งก่อนและหลังปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด ทั้งความเร็วในการทำงาน 3 ระดับ เป็นระยะเวลานาน 5 นาที โดยมีการบันทึกค่าจำนวนกล่องที่สามารถยกได้ทุกๆนาทีทั้งสิ้น 3 ซ้ำ ซึ่งผลของผลิตภาพแสดงดังตารางที่ 4.4 – 4.9

ตารางที่ 4.4 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติก่อนการปรับปรุง ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วปกติ (ไม่มีลมพัด)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	16	18	19	22	25	23	13	17	14	19	16	16	13	13	14	17	17	17
2	16	18	19	25	26	22	11	15	16	17	18	17	15	14	13	17	15	16
3	17	16	17	24	23	23	12	15	13	18	19	16	13	12	13	17	17	16
4	19	19	19	25	24	22	13	16	15	15	19	17	13	15	13	17	18	19
5	18	18	19	26	27	23	13	16	14	16	19	16	13	15	14	18	17	16

ตารางที่ 4.5 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วปกติ (มีลมพัด)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	19	18	18	25	27	22	16	17	16	19	19	18	13	13	14	17	17	18
2	18	18	19	24	27	24	17	14	15	19	16	18	12	13	13	17	17	17
3	17	21	17	24	24	24	16	13	14	20	17	20	12	12	13	16	17	20
4	17	19	18	24	25	24	15	14	14	20	17	17	11	15	12	18	16	18
5	19	18	19	23	26	25	16	14	15	19	17	19	12	14	11	15	18	17

ตารางที่ 4.6 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงก่อนการปรับปรุง ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูง (ไม่มีลมพัด)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	20	21	20	27	25	23	21	20	21	22	22	23	16	17	17	20	20	17
2	21	24	21	27	26	25	17	20	19	21	22	19	17	16	16	19	15	19
3	20	21	22	27	27	25	19	16	18	20	19	19	14	18	17	17	20	18
4	20	23	21	27	26	25	19	17	19	18	19	20	14	14	16	20	19	17
5	20	22	19	28	25	24	19	16	16	20	19	20	15	16	18	19	19	20

Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.7 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูง (มีลมพัด)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	21	19	21	27	28	25	21	22	21	21	21	21	12	16	19	19	20	19
2	22	20	20	25	27	26	23	21	18	21	21	20	13	16	18	17	19	17
3	21	20	22	26	26	27	22	17	16	20	21	20	13	14	15	19	20	17
4	22	21	19	25	26	26	21	18	17	18	19	20	13	15	12	22	18	18
5	22	20	18	23	30	27	20	16	17	22	19	19	12	18	15	16	19	20

ตารางที่ 4.8 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงที่สุดก่อนการปรับปรุง ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (ไม่มีลม)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	25	24	25	32	31	27	24	20	24	24	26	27	16	18	19	23	24	21
2	24	26	24	31	30	29	20	20	21	20	25	26	15	21	20	19	22	21
3	23	24	21	30	27	28	20	20	20	21	22	26	17	20	19	20	21	21
4	22	24	23	29	30	27	22	20	19	20	18	24	15	16	20	20	23	20
5	21	24	23	27	28	28	22	18	20	22	21	23	18	19	20	22	20	24

ตารางที่ 4.9 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงที่สุดหลังการปรับปรุง ให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (มีลม)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	24	25	25	32	33	33	21	22	25	22	24	24	20	18	17	24	23	19
2	24	25	23	30	32	32	21	22	24	20	21	23	20	19	18	21	23	20
3	26	22	24	31	32	29	22	23	21	19	21	19	19	17	18	22	20	22
4	27	25	21	31	30	29	20	22	22	19	23	21	18	18	18	24	20	19
5	27	24	23	29	32	27	20	21	21	22	21	18	21	15	19	21	16	20

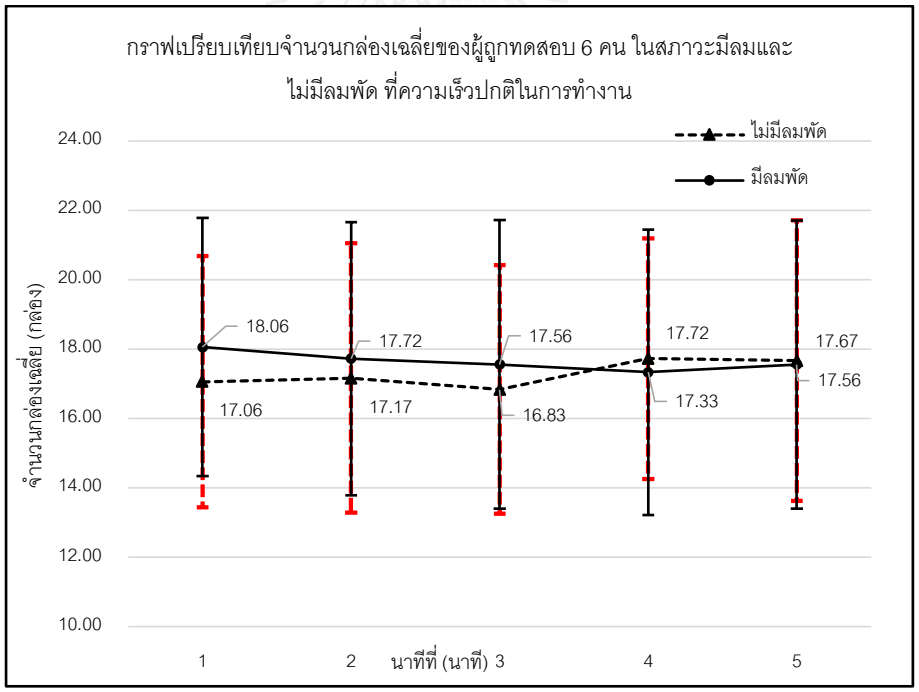
Chulalongkorn University

4.3.1.2.2 เปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยต่อคนที่ยกได้ในแต่ละนาทีในสภาพการทำงานที่มีลมพัดและไม่มีลมพัด

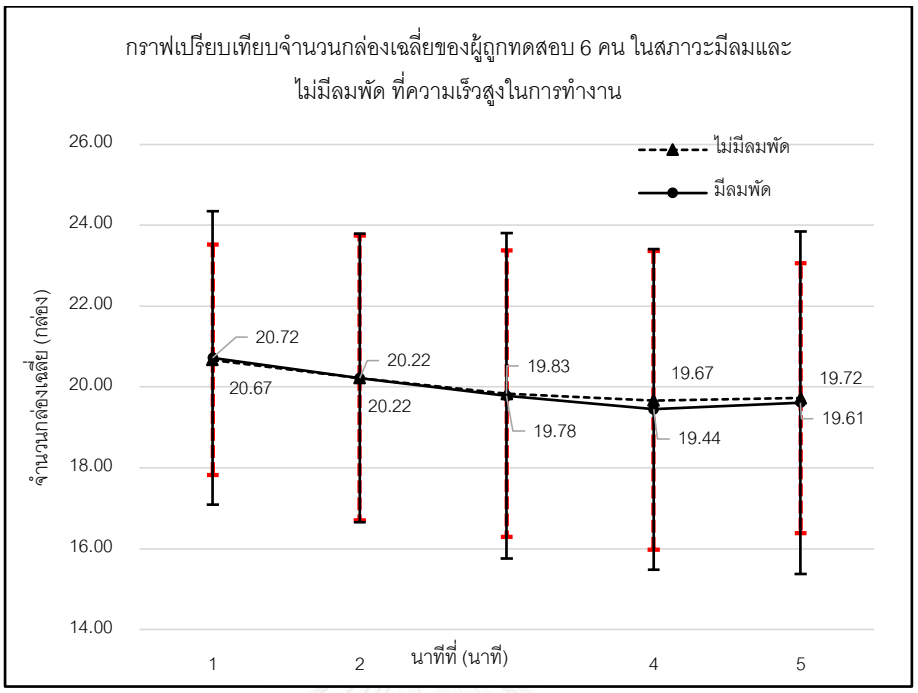
เมื่อทำการวัดค่าของผลิตภาพจากจำนวนกล่องสินค้าเฉลี่ยที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ในแต่ละนาที ในสภาวะการทำงานที่มีลมพัดและไม่มีลมพัด เป็นระยะเวลา 5 นาที จำนวน 3 ซ้ำ โดยเมื่อนำผลทางผลิตภาพที่ได้จากการทดลองในสภาวะการทำงานต่างๆ ดังตารางที่ 4.4 – 4.9 มาพิจารณา ซึ่งทำการพิจารณาจำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ในแต่ละนาที และคำนวณให้อยู่ในรูปของจำนวนกล่องสินค้าเฉลี่ยที่ยกได้ต่อคนในแต่ละนาที โดยที่ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ในสภาวะต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.1-4.3

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของจำนวนกล่องสินค้าต่อคนที่ยกได้ในแต่ละนาทีในสภาวะการทำงานต่างๆ

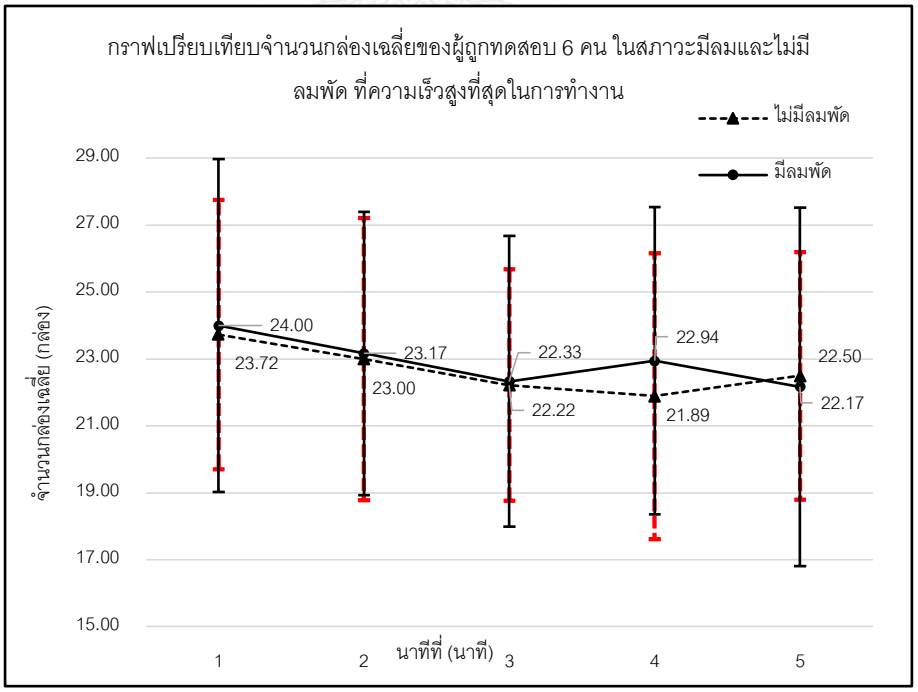
นาทีที่	ไม่มีลมพัด						มีลมพัด					
	ความเร็วปกติ		ความเร็วสูง		ความเร็วสูงที่สุด		ความเร็วปกติ		ความเร็วสูง		ความเร็วสูงที่สุด	
	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	17.06	3.62	20.67	2.85	23.72	4.03	18.06	3.72	20.72	3.63	24.00	4.98
2	17.17	3.88	20.22	3.52	23.00	4.21	17.72	3.94	20.22	3.57	23.17	4.23
3	16.83	3.59	19.83	3.54	22.22	3.46	17.56	4.16	19.78	4.02	22.33	4.35
4	17.72	3.46	19.67	3.69	21.89	4.27	17.33	4.12	19.44	3.96	22.94	4.60
5	17.67	4.04	19.72	3.34	22.50	3.70	17.56	4.15	19.61	4.23	22.17	5.36



รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้ในสภาวะที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วปกติในการทำงาน



รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้ในสภาวะที่มีลมพัด
และไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วสูงในการทำงาน



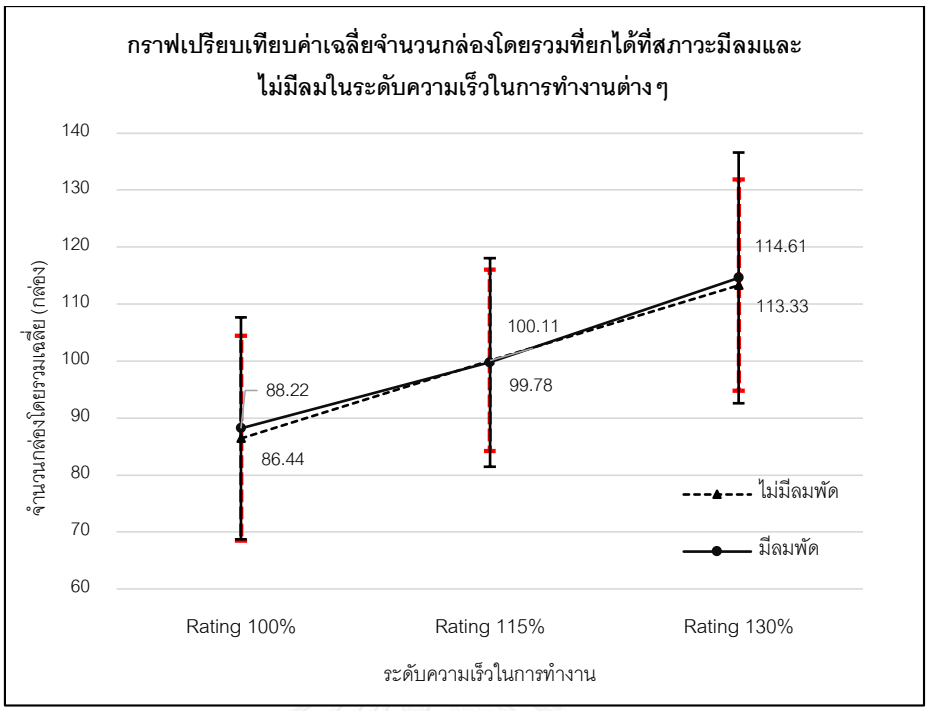
รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้ในสภาวะที่มีลมพัด
และไม่มีลมพัดที่ความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน

จากตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.1-4.3 พบว่า ที่ระดับความเร็วในการทำงานทั้ง 3 ระดับ นั่นก็คือ ความเร็วปกติ ความเร็วสูง และความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน พบว่า จำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้มีค่าที่ใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มลดลงในทิศทางเดียวกันทั้งในสภาวะที่มีลมพัดและไม่มีลมพัด โดยที่เมื่อระยะเวลาในการทำงานยาวนานขึ้น จำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้ต่อนาทีมีแนวโน้มลดลง (ผลิตภาพลดลง) ซึ่งก็เกิดจากความล้าที่เกิดขึ้นในการทำงาน และในส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละนาที พบว่า เมื่อระยะเวลาในการทำงานยาวนานขึ้น ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่ามากขึ้น นั่นก็คือข้อมูลมีการกระจายตัวที่มากขึ้น ซึ่งเกิดมาจากความล้าในการทำงานนั่นเอง

เมื่อทำการวัดผลิตภาพจากผลรวมเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ ภายในระยะเวลา 5 นาที จำนวน 3 ซ้ำ และคำนวณให้อยู่ในรูปของผลรวมของจำนวนกล่องสินค้าเฉลี่ยต่อคนที่ยกได้ในระยะเวลา 5 นาที โดยสามารถแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ได้ดังตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.11 ผลรวมเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ที่สภาวะและระดับความเร็วในการทำงานต่างๆ เมื่อมีการปรับสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

การปรับปรุงสภาพการทำงาน	ความเร็วในการทำงาน								
	Rating 100%			Rating 115%			Rating 130%		
	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซนต์ผลต่าง (เทียบกับสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ)	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซนต์ผลต่าง (เทียบกับสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ)	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซนต์ผลต่าง (เทียบกับสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ)
ไม่มีลมพัด	86.44	17.96	0	100.11	15.90	15.81%	113.11	17.87	30.85%
มีลมพัด	88.44	19.12	2.31%	99.78	18.27	15.42%	114.44	20.79	32.39%



รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนกล่องเฉลี่ยโดยรวมที่ยกได้ที่สภาวะมีลมและไม่มีลมในระดับความเร็วในการทำงานต่างๆ

จากตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.4 พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบจำนวนกล่องที่ยกได้ที่สภาวะและความเร็วต่างๆ เป็นเปอร์เซนต์เทียบกับจำนวนกล่องที่ยกได้ในสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ โดยเมื่อทำงานในสภาวะมีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ ได้ส่งผลให้จำนวนกล่องที่ยกได้โดยรวมเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2.31% ในขณะที่ระดับความเร็วในการทำงานสูงจำนวนกล่องโดยรวมเฉลี่ยลดลง 0.39% และที่ระดับความเร็วในการทำงานสูงที่สุดจำนวนกล่องโดยรวมเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1.54% ด้วยทุกสภาวะจะเปรียบเทียบกับจำนวนกล่องที่ยกได้ในสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ ซึ่งเห็นได้ว่า จำนวนกล่องโดยรวมเฉลี่ยที่ยกได้ทั้งในสภาวะที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดมีค่าที่ใกล้เคียงกันไม่ว่าที่ระดับความเร็วในการทำงานใดก็ตาม

4.3.1.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

หลังจากได้ผลการทดลอง จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คนยกได้แต่ละช่วงเวลา ในสภาพการทำงานที่มีลมพัดและไม่มีลมพัด ที่ระดับความเร็วในการทำงานทั้ง 3 ระดับ นั่นคือ ความเร็วปกติ ความเร็วสูง ความเร็วสูงที่สุด ทั้งสิ้น 3 ซ้ำ (ดังในตารางที่ 4.4 – 4.9) การวิเคราะห์ผลการทดลองได้ใช้การทดสอบสมมติฐานของความแตกต่างใน 3 ปัจจัยได้แก่ ปัจจัยทางด้านการ

ปรับปรุงสภาพการทำงาน ปัจจัยทางด้านระดับความเร็วในการทำงานของผู้ถูกทดลองทั้ง 6 คน และปัจจัยทางด้านระยะเวลาในการทำงาน

จากการทดสอบสมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยนั้น เป็นการทดสอบแบบ General Linear Model (GLM) เนื่องจากจำนวนปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบมากกว่า 2 ปัจจัยขึ้นไป ทำให้สามารถตั้งสมมติฐานสำหรับการทดลองในแต่ละปัจจัยได้ดังนี้

ปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงาน (สภาวะแวดล้อมที่มีลมพัดและไม่มีลมพัด)

H_0 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ยก จัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่สภาวะแวดล้อมที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ยก จัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่สภาวะแวดล้อมที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดแตกต่างกัน

ปัจจัยทางด้านระดับความเร็วในการทำงาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ยก จัดเรียง เข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วปกติ ความเร็วสูง และความเร็วสูงที่สุดในการทำงานไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ยก จัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วปกติ ความเร็วสูง และความเร็วสูงที่สุดในการทำงานแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

ปัจจัยทางด้านระยะเวลาในการทำงาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ยก จัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์ ณ ระยะเวลานาทีที่ 1, 2, 3, 4, 5 ไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ยก จัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์ ณ ระยะเวลานาทีที่ 1, 2, 3, 4, 5 แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

จากการกำหนดปัจจัยในการทดลอง โดยมีระดับปัจจัยต่างๆ ดังนี้ ปัจจัยด้านสภาพการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ สภาพการทำงานที่ไม่มีลมพัด และสภาพการทำงานที่มีลมพัด ระดับความเร็วในการทำงาน แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับความเร็วปกติ ระดับความเร็วสูง และระดับความเร็วสูงที่สุด และระยะเวลาในการทำงานในแต่ละนาที ทั้งสิ้น 5 นาที แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ นาทีที่ 1 ถึง 2, นาทีที่ 2 ถึง 3, นาทีที่ 3 ถึง 4 และ นาทีที่ 4 ถึง 5 โดยการทดสอบได้ทำในผู้ถูกทดสอบ 6 คน จำนวนทั้งสิ้น 3 ซ้ำ ซึ่งการทดสอบจะเป็นแบบ Full Factorial Design โดยในส่วนแรกเป็นการทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

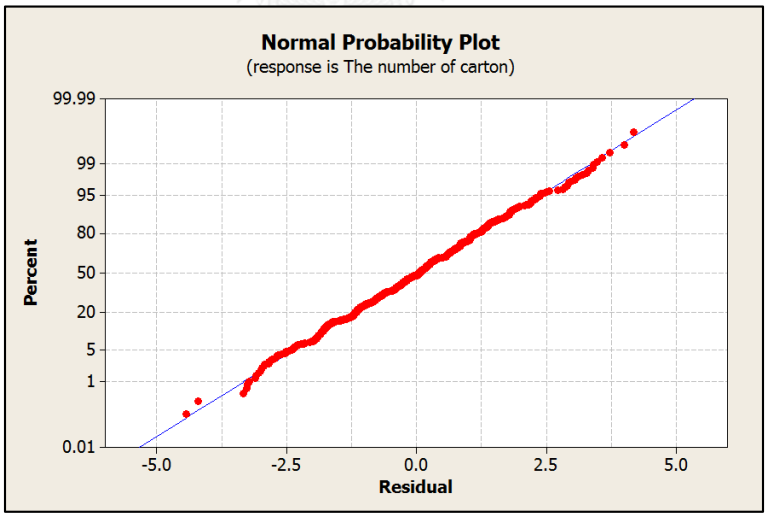
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3.1.2.3.1 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง

โดยก่อนที่ทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนนั้นต้องทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง โดยควรทำทุกครั้งภายหลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองเสร็จสิ้น (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2551:190-192) ซึ่งผลการทดลองได้แสดงในตารางที่ 4.4 – 4.9 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก. การตรวจสอบการแจกแจงปกติ

โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองว่าชุดข้อมูลของจำนวนกล่องสินค้าที่ยกได้ในแต่ละนาทีมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยทำการตรวจสอบข้อสมมติฐานทางด้านการกระจายแบบปกติของข้อมูลการทดลอง ใช้การพล็อตกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability Plot) ถ้าเป็นการกระจายแบบปกติ กราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งจากการนำผลการทดลองของจำนวนกล่องที่ยกได้ในแต่ละนาทีที่สภาวะต่างๆมาพล็อตกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability Plot) เป็นดังรูปที่ 4.5 โดยพบว่าข้อมูลผลการทดลองของจำนวนกล่องที่ยกได้ในแต่ละนาทีมีการกระจายแบบปกติ กราฟมีการกระจายตัวในแนวเส้นตรง

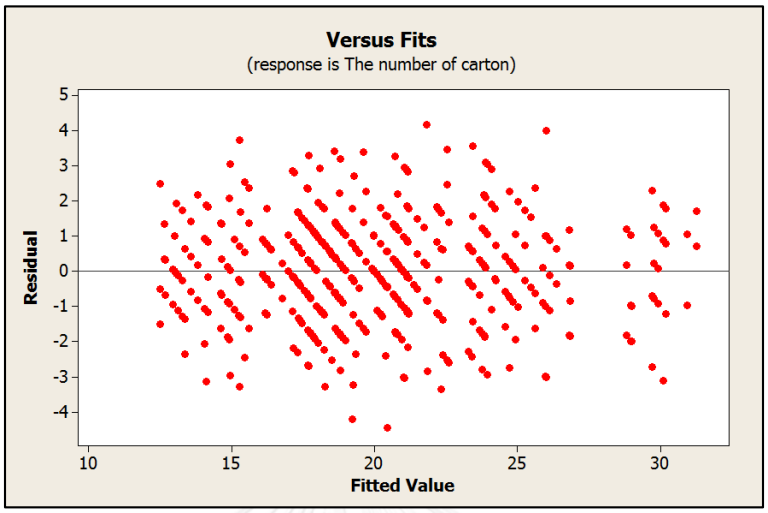


รูปที่ 4.5 แผนภาพการตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลจำนวนกล่องที่ยกได้ในแต่ละนาที

ข. การตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่

การตรวจสอบการแปรปรวนคงที่เป็นการพล็อตกราฟระหว่างค่าความผิดพลาด (Residuals) กับค่าประมาณการทดลองที่ระดับใดๆ ซึ่งควรมีแนวโน้มการกระจายแบบสุ่ม (ไม่มีรูปแบบ) และไม่เกิดแนวโน้มของรูปทรงลักษณะลำโพง ซึ่งแสดงถึงความแปรปรวนไม่คงที่ จาก

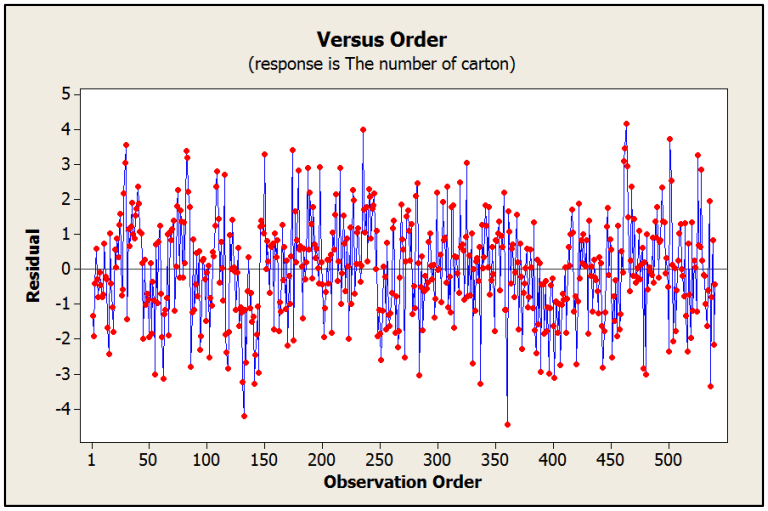
ตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่ ดังรูปที่ 4.6 พบว่า จำนวนกล่องที่ทำการยกได้ในแต่ละนาที หรือค่าผลิตภาพมีแนวโน้มการกระจายแบบสุ่ม (ไม่มีรูปแบบ) และไม่เกิดแนวโน้มของรูปทรงลักษณะลำโพง ดังนั้นข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นข้อมูลที่มีความแปรปรวนคงที่



รูปที่ 4.6 การตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่ของข้อมูลจำนวนกล่องที่ยกได้ในแต่ละนาที

ค. การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล เป็นการพล็อตกราฟระหว่างค่าความผิดพลาด (Residuals) และลำดับที่ของการทดลอง ซึ่งกราฟต้องเป็นลักษณะที่มีการกระจายตัวแนวโน้มที่ไม่แน่นอน ที่ไม่สามารถคาดเดาค่าในอนาคตได้ ไม่มีแนวโน้มขึ้นหรือลงอย่างเดียว จากรูปที่ 4.7 พบว่า การกระจายตัวมีแนวโน้มที่ไม่แน่นอน ไม่สามารถคาดเดาค่าในอนาคตได้ ดังนั้นข้อมูลจึงมีความเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 4.7 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลจำนวนกล่องที่ยกได้ในแต่ละนาที

จากรูปที่ 4.5-4.7 เห็นได้ว่าผลการทดลองที่ได้นั้น เป็นไปตามหลักความเหมาะสมของตัวแบบจำลองนั่นก็แสดงว่ามีคุณสมบัติสามารถที่นำไปวิเคราะห์หาความแปรปรวนต่อไป

4.3.1.2.3.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยของการปรับปรุงสภาพการทำงาน (สภาพการทำงานที่มีลมพัดและไม่มีลมพัด) , ระดับความเร็วในการทำงานของผู้ถูกทดลองทั้ง 6 คน (ระดับความเร็วปกติ, ความเร็วสูงและความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน) และระยะเวลาแต่ละนาทีในการทำงาน โดยทำการทดสอบว่าปัจจัยดังกล่าวส่งผลกระทบต่อผลิตภาพ ซึ่งวัดค่าจากจำนวนกล่องที่ยก จัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทำการตรวจสอบถึงผลของปัจจัยเหล่านี้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อนำผลจากการทดลองมาวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติ Minitab วิเคราะห์ความแปรปรวน ด้วยระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ได้ผลดังรูปที่ 4.8

General Linear Model: The number o versus Subject, Working codi, ...

Factor	Type	Levels	Values
Subject	fixed	6	1, 2, 3, 4, 5, 6
Working codition	fixed	2	ไม่มีลมพัด, มีลมพัด
Rating	fixed	3	เร็วปกติ, เร็วสูง, เร็วสูงที่สุด
Time	fixed	5	1, 2, 3, 4, 5

Analysis of Variance for The number of carton, using Adjusted SS for Tests

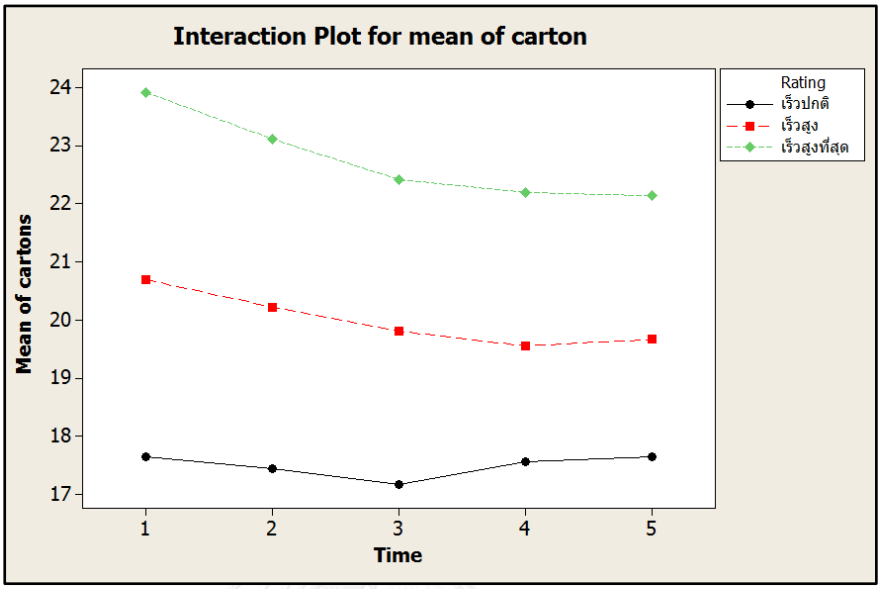
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Subject	5	6265.36	6265.36	1253.07	537.98	0.000
Working codition	1	5.40	5.40	5.40	2.32	0.129
Rating	2	2498.53	2498.53	1249.27	536.34	0.000
Time	4	78.71	78.71	19.68	8.45	0.000
Subject*Working codition	5	49.36	49.36	9.87	4.24	0.001
Subject*Rating	10	114.78	114.78	11.48	4.93	0.000
Subject*Time	20	76.77	76.77	3.84	1.65	0.039
Working codition*Rating	2	5.20	5.20	2.60	1.12	0.328
Working codition*Time	4	4.54	4.54	1.14	0.49	0.745
Rating*Time	8	40.71	40.71	5.09	2.18	0.027
Error	478	1113.37	1113.37	2.33		
Total	539	10252.73				

S = 1.52618 R-Sq = 89.14% R-Sq(adj) = 87.75%

รูปที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนกล่องสินค้าโดยเฉลี่ยที่ยก จัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์

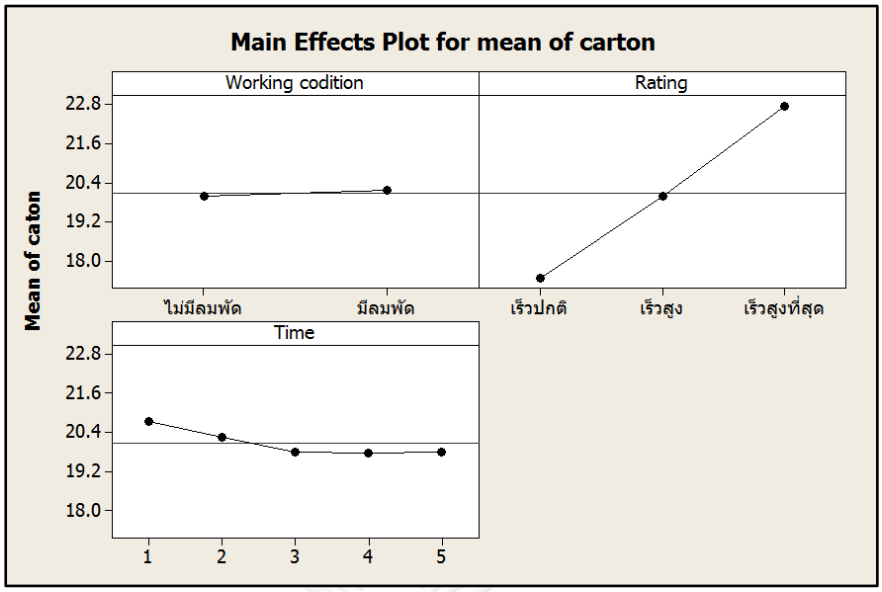
จากรูปที่ 4.8 พบว่า จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลกระทบหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ยกได้ ได้แก่ ระดับความเร็วในการทำงาน และระยะเวลาในการทำงาน (ค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05) หรืออาจกล่าวได้ว่าปัจจัยทั้งสองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่

มีลมพัด นอกจากนี้ยังพบอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับความเร็วในการทำงาน และระยะเวลาในการทำงาน (ค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05)



รูปที่ 4.9 Interaction Plot ที่เกิดขึ้นระหว่างระดับความเร็วในการทำงาน และระยะเวลาในการทำงาน

เนื่องจาก พบอิทธิพลร่วมกันระหว่างระดับความเร็วในการทำงาน และระยะเวลาในการทำงาน ดังนั้น จากรูปที่ 4.9 จึงพิจารณาเฉพาะกราฟดังกล่าว พบว่า ที่ระดับความเร็วปกติในการทำงานเมื่อทำงานด้วยระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นได้ส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงของจำนวนกล่องที่ยกได้ แต่เมื่อเพิ่มระดับความเร็วในการทำงานให้สูงขึ้นด้วยระยะเวลาในการทำงานยาวนานขึ้น ส่งผลให้จำนวนกล่องที่ยกได้โดยเฉลี่ยลดลงมากกว่าการทำงานที่ระดับความเร็วในการทำงานที่ต่ำกว่า ดังเห็นได้จากเมื่อทำงานที่ระดับความเร็วสูงที่สุด การลดลงของจำนวนกล่องที่ยกได้โดยเฉลี่ยมากกว่าการทำงานที่ระดับความเร็วสูงและระดับความเร็วปกติ เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการทำงานยาวนานขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากที่ระดับความเร็วสูงที่สุดในการทำงานร่างกายต้องแบกรับภาระงานมากกว่าระดับความเร็วสูงและความเร็วปกติในการทำงาน ส่งผลทำให้เกิดความล้ามากกว่า ซึ่งส่งผลต่อจำนวนกล่องที่ยกได้โดยเฉลี่ยมีค่าลดลงที่มากกว่า ในขณะที่ระดับความเร็วปกติในการทำงานความล้าที่เกิดขึ้นจากภาระงานที่ร่างกายต้องแบกรับมีระดับต่ำ และไม่ได้ส่งผลให้จำนวนกล่องที่ยกได้โดยเฉลี่ยมีค่าลดลง



รูปที่ 4.10 Main Effect Plot ของปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนกล่องที่ยกได้โดยเฉลี่ย

จากรูปที่ 4.10 พบว่า เมื่อพิจารณากราฟผลกระทบของปัจจัยด้านการปรับปรุงสภาพการทำงานต่อค่าเฉลี่ยจำนวนกล่องสินค้าที่ยกได้ พบว่า ปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดไม่ได้ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยจำนวนกล่องสินค้าที่ยกได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ทั้งสภาวะที่มีและไม่มีลมพัดได้ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยจำนวนกล่องสินค้าที่ยกได้มีค่าที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณากราฟผลกระทบของปัจจัยทางด้านความเร็วในการทำงาน พบว่าปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ โดยจำนวนกล่องที่ยกได้โดยเฉลี่ยเป็นไปตามความเร็วในการทำงาน นั่นก็คือ เมื่อทำงานด้วยความเร็วสูงที่สุดจำนวนกล่องที่ยกได้โดยเฉลี่ยมีค่ามากกว่าการทำงานที่ระดับความเร็วสูงและความเร็วปกติ ตามลำดับ นอกจากนี้ปัจจัยด้านเวลาที่ทำการยกได้ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ในแต่ละนาทีเช่นกัน โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาในการยกมากขึ้นจำนวนกล่องที่ยกได้โดยเฉลี่ยต่อนาทีเริ่มคงที่เมื่อสิ้นสุดนาทีที่ 3

4.3.1.3 ผลกระทบต่อความปลอดภัย (ความล้า) จากการปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

4.3.1.3.1 อัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการทำงาน

เมื่อผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ทำการทดลองโดยยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ ในสภาพการทำงานทั้งก่อนและหลังปรับปรุงสภาพให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด ทั้ง 3 ระดับความเร็วในการทำงาน เป็นระยะเวลานาน 5 นาที โดยมีการบันทึกค่าอัตราการเต้นของหัวใจทุกๆนาที ทั้งสิ้น 3 ซ้ำ ซึ่งผลของอัตราการเต้นของหัวใจแสดงดังตารางที่ 4.12 – 4.17

ตารางที่ 4.12 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในขณะยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วปกติก่อนการปรับปรุง ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วปกติ (ไม่มีลม)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	86	103	100	80	83	87	100	99	96	112	124	122	88	94	104	94	100	89
1	106	154	135	128	134	126	125	130	114	150	165	154	114	123	123	125	137	114
2	159	156	147	148	168	142	133	140	124	154	170	157	125	129	131	132	142	113
3	159	161	157	155	162	144	122	144	125	154	175	162	121	131	135	133	147	117
4	157	164	158	154	162	147	139	144	125	159	175	162	121	136	136	138	151	116
5	165	168	157	158	160	153	135	146	129	162	178	166	131	136	135	142	156	117
ΔHR	79	65	57	78	77	66	35	47	33	50	54	44	43	42	31	48	56	28

ตารางที่ 4.13 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในขณะยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วปกติหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วปกติ (มีลม)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	88	95	92	89	85	82	98	101	104	112	115	109	92	89	89	95	94	89
1	131	132	127	135	131	134	124	119	114	145	145	167	112	118	110	128	128	122
2	128	141	144	145	159	143	131	126	122	150	154	167	114	122	112	135	134	117
3	133	135	144	157	162	148	133	123	130	154	156	167	121	115	115	134	130	121
4	146	146	150	160	158	145	135	129	126	156	157	170	123	122	120	140	123	119
5	144	150	154	161	159	152	136	123	128	163	158	169	123	121	114	145	128	121
ΔHR	56	55	62	72	74	70	38	22	24	51	43	60	31	32	25	50	34	32

ตารางที่ 4.14 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในขณะยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วสูงก่อนการปรับปรุงซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูง (ไม่มีลม)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	94	102	99	87	82	88	100	103	105	112	120	117	90	99	101	99	102	88
1	154	161	141	137	142	133	138	128	131	156	163	155	130	121	127	136	129	118
2	174	176	154	156	163	152	146	141	141	161	178	161	132	130	129	158	149	120
3	177	180	161	160	166	156	148	140	146	164	179	166	132	127	131	148	154	124
4	177	184	163	160	168	157	151	141	151	175	178	167	133	130	136	155	155	130
5	180	186	166	162	167	159	159	145	150	176	176	167	138	133	134	157	156	131
ΔHR	86	84	67	75	85	71	59	42	45	64	56	50	48	34	33	58	54	43

ตารางที่ 4.15 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในขณะยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วสูงหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูง (มีลม)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	99	101	96	83	80	87	97	100	102	114	111	118	87	92	99	100	100	88
1	144	157	131	129	136	133	128	123	128	152	141	172	120	114	118	121	126	127
2	153	165	134	161	149	144	148	134	135	161	150	177	119	115	120	139	143	132
3	158	172	145	162	159	154	151	138	132	163	152	178	127	120	124	149	143	128
4	158	179	147	160	165	153	149	139	134	167	156	184	127	119	120	152	144	129
5	166	180	150	168	171	164	155	141	137	171	160	186	133	128	119	151	150	133
ΔHR	67	79	54	85	91	77	58	41	35	57	49	68	46	36	20	51	50	45

ตารางที่ 4.16 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในขณะยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วสูงที่สุดก่อนการปรับปรุงซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (ไม่มีลม)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	101	104	100	89	88	83	98	99	102	108	119	114	97	95	101	99	98	90
1	169	171	146	150	141	147	141	130	134	160	168	165	128	119	134	137	137	125
2	182	185	163	169	159	165	159	144	144	168	178	170	142	129	144	145	155	126
3	186	186	168	174	169	165	161	146	144	180	180	180	142	133	147	152	156	135
4	188	187	171	176	169	171	164	151	152	180	182	185	145	138	151	152	160	135
5	187	186	175	174	171	167	165	149	156	182	183	186	145	142	156	149	162	145
ΔHR	86	82	75	85	83	84	67	50	54	74	64	72	48	47	55	50	64	55

ตารางที่ 4.17 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในขณะยก จัดเรียงกล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วสูงที่สุดหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (มีลม)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	104	91	98	90	93	89	90	92	96	100	114	113	85	93	88	97	91	92
1	160	164	147	132	159	147	126	122	134	161	154	171	134	115	115	112	110	123
2	168	109	162	162	169	174	151	141	143	165	170	181	136	128	117	149	137	129
3	179	152	165	159	168	183	152	147	151	172	170	181	145	128	123	153	140	122
4	184	152	174	155	161	179	154	148	154	171	172	187	151	134	128	153	144	128
5	187	158	173	160	170	183	158	146	155	172	174	187	155	130	126	157	146	131
ΔHR	83	67	75	70	77	94	68	54	59	72	60	74	70	37	38	60	55	39

จากตารางที่ 4.16-4.17 พบว่าการทำงานที่ระดับความเร็วสูงที่สุด ผู้ถูกทดสอบคนที่ 1 และ 4 มีอัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงานอยู่ที่ 170-180 ครั้งต่อนาที ซึ่งเป็นอัตราการเต้นของหัวใจที่ค่อนข้างสูง แต่เนื่องเป็นการทดลองเพียงระยะเวลาสั้นๆ 5 นาที อีกทั้งทางโรงงานกรณีศึกษามีแพทย์และพยาบาลประจำการอยู่ตลอดเวลาในขณะที่มีการทดลอง รวมไปถึงในระหว่างการทดลองผู้ถูกทดสอบสามารถหยุดได้ตลอดเวลาเมื่อมีความไม่ปลอดภัยเกิดขึ้น ซึ่งผู้เข้าร่วมทดสอบมีความเข้าใจในเรื่องดังกล่าวดีและยินดีเข้าร่วมการทดสอบด้วยความสมัครใจ นอกจากนี้ ผู้ทดสอบคนที่ 1 และ 4 เป็นบุคคลที่มีพื้นฐานอัตราการเต้นหัวใจปกติขณะพักสูง คือ มากกว่า 100 ครั้งต่อนาที แต่เนื่องจากเป็นการทดสอบที่สถานที่จริง ในสภาวะการทำงานที่เกิดขึ้นจริง ผู้ถูกทดสอบเป็นพนักงานที่ปฏิบัติงานจริง ทำให้ไม่สามารถเลือกผู้ถูกทดสอบได้

4.3.1.3.2 เปรียบเทียบอัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ยต่อคนแต่ละนาทีในสภาพการทำงานที่มีลมพัดและไม่มีลมพัด

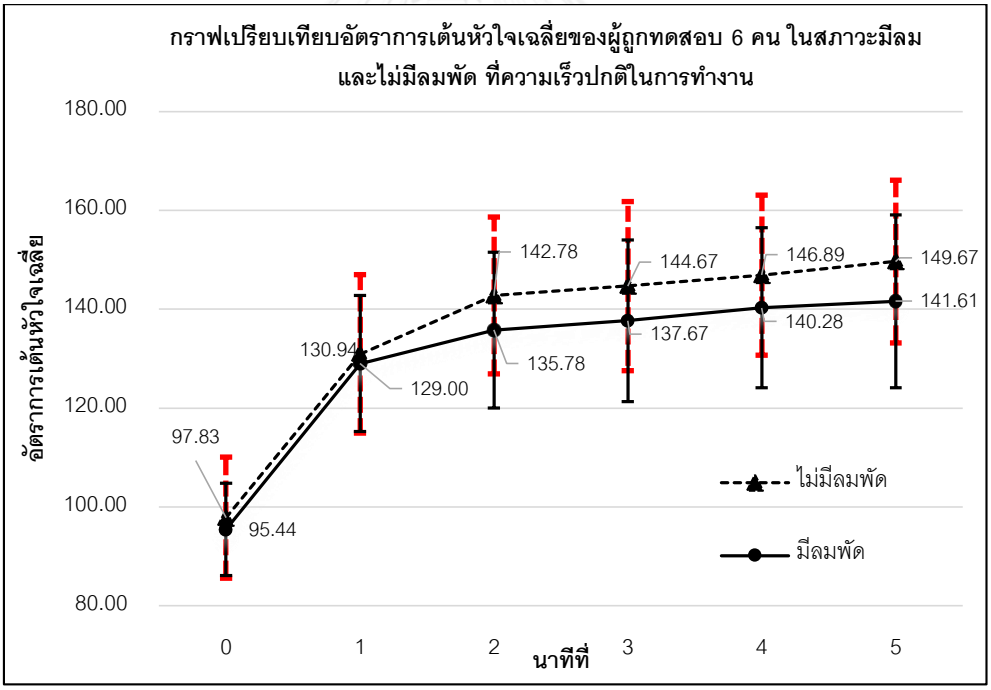
เมื่อทำการวัดความปลอดภัยในการทำงานจากอัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ยที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในแต่ละนาที เป็นระยะเวลา 5 นาที จำนวน 3 ซ้ำ ซึ่งเมื่อนำผลอัตราการเต้นของหัวใจที่ได้จากการทดลองในสภาวะการทำงานต่างๆ ดังตารางที่ 4.12 – 4.17 มาพิจารณา โดยพิจารณาอัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงานของผู้ถูกทดลองทั้ง 6 คนในแต่ละนาที และคำนวณให้อยู่ในรูปของอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยต่อคนในแต่ละนาที โดยสามารถแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ได้ดังตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.11- 4.13

ตารางที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของอัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละนาทีที่สภาวะการทำงานต่างๆ

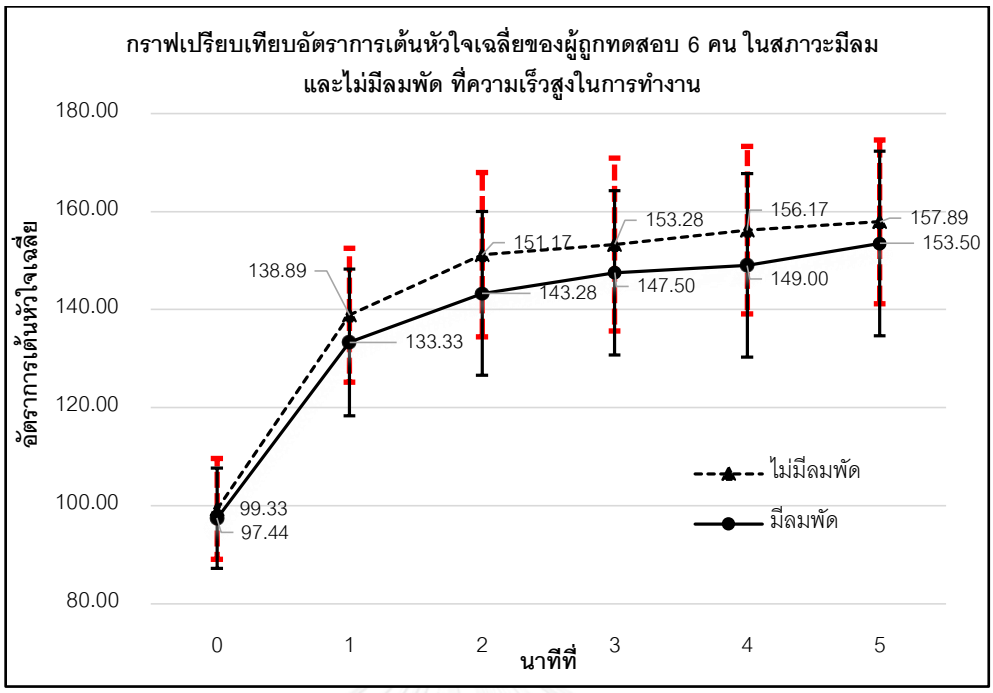
นาทีที่	ไม่มีลมพัด						มีลมพัด					
	ความเร็วปกติ		ความเร็วสูง		ความเร็วสูงที่สุด		ความเร็วปกติ		ความเร็วสูง		ความเร็วสูงที่สุด	
	อัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	อัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	อัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	อัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	อัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	อัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	97.83	12.25	99.33	10.26	99.17	8.84	95.44	9.36	97.44	10.26	95.33	8.03
1	130.94	16.02	138.89	13.65	144.56	16.13	129.00	13.74	133.33	14.96	138.11	20.07
2	142.78	15.89	151.17	16.78	157.06	17.18	135.78	15.78	143.28	16.71	149.50	20.75
3	144.67	17.13	153.28	17.61	161.33	17.60	137.67	16.37	147.50	16.74	155.00	18.95
4	146.89	16.22	156.17	17.08	164.28	17.00	140.28	16.18	149.00	18.72	157.17	17.82
5	149.67	16.46	157.89	16.68	165.56	15.73	141.61	17.51	153.50	18.84	159.33	18.70

จากตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.11- 4.13 พบว่า ที่ระดับความเร็วในการทำงานทั้ง 3 ระดับ นั่นก็คือ ความเร็วปกติ ความเร็วสูง และความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน พบว่า อัตราการเต้นหัวใจโดยเฉลี่ย ในขณะทำงานในสภาวะที่มีลมพัดมีค่าน้อยกว่าในสภาวะไม่มีลมพัดไม่ว่าที่ระดับความเร็วใดก็ตาม และมีแนวโน้มเป็นในทิศทางเดียวกันทั้ง 3 ระดับความเร็ว นั่นก็คือ ในสภาวะที่มีลมพัดอัตราการเต้นหัวใจในขณะทำงานมีค่าน้อยกว่า นอกจากนี้เมื่อระยะเวลาในการทำงานยาวนานขึ้นที่ทุกสภาวะและระดับความเร็วในการทำงาน อัตราการเต้นของหัวใจมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากหัวใจต้องทำหน้าที่ทั้งให้พลังงานต่อกล้ามเนื้อในขณะทำงาน ผ่านระบบการไหลเวียนโลหิต และยังทำหน้าที่ในการถ่ายเทความร้อนเพื่อรักษาสมดุลของอุณหภูมิให้แก่ร่างกาย

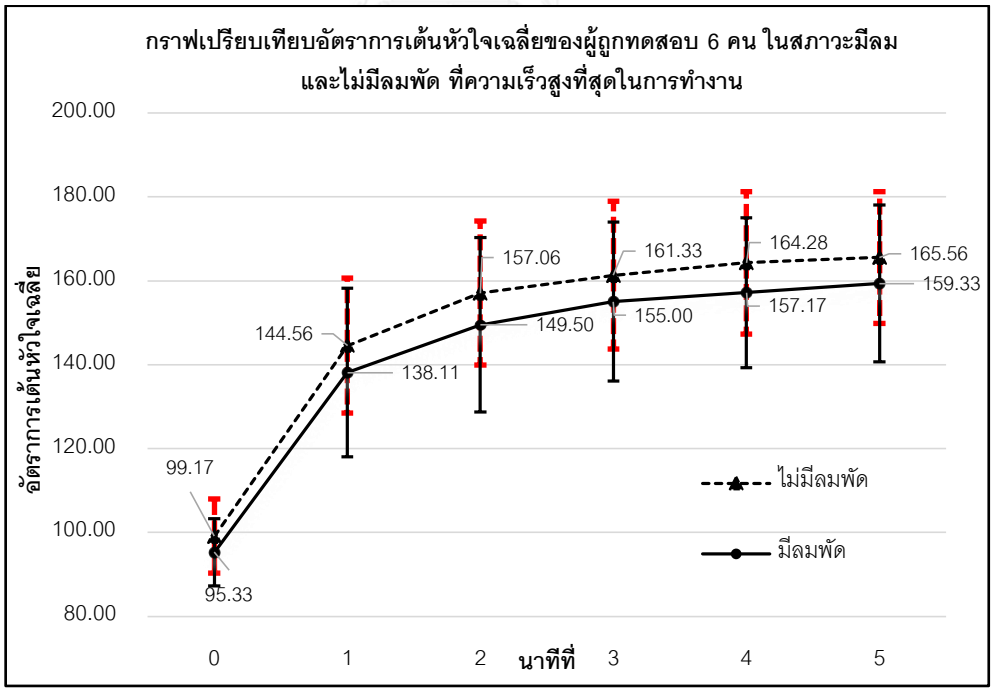
เมื่อทำการวัดอัตราการเต้นหัวใจของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ขณะทำงานทุกๆนาที ภายในระยะเวลา 5 นาที จำนวน 3 ซ้ำ และคำนวณให้อยู่ในรูปของอัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ยต่อคนขณะทำงาน โดยสามารถแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ได้ดังตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยในสภาวะที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดที่ความเร็วปกติในการทำงาน



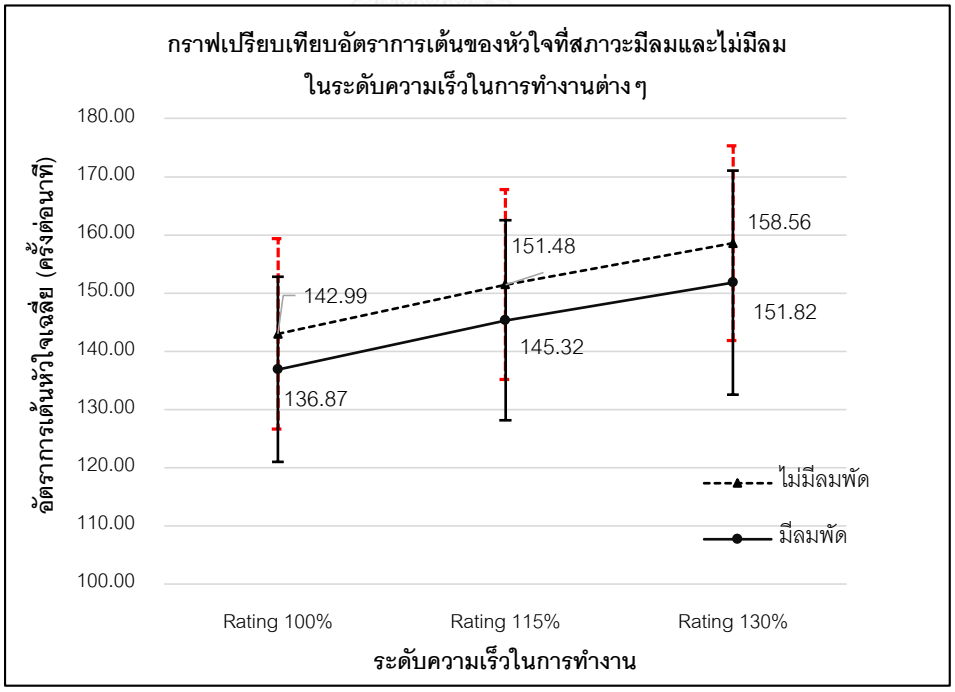
รูปที่ 4.12 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยในสภาวะที่มีลมพัด
และไม่มีลมพัดที่ความเร็วสูงในการทำงาน



รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยในสภาวะที่มีลมพัด
และไม่มีลมพัดที่ความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน

ตารางที่ 4.19 อัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ยในสภาวะการทำงานต่างๆ

การปรับปรุงสภาพการทำงาน	ความเร็วในการทำงาน								
	Rating 100%			Rating 115%			Rating 130%		
	อัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ย (ครั้งต่อนาที)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซนต์ผลต่าง (เทียบกับสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ)	อัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ย (ครั้งต่อนาที)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซนต์ผลต่าง (เทียบกับสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ)	อัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ย (ครั้งต่อนาที)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซนต์ผลต่าง (เทียบกับสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ)
ไม่มีลมพัด	142.99	16.34	0%	151.48	16.36	5.94%	158.56	16.73	10.89%
มีลมพัด	136.87	15.92	- 4.28%	145.32	17.20	1.63%	151.82	19.26	6.18%



รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจในสภาวะที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดในระดับความเร็วในการทำงานต่างๆ

จากตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.14 พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยที่สภาวะและความเร็วต่างๆ เป็นเปอร์เซนต์เทียบกับอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยในสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ พบว่า การทำงานในสภาวะมีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจลดลง 4.28% ในขณะที่ระดับความเร็วในการทำงานสูง ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจลดลง 4.31% และที่ระดับความเร็วในการทำงานสูงที่สุดส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจลดลง 4.71% ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าการทำงานในสภาวะมีลมพัดได้ส่งผลต่อการลดลงของอัตราการเต้นหัวใจโดยเฉลี่ยไม่ว่าที่ระดับความเร็วใดก็ตาม และเมื่อพิจารณาถึงในสภาวะที่มีลมพัด การเพิ่มความเร็วในการทำงานยังคงส่งผลให้อัตราการเต้นหัวใจมีค่าลดลง

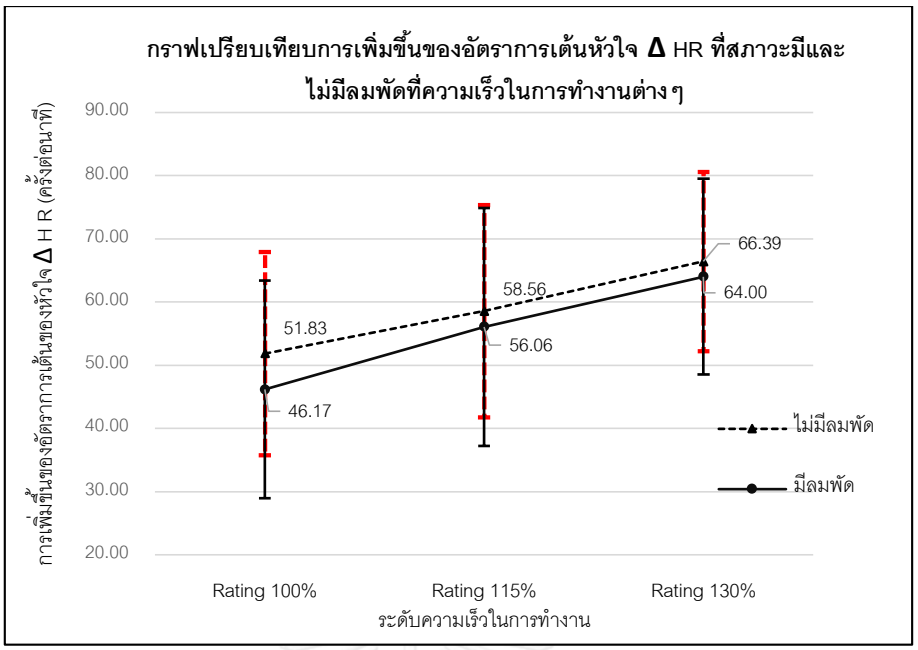
4.3.1.3.3. การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจ

เมื่อทำการวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในสภาพการทำงานต่างๆ จำนวน 3 ซ้ำ โดยคำนวณให้อยู่ในรูปของการเพิ่มขึ้นอัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ยต่อคนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ยต่อคน ดังตารางที่ 4.20 และรูปที่ 4.15 โดยที่การวิเคราะห์การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ คือการหาผลต่างของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักก่อนการทำงานกับอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงาน (อลงกรณ์ ฉัตรเมืองปัก, 2555)

Δ HR = อัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงาน – อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักก่อนการทำงาน
(สิ้นสุดนาทีที่ 5) (นาทีที่ 0)

ตารางที่ 4.20 การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยต่อคนที่สภาวะการทำงานต่างๆ

ความเร็วในการทำงาน	ไม่มีลมพัด		มีลมพัด		เปอร์เซ็นต์ผลต่าง
	Δ HR	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	Δ HR	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
Rating 100%	51.83	16.08	46.17	17.23	10.93%
Rating 115%	58.56	16.79	56.06	18.79	4.27%
Rating 130%	66.39	14.14	64.00	15.49	3.60%



รูปที่ 4.15 กราฟการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจที่สภาวะและความเร็วในการทำงานต่างๆ

จากตารางที่ 4.20 และรูปที่ 4.15 เมื่อทำการเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยที่สภาวะและความเร็วต่างๆ เป็นเปอร์เซนต์เทียบกับการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยในสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วปกติ เห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยในสภาพการทำงานในสภาวะมีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติลดลง 10.93% ในขณะที่การทำงานที่ระดับความเร็วสูงส่งผลให้การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยลดลง 4.27% และที่ระดับความเร็วในการทำงานสูงที่สุดการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยลดลง 3.60 % เมื่อเทียบกับสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วปกติ นอกจากนี้ยังพบอีกว่า การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยที่ระดับความเร็วในการทำงานสูงที่สุดในสภาวะที่มีลมพัดลดลงไปน้อยกว่าที่ระดับความเร็วปกติในการทำงาน นั่นก็คือสภาวะที่มีลมพัด การทำงานที่ระดับความเร็วปกติ (ภาระงานต่ำกว่า) มีอิทธิพลต่ออัตราการเต้นของหัวใจมากกว่า (การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจมีการลดลงมากกว่า) การทำงานที่ระดับความเร็วสูงที่สุด (ภาระงานสูงกว่า) ในขณะที่ระดับความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน สภาวะที่มีลมแทบไม่มีอิทธิพลต่อการลดลงของการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ (พบความแตกต่างเพียงเล็กน้อย) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากในการทำงานที่ระดับความเร็วสูงที่สุด (ภาระงานสูงกว่า) หัวใจต้องสูบฉีดเลือดเพื่อนำเอาออกซิเจนและสารอาหารไปยังเซลล์กล้ามเนื้อเพื่อใช้ในการทำงานมากกว่าในระดับความเร็วปกติ (ภาระงานต่ำกว่า) ซึ่งในภาระงานที่หนักนั้นหัวใจต้องทำงาน

ทางด้านสูบฉีดเลือดเพื่อนำเอาออกซิเจนและสารอาหารไปยังเซลล์กล้ามเนื้อก่อน ทำให้การระบายความร้อนจากหัวใจทำได้น้อย แต่ในระดับความเร็วปกติ (ภาระงานต่ำกว่า) หัวใจสามารถทำงานได้ทั้งสองด้าน คือ ทั้งสูบฉีดเลือดเพื่อนำเอาออกซิเจนและสารอาหารไปยังเซลล์กล้ามเนื้อ และการระบายความร้อน

4.3.1.3.4 **การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

หลังจากได้ผลการทดลอง การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ (Δ HR) ของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในสภาพการทำงานที่มีลมพัดและไม่มีลมพัด ที่ระดับความเร็วในการทำงานทั้ง 3 ระดับความเร็ว คือ ความเร็วปกติ ความเร็วสูง ความเร็วสูงที่สุด ทั้งสิ้น 3 ซ้ำ (ดังในตารางที่ 4.12 – 4.17) ซึ่งการวิเคราะห์ผลการทดลองใช้การทดสอบสมมติฐานของความแตกต่างใน 2 ปัจจัยได้แก่ ปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงาน และปัจจัยทางด้านระดับความเร็วในการทำงานของผู้ถูกทดลองทั้ง 6 คน

จากการทดสอบสมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยนั้น เป็นการทดสอบแบบการจำแนกสองทาง (Two-Way- ANOVA) ซึ่งเป็นการสนใจศึกษาผลกระทบของปัจจัยสอง ปัจจัยต่อตัวแปรตอบสนองที่ระดับต่างกัน (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ ,2551:72) ทำให้สามารถตั้งสมมติฐานสำหรับการทดลองในแต่ละปัจจัยได้ดังนี้

ปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงาน (สภาวะแวดล้อมที่มีลมพัดและไม่มีลมพัด)

H_0 : ค่าเฉลี่ยของการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ (Δ HR) ที่สภาวะมีลมพัดและไม่มีลมพัดไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ (Δ HR) ที่สภาวะมีลมพัดและไม่มีลมพัดแตกต่างกัน

ปัจจัยทางด้านระดับความเร็วในการทำงาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยของการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ (Δ HR) ของระดับความเร็วปกติ ความเร็วสูง และความเร็วสูงที่สุดในการทำงานไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ (Δ HR) ของระดับความเร็วปกติ ความเร็วสูง และความเร็วสูงที่สุดในการทำงานแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

จากการกำหนดปัจจัยในการทดลอง โดยมีระดับปัจจัยต่างๆดังนี้ ปัจจัยด้านสภาพการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ สภาพการทำงานที่ไม่มีลมพัด และสภาพการทำงานที่มีลมพัด ระดับความเร็วในการทำงาน แบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ ระดับความเร็วปกติ ระดับความเร็วสูง และ

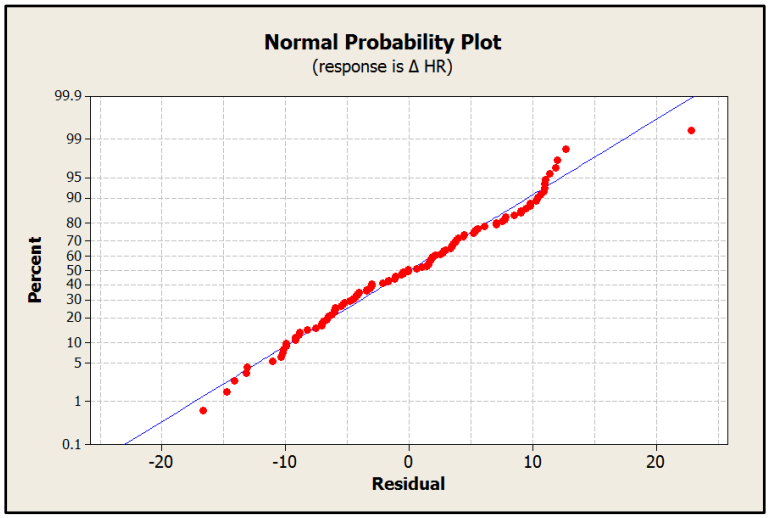
ระดับความเร็วสูงที่สุด โดยมีการทดสอบได้ทำในผู้ถูกทดสอบ 6 คน จำนวนทั้งสิ้น 3 ซ้ำ ซึ่งการทดสอบเป็นแบบ Full Factorial Design โดยในส่วนแรกเป็นการทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

4.3.1.3.4.1 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง

โดยก่อนที่ทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนนั้นต้องทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง โดยควรทำทุกครั้งภายหลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองเสร็จสิ้น (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2551:190 -192) ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.12 – 4.17 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก. การตรวจสอบการแจกแจงปกติ

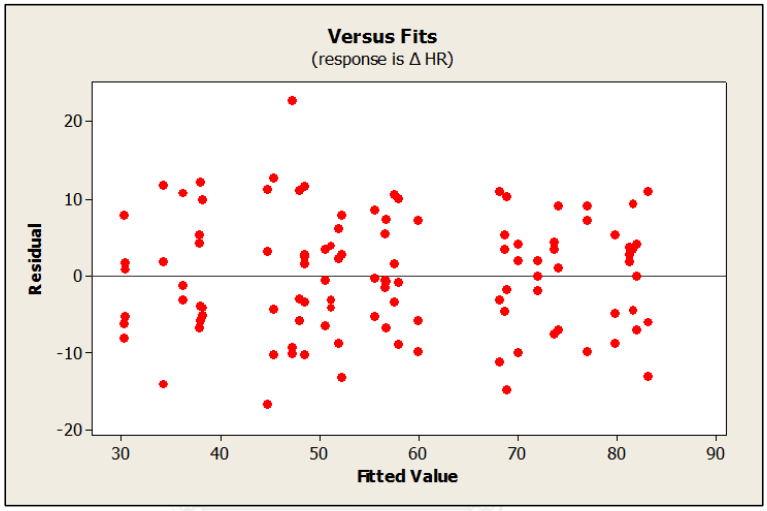
โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองว่าชุดข้อมูลของการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ (Δ HR) มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยทำการตรวจสอบข้อสมมติฐานทางด้านการกระจายแบบปกติของข้อมูลการทดลอง ใช้การพล็อตกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability Plot) ถ้าเป็นการกระจายแบบปกติ กราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งจากการนำผลการทดลองของการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ (Δ HR) ที่สภาวะต่างๆมาพล็อตกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability Plot) เป็นดังรูปที่ 4.16 โดยพบว่าข้อมูลผลการทดลองของการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจมีการกระจายแบบปกติ กราฟมีการกระจายตัวในแนวเส้นตรง



รูปที่ 4.16 แผนภาพการตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจ

ข. การตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่

การตรวจสอบการแปรปรวนคงที่เป็นการพล็อตกราฟระหว่างค่าความผิดพลาด (Residuals) กับค่าประมาณการทดลองที่ระดับใดๆ ซึ่งควรมีแนวโน้มการกระจายแบบสุ่ม (ไม่มีรูปแบบ) และไม่เกิดแนวโน้มของรูปทรงลักษณะลำโพง ซึ่งแสดงถึงความแปรปรวนไม่คงที่ จากตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่ ดังรูปที่ 4.17 พบว่า การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ มีแนวโน้มการกระจายแบบสุ่ม (ไม่มีรูปแบบ) และไม่เกิดแนวโน้มของรูปทรงลักษณะลำโพง ดังนั้นข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นข้อมูลที่มีความแปรปรวนคงที่

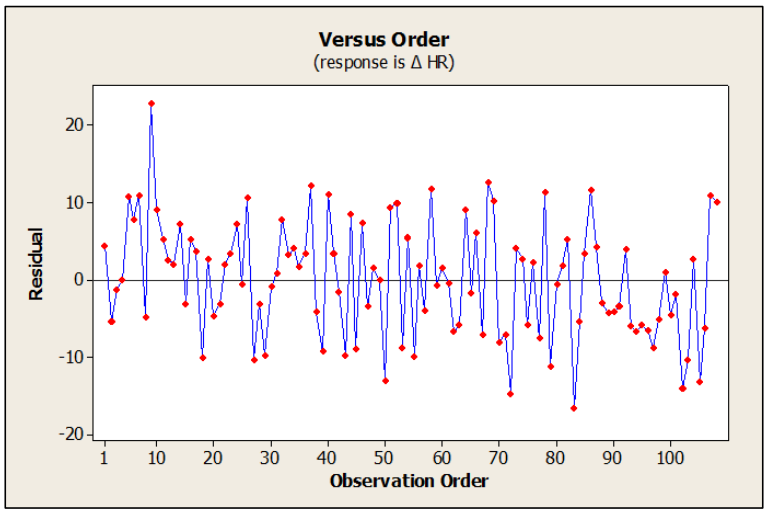


รูปที่ 4.17 การตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่ของข้อมูลการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจ

ค. การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล เป็นการพล็อตกราฟระหว่างค่าความผิดพลาด (Residuals) และลำดับที่ของการทดลอง ซึ่งกราฟต้องเป็นลักษณะที่มีการกระจายตัวแนวโน้มที่ไม่แน่นอน ที่ไม่สามารถคาดเดาค่าในอนาคตได้ ไม่มีแนวโน้มขึ้นหรือลงอย่างเดียว จากรูปที่ 4.18 พบว่า การกระจายตัวมีแนวโน้มที่ไม่แน่นอน ไม่สามารถคาดเดาค่าในอนาคตได้ ดังนั้นข้อมูลจึงมีความเป็นอิสระต่อกัน

จากรูปที่ 4.16 -4.18 เห็นได้ว่าผลการทดลองที่ได้นั้น เป็นไปตามหลักความเหมาะสมของตัวแบบจำลองนั่นก็แสดงว่ามีคุณสมบัติสามารถที่นำไปวิเคราะห์หาความแปรปรวนต่อไป



รูปที่ 4.18 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจ

4.3.1.3.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยของการปรับปรุงสภาพการทำงาน (สภาวะแวดล้อมที่มีลมพัดและไม่มีลมพัด) และระดับความเร็วในการทำงานของผู้ถูกทดลองทั้ง 6 คน (ระดับความเร็วปกติ, ความเร็วสูงและความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน) ส่งผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ (Δ HR) โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทำการตรวจสอบถึงผลของปัจจัยเหล่านี้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อนำผลจากการทดลองมาวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติ Minitab วิเคราะห์ความแปรปรวน ด้วยระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ได้ผลดังรูปที่ 4.19

General Linear Model: Δ HR versus Subject, Working Condition, Ratting

Factor	Type	Levels	Values
Subject	fixed	6	1, 2, 3, 4, 5, 6
Working Condition	fixed	2	ไม่มีลมพัด, มีลมพัด
Rating	fixed	3	ความเร็วปกติ, ความเร็วสูง, ความเร็วสูงที่สุด

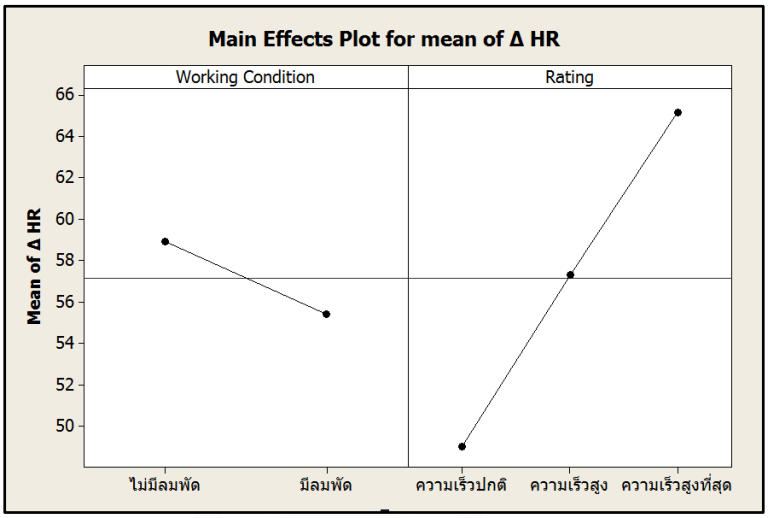
Analysis of Variance for Δ HR, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Subject	5	20757.6	20757.6	4151.5	57.37	0.000
Working Condition	1	334.3	334.3	334.3	4.62	0.035
Rating	2	4721.7	4721.7	2360.9	32.63	0.000
Subject*Working Condition	5	319.4	319.4	63.9	0.88	0.496
Subject*Rating	10	708.4	708.4	70.8	0.98	0.468
Working Condition*Rating	2	62.4	62.4	31.2	0.43	0.651
Error	82	5933.3	5933.3	72.4		
Total	107	32837.0				

S = 8.50632 R-Sq = 81.93% R-Sq(adj) = 76.42%

รูปที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ

จากรูปที่ 4.19 พบว่าจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลกระทบหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ย ได้แก่ ปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะแวดล้อมที่มีลมพัด และปัจจัยด้านระดับความเร็วในการทำงาน (ค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05) หรืออาจกล่าวได้ว่าปัจจัยทั้งสองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจโดยเฉลี่ย นอกจากนี้ยังไม่พบอิทธิพลร่วมกันระหว่างปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะแวดล้อมที่มีลมพัดและระดับความเร็วในการทำงาน (ค่า P-Value มีค่ามากกว่ากว่า 0.05) ซึ่งสามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นได้ดังรูปที่ 4.20



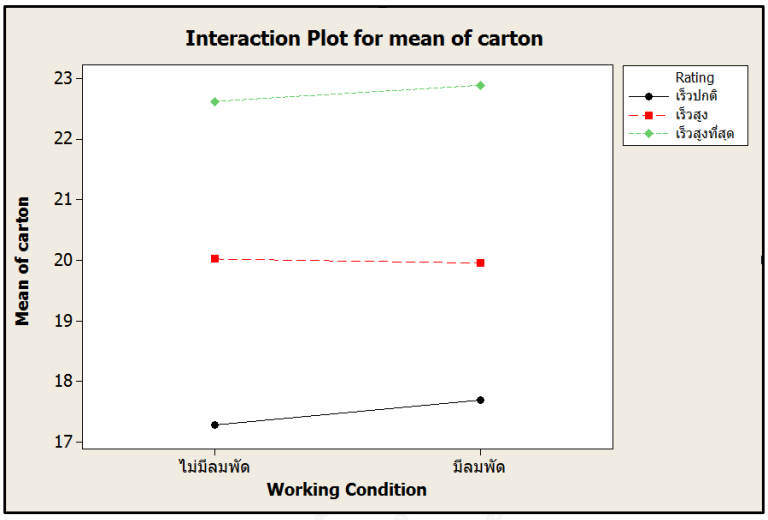
รูปที่ 4.20 Main Effect Plot ของปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นหัวใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปที่ 4.20 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนข้างต้นสอดคล้องกับ Main Effect Plot ของผลการทดลอง โดยพบว่า ปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดมีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ย ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยจากกราฟ พบว่าการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยในสภาวะไม่มีลมพัดมีค่ามากกว่าในสภาวะที่มีลมพัด และในส่วนของปัจจัยทางด้านความเร็วในการทำงาน พบว่าปัจจัยนี้ก็มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยเช่นกัน โดยที่การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยเป็นไปตามความเร็วในการทำงาน นั่นก็คือ เมื่อทำงานด้วยความเร็วสูงที่สุด ทำให้การเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยมากกว่าการทำงานที่ระดับความเร็วปกติและความเร็วสูง ดังนั้นปัจจัยทางด้านสภาพการทำงานที่มีลมพัดและระดับความเร็วในการทำงานล้วนแล้วแต่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยทั้งสิ้น

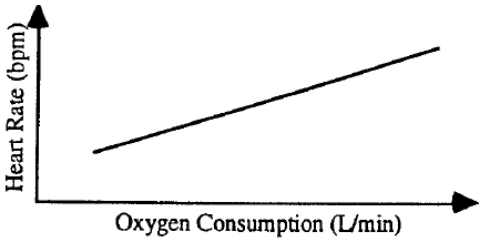
4.3.1.4 สภาพการทำงานที่เหมาะสมต่อผลิตภาพที่สูงและอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย ในกรณีที่ปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

จากกราฟที่ 4.21 กราฟแสดงผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงานและความเร็วในการทำงาน พบว่าสภาวะที่ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของผลิตภาพสูงที่สุด คือ การทำงานในสภาวะที่มีลมพัด ที่ระดับความเร็วในการทำงานสูงที่สุด แต่ในความเป็นจริง นอกจากผลิตภาพที่ต้องคำนึงถึงแล้ว ความปลอดภัยของพนักงานที่ปฏิบัติงานจำเป็นต้องคำนึงถึงเช่นเดียวกัน ดังนั้นสภาพการทำงานที่เหมาะสมจึงเป็นสภาวะที่ทำให้ได้ผลิตภาพสูงที่สุด ในขณะที่อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย



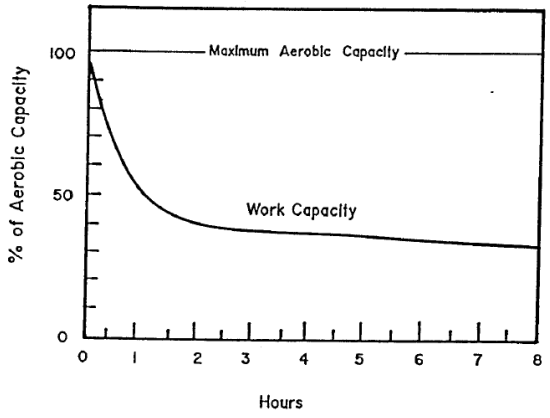
รูปที่ 4.21 Interaction Plot ที่เกิดขึ้นระหว่างสภาพการทำงานและระดับความเร็วในการทำงาน

สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินขีดจำกัดของอัตราการเต้นของหัวใจสำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้เกณฑ์เดียวกันกับเกณฑ์ขีดจำกัดของความต้องการออกซิเจน เนื่องจากอัตราการใช้ออกซิเจนและอัตราการเต้นหัวใจมีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นตรงกัน ดังรูปที่ 4.22 ดังนั้นจึงอนุมานได้ว่าเกณฑ์ขีดจำกัดของความต้องการออกซิเจนสามารถนำมาใช้กับเกณฑ์ขีดจำกัดของอัตราการเต้นของหัวใจได้เช่นกัน



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่พบระหว่างอัตราการหายใจและการใช้ออกซิเจนของร่างกาย

ซึ่งจากการศึกษาวิจัยพบว่า การทำงานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน (4-8 ชั่วโมง) สามารถกระทำได้อย่างปลอดภัยเมื่อภาระงานดังกล่าว ทำให้เกิดการใช้ออกซิเจนอยู่ในช่วง 33-50% ของค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดของบุคคลนั้นๆ เช่นเดียวกันกับ Jorgensen (1985) สำหรับการทำงานต่อเนื่องเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ได้แนะนำว่า 50% เหมาะสำหรับบุคคลที่มีการฝึกฝนมาอย่างดีแล้ว และ 30% สำหรับบุคคลที่ไม่มีการฝึกฝนมาก่อน สำหรับช่วงเวลาการทำงานที่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.23 แสดงให้เห็นเกณฑ์ขีดจำกัดของความต้องการใช้ออกซิเจนสำหรับการทำงานต่อเนื่อง ซึ่งพบว่าเมื่อจำเป็นต้องทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานานขึ้น ขีดจำกัดของความต้องการใช้ออกซิเจนที่ยอมรับได้จะถูกกำหนดให้มีค่าน้อยลง ส่วนการทำงานในระยะสั้นขีดจำกัดของความต้องการใช้ออกซิเจนจะมีค่ามากขึ้น (นริศ เจริญพร,2543 : 101-102)



รูปที่ 4.23 ค่าสัดส่วนของความต้องการใช้ออกซิเจนที่เหมาะสมเมื่อจำเป็นต้องทำงานต่อเนื่องจะถูกกำหนดให้มีค่าน้อยลงเมื่อการทำงานมีระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น

เนื่องจากงานวิจัยในส่วนนี้ ได้ทำการศึกษาอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงาน เป็นระยะเวลานาน 5 นาที จากรูปที่ 4.23 พบว่า เมื่อทำงานด้วยระยะเวลานาน 5 นาที เกณฑ์ขีดจำกัดความต้องการใช้ออกซิเจนจะอยู่ที่ 95% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ดังนั้นจึงนำเกณฑ์ดังกล่าวมาเป็นเกณฑ์ในการประเมินขีดจำกัดอัตราการเต้นหัวใจ นั่นก็คือมีค่าไม่เกิน 95% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยที่ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย สามารถพิจารณาจาก HR_{max} อยู่ที่ 220 ลบด้วยอายุของผู้ถูกทดสอบ

จากตารางที่ 4.12-4.17 เมื่อทำการพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจต่ออัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยที่ HR_{max} อยู่ที่ 220 ลบด้วยอายุของผู้ถูกทดสอบ ได้ดังตารางที่ 4.21-4.26 ซึ่งจากที่กล่าวมาแล้วนั้น เมื่อทำงานด้วยระยะเวลานาน 5 นาที เกณฑ์ขีดจำกัดอัตราการเต้นหัวใจไม่ควรเกิน 95% ของอัตราการอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

ตารางที่ 4.21 ขีดจำกัดที่ปลอดภัยของเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจต่ออัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่ระดับความเร็วปกติในการทำงาน ก่อนการปรับปรุงซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วปกติ (ไม่มีลม)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	47.51%	56.91%	55.25%	41.45%	43.01%	45.08%	53.76%	53.23%	51.61%	61.20%	67.76%	66.67%	48.09%	51.37%	56.83%	50.27%	53.48%	47.59%
1	58.56%	85.08%	74.59%	66.32%	69.43%	65.28%	67.20%	69.89%	61.29%	81.97%	90.16%	84.15%	62.30%	67.21%	67.21%	66.84%	73.26%	60.96%
2	87.85%	86.19%	81.22%	76.68%	87.05%	73.58%	71.51%	75.27%	66.67%	84.15%	92.90%	85.79%	68.31%	70.49%	71.58%	70.59%	75.94%	60.43%
3	87.85%	88.95%	86.74%	80.31%	83.94%	74.61%	65.59%	77.42%	67.20%	84.15%	95.63%	88.52%	66.12%	71.58%	73.77%	71.12%	78.61%	62.57%
4	86.74%	90.61%	87.29%	79.79%	83.94%	76.17%	74.73%	77.42%	67.20%	86.89%	95.63%	88.52%	66.12%	74.32%	74.32%	73.80%	80.75%	62.03%
5	91.16%	92.82%	86.74%	81.87%	82.90%	79.27%	72.58%	78.49%	69.35%	88.52%	97.27%	90.71%	71.58%	74.32%	73.77%	75.94%	83.42%	62.57%

ตารางที่ 4.22 ขีดจำกัดที่ปลอดภัยของเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจต่ออัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่ระดับความเร็วปกติในการทำงาน หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วปกติ (มีลม)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	48.62%	52.49%	50.83%	46.11%	44.04%	42.49%	52.69%	54.30%	55.91%	61.20%	62.84%	59.56%	50.27%	48.63%	48.63%	50.80%	50.27%	47.59%
1	72.38%	72.93%	70.17%	69.95%	67.88%	69.43%	66.67%	63.98%	61.29%	79.23%	79.23%	91.26%	61.20%	64.48%	60.11%	68.45%	68.45%	65.24%
2	70.72%	77.90%	79.56%	75.13%	82.38%	74.09%	70.43%	67.74%	65.59%	81.97%	84.15%	91.26%	62.30%	66.67%	61.20%	72.19%	71.66%	62.57%
3	73.48%	74.59%	79.56%	81.35%	83.94%	76.68%	71.51%	66.13%	69.89%	84.15%	85.25%	91.26%	66.12%	62.84%	62.84%	71.66%	69.52%	64.71%
4	80.66%	80.66%	82.87%	82.90%	81.87%	75.13%	72.58%	69.35%	67.74%	85.25%	85.79%	92.90%	67.21%	66.67%	65.57%	74.87%	65.78%	63.64%
5	79.56%	82.87%	85.08%	83.42%	82.38%	78.76%	73.12%	66.13%	68.82%	89.07%	86.34%	92.35%	67.21%	66.12%	62.30%	77.54%	68.45%	64.71%

ตารางที่ 4.23 ขีดจำกัดที่ปลอดภัยของเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจต่ออัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่ระดับความเร็วสูงในการทำงาน ก่อนการปรับปรุงซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูง (ไม่มีลม)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	51.93%	56.35%	54.70%	45.08%	42.49%	45.60%	53.76%	55.38%	56.45%	61.20%	65.57%	63.93%	49.18%	54.10%	55.19%	52.94%	54.55%	47.06%
1	85.08%	88.95%	77.90%	70.98%	73.58%	68.91%	74.19%	68.82%	70.43%	85.25%	89.07%	84.70%	71.04%	66.12%	69.40%	72.73%	68.98%	63.10%
2	96.13%	97.24%	85.08%	80.83%	84.46%	78.76%	78.49%	75.81%	75.81%	87.98%	97.27%	87.98%	72.13%	71.04%	70.49%	84.49%	79.68%	64.17%
3	97.79%	99.45%	88.95%	82.90%	86.01%	80.83%	79.57%	75.27%	78.49%	89.62%	97.81%	90.71%	72.13%	69.40%	71.58%	79.14%	82.35%	66.31%
4	97.79%	101.66%	90.06%	82.90%	87.05%	81.35%	81.18%	75.81%	81.18%	95.63%	97.27%	91.26%	72.68%	71.04%	74.32%	82.89%	82.89%	69.52%
5	99.45%	102.76%	91.71%	83.94%	86.53%	82.38%	85.48%	77.96%	80.65%	96.17%	96.17%	91.26%	75.41%	72.68%	73.22%	83.96%	83.42%	70.05%

ตารางที่ 4.24 ขีดจำกัดที่ปลอดภัยของเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจต่ออัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่ระดับความเร็วสูงในการทำงาน หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูง (มีลม)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	54.70%	55.80%	53.04%	43.01%	41.45%	45.08%	52.15%	53.76%	54.84%	62.30%	60.66%	64.48%	47.54%	50.27%	54.10%	53.48%	53.48%	47.06%
1	79.56%	86.74%	72.38%	66.84%	70.47%	68.91%	68.82%	66.13%	68.82%	83.06%	77.05%	93.99%	65.57%	62.30%	64.48%	64.71%	67.38%	67.91%
2	84.53%	91.16%	74.03%	83.42%	77.20%	74.61%	79.57%	72.04%	72.58%	87.98%	81.97%	96.72%	65.03%	62.84%	65.57%	74.33%	76.47%	70.59%
3	87.29%	95.03%	80.11%	83.94%	82.38%	79.79%	81.18%	74.19%	70.97%	89.07%	83.06%	97.27%	69.40%	65.57%	67.76%	79.68%	76.47%	68.45%
4	87.29%	98.90%	81.22%	82.90%	85.49%	79.27%	80.11%	74.73%	72.04%	91.26%	85.25%	100.55%	69.40%	65.03%	65.57%	81.28%	77.01%	68.98%
5	91.71%	99.45%	82.87%	87.05%	88.60%	84.97%	83.33%	75.81%	73.66%	93.44%	87.43%	101.64%	72.68%	69.95%	65.03%	80.75%	80.21%	71.12%

ตารางที่ 4.25 ขีดจำกัดที่ปลอดภัยของเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจต่ออัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่ระดับความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน ก่อนการปรับปรุงซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (ไม่มีลม)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	55.80%	57.46%	55.25%	46.11%	45.60%	43.01%	52.69%	53.23%	54.84%	59.02%	65.03%	62.30%	69.95%	65.03%	73.22%	52.94%	52.41%	48.13%
1	93.37%	94.48%	80.66%	77.72%	73.06%	76.17%	75.81%	69.89%	72.04%	87.43%	91.80%	90.16%	69.95%	65.03%	73.22%	73.26%	73.26%	66.84%
2	100.55%	102.21%	90.06%	87.56%	82.38%	85.49%	85.48%	77.42%	77.42%	91.80%	97.27%	92.90%	77.60%	70.49%	78.69%	77.54%	82.89%	67.38%
3	102.76%	102.76%	92.82%	90.16%	87.56%	85.49%	86.56%	78.49%	77.42%	98.36%	98.36%	98.36%	77.60%	72.68%	80.33%	81.28%	83.42%	72.19%
4	103.87%	103.31%	94.48%	91.19%	87.56%	88.60%	88.17%	81.18%	81.72%	98.36%	99.45%	101.09%	79.23%	75.41%	82.51%	81.28%	85.56%	72.19%
5	103.31%	102.76%	96.69%	90.16%	88.60%	86.53%	88.71%	80.11%	83.87%	99.45%	100.00%	101.64%	79.23%	77.60%	85.25%	79.68%	86.63%	77.54%

ตารางที่ 4.26 ขีดจำกัดที่ปลอดภัยของเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจต่ออัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่ระดับความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (มีลม)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3			ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	57.46%	50.28%	54.14%	46.63%	48.19%	46.11%	48.39%	49.46%	51.61%	54.64%	62.30%	61.75%	46.45%	50.82%	48.09%	51.87%	48.66%	49.20%
1	88.40%	90.61%	81.22%	68.39%	82.38%	76.17%	67.74%	65.59%	72.04%	87.98%	84.15%	93.44%	73.22%	62.84%	62.84%	59.89%	58.82%	65.78%
2	92.82%	60.22%	89.50%	83.94%	87.56%	90.16%	81.18%	75.81%	76.88%	90.16%	92.90%	98.91%	74.32%	69.95%	63.93%	79.68%	73.26%	68.98%
3	98.90%	83.98%	91.16%	82.38%	87.05%	94.82%	81.72%	79.03%	81.18%	93.99%	92.90%	98.91%	79.23%	69.95%	67.21%	81.82%	74.87%	65.24%
4	101.66%	83.98%	96.13%	80.31%	83.42%	92.75%	82.80%	79.57%	82.80%	93.44%	93.99%	102.19%	82.51%	73.22%	69.95%	81.82%	77.01%	68.45%
5	103.31%	87.29%	95.58%	82.90%	88.08%	94.82%	84.95%	78.49%	83.33%	93.99%	95.08%	102.19%	84.70%	71.04%	68.85%	83.96%	78.07%	70.05%

จากตารางที่ 4.21-4.26 พบว่า ในสภาพการทำงานที่ไม่มีลมพัด ความถี่ที่พบขีดจำกัดอัตราการเต้นหัวใจที่อยู่ในเกณฑ์ไม่ปลอดภัยและเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจต่ออัตราการเต้นหัวใจสูงสุดมีค่าเพิ่มสูงขึ้นกว่าสภาพการทำงานที่มีลมพัด นั่นก็แสดงว่าในสภาพการทำงานที่มีลมพัดมีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยมากกว่าสภาพที่ไม่มีลมพัด นอกจากนี้ยังพบอีกว่าผู้ถูกทดสอบบางคนในบางสภาวะมีอัตราการเต้นของหัวใจเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แต่ยังคงสามารถทำงานได้ตามปกติ โดยอาจมาจากอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดของแต่ละคนนั้นเป็นค่าที่แนะนำที่เกิดจากการคาดการณ์ไว้เท่านั้น (HR_{max} = 220 – อายุ) ไม่ใช่ค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดจริงของบุคคลนั้น เนื่องจากการหาค่าอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดจริงของบุคคลนั้นไม่สามารถทำได้ ดังนั้นจึงนำค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่คาดการณ์ไว้มาพิจารณา ซึ่งผู้ถูกทดสอบคนดังกล่าวอาจมีอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดมากกว่าค่าที่ได้คาดการณ์ไว้ โดยที่การทดสอบดังกล่าวนี้ผู้ถูกทดสอบสามารถหยุดได้ตลอดเวลาเมื่อมีความไม่ปลอดภัย รวมทั้งทางโรงงานกรณีศึกษามีแพทย์และพยาบาลประจำการอยู่ในระหว่างที่ทำการทดลอง

4.3.1.5 เปรียบเทียบจำนวนกล่องที่ยกได้และอัตราการเต้นของหัวใจในสภาพการทำงานที่มีลมพัดและไม่มีลมพัด ในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น (90 นาที)

จากผลการทดลองข้างต้นพบว่า การปรับปรุงสภาพการทำงานยก จัดเรียงสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ ด้วยการทำงานในสภาวะที่มีลมพัดที่ระดับความเร็วปกติ ความเร็วสูงและความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน ในระยะเวลาสั้น (5 นาที) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ แต่มีส่งผลต่ออัตราการการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยให้มีค่าที่ลดลง ดังนั้นทำให้มีการทดลองเพิ่มเติมด้วยการเพิ่มระยะเวลาในการทดลองให้ยาวนานขึ้น จากขั้นตอนการทดลองและวัตถุประสงค์ที่ได้

กำหนดไว้ โดยผู้ถูกทดสอบยินดีเข้าร่วมการทดสอบด้วยความสมัครใจ จำนวน 1 คน ทำการทดสอบในสภาวะที่มีและไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วปกติในการทำงาน เป็นระยะเวลายาวนานขึ้น (90 นาที) ทั้งสิ้น 1 ซ้ำ ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ก่อนเริ่มทำการทดสอบบันทึกค่าต่างๆของผู้ทดสอบ เช่น อัตราการเต้นหัวใจก่อนเริ่มทำการทดลอง และสภาพแวดล้อมในการทดลอง ได้แก่ ความเร็วลม, อุณหภูมิกระเปาะเปียก, อุณหภูมิกระเปาะแห้ง, โกลบเทอร์โมมิเตอร์, ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ, เปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) โดยการวัดความเร็วลมในการทดลองจะวัดที่ตำแหน่งของพนักงานที่ปฏิบัติงาน

2. เริ่มทำการทดสอบตามสภาวะต่างๆ คือ สภาพการทำงานก่อนการปรับปรุง ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีลมพัด และสภาพการทำงานหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด โดยในแต่ละสภาวะทำการทดลองที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ (Rating 100%) เป็นระยะเวลา 90 นาที ทั้งสิ้น 1 ซ้ำ โดยทำการทดลองในช่วงเวลา 10:00 – 16:00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ร้อนที่สุดของวัน

3. ผู้ถูกทดลองยก จัดเรียง กล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ โดยทำการบันทึกค่าจำนวนกล่องที่ยกได้และอัตราการเต้นของหัวใจทุกๆ 5 นาที จนครบ 90 นาที โดยที่ผู้ถูกทดสอบสามารถหยุดการทดสอบได้ทุกเวลา เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการทำงานเกินขีดความสามารถของร่างกาย และในระหว่างการทดลองต้องมีแพทย์และพยาบาลประจำโรงงานประจำการ เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น

4. เมื่อทำการทดสอบเสร็จในแต่ละครั้งแล้วให้ผู้ทดสอบนั่งพัก และบันทึกค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ช่วงเวลา 30 วินาที ก่อนสิ้นสุดนาทีที่ 1,2,3,4 และ 5 ในขณะพักเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ

5. ผลของการปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดเป็นไปดังตารางที่ 4.27

6. ผู้ถูกทดสอบในการทดลองส่วนนี้มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ผู้ถูกทดสอบ เป็นผู้ถูกทดสอบหมายเลข 8 อายุ 28 ปี ประสบการณ์ทำงาน 2.5 ปี ส่วนสูง 160 เซนติเมตร น้ำหนัก 60 กิโลกรัม ความดันโลหิต 133/70 (มม.ปรอท)

7. ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.28 และกราฟแสดงจำนวนกล่องที่ยกได้และอัตราการเต้นของหัวใจ ในระยะ 90 นาที ดังรูปที่ 4.24- 4.25 ตามลำดับ ในส่วนของ อัตราการเต้นของหัวใจในขณะหยุดพักหลังจากสิ้นสุดการทดลอง แสดง ดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.27 สภาวะแวดล้อมก่อนและหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด (ระยะเวลาในการทดลอง 90 นาที)

รายละเอียด	ก่อน	หลัง
ความเร็วลม (m/s)	0.00	2.61
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C	31.1	30.4
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C	38.3	38.1
โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) °C	38.3	38.2
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)	33.2	32.7
เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ %RH	59	59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปที่ 4.24 และ 4.25 พบว่า ในสภาวะที่มีลมพัดค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้มีค่ามากกว่า โดยจำนวนกล่องโดยรวมที่ยกได้เพิ่มขึ้น 16.45 % ส่วนอัตราการเต้นของหัวใจ พบว่าในสภาวะที่มีลมพัดอัตราการการเต้นของหัวใจมีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยมีลักษณะคงที่มากกว่า เนื่องจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มีค่าน้อยกว่าในสภาวะที่ไม่มีลมพัด

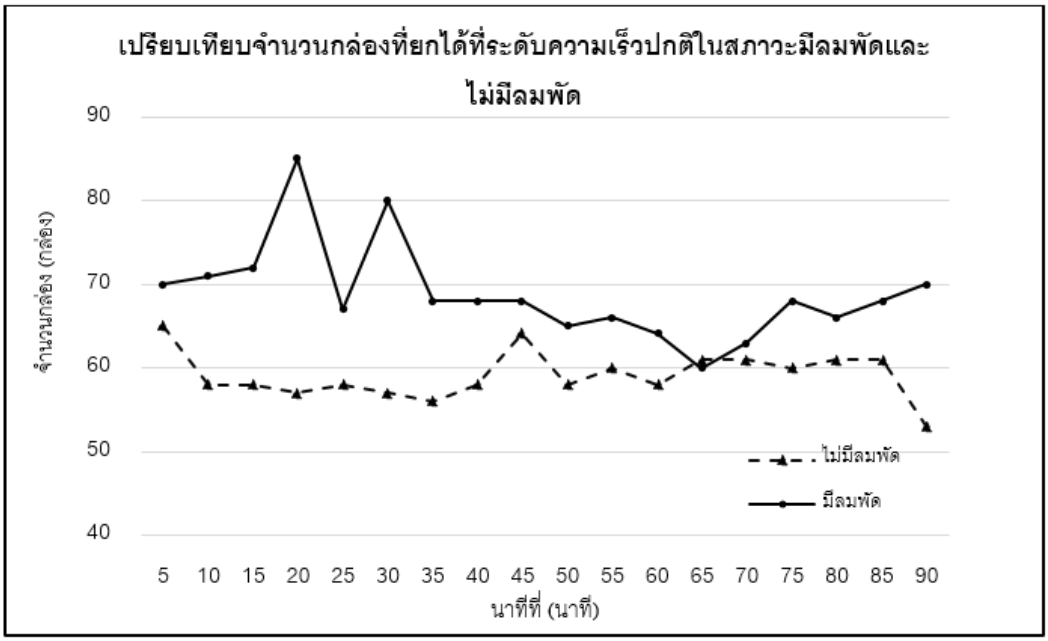
ตารางที่ 4.28 จำนวนกล่องที่ยกได้และอัตราการเต้นของหัวใจที่สภาวะการทำงานที่มีและไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วปกติในการทำงาน ในระยะเวลา 90 นาที

นาทีที่	ความเร็วปกติ			
	ไม่มีลมพัด		มีลมพัด	
	จำนวนกล่อง (กล่อง)	อัตราการเต้นหัวใจ (ครั้งต่อนาที)	จำนวนกล่อง (กล่อง)	อัตราการเต้นหัวใจ (ครั้งต่อนาที)
0		75		77
5	65	100	70	101
10	58	100	71	102
15	58	103	72	98
20	57	103	85	104
25	58	102	67	102
30	57	100	80	103
35	56	105	68	103
40	58	104	68	105
45	64	90	68	104
50	58	97	65	106
55	60	101	66	105
60	58	109	64	103
65	61	111	60	101
70	61	101	63	107
75	60	102	68	102
80	61	108	66	103
85	61	112	68	102
90	53	111	70	114
Avg.	59.11	103.28	68.83	103.61
SD.	2.85	5.51	5.82	3.31

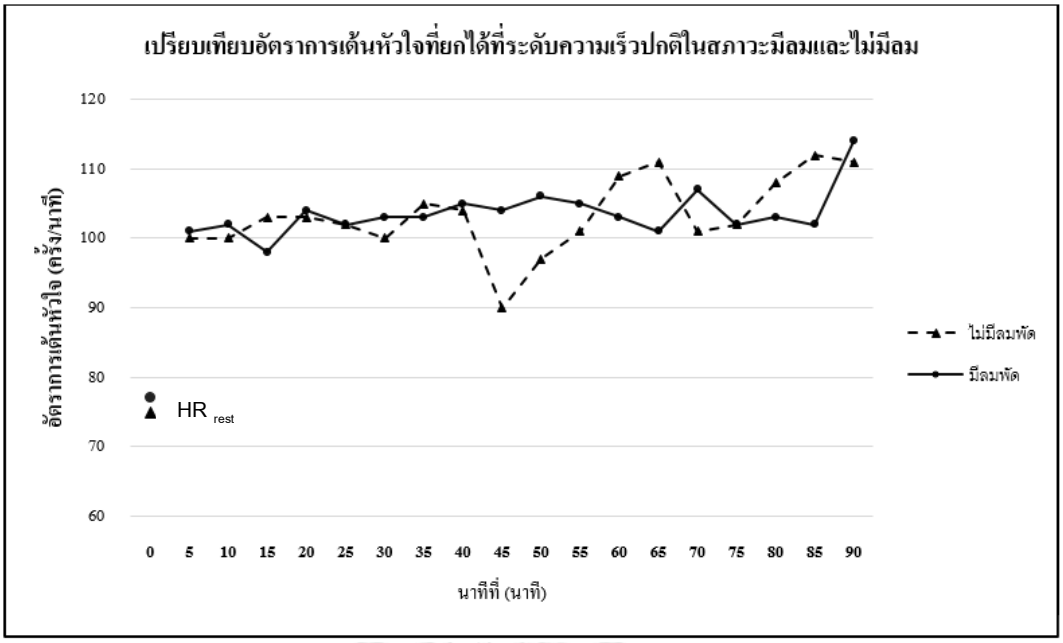
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.29 อัตราการเต้นของหัวใจในขณะหยุดพักหลังจากสิ้นสุดการทดลองที่สภาวะการทำงานที่มีและไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วปกติในการทำงาน

นาทีที่	ความเร็วปกติ	
	ไม่มีลมพัด	มีลมพัด
	อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)	อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้งต่อนาที)
0:30-1:00	96	93
1:30-2:00	95	93
2:30-3:00	92	90
3:30-4:00	84	85
4:30-5:00	86	87



รูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องที่ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติในการทำงานที่สภาวะมีลมพัดและไม่มีลมพัด (90 นาที)



รูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจที่ระดับความเร็วปกติ ในการทำงานที่สภาวะมีลมพัดและไม่มีลมพัด (90 นาที)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ ใช้การวิเคราะห์ผลทางสถิติ paired t-test เนื่องจากแต่ละคู่ของข้อมูลเก็บผลจากคนเดียวกัน ข้อมูลที่ทำการเก็บไม่เป็นอิสระต่อกัน โดยทำการทดสอบถึงค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งเป็นการสังเกตข้อมูลภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน และเงื่อนไขนี้จะเปลี่ยนแปลงไปจากคู่สังเกตหนึ่งไปยังอีกคู่สังเกตหนึ่ง การทดสอบเช่นนี้ต้องรวบรวมข้อมูลเป็นคู่และหาค่าความแตกต่างเป็นคู่ๆ (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2554 : 269)

การทดสอบสมมติฐานของปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีจำนวนกล่องที่ยกได้และอัตราการเต้นของหัวใจเป็นตัวชี้วัด ทำให้สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

4.3.1.5.1 ปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงาน (สภาพการทำงานที่มีลมพัดและไม่มีลมพัด) โดยมีจำนวนกล่องที่ยกได้เป็นตัวชี้วัด

H_0 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ยก จัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่สภาวะแวดล้อมที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ยก จัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่สภาวะแวดล้อมที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดแตกต่างกัน

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ paired t-test โดยมีจำนวนกล่องเป็นตัวชี้วัด ผลที่ได้เป็นดังรูปที่ 4.26

Paired T-Test and CI: ไม่มีลมพัด, มีลมพัด

Paired T for ไม่มีลมพัด - มีลมพัด

	N	Mean	StDev	SE Mean
ไม่มีลมพัด	18	59.11	2.85	0.67
มีลมพัด	18	68.83	5.82	1.37
Difference	18	-9.72	7.26	1.71

95% CI for mean difference: (-13.33, -6.11)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -5.68 P-Value = 0.000

รูปที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ paired t-test ต่อจำนวนกล่องในระยะเวลา 90 นาที ด้วยโปรแกรมทางสถิติ Minitab

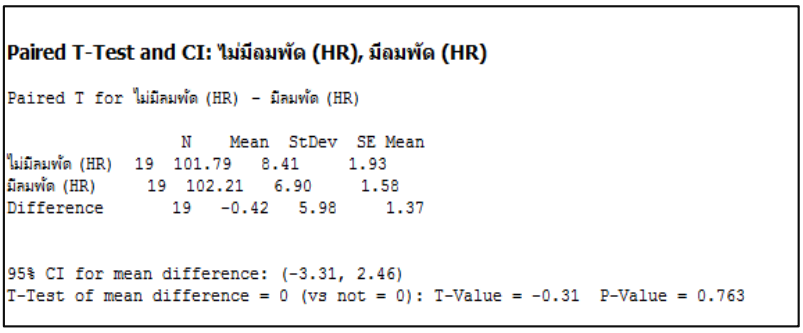
จากรูปที่ 4.26 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ paired t-test ต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ปัจจัยด้านการปรับปรุงสภาพการทำงาน (สภาพการทำงานที่มีลมพัดและไม่มีลมพัด) มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ เนื่องจากค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05

4.3.1.5.2 ปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงาน (สภาพการทำงานที่มีลมพัดและไม่มีลมพัด) โดยมีอัตราการเต้นของหัวใจเป็นตัวชี้วัด

H_0 : ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจที่สภาวะแวดล้อมที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจที่สภาวะแวดล้อมที่มีลมพัดและไม่มีลมพัดแตกต่างกัน

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ paired t-test โดยมีอัตราการเต้นของหัวใจเป็นตัวชี้วัด ผลที่ได้เป็นดังรูปที่ 4.27



Paired T-Test and CI: ไม่มีลมพัด (HR), มีลมพัด (HR)

Paired T for ไม่มีลมพัด (HR) - มีลมพัด (HR)

	N	Mean	StDev	SE Mean
ไม่มีลมพัด (HR)	19	101.79	8.41	1.93
มีลมพัด (HR)	19	102.21	6.90	1.58
Difference	19	-0.42	5.98	1.37

95% CI for mean difference: (-3.31, 2.46)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -0.31 P-Value = 0.763

รูปที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ paired t-test ต่ออัตราการเต้นหัวใจในระยะเวลา 90 นาที ด้วยโปรแกรมทางสถิติ Minitab

จากรูปที่ 4.27 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ paired t-test ต่อค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ปัจจัยด้านการปรับปรุงสภาพการทำงาน (สภาพการทำงานที่มีลมพัดและไม่มีลมพัด) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจ เนื่องจากค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ paired t-test ข้างต้น สามารถเป็นข้อสังเกตได้ว่า เมื่อทำงานด้วยระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น (90 นาที) ที่ระดับความเร็วปกติในการทำงาน สภาพการทำงานที่มีลมพัดมีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้แต่ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจในขณะทำงานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.3.1.5.3 **ขีดจำกัดที่ยอมรับได้ โดยที่อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย เมื่อปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด** (ระยะเวลาทำงานต่อเนื่องนาน 8 ชั่วโมง)

ในหัวข้อนี้ได้ทำการพิจารณาถึงขีดจำกัดอัตราการเต้นของหัวใจที่ปลอดภัยควรอยู่ที่ระดับใด เพื่อใช้เป็นข้อสังเกตในการพักระหว่างวันของพนักงาน โดยพิจารณาการทำงานที่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน 8 ชั่วโมง ซึ่งถือได้ว่าเป็นการทำงานใน 1 วัน จากที่กล่าวมาในหัวข้อที่ 4.3.1.4 แล้วนั้น สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินขีดจำกัดของอัตราการเต้นของหัวใจสำหรับงานวิจัยนี้ จะใช้เกณฑ์เดียวกันกับเกณฑ์ขีดจำกัดของความต้องการออกซิเจน เนื่องจากอัตราการใช้ออกซิเจนและอัตราการเต้นหัวใจมีความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นตรงกัน ดังนั้นจึงอนุมานได้ว่าเกณฑ์ขีดจำกัดของความต้องการออกซิเจนสามารถนำมาใช้กับเกณฑ์ขีดจำกัดของอัตราการเต้นของหัวใจได้ จากการศึกษาวิจัย Jorgensen (1985) ได้แนะนำเกณฑ์ขีดจำกัดของความต้องการออกซิเจนสำหรับการทำงานต่อเนื่องเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ว่าไม่ควรเกิน 50% ของค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งเหมาะ

สำหรับบุคคลที่มีการฝึกฝนมาอย่างดีแล้ว และ 30% ของค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดของบุคคลนั้นๆ เหมาะสำหรับบุคคลที่ไม่มีการฝึกฝนมาก่อน (นริศ เจริญพร,2543 : 101-102) และเนื่องจากผู้ถูกทดสอบคนดังกล่าวในการทดลองส่วนนี้ มีการฝึกฝนเป็นอย่างดี เพราะมีประสบการณ์ในการทำงานถึง 2.5 ปี อีกทั้งงานที่ผู้ถูกทดสอบคนนี้ทำเป็นงานยก จัดเรียง สินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่ต้องทำแทบทุกวัน ดังนั้นจึงนำเกณฑ์ขีดจำกัดความต้องการใช้ออกซิเจนที่ 50% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดมาพิจารณา ซึ่งก็แสดงว่าเกณฑ์ในการประเมินขีดจำกัดอัตราการเต้นหัวใจมีค่าเท่ากับ 50% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดด้วยเช่นกัน โดยที่ HR_{max} อยู่ที่ 220 ลบด้วยอายุของผู้ถูกทดสอบ (HR_{max} = 220 – อายุ)

ขีดจำกัดอัตราการเต้นหัวใจของผู้ถูกทดสอบคนที่ 8 ที่ 50% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเมื่อมีการทำงานต่อเนื่องด้วยระยะเวลานาน 8 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 96 ครั้งต่อนาที ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ อีกทั้งค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะทำงานของผู้ถูกทดสอบคนที่ 8 ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีลมพัดลมพัดอยู่ที่ 54.17% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด จะเห็นได้ว่าเกณฑ์ดังกล่าวไม่สามารถนำมาใช้ได้ อาจเนื่องมาจากเป็นเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของคนทั่วไป โดยเป็นเกณฑ์ของต่างประเทศ ซึ่งอาจไม่สามารถนำมาใช้ได้กับคนไทย

เมื่อเกณฑ์ดังกล่าวไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ ทางผู้วิจัยจึงนำเกณฑ์ของ Vogt (1986) มาเป็นเกณฑ์การพิจารณาว่าการทำงานจะหนักเกินภาระแล้วหรือไม่ และควรหยุดพักเมื่อใดเพื่อฟื้นฟูจากความล้าในการทำงาน สำหรับเกณฑ์วิธีการของโวกต์ (Vogt ‘s Method) ได้แบ่งภาระการตอบสนองออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจจากสภาวะความร้อน หรือ TEHB (thermal extra heart beat) และภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจจากการทำงาน หรือ MEHB (motor extra heart beat) ซึ่งมีสมการหาค่าได้ดังนี้

$$TEHB = \frac{(P_3 + P_4 + P_5)}{3} - HRR$$

$$MEHB = (P_1 + P_2 - P_3) - \frac{(P_3 + P_4 + P_5)}{3}$$

เมื่อ HRR คือ อัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยก่อนการทำงาน (ครั้ง/นาที)

P_1, P2, P3, P_4, P5 คือ อัตราการเต้นของหัวใจในช่วง 30 วินาที ก่อนสิ้นสุดนาทีที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ในขณะพักเมื่อเลิกการทำงาน

ค่าผลรวมของทั้งสองส่วน (TOTEHB : total extra heart beats) ซึ่งจะเป็นภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจทั้งหมด

สำหรับเกณฑ์การพิจารณาว่าการทำงานจะหนักเกินภาระแล้วหรือไม่นั้น Vogt (1986) ได้เสนอแนะว่าค่าภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจจากภาระความร้อน หรือ TEHB (thermal extra heart beat) และค่าภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจจากการทำงานหรือ MEHB (motor extra heart beat) ตัวใดตัวหนึ่งไม่ควรเกิน 30 ครั้งต่อนาที และค่าผลรวมของภาระการตอบสนองทั้งสองไม่ควรเกิน 40 ครั้งต่อนาที (ภาณุ บูรณจารุกร, 2539)

ตารางที่ 4.30 ค่าภาระการตอบสนองด้วยอัตราการเต้นของหัวใจที่สภาวะการทำงานที่มีและไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วปกติในการทำงาน ในระยะเวลา 90 นาที

ความเร็วปกติ					
ไม่มีลมพัด			มีลมพัด		
TEHB ≤ 30 beat/ min	MEHB ≤ 30 beat/ min	TOTEHB ≤ 40 beat/ min	TEHB ≤ 30 beat/ min	MEHB ≤ 30 beat/ min	TOTEHB ≤ 40 beat/ min
12	12	24	10	9	19

จากตารางที่ 4.30 เห็นได้ว่า การทำงานทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีลมพัดไม่เกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้นภาระการทำงานไม่หนักจนเกินไป สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย เนื่องจาก ค่าภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจจากภาระความร้อน (thermal extra heart beat - TEHB) และค่าภาระการตอบสนองด้วยการเต้นของหัวใจจากการทำงาน (motor extra heart beat- MEHB) ตัวใดตัวหนึ่งไม่เกิน 30 ครั้งต่อนาที และค่าผลรวมของภาระการตอบสนองทั้งสองไม่เกิน 40 ครั้งต่อนาที

จากแนวคิดของ Vogt ทำให้ทราบว่าภาระงานในการทำงานทั้งในสภาวะมีและไม่มีลมพัดด้วยระยะเวลานาน 90 นาที ไม่เกินขีดจำกัดภาระงานที่ยอมรับได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงทำการศึกษาช่วงเวลาพักที่เหมาะสม โดยใช้เกณฑ์เชิงพฤติกรรม ซึ่งพิจารณาจากการลดลงของผลิตภาพเป็นเกณฑ์ เนื่องจากช่วงดังกล่าวร่างกายเริ่มเกิดความล้า เริ่มเหนื่อย จึงพยายามลดความเร็วลงเพื่อให้ร่างกายได้พัก ดังนั้นจึงส่งผลให้จำนวนกล่องที่ยกได้มีค่าลดลง โดยจากรูปที่ 4.24 พบว่า เมื่อทำงานในสภาวะที่มีลมพัด จำนวนกล่องที่ยกได้เริ่มลดลงเมื่อทำงานผ่านไป 45 นาที ซึ่งมีความสอดคล้องกับตารางที่ 4.28 เมื่อระยะเวลาผ่านไป 45 นาที จำนวนกล่องที่ยกได้มีค่าน้อยกว่าจำนวนกล่องโดยเฉลี่ยที่ยกได้ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง โดยที่ในช่วงระยะเวลาทำงานตั้งแต่เริ่มต้น จนถึง 45 นาที จำนวนกล่องโดยเฉลี่ยที่ยกได้มีค่าเท่ากับ 72 กล่องต่อ 5 นาที ในขณะ

ที่ หลังจากทำงานผ่านไป 45 นาที จนถึง 90 นาที จำนวนกล่องโดยเฉลี่ยที่ยกได้มีค่าเท่ากับ 65 กล่องต่อ 5 นาที ดังนั้นเพื่อเป็นการลดความล้าในการทำงานที่ส่งผลต่อผลิตภาพ จึงควรทำการพักทุก ๆ 45 นาที เพื่อให้ร่างกายได้ฟื้นตัว

4.3.2 การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

4.3.2.1 ผลกระทบต่อผลิตผลจากการปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

4.3.2.1.1 จำนวนกล่องที่ยก

เมื่อผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ทำการทดลองโดยยก จัดเรียง กล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งมีการปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย ทั้ง 3 ระดับความเร็วในการทำงาน เป็นระยะเวลานาน 5 นาที โดยมีการบันทึกค่าจำนวนกล่องที่ยกได้ทุกๆ นาทีทั้งสิ้น 3 ซ้ำ ซึ่งผลของผลิตภาพแสดงดังตารางที่ 4.32 – 4.37

ตารางที่ 4.31 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติก่อนการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

นาทีที่	ความเร็วปกติ (ไม่มีโต๊ะ)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 7			ผู้ถูกทดสอบ 8			ผู้ถูกทดสอบ 9			ผู้ถูกทดสอบ 10		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	10	10	10	10	11	10	9	9	10	10	10	11	7	8	7	8	9	10
2	9	10	8	10	10	8	8	8	9	9	9	9	7	7	6	7	8	8
3	10	10	9	9	9	9	9	8	9	10	8	11	7	6	7	7	7	9
4	9	9	9	9	9	9	8	8	9	8	9	9	6	7	6	8	9	10
5	9	10	8	9	10	9	9	8	9	8	9	10	7	6	6	7	7	9

ตารางที่ 4.32 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติหลังการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

นาทีที่	ความเร็วปกติ (มีโต๊ะ)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 7			ผู้ถูกทดสอบ 8			ผู้ถูกทดสอบ 9			ผู้ถูกทดสอบ 10		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	9	10	9	10	9	9	7	8	9	9	9	11	6	6	7	7	7	9
2	8	8	8	10	9	8	7	8	8	9	8	11	6	6	6	6	7	7
3	9	9	8	9	8	8	6	8	8	8	7	10	6	5	6	6	5	8
4	8	8	8	9	9	7	6	7	9	9	8	9	6	6	6	7	8	8
5	9	9	8	9	9	9	6	7	8	8	8	11	5	6	6	6	7	8

ตารางที่ 4.33 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงก่อนการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

นาทีที่	ความเร็วสูง (ไม่มีโต๊ะ)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 7			ผู้ถูกทดสอบ 8			ผู้ถูกทดสอบ 9			ผู้ถูกทดสอบ 10		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	13	13	13	12	13	11	11	11	11	11	11	13	11	9	9	10	10	10
2	13	14	12	10	13	11	9	11	11	10	9	12	10	9	10	8	9	8
3	11	13	12	13	13	10	10	10	11	10	10	13	10	10	8	8	8	9
4	11	11	11	12	12	11	10	10	10	10	10	12	8	9	9	8	9	9
5	11	12	10	11	13	12	10	11	11	10	11	11	9	9	10	9	9	9

ตารางที่ 4.34 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงหลังการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

นาทีที่	ความเร็วสูง (มีโต๊ะ)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 7			ผู้ถูกทดสอบ 8			ผู้ถูกทดสอบ 9			ผู้ถูกทดสอบ 10		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	11	12	10	10	11	10	10	11	10	10	10	10	9	8	9	9	9	9
2	11	10	10	11	10	8	10	11	9	10	10	10	8	8	8	8	9	7
3	10	11	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	9	8	8	8	8	8
4	10	10	8	10	11	9	10	10	9	11	9	11	9	8	8	7	8	8
5	10	11	10	11	10	9	9	10	10	10	10	10	8	8	7	9	9	8

ตารางที่ 4.35 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงสุดก่อนการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

นาทีที่	ความเร็วสูงสุด (ไม่มีโต๊ะ)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 7			ผู้ถูกทดสอบ 8			ผู้ถูกทดสอบ 9			ผู้ถูกทดสอบ 10		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	14	14	13	15	16	12	12	12	13	13	13	15	15	13	13	11	11	12
2	14	12	13	15	15	11	11	12	12	12	12	14	15	12	12	9	11	11
3	14	12	13	15	14	12	11	11	12	12	12	14	13	12	13	10	10	11
4	13	11	13	15	15	11	12	11	12	12	12	14	14	12	11	10	11	11
5	14	11	12	14	14	12	12	11	12	11	11	14	14	13	12	10	9	10

ตารางที่ 4.36 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงสุดหลังการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

นาทีที่	ความเร็วสูงสุด (มีโต๊ะ)																	
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 7			ผู้ถูกทดสอบ 8			ผู้ถูกทดสอบ 9			ผู้ถูกทดสอบ 10		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	13	14	12	13	13	11	11	13	12	12	13	14	13	11	10	10	11	10
2	12	12	12	11	11	11	10	13	10	11	11	11	12	10	10	9	9	10
3	12	12	10	12	12	11	10	12	12	11	11	10	11	10	11	10	9	10
4	11	11	11	11	12	10	10	12	10	11	11	13	12	10	11	8	9	10
5	11	11	12	11	12	11	10	13	11	11	11	12	12	11	11	10	9	9

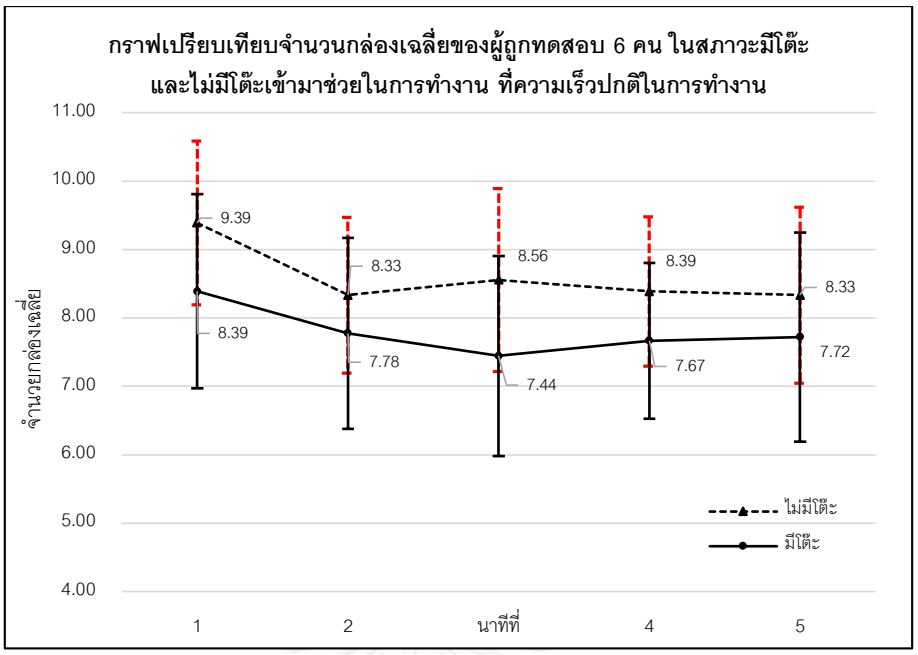
4.3.2.1.2 เปรียบเทียบจำนวนกล่องที่ยกได้เฉลี่ยต่อคนในสภาพการทำงานที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

เมื่อทำการวัดค่าของผลิตภาพจากจำนวนกล่องสินค้าเฉลี่ยที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ในแต่ละนาที ที่สภาพการทำงานที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย เป็นระยะเวลา 5 นาที จำนวน 3 ซ้ำ ซึ่งเมื่อนำผลทางผลิตภาพที่ได้จากการทดลองในสภาวะการทำงานต่างๆ ดังตารางที่ 4.31 – 4.36 มาพิจารณา โดยทำการพิจารณาจำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ในแต่ละนาที และคำนวณให้อยู่ในรูปของจำนวนกล่องสินค้าเฉลี่ยต่อคนที่ยกได้ในแต่ละนาที ซึ่งค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แสดง ดังตารางที่ 4.37 และรูปที่ 4.28-4.30

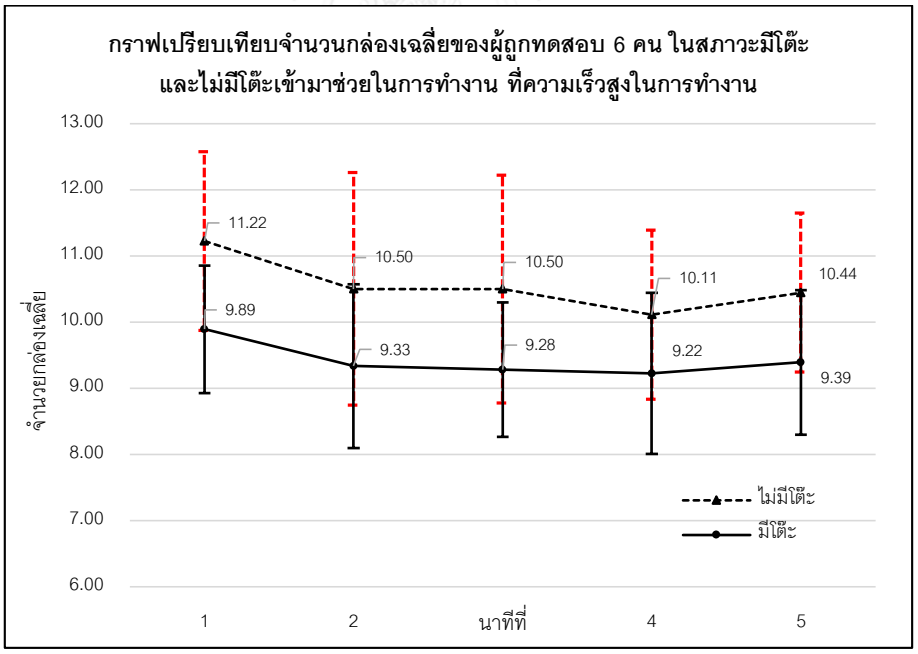
ตารางที่ 4.37 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของจำนวนกล่องสินค้าต่อคนที่ทำการยก จัด เรียงในแต่ละนาทีในสภาวะการทำงานต่างๆ เมื่อมีการนำโต๊ะเข้ามาช่วย

นาทีที่	ไม่มีโต๊ะ						มีโต๊ะ					
	ความเร็วปกติ		ความเร็วสูง		ความเร็วสูงที่สุด		ความเร็วปกติ		ความเร็วสูง		ความเร็วสูงที่สุด	
	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	9.39	1.20	11.22	1.35	13.17	1.42	8.39	1.42	9.89	0.96	12.00	1.33
2	8.33	1.14	10.50	1.76	12.39	1.65	7.78	1.40	9.33	1.24	10.83	1.10
3	8.56	1.34	10.50	1.72	12.28	1.41	7.44	1.46	9.28	1.02	10.89	0.96
4	8.39	1.09	10.11	1.28	12.22	1.48	7.67	1.14	9.22	1.22	10.72	1.18
5	8.33	1.28	10.44	1.20	12.00	1.57	7.72	1.53	9.39	1.09	11.00	1.03

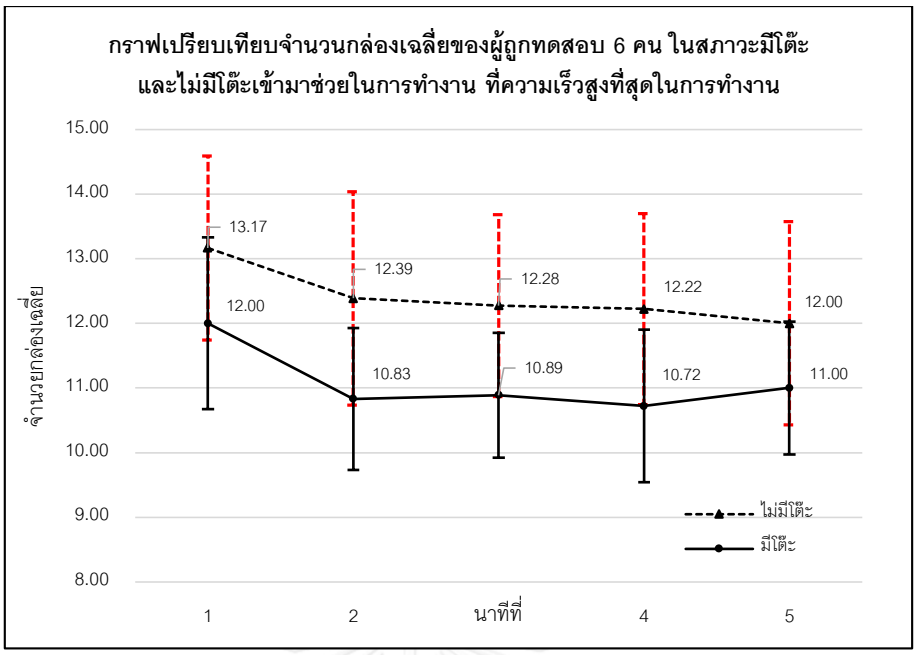
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.28 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้ในสภาวะที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะที่ระดับความเร็วปกติในการทำงาน



รูปที่ 4.29 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้ในสภาวะที่มีโต๊ะและไม่โต๊ะที่ระดับความเร็วสูงในการทำงาน



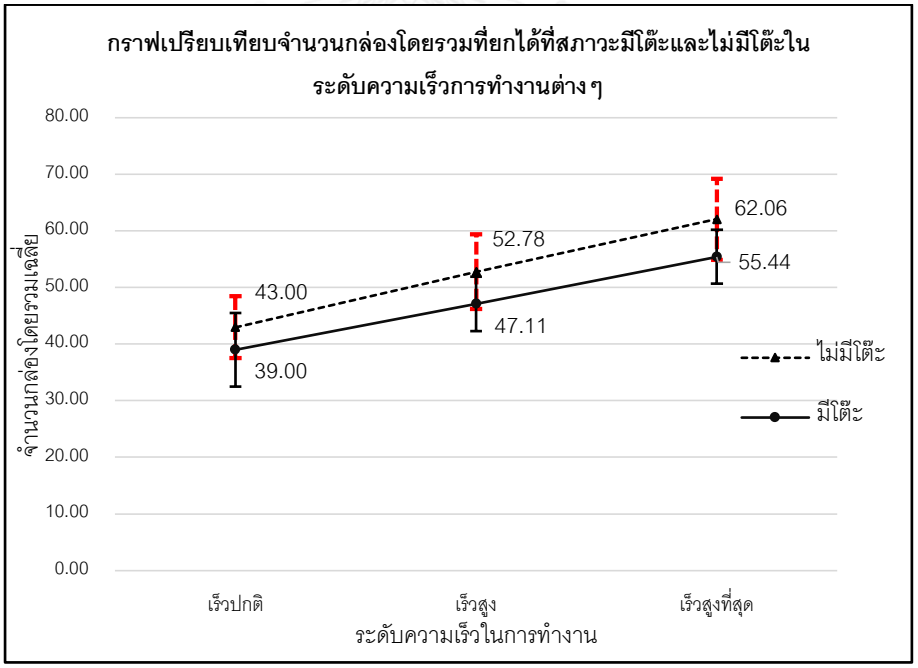
รูปที่ 4.30 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้ในสภาวะที่มีโต๊ะ และไม่มีโต๊ะที่ความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน

จากตารางที่ 4.37 และรูปที่ 4.28-4.30 พบว่า สภาพการทำงานที่นำโต๊ะเข้ามาช่วย ที่ระดับความเร็วในการทำงานทั้ง 3 ระดับ นั่นก็คือ ความเร็วปกติ ความเร็วสูง และความเร็วสูงที่สุด จำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้มีค่าลดลง (ผลิตภาพลดลง) ทุกระดับความเร็วในการทำงาน โดยมีแนวโน้มลดลงเป็นในทิศทางเดียวกันทั้งในสภาวะที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ นอกจากนี้เมื่อระยะเวลาในการทำงานยาวนานขึ้น จำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้ต่อนาทีมีแนวโน้มลดลง ซึ่งก็เกิดจากความล้าที่เกิดขึ้นในการทำงาน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าอัตราการลดลงของจำนวนกล่องที่ยกได้โดยเฉลี่ยในสภาวะที่มีโต๊ะน้อยกว่าในสภาวะที่ไม่มีโต๊ะ เช่นเดียวกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่พบว่า ในสภาวะการทำงานที่มีโต๊ะส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อยกว่าในสภาวะที่ไม่มีโต๊ะ ซึ่งเกิดมาจากความล้าที่เกิดขึ้นในสภาวะที่มีโต๊ะน้อยกว่า ทำให้ร่างกายสามารถควบคุมอัตราเร็วในการยกได้ดีกว่า

เมื่อทำการวัดผลิตภาพจากผลรวมเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ยกได้ ภายในระยะเวลา 5 นาที จำนวน 3 ซ้ำ ในสภาวะที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ และคำนวณให้อยู่ในรูปของผลรวมของจำนวนกล่องสินค้าเฉลี่ยต่อคนที่ยกได้ในระยะเวลา 5 นาที โดยสามารถแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ได้ดังตารางที่ 4.38 และรูปที่ 4.31

ตารางที่ 4.38 ผลรวมเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ที่สภาวะและระดับความเร็วในการทำงานต่างๆ เมื่อนำโต๊ะเข้ามาช่วย

การปรับปรุงสภาพการทำงาน	ความเร็วในการทำงาน								
	ความเร็วปกติ			ความเร็วสูง			ความเร็วสูงที่สุด		
	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซนต์ผลต่าง (เทียบกับสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ)	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซนต์ผลต่าง (เทียบกับสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ)	จำนวนกล่องเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซนต์ผลต่าง (เทียบกับสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ)
ไม่มีโต๊ะ	43.00	5.51	0	52.78	6.61	22.74%	62.06	7.14	44.32%
มีโต๊ะ	39.00	6.52	-9.30%	47.11	4.85	9.56%	55.44	4.78	28.94%



รูปที่ 4.31 กราฟเปรียบเทียบจำนวนกล่องเฉลี่ยโดยรวมที่ยกได้ที่สภาวะมีโต๊ะและไม่มีโต๊ะในระดับความเร็วการทำงานต่างๆ

จากตารางที่ 4.38 และรูปที่ 4.31 พบว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ระหว่างสภาวะการนำโต๊ะและไม่ได้นำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย ที่ระดับความเร็วต่างๆ เป็นเปอร์เซนต์เทียบกับค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ในสภาวะไม่มีโต๊ะที่ระดับความเร็วปกติ พบว่าการทำงานในสภาวะมีโต๊ะที่ระดับความเร็วปกติส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ลดลง 9.30% ในขณะที่ระดับความเร็วสูงค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ลดลง 13.18% และที่ระดับความเร็วสูงที่สุดค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ลดลง 15.37% จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ในสภาวะที่นำโต๊ะเข้ามาช่วยมีค่าลดลงไม่ว่าที่ระดับความเร็วใดก็ตาม ที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ทำงานได้ทำให้การใช้โต๊ะกลายเป็นการกีดขวางการทำงาน ดังนั้นจึงควรศึกษาถึงรูปร่าง ความสูงของโต๊ะเพิ่มเติม รวมถึงการออกแบบที่ส่งผลให้ผลิตภาพไม่ลดลงและมีความปลอดภัยต่อพนักงานที่ปฏิบัติงาน เช่น โต๊ะสามารถปรับระดับความสูงได้ตามความเหมาะสมของพนักงานแต่ละคน รูปร่างโต๊ะมีลักษณะลาดเอียงเพื่อสะดวกต่อการขนย้าย นอกจากนี้อาจศึกษาถึงการนำอุปกรณ์ชนิดอื่นที่มีต้นแบบแนวเดียวกับโต๊ะ เช่น สายพาน มาประยุกต์ใช้ โดยคำนึงถึงผลิตภาพและความปลอดภัยสูงสุด

4.3.2.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

หลังจากได้ผลการทดลอง จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คนยกได้ในแต่ละช่วงเวลาเป็นระยะเวลา 5 นาที ในสภาพการทำงานที่นำโต๊ะและไม่ได้นำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย ที่ระดับความเร็วในการทำงานทั้ง 3 ระดับความเร็ว นั่นคือ ความเร็วปกติ ความเร็วสูง ความเร็วสูงที่สุด ทั้งสิ้น 3 ซ้ำ (ดังในตารางที่ 4.31-4.36) ซึ่งการวิเคราะห์ผลการทดลองได้ใช้การทดสอบสมมติฐานของความแตกต่างใน 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงาน และปัจจัยด้านระดับความเร็วในการทำงานของผู้ถูกทดลองทั้ง 6 คน

จากการทดสอบสมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยนั้น เป็นการทดสอบแบบการจำแนกสองทาง (Two-Way- ANOVA) ซึ่งเป็นการสนใจศึกษาผลกระทบของปัจจัยสอง ปัจจัยต่อตัวแปรตอบสนองที่ระดับต่างกัน (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2551:72) ทำให้สามารถตั้งสมมติฐานสำหรับการทดลองในแต่ละปัจจัยได้ดังนี้

ปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงาน (สภาวะที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ)

H_0 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ยก จัดเรียง เข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่สภาวะแวดล้อมที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ยก จัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่สภาวะแวดล้อมที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะแตกต่างกัน

ปัจจัยทางด้านระดับความเร็วในการทำงาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ยก จัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วปกติ ความเร็วสูง และความเร็วสูงที่สุดในการทำงานไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ยก จัดเรียงเข้าตู้คอนเทนเนอร์ที่ระดับความเร็วปกติ ความเร็วสูง และความเร็วสูงที่สุดในการทำงานแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

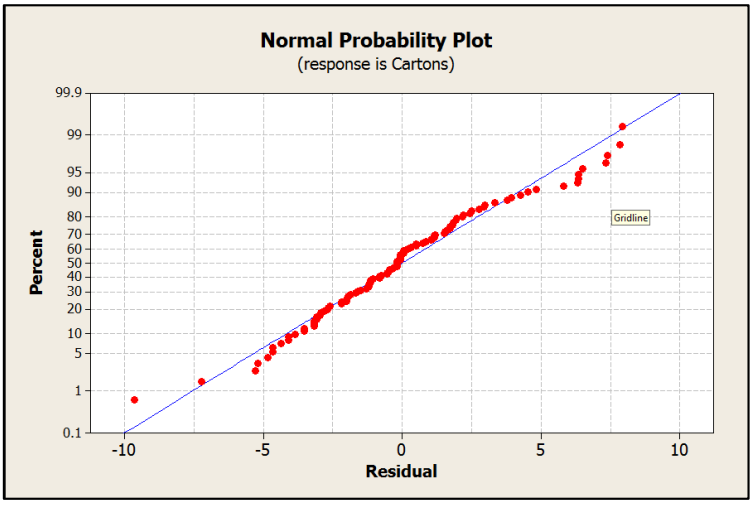
จากการกำหนดปัจจัยในการทดลอง โดยมีระดับปัจจัยต่างๆดังนี้ ปัจจัยด้านสภาพการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ สภาพการทำงานที่นำโต๊ะและไม่ได้นำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย และระดับความเร็วในการทำงาน แบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ ระดับความเร็วปกติ ระดับความเร็วสูง และระดับความเร็วสูงที่สุด โดยการทดสอบได้ทำในผู้ถูกทดสอบ 6 คน จำนวนทั้งสิ้น 3 ซ้ำ ซึ่งการทดสอบเป็นแบบ Full Factorial Design โดยในส่วนแรกเป็นการทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

4.3.2.1.3.1 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง

โดยก่อนที่ทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนนั้นต้องทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง โดยควรทำทุกครั้งภายหลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองเสร็จสิ้น (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2551:190-192) ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.31-4.36 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก. การตรวจสอบการแจกแจงปกติ

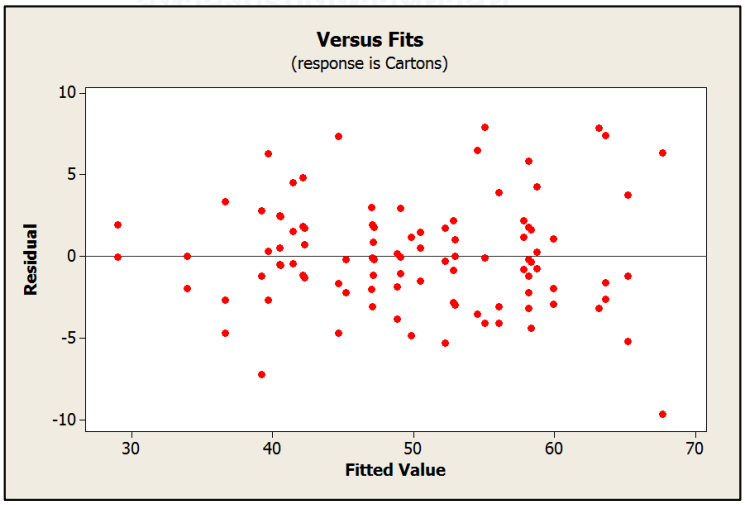
โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองว่าชุดข้อมูลของจำนวนกล่องโดยรวมที่ยกได้มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยทำการตรวจสอบข้อสมมติฐานทางด้านการกระจายแบบปกติของข้อมูลการทดลอง ใช้การพล็อตกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability Plot) ถ้าเป็นการกระจายแบบปกติ กราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งจากการนำผลการทดลองของจำนวนกล่องโดยรวมที่ยกได้ที่ สภาพการทำงานที่นำโต๊ะและไม่ได้นำโต๊ะเข้ามาช่วย และที่ระดับความเร็วในการทำงาน มาพล็อตกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability Plot) เป็นดังรูปที่ 4.32 โดยพบว่าข้อมูลผลการทดลองของจำนวนกล่องที่ยกได้ในแต่ละนาทีมีการกระจายแบบปกติ กราฟมีการกระจายตัวในแนวเส้นตรง



รูปที่ 4.32 แผนภาพการตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลจำนวนกล่องที่ยกได้ในสภาพการทำงานที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ

ข. การตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่

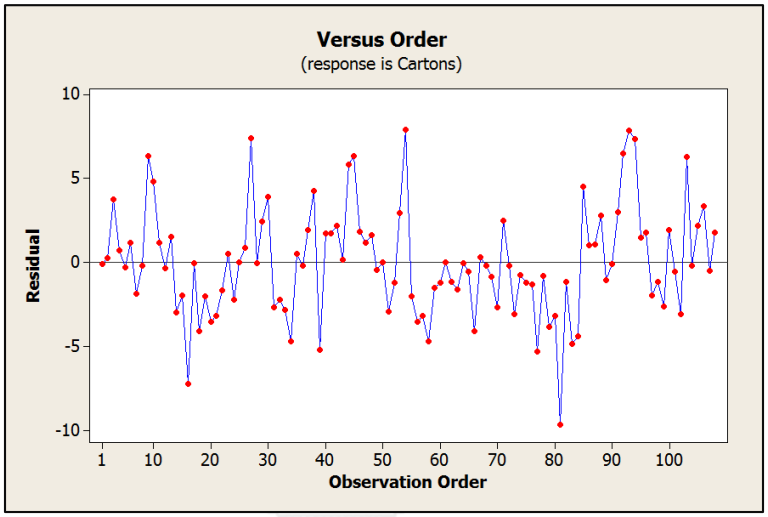
การตรวจสอบการแปรปรวนคงที่เป็นการพล็อตกราฟระหว่างค่าความผิดพลาด (Residuals) กับค่าประมาณการทดลองที่ระดับใดๆ ซึ่งควรมีแนวโน้มการกระจายแบบสุ่ม (ไม่มีรูปแบบ) และไม่เกิดแนวโน้มของรูปทรงลักษณะลำโพง ซึ่งแสดงถึงความแปรปรวนไม่คงที่ จากตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่ ดังรูปที่ 4.33 พบว่า จำนวนกล่องที่ทำการยกได้ หรือค่าผลิตภาพมีแนวโน้มการกระจายแบบสุ่ม (ไม่มีรูปแบบ) และไม่เกิดแนวโน้มของรูปทรงลักษณะลำโพง ดังนั้นข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นข้อมูลที่มีความแปรปรวนคงที่



รูปที่ 4.33 การตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่ของข้อมูลจำนวนกล่องที่ยกได้ในสภาพการทำงานที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ

ค. การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล เป็นการพล็อตกราฟระหว่างค่าความผิดพลาด (Residuals) และลำดับที่ของการทดลอง ซึ่งกราฟต้องเป็นลักษณะที่มีการกระจายตัวแนวโน้มที่ไม่แน่นอน ที่ไม่สามารถคาดเดาค่าในอนาคตได้ ไม่มีแนวโน้มขึ้นหรือลงอย่างเดียว จากรูปที่ 4.34 พบว่า การกระจายตัวมีแนวโน้มที่ไม่แน่นอน ไม่สามารถคาดเดาค่าในอนาคตได้ ดังนั้นข้อมูลจึงมีความเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 4.34 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลจำนวนกล่องที่ยกได้ในสภาพการทำงานที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ

จากรูปที่ 4.32-4.34 เห็นได้ว่าผลการทดลองที่ได้นั้น เป็นไปตามหลักความเหมาะสมของตัวแบบจำลองนั่นก็แสดงว่ามีคุณสมบัติสามารถที่นำไปวิเคราะห์หาความแปรปรวนต่อไป

4.3.2.1.3.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยของการปรับปรุงสภาพการทำงาน ด้วยการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย (สภาพการทำงานที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ) และระดับความเร็วในการทำงานของผู้ถูกทดลองทั้ง 6 คน (ระดับความเร็วปกติ, ความเร็วสูงและความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน) โดยทำการทดสอบว่าปัจจัยดังกล่าวส่งผลกระทบต่อผลิตภาพ ซึ่งวัดค่าจากจำนวนกล่องที่ยกเข้าได้ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทำการตรวจสอบถึงผลของปัจจัยเหล่านี้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อนำผลจากการทดลองมาวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติ Minitab วิเคราะห์ความแปรปรวน ด้วยระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ได้ผลดังรูปที่ 4.35

General Linear Model: Cartons versus Subject, Working Condition, Ratting

Factor	Type	Levels	Values
Subject	fixed	6	1, 2, 3, 4, 5, 6
Working Condition	fixed	2	ไม่ใช้โต๊ะ, ใช้โต๊ะ
Rating	fixed	3	เร็วปกติ, เร็วสูง, เร็วที่สุด

Analysis of Variance for Cartons, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Subject	5	1910.38	1910.38	382.08	27.89	0.000
Working Condition	1	794.90	794.90	794.90	58.03	0.000
Rating	2	5671.24	5671.24	2835.62	207.00	0.000
Subject*Working Condition	5	69.49	69.49	13.90	1.01	0.415
Subject*Rating	10	533.09	533.09	53.31	3.89	0.000
Working Condition*Rating	2	31.46	31.46	15.73	1.15	0.322
Error	82	1123.31	1123.31	13.70		
Total	107	10133.88				

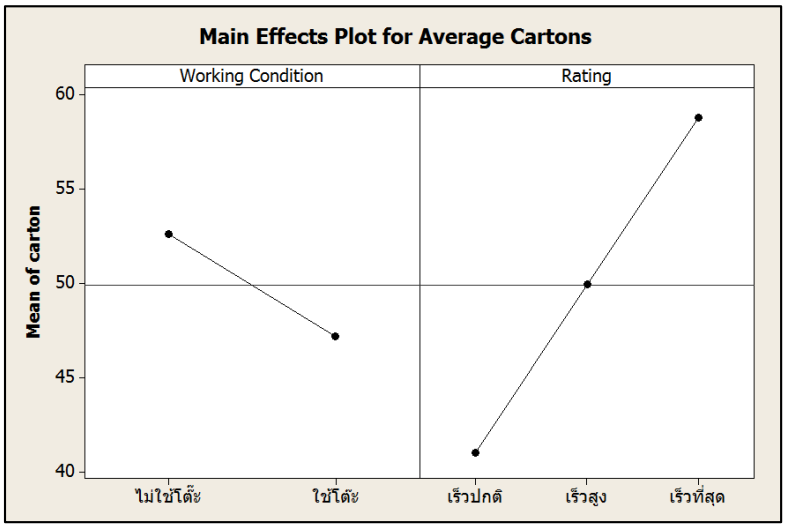
S = 3.70121 R-Sq = 88.92% R-Sq(adj) = 85.54%

รูปที่ 4.35 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนกล่องสินค้าที่ยกได้ในสภาพการทำงานที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ

จากรูปที่ 4.35 พบว่าจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลกระทบหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ยกได้ ได้แก่ ปัจจัยด้านการปรับปรุงสภาพการทำงานด้วยการนำโต๊ะเข้ามาช่วย และระดับความเร็วในการทำงาน (ค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05) หรืออาจกล่าวได้ว่าปัจจัยดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ โดยที่ไม่พบอิทธิพลร่วมกันระหว่างการปรับปรุงสภาพการทำงาน (สภาพการทำงานที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ) และระดับความเร็วในการทำงาน (ค่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05)

จากรูปที่ 4.36 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนข้างต้นสอดคล้องกับ Main Effect Plot ของผลการทดลอง โดยพบว่า ปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงานโดยการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องสินค้าที่ยกได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยจากกราฟจำนวนกล่องที่ยกได้ที่สภาพการทำงานที่มีโต๊ะมีค่าน้อยกว่าในสภาพการทำงานที่ไม่มีโต๊ะ และในส่วนของปัจจัยทางด้านความเร็วในการทำงาน พบว่าปัจจัยนี้มีผลต่อค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้ โดยที่ค่าเฉลี่ยของจำนวนกล่องที่ยกได้เป็นไปตามความเร็วในการทำงาน นั่นก็คือ เมื่อทำงานด้วยความเร็วสูงที่สุด จำนวนกล่องที่ยกได้มีค่ามากกว่า การทำงานที่ระดับความเร็วปกติและความเร็วสูง ในส่วนของผลกระทบร่วมกันระหว่างการปรับปรุงสภาพการทำงานและระดับความเร็วในการทำงานไม่พบอิทธิพลร่วมกันอย่างมีนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4.36 Main Effect Plot ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนกล่องสินค้าที่ยกได้เมื่อมีการนำโต๊ะเข้ามาช่วย

4.3.2.2 **ผลกระทบต่อความปลอดภัยจากการปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย**

4.3.2.2.1 **ท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัยที่พบ (ท่าสตูพ)**

ท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัยที่พบ ในสภาพการทำงานที่นำโต๊ะและไม่ได้นำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย โดยในการทดลองผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ได้ทำการยกกล่อง เป็นระยะเวลา 5 นาที จำนวน 3 ซ้ำ ที่สภาพการทำงานต่างๆ ซึ่งเมื่อทำการพิจารณาจำนวนท่าทางที่ไม่ปลอดภัยที่พบ (ท่าสตูพ) ในแต่ละสภาวะการทดลอง โดยคำนวณให้อยู่ในรูปของเปอร์เซนต์ท่าทางที่ไม่ปลอดภัยที่พบรวมไปถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ในสภาวะนั้นๆ ดังตารางที่ 4.39 – 4.44

ตารางที่ 4.39 จำนวนท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ที่ระดับความเร็วปกติในการทำงานก่อนการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

ผู้ถูกทดสอบ	ความเร็วปกติ (ไม่มีโต๊ะ)					
	ซ้ำ	ท่าทางทั้งหมด	ท่าทางที่ไม่ปลอดภัย	%ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย	ค่าเฉลี่ยของ % ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย	SD. ของ % ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย
1	1	86	46	53.49%	49.33%	0.04
	2	89	42	47.19%		
	3	93	44	47.31%		
2	1	122	65	53.28%	53.56%	0.02
	2	125	69	55.20%		
	3	113	59	52.21%		
7	1	73	39	53.42%	44.45%	0.10
	2	88	41	46.59%		
	3	84	28	33.33%		
8	1	107	52	48.60%	54.06%	0.05
	2	116	68	58.62%		
	3	111	61	54.95%		
9	1	69	33	47.83%	46.98%	0.07
	2	75	30	40.00%		
	3	64	34	53.13%		
10	1	79	41	51.90%	52.93%	0.02
	2	79	44	55.70%		
	3	84	43	51.19%		

ตารางที่ 4.40 จำนวนท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ที่ระดับความเร็วปกติในการทำงานหลังการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

ผู้ถูกทดสอบ	ความเร็วปกติ (มีโต๊ะ)					
	ซ้ำ	ท่าทางทั้งหมด	ท่าทางที่ไม่ปลอดภัย	%ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย	ค่าเฉลี่ยของ % ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย	SD. ของ % ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย
1	1	43	15	34.88%	35.13%	0.01
	2	44	16	36.36%		
	3	41	14	34.15%		
2	1	47	18	38.30%	34.70%	0.03
	2	44	15	34.09%		
	3	41	13	31.71%		
7	1	32	11	34.38%	37.15%	0.05
	2	38	13	34.21%		
	3	42	18	42.86%		
8	1	43	18	41.86%	35.43%	0.08
	2	40	15	37.50%		
	3	52	14	26.92%		
9	1	29	11	37.93%	40.49%	0.04
	2	29	13	44.83%		
	3	31	12	38.71%		
10	1	32	10	31.25%	32.87%	0.02
	2	34	11	32.35%		
	3	40	14	35.00%		

ตารางที่ 4.41 จำนวนท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ที่ระดับความเร็วสูงในการทำงานก่อนการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

ผู้ถูกทดสอบ	ความเร็วสูง (ไม่มีโต๊ะ)					
	ซ้ำ	ท่าทางทั้งหมด	ท่าทางที่ไม่ปลอดภัย	% ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย	ค่าเฉลี่ยของ % ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย	SD. ของ % ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย
1	1	101	49	48.51%	48.02%	0.03
	2	111	50	45.05%		
	3	103	52	50.49%		
2	1	136	79	58.09%	56.56%	0.02
	2	129	71	55.04%		
	3	122	69	56.56%		
7	1	86	45	52.33%	48.34%	0.06
	2	91	47	51.65%		
	3	95	39	41.05%		
8	1	118	59	50.00%	52.05%	0.04
	2	121	69	57.02%		
	3	116	57	49.14%		
9	1	84	37	44.05%	42.38%	0.04
	2	81	31	38.27%		
	3	87	39	44.83%		
10	1	92	54	58.70%	62.08%	0.05
	2	90	61	67.78%		
	3	87	52	59.77%		

ตารางที่ 4.42 จำนวนท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ที่ระดับความเร็วสูงในการทำงานหลังการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

ผู้ถูกทดสอบ	ความเร็วสูง (มีโต๊ะ)					
	ซ้ำ	ท่าทางทั้งหมด	ท่าทางที่ไม่ปลอดภัย	% ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย	ค่าเฉลี่ยของ % ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย	SD. ของ % ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย
1	1	52	20	38.46%	35.28%	0.03
	2	54	18	33.33%		
	3	47	16	34.04%		
2	1	51	19	37.25%	34.81%	0.05
	2	51	15	29.41%		
	3	45	17	37.78%		
7	1	49	17	34.69%	36.94%	0.02
	2	52	19	36.54%		
	3	48	19	39.58%		
8	1	51	17	33.33%	34.82%	0.03
	2	49	16	32.65%		
	3	52	20	38.46%		
9	1	43	13	30.23%	34.24%	0.05
	2	40	16	40.00%		
	3	40	13	32.50%		
10	1	41	14	34.15%	36.23%	0.03
	2	43	17	39.53%		
	3	40	14	35.00%		

ตารางที่ 4.43 จำนวนท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ที่ระดับความเร็วสูงสุดในการทำงานก่อนการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

ผู้ถูกทดสอบ	ความเร็วสูงสุด (ไม่มีโต๊ะ)					
	ซ้ำ	ท่าทางทั้งหมด	ท่าทางที่ไม่ปลอดภัย	% ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย	ค่าเฉลี่ยของ % ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย	SD. ของ % ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย
1	1	115	65	56.52%	52.97%	0.04
	2	122	66	54.10%		
	3	116	56	48.28%		
2	1	149	76	51.01%	54.36%	0.05
	2	146	88	60.27%		
	3	139	72	51.80%		
7	1	108	70	64.81%	52.94%	0.10
	2	98	45	45.92%		
	3	104	50	48.08%		
8	1	126	75	59.52%	58.02%	0.04
	2	133	81	60.90%		
	3	138	74	53.62%		
9	1	84	39	46.43%	49.81%	0.04
	2	98	53	54.08%		
	3	92	45	48.91%		
10	1	107	71	66.36%	62.08%	0.05
	2	104	66	63.46%		
	3	101	57	56.44%		

ตารางที่ 4.44 จำนวนท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ที่ระดับความเร็วสูงสุดในการทำงานหลังการนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

ผู้ถูกทดสอบ	ความเร็วสูงสุด (มีโต๊ะ)					
	ซ้ำ	ท่าทางทั้งหมด	ท่าทางที่ไม่ปลอดภัย	% ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย	ค่าเฉลี่ยของ% ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย	SD. ของ % ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย
1	1	59	22	37.29%	33.54%	0.04
	2	60	18	30.00%		
	3	57	19	33.33%		
2	1	58	20	34.48%	33.78%	0.02
	2	60	19	31.67%		
	3	54	19	35.19%		
7	1	51	18	35.29%	40.60%	0.05
	2	63	27	42.86%		
	3	55	24	43.64%		
8	1	56	20	35.71%	32.96%	0.03
	2	57	17	29.82%		
	3	60	20	33.33%		
9	1	60	20	33.33%	33.97%	0.01
	2	52	18	34.62%		
	3	53	18	33.96%		
10	1	47	15	31.91%	32.87%	0.01
	2	47	16	34.04%		
	3	49	16	32.65%		

4.3.2.2.2 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัยเฉลี่ยต่อคนที่สภาพการทำงานที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

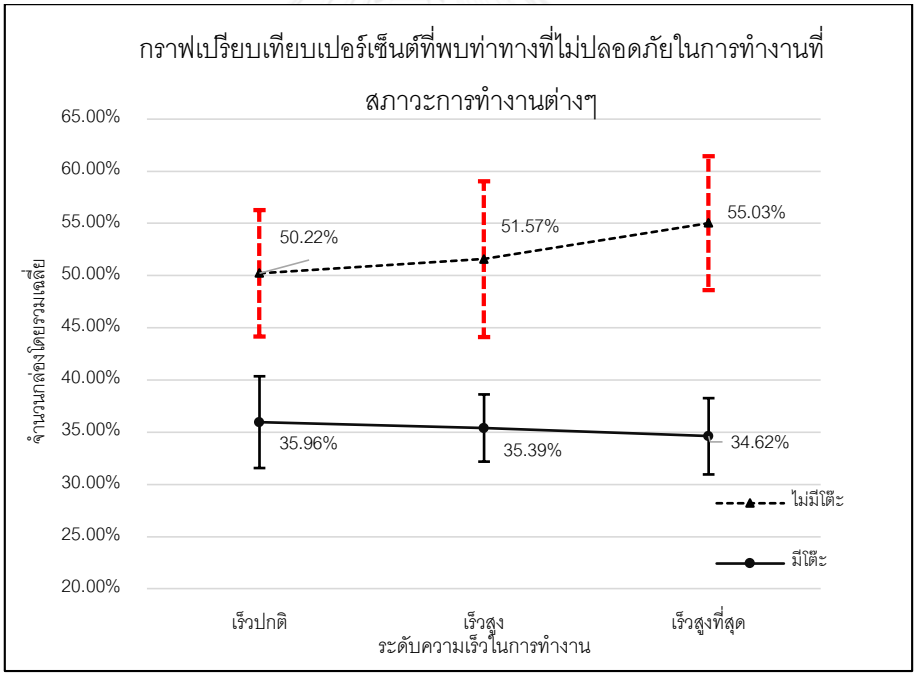
เมื่อทำการวัดค่าความปลอดภัยจากจำนวนท่าทางที่ไม่ปลอดภัยที่พบ ของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในสภาพการทำงานที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา 5 นาที จำนวน 3 ซ้ำ ซึ่งเมื่อนำจำนวนท่าทางที่ไม่ปลอดภัยที่พบ จากการทดลองในสภาวะการทำงานต่างๆ ดังตารางที่ 4.39 – 4.44 มาพิจารณาโดยคำนวณให้อยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัยเฉลี่ยต่อคนในระยะเวลา 5 นาที ซึ่งค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แสดงดังตารางที่ 4.45 และรูปที่ 4.37

ตารางที่ 4.45 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัย (ท่าสตูพ) ในแต่ละนาทีที่สภาวะการทำงานต่างๆ เมื่อนำโต๊ะเข้ามาช่วย

การปรับปรุงสภาพการทำงาน	ความเร็วในการทำงาน								
	ความเร็วปกติ			ความเร็วสูง			ความเร็วสูงที่สุด		
	เปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ผลต่าง (เทียบกับสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ)	เปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ผลต่าง (เทียบกับสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ)	เปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ผลต่าง (เทียบกับสภาวะไม่มีลมพัดที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ)
ไม่มีโต๊ะ	50.22%	0.06	14.26%	51.57%	0.07	16.19%	55.03%	0.06	20.41%
มีโต๊ะ	35.96%	0.04		35.39%	0.03		34.62%	0.04	

จากตารางที่ 4.45 และรูปที่ 4.37 เห็นได้ว่า ในสภาพการทำงานที่ไม่ได้นำโต๊ะเข้ามาช่วย (สภาพการทำงานปัจจุบัน) พบว่าเปอร์เซ็นต์ท่าทางที่ไม่ปลอดภัยมากขึ้นตามระดับความเร็วในการทำงาน ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องมาจากในสภาวะเร่งทำงานมีความต้องการที่ยกกล่องสินค้าให้ได้มากที่สุด เพื่อให้ได้ผลิตภาพสูงที่สุด ผู้ถูกทดสอบจึงลดการเคลื่อนไหวเพื่อให้ใช้เวลาในการยกแต่ละครั้งน้อยที่สุด ดังนั้นท่าทางในการยกส่วนใหญ่จึงเป็นท่าลักษณะที่หลังมีการก้มโค้งแล้วออกแรงยกของขึ้นมา โดยใช้กล้ามเนื้อหลังยกของ ซึ่งท่าดังกล่าวพบในการยกของในระดับที่ต่ำกว่าจุด

knuckle point โดยที่เมื่อผู้ถูกทดลองยกของในท่าดังกล่าวแล้ว เมื่อมีการเปลี่ยนระดับความสูงในการยกก็ยังคงทำการยกด้วยท่านี้ไปเรื่อยๆ เพื่อเป็นการลดการเคลื่อนไหวลงและให้ได้ผลิตภาพสูงที่สุดในการทำงานที่สภาวะเร่ง นอกจากนี้ยังพบว่าเปอร์เซ็นต์การพบท่าทางที่ไม่ปลอดภัย (ท่าสตูพ) ในสภาพการทำงานที่มีโต๊ะมีค่าน้อยกว่าในสภาพที่ไม่มีโต๊ะเข้ามาช่วย ซึ่งที่ระดับความเร็วปกติ ความเร็วสูง และความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน เปอร์เซ็นต์การพบท่าทางที่ไม่ปลอดภัย (ท่าสตูพ) มีค่าลดลง 14.26 %,16.19% และ 20.41% ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องมาจากการทำงานที่นำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหานั้น ท่าทางในการยกมีการเปลี่ยนไปตามระดับความสูงที่ยกทุกครั้ง ซึ่งทำให้ท่าทางในการยกมีการเปลี่ยนแปลง ในขณะที่สภาพการทำงานที่ไม่ได้นำโต๊ะเข้ามาช่วยมีการยกในลักษณะหลังก้มโค้ง เพื่อให้ง่ายและให้การเคลื่อนไหวน้อยลง นอกจากนี้ยังพบอีกว่าสภาพการทำงานที่นำโต๊ะเข้ามาช่วยไม่ว่าที่ระดับความเร็วใดก็ตามเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัย(ท่าสตูพ) มีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากท่าทางในการยกมีการเปลี่ยนไปตามระดับความสูงที่ยก



รูปที่ 4.37 กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางไม่ปลอดภัยในการทำงานที่สภาวะการทำงานต่างๆ

4.3.2.2.3 **การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

หลังจากได้ผลการทดลอง และทำการพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงานของผู้ถูกทดสอบทั้ง 6 คน ในสภาพการทำงานที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ ที่ระดับความเร็วใน

การทำงานทั้ง 3 ระดับความเร็ว นั่นคือ ความเร็วปกติ ความเร็วสูง ความเร็วสูงที่สุด เป็นระยะเวลา 5 นาที ทั้งสิ้น 3 ซ้ำ (ดังในตารางที่ 4.39 – 4.44) ซึ่งการวิเคราะห์ผลการทดลองได้ใช้การทดสอบสมมติฐานของความแตกต่างใน 2 ปัจจัยได้แก่ ปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงาน และปัจจัยทางด้านระดับความเร็วในการทำงานของผู้ถูกทดลองทั้ง 6 คน

จากการทดสอบสมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยนั้น เป็นการทดสอบแบบการจำแนกสองทาง (Two-Way- ANOVA) ซึ่งเป็นการสนใจศึกษาผลกระทบของปัจจัย 2 ปัจจัยต่อตัวแปรตอบสนองที่ระดับต่างกัน (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2551 : 72) ทำให้สามารถตั้งสมมติฐานสำหรับการทดลองในแต่ละปัจจัยได้ดังนี้

ปัจจัยทางด้านการปรับปรุงสภาพการทำงาน (สภาวะแวดล้อมที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะ)

H_0 : ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงานที่สภาวะแวดล้อมที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงานที่สภาวะแวดล้อมที่มีโต๊ะและไม่มีโต๊ะแตกต่างกัน

ปัจจัยทางด้านระดับความเร็วในการทำงาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงานที่ระดับความเร็วปกติ ความเร็วสูง และความเร็วสูงที่สุดในการทำงานไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงานที่ระดับความเร็วปกติ ความเร็วสูง และความเร็วสูงที่สุดในการทำงานแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

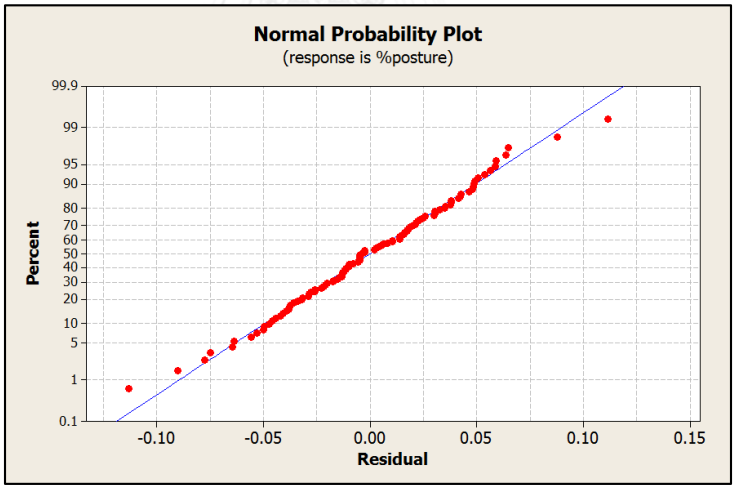
จากการกำหนดปัจจัยในการทดลอง โดยมีระดับปัจจัยต่างๆดังนี้ ปัจจัยด้านสภาพการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ระดับคือ สภาพการทำงานที่ไม่มีโต๊ะ และสภาพการทำงานที่มีโต๊ะ และระดับความเร็วในการทำงาน แบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ ระดับความเร็วปกติ ระดับความเร็วสูง และระดับความเร็วสูงที่สุด โดยการทดสอบได้ทำในผู้ถูกทดสอบ 6 คน จำนวนทั้งสิ้น 3 ซ้ำ ซึ่งการทดสอบเป็นแบบ Full Factorial Design โดยในส่วนแรกเป็นการทดสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

4.3.2.2.3.1 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง

โดยก่อนที่ทำการวิเคราะห์หาความแปรปรวนนั้นต้องทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง โดยควรทำทุกครั้งภายหลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองเสร็จสิ้น (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2551:190-192) ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.40- 4.45 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก. การตรวจสอบการแจกแจงปกติ

โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองว่าชุดข้อมูลของเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงานมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยทำการตรวจสอบข้อสมมติฐานทางด้านการกระจายแบบปกติของข้อมูลการทดลอง ใช้การพล็อตกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability Plot) ถ้าเป็นการกระจายแบบปกติ กราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งจากการนำผลการทดลองของเปอร์เซ็นต์ท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบ (ท่าสตูพ) ที่สภาวะต่างๆมาพล็อตกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Probability Plot) เป็นดังรูปที่ 4.38 โดยพบว่าข้อมูลผลการทดลองของจำนวนกล่องที่ยกได้ในแต่ละนาทีมีการกระจายแบบปกติ กราฟมีการกระจายตัวในแนวเส้นตรง

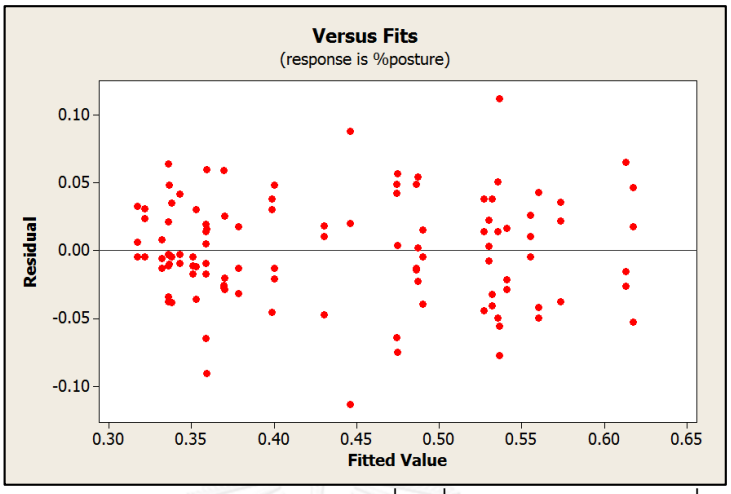


รูปที่ 4.38 แผนภาพการตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงาน

ข. การตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่

การตรวจสอบการแปรปรวนคงที่เป็นการพล็อตกราฟระหว่างค่าความผิดพลาด (Residuals) กับค่าประมาณการทดลองที่ระดับใดๆ ซึ่งควรมีแนวโน้มการกระจายแบบสุ่ม (ไม่มีรูปแบบ) และไม่เกิดแนวโน้มของรูปทรงลักษณะลำโพง ซึ่งแสดงถึงความแปรปรวนไม่คงที่ จากตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่ ดังรูปที่ 4.39 พบว่า เปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการ

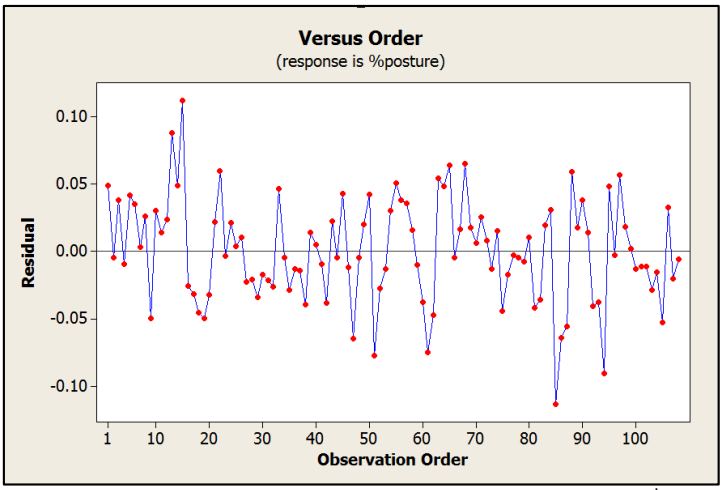
ทำงานมีแนวโน้มการกระจายแบบสุ่ม (ไม่มีรูปแบบ) และไม่เกิดแนวโน้มของรูปทรงลักษณะลำโพง ดังนั้นข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นข้อมูลที่มีความแปรปรวนคงที่



รูปที่ 4.39 การตรวจสอบความแปรปรวนที่คงที่ของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงาน

ค. การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล เป็นการพล็อตกราฟระหว่างค่าความผิดพลาด (Residuals) และลำดับที่ของการทดลอง ซึ่งกราฟต้องเป็นลักษณะที่มีการกระจายตัวแนวโน้มที่ไม่แน่นอน ที่ไม่สามารถคาดเดาค่าในอนาคตได้ ไม่มีแนวโน้มขึ้นหรือลงอย่างเดียว จากรูปที่ 4.40 พบว่า การกระจายตัวมีแนวโน้มที่ไม่แน่นอน ไม่สามารถคาดเดาค่าในอนาคตได้ ดังนั้นข้อมูลจึงมีความเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 4.40 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงาน

จากรูปที่ 4.38-4.40 เห็นได้ว่าผลการทดลองที่ได้นั้น เป็นไปตามหลักความเหมาะสมของตัวแบบจำลองนั่นก็แสดงว่ามีคุณสมบัติสามารถที่นำไปวิเคราะห์หาความแปรปรวนต่อไป

4.3.2.2.3.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยของการปรับปรุงสภาพการทำงาน (สภาพการทำงานที่นำโต๊ะและไม่ได้นำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย) และระดับความเร็วในการทำงานของผู้ถูกทดลองทั้ง 6 คน (ระดับความเร็วปกติ, ความเร็วสูงและความเร็วสูงที่สุดในการทำงาน) โดยทำการทดสอบว่าปัจจัยดังกล่าวส่งผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงาน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทำการตรวจสอบถึงผลของปัจจัยเหล่านี้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อนำผลจากการทดลองมาวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมทางสถิติ Minitab วิเคราะห์ความแปรปรวน ด้วยระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ได้ผลดังรูปที่ 4.41

General Linear Model: %posture versus Subject, Working Conditio, Ratting

Factor	Type	Levels	Values
Subject	fixed	6	1, 2, 3, 4, 5, 6
Working Condition	fixed	2	ไม่ใช้โต๊ะ, ใช้โต๊ะ
Ratting	fixed	3	เร็วปกติ, เร็วสูง, เร็วที่สุด

Analysis of Variance for %posture, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Subject	5	0.030542	0.030542	0.006108	3.17	0.011
Working Condition	1	0.775954	0.775954	0.775954	402.72	0.000
Ratting	2	0.005954	0.005954	0.002977	1.55	0.219
Subject*Working Condition	5	0.081310	0.081310	0.016262	8.44	0.000
Subject*Ratting	10	0.030062	0.030062	0.003006	1.56	0.133
Working Condition*Ratting	2	0.017820	0.017820	0.008910	4.62	0.013
Error	82	0.157995	0.157995	0.001927		
Total	107	1.099636				

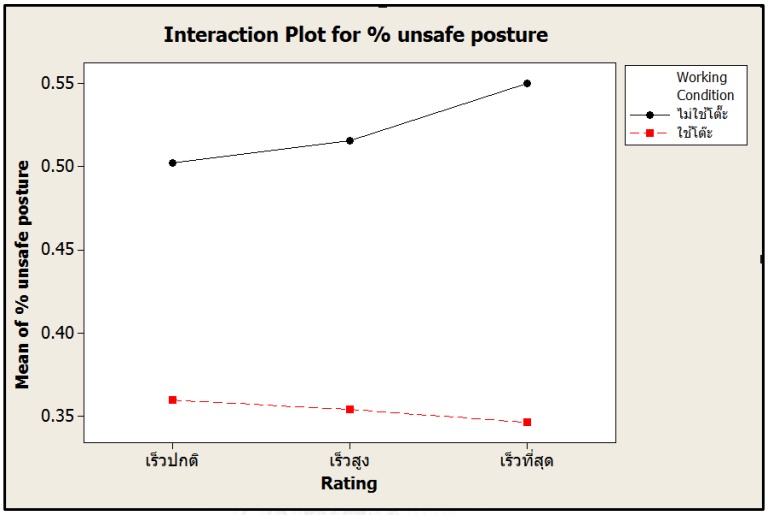
S = 0.0438949 R-Sq = 85.63% R-Sq(adj) = 81.25%

รูปที่ 4.41 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงาน

จากรูปที่ 4.41 พบว่าจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลกระทบหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ท่าทางไม่ปลอดภัยที่พบ (ท่าสตูพ) ได้แก่ การปรับปรุงสภาพการทำงาน (สภาพการทำงานที่นำโต๊ะและไม่ได้นำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางที่ไม่ปลอดภัย) (ค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05) หรืออาจกล่าวได้ว่าปัจจัยดังกล่าวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ต่อเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงาน โดยที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปัจจัยทางด้านระดับความเร็วในการทำงาน นอกจากนี้ยังพบ

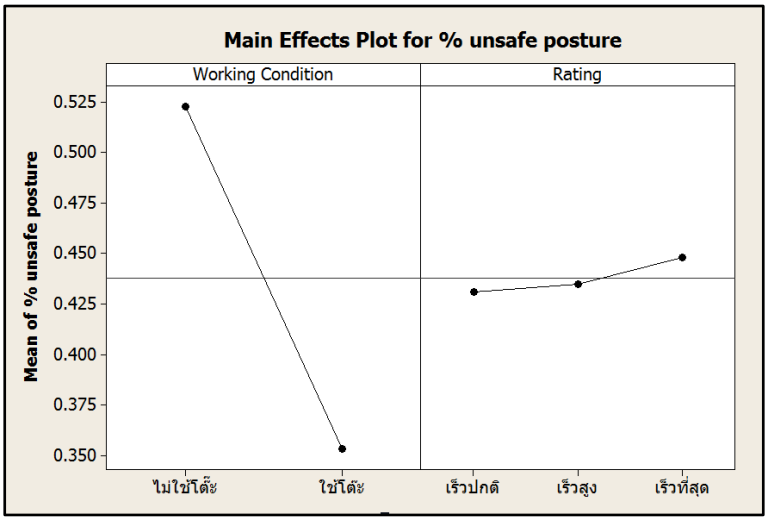
อิทธิพลร่วมกันระหว่างการปรับปรุงสภาพการทำงาน และระดับความเร็วในการทำงาน (ค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05)

ในส่วนของผลกระทบของปัจจัยต่อเปอร์เซ็นต์ท่าทางที่ไม่ปลอดภัย (ท่าสตูพ)โดยเฉลี่ย แสดงดังรูปที่ 4.42



รูปที่ 4.42 Interaction Plot ที่เกิดขึ้นระหว่างระดับการปรับปรุงสภาพการทำงาน และระดับความเร็วในการทำงาน

จากรูปที่ 4.42 พบว่า ในสภาวะการทำงานที่ไม่ได้นำโต๊ะเข้ามาช่วย การเพิ่มความเร็วในการทำงาน ทำให้เปอร์เซ็นต์ท่าทางที่ไม่ปลอดภัย (ท่าสตูพ) โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน แต่เมื่อมีการนำโต๊ะเข้ามาช่วย การเพิ่มความเร็วมีผลให้เปอร์เซ็นต์ท่าทางที่ไม่ปลอดภัย (ท่าสตูพ) โดยเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยที่ในสภาวะที่ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของท่าทางที่ไม่ปลอดภัย (ท่าสตูพ) น้อยที่สุด คือ การทำงานในสภาวะที่นำโต๊ะเข้ามาช่วย ที่ระดับความเร็วในการทำงานสูงที่สุด แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้ว อัตราความเร็วในการทำงานของพนักงานเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากความเร็วในการทำงานขึ้นอยู่กับปริมาณงานที่เข้ามาในแต่ละวัน ดังนั้นจึงสามารถพิจารณาได้เพียงว่า การนำโต๊ะเข้ามาช่วยส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ท่าทางที่ไม่ปลอดภัย (ท่าสตูพ)โดยเฉลี่ยลดน้อยลง ดังรูปที่ 4.43



รูปที่ 4.43 Main Effect Plot ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ที่พบท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงาน

จากรูปที่ 4.43 เมื่อพิจารณากราฟผลกระทบของปัจจัยด้านการปรับปรุงสภาพการทำงาน พบว่า การนำโต๊ะเข้ามาช่วยส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ท่าทางที่ไม่ปลอดภัย (ท่าสตูพ) โดยเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อแนะนำ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาถึงผลกระทบในการปรับปรุงสภาพการทำงานในสภาวะเร่งทำงานต่อผลิตภาพและความปลอดภัย โดยได้ทำในผู้ทดสอบที่เป็นพนักงานชายที่ปฏิบัติงานยก จัดเรียง กล่องสินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ จำนวน 10 คน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงสภาพการทำงานเป็น 2 รูปแบบ ผู้ถูกทดสอบรูปแบบละ 6 คน คือ การปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด โดยใช้พัดลมพัดเข้าไปในตู้คอนเทนเนอร์ และการปรับปรุงโดยที่นำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

5.1.1 ส่วนที่ 1 การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

สภาวะแวดล้อมในการทำงาน หลังจากการปรับปรุง พบว่า

- ความเร็วลมมีค่าเพิ่มสูงขึ้น (เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.64 m/s)
- เปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์ (% RH) มีค่าลดลง (ลดลง 1.48 %)
- อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) มีค่าลดลง (ลดลง 2.29 %)

ซึ่งสภาวะดังกล่าวได้ส่งผลต่อด้านต่างๆ ดังนี้

1) ผลกระทบต่อร่างกาย

ความเร็วลมที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายสู่สภาพแวดล้อมภายนอกโดยการพาความร้อนและการระเหยของเหงื่อได้ดี ดังนั้นความร้อนที่สะสมในร่างกายจึงสามารถถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้อย่างรวดเร็ว

เปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์ (% RH) ที่มีค่าต่ำ ทำให้มีผลต่อการระเหยของเหงื่อ ถ้าความชื้นในอากาศต่ำแล้วเหงื่อออกมาก จะระเหยได้เร็วและระบายออกไปได้มากแต่ถ้าความชื้นในอากาศสูงจะทำให้เหงื่อระเหยได้ยาก

2) **ผลกระทบต่อผลิตภาพ** ซึ่งวัดจากจำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดลองยกได้

ระยะเวลาการทำงานสั้น (5 นาที) ในสภาพการทำงานที่มีลมพัด ที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ (Rating 100 %) ระดับสูง (Rating 110 - 120 %) และระดับความเร็วสูงที่สุด (Rating 120 - 140 %) พบว่า จำนวนกล่องที่ยกได้โดยเฉลี่ยมีค่าการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาวะไม่มีลมพัดใกล้เคียงกัน (2.31%, 0.39% และ 1.54% ตามลำดับ) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สภาพการทำงานที่มีลมพัดไม่ได้ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลิตภาพ ไม่ว่าที่ระดับความเร็วใดก็ตาม

นอกจากนี้ ยังพบข้อสังเกตที่ว่า เมื่อระยะเวลาการทำงานยาวนานขึ้น (90 นาที) การทำงานในสภาวะที่มีลมพัด ที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ (Rating 100 %) ส่งผลให้จำนวนกล่องที่ยกได้โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากสภาวะไม่มีลมพัด เฉลี่ยประมาณ 16.45%

3) **ผลกระทบต่อความปลอดภัยวัดผลจากอัตราการเต้นของหัวใจ**

ระยะเวลาการทำงานที่สั้น (5 นาที) ในสภาพการทำงานที่มีลมพัด ที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ (Rating 100 %) ระดับสูง (Rating 110 - 120 %) และระดับความเร็วสูงที่สุด (Rating 120 - 140 %) พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยมีค่าลดลงจากสภาวะไม่มีลมพัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ลดลง 4.28%, 4.31% และ 4.71% ตามลำดับ) ไม่ว่าที่ระดับความเร็วในการทำงานใดก็ตาม นอกจากนี้ยังพบข้อสังเกตที่ว่า เมื่อทำงานด้วยระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น (90 นาที) ด้วยอัตราเร็วปกติในการทำงาน (Rating 100 %) การทำงานในสภาวะที่มีลมพัด ขีดจำกัดที่ยอมรับได้ของอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยตลอดช่วงการทดลอง โดยเมื่อทำงานต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน 45 นาที ผลิตภาพเริ่มลดลง ซึ่งเกิดจากความล้าสะสม ดังนั้นจึงควรลดระยะเวลาทำงานอย่างต่อเนื่องลงน้อยกว่า 45 นาที โดยอาจจัดให้มีการหยุดพักเมื่อทำงานต่อเนื่องทุก 45 นาที เพื่อให้ร่างกายได้พักฟื้นตัว

จากข้อสรุปข้างต้นจะเห็นได้ว่าการทำงานในสภาวะที่มีลมพัดไม่มีผลต่อผลิตภาพให้เพิ่มสูงขึ้นแต่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ยให้มีค่าลดลง ทำให้สามารถทำงานได้ยาวนานขึ้น เนื่องจากการนำลมเข้ามาช่วยนั้น ส่งผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนออกไปสู่สภาพแวดล้อม โดยใช้การขับถ่ายความร้อนออกไปพร้อมกับการระเหยของเหงื่อได้ดีและรวดเร็วกว่า ดังนั้นจึงส่งผลให้ความร้อนที่สะสมในร่างกายสามารถถ่ายเทออกมายังผิวหนังโดยทางเลือดได้ดีตามมาด้วย ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลกับการทดลองที่ได้นั่นเอง

นอกจากนี้ยังพบข้อสังเกตที่ว่า การทำงานในสภาวะที่มีลมพัด ในระยะเวลาที่สั้น (5 นาที) จะเห็นผลต่อผลิตภาพไม่ชัดเจนนัก (ผลิตภาพที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน) แต่เห็นผลอย่างชัดเจนตามข้อสังเกตเมื่อทำงานในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น (90 นาที)

5.1.2 ส่วนที่ 2 การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

เมื่อนำโต๊ะขนาด 70 x120x75 เซนติเมตร เข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย ส่งผลให้มีการปรับปรุงด้านความสูงในการยก ซึ่งการปรับปรุงดังกล่าวได้ส่งผลต่อด้านต่างๆ ดังนี้

1) ผลกระทบต่อร่างกาย

ความสูงที่เปลี่ยนแปลงไปจากการนำโต๊ะเข้ามาช่วยนั้น ทำให้ไม่เกิดการก้มตัวหรือต้องยกหัวไหล่ในขณะยกวัตถุ ส่งผลให้ท่าทางในการยกที่พบส่วนใหญ่ที่เป็นท่าลักษณะหลังมีการก้มโค้งแล้วออกแรงยกของขึ้นมา โดยใช้กล้ามเนื้อหลังยกของ (ท่าสตูพ) ลดน้อยลง

2) ผลกระทบต่อผลิตภาพ ซึ่งวัดจากจำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดลองยกได้

ในสภาพการทำงานที่นำโต๊ะเข้ามาช่วย ที่ระดับความเร็วในการทำงานปกติ (Rating 100 %) ระดับสูง (Rating 110 - 120 %) และระดับความเร็วสูงที่สุด (Rating 120 - 140 %) ในระยะเวลาการทำงาน 5 นาที พบว่า จำนวนกล่องเฉลี่ยที่ยกได้มีค่าลดลงจากสภาวะที่ไม่ได้นำโต๊ะเข้ามาช่วย (ผลิตภาพลดลง) ทุกระดับความเร็ว (ลดลง 9.30%, 13.18% และ 15.37% ตามลำดับ) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สภาพการทำงานที่มีโต๊ะเข้ามาช่วยส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการลดลงของผลิตภาพ ไม่ว่าที่ระดับความเร็วใดก็ตาม เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ทำงานได้ทำให้การใช้โต๊ะกลับกลายเป็นการกีดขวางการทำงาน

3) ผลกระทบต่อความปลอดภัยที่วัดผลจากเปอร์เซ็นต์ท่าทางที่ไม่ปลอดภัยที่พบ (ท่าสตูพ)

การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยที่ระดับความเร็วในการทำงานทำงานปกติ (Rating 100 %) ระดับสูง (Rating 110 - 120 %) และระดับความเร็วสูงที่สุด (Rating 120 - 140 %) ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ท่าทางที่ไม่ปลอดภัยโดยเฉลี่ยที่พบ (ท่าสตูพ) มีค่าลดลงจากสภาพการทำงานที่ไม่ได้นำโต๊ะเข้ามาช่วยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ลดลง14.26 %,16.19% และ 20.41% ตามลำดับ) ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องมาจากการทำงานที่นำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหานั้น ท่าทาง

ในการยกได้มีการเปลี่ยนไปตามระดับความสูงที่ยกทุกครั้ง ในขณะที่สภาพการทำงานที่ไม่ได้นำโต๊ะเข้ามาช่วย พนักงานลดการเคลื่อนไหวโดยยกในลักษณะท่าเดิมเรื่อยๆเพื่อให้ง่ายและให้การเคลื่อนไหวน้อยลง นอกจากนี้ยังพบอีกว่าสภาพการทำงานที่นำโต๊ะเข้ามาช่วยไม่ว่าที่ระดับความเร็วใดก็ตามเปอร์เซ็นต์ท่าทางที่ไม่ปลอดภัยโดยเฉลี่ยที่พบ (ท่าสตูพ) มีค่าใกล้เคียงกัน

5.1.3 **สภาวะในการทำงานที่ให้ผลิตภาพสูงขึ้น โดยไม่ก่อให้เกิดภาระร่างกายเกินระดับก่อให้เกิดอันตราย**

จากข้อสรุปข้างต้น ทำให้ทราบว่าควรมีการปรับสภาวะในการทำงาน เพื่อให้ได้ผลิตภาพสูงขึ้น โดยไม่ก่อให้เกิดภาระงานให้เกิดอันตราย คือ ควรปรับสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด เพื่อให้สามารถทำงานได้ในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น และพบข้อสังเกตที่ว่าเมื่อทำงานด้วยระยะเวลาที่ยาวนานเกินไปผลิตภาพเริ่มลดลง เนื่องจากร่างกายเกิดความเหนื่อยล้า ดังนั้นจึงควรลดระยะเวลาทำงานอย่างต่อเนื่องลงน้อยกว่า 45 นาที โดยอาจจัดให้มีการหยุดพักเมื่อทำงานต่อเนื่องทุก 45 นาที เพื่อให้ร่างกายได้พักฟื้นตัว และเมื่อนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาเรื่องท่าทางที่ไม่ปลอดภัยในการทำงาน ท่าทางที่ไม่ปลอดภัยที่พบลดลง ดังนั้นการปรับสภาวะในการทำงานเพื่อให้ผลิตภาพสูงขึ้น โดยไม่ก่อให้เกิดภาระร่างกายเกินระดับก่อให้เกิดอันตราย จึงควรทำงานในสภาวะการทำงานที่มีลมพัด และนำโต๊ะเข้ามาช่วย โดยทำการพักทุก 45 นาที ซึ่งสภาพและลักษณะการทำงานเช่นนี้จะส่งผลให้ สามารถทำงานได้ยาวนานขึ้น โดยสามารถรักษาระดับผลิตภาพให้ไม่ต่ำลง มีความสม่ำเสมอ เนื่องจากผลิตภาพที่ลดลงจากการนำโต๊ะเข้ามาช่วย (ลดลง 9.30%) ก็จะถูกทดแทนด้วยผลิตภาพที่เพิ่มขึ้นมาจากสภาพการทำงานที่มีลมพัด (เพิ่มขึ้น 16.45%) โดยท่าทางในการทำงานที่เป็นอันตรายลดลงด้วย

5.2 **ข้อจำกัดในการดำเนินงานวิจัย**

ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดในการปรับปรุงสภาพการทำงานดังนี้

1. แนวทางในการทำวิจัย เนื่องจาก งานวิจัยนี้เป็นเป็นการหาแนวทางแก้ไขปัญหา รวมไปถึงเป็นต้นแบบให้กับโรงงานกรณีศึกษาได้ทราบถึงผลกระทบที่ทำการศึกษามีต่อการทำงาน ก่อนที่จะดำเนินการปรับปรุงจริง โดยเพื่อให้ทางผู้บริหารเข้าใจและเห็นถึงผลจากการปรับสภาพการทำงานนี้ โดยไม่ได้ทำเพื่อเป็นมาตรฐานหรือสภาวะที่เหมาะสมในการทำงาน ดังนั้นจึงไม่ได้คำนึงถึงการอ้างอิงค่าตามมาตราฐานต่างๆ เช่น ค่าความเร็วลม

2. งบประมาณ เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอแนวทางแก้ไขก่อนที่จะทำการปรับปรุงจริง รวมถึงเป็นต้นแบบในการแก้ไขปัญหาสภาพการทำงานให้กับโรงงานกรณีศึกษา โดยผลที่ได้

จากการวิจัยเป็นแนวโน้มให้เห็นถึงประโยชน์ในการปรับปรุงสภาพการทำงานต่อผู้บริหารก่อนดำเนินการลงทุนปรับปรุงต่อไป ด้วยงบประมาณที่น้อยที่สุด

3. การติดตั้ง เนื่องจากการทำงานยก จัดเรียง สินค้าเข้าตู้คอนเทนเนอร์ โครงสร้างของตู้คอนเทนเนอร์มีการเปลี่ยนไปตลอดตามตู้ที่จะทำการบรรจุ ดังนั้นการติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้คอนเทนเนอร์จึงไม่สามารถทำได้ ต้องติดตั้งภายนอกตู้คอนเทนเนอร์เท่านั้น โดยสามารถติดตั้งได้เฉพาะทางเข้า - ออกตู้คอนเทนเนอร์ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้ จึงไม่สามารถติดตั้งถาวรได้ ต้องมีลักษณะเคลื่อนที่ได้ ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงปริมาณการไหลเวียนของอากาศ และความเร็วลมที่เหมาะสมต่อการทำงาน

4. เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ พัดลมและโต๊ะ ที่นำมาใช้ในการทดลอง เป็นอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วในโรงงานกรณีศึกษา ดังนั้นจึงไม่สามารถเปลี่ยนค่าความเร็วลมของพัดลมและไม่สามารถเปลี่ยนค่าความสูงของโต๊ะได้

5. ผู้ถูกทดสอบมีจำนวนจำกัด เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องการให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมงานวิจัย รวมไปถึงข้อจำกัดด้านคุณสมบัติ ทางด้านอายุงาน ประสบการณ์ในการทำงาน เพราะโรงงานกรณีศึกษามีพนักงานเข้าและลาออกจากงานบ่อย ดังนั้นการคัดเลือกผู้ถูกทดสอบทำการคัดเลือกจากพนักงานที่ทำงานยกสินค้าเป็นประจำด้วยความสมัครใจ

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในอนาคต

จากงานวิจัยที่ได้ดำเนินการทดลองและสรุปผลข้างต้น นำไปสู่ข้อเสนอแนะสำหรับผู้สนใจต้องการศึกษาเรื่องนี้ในอนาคต ดังนี้

1 ควรเพิ่มระยะเวลาในการทำการทดลองในแต่ละครั้งให้ยาวนานขึ้นเพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของผลกระทบที่เกิดขึ้นว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร มีความใกล้เคียงกับการทดลองในระยะเวลาสั้นหรือไม่ อย่างไร

2 งานวิจัยนี้ทำการทดลองในโรงงานกรณีศึกษา ในสถานที่จริง ในสภาวะการทำงานที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งไม่สามารถควบคุมปัจจัยจากสภาพแวดล้อมอื่นๆได้ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในโรงงานอื่นเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับโรงงานกรณีศึกษานี้

3 ควรศึกษาถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีผลกระทบต่อผลิตภาพและความปลอดภัย เช่น ความสูงของโต๊ะ นำหนักของที่ใช้ในการทดลอง ความเร็วลมซึ่งส่งผลต่อค่า WBGT และ %RH ความถี่ในการยก อายุ ความชำนาญของผู้ทดสอบและอุปกรณ์ช่วยการขนย้ายอื่นๆ เป็นต้น

4 ควรเพิ่มจำนวนผู้ถูกทดลองให้มากขึ้น ซึ่งอาจทำให้พบผลกระทบของปัจจัยต่างๆได้มากขึ้นและชัดเจน แม่นยำขึ้น เนื่องจากผู้ถูกทดสอบบางคนอาจตอบสนองต่อสภาพการทำงานที่ทำการปรับปรุงไม่เหมือนกัน คือ ผู้ถูกทดสอบบางคนอาจทำงานได้ดีในการปรับปรุงสภาพการทำงานอย่างหนึ่งแต่ผู้ถูกทดสอบอีกคนหนึ่งอาจทำงานไม่ดีในการปรับปรุงสภาพการทำงานนั้นๆ

5 โต๊ะที่ใช้ในการทดลองนี้ มีผลต่อผลิตภาพ เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ทำงานได้ทำให้การใช้โต๊ะกลายเป็นการกีดขวางการทำงาน ดังนั้นจึงควรศึกษาถึงรูปร่าง ความสูงของโต๊ะเพิ่มเติม รวมถึงการออกแบบที่ส่งผลให้ผลิตภาพไม่ลดลงและมีความปลอดภัยต่อพนักงานที่ปฏิบัติงาน เช่น โต๊ะสามารถปรับระดับความสูงได้ตามความเหมาะสมของพนักงานแต่ละคน รูปร่างโต๊ะมีลักษณะลาดเอียงเพื่อสะดวกต่อการขนย้าย นอกจากนี้อาจศึกษาถึงการนำอุปกรณ์ชนิดอื่นที่มีต้นแบบแนวเดียวกับโต๊ะ เช่น สายพาน มาประยุกต์ใช้ โดยคำนึงถึงผลิตภาพและความปลอดภัยสูงสุด

6 สำหรับงานวิจัยที่เป็นการปรับปรุงสภาพการทำงานของภาระงานเบา ควรใช้แนวทางการเพิ่มความเร็วในการทำงานเพื่อให้เห็นผลการปรับปรุงที่ชัดเจน รวมทั้งยังช่วยลดระยะเวลาในการเก็บข้อมูล ทำให้การปรับปรุงสะดวกมาขึ้นสำหรับผู้ที่ต้องการปรับปรุง

7. ควรศึกษาถึง ขนาดและความเร็วลมของพัดลมเพิ่มเติมว่าส่งผลกระทบต่อผลิตภาพและความปลอดภัยอย่างไร และขนาดและความเร็วลมที่เหมาะสมควรมีค่าเท่าไหร่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กวินธิดา สันติพงศ์. การบาดเจ็บจากภาวการณ์ทำงานซ้ำซาก (การบาดเจ็บสะสม) Cumulative Trauma Disorders (CTD) [Online]. Available from: http://www.inf.ku.ac.th/article/diag/510202/ctd.html [30 มกราคม 2557]

กาญจนา หลวงโปธา. วิธีการประเมินสำหรับลดแรงกดอัดของหลังส่วนล่างในงานบรรจุผลิตภัณฑ์แผงบันไดข้างและสปอยเลอร์หลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.

จิตรา รู้กิจการพานิช. ความสามารถในการทำงานสำหรับงานยกของ โครงการวิจัยเลขที่ 128-IR-2536. สถาบันวิจัยและพัฒนาคณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541

ชมรมอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มสธ . การออกแบบสถานีงาน.[Online]. Available from: www.safety-stou.com [3 มีนาคม 2557]

ชาติชาย อัศดรศักดิ์. ผลกระทบของงานและกะการทำงานต่อระดับความล้า : กรณีศึกษาโรงงานเครื่องสุขภัณฑ์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536

ณรงชัย เต็มเจริญสุข. การศึกษาเปรียบเทียบกำหนดการพักสำหรับงานกดขึ้นรูปโลหะ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535

ตริฉัตร จำปาวัลย์. ขีดจำกัดสูงสุดของการยกของที่ยอมรับได้ในแนวระนาบหน้า-หลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538

นริศ เจริญพร. การยศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.,2543

นิวิท เจริญใจ. การออกแบบทางการยศาสตร์ของท่านั่งสำหรับการเชื่อมท่อ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534

ประจวบ กล่อมจิตร. ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับงานยกของด้วยมือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552.

ประจวบ กล่อมจิตรและ กิตติ อินทรานนท์. การประเมินงานยกของด้วยมือในโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้สมการ NIOSH. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ 28 (กรกฎาคม-กันยายน 2548): 331- 344.

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. การออกแบบและการวิเคราะห์การทดลอง Design and Analysis of Experiments. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ท้อป จำกัด, 2551.

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. สถิติวิศวกรรม (Engineering Statistics) กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ท้อป จำกัด, 2554.

ภาณุ บูรณจารุกร. ผลภาระความร้อนที่มีผลต่อความล้าในการทำงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539

รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม. INDUSTRIAL WORK STUDY การศึกษางานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด., 2552

โรสมารินทร์ สุขเกษม. การวิเคราะห์ชีวกลศาสตร์ของงานยกผู้ป่วยในโรงพยาบาล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546

ศูนย์กายภาพบำบัด คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล. สุขภาพดีกับงานหนักงานเบา. [Online]. Available from: http://www.pt.mahidol.ac.th/ptclinic/ [5 เมษายน 2557]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อรอุมา ลาสุนนท์. ขีดจำกัดที่ยอมรับได้ของการเคลื่อนย้ายวัสดุในภาระงานผสม สำหรับคนงานหญิง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542

อลงกรณ์ ฉัตรเมืองปัก. การวิเคราะห์ความเครียดจากการทำงานคอนกรีตของผู้ใช้แรงงานก่อสร้างอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2555

ภาษาอังกฤษ

Cal/OSHA Consultation Service Research and Education Unit. Ergonomic Guidelines for Manual Material Handling: DHHS (NIOSH) Publication.,2007

Lee, K. S., Park, H. S. and Chun, Y.H. The validity of the revised NIOSH weight limit in a Korean young male population. International Journal of Industrial Ergonomics 18, (1996) :181 - 186.

Reiser,R.F., Wickel, E.E. and Menzer, H.M. Lumbar mechanics of floor to knuckle height lifting on sloped surfaces. International Journal of Industrial Ergonomics 38, (2008): 47–55.

Russell,S.J., Winnemuller,L., Camp,J.E. and Johnson, P.W.. Comparing the results of five lifting analysis tools. Applied Ergonomics 38 , (2007) : 91–97.

Snook, S.H. and Ciriello,V.M. The effects of heat stress on manual handling tasks. American Industrial Hygiene Association Journal 35,(1974): 681-685.

Straker,L. Evidence to support using squat, semi-squat and stoop techniques to lift low-lying objects. International Journal of Industrial Ergonomics International Journal of Industrial Ergonomics 31, (2003) : 149-160.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก แบบฟอร์มที่ใช้ในงานวิจัยนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบฟอร์มบันทึกข้อมูล

ส่วนที่ 1 : **ข้อมูลพนักงานก่อนเริ่มการทดลอง**

ชื่อ…… อายุ …… เพศ ชาย

ส่วนสูง …… เซนติเมตร น้ำหนัก ……กิโลกรัม

ประสบการณ์ในการทำงาน (อายุงาน) ……ปี…….. เดือน

ก่อนทำการทดลองสูบบุหรี่หรือไม่ ◯ สูบ ◯ ไม่สูบ

ก่อนทำการทดลองดื่มเครื่องดื่มกระตุ้นหรือเกลือแร่หรือไม่ ◯ ดื่ม ระบุชื่อ ……..……◯ ไม่ดื่ม

ก่อนทำการทดลองดื่มเครื่องดื่มสุราหรือไม่ ◯ ดื่ม ระบุชื่อ ……..……◯ ไม่ดื่ม

ก่อนการทดสอบมีการพักผ่อนนอนหลับเกิน 8 ชั่วโมงหรือไม่ ◯ เกิน ◯ ไม่เกิน ระบุ …….

เคยมีการบาดเจ็บจนถึงเข้าโรงพยาบาลหรือไม่ ◯ เคย ระบุบริเวณ ……. ◯ ไม่เคย

ความดันโลหิตเฉลี่ยบีบตัว …… ความดันเฉลี่ยคลายตัว ……..

ส่วนที่ 2 : **สภาพแวดล้อมในการทดลองและข้อมูลการทดลอง**

รูปแบบที่ 1 : การปรับปรุงสภาพการทำงานให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

1. ระดับความเร็ว ◯ ความเร็วปกติ ◯ ความเร็วสูง ◯ความเร็วสูงที่สุด
2. จำนวนซ้ำ ◯ ซ้ำที่ 1 ◯ ซ้ำที่ 2 ◯ ซ้ำที่ 3
3. สภาพแวดล้อมในการทดลอง

รายละเอียด	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
ความเร็วลม (m/s)		
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C		
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C		
โกลบเทอร์โมมิเตอร์(Globe Thermometer) °C		
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)		
%RH		

4. บันทึกข้อมูลการทดลอง

นาทีที่	จำนวนกล่องที่ยกได้ (กล่อง)	อัตราการเต้นหัวใจ (bpm)
0		
1		
2		
3		
4		
5		

รูปแบบที่ 2 : การปรับปรุงสภาพการทำงานโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วยแก้ปัญหาท่าทางในการทำงานที่ไม่ปลอดภัย

1. ระดับความเร็ว ◯ ความเร็วปกติ ◯ ความเร็วสูง ◯ ความเร็วสูงที่สุด
2. จำนวนซ้ำ ◯ ซ้ำที่ 1 ◯ ซ้ำที่ 2 ◯ ซ้ำที่ 3

4. บันทึกข้อมูลการทดลอง

นาทีที่	จำนวนกล่องที่ยกได้ (กล่อง)	ท่ายกทั้งหมด	ท่าอันตรายที่พบ (ท่าสตูพ)
0			
1			
2			
3			
4			
5			

ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.1: สภาพแวดล้อมก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมของผู้ถูกทดสอบที่ 1

รายละเอียด	ผู้ถูกทดสอบ 1								
	ความเร็วปกติ			ความเร็วสูง			ความเร็วสูงที่สุด		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ความเร็วลม (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C	31.1	31.3	31.1	31.5	31.6	31.1	32.5	30.9	30.6
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C	36.8	37.3	37.2	37.7	37.5	38.1	38.7	37.1	35.2
โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) °C	36.5	37.3	37.1	37.8	37.6	38.0	38.7	37.1	34.9
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)	32.6	33.1	32.8	33.3	33.3	33.2	34.3	32.8	31.9
%RH	63	62	63	63	65	62	64	61	68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.2: สภาพแวดล้อมก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมของผู้ถูกทดสอบที่ 2

รายละเอียด	ผู้ถูกทดสอบ 2								
	ความเร็วปกติ			ความเร็วสูง			ความเร็วสูงที่สุด		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ความเร็วลม (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C	30.7	30.3	31.8	31.2	31.1	31.5	30.2	29.6	31.8
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C	37.8	37.4	39.2	37.8	38.8	38.7	36.5	32.9	39.6
โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) °C	37.9	38.4	39.6	37.8	39.5	38.8	37.6	35.6	39.8
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)	32.9	32.7	34.2	33.1	33.6	33.7	32.4	31.4	34.2
%RH	57	64	59	61	61	60	63	70	59

ตารางที่ ข.3: สภาพแวดล้อมก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมของผู้ถูกทดสอบที่ 3

รายละเอียด	ผู้ถูกทดสอบ 3								
	ความเร็วปกติ			ความเร็วสูง			ความเร็วสูงที่สุด		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ความเร็วลม (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C	31.6	29.6	29.4	31.9	28.4	29.7	30.3	27.8	28.9
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C	39.1	33.9	33.1	39.1	32.3	33.7	36.2	30.8	33.1
โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) °C	39.2	33.8	33.1	39.1	32.5	33.5	36.3	31.5	33.1
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)	33.8	30.9	30.5	34.0	29.6	30.7	32.1	28.9	30.2
%RH	60	73	74	61	75	73	62	77	74

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.4: สภาพแวดล้อมก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมของผู้ถูกทดสอบที่ 4

รายละเอียด	ผู้ถูกทดสอบ 4								
	ความเร็วปกติ			ความเร็วสูง			ความเร็วสูงที่สุด		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ความเร็วลม (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C	29.3	28.2	30.0	29.5	28.4	31.0	30.5	28.6	30.3
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C	33.4	31.9	36.0	34.8	32.4	37.8	35.8	33.0	37.1
โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) °C	33.1	31.8	38.4	34.5	32.2	38.4	36.1	33.0	37.1
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)	30.4	29.3	32.5	31.0	29.5	33.2	32.2	29.9	32.4
%RH	69	74	68	66	72	63	64	70	64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.5: สภาพแวดล้อมก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมของผู้ถูกทดสอบที่ 5

รายละเอียด	ผู้ถูกทดสอบ 5								
	ความเร็วปกติ			ความเร็วสูง			ความเร็วสูงที่สุด		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ความเร็วลม (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C	30.1	31.3	30.8	31.1	31.8	31.3	31.4	31.9	31.8
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C	36.1	38.9	38.0	38.9	39.0	38.5	39.2	39.8	39.5
โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) °C	38.8	39.5	38.1	39.8	39.4	38.6	40.2	40.4	40.1
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)	32.7	33.7	33.0	33.7	34.0	33.4	34.0	34.4	34.3
%RH	63	58	59	57	59	59	58	57	57

ตารางที่ ข.6: สภาพแวดล้อมก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมของผู้ถูกทดสอบที่ 6

รายละเอียด	ผู้ถูกทดสอบ 6								
	ความเร็วปกติ			ความเร็วสูง			ความเร็วสูงที่สุด		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ความเร็วลม (m/s)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C	31.1	31.0	31.1	30.7	30.8	31.2	30.9	30.9	30.9
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C	38.2	38.1	38.3	37.8	37.9	38.3	37.9	38.1	38.3
โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) °C	38.4	38.2	38.3	38.0	38.0	38.4	38.2	38.2	38.5
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)	33.2	33.2	33.2	32.9	33.0	33.3	33.1	33.1	33.2
%RH	60	59	59	59	59	60	60	61	59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.7: สภาพแวดล้อมหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดของผู้ถูกทดสอบที่ 1

รายละเอียด	ผู้ถูกทดสอบ 1								
	ความเร็วปกติ			ความเร็วสูง			ความเร็วสูงที่สุด		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ความเร็วลม (m/s)	2.84	2.54	3.00	2.30	2.48	2.62	2.35	2.74	2.52
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C	30.4	30.3	30.5	30.6	31	30.6	31.6	29.8	29.8
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C	37.4	37.1	37.3	37.4	37.9	37.5	38.6	37.7	35.5
โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) °C	37.4	36.9	37.3	37.4	37.8	37.7	38.6	37.6	35.4
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)	32.5	32.3	32.6	32.7	33.1	32.7	33.7	32.2	31.5
%RH	63	63	63	64	64	62	64	61	66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.8: สภาพแวดล้อมหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดของผู้ถูกทดสอบที่ 2

รายละเอียด	ผู้ถูกทดสอบ 2								
	ความเร็วปกติ			ความเร็วสูง			ความเร็วสูงที่สุด		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ความเร็วลม (m/s)	2.55	3.00	2.36	2.92	2.17	2.67	2.38	2.95	2.32
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C	29.9	30.0	31.1	30.2	30.7	30.9	29.7	28.9	31.3
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C	37.9	38.1	39.5	37.9	38.9	39.2	38.4	35.9	39.7
โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) °C	37.9	38.3	39.6	38.1	39.0	39.2	38.4	35.9	39.8
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)	32.3	32.5	33.6	32.6	33.4	33.4	32.3	31.0	33.9
%RH	58	61	58	60	59	59	59	65	58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.9: สภาพแวดล้อมหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดของผู้ถูกทดสอบที่ 3

รายละเอียด	ผู้ถูกทดสอบ 3								
	ความเร็วปกติ			ความเร็วสูง			ความเร็วสูงที่สุด		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ความเร็วลม (m/s)	2.73	2.26	2.84	2.74	2.24	2.54	2.85	3.11	2.39
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C	30.8	29.0	28.8	31	28.1	28.9	29.7	27.5	28.8
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C	38.5	34.3	33.0	39.8	33.1	33.4	37.1	32.3	34.2
โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) °C	38.4	34.2	33.1	39.5	32.9	33.5	37.0	32.3	34.0
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)	33.1	30.6	30.1	33.5	29.5	30.3	31.9	28.9	30.4
%RH	62	71	74	59	73	73	61	74	71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.10: สภาพแวดล้อมหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดของผู้ถูกทดสอบที่ 4

รายละเอียด	ผู้ถูกทดสอบ 4								
	ความเร็วปกติ			ความเร็วสูง			ความเร็วสูงที่สุด		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ความเร็วลม (m/s)	2.55	2.43	2.60	2.35	2.58	2.39	2.68	2.86	2.74
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C	28.3	27.7	29.6	28.6	27.8	30.4	29.2	27.9	29.9
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C	33.3	31.8	37.2	34.4	32.1	38.4	36.3	32.7	37.8
โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) °C	33.3	31.9	38.2	34.5	32.3	38.5	36.6	32.9	37.8
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)	29.8	28.9	32.2	30.4	29.2	32.9	31.4	29.5	32.3
%RH	69	74	65	66	73	61	62	71	62

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.11: สภาพแวดล้อมหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดของผู้ถูกทดสอบที่ 5

รายละเอียด	ผู้ถูกทดสอบ 5								
	ความเร็วปกติ			ความเร็วสูง			ความเร็วสูงที่สุด		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ความเร็วลม (m/s)	3.26	2.46	2.51	2.33	3.02	3.46	2.36	2.74	2.79
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C	29.5	30.8	30.2	30.2	30.7	30.3	30.8	30.9	31.0
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C	38.8	38.9	38.2	38.8	38.8	38.3	39.5	39.4	39.1
โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) °C	38.9	39.1	38.3	38.9	38.9	38.5	39.5	39.5	39.3
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)	32.3	33.3	32.6	32.8	33.2	32.8	33.4	33.5	33.4
%RH	55	59	59	57	59	59	57	57	58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.12: สภาพแวดล้อมหลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัดของผู้ถูกทดสอบที่ 6

รายละเอียด	ผู้ถูกทดสอบ 6								
	ความเร็วปกติ			ความเร็วสูง			ความเร็วสูงที่สุด		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
ความเร็วลม (m/s)	2.61	2.66	2.61	2.46	2.68	2.85	2.96	2.68	2.71
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature) °C	30.1	30.3	30.4	30.1	30.3	30.5	30.0	30.2	30.3
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature) °C	38.3	38.3	38.1	38.1	38.2	38.7	37.9	38.5	38.3
โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer) °C	38.4	38.5	38.2	38.0	38.2	38.8	38.0	38.7	38.5
ดัชนีกระเปาะเปียกและโกลบ (Wet Bulb Globe Thermometer : WBGT)	32.6	32.7	32.7	32.5	32.7	33.0	32.4	32.7	32.7
%RH	58	59	59	59	59	59	58	58	59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.13 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 1-3 ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด (ไม่มีลมพัด)

นาทีที่	ความเร็วปกติ (ไม่มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	16	18	19	22	25	23	13	17	14
2	16	18	19	25	26	22	11	15	16
3	17	16	17	24	23	23	12	15	13
4	19	19	19	25	24	22	13	16	15
5	18	18	19	26	27	23	13	16	14
sum	86.00	89.00	93.00	122.00	125.00	113.00	62.00	79.00	72.00
avg	17.20	17.80	18.60	24.40	25.00	22.60	12.40	15.80	14.40
SD.	1.30	1.10	0.89	1.52	1.58	0.55	0.89	0.84	1.14

ตารางที่ ข.14 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 4-6 ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด (ไม่มีลมพัด)

นาทีที่	ความเร็วปกติ (ไม่มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	19	16	16	13	13	14	17	17	17
2	17	18	17	15	14	13	17	15	16
3	18	19	16	13	12	13	17	17	16
4	15	19	17	13	15	13	17	18	19
5	16	19	16	13	15	14	18	17	16
sum	85.00	91.00	82.00	67.00	69.00	67.00	86.00	84.00	84.00
avg	17.00	18.20	16.40	13.40	13.80	13.40	17.20	16.80	16.80
SD.	1.58	1.30	0.55	0.89	1.30	0.55	0.45	1.10	1.30

ตารางที่ ข.15 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 1-3 ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด (ไม่มีลมพัด)

นาทีที่	ความเร็วสูง (ไม่มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	20	21	20	27	25	23	21	20	21
2	21	24	21	27	26	25	17	20	19
3	20	21	22	27	27	25	19	16	18
4	20	23	21	27	26	25	19	17	19
5	20	22	19	28	25	24	19	16	16
sum	101.00	111.00	103.00	136.00	129.00	122.00	95.00	89.00	93.00
avg	20.20	22.20	20.60	27.20	25.80	24.40	19.00	17.80	18.60
SD.	0.45	1.30	1.14	0.45	0.84	0.89	1.41	2.05	1.82

ตารางที่ ข.16 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 4-6 ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด (ไม่มีลมพัด)

นาทีที่	ความเร็วสูง (ไม่มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	22	22	23	16	17	17	20	20	17
2	21	22	19	17	16	16	19	15	19
3	20	19	19	14	18	17	17	20	18
4	18	19	20	14	14	16	20	19	17
5	20	19	20	15	16	18	19	19	20
sum	101.00	101.00	101.00	76.00	81.00	84.00	95.00	93.00	91.00
avg	20.20	20.20	20.20	15.20	16.20	16.80	19.00	18.60	18.20
SD.	1.48	1.64	1.64	1.30	1.48	0.84	1.22	2.07	1.30

ตารางที่ ข.17 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 1-3 ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงที่สุดก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด (ไม่มีลมพัด)

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (ไม่มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	25	24	25	32	31	27	24	20	24
2	24	26	24	31	30	29	20	20	21
3	23	24	21	30	27	28	20	20	20
4	22	24	23	29	30	27	22	20	19
5	21	24	23	27	28	28	22	18	20
sum	115.00	122.00	116.00	149.00	146.00	139.00	108.00	98.00	104.00
avg	23.00	24.40	23.20	29.80	29.20	27.80	21.60	19.60	20.80
SD.	1.58	0.89	1.48	1.92	1.64	0.84	1.67	0.89	1.92

ตารางที่ ข.18 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 4-6 ยกได้ที่ระดับความเร็วเร่งที่สุดก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด (ไม่มีลมพัด)

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (ไม่มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	24	26	27	16	18	19	23	24	21
2	20	25	26	15	21	20	19	22	21
3	21	22	26	17	20	19	20	21	21
4	20	18	24	15	16	20	20	23	20
5	22	21	23	18	19	20	22	20	24
sum	107.00	112.00	126.00	81.00	94.00	98.00	104.00	110.00	107.00
avg	21.40	22.40	25.20	16.20	18.80	19.60	20.80	22.00	21.40
SD.	1.67	3.21	1.64	1.30	1.92	0.55	1.64	1.58	1.52

ตารางที่ ข.19 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 1-3 ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติ หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วปกติ (มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	19	18	18	25	27	22	16	17	16
2	18	18	19	24	27	24	17	14	15
3	17	21	17	24	24	24	16	13	14
4	17	19	18	24	25	24	15	14	14
5	19	18	19	23	26	25	16	14	15
sum	90.00	94.00	91.00	120.00	129.00	119.00	80.00	72.00	74.00
avg	18.00	18.80	18.20	24.00	25.80	23.80	16.00	14.40	14.80
SD.	1.00	1.30	0.84	0.71	1.30	1.10	0.71	1.52	0.84

ตารางที่ ข.20 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 4-6 ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติ หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วปกติ (มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	19	19	18	13	13	14	17	17	18
2	19	16	18	12	13	13	17	17	17
3	20	17	20	12	12	13	16	17	20
4	20	17	17	11	15	12	18	16	18
5	19	17	19	12	14	11	15	18	17
sum	97.00	86.00	92.00	60.00	67.00	63.00	83.00	85.00	90.00
avg	19.40	17.20	18.40	12.00	13.40	12.60	16.60	17.00	18.00
SD.	0.55	1.10	1.14	0.71	1.14	1.14	1.14	0.71	1.22

ตารางที่ ข.21 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 1-3 ยกได้ที่ระดับความเร็วสูง หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูง (มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	21	19	21	27	28	25	21	22	21
2	22	20	20	25	27	26	23	21	18
3	21	20	22	26	26	27	22	17	16
4	22	21	19	25	26	26	21	18	17
5	22	20	18	23	30	27	20	16	17
sum	108.00	100.00	100.00	126.00	137.00	131.00	107.00	94.00	89.00
avg	21.60	20.00	20.00	25.20	27.40	26.20	21.40	18.80	17.80
SD.	0.55	0.71	1.58	1.48	1.67	0.84	1.14	2.59	1.92

ตารางที่ ข.22 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 4-6 ยกได้ที่ระดับความเร็วสูง หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูง (มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	21	21	21	12	16	19	19	20	19
2	21	21	20	13	16	18	17	19	17
3	20	21	20	13	14	15	19	20	17
4	18	19	20	13	15	12	22	18	18
5	22	19	19	12	18	15	16	19	20
sum	102.00	101.00	100.00	63.00	79.00	79.00	93.00	96.00	91.00
avg	20.40	20.20	20.00	12.60	15.80	15.80	18.60	19.20	18.20
SD.	1.52	1.10	0.71	0.55	1.48	2.77	2.30	0.84	1.30

ตารางที่ ข.23 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 1-3 ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงที่สุด หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	24	25	25	32	33	33	21	22	25
2	24	25	23	30	32	32	21	22	24
3	26	22	24	31	32	29	22	23	21
4	27	25	21	31	30	29	20	22	22
5	27	24	23	29	32	27	20	21	21
sum	128.00	121.00	116.00	153.00	159.00	150.00	104.00	110.00	113.00
avg	25.60	24.20	23.20	30.60	31.80	30.00	20.80	22.00	22.60
SD.	1.52	1.30	1.48	1.14	1.10	2.45	0.84	0.71	1.82

ตารางที่ ข.24 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 4-6 ยกได้ที่ระดับความเร็วเร่งที่สุด หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	22	24	24	20	18	17	24	23	19
2	20	21	23	20	19	18	21	23	20
3	19	21	19	19	17	18	22	20	22
4	19	23	21	18	18	18	24	20	19
5	22	21	18	21	15	19	21	16	20
sum	102.00	110.00	105.00	98.00	87.00	90.00	112.00	102.00	100.00
avg	20.40	22.00	21.00	19.60	17.40	18.00	22.40	20.40	20.00
SD.	1.52	1.41	2.55	1.14	1.52	0.71	1.52	2.88	1.22

ตารางที่ ข.25 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบ 1-3 ที่ระดับความเร็วปกติ ก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วปกติ (ไม่มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	86	103	100	80	83	87	100	99	96
1	106	154	135	128	134	126	125	130	114
2	159	156	147	148	168	142	133	140	124
3	159	161	157	155	162	144	122	144	125
4	157	164	158	154	162	147	139	144	125
5	165	168	157	158	160	153	135	146	129
Δ HR	79	65	57	78	77	66	35	47	33
avg	149.20	160.60	150.80	148.60	157.20	142.40	130.80	140.80	123.40
SD.	24.34	5.73	9.91	12.07	13.31	10.06	7.09	6.42	5.59

ตารางที่ ข.26 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบ 4-6 ที่ระดับความเร็วปกติ ก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วปกติ (ไม่มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	112	124	122	88	94	104	94	100	89
1	150	165	154	114	123	123	125	137	114
2	154	170	157	125	129	131	132	142	113
3	154	175	162	121	131	135	133	147	117
4	159	175	162	121	136	136	138	151	116
5	162	178	166	131	136	135	142	156	117
Δ HR	50	54	44	43	42	31	48	56	28
avg	155.80	172.60	160.20	122.40	131.00	132.00	134.00	146.60	115.40
SD.	4.71	5.13	4.71	6.23	5.43	5.39	6.44	7.44	1.82

ตารางที่ ข.27 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบ 1-3 ที่ระดับความเร็วสูง ก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูง (ไม่มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	94	102	99	87	82	88	100	103	105
1	154	161	141	137	142	133	138	128	131
2	174	176	154	156	163	152	146	141	141
3	177	180	161	160	166	156	148	140	146
4	177	184	163	160	168	157	151	141	151
5	180	186	166	162	167	159	159	145	150
Δ HR	86	84	67	75	85	71	59	42	45
avg	172.40	177.40	157.00	155.00	161.20	151.40	148.40	139.00	143.80
SD.	10.50	9.94	9.97	10.30	10.89	10.60	7.64	6.44	8.17

ตารางที่ ข.28 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบ 4-6 ที่ระดับความเร็วสูง ก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูง (ไม่มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	112	120	117	90	99	101	99	102	88
1	156	163	155	130	121	127	136	129	118
2	161	178	161	132	130	129	158	149	120
3	164	179	166	132	127	131	148	154	124
4	175	178	167	133	130	136	155	155	130
5	176	176	167	138	133	134	157	156	131
Δ HR	64	56	50	48	34	33	58	54	43
avg	166.40	174.80	163.20	133.00	128.20	131.40	150.80	148.60	124.60
SD.	8.79	6.69	5.22	3.00	4.55	3.65	9.15	11.28	5.81

ตารางที่ ข.29 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบ 1-3 ที่ระดับความเร็วสูงที่สุด ก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (ไม่มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	101	104	100	89	88	83	98	99	102
1	169	171	146	150	141	147	141	130	134
2	182	185	163	169	159	165	159	144	144
3	186	186	168	174	169	165	161	146	144
4	188	187	171	176	169	171	164	151	152
5	187	186	175	174	171	167	165	149	156
Δ HR	86	82	75	85	83	84	67	50	54
avg	182.40	183.00	164.60	168.60	161.80	163.00	158.00	144.00	146.00
SD.	7.83	6.75	11.28	10.71	12.54	9.27	9.80	8.28	8.49

ตารางที่ ข.30 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบ 4-6 ที่ระดับความเร็วสูงที่สุด ก่อนการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (ไม่มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	108	119	114	97	95	101	99	98	90
1	160	168	165	128	119	134	137	137	125
2	168	178	170	142	129	144	145	155	126
3	180	180	180	142	133	147	152	156	135
4	180	182	185	145	138	151	152	160	135
5	182	183	186	145	142	156	149	162	145
Δ HR	74	64	72	48	47	55	50	64	55
avg	174.00	178.20	177.20	140.40	132.20	146.40	147.00	154.00	133.20
SD.	9.59	6.02	9.31	7.09	8.87	8.26	6.28	9.92	8.14

ตารางที่ ข.31 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบ 1-3 ที่ระดับความเร็วปกติ หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วปกติ (มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	88	95	92	89	85	82	98	101	104
1	131	132	127	135	131	134	124	119	114
2	128	141	144	145	159	143	131	126	122
3	133	135	144	157	162	148	133	123	130
4	146	146	150	160	158	145	135	129	126
5	144	150	154	161	159	152	136	123	128
Δ HR	56	55	62	72	74	70	38	22	24
avg	136.40	140.80	143.80	151.60	153.80	144.40	131.80	124.00	124.00
SD.	8.08	7.46	10.31	11.26	12.83	6.73	4.76	3.74	6.32

ตารางที่ ข.32 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบ 4-6 ที่ระดับความเร็วปกติ หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วปกติ (มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	112	115	109	92	89	89	95	94	89
1	145	145	167	112	118	110	128	128	122
2	150	154	167	114	122	112	135	134	117
3	154	156	167	121	115	115	134	130	121
4	156	157	170	123	122	120	140	123	119
5	163	158	169	123	121	114	145	128	121
Δ HR	51	43	60	31	32	25	50	34	32
avg	153.60	154.00	168.00	118.60	119.60	114.20	136.40	128.60	120.00
SD.	6.73	5.24	1.41	5.22	3.05	3.77	6.43	3.97	2.00

ตารางที่ ข.33 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบ 1-3 ที่ระดับความเร็วสูง หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูง (มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	99	101	96	83	80	87	97	100	102
1	144	157	131	129	136	133	128	123	128
2	153	165	134	161	149	144	148	134	135
3	158	172	145	162	159	154	151	138	132
4	158	179	147	160	165	153	149	139	134
5	166	180	150	168	171	164	155	141	137
Δ HR	67	79	54	85	91	77	58	41	35
avg	155.80	170.60	141.40	156.00	156.00	149.60	146.20	135.00	133.20
SD.	8.07	9.71	8.38	15.41	13.82	11.67	10.52	7.18	3.42

ตารางที่ ข.34 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบ 4-6 ที่ระดับความเร็วเร่ง หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูง (มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	114	111	118	87	92	99	100	100	88
1	152	141	172	120	114	118	121	126	127
2	161	150	177	119	115	120	139	143	132
3	163	152	178	127	120	124	149	143	128
4	167	156	184	127	119	120	152	144	129
5	171	160	186	133	128	119	151	150	133
Δ HR	57	49	68	46	36	20	51	50	45
avg	162.80	151.80	179.40	125.20	119.20	120.20	142.40	141.20	129.80
SD.	7.16	7.16	5.64	5.76	5.54	2.28	13.03	8.98	2.59

ตารางที่ ข.35 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบ 1-3 ที่ระดับความเร็วสูงที่สุด หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 3		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	104	91	98	90	93	89	90	92	96
1	160	164	147	132	159	147	126	122	134
2	168	109	162	162	169	174	151	141	143
3	179	152	165	159	168	183	152	147	151
4	184	152	174	155	161	179	154	148	154
5	187	158	173	160	170	183	158	146	155
Δ HR	83	67	75	70	77	94	68	54	59
avg	175.60	147.00	164.20	153.60	165.40	173.20	148.20	140.80	147.40
SD.	11.33	21.82	10.89	12.34	5.03	15.11	12.70	10.85	8.85

ตารางที่ ข.36 อัตราการเต้นของหัวใจของผู้ถูกทดสอบ 4-6 ที่ระดับความเร็วสูงที่สุด หลังการปรับปรุงให้เป็นสภาวะที่มีลมพัด

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (มีลมพัด)								
	ผู้ถูกทดสอบ 4			ผู้ถูกทดสอบ 5			ผู้ถูกทดสอบ 6		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
0	100	114	113	85	93	88	97	91	92
1	161	154	171	134	115	115	112	110	123
2	165	170	181	136	128	117	149	137	129
3	172	170	181	145	128	123	153	140	122
4	171	172	187	151	134	128	153	144	128
5	172	174	187	155	130	126	157	146	131
Δ HR	72	60	74	70	37	38	60	55	39
avg	168.20	168.00	181.40	144.20	127.00	121.80	144.80	135.40	126.60
SD.	4.97	8.00	6.54	9.15	7.14	5.63	18.55	14.62	3.91

ตารางที่ ข.37 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 1,2,7 ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติก่อนการปรับปรุงโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วย

นาทีที่	ความเร็วปกติ (ไม่มีโต๊ะ)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 7		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	10	10	10	10	11	10	9	9	10
2	9	10	8	10	10	8	8	8	9
3	10	10	9	9	9	9	9	8	9
4	9	9	9	9	9	9	8	8	9
5	9	10	8	9	10	9	9	8	9
sum	47.00	49.00	44.00	47.00	49.00	45.00	43.00	41.00	46.00
avg	9.40	9.80	8.80	9.40	9.80	9.00	8.60	8.20	9.20
SD.	0.55	0.45	0.84	0.55	0.84	0.71	0.55	0.45	0.45

ตารางที่ ข.38 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 8-10 ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติก่อนการปรับปรุงโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วย

นาทีที่	ความเร็วปกติ (ไม่มีโต๊ะ)								
	ผู้ถูกทดสอบ 8			ผู้ถูกทดสอบ 9			ผู้ถูกทดสอบ 10		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	10	10	11	7	8	7	8	9	10
2	9	9	9	7	7	6	7	8	8
3	10	8	11	7	6	7	7	7	9
4	8	9	9	6	7	6	8	9	10
5	8	9	10	7	6	6	7	7	9
sum	45.00	45.00	50.00	34.00	34.00	32.00	37.00	40.00	46.00
avg	9.00	9.00	10.00	6.80	6.80	6.40	7.40	8.00	9.20
SD.	1.00	0.71	1.00	0.45	0.84	0.55	0.55	1.00	0.84

ตารางที่ ข.39 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 1,2,7 ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงก่อนการปรับปรุงโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วย

นาทีที่	ความเร็วสูง (ไม่มีโต๊ะ)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 7		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	13	13	13	12	13	11	11	11	11
2	13	14	12	10	13	11	9	11	11
3	11	13	12	13	13	10	10	10	11
4	11	11	11	12	12	11	10	10	10
5	11	12	10	11	13	12	10	11	11
sum	59.00	63.00	58.00	58.00	64.00	55.00	50.00	53.00	54.00
avg	11.80	12.60	11.60	11.60	12.80	11.00	10.00	10.60	10.80
SD.	1.10	1.14	1.14	1.14	0.45	0.71	0.71	0.55	0.45

ตารางที่ ข.40 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 8-10 ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงก่อนการปรับปรุงโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วย

นาทีที่	ความเร็วสูง (ไม่มีโต๊ะ)								
	ผู้ถูกทดสอบ 8			ผู้ถูกทดสอบ 9			ผู้ถูกทดสอบ 10		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	11	11	13	11	9	9	10	10	10
2	10	9	12	10	9	10	8	9	8
3	10	10	13	10	10	8	8	8	9
4	10	10	12	8	9	9	8	9	9
5	10	11	11	9	9	10	9	9	9
sum	51.00	51.00	61.00	48.00	46.00	46.00	43.00	45.00	45.00
avg	10.20	10.20	12.20	9.60	9.20	9.20	8.60	9.00	9.00
SD.	0.45	0.84	0.84	1.14	0.45	0.84	0.89	0.71	0.71

ตารางที่ ข.41 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 1,2,7 ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงที่สุดก่อนการปรับปรุงโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วย

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (ไม่มีโต๊ะ)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 7		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	14	14	13	15	16	12	12	12	13
2	14	12	13	15	15	11	11	12	12
3	14	12	13	15	14	12	11	11	12
4	13	11	13	15	15	11	12	11	12
5	14	11	12	14	14	12	12	11	12
sum	69.00	60.00	64.00	74.00	74.00	58.00	58.00	57.00	61.00
avg	13.80	12.00	12.80	14.80	14.80	11.60	11.60	11.40	12.20
SD.	0.45	1.22	0.45	0.45	0.84	0.55	0.55	0.55	0.45

ตารางที่ ข.42 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 8-10 ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงที่สุดก่อนการปรับปรุงโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วย

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (ไม่มีโต๊ะ)								
	ผู้ถูกทดสอบ 8			ผู้ถูกทดสอบ 9			ผู้ถูกทดสอบ 10		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	13	13	15	15	13	13	11	11	12
2	12	12	14	15	12	12	9	11	11
3	12	12	14	13	12	13	10	10	11
4	12	12	14	14	12	11	10	11	11
5	11	11	14	14	13	12	10	9	10
sum	60.00	60.00	71.00	71.00	62.00	61.00	50.00	52.00	55.00
avg	12.00	12.00	14.20	14.20	12.40	12.20	10.00	10.40	11.00
SD.	0.71	0.71	0.45	0.84	0.55	0.84	0.71	0.89	0.71

ตารางที่ ข.46 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 1,2,7 ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติ หลังการปรับปรุงโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วย

นาทีที่	ความเร็วปกติ (มีโต๊ะ)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 7		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	9	10	9	10	9	9	7	8	9
2	8	8	8	10	9	8	7	8	8
3	9	9	8	9	8	8	6	8	8
4	8	8	8	9	9	7	6	7	9
5	9	9	8	9	9	9	6	7	8
sum	43.00	44.00	41.00	47.00	44.00	41.00	32.00	38.00	42.00
avg	8.60	8.80	8.20	9.40	8.80	8.20	6.40	7.60	8.40
SD.	0.55	0.84	0.45	0.55	0.45	0.84	0.55	0.55	0.55

ตารางที่ ข.47 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 8-10 ยกได้ที่ระดับความเร็วปกติ หลังการปรับปรุงโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วย

นาทีที่	ความเร็วปกติ (มีโต๊ะ)								
	ผู้ถูกทดสอบ 8			ผู้ถูกทดสอบ 9			ผู้ถูกทดสอบ 10		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	9	9	11	6	6	7	7	7	9
2	9	8	11	6	6	6	6	7	7
3	8	7	10	6	5	6	6	5	8
4	9	8	9	6	6	6	7	8	8
5	8	8	11	5	6	6	6	7	8
sum	43.00	40.00	52.00	29.00	29.00	31.00	32.00	34.00	40.00
avg	8.60	8.00	10.40	5.80	5.80	6.20	6.40	6.80	8.00
SD.	0.55	0.71	0.89	0.45	0.45	0.45	0.55	1.10	0.71

ตารางที่ ข.48 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 1,2,7 ยกได้ที่ระดับความเร็วสูง หลังการปรับปรุงโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วย

นาทีที่	ความเร็วสูง (มีโต๊ะ)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 7		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	11	12	10	10	11	10	10	11	10
2	11	10	10	11	10	8	10	11	9
3	10	11	9	9	9	9	10	10	10
4	10	10	8	10	11	9	10	10	9
5	10	11	10	11	10	9	9	10	10
sum	52.00	54.00	47.00	51.00	51.00	45.00	49.00	52.00	48.00
avg	10.40	10.80	9.40	10.20	10.20	9.00	9.80	10.40	9.60
SD.	0.55	0.84	0.89	0.84	0.84	0.71	0.45	0.55	0.55

ตารางที่ ข.49 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 8-10 ยกได้ที่ระดับความเร็วสูง หลังการปรับปรุงโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วย

นาทีที่	ความเร็วสูง (มีโต๊ะ)								
	ผู้ถูกทดสอบ 8			ผู้ถูกทดสอบ 9			ผู้ถูกทดสอบ 10		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	10	10	10	9	8	9	9	9	9
2	10	10	10	8	8	8	8	9	7
3	10	10	11	9	8	8	8	8	8
4	11	9	11	9	8	8	7	8	8
5	10	10	10	8	8	7	9	9	8
sum	51.00	49.00	52.00	43.00	40.00	40.00	41.00	43.00	40.00
avg	10.20	9.80	10.40	8.60	8.00	8.00	8.20	8.60	8.00
SD.	0.45	0.45	0.55	0.55	0.00	0.71	0.84	0.55	0.71

ตารางที่ ข.50 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 1,2,7 ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงงที่สุด หลังการปรับปรุงโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วย

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (มีโต๊ะ)								
	ผู้ถูกทดสอบ 1			ผู้ถูกทดสอบ 2			ผู้ถูกทดสอบ 7		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	13	14	12	13	13	11	11	13	12
2	12	12	12	11	11	11	10	13	10
3	12	12	10	12	12	11	10	12	12
4	11	11	11	11	12	10	10	12	10
5	11	11	12	11	12	11	10	13	11
sum	59.00	60.00	57.00	58.00	60.00	54.00	51.00	63.00	55.00
avg	11.80	12.00	11.40	11.60	12.00	10.80	10.20	12.60	11.00
SD.	0.84	1.22	0.89	0.89	0.71	0.45	0.45	0.55	1.00

ตารางที่ ข.51 จำนวนกล่องที่ผู้ถูกทดสอบ 8-10 ยกได้ที่ระดับความเร็วสูงที่สุด หลังการปรับปรุงโดยนำโต๊ะเข้ามาช่วย

นาทีที่	ความเร็วสูงที่สุด (มีโต๊ะ)								
	ผู้ถูกทดสอบ 8			ผู้ถูกทดสอบ 9			ผู้ถูกทดสอบ 10		
	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3
1	12	13	14	13	11	10	10	11	10
2	11	11	11	12	10	10	9	9	10
3	11	11	10	11	10	11	10	9	10
4	11	11	13	12	10	11	8	9	10
5	11	11	12	12	11	11	10	9	9
sum	56.00	57.00	60.00	60.00	52.00	53.00	47.00	47.00	49.00
avg	11.20	11.40	12.00	12.00	10.40	10.60	9.40	9.40	9.80
SD.	0.45	0.89	1.58	0.71	0.55	0.55	0.89	0.89	0.45

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว รวีวรรณ เอี่ยมอารีรัตน์ เกิดเมื่อวันที่ 13 กันยายน พุทธศักราช 2527 เป็นคนจังหวัด ระยอง สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2550 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2555 ปัจจุบันทำงานในส่วนของฝ่ายควบคุมกระบวนการ ประจำบริษัทแห่งหนึ่งใน จังหวัดชลบุรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University