การลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บจากการทำงานโดยหลักการทางการยศาสตร์ กรณีศึกษา สหกรณ์กองทุนสวนยางพิจิตร จำกัด

Work Injury Risk Reduction Utilizing Ergonomics Principles: A Case Study of Pijit Rubber Fund Cooperative Ltd.

นิธิเศรษฐ เพชรจู
Nithisate Petju

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Engineering in Industrial and Systems Engineering
Prince of Songkla University
2555
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บจากการทำงานโดยหลักการทางการยศาสตร์ กรณีศึกษา สหกรณ์กองทุนสวนยางพิจิตร จำกัด
ผู้เขียน นายนิธิเศรษฐ เพชรจู
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องุ่น สังขพงศ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กลางเดือน โพชนา)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์สมชาย ชูโฉม)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องุ่น สังขพงศ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กลางเดือน โพชนา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชัย พฤกษ์ภัทรานนต์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทิงจิตร)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องุ่น สังขพงศ์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นายนิธิเศรษฐ เพชรจู)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นายนิธิเศรษฐ เพชรจู)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บจากการทำงานโดยหลักการทางการยศาสตร์ กรณีศึกษา สหกรณ์กองทุนสวนยางพิจิตร จำกัด
ผู้เขียน นายนิธิเศรษฐ เพชรจู
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ
ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บอันเนื่องมาจากการทำงานของเจ้าหน้าที่สหกรณ์กองทุนสวนยางพิจิตร จำกัด จากการใช้แบบสอบถามและสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่สหกรณ์กองทุนสวนยางพิจิตร จำกัด สรุปได้ว่าเจ้าหน้าที่ที่มีอาการเจ็บปวดส่วนใหญ่มาจากสถานีงานรับซื้อน้ำยาง และมีค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) สูงมากที่สุดเมื่อเทียบกับสถานีงานอื่น คือมีค่าเฉลี่ย 3.35 ซึ่งหมายถึง จำเป็นต้องได้รับการแก้ไข จากนั้นจึงนำเจ้าหน้าที่ซึ่งมีทั้งหมด 5 คนในสถานีงานรับซื้อน้ำยาง มาทำการวิเคราะห์ 2 ตัวแปร คือ RULA และ EMG ขณะทำงานปกติ จากการศึกษาการทำงานของเจ้าหน้าที่และประเมินค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) พบค่าเฉลี่ย 6.03(±1.44) คะแนน อยู่ในระดับสูงซึ่งบ่งบอกว่าการทำงานอยู่ในสภาพไม่เหมาะสม ควรมีการปรับปรุงการทำงาน และค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อขณะทำงาน (EMG) ที่บริเวณหลังส่วนบนใช้ตำแหน่งของกล้ามเนื้อ trapezius (ซ้ายและขวา) และในขณะที่บริเวณหลังส่วนล่างใช้ตำแหน่งของกล้ามเนื้อ erector spinae (ซ้ายและขวา) พบว่ามีค่า 47.52(±7.77)%, 42.29(±8.82)%, 50.08(±5.06)% และ 45.67(±3.74)% ของค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อ (MVE) ตามลำดับ ดังนั้นการปรับปรุงสถานีงานเพื่อปรับเปลี่ยนสภาพการทำงานจึงเป็นสิ่งสมควร เพื่อลดปัญหาได้เปลี่ยนวิธีการทำงานใหม่โดยใช้อุปกรณ์ที่ช่วยในการเทและเคลื่อนย้ายถังน้ำยางที่ได้ออกแบบมาช่วยให้ท่าทางการทำงานดีขึ้น หลังการปรับปรุงสถานีงานพบว่าค่าคะแนนท่าทางการทำงานมีค่าเฉลี่ย 3.85(±1.53) หรือลดลง 36.15% และสำหรับค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อทั้ง 4 ตำแหน่งข้างต้นมีค่า 19.33(±4.01)%, 21.17(±5.90)%, 17.29(±1.62)% และ 17.95(±1.74)% ตามลำดับ และสามารถลดรอบเวลาการทำงานลงได้ 64%

Thesis Title Work Injury Risk Reduction Utilizing Ergonomics Principles: A Case Study of Pijit Rubber Fund Cooperative Ltd.
Author Mr. Nithisate Petju
Major Program Industrial and Systems Engineering
Academic Year 2012

ABSTRACT

The objective of this thesis was to reduce work injury risk of workers in Pijit rubber fund cooperative Ltd. As the results of health survey, the workers in the rubber latex receiving had highest average abnormality index (AI) of 3.35 indicated that the improvement to reduce work injury risk of the workers must be sought. All 5 workers in this area were investigated in 2 variables: Rapid Upper Limb Assessment (RULA) and Electromyography (EMG). After careful consideration of the working postures, the average value of RULA 6.03(±1.44) was found. Due to the high RULA value, the improvement to reduce work injury risk of the workers must be proposed. Also the surface electromyography (EMG) was used to measure the activities of the related muscles (left & right trapezius and left & right erector spinae). The percentages of the working EMG comparing to the Maximum Voluntary Electromyography (MVE) were 47.52(±7.77)%, 42.29(±8.82)%, 50.08(±5.06)% and 45.67(±3.74)% respectively. Therefore, the redesign of the workstation in this department should be carried out to improve the situation. To reduce the problem, the working method was changed and new pouring equipment was designed. After improvement, it was found that the values of RULA were decreased to 3.85(±1.53) or 36.15% reduction. For the EMG values of the 4 muscles, the percentages of working EMG were 19.33(±4.01)%, 21.17(±5.90)%, 17.29(±1.62)% and 17.95(±1.74)% respectively, and the cycle time was reduced 64%.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องุ่น สังขพงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กลางเดือน โพชนา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมตามลำดับซึ่งได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ทั้งสองที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์สมชาย ชูโฉม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชัย พฤกษ์ภัทรานนต์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทิงจิตร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความกรุณาแนะนำท้วงติงและตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์เพิ่มเติม อันทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบิดา และมารดาผู้ให้กำเนิดเลี้ยงดูเอาใจใส่ อบรมให้ประพฤติในสิ่งที่ดีถูกต้องตามธรรมนองคลองธรรม ตลอดจนส่งเสริมในการศึกษาได้อย่างดีที่สุด และท้ายสุดนี้ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนทุนเพิ่มเติมในการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยหวังว่ารายงานเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาและก่อให้เกิดการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น

นิธิเศรษฐ เพชรจู

สารบัญ

			หน้า
บทคัดย่อ			(5)
กิตติกรรมประกาศ			(7)
สารบัญ			(8)
รายการตาราง			(10)
รายการภาพประกอบ			(11)
บทที่			
1	บทนำ		1
	1.1	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2	การสำรวจเอกสาร	3
	1.3	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	7
	1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
	1.5	ขอบเขตงานวิจัย	8
2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง		9
	2.1	การวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน	9
	2.2	การกำหนดแนวทางการปรับปรุงการทำงาน	11
	2.3	การสำรวจสุขภาพของพนักงาน	14
	2.4	การวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน	15
	2.5	หลักทั่วไปในการออกแบบงานและสถานที่ปฏิบัติงาน	16
	2.6	ท่าทางการทำงาน	19
	2.7	ท่าทางการทำงานที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์	20
	2.8	การวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย	21
	2.9	การใช้ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายในการออกแบบ	24
	2.10	แนวทางของการออกแบบตามแนวทางการยศาสตร์	26
	2.11	ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อและประสาท	26
	2.12	การวัดกระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อ	27
	2.13	การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง	28
3	วิธีดำเนินการวิจัย		31
	3.1	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	32
	3.2	การสำรวจสุขภาพ	33
	3.3	การศึกษาและวิเคราะห์การทำงาน	33
	3.4	การประเมินความเสี่ยงของการทำงาน	34
	3.5	การวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย	37
	3.6	การออกแบบและปรับปรุงสถานีงาน	39
	3.7	วิธีวิเคราะห์ผลข้อมูลทางสถิติ	39

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
4	ผลการดำเนินงานวิจัย	40
	4.1 ผลสำรวจสุขภาพและสัมภาษณ์พนักงาน	40
	4.2 ผลการศึกษาสภาพการทำงานในสหกรณ์การยาง	46
	4.3 ผลการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานสถานีงานรับซื้อน้ำยาง	50
	4.4 ผลการประเมินการทำงานสถานีงานรับซื้อน้ำยางก่อนการปรับปรุง	60
	4.5 ผลการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย	68
	4.6 ผลการปรับปรุงสถานีงานใหม่	71
	4.7 ผลการประเมินการทำงานสถานีงานรับซื้อน้ำยางหลังการปรับปรุง	92
	4.8 ผลการเปรียบเทียบการทำงานก่อนและหลังปรับปรุง	95
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	100
	5.1 สรุปผลการวิจัย	100
	5.2 อภิปรายผล	102
	5.3 ข้อเสนอแนะ	102
บรรณานุกรม		104
ภาคผนวก		110
ประวัติผู้เขียน		166

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สัญลักษณ์แผนภูมิ 5 สัญลักษณ์	10
2.2	เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H และหลักเกณฑ์ ECRS	13
2.3	ตำแหน่งในการวัดสัดส่วนร่างกาย	22
4.1	คะแนนค่า AI ของเจ้าหน้าที่แต่ละสถานีงาน	43
4.2	คะแนนท่าทางการทำงานของสถานีงานก่อนปรับปรุง	50
4.3	กระบวนการทำงานพื้นที่รับซื้อน้ำยางก่อนการปรับปรุง	52
4.4	การวิเคราะห์ขั้นตอนเคลื่อนถังน้ำยางมายังจุดกรอง	54
4.5	การวิเคราะห์ขั้นตอนกรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียม	55
4.6	การวิเคราะห์ขั้นตอนเคลื่อนถังอลูมิเนียมไปยังตาชั่ง	56
4.7	การวิเคราะห์ขั้นตอนชั่งน้ำหนักและตวงตัวอย่าง	57
4.8	การวิเคราะห์ขั้นตอนเคลื่อนถังอลูมิเนียมไปยังบ่อพัก	58
4.9	การวิเคราะห์ขั้นตอนเทน้ำยางลงบ่อพัก	59
4.10	ผลคะแนนท่าทางการทำงานสถานีรับซื้อน้ำยาง	61
4.11	คะแนนท่าทางในขั้นตอนกรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียม	62
4.12	คะแนนท่าทางในขั้นตอนเทน้ำยางลงสู่บ่อพัก	63
4.13	ค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังก่อนปรับปรุง	66
4.14	ค่าขนาดสัดส่วนร่างกาย	68
4.15	กระบวนการทำงานที่จุดรับซื้อน้ำยางหลังปรับปรุง	75
4.16	ผลการประเมินท่าทางการทำงานหลังปรับปรุง	93
4.17	ค่าสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังหลังการปรับปรุง	94
4.18	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนท่าทางการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุง	96
4.19	เปรียบเทียบค่า EMG กับ MVE ก่อนและหลังการปรับปรุง	98
4.20	เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานก่อนและหลังการปรับปรุง	99

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่		หน้า
2.1	ตำแหน่งในการวัดสัดส่วนร่างกาย	23
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	31
3.2	แบบฟอร์มการวิเคราะห์กระบวนการทำงาน	33
3.3	ชุดวัดกำลังสถิต	35
3.4	อิเล็กโทรด	36
3.5	ตำแหน่งที่ติดอิเล็กโทรดบนกล้ามเนื้อ	36
3.6	เครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้า	37
3.7	ชุดเครื่องมือวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย	38
3.8	ตัวอย่างการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายชาย	38
3.13	ตัวอย่างการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายหญิง	38
4.1	แผนภูมิแสดงจำนวนพนักงานที่มีอาการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกาย	40
4.2	ตัวอย่างแบบสำรวจสุขภาพพนักงานของเจ้าหน้าที่คนหนึ่ง	41
4.3	ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์พนักงานของเจ้าหน้าที่คนหนึ่ง	44
4.4	สภาพการทำงานสถานีรับซื้อน้ำยาง	47
4.5	สภาพการทำงานสถานีทำย่างแผ่นรมควัน	48
4.6	แผนผังของสหกรณ์การยางก่อนการปรับปรุง	51
4.7	การกรองน้ำยางก่อนปรับปรุง	72
4.8	ที่กรองแบบเก่าและที่กรองแบบใหม่	72
4.9	ระดับความสูงที่ของบ่อพักน้ำยางและบ่อทำยางแผ่น	73
4.10	แผนผังของสหกรณ์การยางหลังการปรับปรุง	74
4.11	อุปกรณ์ช่วยเทและเคลื่อนย้าย	76
4.12	การใช้งานของอุปกรณ์ที่ออกแบบ	77
4.13	โครงสร้างที่ใช้ทำอุปกรณ์	78
4.14	แนวแรงของน้ำหนัก	78
4.15	การถ่ายน้ำหนักของน้ำยาง	79
4.16	ความสัมพันธ์ของการวัดขนาดของมือกับขนาดของที่จับ	80
4.17	ระดับความสูงในการทำงาน	81
4.18	ระดับความสูงของที่จับ	82
4.19	ที่จับแบบเกลียวสามารถหมุนได้รอบแกนจับ	82

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบที่		หน้า
4.20	การเบี่ยงเบนของข้อมือและข้อมือที่ตรงตามสรีระ	83
4.21	การเคลื่อนไหวของแขนตามสรีระ	83
4.22	ระยะเอื้อมไปข้างหน้า	84
4.23	ตาชั่งเก่าและตาชั่งใหม่	85
4.24	ความสูงของตาชั่งและช่องใส่ถังน้ำยาง	86
4.25	ความสัมพันธ์ของตาชั่งและช่องใส่ถังน้ำยาง	86
4.26	ช่องใส่หลังรถจักรยานยนต์และช่องใส่ถังน้ำยาง	87
4.27	ความกว้างของถังน้ำยางและช่องใส่ถังน้ำยาง	87
4.28	ที่ล็อคตัวถังด้านบน	88
4.29	อุปกรณ์ช่วยในการรับน้ำหนัก	88
4.30	ที่จับที่ได้รับการปรับปรุง	89
4.31	การจับเทแบบคว่ำมือ	90
4.32	การจับเทแบบข้อมือตรง	90
4.33	ขั้นตอนการทำงานสถานีงานรับซื้อน้ำยางหลังปรับปรุง	91
4.34	ค่าคะแนนท่าทางการทำงานในโปรแกรม Minitab	96
4.35	ค่าร้อยละการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ EMG กับ MVE ใน Minitab	97
4.36	ค่ากระแสไฟฟ้าของหลังส่วนล่างซ้ายก่อนและหลังปรับปรุง	98

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การออกแบบงาน สถานที่ทำงาน และอุปกรณ์ในการทำงานที่เหมาะสมนั้นย่อมส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานทำด้วยความสุข รู้สึกสบาย ปราศจากความเครียดกังวล อุบัติเหตุและความเมื่อยล้าอันเนื่องมาจากการทำงาน และขณะเดียวกันก็ยังทำให้กิจกรรมที่ทำอยู่นั้นมีประสิทธิผลสูงขึ้นอันจะเป็นการทำให้เกิดการเพิ่มผลผลิตขึ้นตามลำดับ ถ้าสถานที่การทำงานหรืออุปกรณ์ในการทำงานมีการออกแบบที่ไม่เหมาะสมปรับแต่งได้ไม่เข้ากับขนาดรูปร่างและคุณลักษณะต่างๆ ของตัวผู้ปฏิบัติงานแล้ว ก็ย่อมจะส่งผลทำให้ไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและอาจเกิดอันตรายและโรคอันเนื่องมาจากการทำงาน ในการออกแบบงาน สถานที่ทำงาน และอุปกรณ์ในการทำงานที่เหมาะสมดังกล่าวนั้นต้องพิจารณาขนาดสัดส่วนและลักษณะโครงสร้างร่างกายของคนที่ทำงานนั้นๆมาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบด้วย

งานที่มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บทางการยศาสตร์คืองานที่เคลื่อนไหวซ้ำๆอย่างรวดเร็ว การยกน้ำหนักที่เกินขีดจำกัดของร่างกาย งานที่มีท่าทางการทำงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งอย่างเดียว การทำงานซ้ำๆหรือใช้แรงฉุดกระชาก การยกน้ำหนักถือค้างแบบสถิต ท่าทางร่างกายที่ไม่สมดุล การเคลื่อนไหวที่รีบเร่ง แรงอัดกระแทกหรือแรงสั่นสะเทือนจากภายนอกสามารถส่งผลกระทบต่อกระดูกกล้ามเนื้อ เส้นประสาทและเนื้อเยื่อการไหลเวียนเลือด [1-2] การสัมผัสกับปัจจัยเหล่านี้ที่ก่อให้เกิดความผิดปรกติของกระดูกและกล้ามเนื้อ ความเสี่ยงที่มีความรุนแรงสูงและระยะเวลาที่สัมผัสนานเพิ่มความเสี่ยงของความผิดปรกติของกระดูกและกล้ามเนื้อ [3] เช่น การบาดเจ็บที่เกิดจากความเครียดจากการทำงานซ้ำๆ (repetitive strain injuries) หรือ ความผิดปกติที่เกิดจากการบาดเจ็บสะสม (cumulative trauma disorders) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของโรคระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ [4]

การปรับปรุงสถานีงานจะช่วยให้ท่าทางการทำงานดีขึ้น การออกแบบสถานีงานตามหลักการยศาสตร์ถูกยกให้เป็นวิธีการรักษาประสิทธิภาพแรงงาน และเพิ่มระดับประสิทธิภาพแรงงานของสถานประกอบการ [5] ในที่ซึ่งคนงานต้องใช้แรงกายและความเหนื่อยยาก การออกแบบทางการยศาสตร์ของสถานีงาน มีผลกระทบที่สำคัญต่อการปฏิบัติงานของคนงานและประสิทธิภาพของการผลิต [6] นอกจากผลทางประสิทธิภาพแล้ว การออกแบบสถานีงานตามหลักการยศาสตร์ ยังส่งผลต่อสุขภาพการทำงานความปลอดภัยในทางบวก และยังช่วยสงวนรักษาความสามารถในการใช้งานของแรงงาน [7]

ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมและเสี่ยงต่อการบาดเจ็บส่งผลกระทบอย่างมากต่อการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน การเข้าไปดูแลตรวจสอบท่าทาง กระบวนการทำงานเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าสนใจ การออกแบบงาน สถานที่ทำงาน และอุปกรณ์ในการทำงานที่เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายมาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบ เพราะขนาดสัดส่วนร่างกายมีความเกี่ยวพันธ์กับปัญหาในการออกแบบสถานีงานตามหลักการยศาสตร์ ดังนั้นการปรับกระบวนการเพื่อเข้ากับหลักการยศาสตร์ และการแก้ไขหรือลดปัญหาจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะจะส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานด้วยความสุข รู้สึกสบาย ปราศจากความเครียดกังวล ลดอุบัติเหตุ และความเมื่อยล้าอันเนื่องมาจากการทำงาน ขณะเดียวกันก็ยังทำให้กิจกรรมที่ทำอยู่นั้นมีประสิทธิผลสูงขึ้น อันจะเป็นการทำให้เกิดการเพิ่มผลผลิตขึ้นตามลำดับ ถ้าสถานที่การทำงานหรืออุปกรณ์ในการทำงานมีการออกแบบที่ไม่เหมาะสม ปรับแต่งได้ไม่เข้ากับขนาดรูปร่างและคุณลักษณะต่างๆ ของตัวผู้ปฏิบัติงานแล้ว ก็ย่อมจะส่งผลทำให้ไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและอาจเกิดอันตรายจากโรคอันเนื่องมาจากการทำงานได้

จากการศึกษาสหกรณ์กองทุนสวนยางพิจิตร จำกัด เกี่ยวกับการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกายจากการทำงานของเจ้าหน้าที่ การศึกษาเริ่มจากการเข้าไปสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ทุกคนในสหกรณ์กองทุนสวนยางพิจิตร จำกัด ทุกสถานีงานต่างๆทั้งหมด จำนวน 10 คน โดยใช้แบบสำรวจสุขภาพของพนักงาน พบว่ามีจำนวนเจ้าหน้าที่ที่มีอาการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกายจำนวน 10 คน หรือเจ้าหน้าที่ทั้งหมดเคยมีอาการบาดเจ็บ เฉพาะผู้ที่มีอาการปวดหลังส่วนล่างมี 7 คน อาการปวดหลังส่วนบน 5 คน อาการปวดไหล่ 5 คน และอาการปวดต้นคอ 4 คน ในบรรดาบริเวณที่ปวดหลังส่วนล่างเป็นบริเวณที่มีความอันตรายสูงสุด เพราะสามารถพัฒนาไปเป็นหมองรองกระดูกโป่งไปกดไขสันหลังได้ และจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าพนักงานที่มีอาการปวดหลังมากส่วนใหญ่มาจากสถานีงานรับซื้อน้ำยาง จากนั้นจึงสัมภาษณ์อีกครั้งโดยใช้ แบบสัมภาษณ์พนักงาน เพื่อวิเคราะห์หาค่าดัชนีความผิดปกติ (abnormal index: AI) ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ พบว่าเจ้าหน้าที่ที่มีอาการเจ็บปวดในระดับสูงกว่า คือ เจ้าหน้าที่ในสถานีงานรับซื้อน้ำยาง คำนวณค่าดัชนีความผิดปกติได้ค่าเฉลี่ย 3.35 ซึ่งหมายถึงจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข จึงจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงวิธีการทำงานของเจ้าหน้าที่ในสถานีงานรับซื้อน้ำยางเพื่อลดปัญหาการปวดหลังส่วนล่างดังกล่าว

ดังนั้นการปรับปรุงกระบวนการทำงาน สถานีงานเพื่อให้สอดคล้องกับหลักการยศาสตร์เพื่อป้องกันและลดปัญหาจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ ซึ่งจะส่งผลให้พนักงานและสมาชิกสหกรณ์ทำงานด้วยความสุข รู้สึกสบาย ปราศจากความเครียดกังวล ลดอุบัติเหตุและความเมื่อยล้าอันเนื่องมาจากการทำงาน และขณะเดียวกันก็ยังทำให้กิจกรรมที่ทำอยู่นั้นมีประสิทธิผลสูงขึ้นอันจะเป็นการทำให้เกิดการเพิ่มผลผลิตขึ้นตามลำดับ ถ้าสถานที่การทำงานหรืออุปกรณ์ในการทำงานมีการออกแบบที่ไม่เหมาะสมปรับแต่งได้ไม่เข้ากับขนาดรูปร่างและคุณลักษณะต่างๆ ของตัวผู้ปฏิบัติงานแล้ว ก็ย่อมจะส่งผลทำให้ไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและอาจเกิดอันตรายและโรคอันเนื่องมาจากการทำงานได้

1.2 การสำรวจเอกสาร

องค์การแรงงานระหว่างประเทศได้รายงานว่าทุกปีมีคนงานประมาณ 2.3 ล้านคนตายด้วยผลกระทบของอุบัติเหตุเกี่ยวกับงานที่ทำและโรคที่เกี่ยวกับงานที่ทำ จากฐานข้อมูลปี 2003 บ่งบอกว่าทั่วทั้งโลกมี 337 ล้านกรณีที่เป็นอุบัติเหตุเกี่ยวกับงานที่ทำและ 160 ล้านกรณีที่เป็นโรคที่เกี่ยวกับงานที่ทำ โรคที่เกี่ยวกับงานที่ทำขั้นร้ายแรงมีประมาณ 1.95 ล้านกรณี [8]

การร้องทุกข์ในเรื่องกระดูกและกล้ามเนื้อเป็นสาเหตุหลักของการขาดงานเป็นลำดับสองเท่านั้นรองจากความผิดปรกติของระบบทางเดินหายใจในประเทศที่พัฒนาแล้ว [9] การร้องทุกข์ในเรื่องกระดูกและกล้ามเนื้อเป็นสาเหตุหลักทางการแพทย์มากที่สุดของการขาดงานระยะยาวในประเทศนอร์เวย์ [10] McDiarmid และคณะ [11] ได้ศึกษาคนงาน 29,937 คนสูญเสียเวลาจากการทำงานเนื่องจากโรคการกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ (carpal tunnel syndrome) ในปี 1996 พบว่าครึ่งหนึ่งของคนเหล่านี้ขาดงานมากกว่า 25 วัน เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของการบาดเจ็บและการเจ็บป่วยทั้งหมดอยู่ที่ 5 วัน

การศึกษาโดยกรรมาธิการสหภาพยุโรปประมาณค่าใช้จ่ายอุบัติเหตุจากการทำงานในสหภาพยุโรปซึ่งมีประเทศสมาชิก 15 ประเทศในปี 2000 คือ 55 ล้านดอลลาร์ [12] เป็นการสูญเสียทุกรอบปีผลจากโรคและการบาดเจ็บที่สัมพันธ์กับการทำงาน ในส่วนของค่าชดเชยทดแทน สูญเสียการผลิต ค่าประกันและค่าใช้จ่ายในการักษาพยาบาล อื่นๆ คิดเป็นค่าเฉลี่ยกว่า 4 % ของผลิตผลมวลรวมแห่งชาติของทุกประเทศในโลก [13] การบาดเจ็บและการผิดปรกติของหลังส่วนล่างเป็นสิ่งที่พบบ่อยที่สุดในโรคกระดูกและกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะในสหรัฐอเมริกานั้นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาปัญหานี้ประมาณ 72 ล้านดอลลาร์ [14] ค่าใช้จ่ายด้านเศรษฐกิจในเรื่องความปลอดภัยในอาชีพและปัญหาด้านสุขภาพในที่ทำงานถูกพิจารณาให้เป็นภาระของรัฐบาลและรัฐวิสาหกิจ ค่าใช้จ่ายประจำปีของอุบัติเหตุในส่วนของการผลิตของสหรัฐอเมริกามากกว่า 190 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ค่าใช้จ่ายโดยตรงของอุบัติเหตุและโรคภัยจากการทำงาน 6.6 ล้านดอลลาร์ในประเทศนอร์เวย์ และ 19 ล้านดอลลาร์ในประเทศอังกฤษ [12]

ปัญหาทางการยศาสตร์ในที่ทำงานและองค์กรการทำงานที่ไม่ดีเป็นส่วนหนึ่งที่ส่งเสริมให้เกิดปัจจัยเสี่ยงต่อปัญหาสุขภาพและความปลอดภัยในอาชีพ ท่าทางที่ทำให้เกิดความเครียดเป็นเวลานานจากการนั่ง การยืนหรือท่าทางที่ฝืนธรรมชาติ ท่าทางที่ตายตัว และงานที่ต้องทำซ้ำไปซ้ำมานำไปสู่การบาดเจ็บสะสมเรื้อรัง การบาดเจ็บจากงานที่หนักเกินขีดจำกัดของกระดูก ปัจจัยของสิ่งแวดล้อม ปัจจัยทางจิตสังคม รวมถึงความเครียดของจิตใจ ความไม่พึงพอใจในงาน ระบบที่ไม่ได้ประสิทธิภาพเป็นตัวคาดคะเนปริมาณของโรคและความผิดปรกติของกระดูกและกล้ามเนื้อซึ่งคนงานได้รับ [15] การทำงานซ้ำๆหรือใช้แรงฉุดกระชาก การยกน้ำหนักถือค้างแบบสถิต ท่าทางร่างกายที่ไม่สมดุล การ

เคลื่อนไหวที่รีบเร่ง แรงอัดกระแทกหรือแรงสั่นสะเทือนจากภายนอกสามารถส่งผลกระทบต่อกระดูก กล้ามเนื้อ เส้นประสาทและเนื้อเยื้อการไหลเวียนเลือด การสัมผัสกับปัจจัยเหล่านี้ที่ก่อให้เกิดความผิดปรกติของกระดูกและกล้ามเนื้อได้หลายตำแหน่งในร่างกาย ความเสี่ยงมากขึ้นเมื่อมีปัจจัยเสี่ยงข้างต้นสองหรือมากกว่าร่วมกันอยู่ ความเสี่ยงที่มีความรุนแรงสูงและระยะเวลาที่สัมผัสนานยิ่งเพิ่มความเสี่ยงของความผิดปรกติของกระดูกและกล้ามเนื้อ [16]

ความผิดปรกติของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกิดจากการทำงานเป็นสาเหตุให้เกิดการเจ็บปวดเรื้อรังและการทำงานด้อยประสิทธิภาพลง การบาดเจ็บและการเจ็บป่วยทางการยศาสตร์สามารถทุเลาลงและสามารถหายได้เมื่อบุคคลนั้นออกจากการทำงานหรือให้ช่วงเวลาพักในที่ทำงาน หรือสภาพการทำงานได้รับการปรับปรุง การบาดเจ็บและการเจ็บป่วยทางการยศาสตร์ยังสามารถเป็นอยู่ถาวรถ้าหากยังสัมผัสอยู่กับสภาพการทำงานที่ย่ำแย่เป็นเวลานาน [14-17]

การยืนคือท่าทางการทำงานโดยทั่วไป [18] และสัมพันธ์กับปัจจัยเสี่ยงของการบาดเจ็บที่หลังส่วนล่างซึ่งจะค่อยๆสะสมการบาดเจ็บ [19] ภาระของกระดูกสันหลังจะเพิ่มขึ้นเมื่อลำตัวโน้มไปข้างหน้าจากท่ายืนตัวตรง Takahashi และคณะ [20] ได้ทำการหาความดันในกระดูกสันหลัง วัดค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อลำตัว วิเคราะห์ท่าทางการทำงานของลำตัวโดยให้ชายวัยกลางคนสุขภาพดี 3 คน ยกน้ำหนัก 10 กิโลกรัมด้วยท่าทางงอลำตัวเป็นมุมองศาต่างๆ เปรียบเทียบกับการไม่ต้องยกน้ำหนัก ผลปรากฏว่าว่าแรงกดที่กระดูกสันหลังตรง L4/5 จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าเมื่อลำตัวงอไปข้างหน้าเป็นมุม 10 องศา และจะเพิ่มขึ้นเป็น 3.5 เท่าเมื่อลำตัวงอไปข้างหน้า 30 องศา แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงท่าทางแม้เพียงเล็กน้อยจากท่ายืนตัวตรงสามารถเพิ่มภาระให้แก่กระดูกไขสันหลังได้ หลักการทางการยศาสตร์จะถูกนำมาใช้ในการลดต้นเหตุของภาระน้ำหนัก รวมถึงการจัดสภาพงาน สถานีงาน ช่วงเวลาในการพักฟื้น และการหมุนเวียนงาน หลักการเหล่านี้อาจยากเมื่อเครื่องมือช่วยเมื่อมีพื้นที่ในการทำงานแคบ โครงสร้างงานที่มีข้อจำกัดในการปรับเปลี่ยน งานที่ต้องการสมาธิและความตั้งใจเป็นเวลานาน หรืองานที่ต้องใช้ทักษะสูง

งานขนย้ายนั้นมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักที่ยก การใช้อุปกรณ์ขนย้าย ท่าทางการยก [21] ท่าทางที่มีการโน้มตัวไปข้างหน้าจะทำให้โมเมนต์ของหลังส่วนล่างเพิ่มมากขึ้น เพื่อรักษาสมดุลกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (erector spinae) จะยืดตัวดึงกระดูกสันหลังส่วนล่างขึ้นตามแนวแกนกระดูกสันหลัง [22] กล้ามเนื้อหลังส่วนล่างมีความแข็งแรงพอที่จะรักษาสมดุลของลำตัวในท่าทางที่โน้มลำตัวไปข้างหน้าได้ ถ้าหากไม่มีน้ำหนักมากระทำจากภายนอก หากมีน้ำหนักที่มากจากภายนอกมาร่วมด้วยกล้ามเนื้อหลังเพียงอย่างเดียวไม่มีความสามารถเพียงพอที่จะยกลำตัวได้ขณะกำลังยกน้ำหนักที่มากจากภายนอก [23] เพื่อที่ยกน้ำหนักที่มากกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างจะเพิ่มกลไกลทางกระดูกและกล้ามเนื้อ เพื่อเพิ่มโมเมนต์ของการยืดกล้ามเนื้อให้เพียงพอ วิธีที่ช่วยเพิ่มโมเมนต์จากโครงสร้างส่วน

อื่นเช่น ความดันช่องท้อง [24] กล้ามเนื้อแผ่นกั้น กระดูกสันหลัง เอ็น [25] และผังผืดช่วงอกต่อกับเอว ระบบเอ็นด้านหลัง ร่วมกันกับหมอนรองกระดูก [23] หรือปฏิกิริยาไฮโดรลิกของลำตัว [26] กำลังที่ใช้ในการทำงานของคนงานจะต้องไม่เกิน 35% ของกำลังสูงสุดที่คนงานนั้นทำได้ [27]

จากการสำรวจเอกสารพบว่าส่วนใหญ่แล้วคำแนะนำหลักในวิธีการป้องกันระดับทุติยภูมิของอาการและความผิดปรกติของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เกิดจากการทำงานคือการใช้หลักการทางการยศาสตร์เข้าไปปรับเปลี่ยนสถานีงานที่มีปัจจัยเสี่ยงทางชีวกลศาสตร์ที่ทำให้เกิดความผิดปรกติของกระดูกและกล้ามเนื้อ Piligan และคณะ [28] กล่าวถึงจุดหมายของการป้องกันนี้คือ 1. ลดท่าทางที่งุ่มง่าม 2. ลดความจำเป็นในการใช้แรงที่มากเกินไป 3. ลดการเคลื่อนไหวที่ซ้ำไปมา 4. ลดระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละตำแหน่ง และ 5 ให้เวลาในการพักฟื้นที่เพียงพอ

ความพยายามในการลดภาระน้ำหนักที่ข้อต่อ การปวดหลัง และเพิ่มประสิทธิภาพ จึงมีเครื่องมือที่ช่วยให้การทำงานของร่างกายน้อยลงในการยกเช่น รอก รถเข็น หรือสายพานลำเลียงมาช่วยในการรับงานที่น้ำหนักมาก วัตถุที่มีรูปร่างไม่สะดวกในการยก งานที่ต้องทำซ้ำๆกันเป็นเวลานานหรือเกินความสามารถของมนุษย์ อย่างไรก็ตามเมื่อภาระงานอยู่ในขีดความสามารถในการยกของมนุษย์มีแนวโน้มที่จะยกโดยใช้มือมากกว่าจะใช้เครื่องช่วยยกซึ่งมีความล่าช้ากว่าความเร็วในการยกของมนุษย์และบางครั้งการใช้เครื่องมือช่วยก็ไม่ได้ช่วยให้ง่ายขึ้น [29]

การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ตามหลักวิทยาศาสตร์เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์มนุษย์ที่เกี่ยวกับ ขนาด น้ำหนัก และสัดส่วนของร่างกายมนุษย์เพื่อให้ได้รับความสบาย ความพอเหมาะ และการใช้งานได้เป็นอย่างดี จึงเกิดแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการวัดขนาดสัดส่วนเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับการวัดขนาดของสถานีงานและผลิตภัณฑ์ให้สัมพันธ์กันตัวอย่างเช่น ความสูงของเข่ากับความสูงของเก้าอี้ [30] ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดรวมถึงเสื้อผ้า ผลิตภัณฑ์บริโภคตลอดจนระบบการผลิตเช่น สำนักงาน สถานประกอบการ ยวดยานพาหนะ และสายการผลิต จำเป็นต้องได้รับการปรับให้เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนของผู้ใช้เพื่อสามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุดและลดผลกระทบด้านลบมากที่สุด ความเหมาะสมระหว่างความแตกต่างหลากหลายของผลิตภัณฑ์ สถานีงาน และผู้ใช้ส่วนใหญ่แล้วไม่สามารถหาค่าเหมาะสมที่สุดได้ [30-31] ขนาดสัดส่วนที่คลาดเคลื่อนของผลิตภัณฑ์ หรือสถานีงานนำไปสู่ความไม่สบาย การบาดเจ็บ และความผิดปรกติของ คอ ไหล่ [32] แขน มือ ข้อมือ [33] และหลัง [32] ความผิดปรกติของกล้ามเนื้อและกระดูกเนื่องจากสาเหตุนี้ถูกพบในหลายสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันเช่น สำนักงาน [34] สายการผลิตอิเล็คโทรนิค [35] ตลอดจนสภาพแวดล้อมของพนักงานขับรถ [36] เพื่อที่จะลดข้อบกพร่องที่ไม่ตรงกันของขนาดสัดส่วนของผลิตภัณฑ์หรือสถานีงานกับผู้ใช้นักออกแบบจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่ถูกต้องและทันสมัยของการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายสำหรับทุกกลุ่มเป้าหมาย

Michael และคณะ [37] พูดถึงหลักการยศาสตร์ว่า เป็นหลักการที่เน้นไปที่การแก้ปัญหาเชิงอนุรักษ์ โดยเฉพาะการแก้ไขในตอนเริ่มแรก การประเมินสถานีงานเพื่อหาปัจจัยเสี่ยง ตามด้วยการปรับเปลี่ยน หยุดหรือลดท่าทางหรือการเคลื่อนไหวที่เป็นปัญหาลง While Piligan [38] ได้สนับสนุนข้อคิดเห็นนี้ว่า เป้าหมายของหลักการเพื่อลด ท่าทางที่ผิดเบี่ยงเบน ใช้แรงเกินขีดจำกัดให้น้อยที่สุด ลดการเคลื่อนไหวที่ซ้ำๆ ลดเวลาที่ใช้ค้างท่าทางแต่ละท่าทาง และเพิ่มระยะเวลาพักฟื้น

สถานะการดำเนินงานทางการยศาสตร์ไม่ค่อยดีนัก ในงานวิจัยของBreedveld [39] ที่ได้ทำการศึกษาหาสาเหตุร่วมกับผู้เชียวชาญทางการยศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับในยุโรป 130 คน โดยใช้แบบสอบถามเก็บรวบรวมข้อมูลทางอินเตอร์เน็ตได้ระบุว่าสถานะการดำเนินงานที่ไม่ค่อยดีส่วนใหญ่มากจากการจัดลำดับความสำคัญของมุมมองทางเทคนิคและขาดการยอมรับมาตรการจัดการปรับปรุงทางการยศาสตร์ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังระบุอีกว่า ปัจจัยทางสังคม อย่างเช่น ความพึงพอใจในงาน ตลอดจนปัจจัยทางการเงิน เช่น การลดลงของความผิดพลาดที่เกิดจากระบบการผลิต หรือความสามารถเพิ่มผลผลิตที่เสริมขึ้นจากการยศาสตร์ โดยเฉพาะในส่วนของปัจจัยทางการเงิน

มาตรการทางกายศาสตร์ดูเหมือนจะส่งเสริมคุณภาพผลผลิตสูงขึ้นจากการศึกษาโดย Eklund [40] พบว่าประมาณ 50% ของผลข้อบกพร้องทางคุณภาพทั้งหมดมาจากงานที่ถูกพิจารณาว่าเป็นปัญหาทางการยศาสตร์ การค้นพบนี้ยังได้รับการสนับสนุนโดยการศึกษาของ Lin และคณะ [41] และในทิศทางเดียวกันนี้ Falck และคณะ [42] ได้ตรวจสอบผลกระทบของสายการผลิตที่ไม่ดีตามหลักการยศาสตร์ต่อคุณภาพของผลผลิตซึ่งผลการศึกษาสนับสนุนความสำคัญของการยศาสตร์ต่อปัญหาคุณภาพในการผลิต การจัดการเชิงการยศาสตร์นั้นยังต้องการการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนและทุกระดับของคนงาน การตระหนักถึงความสำคัญของการยศาสตร์ต้องอาศัยการซึมซับไปด้วยกันทั้งหมดขององค์กร การระบุปัญหาทางการยศาสตร์นั้นยังไม่ใช่ภาพรวมของการยศาสตร์ เพราะการหาทางแก้ไขปัญหาเป็นสิ่งที่น่าท้าทายยิ่งกว่า วิธีการแก้ไขปัญหาที่ดีมักต้องการความร่วมมือจากหลายส่วนและคนงานซึ่งเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรง

อุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติต่างๆ เช่น สว่านไฟฟ้า หรือ เครื่องยกอัตโนมัติ ก็ควรออกแบบให้เข้ากับสรีระและขีดความสามารถของมนุษย์ตามหลักการยศาสตร์ ซึ่งสามารถลดความเครียดจากการทำงานได้มากมาย โดยเฉพาะการยกและถือน้ำหนักที่มากซึ่งมักทำให้เกิดท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม และภาระน้ำหนักที่มากเกินของร่างกาย แต่อุปกรณ์เหล่านี้มีค่าใช้จ่ายสูง อุปกรณ์บางอย่างต้องใช้พื้นที่เพิ่มขึ้น มีค่าบำรุงรักษาที่มาก ค่าไฟ บางอุปกรณ์เพิ่มความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดอันตราย ในงานยกถือเคลื่อนย้ายวัตถุที่มีน้ำหนักมากเกินขีดความสามารถของมนุษย์มากๆควรใช้อุปกรณ์เหล่านี้ซึ่งสามารถสร้างความสะดวกสบายและลดภาระงานให้กับคนงานได้มาก แต่ก็มีอีกหลายงานที่ถ้านำบางอุปกรณ์ดังกล่าวมาใช้กลับเป็นการเพิ่มความยุ่งยาก ภาระ พื้นที่ และความเกะกะไม่เหมาะสมหรือไม่เข้ากันกับงาน รวมทั้งค่าใช้จ่ายต่างๆ การออกแบบเครื่องมือตามหลักการยศาสตร์ที่เน้นความเรียบง่าย คำนึงถึงความสัมพันธ์ของลักษณะงาน สัดส่วนร่างกายผู้ใช้งาน ความเหมาะสม การใช้งานได้จริง ค่าใช้จ่าย และการออกแบบบนพื้นฐานของการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริง [43]

การออกแบบสถานีงานโดยหลักการยศาสตร์ได้รับการยอมรับให้เป็นขั้นต้นของการออกแบบและถูกพิจารณาให้เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญในการออกแบบสถานีงานเนื่องจากการออกแบบที่เหมาะสมจะทำให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดและยังเป็นตัวเลือกแรกสำหรับการควบคุมสาเหตุของความเครียดในที่ทำงาน การประยุกต์ใช้หลักการยศาสตร์เพื่อออกแบบให้เกิดความสัมพันธ์กันของคนและเครื่องจักร รวมทั้งการแสดงข้อมูลของกระบวนการ การควบคุมอุปกรณ์ แผงหน้าปัดต้องได้รับการพิจารณาออกแบบอย่างดีที่สุดตามหลักทางการยศาสตร์สำหรับผู้ปฏิบัติการ การออกแบบและแสดงขั้นตอนการปฏิบัติงานนั้นควรให้เรียบง่ายที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ [44] ผลกระทบของสถานที่ทำงานที่มีต่อสุขภาพของคนงาน สามารถที่จะลดผลกระทบแต่ละบุคคลได้โดยการปฏิบัติตามแนวทางการยศาสตร์ ซึ่งไม่ได้แค่มุ่งแก้ไขเพียงการออกแบบสถานีงาน และเครื่องมือให้แต่ละบุคคลโดยทันที พื้นที่ต่างๆต้องได้รับการตรวจสอบถึงปัญหาต่างๆตามหลักการยศาสตร์ก่อน [45]

การปรับปรุงสถานีงานตามหลักการยศาสตร์จะเริ่มที่การระบุพื้นที่ปัญหาหรือสภาพการทำงานเพื่อปรับปรุง เก็บและมีข้อมูลที่รายงานการบาดเจ็บ อุบัติเหตุ การผลิต การวัดคุณภาพ และบันทึกส่วนบุคคล [46] เช่น ข้อมูลทางการแพทย์ที่เกี่ยวกับการบาดเจ็บ และการเจ็บป่วยต้องรายงานเพื่อระบุพื้นที่ที่เป็นปัญหา การสำรวจความไม่สบาย การขาดงานบ่อย และผลประกอบการ สามารถเป็นตัวบ่งบอกความยาก หรือแรงกดดันของงาน เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบใหม่ ข้อมูลการผลิตและคุณภาพ เป็นตัวบ่งบอกความเหมาะสมไม่เหมาะสมของสถานีงานและคนงาน การตรวจสอบอุบัติเหตุต่างๆ เพื่อระบุพื้นที่ปัญหา ตามที่ Rowan และ Wright [47] ได้ศึกษา การลดความผิดพลาดเป็นประโยชน์ที่สำคัญของการจัดการทางการยศาสตร์ที่ดี เพราะเหตุที่ทำให้ลดความผิลพลาดนั้นก็สามารถลดการบาดเจ็บ ลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุ ปรับปรุงคุณภาพ และเพิ่มผลผลิต ปัจจัยที่เสริมให้เกิดความผิดพลาดที่รู้จักกันคือ สิ่งที่ทำจนเคยชิน ความอ่อนล้า ใจลอย เหม่อ ฉะนั้นเป้าหมายของการจัดการทางการยศาสตร์ คือลดหรือกำจัดปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดความผิดพลาด และลดผลที่ตามมาจากความผิดพลาดนั้น

จากการสำรวจเอกสารแสดงให้เห็น ข้อมูล ความรู้ ปัญหา และสิ่งที่ผู้วิจัยคนอื่นได้ทำมาเพื่อเป็นแนวทางในการนำข้อมูล ความรู้ ความคิดต่างๆนั้นมาใช้ในการศึกษาของงานวิจัยนี้ และจากบทนำก็เป็นสิ่งที่น่าสนใจในเรื่องความสำคัญของอุตสาหกรรมยางพาราในประเทศไทย ภาคใต้ และจังหวัดสงขลา ในอุตสาหกรรมนี้ก็มีแรงงานที่ทำงานอยู่กับสถานีงานที่ยังไม่ได้ตรวจสอบหรือออกแบบตามหลักการทางการยศาสตร์ เป็นสิ่งที่น่าสนใจหากจะนำความรู้ หลักการทางการยศาสตร์ที่ได้ศึกษาค้นคว้าไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการทำงาน ท่าทางการทำงาน เพื่อสุขภาพการทำงานที่ดีของพนักงานและสมาชิกสหกรณ์ และเป็นแนวทางในการปรับปรุงสถานีงานให้แก่งานวิจัยอื่น

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ลดระดับความเสี่ยงของท่าทางการทำงานและลดค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อหลังบริเวณที่เสี่ยงต่อการบาดเจ็บ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. การทำงานของสถานีงานในสหกรณ์การยางได้รับการปรับปรุงตามหลักการยศาสตร์

2. มีข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลในการออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

1. ทำการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายกลุ่มตัวอย่างสมาชิกสหกรณ์กองทุนสวนยางพิจิตร จำกัด อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลาจำนวน 100 คน วิธีการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายอิงตามมาตรฐานของ Pheasant 36 ท่าทาง

2. วัดกระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังส่วนบนและหลังส่วนล่าง โดยใช้เจ้าหน้าที่สหกรณ์ซึ่งทำงานประจำ ณ สถานีงานที่ทำการปรับปรุงจำนวน 5 คนเป็นผู้ทดลองโดยเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงงาน

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านการยศาสตร์ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความสบายในการทำงาน การสร้างความสัมพันธ์ที่ดีให้เกิดขึ้นระหว่างคน เครื่องมือ และสิ่งแวดล้อม การทำงานทางด้านการยศาสตร์คือ การพัฒนาและปรับปรุงสภาพการทำงาน ความหนักเบาของงาน การใช้เครื่องมือที่เหมาะสม รวมไปถึงท่าทางการทำงาน เพื่อให้คนงานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดข้อผิดพลาดในการทำงานและการเพิ่มผลผลิต นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มคุณภาพชีวิตในการทำงานอีกด้วย

2.1 การวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน

การวิเคราะห์ปัญหาซึ่งเป็นการหาข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปัญหาอย่างลึกซึ้ง ซึ่งจะต้องครอบคลุมหัวข้อต่อไปนี้ [48]

1) ศึกษาข้อจำกัดของปัญหา รายละเอียด และเงื่อนไขต่างๆ

2) อธิบายวิธีการทำงานในปัจจุบันโดยอาจใช้แผนภูมิกระบวนการผลิต

3) กำหนดว่ากิจกรรมใดบ้างที่คนสามารถทำได้ดีกว่า หรือเครื่องจักรทำได้ดีกว่า หรือควรทำร่วมกัน

4) กลับไปตรวจสอบปัญหาใหม่อีกครั้ง

5) กลับไปตรวจสอบเกณฑ์สำหรับตัดสินที่ตั้งไว้ใหม่ในการวิเคราะห์ปัญหา

ผู้วิเคราะห์ต้องมีข้อมูลอย่างเพียงพอในทุกๆด้านเช่น ปริมาณการผลิตจำนวนคนงานที่ต้องการเป็นต้น ผู้วิเคราะห์ควรรู้ระยะเวลาที่มีในการแก้ปัญหา ถ้าเป็นปัญหาด้านการผลิตจะต้องทราบระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการจนกระทั่งเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

แผนภูมิกระบวนการผลิตคือ แผนภูมิที่ใช้ในการบันทึกกระบวนการผลิตแสดงขั้นตอนการทำงานตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการ โดยเริ่มที่วัตถุดิบเข้ามาสู่โรงงานแล้วติดตามบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับวัตถุดิบนั้นไปเรื่อยๆทุกขั้นตอนเช่น ถูกลำเลียงไปยังสถานีงาน ถูกตรวจสอบ ถูกล้างทำความสะอาด จนกระทั่งออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ [48] การบันทึกข้อมูลจะใช้สัญลักษณ์แผนภูมิ 5 สัญลักษณ์ซึ่งครอบคลุมกระบวนการที่ปรากฏทั่วไปในโรงงานหรือสำนักงาน ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์แผนภูมิ 5 สัญลักษณ์ [48]

กระบวนการ	สัญลักษณ์	ความหมาย
การปฏิบัติงาน (operation)		กิจกรรมที่ผู้ปฏิบัติงานทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงในทางกายภาพ หรือ ทางเคมี กิจกรรมที่แยก หรือ ประกอบ กิจกรรมที่จัดและเตรียมวัสดุสำหรับขั้นตอนในการผลิต รวมถึงขั้นตอนการรับข่าวสาร การคำนวณ และการวางแผน
การขนส่ง (transportation)		กิจกรรมที่ผู้ปฏิบัติงานทำให้วัสดุเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งยกเว้นการเคลื่อนย้ายกรณีที่อยู่ในขั้นตอนการผลิตและการเคลื่อนย้ายโดยขนงานภายในสถานีงานระหว่างการตรวจสอบ
การตรวจสอบ (inspection)		กิจกรรมที่ผู้ปฏิบัติงานตรวจสอบเปรียบเทียบ ชนิด คุณภาพ ปริมาณของวัสดุ
การรอคอย (delay)		กิจกรรมที่ผู้ปฏิบัติงานมีการหยุดรอ หรือ พัก ก่อนที่จะมีการทำงานขั้นต่อไป
การพัก (storage)		กิจกรรมที่ผู้ปฏิบัติงานเก็บ พัก หรือ ควบคุมวัสดุเอาไว้ ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้ถ้าต้องการ

การเขียนแผนภูมิกระบวนการผลิต สามารถแบ่งเป็นขั้นตอน 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) เลือกกิจกรรมการทำงานที่ต้องการศึกษา โดยกำหนดเจาะจงลงไปว่าต้องการศึกษากระบวนการของคนหรือวัสดุ

2) กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของกระบวนการผลิตที่จะศึกษา โดยจะต้องควบคุมกิจกรรมทั้งหมดที่ต้องการศึกษา

3) เขียนแผนภูมิกระบวนการผลิต

4) แสดงผลของจำนวนกิจกรรมต่างๆคือ จำนวนขั้นตอนการปฏิบัติงาน จำนวนขั้นตอนการขนส่ง จำนวนครั้งของความล่าช้า จำนวนครั้งการตรวจสอบ และจำนวนครั้งในการพักหรือเก็บรวมถึงระยะทางขนส่งใส่ไว้ใน

5) เขียนผังการไหลของกระบวนการผลิต แสดงสถานีงาน ที่ตั้งของเครื่องมือต่างๆ

6) แสดงทิศทางการไหลของกระบวนการผลิตโดยใช้หัวลูกศรชี้แสดง

2.2 การกำหนดแนวทางการปรับปรุงการทำงาน

การแบ่งกลุ่มของสัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภูมิกระบวนการผลิตพบว่า ควรที่จะปรับปรุงหรือกำจัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าก่อน จากนั้นจึงปรับปรุงกิจกรรมที่เพิ่มมูลค่าแต่สามารถกำจัดได้ เทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการที่จะทำให้เกิดมุมมองในการปรับปรุง เช่นหลักเกณฑ์ ECRS (eliminate, combine, rearrange and simplify) เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H (what, where, when, who, why, how) หลักเศรษฐศาสตร์การเคลื่อนไหว หลัก 5ส (สะสาง สะดวก สะอาด สุขลักษณะ สร้างนิสัย)เป็นต้น มาใช้เพื่อค้นหาวิธีการปรับปรุงวิธีการทำงาน [48]

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H ร่วมกับหลักการ ECRS หลักการทางการยศาสตร์ และการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายเพื่อออกแบบเครื่องมือมาใช้ในการปรับปรุง

5W1H เป็นแนวทางในการตรวจพิจารณาปัญหาอย่างรอบคอบ ไม่ว่าปัญหานั้นจะเป็นงานวิเคราะห์ทั้งระบบหรือบางส่วนของระบบ 5W1H ประกอบด้วย

1) อะไร (what) ถามถึงวัตถุประสงค์ของงาน โดยใช้คำถามทำไม (why) คือ ทำอะไรอยู่ ทำไมทำอยู่อย่างนั้น ทำไมสิ่งนั้นจึงจำเป็น

2) เมื่อไหร่ (when) ถามถึงลำดับขั้นตอนการทำงาน โดยใช้คำถามทำไม (why) คือ ทำเมื่อไร ทำไมต้องทำตอนนั้น

3) ที่ไหน (where) ถามถึงสถานที่ทำงาน โดยใช้คำถามทำไม (why) คือ ทำที่ไหน ทำไมถึงต้องทำที่นั้น

4) ใคร (who) ถามถึงคนหรือเครื่องจักร โดยใช้คำถามทำไม (why) คือ ใครหรือเครื่องไหนทำงานนั้นอยู่ ทำไมต้องคนหรือเครื่องจักรนั้น

5) อย่างไร (how) ถามถึงวิธีการทำงาน โดยใช้คำถามทำไม (why) คือ ใช้วิธีการอะไรทำงาน ทำไมต้องวิธีการนั้น

เมื่อทราบแนวทางในการตรวจพิจารณาปัญหาอย่างรอบคอบจากคำถาม 5W1H แล้ว หลักเกณฑ์ ECRS ถูกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงงาน แนวทางหลักในการพัฒนาปรับปรุงการเคลื่อนไหวทำงาน “ECRS” มีรายละเอียดดังนี้ [48]

1) หลักการกำจัดการเคลื่อนไหวที่เปล่าประโยชน์ (elimination)

1.1) กำจัดการใช้มือจับอุปกรณ์ยกถือนิ่ง (holding device) สิ่งของหรือวัตถุ

1.2) กำจัดท่าทางการทำงานที่ไม่เป็นธรรมชาติหรือไม่เหมาะสม (awkward posture) เช่น กำจัดท่าทางการเคลื่อนไหวมือและแขนที่หักมุมหรือเคลื่อนที่เป็นแบบสะดุดเป็นช่วงๆ ตัวอย่างเช่น การเช็ดกระจกหน้ารถควรเคลื่อนมือในรัศมีครึ่งวงกลมแทนที่การเช็คขึ้นลงแนวดิ่ง

1.3) กำจัดการใช้แรงกล้ามเนื้อโดยการใช้อุปกรณ์ผ่อนแรงมาช่วยการทำงานนั้นๆ

1.4) ขจัดสิ่งที่รกรุงรังและสิ่งที่ไม่จำเป็นของงานออกให้หมด

2) หลักการรวมการเคลื่อนไหวและอุปกรณ์เข้าด้วยกัน (combination)

2.1) รวมการเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กันเข้าด้วยกันเพื่อให้มีการเคลื่อนไหวน้อยครั้งและใช้เวลาสั่นที่สุดเช่น การจัดเก็บผลิตภัณฑ์ให้เป็นแถวแนวตรงจะดีกว่าจัดเรียงเป็นเส้นโค้งคดไปคดมาหรือวกไปวนมา

2.2) รวมการเคลื่อนไหวที่ใช้จังหวะหรือท่าทาง หรืออาศัยระยะเวลาที่เป็นธรรมชาติได้อย่างราบรื่นกลมกลืนกันเช่น การเย็บจักรอุตสาหกรรมด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ก็ควรใช้ทั้งมือและเท้าช่วยกันทำงาน

2.3) รวมการบังคับควบคุมเครื่องจักรที่มีหลักการทำงานคล้ายๆกันเข้าด้วยกัน

2.4) รวมอุปกรณ์เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เป็นกลุ่มพวกเดียวกันเข้าด้วยกัน

3) หลักการจัดปรับวางตำแหน่งงานและลักษณะการเคลื่อนไหวร่างกายวิธีใหม่ (rearrangement)

3.1) จัดย้ายงานที่ต้องใช้มือทำ (manual work) ไปเป็นงานที่ต้องใช้สายตาควบคุมการทำงาน (eyes work) แทนถ้าเป็นไปได้

3.2) จัดตำแหน่งหรือจุดที่ตั้งของงานต่างๆ ให้เป็นลำดับขั้นตอน เป็นไปตามกระบวนการการไหลของงาน (flow of work) และจัดวางเครื่องมือเครื่องใช้ตามลำดับการเคลื่อนไหวของร่างกายให้เป็นวงจรแล้ววนกลับมาตั้งต้นที่เดิม โดยหลีกเลี่ยงการเคลื่อนไหวส่วนร่างกายที่ซิกแซ็กไปมาในระหว่างกระบวนการทำงาน

3.3) จัดให้งานที่จะต้องทำนั้นหันเข้ามาหาตรงหน้าของตัวผู้ปฏิบัติ และจัดเตรียมอุปกรณ์การทำงานให้เรียบร้อยพร้อมที่จะทำงานได้ทันทีเมื่อต้องการ

3.4) จัดการเคลื่อนไหวร่างกายให้เป็นไปตามลักษณะตามธรรมชาติและตามความถนัดของบุคคล

3.5) พยายามเปลี่ยนย้ายจากงานยืนหรือนั่งเป็นเวลานานมาเป็นการยืนสลับนั่ง

3.6) การใช้มือทั้งสองเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกันอย่างสมดุล และรับภาระของงานในสัดส่วนเท่ากันทั้งสองข้าง (simultaneous symmetrical motion)

4) หลักการจัดการเคลื่อนไหวร่างกายให้ง่ายขึ้น (simplification)

4.1) การเคลื่อนที่แบบครึ่งวงกลม ช่วยให้คนเราเคลื่อนไหวได้สะดวก รวดเร็วใช้แรงงานน้อยลง ไม่ต้องเอื้อมมือไปไกล อีกทั้งยังหยิบฉวยสิ่งของได้อย่างสะดวกง่ายดาย

4.2) ลดระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกนัยน์ตา และลดปริมาณการใช้สายตาจับจ้องเพ่งมองจุดใดจุดหนึ่งเป็นระยะเวลานานๆ ควรจัดให้ระดับสายตาที่มองดูชิ้นงานเป็นมุมก้มประมาณไม่เกิน 45 องศาจากแนวระนาบ

4.3) เก็บรักษาสิ่งต่างๆ เอาไว้ในที่ที่หยิบใช้ได้ง่าย และเป็นระเบียบเรียบร้อย

4.4) พยายามให้งานที่ทำอยู่ในขอบเขตพื้นที่ทำงานปกติ หรือพื้นที่ทำงานที่ไม่ต้องอาศัยการเคลื่อนไหวลำตัวเลยจะเป็นการดีที่สุด

4.5) ปรับปรุงเทคนิคในการทำงานให้สามารถทำงานได้ดีขึ้น สะดวกสบายขึ้น โดยใช้แนวคิด เทคนิค เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการปฏิบัติงาน

เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H และหลักเกณฑ์ ECRS ถูกนำมาใช้ตรวจสอบสัญลักษณ์ 5 สัญลักษณ์ ซึ่งได้บันทึกไว้ในแผนภูมิกระบวนการผลิต เพื่อพิจารณาขั้นตอนของงานที่ทำอยู่เหมาะสมหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสมก็ควรหาแนวทางในการปรับปรุง แต่ถ้าเหมาะสมอยู่แล้วก็จะค้นหาว่ามีวิธีการอื่นสำหรับขั้นตอนนั้นๆที่ดีกว่าหรือไม่ ถ้ามีจะทำอย่างไร กระบวนการพิจารณาตรวจสอบนี้ จะช่วยให้เห็นแนวทางการปรับปรุงการทำงาน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H และหลักเกณฑ์ ECRS [48]

5W1H	ประเภท	ความหมาย (why)	ประเด็นพิจารณา	หลักเกณฑ์ ECRS
what	วัตถุประสงค์	-ทำอะไรอยู่ -ทำไมทำอยู่อย่างนั้น -ทำไมสิ่งนั้นจึงจำเป็น	-เลิกเสียได้หรือไม่ -สามารถที่จะบรรลุเป้าหมายด้วยวิธีอื่นหรือไม่	กำจัดส่วนที่ไม่จำเป็นทิ้ง (e) การผสมองค์ประกอบของงาน (c) หรือการโยกย้ายสับเปลี่ยน (r) ดัดแปลงให้ง่ายขึ้น (s)
when	ลำดับขั้นตอน	-ทำเมื่อไหร่ -ทำไมต้องทำตอนนั้น	-เวลาอื่นไม่ได้หรือ	
where	สถานที่	-ทำที่ไหน -ทำไมต้องทำที่นั้น	-ทำที่อื่นไม่ได้หรือ	
who	คนหรือเครื่องจักร	-ใครหรือเครื่องจักรทำงานนั้นอยู่ -ทำไมต้องคนหรือเครื่องจักรนั้น	-คนอื่นหรือเครื่องอื่นไม่ได้หรือ	
how	วิธีปฏิบัติงาน	-ใช้วิธีการอะไรทำงาน -ทำไมต้องวิธีนั้น	-จะลดแรงงานหรือเวลางานลงได้หรือไม่	

2.3 การสำรวจสุขภาพของพนักงาน

แบบสำรวจสุขภาพของพนักงานมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่า พนักงานมีประวัติเคยเจ็บปวดกล้ามเนื้อมากน้อยแค่ไหน และมีวิธีการรักษาอย่างไร สำหรับแบบสัมภาษณ์พนักงานเพื่อใช้ประเมินระดับความรุนแรงของปัญหา โดยการคำนวณหาค่าดัชนีความไม่ปกติ (abnormal index) จะมีคำถามที่มุ่งเน้นหาระดับความรุนแรงของปัญหา โดยรายละเอียดการสัมภาษณ์ประกอบด้วยหัวข้อต่างๆดังนี้ [49-50]

1) ความล้าโดยทั่วไป

2) ความเสี่ยงต่อการเจ็บปวดและบาดเจ็บ

3) ระดับความสนใจต่องานที่ทำ

4) ความซับซ้อนของลักษณะงาน

5) ความยากง่ายของการทำงาน

6) จังหวะของการทำงาน

7) ความรับผิดชอบในการทำงาน

8) ความเป็นอิสระในการทำงาน

ในการประเมินผลแบบสอบถามชุดนี้ ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์พนักงานโดยตรง พนักงานที่ถูกสัมภาษณ์จะเป็นผู้ทำการประเมินผลในแต่ละหัวข้อด้วยตนเอง โดยในแต่ละหัวข้อจะแบ่งระดับความรุนแรงเป็น 10 ระดับคือ ระดับ 0-9 โดยที่

คะแนน 0 หมายถึง ความรุนแรงน้อยที่สุด

คะแนน 9 หมายถึง ความรุนแรงมากที่สุดหรือมากจนทนไม่ได้

สำหรับคะแนนที่ได้ในแต่ละหัวข้อนั้นจะนำมาใช้ประเมินค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) โดยใช้สมการที่ (2-1)

$$AI = \frac{\sum(1,2,4,5,6,7) - \sum(3,8)}{8} \qquad (2\text{-}1)$$

ค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) สามารถใช้ประเมินผลได้ดังนี้

AI ≤ 0	ไม่มีปัญหาอะไรเลย
0 < AI ≤ 2	มีปัญหาเล็กน้อย พอทนได้
2 < AI ≤ 3	ต้องระมัดระวังเอาใจใส่
3 < AI ≤ 4	เริ่มเป็นปัญหามากจนทนไม่ได้
AI > 4	ผิดปกติ ต้องรีบดำเนินการแก้ไขทันที

2.4 การวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน

Rapid upper limb assessment (RULA) เป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประเมินท่าทาง แรง และกล้ามเนื้อ เพื่อวินิจฉัยการทำงานของบุคคลเพื่อหาความเสี่ยงต่อการผิดปกติของกระดูกระยางค์ส่วนบน (upper limb) จากการทำงาน นอกจากนี้ RULA ยังใช้ประเมินลักษณะท่าทางการทำงานที่สัมพันธ์กับปัจจัยเสี่ยงได้แก่ จำนวนการเคลื่อนไหว การทำงานของกล้ามเนื้อ แรง ท่าทางในการทำงานกับเครื่องมือและอุปกรณ์ เวลาในการทำงาน ปริมาณงาน ความเร็วและความเร่งในการเคลื่อนไหว ความถี่ และระยะเวลาของการหยุดพักจากการทำงาน วิธีการที่ใช้ประเมินท่าทางในการทำงานโดยใช้การสังเกต สายตา การบันทึกภาพวิดีโอ เทคนิค RULA ถูกพัฒนาโดย McAtamney and Corlett [51] เป็นเทคนิคในการอธิบายการทำงานที่เกี่ยวกับท่าทางการทำงาน ที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ การศึกษาจะประเมินออกมาเป็นระบบตัวเลขที่มีความสะดวก และง่ายในการเปรียบเทียบในประเมินท่าทางการทำงาน

การวิเคราะห์ท่างการทำงานโดยเทคนิค RULA มีอยู่ 3 ส่วนด้วยกัน คือ 1. ระยางค์ส่วนบน (upper limb) 2. แกนร่างกาย (axial) และระยางค์ส่วนล่าง (lower limb) 3. กล้ามเนื้อ (muscle)

1) ระยางค์ส่วนบน (upper limb) ซึ่งประกอบด้วย แขนส่วนบน (upper arm) แขนส่วนล่าง (lower arm หรือ fore arm) มือและข้อมือ (hand และ wrist) การบิดหมุนของข้อมือ (wrist twist)

1.1) แขนส่วนบน (upper arm) ประเมินระดับของแขน การยกขึ้นของแขน การยกของไหล่ การกางแขน แขนมีที่รองรับ การประเมินแยกแขนซ้ายและขวา

1.2) แขนส่วนล่าง (lower arm หรือ fore arm) ประเมินระดับของแขนส่วนล่าง มุมของแขนส่วนล่าง การทำงานไขว้แขน การกางแขนออกข้างลำตัว การประเมินแยกแขนซ้ายและขวา

1.3) มือและข้อมือ (hand และ wrist) ประเมินลักษณะข้อมือ การบิดงอ การเบี่ยงข้อมือออกด้านข้าง ประเมินแยกแขนซ้ายและขวา

1.4) การบิดหมุนของข้อมือ (wrist twist) ประเมินการหมุนข้อมือ ประเมินแยกแขนซ้ายและขวา

2) แกนร่างกายและระยางค์ส่วนล่าง (axial และ lower limb) ซึ่งประกอบด้วยคอ (neck) ลำตัว (trunk) และขา (leg)

2.1) คอ (neck) ประเมินมุมก้ม การเงยศีรษะ การหมุนศีรษะ การเอียงศีรษะไปด้านข้าง

2.2) ลำตัว (trunk) ประเมินการโน้มลำตัวไปด้านหน้า มุมโน้มเอียงของลำตัว การหมุนลำตัว การเอียงลำตัวไปด้านข้าง

2.3) ขา (leg) ประเมินลักษณะสมดุลของขาซ้ายและขาว

3) กล้ามเนื้อ (muscle) ซึ่งประกอบด้วย ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ (muscle use) และภาระงาน (force/load)

3.1) ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ (muscle use) ประเมินรูปแบบการทำงานว่าใช้กล้ามเนื้อในลักษณะใด การทำงานเป็นแบบสถิต หรือการทำงานเป็นแบบซ้ำๆ

3.2) ภาระงาน (force/load) ประเมินภาระงาน น้ำหนัก แรงที่ต้องใช้ การใช้แรงนานๆ ครั้ง การใช้แรงตลอดเวลา การทำซ้ำไปมาบ่อยๆ การใช้แรงแบบสถิต การใช้แรงทำงานอย่างรวดเร็ว

การประเมินจะออกมาในรูปของตัวเลขค่าคะแนน ซึ่งมีตารางคะแนนรวมของแต่ละส่วนคือ ตารางคะแนนรวมระยางค์ส่วนบน ตารางคะแนนรวมแกนร่างกายและระยางค์ส่วนล่าง ตารางสรุปคะแนนทั้งหมด การแปลผลการประเมินจะมี 4 ระดับ ตามค่าคะแนนสรุปที่ได้จากการประเมิน

ระดับ 1 : คะแนน 1-2 งานนั้นยอมรับได้ แต่อาจมีปัญหาทางการยศาสตร์ได้ถ้ามีการทำงานดังกล่าวซ้ำๆ ต่อเนื่องเป็นเวลานานกว่าเดิม

ระดับ 2 : คะแนน 3-4 งานนั้นควรได้รับการพิจารณาการศึกษาละเอียดขึ้นและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่อง การออกแบบงานใหม่อาจมีความจำเป็น

ระดับ 3 : คะแนน 5-6 งานนั้นเริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมและรีบดำเนินการปรับปรุงลักษณะงานดังกล่าว

ระดับ 4 : คะแนนตั้งแต่ 7 ขึ้นไป งานนั้นมีปัญหาด้านการยศาสตร์ ที่ต้องได้รับการปรับปรุงโดยทันที

2.5 หลักการทั่วไปในการออกแบบงานและสถานที่ปฏิบัติงาน

แนวความคิดในเรื่องการออกแบบสถานที่ปฏิบัติงาน ควรเริ่มต้นด้วยการคำนึงถึงตัวผู้ปฏิบัติงานที่จะปฏิบัติงานเป็นหลักใหญ่ ผู้ออกแบบนั้นควรจะแน่ใจได้ว่าเมื่อมีการออกแบบสถานที่ปฏิบัติงานนั้นแล้ว จะสามารถทำให้ผู้ปฏิบัติงานอยู่ในท่วงท่าการทำงานที่ถูกต้องเหมาะสม มีความสุขสะดวกสบาย และทำงานได้อย่างมีประสิทธิผลเต็มกำลังความสามารถ [52]

ต่อไปนี้เป็นหลักการทั่วไปในการออกแบบงานและสถานที่ปฏิบัติงานตามหลักการทางการยศาสตร์ โดยเป็นหลักการง่ายๆคือหลักที่เรียกว่า NEWS โดยที่

N = neutral posture การรักษาท่าทางการทำงานให้สมดุล

E = (work at) elbow height การทำงานที่ระดับความสูงข้อศอกไม่ว่าจะเป็นงานนั่งหรืองานยืน

W = (sufficient) work area การมีพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อการเคลื่อนไหวส่วนร่างกายที่พอเพียง

S = (no) stretching ไม่มีการยืด/เหยียดแขน ขา หัวไหล่ และลำตัวในขณะทำงานจนเกินขีดความสามารถของเอ็น ข้อต่อ และกล้ามเนื้อของผู้ปฏิบัติงาน

หลักการดังกล่าวมีรายละเอียดดังนี้

1) ต้องมุ่งเน้นให้สถานที่ปฏิบัติงานนั้นเอื้อต่อการทำงานแบบพลวัต (dynamic) โดยพยายามหลีกเลี่ยงการออกแบบงานหรือสถานที่ทำงานที่จะทำให้เกิดความเหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้า (fatigue) เร็วขึ้น อันจะส่งผลให้การทำงานด้อยประสิทธิภาพลงไปเช่น ไม่ควรออกแบบให้พื้นที่ผิวปฏิบัติงานมีระดับความสูงมากเกินไปหรือน้อยเกินไปกว่าความสูงระดับข้อศอก เป็นต้น

2) การกำหนดระดับความสูงของพื้นผิวปฏิบัติงานนั้นให้ขึ้นอยู่กับขนาดสัดส่วนร่างกายของตัวผู้ปฏิบัติงานเอง และประเภทหรือชนิดของงาน โดยมีหลักพิจารณาอยู่ว่า

2.1) ถ้าเป็นงานเบาและต้องการความประณีตแม่นยำ ความสูงพื้นผิวปฏิบัติงานนั้นให้อยู่สูงกว่าระดับความสูงจากพื้นถึงข้อศอกในท่ายืนหรือในท่านั่ง

2.2) ถ้าเป็นงานที่ต้องออกแรงหนักพอสมควร ความสูงของพื้นผิวปฏิบัติงานนนั้นให้สูงเท่ากับระดับความสูงจากพื้นถึงข้อศอกในท่ายืนหรือในท่านั่งเล็กน้อย

2.3) ถ้าเป็นงานที่ต้องออกแรงในการทำงานมาก ความสูงของพื้นผิวปฏิบัติงานนนั้นให้อยู่ต่ำกว่าระดับความสูงจากพื้นถึงข้อศอกในท่ายืนหรือท่านั่งเล็กน้อย

3) ควรออกแบบให้มีการได้เปรียบเชิงกล ในการทำงาน โดยที่สถานที่ทำงานนั้นต้องอนุญาตให้ทรวดทรงและท่าทางการทำงานของผู้ทำงานอยู่ในลักษณะที่ดี อยู่ใกล้กับชิ้นงานมากที่สุด และช่วยให้กล้ามเนื้อของร่างกายทำงานอย่างได้เปรียบเชิงกลมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้กล้ามเนื้อร่างกายต้องทำงานหนักมากเกินไปเช่น ไม่ควรออกแบบระยะห่างของการเอื้อมมือจับไขควงไปขันสกรูห่างจากลำตัวมากสุดเอื้อมหรือสุดเหยียด จนทำให้ทำงานได้ไม่สะดวก และต้องออกแรงมากในการขันสกรูเป็นต้น

4) ควรหลีกเลี่ยงการออกแบบที่ทำให้ข้อต่อกระดูกของร่างกายกางทำมุมสูงสุดเพราะการทำงานแบบนี้จะทำให้ไม่มีการได้เปรียบเชิงกลเลย อันจะส่งผลเสียทำให้กล้ามเนื้อเมื่อยล้าเร็วมาก เช่น การออกแบบระยะห่างระหว่างขาทั้งสองของคีมตัดลวดกว้างมากเกินไปจนทำให้ผู้ใช้ต้องกางมือเต็มที่เพื่อการจับกำทำงาน

5) ควรออกแบบการทำงานให้สามารถใช้มือทั้งสองข้างทำงานร่วมกันได้อย่างสมดุลและอย่าพยายามกำหนดให้มือข้างใดข้างหนึ่งทำงานเสมือนเป็นอุปกรณ์ในการยกถือนิ่งวัตถุชิ้นงาน (holding device)

6) ควรออกแบบให้การเคลื่อนไหวของมือทั้งสองเป็นไปตามธรรมชาติและสมมาตรกันคือ มือขวาควรเคลื่อนไหวมาจากทางด้านขวาไปทางซ้าย กลับกันมือซ้ายควรเคลื่อนไหวมาจากทางด้านซ้ายไปทางขวา

7) ควรออกแบบโดยคำนึงถึงความแข็งแรงและความสามารถในการทำงานของนิ้วมือแต่ละนิ้ว หลีกเลี่ยงการออกแบบที่เป็นภาระที่มากเกินไปกับนิ้วใดนิ้วหนึ่ง

8) ควรหลีกเลี่ยงการออกแบบงานที่จะเป็นภาระที่มากเกินไปให้กับระบบกล้ามเนื้อของร่างกาย โดยแรงกายที่ต้องใช้ในการทำงานควรรักษาระดับไว้ให้ไม่เกิน 30 % ของความสามารถสูงสุดของแรงกล้ามเนื้อ แต่ถ้าหากว่าระยะเวลาในการปฏิบัติงานนั้นสั้น ก็อาจจะเพิ่มระดับของการออกแรงขึ้นได้ไม่เกิน 50 % ของความสามารถสูงสุดของแรงกล้ามเนื้อก็ได้

9) ควรออกแบบการทำงานที่ให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้เท้าทำงานประเภทนั้นได้ดีพอๆกับการใช้มือทำงาน เพื่อการผลัดเปลี่ยนอิริยาบทขณะทำงาน

10) หลีกเลี่ยงการออกแบบงานหรือสถานที่ทำงานที่ก่อให้เกิดท่าทางการทำงานที่ไม่เป็นท่าทางตามธรรมชาติ เช่น ถ้าเป็นการยืนทำงาน ก็ไม่ควรออกแบบการทำงานที่จะต้องใช้เท้าบังคับควบคุมการทำงาน เพราะจะทำให้การทรงตัวไม่ดี เสียสมดุล

11) ควรออกแบบสถานที่ทำงานให้มีที่ว่างในการเปลี่ยนอิริยาบถหรือท่าทางการทำงานพอสมควร เพราะท่าทางการทำงานแบบสถิตย์ (static) นั้นก่อให้เกิดความเมื่อยล้าของข้อต่อและกล้ามเนื้อร่างกายมาก รวมทั้งทำให้เกิดการไหลเวียนโลหิตดำเนินไปไม่สะดวก ดังนั้นการขยับตัวเปลี่ยนท่าอิริยาบถการทำงานบ่อยๆ จะช่วยกำจัดความเมื่อยล้าจากการทำงาน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน หลักการง่ายๆคือ การนั่งทำงานนานเกินกว่า 1 ชั่วโมง หรือยืนทำงานนานเกินกว่าครึ่งชั่วโมงนั้นจะทำให้ร่างกายเกิดความเมื่อยล้ามาก จึงควรหลีกเลี่ยง

12) ปุ่มควบคุม คันบังคับ อุปกรณ์ ชิ้นงาน และสิ่งอื่นๆที่จำเป็นในการปฏิบัติงานที่ต้องหยิบจับหรือต้องบังคับใช้งานบ่อยๆควรจะถูกออกแบบให้อยู่ภายในขอบเขตของพื้นที่ทำงานปรกติ ส่วนปุ่มควบคุม คันบังคับ อุปกรณ์ ชิ้นงาน และสิ่งอื่นที่จำเป็นรองลงไป หรือสิ่งของที่นานครั้งถึงจะหยิบจับใช้งาน ก็ควรจะถูกออกแบบให้อยู่ภายในขอบเขตของพื้นที่ทำงานสูงสุด

13) ควรออกแบบให้สถานที่ทำงานที่ทำให้ผู้ปฏิบัติสามารถดำรงท่าทางการทำงานที่ดีและเหมาะสมเอาไว้ได้ตลอดเวลาเช่น การใช้เก้าอี้ที่ปรับค่าความสูงได้ หรือการใช้ที่พักวางเท้าหรือที่วางแขนช่วยในการจัดท่าทางการนั่ง

14) พยายามออกแบบให้งานและสถานีงานสามารถรองรับการทำงานของบุคคลที่มีรูปร่างสูงใหญ่โดยการเผื่อเนื้อที่ให้เพียงพอ ต่อการปฏิบัติงานได้อย่างสะดวกเช่น ถ้าเป็นงานยืน ความสูงของ

โต๊ะควรจะปรับได้ แต่ถ้าปรับไม่ได้ก็ควรออกแบบความสูงไว้สำหรับคนตัวสูงมาก สำหรับคนที่มีรูปร่างเล็กก็ต้องจัดเตรียมอุปกรณ์หนุนเท้าเพื่อเสริมความสูงไว้ให้ใช้ชดเชยจุดด้อยดังกล่าว

15) การออกแบบงานควรจะเป็นไปตามหลักแรงโน้มถ่วงของโลก อย่าพยายามออกแบบงานที่ต้องออกแรงต่อต้านหรือสวนทางกับแรงอันนี้เช่น การจัดให้กล่องหรืออุปกรณ์รองรับชิ้นส่วนวัสดุต่างๆที่ใช้ในกระบวนการผลิตมีความลาดเอียงลง เพื่อให้ผู้ทำงานจะได้ไม่ต้องออกแรงหยิบชิ้นส่วนใส่ลงหรือหยิบออกจากกล่องเอง ซึ่งหลักการนี้จะมีประโยชน์มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับงานประกอบชิ้นส่วนอุตสาหกรรม

16) ควรวางแผนฝึกอบรมให้ผู้ปฏิบัติงานรู้จักเปลี่ยนอิริยาบถ ท่าทาง และปรับการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆของร่างกายให้ถูกต้องในช่วงเวลาที่เหมาะสมอยู่เสมอ

17) ควรวางแผนผังของจุดปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความยากง่ายของการติดต่อสื่อสาร และการใช้บริการของจุดปฏิบัติงานอื่นๆ เพื่อให้การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ปฏิบัติงานในสถานปฏิบัติงานนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้อง

2.6 ท่าทางการทำงาน

ขณะทำงานนั้นร่างกายของคนที่ทำงานอยู่นั้นจำเป็นจะต้องอยู่ในลักษณะที่มั่นคง มีเสถียรภาพ และมีท่าทางที่สบายตัวพอควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะออกแรงทางกายภาพ ทั้งนี้การรักษาท่าทางการทำงานที่เหมาะสมนั้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น และช่วยลดอันตรายอันอาจเกิดจากการทำงานให้มีน้อยลงด้วย

ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมและไม่อยู่ในสมดุลจะส่งผลกระทบต่อความเมื่อยล้าความไม่สะดวกสบาย การเจ็บปวดของส่วนต่างๆในร่างกาย และความผิดปรกติต่างๆ เช่น เกิดความเค้นที่กล้ามเนื้อคอ แรงกดที่ข้อต่อ การปวดหลังส่วนล่าง การเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ การปวดกระดูกสันหลังส่วนต้นคอ เอ็นอักเสบ [52]

สรุปถึงความสำคัญและคุณประโยชน์ของท่าทางการทำงานที่เหมาะสมได้ดังนี้

1) ท่าทางการทำงานที่ดีจะทำให้ช่วยออกแรงกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) ท่าทางการทำงานที่ดีจะช่วยประหยัดพลังงาน ลดการสูญเสียพลังงานของร่างกายโดยไม่จำเป็น

3) ท่าทางการทำงานที่ดีจะช่วยให้ระบบการมองเห็นดีขึ้น และมีผลต่อการลดความเค้นของกล้ามเนื้อคอและหลังของผู้ปฏิบัติงาน

4) ท่าทางการทำงานที่ดีจะช่วยให้การแลกเปลี่ยนถ่ายเทความร้อนระหว่างร่างกายกับสิ่งแวดล้อมเป็นไปอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อท่าทางการทำงานของคน

1) การจัดผังของสถานที่ปฏิบัติงานได้แก่ ความสูงของสถานีงาน การจัดวางตำแหน่งของเครื่องมือและวัสดุชิ้นงาน

2) คุณภาพของการออกแบบเครื่องมือที่ใช้ปฏิบัติงาน

3) วิธีการทำงาน

4) พฤติกรรมการทำงานของตัวผู้ปฏิบัติงานเอง

5) ลักษณะของการใช้สายตาในการทำงาน

6) ปริมาณมากน้อยของการออกแรงทำงาน

7) ข้อมูลทางด้านแอนโธรโปเมตรีของตัวผู้ปฏิบัติงานแต่ละคน

2.7 ท่าทางการทำงานที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์

หลักทั่วไปเกี่ยวกับการออกแบบท่าทางสำหรับยืนทำงาน

1) ไม่ควรแหงนคอ เงยหน้า หรือก้มหน้ามากเกินไปขณะยืนทำงาน

2) ไม่ควรเอื้อมมือไปในระดับที่สูงมากกว่าระดับความสูงไหล่/ท่ายืน หรือระดับต่ำกว่าระดับความสูงข้อนิ้ว (knuckle height) เพราะการหยิบฉวยสิ่งของทำได้ลำบาก ต้องยืดตัวต้องเขย่งปลายเท้า หรือต้องย่อตัวก้มตัวมาหยิบจับสิ่งของ

3) ไม่ควรบิดลำตัว เอี้ยวตัว หรือเอียงตัวไปทางด้านข้างมากเกินไปเป็นเวลานานๆ

4) ไม่ควรเอนร่างกายส่วนบนไปทางด้านหลังหรือโน้มไปข้างหน้ามากเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานยกย้ายสิ่งของด้วยแรงคน

5) ไม่ควรยืนทิ้งน้ำหนักตัวลงบนเท้าข้างใดข้างหนึ่งเพียงเท้าเดียวเช่น หลีกเลี่ยงการทำงานที่ต้องใช้เท้าข้างเดียวควบคุมคันบังคับเครื่องจักรอยู่ตลอดเวลาขณะที่อีกเท้าหนึ่งใช้เพื่อการยืนทรงตัวเท่านั้น

6) ควรสวมรองเท้าที่เหมาะสม มีความมั่นคง แข็งแรง และคับพอดีเท้า รองเท้าที่ดีควรมีรองพื้นด้านในที่นุ่มหนาเพียงพอที่จะรองรับส้นเท้าและส่วนโค้งช่วงกลางฝ่าเท้าได้ดี

7) ขณะเอื้อมมือหยิบของที่อยู่สูง ให้ใช้ที่หนุนเท้าช่วยต่อระยะให้มีความสูงพอดีและเก็บสะโพกอยู่ในแนวย้อยต่ำลง อย่ายกบิดสะโพกให้งอนยกขึ้น [52]

2.8 การวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย

คำว่า การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ (anthropometry) ซึ่งคำว่าแอนโธรโปเมตรีมาจากการประสมคำในภาษากรีกสองคำคือคำว่า anthropo ซึ่งแปลว่ามนุษย์ กับคำว่า metricos ซึ่งแปลว่าการวัด วิชานี้เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการวัดรูปร่าง ขนาด และสัดส่วนร่างกายของมนุษย์เช่น ขนาดรูปร่าง ทรวงทรง ความกว้าง ความสูง ส่วนวงรอบ พิสัยของการเคลื่อนไหวร่างกาย น้ำหนัก ความแข็งแรง ของกล้ามเนื้อ ฯลฯ เพื่อพัฒนามาเป็นข้อมูลมาตรฐานหรือเก็บเอาไว้ใช้เพื่อการเปรียบเทียบการประยุกต์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพในการวัดและเก็บข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์และนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ของการพัฒนา การแก้ไข การปรับปรุง และการออกแบบทางวิศวกรรม หรือการกำหนดเป็นมาตรฐานต่างๆ ในงานวิศวกรรม [52]

วัตถุประสงค์ของการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ในเชิงวิศวกรรม

1) เพื่อเพิ่มความสะดวกและความปลอดภัยในการทำงาน และเพิ่มความพึงพอใจในงาน (job satisfaction) อันจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของการทำงานนั้นสูงขึ้น

2) เพื่อช่วยป้องกันข้อผิดพลาดจากการทำงาน ป้องกันความปวดเมื่อย และการบาดเจ็บจากการทำงานกับอุปกรณ์ สถานที่ทำงาน และสิ่งแวดล้อมที่ไม่ได้ขนาดเหมาะสมกับขนาดร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน

3) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ ตำแหน่ง และทิศทางต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ ซึ่งจะต้องเกี่ยวข้องกับการใช้พื้นที่ว่าง (space) การออกแรงกระทำต่อวัตถุ และความสัมพันธ์ระหว่างขนาดร่างกายกับขนาดรูปทรงของเครื่องจักร เครื่องมือ สถานีงาน กระบวนการทำงาน และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน

4) เพื่อช่วยเป็นฐานข้อมูล (database) ในการออกแบบและปรับปรุงงาน อุปกรณ์ และสิ่งแวดล้อมในการทำงานเพื่อส่งเสริมให้ผู้ปฏิบัติงานมีสุขภาพอนามัยสมบูรณ์ทั้งทางร่างกายและจิตใจ รวมทั้งเสริมสร้างคุณภาพชีวิตในการทำงาน (quality of work life)

ผลเสียของการออกแบบสิ่งต่างๆ ที่ไม่ถูกต้องและไม่เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายของผู้ปฏิบัติงานอุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 2 ด้านดังนี้

1) ผลเสียหรือปัญหาที่จะเกิดขึ้นในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานเมื่อทำงานกับสิ่งที่ไม่ได้ขนาดที่เหมาะสมสอดคล้องกับขนาดของร่างกายในด้านกลศาสตร์ชีวภาพ ได้แก่

1.1) เกิดความเค้นจากท่าทางการทำงานที่ไม่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์

1.2) เกิดอาการปวดหลังส่วนล่าง (lower back pain)

1.3) เกิดการออกแรงกล้ามเนื้อที่เกินพิกัด หรือเกินขีดความสามารถของกล้ามเนื้อ

1.4) สูญเสียการเคลื่อนไหวร่างกายไปโดยเปล่าประโยชน์

1.5) เกิดความไม่สะดวกสบายจากการทำงานด้วยท่าทางการทำงานที่ผิดหรือไม่เหมาะสม

2) ผลเสียหรือปัญหาที่จะเกิดขึ้นในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานเมื่อทำงานกับสิ่งที่ไม่ได้ขนาดที่เหมาะสมสอดคล้องกับขนาดร่างกายในด้านอื่นๆ ได้แก่

2.1) มีอันตรายที่แฝงอยู่ในเครื่องจักรกลนั้น

2.2) ทำให้ทัศนวิสัยการมองไม่ดี ไม่ชัดเจน ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ

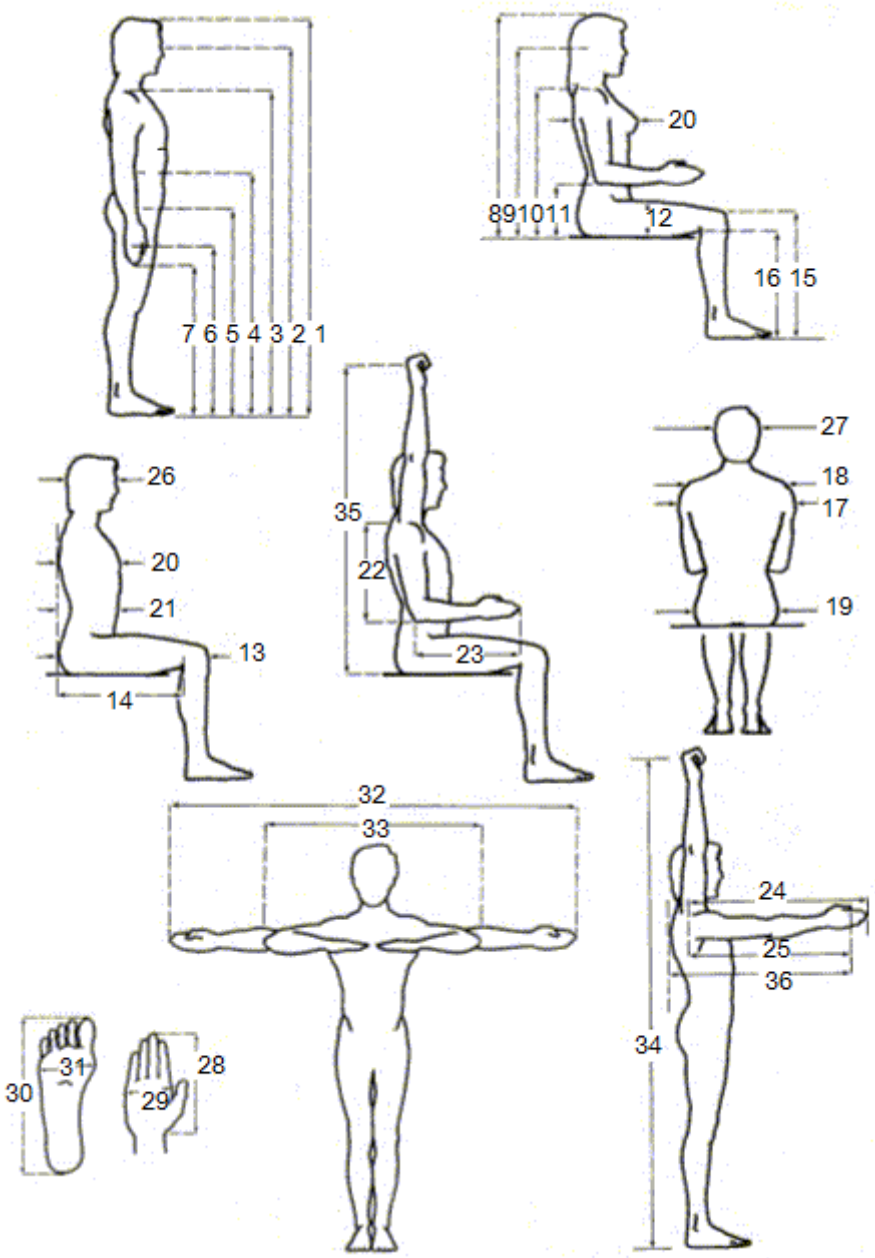
2.3) ทำให้ประสิทธิภาพและคุณภาพในการทำงานลดลงอย่างค่อนข้างเห็นได้ชัดเจน

2.4) ปัญหาทางด้านสุขภาพร่างกายและสุขภาพจิต

การวัดขนาดร่างกายมนุษย์ที่อยู่ในท่านิ่งหรือสภาพสมดุล (static body measurement) ไม่มีการเคลื่อนไหวมาเกี่ยวข้อง วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดในงานทางการยศาสตร์เพราะว่ามีความสะดวกและง่ายต่อการวัดเก็บข้อมูลทั้งในท่ายืนและท่านั่งมาตรฐานที่ใช้ในการวัดสัดส่วนร่างกายของ Pheasant [53] 36 ตำแหน่ง ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และภาพที่ 2.1

ตารางที่ 2.3 ตำแหน่งในการวัดสัดส่วนร่างกาย

1.ความสูง	13.ความยาวบั้นท้ายถึงหัวเข่า	25.ความยาวหัวไหล่ถึงปลายนิ้ว
2.ความสูงระดับสายตา	14.ความยาวบั้นท้ายถึงข้อพับเข่า	26.ความยาวหัว
3.ความสูงระดับไหล่	15.ความสูงหัวเข่า	27.ความกว้างหัว
4.ความสูงระดับศอก	16.ความสูงข้อพับเข่า	28.ความยาวมือ
5.ความสูงระดับสะโพก	17.ความกว้างหัวไหล่(deltoid)	29.ความกว้างมือ
6.ความสูงระดับข้อนิ้ว	18.ความกว้างหัวไหล่(acromial)	30.ความยาวเท้า
7.ความสูงระดับปลายนิ้ว	19.ความกว้างสะโพก	31.ความกว้างเท้า
8.ความสูงนั่ง	20.ความลึกทรวงอก	32.ช่วงกว้างของแขน
9.ความสูงระดับสายตา(นั่ง)	21.ความลึกช่องท้อง	33.ช่วงกว้างของศอก
10.ความสูงระดับไหล่(นั่ง)	22.ความยาวหัวไหล่ถึงศอก	34.ความสูงเอื้อมถึงข้างบน(ยืน)
11.ความสูงระดับศอก(นั่ง)	23.ความยาวศอกถึงปลายนิ้ว	35.ความสูงเอื้อมถึงข้างบน(นั่ง)
12.ความหนาต้นขา	24.ความยาวแขน	36.ระยะเอื้อมไปข้างหน้า



ภาพที่ 2.1 ตำแหน่งในการวัดสัดส่วนร่างกาย [53]

ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายคนไทย (ฐานข้อมูล) นั่นค่อนข้างจะมีจำกัดไม่มีแพร่หลายเหมือนในประเทศทางยุโรปตะวันตกและอเมริกาที่วิทยาการด้านการวัดขนาดสัดส่วนและการยศาสตร์นี้ได้รับการยอมรับและพัฒนาเจริญรุดหน้าไปเป็นอันมาก ในสหรัฐอเมริกานั้นจะมีการปรับปรุงข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของประชากรเหมือนกับการสำรวจสำมะโนประชากรเลยทีเดียว แต่ในวงการ

อุตสาหกรรมของไทยนั้น ข้อมูลหรือความตื่นตัวทางด้านนี้ยังมีค่อนข้างน้อยอยู่ การพัฒนาข้อมูลสัดส่วนขนาดร่างกายของประชากรไทยให้มีมากขึ้น และแพร่หลายมากขึ้นเพื่อการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงาน การเพิ่มผลผลิต เป็นต้น

2.9 การใช้ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายในการออกแบบ

ในการเลือกเอาข้อมูลแอนโธรโปเมตรีไปใช้เพื่อการออกแบบสิ่งของผลิตภัณฑ์ใดๆ หรือเพื่อเหตุผลอื่นใดก็ดี ข้อมูลนั้นควรเป็นตัวแทนประชากรทั้งหมดของผู้ใช้สิ่งที่จะได้รับการออกแบบนั้นๆ สำหรับหลักการออกแบบเพื่อให้รับกับสัดส่วนขนาดร่างกายของมนุษย์นั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ [52]

1) การออกแบบเพื่อประชากรทั่วไป (people at large) คือประชาชนทั่วๆ ไป ไม่จำกัดเพศ จำกัดวัย ฯลฯ

2) การออกแบบเพื่อกลุ่มคนเฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง (specific group of people) เช่น กลุ่มผู้หญิงทำงาน กลุ่มเด็กวัยรุ่น กลุ่มผู้สูงอายุ กลุ่มคนพิการ กลุ่มนักกีฬา กลุ่มคนถนัดมือซ้าย กลุ่มชาวต่างชาติ ฯลฯ

ในการนำเอาข้อมูลขนาดร่างกายมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการออกแบบนั้นมีหลักการสำคัญอยู่ 3 แบบคือ

1) การออกแบบสำหรับค่าเฉลี่ย (design for average individual) หลักการคือ ใช้ข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ย หรือค่ากึ่งกลาง หรือเปอร์เซ็นไทล์ที่ 50 ของประชากร (ผู้ชายและผู้หญิง) เพราะสะดวกและง่ายต่อการออกแบบ ช่วยลดข้อยุ่งยากสลับซับซ้อนทางเทคนิคลงโดยเพียงแต่นำค่าเฉลี่ยเลขคณิตหรือค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 50 ของข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายทุกค่าที่เกี่ยวข้องมาใช้

การออกแบบลักษณะนี้นิยมใช้ในงานออกแบบที่ไม่วิกฤต (non-critical design) มากนัก เช่น การออกแบบสถานที่สาธารณะต่างๆ (area for public use) ได้แก่ ความสูงของเคาน์เตอร์คิดราคาสินค้าในซูเปอร์มาร์เก็ต หรือความสูงของเคาน์เตอร์ของลูกค้าที่มาติดต่อกับธนาคาร เป็นต้น

2) การออกแบบเพื่อให้อยู่ในระหว่างช่วงของค่าสูงสุดกับต่ำสุด (design for extreme valve) หลักการคือใช้ข้อมูลที่สูงหรือมีค่ามากที่สุด (ที่เหมาะสมและเป็นไปได้) คือเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 ของประชากร หรือใช้ข้อมูลที่ต่ำหรือมีค่าน้อยที่สุด (ที่เหมาะสมและเป็นไปได้) คือเปอร์เซ็นไทล์ที่ 5 ของประชากร สำหรับสิ่งของ ผลิตภัณฑ์ หรืองานเพื่อคนส่วนใหญ่ทั่วๆไปใช้

การออกแบบโดยใช้ค่าข้อมูลสูงสุดหรือต่ำสุดนั้นเป็นวิธีที่ใช้ได้ดี ถ้าหากค่าขนาดสัดส่วนสูงสุดหรือต่ำสุดนั้นทำให้สิ่งที่ถูกออกแบบแทบทุกคนในกลุ่มสามารถใช้งานสิ่งนั้นได้สะดวก หรือพูดง่ายๆ

ว่าเป็นการออกแบบเพื่อครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้ประชากรเกือบทั้งหมด เราสามารถแบ่งย่อยเนื้อหาออกเป็น 2 ประเด็นที่สำคัญๆ คือ

2.1) การใช้ขนาดของประชากรที่โตกว่าในการออกแบบ (90 หรือ 95 เปอร์เซ็นต์ไทล์) ทำให้ประชากรที่มีขนาดเล็กกว่าก็สามารถใช้ได้ด้วยเช่น ความสูงของประตู ความกว้างของที่นั่ง ขนาดความกว้างและความสูงของประตูทางออกฉุกเฉิน หรือความกว้างของอุโมงค์หลบภัย ระยะหรือความกว้างของแผ่นรองข้อมือ (wrist support pad) ในการวางมือพิมพ์งานบนแป้นพิมพ์ ช่องห่างระหว่างเครื่องจักรกลหรือความแข็งแรงของอุปกรณ์ ช่วยในการทำงานเช่น บันไดพาด เชือกดึงตัว สะพานเชือก หรือเมื่อเราต้องการกำหนดค่าน้ำหนักที่ปลอดภัยสำหรับการออกแบบอุปกรณ์รองรับน้ำหนักตัวเป็นต้น

2.2) การใช้ขนาดของประชากรที่เล็กกว่าในการออกแบบ (5 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์ไทล์) ทำให้ประชากรที่มีขนาดโตกว่าก็สามารถใช้ได้ด้วยเช่น ความสูงของที่นั่ง ความสูงของชั้นวางของ ระยะในการควบคุมแผงควบคุม (control panel) ตำแหน่งคันบังคับหรืออุปกรณ์ควบคุมชนิดอื่นๆ หรือการกำหนดแรงที่ใช้ในการควบคุมคันบังคับ

3) การออกแบบเพื่อให้ปรับเปลี่ยนค่าได้ในช่วงที่เหมาะสม (design for adjustable range) หลักการคือใช้ข้อมูลที่เป็นช่วงปรับเปลี่ยนค่าได้ คือช่วงเปอร์เซ็นไทล์ที่ 5 ของผู้หญิงไปจนถึงเปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 ของผู้ชาย หลักการอันนี้เป็นชนิดที่ดีที่สุด เพราะเป็นการออกแบบอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ สถานที่ทำงาน และอื่นๆ ที่สนองตอบและเข้ากันได้พอดีกับขนาดร่างกายที่แตกต่างกันไปของตัวผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนได้เป็นอย่างดี ตัวอย่างเช่น การออกแบบเก้าอี้นั่งขับรถยนต์ (driver seat) เก้าอี้สำนักงาน ความสูงของที่วางเท้าหรือที่พักแขน ระยะในการเอื้อมหยิบจับสิ่งของ เป็นต้น ซึ่งการออกแบบลักษณะนี้เราต้องพยายามให้ผู้ใช้สามารถปรับสิ่งที่ออกแบบได้ตามต้องการในช่วงเปอร์เซ็นไทล์ที่ 5 ถึง 95 นั่นคือครอบคลุม 90 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนประชากรทั้งหมด แต่หลักการอันนี้มีข้อเสียในทางปฏิบัติ หรือในทางวิศวกรรมมักจะทำให้เป็นไปตามแบบที่กำหนดไว้ได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากมีขีดจำกัด ข้อขัดข้องทางเทคนิคมาก และสิ้นเปลืองต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายสูง อาจจะทำให้ไม่คุ้มทุนในการผลิตออกมาเพื่อให้ครอบคลุมค่าข้อมูลที่เปอร์เซ็นไทล์สูงมากๆ หรือต่ำมากๆ ได้ สรุปว่าหลักการออกแบบชนิดนี้ในทางทฤษฎีนั้นดีมาก แต่ในทางปฏิบัตินั้นทำให้เป็นไปตามนั้นได้ยาก

ข้อควรคำนึงในการนำข้อมูลแอนโธรโปเมตรีไปใช้งาน [52]

1) การนำเอาข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายไปใช้นั้นไม่มีหลักเกณฑ์ตายตัวที่แน่นอน

2) ร่างกายแต่ละส่วนของมนุษย์นั้นไม่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันในทางสถิติ (statistical correlation) เช่น คนที่ขาสั้นก็ไม่จำเป็นต้องมีแขนสั้นตามไปด้วย เป็นต้น

3) การออกแบบสิ่งของเพื่อการใช้งานของมนุษย์นั้นเป็นทั้งศาสตร์และศิลป์

4) ถ้าในการออกแบบสิ่งใดที่ต้องใช้ข้อมูลของส่วนร่างกายมากกว่า 1 ส่วนมาประกอบกัน จะต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ต่อกันระหว่างส่วนร่างกายแต่ละส่วนด้วย

2.10 แนวทางของการออกแบบตามแนวทางการยศาสตร์

การออกแบบตามหลักการยศาสตร์นั้นมีพื้นฐานมาจากการศึกษาความสามารถของคน ขีดจำกัดด้านต่างๆของคน เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับบุคคลหรือกลุ่มคน แต่อาจไม่ใช่สำหรับทุกคน การออกแบบนั้นมาจากหลักการของการศึกษาเรื่องขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ซึ่งต้องใช้ข้อมูลส่วนนี้มาช่วยในการออกแบบ ขั้นตอนในการออกแบบมีดังนี้ [52]

1) ระบุว่าส่วนของร่างกายส่วนใดที่มีความสำคัญมากที่สุดต่อการออกแบบนั้นเช่น การออกแบบด้ามจับ (handle) ของเครื่องมือกลนั้น ความยาวและความกว้างของมือเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการออกแบบขนาดของด้ามจับ

2) ระบุกลุ่มเป้าหมายหรือประชากรผู้ที่จะใช้งานสิ่งที่จะออกแบบออกมาเช่น กลุ่มเด็ก กลุ่มผู้หญิง กลุ่มผู้ใช้แรงงาน ฯลฯ

3) พยายามเลือกใช้ฐานข้อมูลหรือตารางค่าที่เหมาะสม ได้มาตรฐาน และครอบคลุมกลุ่มประชากรส่วนใหญ่ให้มากที่สุด

4) ถ้ามีการสวมใส่เสื้อผ้าชนิดพิเศษ หรืออุปกรณ์ประจำกายต่างๆ ในการทำงานกับสิ่งที่ถูกออกแบบ ก็ให้บวกหรือลบค่าเผื่อไว้กับขนาดมิติต่างๆของแบบนั้นๆด้วย

5) สร้างต้นแบบ (prototype) หรือหุ่นจำลองของสิ่งที่ได้รับการออกแบบขึ้นมา แล้วนำไปให้กลุ่มประชากรที่มีขนาดร่างกายตามที่ได้กำหนดทดลองใช้ดู ให้ข้อคิดเห็นติชมต้นแบบ แล้วให้ทำการกรอกตอบแบสอบถาม ทั้งนี้เพื่อนำเอาไปเป็นข้อมูลประกอบการตัดแปลงแก้ไขข้อบกพร่องของแบบทำเช่นนี้จนได้แบบที่คิดว่าดีที่สุด

6) นำเอาแบบที่ดีที่สุดนั้นไปผลิตใช้งานจริง โดยกำหนดให้เป็นแบบมาตรฐานต่อไป แต่ก็สามารถเปลี่ยนแปลงแบบมาตรฐานได้ทุกเมื่อถ้าหากจำเป็นต้องมีการแก้ไข หรือพบว่ามีข้อบกพร่อง

2.11 ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อและประสาท

กล้ามเนื้อและประสาทเป็นเนื้อเยื่อถูกกระตุ้นได้มีกลไกที่สามารถปล่อยประจุไฟฟ้าออกไปได้ เมื่อมีการกระตุ้นเยื่อหุ้มที่เป็นเยื่อเลือกผ่านโดยอิเล็คโตรไลท์ที่มีความเข้มข้นไม่เท่ากันเป็นส่วนประกอบ ที่สำคัญคือโซเดียมและโปแตสเซียม เพราะมีกลไกคอยสูบโปแตสเซียมเข้าไปในเซลล์และ โซเดียมออกนอกเซลล์อยู่ตลอดเวลา แต่ในภาวะพักนั้น เยื่อหุ้มเซลล์ยอมให้โปแตสเซียมผ่านได้

มากกว่าโซเดียมถึง 50 เท่า จึงทำให้โปแตสเซียมนำประจุบวกออกมาข้างนอก แต่ก็ไม่สามารถกระจายไปได้ไกล เพราะถูกดูดโดยไอออนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ออกมาไม่ได้ จึงเรียงรายอยู่นอกเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นผลให้ภายนอกเซลล์เป็นบวกมากกว่าภายใน ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าเยื่อหุ้มเซลล์มีการทำงานที่เปรียบเสมือนคาปาซิเตอร์ที่มีเยื่อหุ้มเป็นฉนวน และสองข้างของเยื้อหุ้มมีอิเล็คโตรไลท์ที่นำไฟฟ้าได้

เมื่อมีการทำงาน จะเป็นประสาทหรือกล้ามเนื้อก็ดี จะมีการกระจายของไฟฟ้าออกตามกล้ามเนื้อ ไฟฟ้าที่กระจายไปตามกล้ามเนื้อนั้น มีหน้าที่ไปกระตุ้นกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้ออีกต่อหนึ่ง เมื่อถูกกระตุ้นเยื่อหุ้มเซลล์ของประสาทและกล้ามเนื้อจะมีการยอมให้โซเดียมผ่านเพิ่มขึ้น อาจเพิ่มได้มากถึง 200 เท่า จึงเป็นผลให้โซเดียมไหลเข้าไปในเซลล์ (influx) ทำให้ศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเปลี่ยนไปคือลดลง ที่เรียกว่า ดีโพลาไรเซชั่น (depolarization) เมื่อการกระตุ้นนั้นแรงพอและเกินระดับกั้น จะทำให้โซเดียมไอออนเข้าไปในเซลล์ได้มาก จนทำให้ศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซลล์กลับกันคือมีตีกลับของ ศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเซลล์ เมื่อถูกกระตุ้นและจะเกิดศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานขึ้น ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานนั้นมีทั้งขาขึ้น (ascending phase) และลดลง (descending phase) โดยระยะขาลงของศักย์ไฟฟ้านั้นเกิดจากโซเดียมหลุดเข้าไปในเซลล์ และโปแตสเซียมออกนอกเซลล์ (K + efflux) เพื่อช่วยแก้ไขให้ศักย์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปกลับมาเช่นเดิม เนื่องจากศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานเป็นกรรมวิธีที่เกิดในตัวเอง พลังงานจะต้องปล่อยออกมาทุกๆจุดที่ถูกกระตุ้น จึงทำให้ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานมีความสูงไม่ลดลงแม้ว่าจะต้องแผ่กระจายออกไปเป็นระยะทางไกลๆก็ตาม ไฟฟ้าที่เกิดจากการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ สามารถวัดได้โดยวางอิเล็คโทรดลงบนผิวหนังหรือสอดเข้าไปในกล้ามเนื้อ ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อนั้นตรวจวัดได้ด้วยการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อ (electromyography, EMG) เมื่อกล้ามเนื้อนั้นหดตัวและมีความตึงเพิ่มขึ้น ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อก็จะเพิ่มขึ้นตามเป็นสัดส่วนกัน [54]

2.12 การวัดกระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

เครื่องมือวัดค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อเป็นเครื่องมือตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย โดยเป็นเครื่องมือสำหรับบันทึกค่าไฟฟ้าในร่างกายประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ระบบตรวจจับกระแสไฟฟ้า (electrode) ระบบขยายสัญญาณ (amplifier) และระบบแสดงค่าและบันทึกผล

การบันทึกคลื่นกระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อโดยอาศัยการติดขั้วอิเล็คโทรดบนผิวหนัง หรือสอดเข็มอิเล็ดโทรดเข้าไปในกล้ามเนื้อแล้วต่อเข้ากับเครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้า ผลที่บันทึกได้นี้เรียกว่าอิเล็คโทรไมโอแกรม (electromyogram) ถ้าใช้เข็มขนาดเล็กมากๆเป็นขั้วอิเล็ดโทรด จะสามารถตรวจวัดกิจกรรมของกล้ามเนื้อเส้นเดี่ยวๆได้ ถ้าตรวจ EMG ขณะที่กล้ามเนื้อผ่อนคลายและอยู่นิ่งพบว่าแทบจะไม่มีกิจกรรมทางกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเอง (spontaneous activity) หรือมีน้อยมาก

เมื่อมีการเคลื่อนไหวเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าจากหน่วยสั่งการมีน้อย เมื่อมีการเคลื่อนไหวมากขึ้นจำนวนหน่วยสั่งการก็จะเพิ่มขึ้น

เครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าและกล้ามเนื้อ ได้ออกแบบสำหรับวัดและทดสอบการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งสามารถทดสอบในภาพรวมได้ ระบบนี้จะเป็นการวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อขณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัว ซึ่งจะก่อให้เกิดความต่างศักย์ที่สามารถวัดได้ที่ใต้ผิวหนังกล้ามเนื้อจะเป็นผลรวมของการทำงานหลายๆหน่วย และใช้อธิบายถึงกิจกรรมของกล้ามเนื้อนั้นความต่างศักย์สามารถวัดได้ตั้งแต่ 1-5,000 μV [54]

วิธีการวัดก่อนทำการติดตั้งอิเลคโทรดให้ทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่ติด ใช้อิเล็คโทรดชนิดแผ่นมีขนาด 2.5 ตารางเซนติเมตร ปิดบนผิวหนังตามความยาวของกล้ามเนื้อ อิเล็คโทรดต้องติดตั้งในตำแหน่งที่ต้องการศึกษาอย่างถูกต้อง และต่อสายสัญญาณไปยังเครื่องขยายสัญญาณ จากนั้นสัญญาณไฟฟ้าจะเข้าไปสู่ระบบบันทึกและแสดงผล

2.13 การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บข้อมูลกับประชากรทุกหน่วยอาจทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายที่สูงมาก การเลือกศึกษาเฉพาะบางส่วนของประชากรจึงเป็นเรื่องที่มีความจำเป็น การกำหนดกลุ่มตัวอย่างมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

ประชากร (population) หมายถึง สมาชิกทุกหน่วยของสิ่งที่สนใจศึกษา ซึ่งไม่ได้หมายถึงคนเพียงอย่างเดียว ประชากรอาจจะเป็นสิ่งของ เวลา สถานที่เช่น ถ้าสนใจว่าความคิดเห็นของคนไทยที่มีต่อการเลือกตั้ง ประชากรคือคนไทยทุกคน หรือถ้าสนใจอายุการใช้งานของเครื่องคอมพิวเตอร์ยี่ห้อหนึ่ง ประชากรคือเครื่องคอมพิวเตอร์ยี่ห้อนั้นทุกเครื่อง แต่การเก็บข้อมูลกับประชากรทุกหน่วยอาจทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายที่สูงมาก การเลือกศึกษาเฉพาะบางส่วนของประชากรจึงเป็นเรื่องที่มีความจำเป็น เรียกว่ากลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง (sample) หมายถึง ส่วนหนึ่งของประชากรที่นำมาศึกษาซึ่งเป็นตัวแทนของประชากร การที่กลุ่มตัวอย่างจะเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรเพื่อการอ้างอิงไปยังประชากรอย่างน่าเชื่อถือได้นั้น จะต้องมีการเลือกตัวอย่างและขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม ซึ่งจะต้องอาศัยสถิติเข้ามาช่วยในการสุ่มตัวอย่างและการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

การสุ่มตัวอย่าง (sampling) หมายถึง กระบวนการได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่มีความเป็นตัวแทนที่ดีของประชากร

วิธีการสุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1) การสุ่มตัวอย่างโดยไม่ใช้ความน่าจะเป็น (nonprobability sampling) เป็นการเลือกตัวอย่างโดยไม่คำนึงว่าตัวอย่างแต่ละหน่วยมีโอกาสถูกเลือกมากน้อยเท่าไร ทำให้ไม่ทราบความน่าจะเป็นที่แต่ละหน่วยในประชากรจะถูกเลือก การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบนี้ไม่สามารถนำผลที่ได้อ้างอิงไปยังประชากรได้ แต่มีความสะดวกและประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายมากกว่า ซึ่งสามารถทำได้หลายแบบดังนี้

1.1) การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (accidental sampling) เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ได้จำนวนตามต้องการโดยไม่มีหลักเกณฑ์ กลุ่มตัวอย่างจะเป็นใครก็ได้ที่สามารถให้ข้อมูลได้

1.2) การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบโควต้า (quota sampling) เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยคำนึงถึงสัดส่วนองค์ประกอบของประชากร เช่นเมื่อต้องการกลุ่มตัวอย่าง 100 คน ก็แบ่งเป็นเพศชาย 50 คน หญิง 50 คน แล้วก็เลือกแบบบังเอิญ คือเจอใครก็เลือกจนครบตามจำนวนที่ต้องการ

1.3) การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาจากการตัดสินใจของผู้วิจัยเอง ลักษณะของกลุ่มที่เลือกเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงต้องอาศัยความรอบรู้ ความชำนาญและประสบการณ์ในเรื่องนั้นๆของผู้ทำวิจัย

2) การสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็น (probability sampling)

เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยสามารถกำหนดโอกาสที่หน่วยตัวอย่างแต่ละหน่วยถูกเลือก ทำให้ทราบความน่าจะเป็นที่แต่ละหน่วยในประชากรจะถูกเลือก การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบนี้สามารถนำผลที่ได้อ้างอิงไปยังประชากรได้ สามารถทำได้หลายแบบ ดังนี้

2.1) การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยถือว่าทุกๆหน่วยหรือทุกๆสมาชิกในประชากรมีโอกาสจะถูกเลือกเท่าๆกัน การสุ่มวิธีนี้จะต้องมีรายชื่อประชากรทั้งหมดและมีการให้เลขกำกับ วิธีการอาจใช้วิธีการจับสลากโดยทำรายชื่อประชากรทั้งหมดหรือใช้ตารางเลขสุ่มโดยมีเลขกำกับหน่วยรายชื่อทั้งหมดของประชากร

2.2) การสุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบ (systematic sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยมีรายชื่อของทุกหน่วยประชากรมาเรียงเป็นระบบตามบัญชีเรียกชื่อ การสุ่มจะแบ่งประชากรออกเป็นช่วงๆที่เท่ากันอาจใช้ช่วงจากสัดส่วนของขนาดกลุ่มตัวอย่างและประชากร แล้วสุ่มประชากรหน่วยแรก ส่วนหน่วยต่อๆไปนับจากช่วงสัดส่วนที่คำนวณไว้

2.3) การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (stratified sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยแยกประชากรออกเป็นกลุ่มประชากรย่อยๆ หรือแบ่งเป็นชั้นภูมิก่อน โดยหน่วยประชากรในแต่ละชั้นภูมิ

จะมีลักษณะเหมือนกัน แล้วสุ่มอย่างง่ายเพื่อให้ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนของขนาดกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มประชากร

2.4) การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (cluster sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างโดยแบ่งประชากรออกตามพื้นที่โดยไม่จำเป็นต้องทำบัญชีรายชื่อของประชากร และสุ่มตัวอย่างประชากรจากพื้นที่ดังกล่าวตามจำนวนที่ต้องการ แล้วศึกษาทุกหน่วยประชากรในกลุ่มพื้นที่นั้นๆ หรือจะทำการสุ่มต่อเป็นลำดับขั้นมากกว่า 1 ระดับ โดยอาจแบ่งพื้นที่จากภาค เป็นจังหวัด จาก จังหวัดเป็นอำเภอ และเรื่อยไปจนถึงหมู่บ้าน [55]

การคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยวิธีของ Taro Yamane

Yamane [56] ได้เสนอสูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างสัดส่วน 1 กลุ่มโดยสมมติค่าสัดส่วนเท่ากับ 0.5 และที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังสมการที่ (2-2)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \tag{2-2}$$

โดย n = ขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้

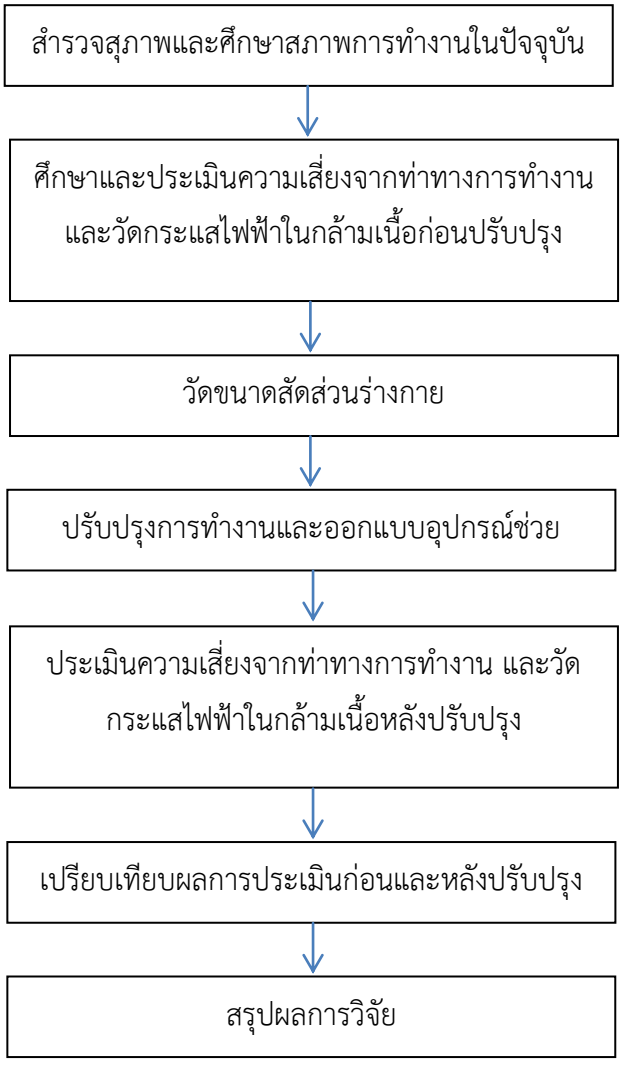
N = จำนวนประชากรที่ทราบค่า

e = ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากลุ่มทดลองในรูปแบบก่อนและหลังปรับปรุง โดยมีประชากรและกลุ่มตัวอย่างคือเจ้าหน้าที่และสมาชิกสหกรณ์กองทุนสวนยางตำบลพิจิตร อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา มีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไป การสำรวจสุขภาพ การวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน การวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ การวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย การวิเคราะห์กระบวนการทำงาน และทำการแก้ไขปรับปรุงสถานีงานใหม่ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

การวิจัยนี้ได้ใช้สหกรณ์กองทุนสวนยางตำบลพิจิตร อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลาเป็นกรณีศึกษา เพื่อทำการศึกษาท่าทางในการทำงานของเจ้าหน้าที่ประจำ ซึ่งแบ่งเป็น 2 สถานีงานคือ 1. สถานีงานรับซื้อน้ำยาง และ 2. สถานีงานทำยางแผ่นรมควัน และได้ประเมินท่าทางการทำงานในแต่ละสถานีงาน สหกรณ์การยางตำบลพิจิตร อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีสมาชิกทั้งหมด 125 คน เป็นสมาชิกชาย 70 คน หญิง 55 คน โดยจะรับน้ำยางเฉลี่ยวันละ 4 ตัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูกาลและการตกของฝน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

3.1.2.1 การสำรวจสุขภาพศึกษาการทำงานและวัดค่าไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลัง

เนื่องจากประชากรที่ใช้ทำการวิจัยซึ่งก็คือเจ้าหน้าที่ประจำ ณ สถานีงานแต่ละจุดมีจำนวนน้อยจึงใช้ประชากรทั้งหมดเป็นกลุ่มตัวอย่างซึ่งมีเจ้าหน้าที่ประจำสถานีงานรับซื้อน้ำยางทั้งหมด 5 คน ที่คอยหมุนเวียนสลับเปลี่ยนกันมาทำหน้าที่ เจ้าหน้าที่ประจำสถานีงานทำยางแผ่นรมควันมีทั้งหมด 5 คนซึ่งจะสลับเปลี่ยนกันทำงาน การสำรวจสุขภาพ ประเมินท่าทางการทำงานและวัดค่ากระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากเจ้าหน้าที่ที่ทำงานสถานีงานนั้นๆ

3.1.2.2 การวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย

จากการคำนวณโดยสูตรของ Yamane [56] ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากประชากร 125 คน (N) ได้ผลลัพธ์ว่าควรเก็บข้อมูลโดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 95 คน (n)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

โดย n = ขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้

N = จำนวนประชากรที่ทราบค่า

e = ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างที่ได้ง่ายต่อการคำนวณผู้วิจัยจึงทำการเก็บตัวอย่างข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง 100 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นสมาชิกของสหกรณ์กองทุนสวนยางมีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 40 ปี ชาย 56 คนหญิง 44 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรง ไม่มีความผิดปกติทางร่างกาย หรือเคยประสบอุบัติเหตุที่ทำให้กล้ามเนื้อและกระดูกผิดปกติ

3.2 การสำรวจสุขภาพ

เครื่องมือที่ใช้

แบบสำรวจสุขภาพของพนักงาน และแบบประเมินสุขภาพ (abnormal index)

การศึกษานี้ได้เริ่มจากการสอบถามเจ้าหน้าที่ที่ทำงานในสหกรณ์กองทุนสวนยางพิจิตร โดยใช้แบบสำรวจสุขภาพของพนักงานดังแสดงในภาคผนวก ก-1 โดยเข้าไปสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ทุกคนในสถานีงานต่างๆทั้งหมด มีจำนวน 10 คน เพื่อสอบถามหาอาการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกาย และวิเคราะห์ข้อมูลว่าอาการปวดมาจากสถานีงานไหน จากนั้นจึงสัมภาษณ์อีกครั้งโดยใช้ แบบประเมินสุขภาพ ดังแสดงในภาคผนวก ก-2 เพื่อวิเคราะห์หาค่าดัชนีความผิดปกติ (abnormal Index: AI)

3.3 การศึกษาและวิเคราะห์การทำงาน

เครื่องมือที่ใช้

Flow process chart

ในการวิเคราะห์กระบวนการทำงานนี้จะใช้การเคลื่อนที่ของคน (man type) เนื่องจากว่างานวิจัยนี้สนใจในท่าทางการทำงานของคน โดยจะเริ่มทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เริ่มทำการขนถังแกลลอนน้ำยางลงจากรถจักรยานยนต์ที่ขนน้ำยางมาของสมาชิกสหกรณ์ไปจนถึงสมาชิกและเจ้าหน้าที่ประจำช่วยกันเทน้ำยางลงสู่บ่อพักน้ำยาง โดยจะเก็บผลของกิจกรรมต่างๆ คือ จำนวนขั้นตอนการปฏิบัติงาน จำนวนขั้นตอนการขนส่ง จำนวนครั้งของความล่าช้า จำนวนครั้งของการตรวจสอบ และจำนวนครั้งในการพักหรือเก็บ รวมถึงน้ำหนัก ระยะทาง เวลา จำนวนคนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการทำงาน ซึ่งแบบฟอร์มการประเมินที่ใช้ดังแสดงในภาพที่ 3.2

FLOW PROCESS CHART EQUIPMENT TYPE					☑ MAN ☐ MATERIAL ☐						
CHART NO.1 SHEET NO. 1 OF 1											
SUBJECT CHART					สัญลักษณ์					ความหมาย	
					OPERATION	○				กระบวนการผลิต	
ACTIVITY					TRANSPORT	⇨				การลำเลียงขนถ่าย	
					DELAY	D				การล่าช้า	
RM. Specification					INSPECTION	□				การตรวจสอบคุณภาพ	
					STORAGE	▽				การจัดเก็บ	
METHOD :											
LOCATION :											
Produced by											
Approved by											
ขั้นตอน	จำนวน (กก.)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	คนงาน (คน)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ	
					○	⇨	D	□	▽		
					○	⇨	D	□	▽		
					○	⇨	D	□	▽		
					○	⇨	D	□	▽		
					○	⇨	D	□	▽		
					○	⇨	D	□	▽		

ภาพที่ 3.2 แบบฟอร์มการวิเคราะห์กระบวนการทำงาน

3.4 การประเมินความเสี่ยงของการทำงาน

3.4.1 การประเมินท่าทางการทำงาน

อุปกรณ์ที่ใช้

1) กล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหว

2) โปรแกรม silicon coach ช่วยในการวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน

3) แบบฟอร์มสำหรับบันทึกคะแนนท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค RULA

วิธีการเก็บข้อมูล

การประเมินท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค RULA โดยประเมินท่าทางการทำงานแต่ละสถานีงานของสหกรณ์กองทุนสวนยางก่อนการปรับปรุง โดยใช้ค่าเฉลี่ยคะแนนขั้นตอนการทำงานที่มีค่าคะแนนความเสี่ยงสูงสุดของแต่ละสถานีงาน เนื่องจากไม่มีความยุ่งยากในการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างเพราะประชากรมีจำนวนน้อยจึงใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นประชากรทั้งหมด เจ้าหน้าที่ ณ สถานีงานจุดรับซื้อน้ำยาง มีทั้งหมด 5 คนที่คอยหมุนเวียนสับเปลี่ยนกันมาทำหน้าที่ เจ้าหน้าที่ณ สถานีงานจุดทำยางแผ่นและจุดยางแผ่นรมควันมีทั้งหมด 5 คนซึ่งจะสลับสับเปลี่ยนกันทำงาน และจะประเมินท่าทางการทำงานเจ้าหน้าที่ที่ทำงาน ณ ตำแหน่งนั้น

การเก็บข้อมูลนั้นจะบันทึกภาพของเจ้าหน้าที่ขณะทำงานด้วยกล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหวแล้วนำกลับมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม silicon coach โดยทำการวัดค่ามุมต่างๆ และให้คะแนนของท่าทางการทำงาน ตามขั้นตอนการประเมินตามแบบประเมิน RULA work sheet ดังแสดงในภาคผนวก ข-1

3.4.2 การวัดกระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อ

อุปกรณ์ที่ใช้

1) เครื่องขยายสัญญาณ รุ่น mobi6-6b 8 channel

2) ชุดวัดกำลังสถิตย์ (jackson strength evaluation system)

3) คอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมประมวลผล

วิธีการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลทำโดยติดอิเล็คโทรดบริเวณตำแหน่งกล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน และทำการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังสูงสุด (maximum voluntary electromyography: MVE) โดยให้พนักงานทดลองเครื่องวัดกำลังสถิตย์ (jackson strength evaluation system) ดังแสดงในรูปที่ 3.3 จากนั้นนำค่าที่วัดได้มาถ่ายข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ การนำค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (electromyography: EMG) มาเป็นตัวบ่งชี้ภาระของกล้ามเนื้อหลัง สำหรับงานวิจัยนี้ทำโดยการ

เปรียบเทียบค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังในขณะทำงาน (EMG) กับค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด (MVE) ของแต่ละคนตามหลักการทางชีวกลศาสตร์ ซึ่ง Sander and Mccormick [31] ได้ทำการวิจัยและสรุปว่า กระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทำงานต้องไม่เกิน 35 % ของค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังสูงสุด (MVE) ซึ่งหากเกินกว่า 35% ถือว่ามีความเสี่ยงอันตรายต่อการบาดเจ็บต่อหลัง โดยใช้วิธีการวัดค่ากระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังขณะทำการทดสอบกำลังสถิตของกล้ามเนื้อหลัง ก่อนการทดสอบต้องปรับความสูงของด้ามจับเครื่องวัดกำลังสถิตให้มีระยะห่างจากฐานเครื่องวัดกำลังสถิตในแนวตั้งประมาณ 17 นิ้ว หรือให้ความสูงของด้ามจับอยู่ในระดับที่ทำให้ผู้ถูกทดสอบยืนงอหลังทำมุม 90 องศา ในแนวขนานกับพื้นซึ่งผู้ถูกทดสอบจะต้องยืนขาเหยียดตรง เท้าทั้งสองข้างสัมผัสกับฐานของเครื่องวัดกำลังสถิตไม่ยืนเขย่งเท้า จากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบใช้หลังออกแรงในแนวตั้งยกด้ามจับเครื่องวัดกำลังสถิตขึ้น โดยที่ขาทั้งสองข้างยังคงเหยียดตรง

ภาพที่ 3.3 ชุดวัดกำลังสถิต

การวัดค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังในขณะทำงาน (EMG) ของเจ้าหน้าที่ทั้ง 5 คน โดยให้เจ้าหน้าที่ทำงานเป็นตามปกติคนละ 10 รอบการทำงาน ซึ่งค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะนำมาแปลงให้เป็นค่า root mean square (RMS) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยต่อเวลาที่วัดได้ทั้งหมด และเป็นค่าที่นิยมใช้วัดในงานวิจัยที่ใช้ท่าทางในการยกเนื่องจากค่านี้เป็นค่าที่ใช้วัด amplitude

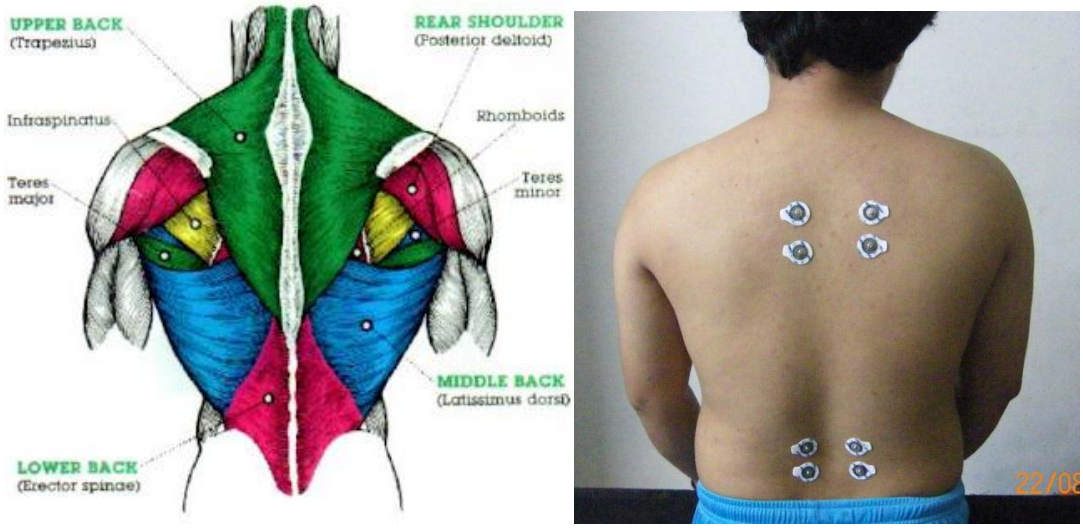
การเก็บข้อมูลโดยการติดอิเล็คโทรดบริเวณตำแหน่งกล้ามเนื้อหลังที่จะทำการวัด และต่อสายเข้าเครื่องบันทึกข้อมูล การวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังขณะที่เจ้าหน้าที่ทำงานปกติ โดยการ

วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังขณะทำงานจะทำการวัด 4 ตำแหน่งคือ trapezius ด้านซ้ายและขวา erector spinae ด้านซ้ายและขวา โดยมีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

1) ทำความสะอาดบริเวณกล้ามเนื้อบริเวณที่จะวัดด้วยแอลกอฮอล์

2) ติดอิเล็คโทรดดังแสดงในภาพที่ 3.4 ที่บริเวณหลังส่วนบนทั้งด้านซ้ายและขวา และหลังส่วนล่างทั้งด้านซ้ายและขวา 4 ตำแหน่งคือ 1. ตำแหน่งกล้ามเนื้อหลังส่วนบนซ้ายโดยใช้กล้ามเนื้อ trapezius ด้านซ้ายเป็นกล้ามเนื้อหลัก 2. ตำแหน่งกล้ามเนื้อหลังส่วนบนขวาโดยใช้กล้ามเนื้อ trapezius ด้านขวาเป็นกล้ามเนื้อหลัก 3. ตำแหน่งกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างซ้ายโดยใช้กล้ามเนื้อ erector spinae ด้านซ้ายเป็นกล้ามเนื้อหลัก 4. ตำแหน่งกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างขวาโดยใช้กล้ามเนื้อ erector spinae ด้านขวาเป็นกล้ามเนื้อหลัก ดังภาพที่ 3.5

ภาพที่ 3.4 อิเล็กโทรด



ภาพที่ 3.5 ตำแหน่งที่ติดอิเล็กโทรดบนกล้ามเนื้อ

3) เปิดโปรแกรม portion 0.6 ทำการสร้างข้อมูลของเจ้าหน้าที่ประจำ และตั้งรูปแบบการวัดอุปกรณ์เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อรุ่น mobi6-6b ดังภาพที่ 3.6 ซึ่งมี 8 channel ความละเอียด 24 บิต ความแม่นยำ $\pm$ 2% อัตราขยาย 19.5 เท่า สัญญาณรบกวน <1.0 μVrms

ภาพที่ 3.6 เครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้า

4) ทำการทดสอบโดยให้เจ้าหน้าที่ทำงานปกติในสภาพการทำงานปัจจุบัน และทำงานในสถานีงานที่ได้ปรับปรุงใหม่

5) นำผลของสัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้ไปวิเคราะห์ เปรียบเทียบระหว่างสถานีงานปัจจุบันและสถานีงานที่ปรับปรุงใหม่

3.5 การวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย

อุปกรณ์ที่ใช้

1) a ross craft anthropometer set

2) แท่นวัดส่วนสูง

วิธีการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายด้วยวิธีการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายตามวิธีมาตรฐานของ Pheasant [53] คนละ 36 รายการ โดยใช้อุปกรณ์ชุดวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย a ross craft anthropometer set ซึ่งเป็นชุดวัดขนาดสัดส่วนร่างกายที่ได้มาตรฐานดังแสดงในภาพที่ 3.7 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมีจำนวน 100 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นสมาชิกของสหกรณ์การยางมีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 40(±8) ปี ชาย 56 คนหญิง 44 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรงไม่มีความผิดปกติทางร่างกาย หรือเคยประสบอุบัติเหตุที่จะทำให้กล้ามเนื้อและกระดูกผิดปกติ

ภาพที่ 3.7 ชุดเครื่องมือวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย

สมาชิกสหกรณ์จะถูกทำการเก็บข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของแต่ละคนแล้วบันทึกข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายลงในแบบฟอร์มการวัดเพื่อทำการเก็บข้อมูลของแต่ละบุคคล ซึ่งจะให้ผู้ถูกทดสอบปฏิบัติท่าทางเพื่อทำการวัดขนาดสัดส่วนร่างการตามมาตรฐานการวัดของ Pheasant 36 ท่าทาง โดยใช้เครื่องมือ a ross craft anthropometer set ในการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายดังแสดงในภาพที่ 3.8 และ 3.9

ภาพที่ 3.8 ตัวอย่างการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายชาย

ภาพที่ 3.9 ตัวอย่างการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายหญิง

3.6 การออกแบบและปรับปรุงสถานีงาน

เครื่องมือที่ใช้

1) เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H

2) หลักเกณฑ์ ECRS

3) หลักการทางการยศาสตร์

4) ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของสมาชิกสหกรณ์

การหาแนวทางปรับปรุงการทำงานนั้นในเบื้องต้นต้องทำความเข้าใจในงานถึงวัตถุประสงค์ของงาน ลำดับขั้นตอนการทำงาน สถานที่ทำงาน คนหรือเครื่องจักรที่ทำงาน และวิธีการทำงาน โดยใช้เทคนิค 5W1H ในการช่วยทำความเข้าใจในงานแต่ละขั้นตอน เมื่อได้แนวทางในการพิจารณาปัญหาแล้วจากเทคนิคคำถาม 5W1H จึงใช้หลักเกณฑ์ ECRS มาช่วยในการหาแนวทางปรับปรุงงาน ซึ่งถ้าขั้นตอนใดที่ไม่จำเป็นก็ควรตัดออกไป ขั้นตอนใดที่สามารถรวมเข้าด้วยกันได้ก็ควรรวม ขั้นตอนใดที่สามารถสลับลำดับกันได้แล้วผลการทำงานดีขึ้นก็ควรทำ ขั้นตอนใดที่สามารถทำให้ง่ายขึ้นได้บ้างก็ควรทำ ใช้หลักทางการยศาสตร์มาช่วยเป็นแนวทางในการปรับปรุงท่าทางการทำงาน และนำข้อมูลทางด้านขนาดสัดส่วนร่างกายมาช่วยในการออกแบบอุปกรณ์เพื่อปรับท่าทางในการทำงาน

3.7 วิธีวิเคราะห์ผลข้อมูลทางสถิติ

1) เปรียบเทียบค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน โดยใช้สถิติ paired t-test

2) เปรียบเทียบค่าสัญญาณกระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อหลังในขณะทำงาน (EMG) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน โดยใช้สถิติ paired t-test

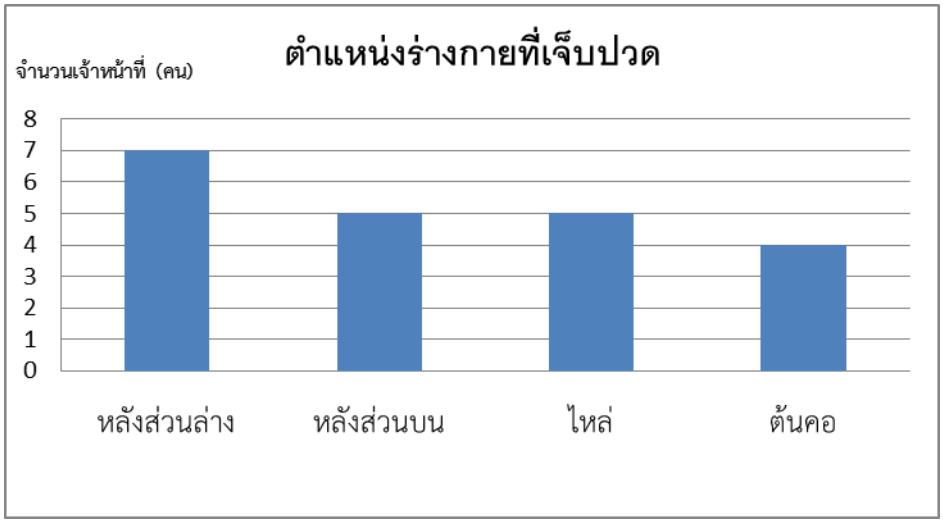
บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียวในรูปแบบก่อนและหลังปรับปรุง โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไปโดยใช้ แบบสำรวจสุขภาพของพนักงาน แบบสัมภาษณ์พนักงาน การวิเคราะห์การทำงาน และการวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

4.1 ผลสำรวจสุขภาพและสัมภาษณ์พนักงาน

การศึกษานี้ได้เริ่มจากการสอบถามเจ้าหน้าที่ที่ทำงานในสหกรณ์กองทุนสวนยางพิจิตร โดยใช้แบบสำรวจสุขภาพของพนักงานที่แสดงในภาคผนวก ก เข้าไปสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ทุกคนในสถานีงานต่างๆทั้งหมด มีจำนวน 10 คน เพื่อสอบถามหาอาการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งสรุปได้ว่าเจ้าหน้าที่ทั้งหมดเคยมีอาการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกายจำนวน 10 คน ซึ่งเจ้าหน้าที่ มีอาการปวดหลังส่วนล่าง 7 คน มีอาการปวดหลังส่วนบน 5 คน มีอาการปวดต้นคอ 5 คน มีอาการปวดไหล่ 4 คน ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แผนภูมิแสดงจำนวนพนักงานที่มีอาการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกาย

การตอบแบบสอบสอบถามสำรวจสุขภาพของเจ้าหน้าที่คนหนึ่ง ดังแสดงในภาพที่ 4.2 ซึ่งได้จากการเข้าไปสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ในสถานีงานต่างๆทั้งหมด มีจำนวน 10 คน เพื่อสอบถามหาอาการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกาย

แบบสำรวจสุขภาพพนักงาน

(MODIFIED FROM CERGO QUESTIONAIRE)

ประเภทของงาน/ แผนก/ ชื่อหัวหน้างานโดยตรง/ หน้าที่งาน

(ระบุ).....สถานีรับซื้อน้ำยาง/เคลื่อนย้ายและเทถังแกลลอนน้ำยาง.....

อายุ.....43.....ปี ได้มาทำงานในหน่วยงานนี้เป็นเวลา....5....ปี/~~เดือน~~

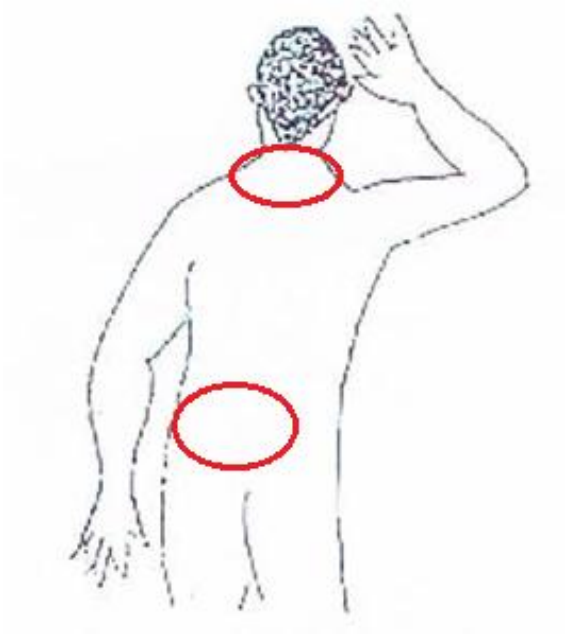
1. ท่านเคยมีความเจ็บปวดบริเวณส่วนหลัง ส่วนแขน ส่วนข้อมือ หรือส่วนมือ บ้างไหม

☑ เคย ☐ ไม่เคย

ถ้าท่านตอบว่า ไม่เคย ให้ส่งคืนแบบสอบถามนี้ได้ทันทีโดยไม่ต้องตอบข้ออื่นๆ

ถ้าท่านตอบว่า เคย ให้ตอบคำถามต่อไปนี้ทุกข้อ

วงกลมบริเวณที่ท่านมีความปวดเมื่อย หรือเจ็บปวด บนรูปภาพต่อไปนี้



2. ความเจ็บปวดที่ท่านรู้สึกในข้อ 1 นั้น ท่านเจ็บมากในช่วงเวลา

☐ เช้า ☐ กลางวัน ☑ เย็น

ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างแบบสำรวจสุขภาพพนักงานของเจ้าหน้าที่คนหนึ่ง

3. ระดับความเจ็บปวดที่ท่านได้รับรู้สึกว่า

☑ พอทนได้ ☐ เจ็บปวดมาก

4. ขณะที่ท่านกำลังตอบแบบสอบถามอยู่ ความเจ็บปวดดังกล่าว

☐ หายไปหมดแล้ว ☑ ยังคงมีอยู่

5. ท่านรู้สึกเจ็บปวด

☑ เมื่อเร็วๆ นี้เอง ☐ เมื่อ 6 เดือนที่แล้ว

☐ เมื่อประมาณ 1 ปีที่แล้ว ☐ มากกว่า 1 ปี มาแล้ว

6. ท่านรักษาความเจ็บปวดของท่านอย่างไร

☐ ไม่ทำอะไรเลย ☑ การนวดด้วยยาและครีม ☐ ไปพบแพทย์เพื่อรักษา

7. การรักษาของท่าน

☐ หายขาด ☐ ไม่ดีขึ้นเลย ☑ เป็นๆ หายๆ

8. ท่านทำงานในหน้าที่ปัจจุบันโดย

☐ นั่งทำงานบนพื้น ☐ นั่งทำงาน

☑ ยืนทำงาน ☐ ทั้งนั่ง และยืนทำงาน

9. ท่านเล่นกีฬา หรือออกกำลังกายประเภทใดบ้างหรือไม่

☐ เล่น ☑ ไม่เล่น

ถ้าท่านเล่นให้ระบุประเภทกีฬา.....

10. ปกติท่านนอนหลับพักผ่อนที่บ้านในห้องปรับอากาศหรือไม่

☐ ใช่ ☑ ไม่ใช่

ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างแบบสำรวจสุขภาพพนักงานของเจ้าหน้าที่คนหนึ่ง (ต่อ)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในแบบสำรวจสุขภาพของพนักงานพบว่า เจ้าหน้าที่ที่มีอาการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกายส่วนใหญ่เป็นเจ้าหน้าที่ในสถานีงานรับซื้อน้ำยาง จากนั้นจึงสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่อีกครั้งด้วย แบบสัมภาษณ์พนักงาน เพื่อศึกษาปัญหาการปวดเมื่อย โดยสถานีงานที่กล่าวถึงเจ้าหน้าที่จะต้องมีการยกถังน้ำยางซึ่งภาระงานที่หนัก ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์พนักงาน จะได้ค่า AI เฉลี่ยแสดงในตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 คะแนนค่า AI ของเจ้าหน้าที่แต่ละสถานีงาน

เจ้าหน้าที่สถานีงานรับซื้อน้ำยาง	ค่าคะแนน AI	เจ้าหน้าที่สถานีงานทำยางแผ่น	ค่าคะแนน AI
1	3.88	1	2.75
2	3.25	2	2.88
3	3.13	3	2.25
4	3.13	4	2.38
5	3.38	5	2.63
ค่าเฉลี่ย	3.35	ค่าเฉลี่ย	2.58

จากตารางที่ 4.1 พบว่าเจ้าหน้าที่ที่มีอาการเจ็บปวดในระดับสูง คือ เจ้าหน้าที่ในสถานีงานรับซื้อน้ำยาง คำนวณค่าดัชนีความผิดปกติได้ค่าเฉลี่ย 3.35 ซึ่งหมายถึงจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงวิธีการทำงานของเจ้าหน้าที่ในสถานีงานรับซื้อน้ำยาง เพื่อลดปัญหาการเจ็บปวดดังกล่าว การตอบแบบสัมภาษณ์พนักงาน เพื่อศึกษาปัญหาการปวดเมื่อยของเจ้าหน้าที่คนหนึ่ง ดังแสดงในภาพที่ 4.3 ซึ่งได้จากการเข้าไปสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ในสถานีงานต่างๆทั้งหมด มีจำนวน 10 คน เพื่อคำนวณค่าดัชนีความผิดปกติ

แบบสัมภาษณ์พนักงาน

(MODIFIED FROM CERGO QUESTIONAIRE)

ชื่อ-สกุล.....นายจำรัส xxx..... อายุ.....43..... ปี เพศ ☑ ชาย ☐ หญิง

ความสูง.....179.....เซนติเมตร น้ำหนักตัว.....80.....กิโลกรัม

ได้มาทำงานในหน่วยงานนี้เป็นเวลา.....5.....ปี.....3.....เดือน

ได้มาทำงานในหน้าที่งานนี้มาเป็นเวลา.....5.....ปี.....3.....เดือน

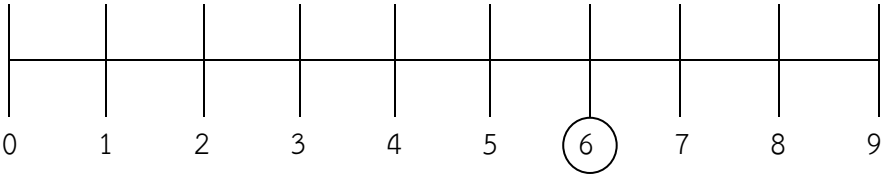
ระดับการศึกษาสูงสุด ☐ ประถมปีที่..... ☐ มัธยมปีที่..... ☑ ปวช. ☐ ปวส. ☐ ปริญญาตรี

มีครอบครัวแล้วหรือยัง ☑ มีแล้ว ☐ ยังไม่มี ถ้ามีครอบครัวแล้ว มีบุตร.....2.....คน

ลักษณะครอบครัว ☐ แยกกันอยู่ ☐ หย่าขาดจากกัน ☑ ยังอยู่ด้วยกันเป็นปกติ

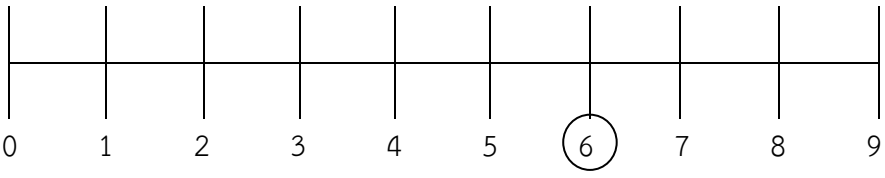
คู่สมรส ☐ ทำงานที่เดียวกัน ☑ แยกที่ทำงานกัน ☐ ทำงานที่บ้านเป็นแม่บ้าน

1. ความล้าโดยทั่วไป (general fatigue) จากการทำงาน



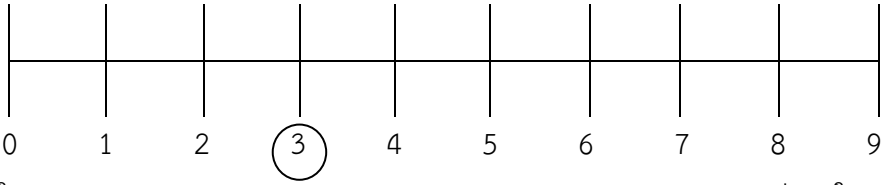
ระดับสบายมาก สุดแสนจะทรมาน

2. ความเสี่ยงต่อการเจ็บปวด บาดเจ็บ จากการทำงาน



ไม่เสี่ยงเลย มีความเสี่ยงสูงมาก

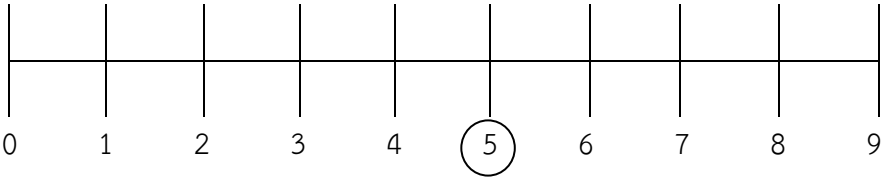
3. ระดับความสนใจต่องานที่ทำ



ไม่น่าสนใจเลย น่าสนใจมากที่สุด

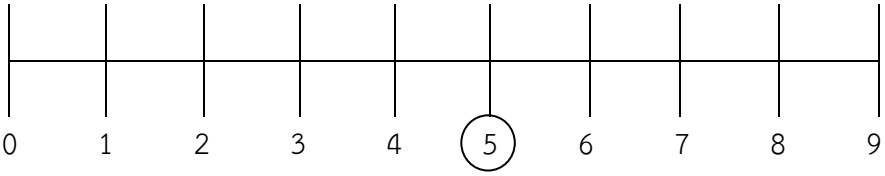
ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์พนักงานของเจ้าหน้าที่คนหนึ่ง

4. ความซับซ้อนของลักษณะงาน



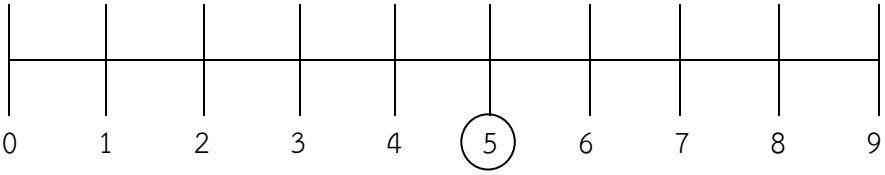
ไม่ซับซ้อนเลย ซับซ้อนจนเวียนหัว

5. ความยากง่ายของการทำงาน



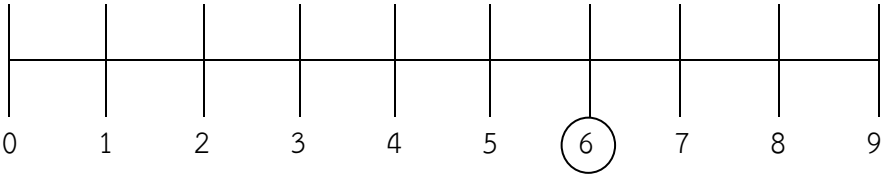
ง่ายมากที่สุด ยากมากที่สุด

6. จังหวะของการทำงาน



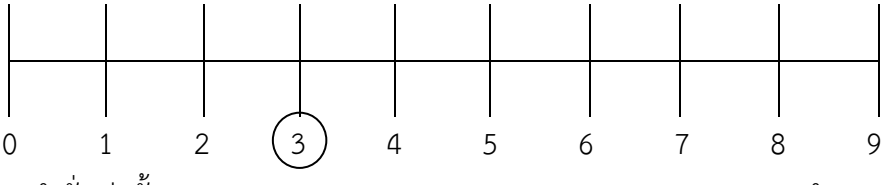
ไม่มีปัญหา มีปัญหามาก

7. ความรับผิดชอบในการทำงาน



ไม่ต้องรับผิดชอบ ต้องรับผิดชอบสูง

8. ความเป็นอิสระในการทำงาน



ต้องทำตามคำสั่งเท่านั้น จะทำงานอย่างไรก็ได้

ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์พนักงานของเจ้าหน้าที่คนหนึ่ง (ต่อ)

การคำนวณ

$$\frac{\sum(1,2,4,5,6,7)-\sum(3,8)}{8}=AI$$

$$\frac{[6+6+4+4+5+6]-[3+3]}{8}=3.13$$

ค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ประเมินผลได้ดังนี้

AI ≤ 0 ไม่มีปัญหาอะไรเลย

0 < AI ≤ 2 มีปัญหาเล็กน้อย พอทนได้

2 < AI ≤ 3 ต้องระมัดระวังเอาใจใส่

3 < AI ≤ 4 เริ่มเป็นปัญหามากจนทนไม่ได้

AI > 4 ผิดปกติ ต้องรีบดำเนินการแก้ไขทันที

ค่า AI ของเจ้าหน้าที่คนนี้เท่ากับ 3.13 หมายถึง เริ่มเป็นปัญหามากจนทนไม่ไหว เจ้าหน้าที่ในสถานีงานรับซื้อน้ำยางมีค่าดัชนีความผิดปกติค่าเฉลี่ย 3.35 จึงจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข ปรับปรุงวิธีการทำงานของเจ้าหน้าที่ในสถานีงานนี้ เพื่อลดปัญหาการเจ็บปวดดังกล่าว

4.2 ผลการศึกษาสภาพการทำงานในสหกรณ์การยาง

ขั้นตอนรับซื้อน้ำยางมีกระบวนการยกและเคลื่อนย้ายถังแกลลอนน้ำยางจากรถจักรยานยนต์ไปยังจุดกรอง เมื่อถึงจุดกรองจะทำการยกเทถังแกลลอนน้ำยางผ่านที่กรองลงสู่ถังอลูมิเนียม แล้วยกถังอลูมิเนียมโดยใช้คน 2 คน ช่วยกันยกไปชั่งที่เครื่องชั่งน้ำหนัก จึงทำการตวงเอาน้ำยางมา 10 มิลลิลิตรเพื่อทดสอบเปอร์เซ็นต์น้ำยาง จากนั้นจึงขนย้ายถังแกลลอนน้ำยางไปเทน้ำยางลงสู่บ่อพักน้ำยางเพื่อรอปล่อยน้ำยางสู่บ่อทำยางแผ่นในขั้นตอนถัดไป เฉลี่ยจะมีน้ำยางมาประมาณ 90-120 เที่ยวต่อวัน สมาชิกสหกรณ์จะขนถังน้ำยางมาขาย 1-3 ถัง มีน้ำยางเฉลี่ยเข้ามาน้ำหนัก 4 ตันต่อวัน โดยเฉลี่ยน้ำหนักที่ผู้ปฏิบัติงานต้องยกต่อ 1 เที่ยวประมาณ 36 กิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูกาล และฝน หากวันใดที่ฝนตกรุ่งเช้าก็จะกรีดน้ำยางไม่ได้จึงทำให้มีน้ำยางมาส่งน้อยหรือไม่มีเลย และหากเป็นฤดูแล้ง ต้นยางผลัดใบก็ไม่สามารถกรีดยางได้เช่นกันดังแสดงในภาพที่ 4.4

ก) เคลื่อนถังน้ำยางมายังจุดกรอง

ข) กรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียม

ค) เคลื่อนถังอลูมิเนียมไปยังตาชั่ง

ง) ชั่งน้ำหนักและตวงตัวอย่าง

จ) เคลื่อนถังอลูมิเนียมไปยังบ่อพัก

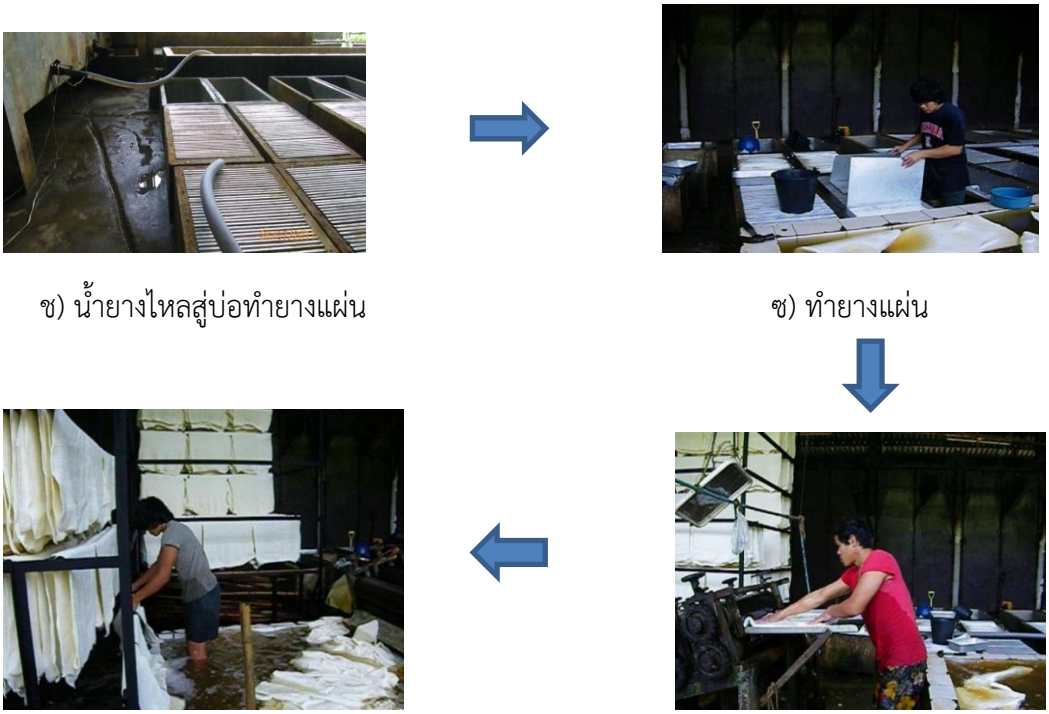
ฉ) เทน้ำยางลงบ่อพัก

ภาพที่ 4.4 สภาพการทำงานสถานีรับซื้อน้ำยาง

จุดทำยางแผ่นมีขั้นตอนการทำงานเริ่มจากปล่อยน้ำยางจากบ่อพักน้ำยางไปยังบ่อทำยางแผ่น การทำให้ยางจับตัวเป็นก้อนโดยค่อย ๆ ผสมน้ำกรดฟอร์มิกกับน้ำให้เจือจางเพียง 1-2 % เทลงไปในน้ำยางตามอัตราส่วนถ้าใช้กรดน้ำส้มจะต้องใช้เพิ่มขึ้นประมาณเกือบเท่าตัวของกรดฟอร์มิก กรดกำมะถันก็ใช้ได้และราคาก็ถูกกว่า แต่การใช้ค่อนข้างยาก ต้องใช้การคำนวณให้แน่นอน ถ้าใช้มากไปน้อยไปทำให้ยางเสียได้ การใส่กรดลงไปในน้ำยางต้องค่อย ๆ ใส่ลงไปทีละน้อย แล้วรีบคนให้ทั่ว เพื่อไม่ให้น้ำยางตรงที่ถูกกรดจับตัวเป็นก้อนในทันทีทันใด เมื่อใส่น้ำกรดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ตักเอาฟองออก จากนั้นก็จะใส่แผ่นกั้นเพื่อให้ยางแยกออกมาเป็นแผ่นๆ ถัดมาคือการนำยางแผ่นมารีดที่เครื่อง

รีดยางหรือเครื่องทำแผ่นยางจะมีลักษณะคล้ายๆ กับเครื่องรีดปลาหมึกแต่ใหญ่กว่ามาก เครื่องรีดยางชนิดนี้จะมีลูกกลิ้ง 5 คู่เรียงเกือบชิดกัน มีแบบรีดเกลี้ยงและรีดดอก ซึ่งคู่สุดท้ายจะเป็นลูกกลิ้งรีดดอก ทำให้ยางแผ่นเป็นร่องเล็ก ๆ เฉียงพาดไปทั่วแผ่นเพื่อทำให้เกิดเนื้อที่มากขึ้นกว่าแผ่นเรียบๆ ซึ่งจะสามารถรับความร้อนและควันได้มาก จนทำให้ยางสุกทั่วแผ่นเร็วขึ้น ยางที่รีดเป็นแผ่นเสร็จแล้ว จะนำไปแช่น้ำในอ่างบ่อซีเมนต์ที่มีน้ำไหลผ่านเข้าและออกได้ตลอดเวลา เพื่อไล่น้ำกรดและสิ่งสกปรกหรือคราบน้ำมันจากเครื่องรีดดอกออกให้หมด แช่ไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง

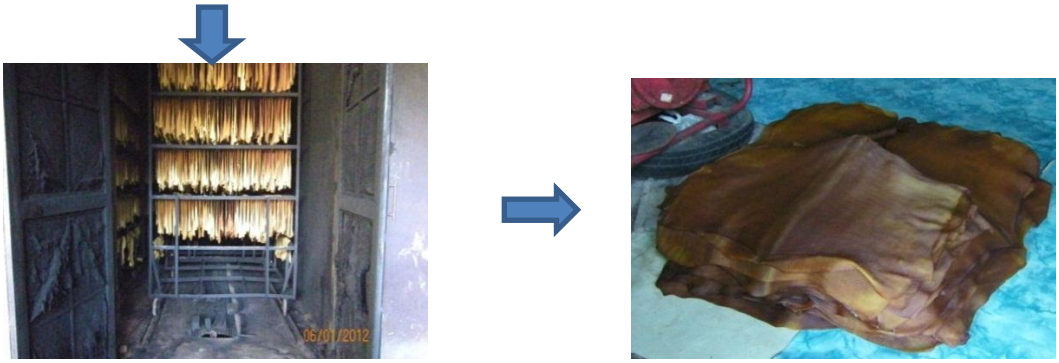
เมื่อแช่ยางล้างน้ำออกเสร็จแล้ว นำยางไปผึ่งบนราวไม้ไผ่บนรถรมยาง เมื่อแห้งหรือน้ำหยุดหยดจากยางแล้ว นำเข้ารมในโรงรมต่อไป รถรมยางดังกล่าวนี้ มีขนาดกว้างยาวสูงประมาณ 215 x 275 x 310 เซนติเมตร พาดยางได้คันละประมาณ 400 - 600 แผ่น ในการรมจะนำเข้ารมทั้งรถทั้งยาง การรมจะใช้ความร้อนประมาณ 100 องศาฟาเรนไฮต์ สำหรับ 3-5 ชั่วโมงแรก แล้วจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น สำหรับวันแรกจะใช้ความร้อนไม่เกิน 120 องศาฟาเรนไฮต์ วันที่ 2 เพิ่มขึ้นเป็น 130 องศาฟาเรนไฮต์ และในวันที่ 3 จะใช้ความร้อน 145 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งเป็นความร้อนสูงสุดสำหรับการรมยาง ซึ่งใช้เวลารมควันในตู้อบรมควันนาน 3 วัน ดังแสดงในภาพที่ 4.5 แสดงขั้นตอนการทำงานทั้งหมดในสหกรณ์การยาง ซึ่งถ่ายภาพท่าทางการทำงานในช่วงเวลางานคือ 8.00 น. - 12.00 น. เพื่อทำการศึกษาท่าทางการทำงานของเจ้าหน้าที่สหกรณ์การยาง



ช) น้ำยางไหลสู่บ่อทำยางแผ่น ซ) ทำยางแผ่น

ญ) การตากยางแผ่น ฌ) รีดยางแผ่น

ภาพที่ 4.5 สภาพการทำงานสถานีทำย่างแผ่นรมควัน



ฎ) รมควันยางแผ่น ฏ) ยางแผ่นรมควัน

ภาพที่ 4.5 สภาพการทำงานสถานีทำย่างแผ่นรมควัน (ต่อ)

จากภาพที่ 4.5 ก) ข) ค) จ) และฉ) จะเห็นว่าในขั้นตอนเหล่านี้เจ้าหน้าที่นั้นต้องเคลื่อนย้ายถังน้ำยางซึ่งมีน้ำหนักมาก สรีระท่าทางการทำงานที่ต้องรับน้ำหนักมากนั้นเกิดการเสียสมดุลร่างกาย และอาจเป็นปัญหาทางการยศาสตร์ ซึ่งอาจต้องนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุง ภาพที่ 4.5 ช) นั้นมีการไหลของน้ำยางโดยใช้แรงโน้มถ่วง น้ำยางไหลไปตามสายยางแทนที่จะต้องใช้แรงคนเคลื่อนย้ายเหมือนในภาพที่ 4.5 ก) ข) ค) จ) และ ฉ) จึงอาจเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้มาประโยชน์ในตอนปรับปรุงสถานีงาน ภาพที่ 4.5 ก)–ฉ) แสดงพื้นที่ทำงานที่อยู่ด้านบนซึ่งน้ำยางจะถูกรวมและเก็บอยู่ในบ่อพักน้ำยางด้านบน ภาพที่ 4.5 ช)-ฏ) จะอยู่ในส่วนพื้นที่ด้านล่างซึ่งจะเริ่มจากการเปิดท่อระบายให้น้ำยางไหลจากบ่อพักน้ำยาง ซึ่งอยู่ด้านบนไหลลงสู่บ่อทำยางแผ่นด้านล่างตามแรงโน้มถ่วงที่เกิดจากความต่างระดับกันของพื้นที่ด้านบนและล่าง จะเห็นว่าพื้นที่ทำงานในส่วนด้านล่างนั้นจะปฏิบัติงานกับยางแผ่นซึ่งมีน้ำหนักค่อนข้างน้อย และการเคลื่อนย้ายยางที่ตากก็จะมีล้อและอุปกรณ์ช่วยทุนแรงในการเคลื่อนย้ายอยู่แล้ว ซึ่งงานในพื้นที่ส่วนล่างค่อนข้างจะเบาและสบายกว่าจากการสังเกตเบื้องต้น

การศึกษานี้ผู้วิจัยได้บันทึกท่าทางการทำงานของเจ้าหน้าที่ประจำทุกสถานีงานของสหกรณ์กองทุนสวนยางด้วยกล้องวีดีโอ และนำมาเปิดดูโดยผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ RULA จำนวน 3 ท่าน ร่วมวิเคราะห์ค่าคะแนนท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค RULA โดยใช้แบบฟอร์มในภาคผนวก โดยมีโปรแกรม silicon coach มาช่วยในวัดค่ามุมต่างๆ ผลการวิเคราะห์ท่าทางการทำงานโดยจะเลือกสถานีงานที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนความเสี่ยงมาก และดูขั้นตอนที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในแต่ละขั้นตอนการทำงานนำมาเปรียบเทียบ เพื่อหาว่าควรให้ความสนใจในการปรับปรุงขั้นตอนไหนก่อน ตารางที่ 4.2 แสดงผลคะแนนประเมินท่าทางการทำงานโดยเทคนิควิธี RULA เก็บข้อมูลโดยบันทึกท่าทางการทำงานของเจ้าหน้าที่ของสหกรณ์กองทุนสวนยางขณะทำงานด้วยกล้องวีดีโอ และนำมาวิเคราะห์ค่าคะแนนท่าทาง เพื่อที่หาพื้นที่การทำงานเป็นจุดเสี่ยง

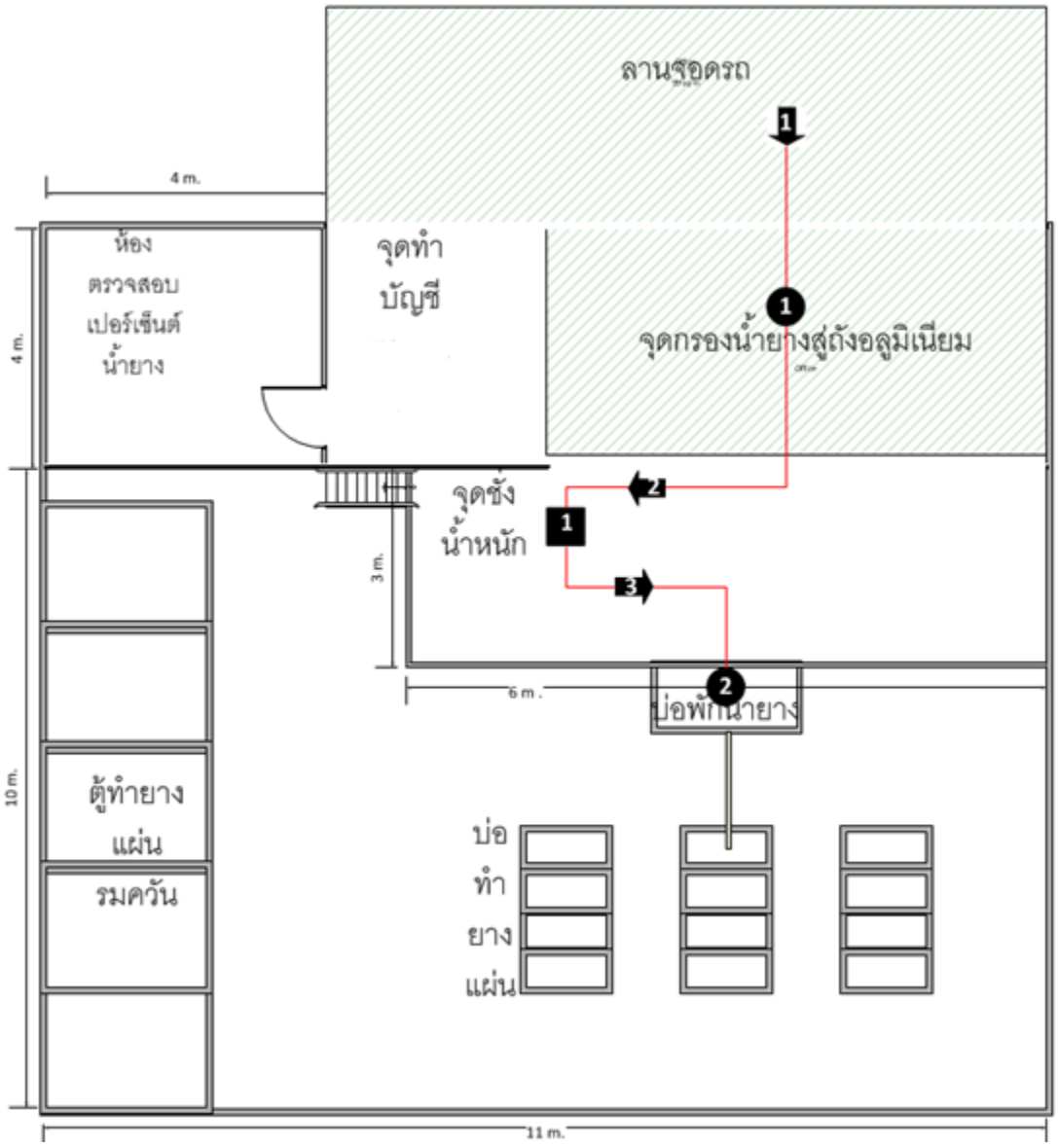
ตารางที่ 4.2 คะแนนท่าทางการทำงานของสถานีงานก่อนปรับปรุง

ที่	สถานีงาน	ค่าคะแนน RULA	
		Mean	S.D.
1	สถานีงานรับซื้อน้ำยาง	6.03	1.44
2	สถานีงานทำยางแผ่นรมควัน	4.66	0.57

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าสถานีงานรับซื้อน้ำยางมีค่าคะแนนที่สูงกว่าสถานีงานทำยางแผ่นรมควัน เนื่องจากภาระงานที่ต้องเคลื่อนย้ายน้ำยางที่มีน้ำหนักมากกว่ายางแผ่น และท่าทางการทำงานตรงสถานีงานรับซื้อน้ำยางมีท่าทางที่ต้องก้ม บิด หมุนตัวและแขนตามการเคลื่อนย้ายถังน้ำยางที่มีน้ำหนักมากค่าคะแนน RULA = 6.03 ซึ่งแปลว่าพื้นที่นี้ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขทันที จึงเลือกที่จะปรับปรุงท่าทางการทำงานตรงสถานีงานรับซื้อน้ำยาง

4.3 ผลการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานสถานีงานรับซื้อน้ำยาง

ขั้นตอนการขนน้ำยางจากจักรยานยนต์มายังจุดกรองเป็นกระบวนการขนส่ง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ทำให้วัตถุเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งจัดเป็นกระบวนการเพิ่มมูลค่าแต่สามารถลดหรือกำจัดได้โดยการปรับปรุง ขั้นตอนการเทถังแกลลอนน้ำยางกรองผ่านสู่ถังอลูมิเนียมเป็นกระบวนการปฏิบัติงานซึ่งเป็นกิจกรรมที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (น้ำยางจะถูกกรองเอาเศษขยะออก) กระบวนการปฏิบัติงานเป็นกระบวนการที่เพิ่มมูลค่าจึงไม่สามารถตัดออกไปได้ตามหลักการ การกำจัด (elimination) แต่สามารถรวมกับขั้นตอนอื่นได้ และในขั้นตอนนี้ใช้เวลาโดยเฉลี่ยนานที่สุดคือประมาณ 1 นาที ขั้นตอนการยกถังน้ำยางไปวางบนตาชั่งเป็นกระบวนการขนส่งซึ่งเป็นกิจกรรมที่ทำให้วัตถุเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง จัดเป็นกระบวนการเพิ่มมูลค่าแต่สามารถลดหรือกำจัดได้โดยการปรับปรุง ขั้นตอนการชั่งน้ำหนักจดบันทึกและตวงตัวอย่างน้ำยางเป็นกระบวนการตรวจสอบซึ่งเป็นกิจกรรมที่ตรวจสอบเปรียบเทียบ ชนิด คุณภาพ ปริมาณของวัสดุจัดเป็นกระบวนการเพิ่มมูลค่าแต่สามารถลดหรือกำจัดได้โดยการปรับปรุง ขั้นตอนการขนย้ายถังอลูมิเนียมไปยังบ่อพักน้ำยางเป็นกระบวนการขนส่งซึ่งเป็นกิจกรรมที่ทำให้วัตถุเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง จัดเป็นกระบวนการเพิ่มมูลค่าแต่สามารถลดหรือกำจัดได้โดยการปรับปรุง ขั้นตอนการเทน้ำยางลงบ่อพักน้ำยางเป็นกระบวนการปฏิบัติงานซึ่งเป็นกิจกรรมที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (น้ำยางจะถูกกรองเอาเศษขยะออก) กระบวนการปฏิบัติงานเป็นกระบวนการที่เพิ่มมูลค่าแต่ไม่สามารถกำจัดหรือตัดออกไปได้ดังแสดงในภาพที่ 4.6 และตารางที่ 4.3



ภาพที่ 4.6 แผนผังของสหกรณ์การยางก่อนการปรับปรุง

จากภาพที่ 4.6 การวางตำแหน่งของขั้นตอนไม่เป็นในแนวเดียวกันนั้นคือ ขั้นตอนการชั่งน้ำหนักและตวงตัวอย่างน้ำยางนั้นตำแหน่งจะอยู่ไปทางด้านซ้ายของแผนผังทำให้เจ้าหน้าที่ต้องเคลื่อนย้ายถังอลูมิเนียมไปทางซ้ายเพื่อชั่งน้ำหนักตวงตัวอย่างน้ำยางและต้องเคลื่อนย้ายถังอลูมิเนียมกลับมาทางขวาเพื่อเทน้ำยางลงสู่บ่อพักน้ำยางซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่ไม่เป็นในแนวเดียวกันทำให้เกิดการเสียเวลาและระยะการเดินทางโดยไม่จำเป็น ควรจัดให้ขั้นตอนการชั่งน้ำหนักและตวงตัวอย่างน้ำยางนี้เป็นในแนวเดียวเพื่อลดระยะทางการเคลื่อนที่ และตารางที่ 4.3 ได้แสดงเวลาที่ใช้ในแต่ละ

ขั้นตอนการทำงานรวมถึงระยะทางที่เคลื่อนที่ น้ำหนักที่ต้องยกหรือเคลื่อนย้าย รวมทั้งประเภทของกระบวนการทำงานของแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 4.3 กระบวนการทำงานพื้นที่รับซื้อน้ำยางก่อนการปรับปรุง

ที่	ขั้นตอน	สัญลักษณ์					น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)
		○	⇨	⊐	□	▽			
1	เคลื่อนถังน้ำยางมายังจุดกรอง		⇨				36	5	10
2	กรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียม	○					36		60
3	เคลื่อนถังอลูมิเนียมไปยังตาชั่ง		⇨				36	3	5
4	ชั่งน้ำหนักและตวงตัวอย่าง				□				30
5	เคลื่อนถังอลูมิเนียมไปยังบ่อพัก		⇨				36	2	5
6	เทน้ำยางลงบ่อพัก	○					36		10
	รวม	2	3		1			10	120

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าขั้นตอนกรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียมใช้เวลามากกว่าในขั้นตอนอื่น เนื่องจากช่องกรองมีขนาดที่แคบเกินไปทำให้ต้องใช้เวลารอนานกว่าน้ำยางจะไหลผ่านได้หมด และขั้นตอนชั่งน้ำหนักและตวงตัวอย่างน้ำยางก็ใช้เวลาค่อนข้างมากกว่าขั้นตอนอื่นๆเช่นกันเนื่องจากว่าตาชั่งมีความยุ่งยากในการอ่านค่าเพราะต้องลองผิดลองถูกของการถ่วงลูกเหล็กเพื่ออ่านค่าทำให้เกิดความล่าช้าเสียเวลา และค่าที่ได้อาจไม่มีความแม่นยำพอ การอ่านค่าที่ยุ่งยากนี้ซึ่งสมาชิกบางคนใช้ตาชั่งไม่เป็น จะเห็นว่ามีขั้นตอนการเคลื่อนย้ายถึง 3 ครั้ง ซึ่งเป็นการเคลื่อนย้ายโดยแรงงานคนที่ยกน้ำหนัก 36 กิโลกรัม รวมเป็นระยะทาง 10 เมตร แต่ในทุกครั้งที่เริ่มมีการเคลื่อนย้ายนั้นมีการยกดึงการกระชากของกล้ามเนื้อในตอนเริ่มยกและเกิดการก้มโค้งงอลำตัวในขั้นตอนการเทและการยก

การวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H และใช้หลักการ ECRS มาช่วยในการหาแนวทางแก้ไข ในขั้นตอนเคลื่อนถังน้ำยางมายังจุดกรองนั้นพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้คือสมาชิกต้องขนถังน้ำยางจากจุดจอดรถมายังจุดกรองและเมื่อใช้หลักการ ECRS มาช่วยใน

การหาแนวทางแก้ไขพบว่าควรมีการเปลี่ยนจุดจอดรถให้ใกล้กว่าเดิมเพื่อลดระยะทางในการเคลื่อนย้ายถังแกนลอนน้ำยางดังแสดงในตารางที่ 4.4

ขั้นตอนกรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียมการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H นั้นพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้คือ 1. ช่องกรองมีขนาดที่แคบเกินไปทำให้ต้องใช้เวลารอนานกว่าน้ำยางจะไหลผ่านได้หมด 2. การวางถังแกลลอนเปล่าทิ้งไว้อย่างไม่เป็นระเบียบเกะกะทางเดินและเปลืองเนื้อที่ทำงาน 3. มีการยกซึ่งต้านกับแรงโน้มถ่วง เปลืองพลังงาน 4. ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมจากการก้ม การยก การเท และเมื่อใช้หลักการ ECRS มาหาแนวทางแก้ไขพบว่าควรมีการปรับเปลี่ยนดังนี้ 1. รวมขั้นตอนนี้หรือโยกย้ายให้เข้ากับขั้นตอนอื่น 2. ปรับเปลี่ยนที่กรองใหม่ให้มีช่องการกรองที่กว้างขึ้นและมีช่องกรองมากขึ้นเพื่อช่วยให้การกรองเร็วขึ้น(ขนาดรูกรองยังคงเท่าเดิม) 3. พยายามหาทางให้น้ำยางไหลผ่านที่กรองโดยไม่ต้องยกถังโดยต้านแรงโน้มถ่วง ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ขั้นตอนเคลื่อนถังอลูมิเนียมไปยังตาชั่งการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H นั้นพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้คือต้องใช้คนช่วยกันยกถึง 2 คนและออกแรงยกต้านแรงโน้มถ่วงมากในการขนย้ายและเมื่อใช้หลักการ ECRS มาช่วยในการหาแนวทางแก้ไขพบว่าควรสร้างอุปกรณ์ช่วยผ่อนแรงในการขนย้ายถังดังแสดงในตารางที่ 4.6

ขั้นตอนชั่งน้ำหนักและตวงตัวอย่างการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H นั้นพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้คือตาชั่งไม่เหมาะสมกับงานความสะดวก รวดเร็ว ความถูกต้องของการอ่านค่า เสียเวลาปรับลูกตุ้มและเมื่อใช้หลักการ ECRS มาช่วยในการหาแนวทางแก้ไขพบว่าควรเปลี่ยนตาชั่งเป็นแบบที่อ่านค่าได้รวดเร็วและแม่นยำกว่าเดิมดังแสดงในตารางที่ 4.7

ขั้นตอนเคลื่อนถังอลูมิเนียมไปยังบ่อพักการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H นั้นพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้คือต้องใช้คนช่วยกันยกถึง 2 คนและออกแรงยกต้านแรงโน้มถ่วงมากในการขนย้ายและเมื่อใช้หลักการ ECRS มาช่วยในการหาแนวทางแก้ไขพบว่าควรสร้างอุปกรณ์ช่วยผ่อนแรงในการขนย้ายถังดังแสดงในตารางที่ 4.8

ขั้นตอนเทน้ำยางลงบ่อพักการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H นั้นพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้คือต้องใช้คนช่วยกันยกถึง 2 คนและออกแรงยกต้านแรงโน้มถ่วงมากในการเทและเมื่อใช้หลักการ ECRS มาช่วยในการหาแนวทางแก้ไขพบว่าควรสร้างอุปกรณ์ช่วยผ่อนแรงในการขนย้ายถังดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ขั้นตอนเคลื่อนถังน้ำยางมายังจุดกรอง

หัวข้อ	5W 1H	คำตอบ	ปัญหาที่เกิดขึ้น	แนวทางแก้ไข
วัตถุประสงค์	(what) ทำอะไร	เคลื่อนย้ายถังแกลลอนน้ำยางมายังจุดกรอง	สมาชิกต้องขนถังน้ำยางจากจุดจอดรถมายังจุดกรอง	เปลี่ยนจุดจอดรถให้ใกล้กว่าเดิมเพื่อลดระยะทางในการเคลื่อนย้ายถังแกลลอนน้ำยาง (elimination and rearrangement)
	(why) ทำไมต้องทำ	เพื่อที่จะนำถังน้ำยางมายังจุดกรองซึ่งจะกรองเศษขยะ		
สถานที่	(where) สถานที่	บริเวณลานจอดรถถึงจุดกรอง		
	(why) ทำไมต้องทำที่นั่น	เพราะเป็นบริเวณที่จอดรถของสมาชิกสหกรณ์ที่นำน้ำยางมา		
ลำดับ	(when) ทำเมื่อไร	เมื่อรถของสมาชิกสหกรณ์จอดสนิทแล้ว		
	(why) ทำไมถึงทำเมื่อนั้น	ปลอดภัยและสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายถังแกนลอนน้ำยาง		
วิธีการ	(who) ใคร	สมาชิกสหกรณ์และเจ้าพนักงานประจำที่ช่วยเคลื่อนย้าย		
	(why) ทำไม	เพราะโดยส่วนมากแล้วจะขนมาครั้งละ 2-3 ถัง คือใส่กระเป๋าที่คร่อมรถจักรยานยนต์มา 2 ข้างให้เกิดความสมดุลการในการบรรทุก		
	(how) ทำอย่างไร	สมาชิกสหกรณ์และเจ้าพนักงานประจำช่วยกันขนลำเลียง		
	(why) ทำไม	ไม่มีอุปกรณ์ช่วยเคลื่อนย้าย		

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ขั้นตอนกรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียม

หัวข้อ	5W 1H	คำตอบ	ปัญหาที่เกิดขึ้น	แนวทางแก้ไข
วัตถุประสงค์	(what) ทำอะไร	กรองน้ำยางผ่านที่กรองลงสู่ถังอลูมิเนียม	1.ช่องกรองมีขนาดที่แคบเกินไปทำให้ต้องใช้เวลารอนานกว่าน้ำยางจะไหลผ่านได้หมด 2. การวางถังแกนนลอนเปล่าทิ้งไว้อย่างไม่เป็นระเบียบเกะกะทางเดินและเปลืองเนื้อที่ทำงาน 3. มีการยกซึ่งต้านกับแรงโน้มถ่วง เปลืองพลังงาน 4.ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมจากการก้ม ยก เท	1.รวมขั้นตอนนี้หรือโยกย้ายให้เข้ากับขั้นตอนอื่น (combination and rearrangement) ซึ่งจะลดปัญหาการวางถังอย่างเกะกะ (elimination) 2.ปรับเปลี่ยนที่กรองใหม่ให้มีช่องการกรองที่กว้างขึ้นและมีช่องกรองมากขึ้นโดยขนาดรูกรองยังคงเท่าเดิมเพื่อช่วยให้การกรองเร็วขึ้น (rearrangement) 3. พยายามหาวิธีให้น้ำยางไหลผ่านที่กรองโดยไม่ต้องยกถังโดยต้านแรงโน้มถ่วง (elimination, rearrangement and combination)
	(why) ทำไมต้องทำ	เพื่อกรองเอาเศษขยะใบไม้ออกจากน้ำยาง		
สถานที่	(where) สถานที่	จุดกรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียม		
	(why) ทำไมต้องทำที่นั่น	มีพื้นที่ว่างพอให้ทำการกรองและเป็นจุดต่อระหว่างใกล้การชั่งน้ำหนัก		
ลำดับ	(when) ทำเมื่อไร	เมื่อถังแกนลอนน้ำยางถูกเคลื่อนย้ายมาจุดกรองน้ำยาง		
	(why) ทำไมถึงทำเมื่อนั้น	เพื่อเทแกนลอนน้ำยางรองผ่านที่กรองสู่ถังอลูมิเนียม		
วิธีการ	(who) ใคร	สมาชิกสหกรณ์และเจ้าพนักงานประจำที่คอยช่วยเหลือที่ตำแหน่งนั้น		
	(why) ทำไม	ทราบถึงลำดับขั้นตอนกระบวนการทำงานและมีความคุ้นเคย		
	(how) ทำอย่างไร	ยกถังแกนลอนน้ำยางเทผ่านที่กรองลงสู่ถังอลูมิเนียมรองรับแล้วนำไปวางไว้บนรถเข็นเพื่อลำเลียงไปยังสถานีงานแช่ถุงนิ้วยาง		
	(why) ทำไม	ไม่มีอุปกรณ์ช่วยยกและช่วยเท		

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ขั้นตอนเคลื่อนถังอลูมิเนียมไปยังตาชั่ง

หัวข้อ	5W 1H	คำตอบ	ปัญหาที่เกิดขึ้น	แนวทางแก้ไข
วัตถุประสงค์	(what) ทำอะไร	เคลื่อนย้ายถังอลูมิเนียมที่บรรจุน้ำยางที่ผ่านการกรองแล้วไปวางบนตาชั่ง	ต้องใช้คนช่วยกันยกถึง 2 คนและออกแรงยกต้านแรงโน้มถ่วงมากในการขนย้าย	สร้างอุปกรณ์ช่วยผ่อนแรงในการขนย้ายถัง (elimination)
	(why) ทำไมต้องทำ	เพื่อที่จะนำถังอลูมิเนียมที่บรรจุน้ำยางที่ผ่านการกรองแล้วไปชั่งน้ำหนักและตวงเปอร์เซ็นต์น้ำยาง		
สถานที่	(where) สถานที่	จุดวางตาชั่งน้ำหนัก		
	(why) ทำไมต้องทำที่นั่น	มีตาชั่งวางอยู่ซึ่งไม่เกะกะทางเดิน		
ลำดับ	(when) ทำเมื่อไร	หลังจากน้ำยางผ่านการกรองลงสู่ถังอลูมิเนียมแล้ว		
	(why) ทำไมถึงทำเมื่อนั้น	ง่ายต่อการชั่งและการวัดเปอร์เซ็นต์น้ำยาง		
วิธีการ	(who) ใคร	สมาชิกสหกรณ์และเจ้าพนักงานประจำที่คอยช่วยเหลือที่ตำแหน่งนั้น		
	(why) ทำไม	ลักษณะรูปร่างและน้ำหนักของถังต้องใช้คน 2 คนในการเคลื่อนย้าย		
	(how) ทำอย่างไร	โดยสมาชิกสหกรณ์และเจ้าพนักงานประจำช่วยกันถือที่จับคนละข้างของถัง แล้วเคลื่อนย้ายไปยังตาชั่ง		
	(why) ทำไม	ไม่มีอุปกรณ์ที่ช่วยผ่อนแรงในการเคลื่อนย้าย		

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ขั้นตอนชั่งน้ำหนักและตวงตัวอย่าง

หัวข้อ	5W 1H	คำตอบ	ปัญหาที่เกิดขึ้น	แนวทางแก้ไข
วัตถุประสงค์	(what) ทำอะไร	ชั่งน้ำหนักจดบันทึกและตวงน้ำยาง 10 ml เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์	ตาชั่งไม่เหมาะสมกับงาน ความสะดวก รวดเร็ว ความถูกต้องของการอ่านค่า เสียเวลาปรับลูกตุ้ม	เปลี่ยนตาชั่งแบบใหม่ที่อ่านค่าได้ง่ายสะดวกรวดเร็วและแม่นยำกว่าเดิม จัดวางตาชั่งให้มีลำดับการทำงานง่ายต่อขั้นตอนการทำงาน (simplification, rearrangement and elimination)
	(why) ทำไมต้องทำ	เป็นการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำยางมาและเปอร์เซ็นต์ของน้ำยาง		
สถานที่	(where) สถานที่	จุดชั่งน้ำหนักที่ตาชั่ง		
	(why) ทำไมต้องทำที่นั่น	เพราะเป็นจุดที่มีตาชั่งสำหรับชั่งวางอยู่ที่นั้น		
ลำดับ	(when) ทำเมื่อไร	ก่อนเทสู่บ่อพักน้ำยาง		
	(why) ทำไมถึงทำเมื่อนั้น	เพราะเมื่อเทสู่บ่อพักแล้วจะไม่สามารถนำกลับมาชั่งหรือรู้ว่าแต่ละคนนำน้ำยางมาเท่าไหร่		
วิธีการ	(who) ใคร	เจ้าหน้าที่ประจำ		
	(why) ทำไม	เพราะจะเป็นคนที่ดูแลเรื่องนี้และได้รับความไว้วางใจจากสมาชิกให้จัดการในเรื่องนี้		
	(how) ทำอย่างไร	หาน้ำหนักโดยปรับระยะลูกตุ้มที่สมดุลตวงน้ำยางมา 10		
	(why) ทำไม	เพราะว่าเป็นตาชั่งลูกตุ้ม		

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ขั้นตอนเคลื่อนถังอลูมิเนียมไปยังบ่อพัก

หัวข้อ	5W 1H	คำตอบ	ปัญหาที่เกิดขึ้น	แนวทางแก้ไข
วัตถุประสงค์	(what) ทำอะไร	ขนย้ายถังอลูมิเนียมไปยังบ่อพักน้ำยาง	ต้องใช้คนช่วยกันยกถึง 2 คนและออกแรงยกต้านแรงโน้มถ่วงมากในการขนย้าย	สร้างอุปกรณ์ช่วยผ่อนแรงในการขนย้ายถัง (elimination)
	(why) ทำไมต้องทำ	เพื่อนำถังอลูมิเนียมไปยังบ่อพักน้ำยาง		
สถานที่	(where) สถานที่	ระหว่างตาชั่งน้ำหนักกับบ่อพักน้ำยาง		
	(why) ทำไมต้องทำที่นั่น	เพราะมีบ่อพักน้ำยางอยู่ที่นั้น		
ลำดับ	(when) ทำเมื่อไร	หลังเสร็จจากการชั่งน้ำหนัก จดบันทึกและตวงเปอร์เซ็นต์น้ำยาง		
	(why) ทำไมถึงทำเมื่อนั้น	เพราะต้องรอให้ขั้นตอนนี้เสร็จสิ้นก่อนที่จะขนย้ายมาเทรวมน้ำยางที่บ่อพัก		
วิธีการ	(who) ใคร	เจ้าหน้าที่ประจำและสมาชิกเจ้าของน้ำยาง		
	(why) ทำไม	เพราะต้องใช้ 2 คนในการขนย้ายถังอลูมิเนียม		
	(how) ทำอย่างไร	ใช้คน 2 คนช่วยกันจับหูหิ้วของถังในการขนย้ายถังอลูมิเนียม		
	(why) ทำไม	ไม่มีอุปกรณ์ช่วยในการขนย้ายลำเลียง		

ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ขั้นตอนเทน้ำยางลงบ่อพัก

หัวข้อ	5W 1H	คำตอบ	ปัญหาที่เกิดขึ้น	แนวทางแก้ไข
วัตถุประสงค์	(what) ทำอะไร	เทน้ำยางจากถังอลูมิเนียมสู่บ่อพักน้ำยาง	ต้องใช้คนช่วยกันยกถึง 2 คนและออกแรงยกต้านแรงโน้มถ่วงมากในการเทน้ำยาง	สร้างอุปกรณ์ช่วยผ่อนแรงในการเทถังน้ำยาง (elimination)
	(why) ทำไมต้องทำ	เพื่อเก็บรวบรวมน้ำยางที่บ่อพักเพื่อนำไปทำยางแผ่น		
สถานที่	(where) สถานที่	บ่อพักน้ำยาง		
	(why) ทำไมต้องทำที่นั่น	เพราะบ่อพักน้ำยางเป็นจุดเก็บรวมน้ำยางก่อนปล่อยน้ำยางสู่บ่อทำยางแผ่น		
ลำดับ	(when) ทำเมื่อไร	หลังจากขนย้ายถังอลูมิเนียมจากตาซั่ง		
	(why) ทำไมถึงทำเมื่อนั้น	เพราะว่าเสร็จสิ้นกระบวนการเก็บข้อมูลทางน้ำยางของแต่ละคนแล้วสามารถนำมาเทรวมกันได้แล้ว		
วิธีการ	(who) ใคร	พนักงานประจำและสมาชิกเจ้าของน้ำยาง		
	(why) ทำไม	เพราะต้องใช้คน 2 คนในการช่วยกันเทน้ำยางลงสู่บ่อพัก		
	(how) ทำอย่างไร	ใช้คน 2 คนจับสองข้างของถังช่วยกันเทน้ำยางลงสู่บ่อพัก		
	(why) ทำไม	ไม่มีอุปกรณ์ช่วยในการเท		

สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานีงานรับซื้อน้ำยาง

1) ช่องกรองมีขนาดที่แคบเกินไปทำให้ต้องใช้เวลารอนานกว่าน้ำยางจะไหลผ่านได้หมด

2) การวางถังน้ำยางเปล่าทิ้งไว้อย่างไม่เป็นระเบียบเกะกะทางเดินและเปลืองเนื้อที่ทำงาน

3) มีการยกซึ่งใช้แรงกายของคนต้านแรงโน้มถ่วง

4) ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมจากการก้ม ยก เท

5) ต้องใช้คนช่วยกันยกถึง 2 คนและออกแรงยกต้านแรงโน้มถ่วงในการเทน้ำยาง

6) ตาชั่งไม่เหมาะสมกับงานทั้งในด้านความสะดวก รวดเร็ว ความถูกต้องของการอ่านค่าเสียเวลาและยุ่งยากในการปรับลูกตุ้ม

7) น้ำหนักของน้ำยางที่เจ้าหน้าที่และสมาชิกสหกรณ์ช่วยกันเคลื่อนย้ายมีน้ำหนักมาก

การนำเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H แนวทางแก้ไข ECRS และหลักการทางการยศาสตร์ทำให้ได้แนวทางในการปรับปรุงดังนี้

1) เปลี่ยนที่กรองให้มีช่องกรองที่กว้างและมีจำนวนหลายช่องกรอง

2) สร้างอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้ายช่วยรับน้ำหนักและปรับท่าทางการทำงานในการเท

3) เปลี่ยนตาชั่งให้เหมาะสมกับการทำงาน อ่านค่าได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว แม่นยำในการชั่ง มีความสามารถรับน้ำหนักได้เหมาะสมกับน้ำหนักของถังน้ำยาง

4) ปรับเปลี่ยนพื้นที่ว่างให้สามารถใช้ได้ในการจอดรถเพื่อให้ใกล้กว่าเดิม

5) ย้ายจุดกรองมาที่บ่อทำยางแผ่นซึ่งจะอยู่ล่างบ่อพักน้ำยาง เพื่อให้น้ำยางจากบ่อพักน้ำยางซึ่งอยู่ที่สูงไหลมาตามท่อส่งผ่านที่กรองได้ตามแรงโน้มถ่วง โดยไม่ต้องสูญเสียแรงในการยก หรือเคลื่อนย้ายในการกรอง

4.4 ผลการประเมินการทำงานสถานีงานรับซื้อน้ำยางก่อนการปรับปรุง

4.4.1 ผลค่าคะแนนท่าทางการทำงาน

การประเมินท่าทางการทำงานจากการใช้กล้องวิดีโอบันทึกภาพท่าทางการทำงาน แล้วนำมาเปิดย้อนดูเพื่อทำการวิเคราะห์โดยให้ผู้ช่วยวิจัยทำการประเมินเพื่อให้ค่าที่ได้ออกมาเป็นกลาง และใช้โปรแกรม silicon coach ช่วยในการวัดท่าทางก้ม งอ มุมโค้ง ต่างๆเพื่อให้ค่าที่ได้มีความแม่นยำถูกต้องยิ่งขึ้น และใช้แบบฟอร์มดังภาพที่ 3.6 มาประเมินท่าทางการทำงานอย่างละเอียดในทุกขั้นตอนการทำงานเพื่อหาว่าในขั้นตอนไหนที่เป็นปัญหาที่ทำให้ค่าคะแนน RULA สูง โดยให้เจ้าหน้าที่แต่ละคนปฏิบัติงานโดยท่าทางที่เป็นธรรมชาติตามปกติใน 30 นาที ตามท่าทางที่เจ้าหน้าที่ใช้ทำงานอยู่เป็นปกติและมักจะทำท่าทางนั้นบ่อยที่สุดของแต่ละคน ซึ่งก็คือค่าฐานนิยมของท่าทางการทำงาน

ของเจ้าหน้าที่นั้นเอง ผลการประเมินค่าคะแนนท่าทางการทำงานในทุกขั้นตอนการทำงานที่จุดรับซื้อน้ำยาง ก่อนการปรับปรุงสถานีงานของเจ้าหน้าที่ประจำทั้ง 5 คน แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลคะแนนท่าทางการทำงานสถานีรับซื้อน้ำยาง

ที่	ขั้นตอน	ค่าคะแนน RULA						
		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
1	เคลื่อนถังน้ำยางมายังจุดกรอง	7	6	6	7	6	6.4	0.55
2	กรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียม	7	7	7	7	7	7	0
3	เคลื่อนถังอลูมิเนียมไปยังตาชั่ง	7	6	6	7	6	6.4	0.55
4	ชั่งน้ำหนักและตวงตัวอย่าง	3	3	3	3	3	3	0
5	เคลื่อนถังอลูมิเนียมไปยังบ่อพัก	7	6	6	7	6	6.4	0.55
6	เทน้ำยางลงบ่อพัก	7	7	7	7	7	7	0
Mean		6.33	5.83	5.83	6.33	5.83		
S.D.		1.63	1.47	1.47	1.63	1.47		

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นว่าขั้นตอนกรองน้ำยางลงสู่ถังอลูมิเนียมและเทน้ำยางจากถังอลูมิเนียมสู่บ่อพักน้ำยางนั้นเป็นปัญหาที่ทำให้ค่าคะแนน RULA สูงที่สุดคือมีค่าคะแนน 7 จึงควรให้ความสนใจในการปรับปรุง และแก้ไขที่ขั้นตอนกรองน้ำยางลงสู่ถังอลูมิเนียมและเทน้ำยางจากถังอลูมิเนียมสู่บ่อพักน้ำยางเป็นพิเศษ จึงนำค่าจากตารางที่ประเมินโดยแบบประเมิน RULA อย่างละเอียดมาวิเคราะห์ เพื่อหาดูว่าปัญหาในขั้นตอนนี้มีสาเหตุจากอะไร ท่าทางการทำงานไหนที่เป็นปัญหาซึ่งตารางที่ 4.11 แสดงค่าประเมิน RULA ของแต่ละส่วนของร่างกายในขั้นตอนกรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียม

ตารางที่ 4.11 คะแนนท่าทางในขั้นตอนกรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียม

ส่วนของร่างกาย		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
แขนส่วนบน	ซ้าย	3	3	3	3	3	3	0
	ขวา	3	3	3	3	3	3	0
แขนส่วนล่าง	ซ้าย	3	3	3	3	3	3	0
	ขวา	3	3	3	3	3	3	0
ข้อมือ	ซ้าย	3	3	3	3	3	3	0
	ขวา	3	3	3	3	3	3	0
การหมุนข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางแขน ข้อมือ		4	4	4	4	4	4	0
คอ		3	2	2	3	2	2.4	0.55
ลำตัว		4	3	3	4	3	3.4	0.55
ขา		2	2	2	2	2	2	0
ค่าตารางคอ ลำตัว ขา		6	5	5	6	5	5.4	0.55
ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ		0	0	0	0	0	0	0
น้ำหนัก		3	3	3	3	3	3	0
คะแนนรวม แขน ข้อมือ		7	7	7	7	7	7	0
คะแนนรวม คอ ลำตัว ขา		9	8	8	9	8	8.4	0.55
คะแนนสรุป		7	7	7	7	7	7	0

จากตาราง 4.11 จะเห็นว่าค่าคะแนนรวมของคอ ลำตัว และขามีค่าคะแนนที่มากคือมีค่าเฉลี่ย 8.4 มาจากค่าน้ำหนักที่ต้องยก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3 เนื่องจากต้องยกถังน้ำยางที่มีน้ำหนักมาก และจากค่าตารางคอ ลำตัว ขามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.4 มาจากค่าคะแนนลำตัว 3.4 และคะแนนส่วนคอ 2.4 เนื่องจากการที่ต้องก้มลงไปยกถังแกนลอนน้ำยางขึ้นมาเทสู่ คะแนนส่วนขา 2 คะแนนจากการที่น้ำหนักตกลงบนขาสองข้างที่ไม่สมดุลในตอนที่ยกถังและตอนเทไม่เท่ากัน เมื่อมาดูค่าคะแนนรวมแขน ข้อมือ มีค่าเท่ากับ 7 ซึ่งค่าคะแนนนี้มาจากค่าคะแนนน้ำหนักที่ต้องยก 3 คะแนนตารางแขน ข้อมือ 4 คะแนนมาจากคะแนนแขนส่วนบนและล่างอย่างละ 3 สิ่งที่ทำให้ค่าคะแนนในตารางแขน ข้อมือ มีค่าสูงนั้นสาเหตุมาจากการเทถังแกนลอนน้ำยางที่มีน้ำหนักมากนั้นทำให้เกิดท่าทางการที่ไม่เหมาะสมของแขน และที่จับที่ไม่สามารถหมุนตามการเคลื่อนของมือได้ จึงเกิดการบิดงอข้อมือขณะเทน้ำยาง ระดับการทำงานที่ไม่เหมาะสมจึงเกิดการก้ม การถ่ายน้ำหนักลงบนขาทั้งสอง

ที่ไม่เท่ากัน สิ่งที่เป็นปัญหาจึงเป็นน้ำหนักที่ต้องยก การปรับระดับการทำงานให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมไม่เกิดก้มตัวลง การแก้ไขปัญหานี้อาจต้องสร้างอุปกรณ์ที่สามารถช่วยในการรับน้ำหนัก และสามารถช่วยปรับท่าทางการทำงานในการเทน้ำยางเพื่อทำให้เกิดท่าทางที่เหมาะสม

ขั้นตอนเทน้ำยางจากถังอลูมิเนียมสู่บ่อพักน้ำยางนั้นก็เป็นอีกหนึ่งปัญหาที่ทำให้ค่าคะแนน RULA สูงคือมีค่าคะแนน 7 เมื่อนำค่าจากตารางที่ประเมินโดยแบบประเมิน RULA อย่างละเอียดมาวิเคราะห์เพื่อหาดูว่าปัญหาในขั้นตอนนี้มีสาเหตุจากอะไรในตารางที่ 4.12 แสดงค่าประเมิน RULA ของแต่ละส่วนของร่างกายในขั้นตอนกรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียม สามารถหาได้ว่าค่าที่สูงนั้นมาจากส่วนไหนของร่างกาย ท่าทางการทำงานไหนที่เป็นปัญหา

ตารางที่ 4.12 คะแนนท่าทางในขั้นตอนเทน้ำยางลงสู่บ่อพัก

ส่วนของร่างกาย		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
แขนส่วนบน	ซ้าย	4	2	2	2	2	2.4	0.89
	ขวา	2	4	4	4	4	3.6	0.89
แขนส่วนล่าง	ซ้าย	3	2	2	2	2	2.2	0.45
	ขวา	2	3	3	3	3	2.8	0.45
ข้อมือ	ซ้าย	3	1	1	1	1	1.4	0.89
	ขวา	1	3	3	3	3	2.6	0.89
การหมุนข้อมือ	ซ้าย	2	1	1	1	1	1.2	0.45
	ขวา	1	2	2	2	2	1.8	0.45
ค่าตาราง แขน ข้อมือ		5	5	5	5	5	5	0
คอ		4	3	3	3	3	3.2	0.45
ลำตัว		4	3	3	4	3	3.4	0.55
ขา		2	2	2	2	2	2	0
ค่าตาราง คอ ลำตัว ขา		7	5	5	6	5	5.6	0.89
ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ		0	0	0	0	0	0	0
น้ำหนัก		3	3	3	3	3	3	0
คะแนนรวม แขน ข้อมือ		8	8	8	8	8	8	0
คะแนนรวม คอ ลำตัว ขา		10	8	8	9	8	8.6	0.89
คะแนนสรุป		7	7	7	7	7	7	0

จากตาราง 4.12 ขั้นตอนเทน้ำยางลงสู่บ่อพักจะเห็นว่าค่าคะแนนรวมของคอ ลำตัว และขามีค่าคะแนนที่มากคือมีค่า 8.6 ซึ่งค่าคะแนนนี้มาจากค่าน้ำหนักที่ต้องยก ซึ่งมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3 เนื่องจากน้ำหนักที่ยกนั้นมีปริมาณมาก 36 กิโลกรัมโดยเฉลี่ย และจากค่าตารางคอ ลำตัว ขามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.6 ค่าตารางคอ ลำตัว ขานี้มาจากการประเมินในส่วนค่าคะแนนลำตัว 3.4 ค่าคะแนนส่วนคอ 3.2 เกิดจากการโน้มตัวก้มลงไปเท และค่าคะแนนส่วนขา 2 จากการยืนที่ไม่สมดุลการถ่ายน้ำหนักที่ไม่เท่ากันของขาทั้งสองข้าง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนเทน้ำยางลงสู่บ่อพักมีปัญหาในส่วนของลำตัว คอ และขา ซึ่งทำให้เกิดค่าคะแนนที่สูง เมื่อรวมกับน้ำหนักที่ต้องยกในปริมาณมากทำให้ค่าคะแนนที่ได้ออกมามีค่าที่สูง สิ่งที่ต้องแก้ไขจึงอาจเป็นเรื่องของน้ำหนักที่ต้องยกเพราะมีค่าคะแนนที่สูง การปรับท่าทางการทำงานให้เกิดความสมดุลเป็นไปตามสรีระร่างกายของมนุษย์มากขึ้น ขั้นตอนการเทนั้นทำให้เกิดการถ่ายน้ำหนักที่เกิดกับขาทั้งสองข้างไม่เท่ากัน และเมื่อมาดูค่าคะแนนรวมแขน ข้อมือ มีค่าเท่ากับ 8 ซึ่งค่าคะแนนนี้มาจากค่าคะแนนน้ำหนักที่ต้องยก 3 และจากค่าคะแนนตารางแขน ข้อมือ 5 ซึ่งมาจากคะแนนแขนส่วนบน 3.6 เกิดการการที่ต้องยืดแขนออกไปขณะที่เทน้ำยางลงบ่อพัก แขนส่วนล่าง 2.8 ข้อมือ1.8 ที่ทำให้ค่าคะแนนในตารางแขน ข้อมือ มีค่าสูง การที่ค่าคะแนนแขนมีค่าสูงนั้นสาเหตุมาจากการเทถังอลูมิเนียมที่มีน้ำหนักมาก ทำให้เกิดท่าทางการที่ไม่เหมาะสมของแขน ลำตัว สมดุลในการรับน้ำหนักของร่างกาย หากจะแก้ไขปัญหานี้อาจต้องสร้างอุปกรณ์ที่สามารถช่วยในการรับน้ำหนักแทนร่างกายมนุษย์ และช่วยในการเททำให้เกิดท่าทางที่ใช้ในการเทน้ำยางได้เหมาะสม

ค่าคะแนนของเจ้าหน้าที่คนที่ 1 ค่าคะแนนแขนข้อมือทางซ้ายจะมีค่าคะแนนที่มากกว่าทางขวา เนื่องจากเจ้าหน้าที่คนที่ 1 ถนัดซ้าย และมักจะยกถังอลูมิเนียมทางด้านซ้ายมือมากว่าที่จะยกแบบสลับกัน ซึ่งลักษณะการทำงานที่เป็นปกติตามธรรมชาตินี้ก็จะมีผลต่อค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อในตอนที่วัดค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อเช่นกัน และค่าคะแนนลำตัวที่มากมีสาเหตุจากการที่เจ้าหน้าที่คนที่ 1 เป็นคนที่มีความสูงมากกว่าคนอื่น จึงทำให้เกิดการก้มลำตัวและคอมากกว่าคนอื่นขณะที่เทน้ำยาง จึงทำให้ค่าคะแนนที่ได้มีค่าที่สูงกว่าคนอื่นๆ สรุปปัญหาที่ควรนำไปใช้ในการคิดหาวิธีแก้ปัญหา

1) น้ำหนักที่เป็นภาระแก่พนักงานมีมากเกินไป ซึ่งจะส่งผลเสียต่อกระดูกและกล้ามเนื้อและเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ หากยังทำงานในภาวะแบบนี้ไปเรื่อยๆจะเกิดการบาดเจ็บสะสม และอาจเกิดโรคทางกระดูกและกล้ามเนื้อได้

2) ท่าทางในการเทถังแกนลอนและถังอลูมิเนียมมีท่าทางที่เสี่ยงต่อการบาดเจ็บควรออกแบบให้มีอุปกรณ์ที่ช่วยในการเทเพื่อปรับระดับการทำงาน และปรับท่าทางการทำงานให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

3) ในการเคลื่อนย้ายถังน้ำยาง เจ้าหน้าที่ต้องออกแรงเคลื่อนย้ายและร่างกายต้องรับน้ำหนักมาก การที่ต้องรับน้ำหนักข้างใดข้างหนึ่งอยู่ข้างเดียวซึ่งเกิดขึ้นในตอนที่เคลื่อนย้ายนั้นทำให้เสียสมดุลและมีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ จึงควรสร้างอุปกรณ์ที่ช่วยในการเคลื่อนย้ายถังน้ำยางแทนที่จะให้แรงกายมนุษย์ยกย้ายและแบกรับน้ำหนัก

4.4.2 ผลค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลัง

การนำค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) มาเป็นตัวบ่งชี้ภาระของกล้ามเนื้อหลัง สำหรับงานวิจัยนี้ทำโดยการเปรียบเทียบค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังในขณะทำงาน (EMG) กับค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด (maximum voluntary electromyography: MVE) ของแต่ละคนตามหลักการทางชีวกลศาสตร์ ซึ่ง Sander and Mccormick [27] ได้ทำการวิจัยและสรุปว่ากำลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทำงานของเจ้าหน้าที่ประจำต้องไม่เกิน 35% ของกำลังกล้ามเนื้อหลังสูงสุด (MVE) ซึ่งหากเกินกว่า 35% ถือว่ามีความเสี่ยงอันตรายต่อการบาดเจ็บต่อหลัง โดยใช้วิธีการวัดค่ากระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังขณะทำการทดสอบกำลังสถิตของกล้ามเนื้อหลัง ก่อนการทดสอบต้องปรับความสูงของด้ามจับเครื่องวัดกำลังสถิตให้มีระยะห่างจากฐานเครื่องวัดกำลังสถิตในแนวตั้งประมาณ 17 นิ้ว หรือให้ความสูงของด้ามจับอยู่ในระดับที่ทำให้ผู้ถูกทดสอบยืนงอหลังทำมุม 90 องศากับแนวตั้ง หลังอยู่ในแนวขนานกับพื้นซึ่งผู้ถูกทดสอบจะต้องยืนขาเหยียดตรง เท้าทั้งสองข้างสัมผัสกับฐานของเครื่องวัดกำลังสถิตไม่ยืนเขย่งเท้า จากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบใช้หลังออกแรงในแนวตั้งยกด้ามจับเครื่องวัดกำลังสถิตขึ้น โดยที่ขาทั้งสองข้างยังคงเหยียดตรงอยู่

การวัดค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังในขณะทำงาน (EMG) ก่อนการปรับปรุงสถานีงานของเจ้าหน้าที่ประจำทั้ง 5 คน ทำงานตามปกติคนละ 10 รอบ ซึ่งค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะนำมาแปลงให้เป็นค่า RMS ซึ่งเป็นค่าที่เฉลี่ยต่อเวลาที่วัดได้ทั้งหมดและเป็นค่าที่นิยมใช้วัดในงานวิจัยที่ใช้ท่าทางในการยกเนื่องจากค่านี้เป็นค่าที่ใช้วัด amplitude โดยติด electrode ที่หลังส่วนบนทั้งด้านซ้ายและด้านขวา และหลังส่วนล่างทั้งด้านซ้ายและด้านขวา จากนั้นนำค่าที่วัดได้มาเปรียบเทียบกับค่าสัญญาณไฟฟ้าสูงสุด (MVE) ของแต่ละคนเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังก่อนปรับปรุง

กล้ามเนื้อ	เจ้าหน้าที่คนที่						
	1	2	3	4	5	mean	S.D.
Trapezius (left)							
MVE (μV)	98.01	95.98	93.72	93.19	90.98	93.37	2.69
EMG (μV)	51.94	35.05	41.07	34.45	33.16	39.13	7.77
(EMG / MVE) x 100(%)	52.04	36.51	43.82	36.96	36.44	41.15	6.83
Trapezius (right)							
MVE (μV)	93.00	102.81	94.49	103.67	99.75	98.74	4.81
EMG (μV)	34.42	44.78	46.66	49.40	51.71	45.39	6.67
(EMG / MVE) x 100(%)	37.01	43.55	49.38	47.65	51.83	45.88	5.80
Erector spinae (left)							
MVE (μV)	133.51	133.50	125.67	111.96	124.63	125.85	8.82
EMG (μV)	61.59	59.44	65.35	64.15	62.89	62.68	2.29
(EMG / MVE) x 100(%)	46.13	44.52	52.00	57.29	50.46	50.08	5.05
Erector spinae (right)							
MVE (μV)	127.93	144.33	132.25	120.80	138.02	132.66	9.05
EMG (μV)	62.39	57.30	59.78	59.11	63.16	60.34	2.40
(EMG / MVE) x 100(%)	48.76	39.70	45.20	48.93	45.76	45.67	3.74

จากตารางที่ 4.13 ค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด (MVE) จะเห็นว่าหลังส่วนล่างจะมีค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดมากกว่าหลังส่วนบน เนื่องจากขณะที่มีการก้มต้องยกลำตัวขึ้นเพื่อทรงตัวในท่าโน้มลำตัวไปข้างหน้า หรือด้านข้างนั้นกล้ามเนื้อหลังต้องใช้กำลังเป็นอย่างมาก และหลังส่วนล่างด้านขวามีค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดมากกว่าด้านซ้าย เนื่องจากเจ้าหน้าที่ส่วนใหญ่จะถนัดทางด้านขวามากกว่าด้านซ้าย กล้ามเนื้อทางด้านขวาจึงมีความแข็งแรงมากกว่าด้านซ้าย ทำให้ค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดด้านขวามีค่ามากกว่าด้านซ้าย ถ้าดูเป็นรายบุคคลจะมีเพียงเจ้าหน้าที่คนที่ 1 เท่านั้นที่มีค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด ด้านซ้ายมากกว่าด้านขวาทั้งในส่วนของกล้ามเนื้อหลังส่วนบน (trapezius) และกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (erector spinae) เนื่องจากเจ้าหน้าที่คนที่ 1 มีความถนัดด้านซ้ายมากกว่าด้านขวาจึงทำให้กล้ามเนื้อทางด้านซ้ายมีความแข็งแรงมากกว่า ทำให้ค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดทางด้านซ้ายมากกว่าด้านขวา ส่วนคนอื่นๆจะถนัดทางด้านขวามากกว่าจึงทำให้ค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดทางด้านขวามากกว่าด้านซ้าย

จากตารางที่ 4.13 ค่ากระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะทำงาน (EMG) ของหลังส่วนล่างมีค่ามากกว่าค่ากระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อของหลังส่วนบน ค่ากระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังส่วนล่างซ้ายและขวามีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่ากล้ามเนื้อหลังทั้งสองข้างใช้กำลังในการรับน้ำหนักใกล้เคียงกัน ค่ากระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังส่วนบนขวามีค่ามากกว่าซ้าย เนื่องจากเจ้าหน้าที่ส่วนใหญ่จะถนัดใช้แขนข้างขวามากกว่าข้างซ้าย มีเพียงเจ้าหน้าที่คนที่ 1 คนเดียวที่ถนัดใช้ข้างซ้ายมากกว่าข้างขวา แสดงให้เห็นว่าการทำงานของแขนในการยกสิ่งของนั้นส่งผลต่อการใช้กล้ามเนื้อหลังส่วนบน

จากตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยของค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อขณะทำงาน (EMG) ต่อค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด (MVE) คิดเป็นร้อยละแล้วมีค่าเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 35 ทั้งหลังส่วนบนซ้ายขวา และหลังส่วนล่างซ้ายขวา หลังส่วนล่างจะมีค่าเฉลี่ยมากกว่าหลังส่วนบน และหลังส่วนล่างซ้ายจะมีค่ามากสุด และแทบทุกตำแหน่งมีค่ามากกว่า ร้อยละ 35 เป็นสิ่งที่บ่งบอกว่าควรที่ปรับปรุงสถานีงานเพื่อลดค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อ (EMG) ขณะทำงานต่อค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด (MVE) ให้เหลือน้อยกว่าร้อยละ 35

4.5 ผลการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย

การออกแบบสถานีงานต้องออกแบบให้เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน งานวิจัยนี้ได้อ้างอิงขนาดสัดส่วนร่างกายจากการวัดขนาดสัดส่วนสมาชิกสหกรณ์ ซึ่งได้ทำการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายของสมาชิกสหกรณ์การยางจำนวน 100 คนเป็นจำนวน 36 รายการตามมาตรฐาน Pheasant [53] ซึ่งแบ่งเป็นชาย 56 คน หญิง 44 คน ค่าขนาดสัดส่วนร่างกายดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ค่าขนาดสัดส่วนร่างกาย

รายการวัดสัดส่วน (เซนติเมตร)		mean	S.D.	Percentile	
				5^{th}	95^{th}
1.ความสูง	ชาย	169.45	6.51	159.97	181.59
	หญิง	157.82	6.23	147.76	166.82
2.ความสูงระดับสายตา	ชาย	159.63	6.97	145.91	171.56
	หญิง	145.84	4.35	137.96	153.12
3.ความสูงระดับไหล่	ชาย	139.07	12.08	118.20	158.92
	หญิง	129.72	4.33	123.13	137.94
4.ความสูงระดับศอก	ชาย	107.42	7.08	94.97	121.53
	หญิง	98.47	3.99	91.70	105.41
5.ความสูงระดับสะโพก	ชาย	83.42	4.5	76.98	90.59
	หญิง	78.1	4.39	70.98	87.37
6.ความสูงระดับข้อนิ้ว	ชาย	71.82	6.18	62.31	81.26
	หญิง	68.12	2.54	63.59	72.40
7.ความสูงระดับปลายนิ้ว	ชาย	62.63	5.06	55.30	71.65
	หญิง	58.41	2.63	53.86	63.07
8.ความสูงนั่ง	ชาย	90.68	3.69	84.38	97.62
	หญิง	83.47	3.83	76.66	90.06
9.ความสูงระดับสายตา(นั่ง)	ชาย	77.44	2.94	73.20	82.35
	หญิง	73.91	3.13	67.95	79.13
10.ความสูงระดับไหล่(นั่ง)	ชาย	60.01	2.5	55.78	63.44
	หญิง	57.19	3.55	50.13	63.07
11.ความสูงระดับศอก(นั่ง)	ชาย	24.66	2.61	20.22	29.10
	หญิง	22.67	2.91	15.78	26.79

ตารางที่ 4.14 ค่าขนาดสัดส่วนร่างกาย (ต่อ)

รายการวัดสัดส่วน (เซนติเมตร)		mean	S.D.	Percentile	
				5^{th}	95^{th}
12.ความหนาต้นขา	ชาย	15.45	1.53	12.57	17.60
	หญิง	13.35	1.43	10.99	16.23
13.ความยาวบั้นท้ายถึงหัวเข่า	ชาย	57.12	2.49	52.67	60.96
	หญิง	55.33	2.06	52.27	58.56
14.ความยาวบั้นท้ายถึงข้อพับเข่า	ชาย	48.83	3.65	40.91	55.31
	หญิง	44.68	3.62	38.54	50.56
15.ความสูงหัวเข่า	ชาย	50.21	2.61	45.90	55.02
	หญิง	47.2	2.96	41.70	52.87
16.ความสูงข้อพับเข่า	ชาย	40.76	2.47	36.52	44.62
	หญิง	38.66	2.1	34.73	41.51
17.ความกว้างไหล่(bi-deltoid)	ชาย	43.62	1.99	39.54	47.13
	หญิง	39.3	1.94	36.39	43.43
18.ความกว้างไหล่(bi-acromial)	ชาย	36.91	2.26	33.67	40.81
	หญิง	32.57	1.36	29.63	34.82
19.ความกว้างสะโพก	ชาย	33.2	3.53	26.96	39.96
	หญิง	35.46	1.95	32.69	39.21
20.ความลึกทรวงอก	ชาย	20.22	1.52	17.41	22.71
	หญิง	21.24	1.58	18.13	23.89
21.ความลึกช่องท้อง	ชาย	20.66	2.39	16.40	25.44
	หญิง	18.16	1.22	15.93	19.99
22.ความยาวหัวไหล่ถึงศอก	ชาย	36.86	1.61	34.13	40.45
	หญิง	33.2	2.19	28.17	36.85
23.ความยาวศอกถึงปลายนิ้ว	ชาย	47.48	2.43	42.78	51.82
	หญิง	42.78	2.56	38.57	46.92
24.ความยาวแขน	ชาย	76.27	3.62	69.31	83.47
	หญิง	72.92	3.44	68.05	79.26
25.ความยาวหัวไหล่ถึงปลายนิ้ว	ชาย	67.75	2.99	61.69	71.93
	หญิง	62.25	2.6	57.33	66.38
26.ความยาวหัว	ชาย	19.61	0.53	18.72	20.64
	หญิง	17.88	0.92	15.97	19.36

ตารางที่ 4.14 ค่าขนาดสัดส่วนร่างกาย (ต่อ)

รายการวัดสัดส่วน (เซนติเมตร)		mean	S.D.	Percentile	
				5^{th}	95^{th}
27.ความกว้างหัว	ชาย	16.53	0.61	15.41	17.50
	หญิง	14.76	0.86	13.45	16.15
28.ความยาวมือ	ชาย	18.72	4.19	11.63	26.54
	หญิง	16.86	0.79	15.54	18.27
29.ความกว้างมือ	ชาย	8.27	0.34	7.67	8.85
	หญิง	7.46	0.45	6.63	8.23
30.ความยาวเท้า	ชาย	25.43	1.17	22.92	27.31
	หญิง	22.85	1.16	20.80	25.15
31.ความกว้างเท้า	ชาย	10.39	0.54	9.53	11.41
	หญิง	9.15	0.69	7.77	10.55
32.ช่วงกว้างของแขน	ชาย	175.76	10.56	159.09	195.34
	หญิง	163.83	8.07	148.63	179.11
33.ช่วงกว้างของศอก	ชาย	93.02	3.47	86.54	98.33
	หญิง	84.75	4.47	78.23	93.54
34.ความสูงเอื้อมถึงข้างบน (ยืน)	ชาย	203.7	9.67	187.73	220.58
	หญิง	186	7.83	167.86	197.63
35.ความสูงเอื้อมถึงข้างบน (นั่ง)	ชาย	122.59	10.4	103.71	140.86
	หญิง	112.71	7.49	99.48	125.45
36.ระยะเอื้อมไปข้างหน้า	ชาย	77.1	3.84	70.00	84.35
	หญิง	70.15	3.53	63.62	75.64

ค่าขนาดสัดส่วนเหล่านี้จะถูกนำมาใช้ในการออกแบบตัวอย่างเช่น ขนาดความกว้างของที่จับนั้นออกแบบมาจากช่วงความกว้างของมือประชากรที่มีขนาดความกว้างของมือมากที่สุด เพื่อให้ทุกคนสามารถใช้ได้ จึงใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของมือสมาชิกสหกรณ์ชาย ซึ่งมีขนาดที่กว้างมากที่สุด การออกแบบระดับการทำงานให้อยู่ในช่วงความสูงของข้อนิ้วมือจนถึงหัวไหล่ เพราะจะเป็นระดับความสูงที่ร่างกายมีกำลังกล้ามเนื้อในการปฏิบัติงาน (power zone) โดยต้องการให้ช่วงระยะนี้สามารถใช้ได้กับประชากรส่วนใหญ่ จึงเลือกใช้ระดับของความสูงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของข้อนิ้วสมาชิกสหกรณ์ชาย (เพราะสัดส่วนร่างกายส่วนนี้ชายมีค่ามากกว่าหญิง) จนถึงระดับความสูงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ของระดับไหล่สมาชิกสหกรณ์หญิง (เพราะสัดส่วนร่างกายส่วนนี้หญิงมีค่าน้อยกว่า

ชาย) ทำให้ช่วงระยะความสูงของการทำงานดังกล่าวหญิงที่ตัวเตี้ยก็ไม่ต้องยกหัวไหลในการทำงาน และชายที่ตัวสูงก็ไม่ต้องก้มหลังเพื่อทำงาน การออกแบบระยะเอื้อมคำนึงถึงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ของความยาวระยะเอื้อม เพื่อให้คนที่แขนสั้นสามารถเอื้อมได้เช่นกัน และข้อมูลการวัดขนาดสัดส่วนนี้สามารถเก็บไว้ใช้เป็นฐานข้อมูลในการออกแบบอุปกรณ์อื่นๆ ทั้งยังสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงอายุของคน ความแตกต่างทางเชื้อชาติต่างเป็นต้น

4.6 ผลการปรับปรุงสถานีงานใหม่

การปรับปรุงการทำงานตามหลักการยศาสตร์เริ่มจากการสำรวจปัญหาทางสุขภาพการทำงานของเจ้าหน้าที่ ศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ท่าทางการทำงานปัจจุบัน การออกแบบเครื่องมือ อุปกรณ์ คำนึงถึงความสัมพันธ์ของลักษณะงานกับสัดส่วนร่างกายผู้ใช้งาน ความเรียบง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถเข้าใจได้ง่าย ใช้งานง่าย ดูแลรักษาง่าย พื้นที่ใช้งาน ความเหมาะสมของค่าใช้จ่าย ค่าใช้จ่ายต้นทุนการสร้างต่ำและค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา

4.6.1 ผลการปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน

การปรับปรุงสถานีงานนั้นทำตามแนวทางแก้ไขที่ได้วิเคราะห์เอาไว้แล้วในผลการวิเคราะห์สภาพการทำงานในสถานีงานรับซื้อน้ำยาง ซึ่งมีปัญหาทางการยศาสตร์ในเรื่องการเคลื่อนย้ายถังน้ำยางและการเทถังน้ำยาง ซึ่งเป็นการทำงานที่ฝืนต่อแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นภาระแก่เจ้าหน้าที่และสมาชิกสหกรณ์ ทั้งยังเสียเวลาในการรอคอยให้น้ำยางไหลผ่านที่กรองจนหมดเพราะที่กรองแบบเก่ามีความล่าช้าในการกรองดังแสดงในภาพที่ 4.7 ซึ่งก็ได้ปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานใหม่ โดยเปลี่ยนจุดกรองจากจุดเดิมซึ่งอยู่ด้านบนของบ่อพักน้ำยางมาเป็นด้านล่างที่บ่อทำยางแผ่น ก้นบ่อพักน้ำยางมีระดับความสูงมากกว่าระดับปากบ่อทำยางแผ่น หลังการปรับปรุงการกรองจะเริ่มจากการเปิดท่อน้ำยางจากบ่อพักให้น้ำยางไหลตามแรงโน้มถ่วงมาตามสายยางลงมาสู่ที่กรองตรงปากบ่อทำยางแผ่น ทำให้เจ้าหน้าที่และสมาชิกสหกรณ์ไม่ต้องยกถังน้ำยางเพื่อเทน้ำยาง ซึ่งเป็นการทำงานที่ต้านแรงโน้มถ่วงของโลกและต้องใช้แรงของกล้ามเนื้อมาก แต่กลับใช้แรงโน้มถ่วงของโลกให้เป็นประโยชน์โดยไม่ต้องสูญเสียแรงของกล้ามเนื้อในการทำงาน

ก) ข)

ภาพที่ 4.7 การกรองน้ำยางก่อนปรับปรุง

จากภาพที่ 4.7 ก) เดิมพนักงานและสมาชิกสหกรณ์จะต้องยกถังน้ำยางขึ้นเพื่อเทผ่านที่กรองแบบเดิม ลักษณะการทำงานแบบเดิมนั้นทำให้เกิดการสูญเสียแรงงาน เสียเวลา และท่าทางการทำงานในขั้นตอนนี้ถูกประเมินทางการยศาสตร์ได้ค่าคะแนนการทำงานมีค่าเท่ากับ 7 สาเหตุหลักมาจากท่าทางการทำงานที่ต้องยกถังน้ำยางซึ่งมีน้ำหนักมาก ข) เสียเวลาในการรอคอยให้น้ำยางไหลผ่านที่กรองจนหมดเพราะที่กรองแบบเก่ามีความล่าช้าในการกรอง

การออกแบบที่กรองน้ำยางใหม่นั้นเริ่มจากการที่ได้วิเคราะห์ปัญหาในการกรองแบบเดิม โดยใช้เทคนิค 5W1H และ ECRS ในการหาแนวทางปรับปรุง ซึ่งสรุปปัญหาออกมาว่า พื้นที่สำหรับการกรองในที่กรองเดิมนั้นน้อย มีช่องทางกรองเพียง 1 ช่องทำให้การไหลกรองผ่านของน้ำยางเป็นไปอย่างช้าทำให้ต้องเสียเวลาในการคอย จึงได้แก้ปัญหาดังกล่าวโดยออกแบบที่กรองใหม่ให้มีด้านที่ใช้ในการกรองมากขึ้น และเพิ่มพื้นที่ในการกรองมากขึ้น แต่ขนาดของรูกรองยังเท่าเดิมดังแสดงในภาพที่ 4.8

ก) (เก่า) ข) (ใหม่)

ภาพที่ 4.8 ที่กรองแบบเก่าและที่กรองแบบใหม่

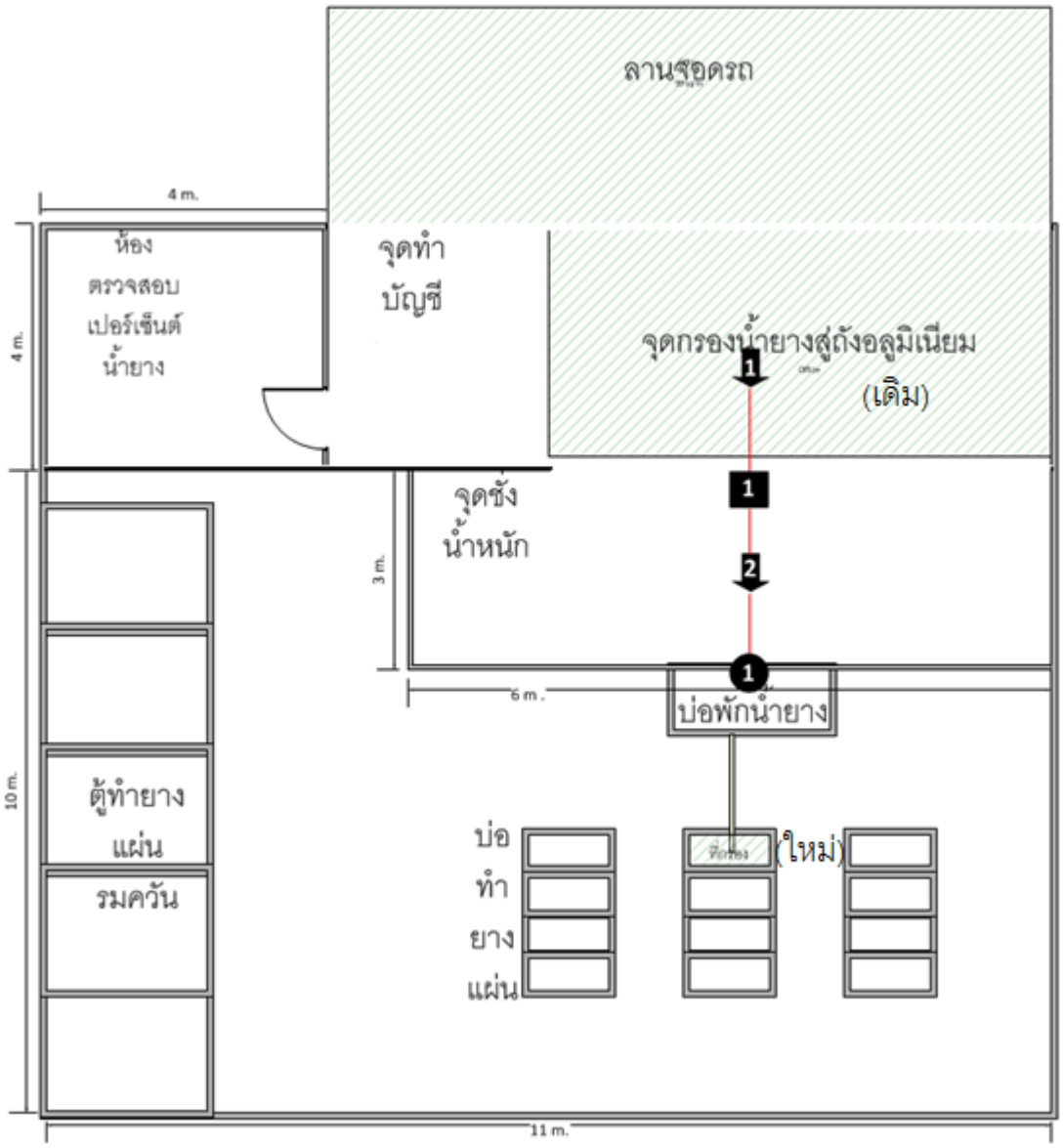
ภาพที่ 4.8 ก) ที่กรองแบบเดิมนั้นช่องกรองมีเพียงด้านล่างด้านเดียว และค่อนข้างแคบมีพื้นที่ในการกรองน้อย ลักษณะที่กรองเป็นแบบกรวยหงาย เมื่อเทน้ำยางจนเต็มจะต้องใช้เวลารอให้น้ำยางกรองผ่านค่อนข้างนาน เนื่องจากลักษณะกรวยหงายมีเพียงช่องกรองด้านล่างด้านเดียวมีพื้นที่ผิวสัมผัสที่ใช้ในการกรองน้อยจึงทำให้เสียเวลาในการกรอง ข) ที่กรองใหม่ถูกออกแบบโดยการวิเคราะห์จากปัญหาของที่กรองเดิมโดยได้เพิ่มพื้นที่ในการกรองมากขึ้น เพิ่มช่องทางในการไหลของน้ำยางมากขึ้น ออกแบบให้ที่กรองเปลี่ยนรูปทรงจากเดิมที่เป็นกรวยหงายมีเพียงด้านกรองด้านล่างเพียงด้านเดียวมาเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากมีด้านกรองถึง 5 ด้านโดยทุกด้านมีพื้นที่สำหรับการกรองมากกว่าที่กรองเดิมซึ่งสามารถกรองได้อย่างรวดเร็วไม่ต้องเสียเวลาในการรอ โดยสามารถลดเวลาลงได้ประมาณ 15 วินาทีต่อ 1 ถังน้ำยางที่ใช้ในการกรอง

จากการที่ได้วิเคราะห์ปัญหาทางการยศาสตร์ในเรื่องการการเทถังน้ำยางในการกรอง เป็นการทำงานที่ฝืนต่อแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นภาระแก่เจ้าหน้าที่และสมาชิกสหกรณ์ ซึ่งก็ได้ปรับเปลี่ยนการทำงานใหม่ โดยเปลี่ยนจุดกรองจากจุดเดิมซึ่งอยู่ด้านบนของบ่อพักน้ำยางมาเป็นด้านล่างที่บ่อทำยางแผ่น ก้นบ่อพักน้ำยางมีระดับความสูงมากกว่าระดับปากบ่อทำยางแผ่น ดังแสดงในภาพที่ 4.9

ก) ข)

ภาพที่ 4.9 ระดับความสูงที่ของบ่อพักน้ำยางและบ่อทำยางแผ่น

จากภาพที่ 4.9 ก) จะเห็นว่าระดับความสูงของบ่อพักน้ำยางจะสูงกว่าบ่อทำยางแผ่น และระดับก้นบ่อของบ่อพักน้ำยางก็มีระดับสูงกว่าปากบ่อทำยางแผ่น และเมื่อต่อท่อสายยางเข้ากับบ่อพักน้ำยางทำให้น้ำยางไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำตามกฎของแรงโน้มถ่วง ลงสู่บ่อทำยางแผ่นจึงนำที่กรองที่ได้รับการออกแบบใหม่ให้มีความรวดเร็วในการกรองมาวางไว้ที่ปากบ่อทำยางแผ่นเพื่อใช้ประโยชน์จากแรงโน้มถ่วงของโลกในการกรองดังแสดงในภาพที่ 4.9 ข) แทนการใช้แรงกายในการยกถังน้ำยางเทแบบเดิมซึ่งเป็นการใช้แรงและร่างกายเจ้าหน้าที่ต้านแรงโน้มถ่วง ปรับเปลี่ยนรูปแบบการกรองใหม่โดยย้ายมากรองที่ด้านล่าง โดยใช้ประโยชน์จากความต่างระดับของบ่อพักน้ำยางกับบ่อทำยางแผ่นซึ่งทำให้น้ำยางไหลจากที่สูงมายังที่ต่ำตามแรงโน้มถ่วงของโลก



ภาพที่ 4.10 แผนผังของสหกรณ์การยางหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 4.10 รถจักรยานยนต์สามารถเข้ามาจอดที่จุดกรอง(เดิม)ได้ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการกรองจากเดิมตรงจุดกรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียม(เดิม) เปลี่ยนไปกรองด้านล่างตรงบ่อทำยางแผ่นทำให้พื้นที่ตรงจุดนี้ไม่มีกิจกรรมการกรองเกิดขึ้น ไม่มีการรอคอยให้น้ำยางไหลผ่านที่กรองแบบเก่า ไม่มีถังอลูมิเนียมและถังแกลลอนน้ำยางที่วางเกะกะ แนวการเคลื่อนที่ของการทำงาน (เส้นสีแดง) เป็นเส้นตรง ไม่ซิกแซก ระยะทางในการเคลื่อนย้ายน้อยลง

ตารางที่ 4.15 กระบวนการทำงานที่จุดรับซื้อน้ำยางหลังปรับปรุง

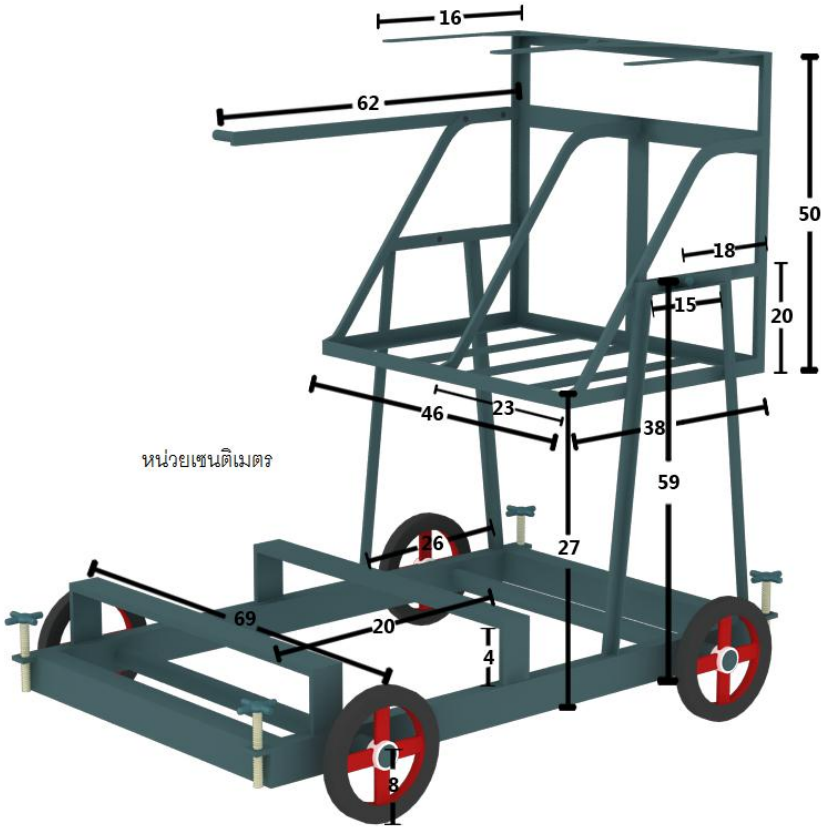
ที่	ขั้นตอน	สัญลักษณ์					จำนวน (กิโลกรัม)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)
		○	⇨	⊐	□	▽			
1	ขนถังแกลลอนน้ำยางจากจักรยานยนต์มายังอุปกรณ์ช่วย						36	2	5
2	ชั่งน้ำหนักจดบันทึกและตวงตัวอย่างน้ำยาง						36		20
3	เคลื่อนอุปกรณ์ช่วยไปยังบ่อพักน้ำยาง						36	2	5
4	เทน้ำยางจากอุปกรณ์ช่วยลงสู่บ่อพักน้ำยาง								10
	รวม	1	2		1			4	40

จากตารางที่ 4.15 กระบวนการทำงานที่จุดรับซื้อน้ำยางที่ได้ปรับเปลี่ยนใหม่นั้นมีขั้นตอนการทำงานที่ลดลงจากเดิม เนื่องจากขั้นตอนกรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียม และการเคลื่อนย้ายถังอลูมิเนียมไปวางบนตาชั่งของกระบวนการทำงานแบบเดิมได้ถูกปรับเปลี่ยนให้รวมเข้ากับการไหลของน้ำยางจากบ่อพักน้ำยางไปตามสายยางลงสู่บ่อทำยางแผ่น ซึ่งสามารถกรองได้รวดเร็วกว่าด้วยที่กรองแบบใหม่และไม่ต้องยกถังน้ำยางขึ้นเทกรอง เพราะอาศัยประโยชน์จากแรงโน้มถ่วงของโลกให้น้ำยางไหลผ่านที่กรองได้เอง และเมื่อย้ายไปกรองที่บ่อพักน้ำยางก็ไม่ได้ทำให้ค่าคะแนนท่าทางการทำงานที่บ่อพักน้ำยางเพิ่มขึ้น เนื่องจากที่กรองใหม่โครงสร้างทำจากอลูมิเนียมซึ่งมีน้ำหนักเบา และทุกด้านก็เป็นช่องกรองซึ่งทำให้น้ำหนักเบายิ่งขึ้นทำให้ไม่มีปัญหาในด้านน้ำหนัก

4.6.2 ผลการออกแบบอุปกรณ์ช่วย

การออกแบบทางการยศาสตร์ต้องออกแบบให้สัมพันธ์กับปัญหาที่ได้จากการวิเคราะห์ แล้วจึงหาแนวทางออกแบบแก้ไขให้เชื่อมโยงกับปัญหา วัตถุประสงค์ของอุปกรณ์ที่ต้องการออกแบบ 1. ปรับท่าทางการทำงานให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ (ซึ่งจะมีค่าคะแนน RULA เป็นตัวชี้วัด) 2. เพื่อช่วยในการลดการใช้กล้ามเนื้อในการทำงาน (ซึ่งจะมี EMG มาช่วยวัดค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อ) ดังนั้นอุปกรณ์ที่ต้องการออกแบบจะต้องช่วยในเรื่องของการรับน้ำหนักแทนร่างกายมนุษย์ ช่วยในการเคลื่อนย้าย ช่วยปรับท่าทางในขั้นตอนการเท ช่วยในเรื่องระดับการทำงานให้ไม่ต้องก้ม จากปัญหา

ดังกล่าวจึงออกแบบให้เป็นอุปกรณ์ที่สามารถช่วยรับน้ำหนักแทนแรงกายมนุษย์ ช่วยในการเคลื่อนย้ายถังน้ำยาง ช่วยในการเทถังน้ำยางดังแสดงในภาพที่ 4.11 ซึ่งอุปกรณ์ช่วยนี่มีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม ความกว้าง 55 เซนติเมตร ความสูง 100 เซนติเมตร รับน้ำหนักถังน้ำยางได้มากกว่า 100 กิโลกรัม



ภาพที่ 4.11 อุปกรณ์ช่วยเทและเคลื่อนย้าย

จากภาพที่ 4.11 ออกแบบให้ช่วยรับน้ำหนักแทนแรงกายมนุษย์ ช่วยในการเคลื่อนย้ายถังน้ำยาง ออกแบบให้มีที่จับช่วยในการเทถังน้ำยาง และปรับระดับการทำงานให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ช่วยให้การชั่งน้ำหนักให้มีความสะดวกรวดเร็วมากขึ้นโดยเพิ่มตาชั่งเข้าไปยังฐานของรถดังแสดงในรูปที่ 4.12 โดยใช้น็อตล็อคไว้เพื่อให้ง่ายต่อการเปลี่ยนตาชั่งเมื่อตาชั่งเกิดการชำรุด ตาชั่งสามารถรับน้ำหนักถังน้ำยางได้ 60 กิโลกรัม ซึ่งปกติถังน้ำยางที่นำมาชั่งจะเฉลี่ยน้ำหนักอยู่ที่ 36 กิโลกรัม กลไกการทำงานจะออกแบบให้เป็นไปตามขั้นตอนของการทำงาน เมื่อสมาชิกสหกรณ์เคลื่อนย้ายถังน้ำยางมาก็จะวางบนตาชั่งเพื่อชั่งน้ำหนักและตวงตัวอย่างน้ำยาง แล้วจึงเลื่อนถังน้ำยางลงสู่ช่องใส่ถังน้ำยางซึ่งออกแบบมาพอดีกับตัวถังและมีตัวล็อคไม่ให้ถังไถลลงบ่อพักน้ำยางในขั้นตอนการเท จากนั้นก็จะ

เคลื่อนย้ายอุปกรณ์ไปยังบ่อพักน้ำยาง และทำการเทน้ำยางโดยส่วนบนของอุปกรณ์จะออกแบบมาเพื่อช่วยปรับท่าทางและผ่อนแรงในการเทถังน้ำยางดังแสดงในภาพที่ 4.12

ก) ข) ค)

ภาพที่ 4.12 การใช้งานของอุปกรณ์ที่ออกแบบ

ภาพที่ 4.12 ก) ถังน้ำยางจะถูกนำมาชั่งบนตาชั่งที่เปลี่ยนใหม่ให้เหมาะสม มีความรวดเร็ว ถูกต้องในการอ่านค่า และสะดวกง่ายต่อการใช้งานมากกว่าอันเก่า ข) ถังน้ำยางเลื่อนเข้าสู่ช่องใส่ถังน้ำยางซึ่งมีขนาดพอดีกับตัวถัง และมีที่ล็อคตัวถังด้านบนไม่ให้ถังไถลในขณะเทน้ำยาง แล้วจึงเคลื่อนอุปกรณ์ไปยังบ่อพักน้ำยางโดยไม่ต้องใช้ร่างกาย และแรงกายในการรับน้ำหนักของถังน้ำยางเนื่องจากมีอุปกรณ์ช่วยในการรับน้ำหนักของถังน้ำยางแทน และตัวอุปกรณ์มีล้อที่สามารถช่วยในการเคลื่อนย้ายได้สะดวก และง่ายไม่เปลืองแรงของเจ้าหน้าที่ ค) เทน้ำยางโดยอุปกรณ์ที่ออกแบบ ซึ่งจะช่วยในการเทน้ำยางโดยไม่ต้องก้ม บิดตัว ข้อมือ หรือแขน รักษาท่าทางที่ถูกต้องในการเทน้ำยาง และรับน้ำหนักของถังน้ำยางที่ต้องเทแทนร่างกายเจ้าหน้าที่ และการออกแบบยังได้คำนึงถึง

1) ความสามารถในการรับน้ำหนัก

1.1) โครงสร้างที่ใช้ทำอุปกรณ์

โครงสร้างที่ใช้ทำอุปกรณ์เป็นเหล็กฉาก (equal angle) เป็นเหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปร้อน เหมาะสำหรับงานโครงสร้างบ้าน หลังคาโรงงาน และงานโครงสร้างขนาดเล็กโดยทั่วไป ซึ่งมีความแข็งแกร่งทนทาน เพื่อให้โครงสร้างของอุปกรณ์มีความแข็งแกร่งและสามารถรับน้ำหนักได้ดี ดังแสดงในภาพที่ 4.13

ภาพที่ 4.13 โครงสร้างที่ใช้ทำอุปกรณ์

จากภาพที่ 4.13 โครงสร้างของอุปกรณ์ทำจากเหล็กฉากออกแบบให้ช่องใส่ถังน้ำยางรับน้ำหนักได้ 80-100 กิโลกรัม แกนล้อทำจากเหล็กตันซึ่งมีความแข็งแกร่ง ล้อของอุปกรณ์เป็นล้อตันที่สามารถรับน้ำหนักได้มากและมีขนาดเล็กไม่เกะกะเคลื่อนที่ได้ดีบนพื้นปูน เพื่อช่วยในการเคลื่อนย้ายและรับน้ำหนักแทนร่างกายมนุษย์ซึ่งน้ำหนักจะตกที่ตัวอุปกรณ์แทนเจ้าหน้าที่ สามารถลดภาระให้เจ้าหน้าที่อันเกิดจากการที่ต้องยกน้ำหนักปริมาณมาก

1.2) แนวแรงของน้ำหนัก

แนวแรงของน้ำหนักจะตกผ่านจุดหมุนซึ่งเป็นจุดที่รวมน้ำหนักของถังน้ำยาง ออกแบบให้จุดหมุนตกอยู่หลังล้อหน้าดังแสดงในภาพที่ 4.14 ทำให้ในตอนเทน้ำยางอุปกรณ์ช่วยไม่เกิดการพลิกคว่ำไปด้านหน้า

ภาพที่ 4.14 แนวแรงของน้ำหนัก

จากภาพที่ 4.14 จะเห็นแนวแรงของน้ำหนักถังน้ำยาง และช่องใส่ถังน้ำยางที่ตกผ่านจุดหมุน ซึ่งเป็นจุดรวมของน้ำหนัก และแนวแรงของน้ำหนักตาชั่ง (mg) จะตกอยู่ในระหว่างแนวแรงปฏิกิริยา (N) ที่ผ่านแกนล้อหน้าและล้อหลัง ทำให้ขณะที่อุปกรณ์กำลังรับน้ำหนักจากถังน้ำยางไม่เกิดการพลิกคว่ำไปด้านหน้าหรือด้านหลัง

1.3) การถ่ายเทน้ำหนักของน้ำยางขณะเท

ออกแบบให้จุดหมุนอยู่กึ่งกลางของตัวถังดังแสดงในภาพที่ 4.15 เพื่อให้ช่วยน้ำหนักของถังเกิดสมดุลขณะเท ไม่ถ่ายน้ำหนักไปข้างหน้าหรือหลังมากเกินไป ซึ่งสามารถช่วยผ่อนแรง และง่ายต่อการควบคุมในการเทน้ำยาง

ภาพที่ 4.15 การถ่ายน้ำหนักของน้ำยาง

ภาพที่ 4.15 จุดหมุนของช่องใส่ถังน้ำยางจะอยู่บริเวณตรงกลางของถัง ทำให้ขณะเทปริมาณของน้ำยางจะเท่าๆกันทั้งด้านหน้าและด้านหลังของจุดหมุน แต่หากออกแบบให้จุดหมุนอยู่ทางด้านบนหรือล่าง หน้าหรือหลังมากเกินไปจะทำให้เสียสมดุลของปริมาณน้ำยางในด้านหน้าและหลังของถังน้ำยางขณะเท ซึ่งก็ต้องใช้แรงเพิ่มขึ้นในการควบคุมขณะเท

2) ความสัมพันธ์ของขนาดสัดส่วนร่างกายผู้ใช้

2.1) ขนาดของที่จับ

ความกว้างของที่จับนั้นออกแบบให้สัมพันธ์กับขนาดสัดส่วนของมือผู้ปฏิบัติงานและเพื่อให้ผู้ปฏิบัติใช้ได้ทุกคนจึงนำค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูล มาช่วยในการพิจารณาออกแบบ ซึ่งมีค่า 8.85 เซนติเมตร ดังนั้นจึงควรออกแบบให้มีขนาดกว้างกว่าค่านี้สักเล็กน้อย ให้ทั้งคนที่มีมือกว้างและแคบสามารถใช้ได้เช่นกัน ด้ามจับควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ในช่วง 3.2–4.4 เซนติเมตร ส่วนงานที่ต้องใช้ความละเอียดแม่นยำ ควรอยู่ในช่วง 0.8–1.5 เซนติเมตร [57] โดยได้ออกแบบให้มีค่าที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 3.5 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.16

ก) ข)

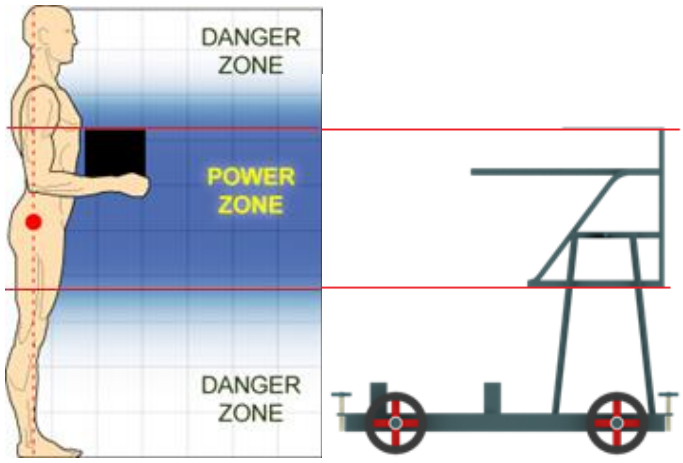
ภาพที่ 4.16 ความสัมพันธ์ของการวัดขนาดของมือกับขนาดของที่จับ

จากภาพที่ 4.16 ก) ก่อนทำการออกแบบที่จับได้ทำการเก็บข้อมูลขนาดสัดส่วนมือของสมาชิกสหกรณ์ ข) นำค่าที่เก็บได้มาออกแบบขนาดความกว้างของที่จับให้มีความพอเหมาะพอดี

2.2) ระดับความสูงของการปฏิบัติงาน

อุปกรณ์ถูกออกแบบให้ปฏิบัติงานให้อยู่ในช่วงความสูงที่ร่างกายทำงานได้เต็มกำลัง (power zone) ซึ่งอยู่ในช่วงความสูงของข้อนิ้วไปจนถึงความสูงระดับไหล่ ดังแสดงในภาพที่ 4.17 ระดับการทำงานที่อยู่ในช่วงความสูงของข้อนิ้วถึงความสูงของหัวไหล่นั้นมาจากสรีระของการทำงานตามธรรมชาติของร่างกายมนุษย์เพราะหากต่ำกว่าข้อนิ้วจะเกิดการก้ม และหากสูงกว่าไหล่จะเกิดการยืดหัวไหล่ เมื่อเกิดการยืดของลำตัว แขน หรือขามากเกินไปก็จะไม่มีแรงส่งกำลังของกล้ามเนื้อ หรือสมดุลของร่างกายที่เสียไปก็ทำให้สูญเสียแรงในการทำงาน และหากเกิดการก้มระหว่างการทำงาน

กล้ามเนื้อหลังส่วนล่างก็จะมีปัญหาในการแบกรับน้ำหนักตัวของร่างกาย และยังต้องแบกรับน้ำหนักจากการทำงานภายนอก

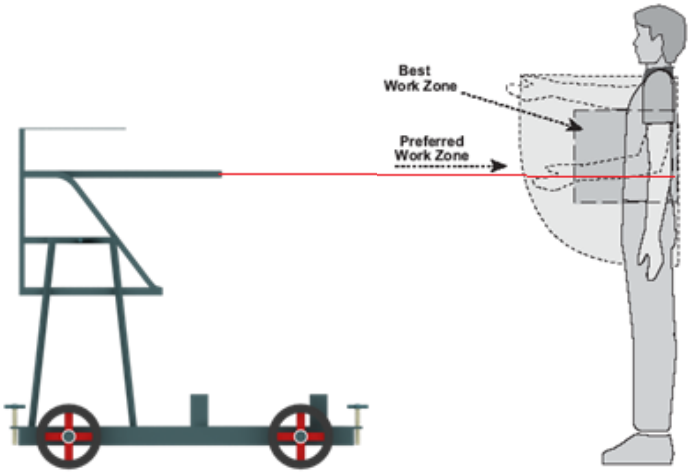


ภาพที่ 4.17 ระดับความสูงในการทำงาน [58]

จากภาพที่ 4.17 จะเห็นว่าช่วงการทำงานของมือผู้ปฏิบัติงานจะอยู่ในช่วงความสูงของข้อนิ้วถึงความสูงของหัวไหล่ ซึ่งเป็นช่วงที่ร่างกายสามารถออกแรงได้เต็มกำลัง การที่ระดับการทำงานสูงกว่าความสูงของข้อนิ้วทำให้ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องก้ม และต่ำกว่าไหล่ทำให้ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องใช้กล้ามเนื้อหัวไหล่ยกแขน ซึ่งผิดสรีระการทำงานของร่างกายมนุษย์ ซึ่งได้ออกแบบให้อยู่ในช่วงความสูง 81 – 123 เซนติเมตร ค่า 81 เซนติเมตร มาจากความสูงระดับข้อนิ้วที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้คนที่มีรูปร่างตัวสูงทำงานได้โดยไม่ต้องก้มตัว ค่า 123 เซนติเมตร มาจากความสูงระดับไหล่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้คนที่ตัวเตี้ยก็สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องยกหัวไหล่

2.3) ระดับความสูงของที่จับ

การออกแบบให้ได้ระดับความสูงที่เหมาะต่อการทำงานของมือในท่ายืน มือของผู้ปฏิบัติงานต้องไม่ลดต่ำกว่าระดับความสูงจากพื้นถึงข้อนิ้วในท่ายืน เพราะถ้าต่ำกว่าจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดการก้ม ซึ่งก็คือระดับความสูงของที่จับจากพื้นจะต้องสูงกว่าระดับความสูงของข้อนิ้วในท่ายืน (knuckle height) ดังแสดงในภาพที่ 4.18

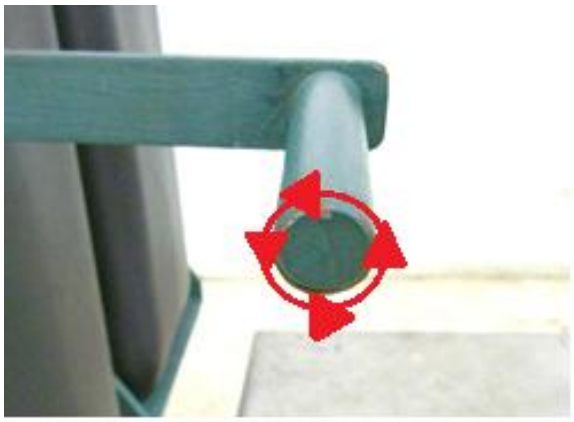


ภาพที่ 4.18 ระดับความสูงของที่จับ [58]

จากภาพที่ 4.18 ก) แสดงให้เห็นระดับการทำงานที่เหมาะสม ข) ระดับของที่จับจะอยู่สูงกว่าระดับความสูงของข้อนิ้ว (knuckle height) ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสม (preferred work zone) กับการจับสิ่งของตามสรีระร่างกายของมนุษย์ และเมื่อเทน้ำยางระดับของที่จับจะสูงขึ้นมาอยู่ที่ระดับที่เหมาะสมที่สุดของการจับสิ่งของ (best work zone)

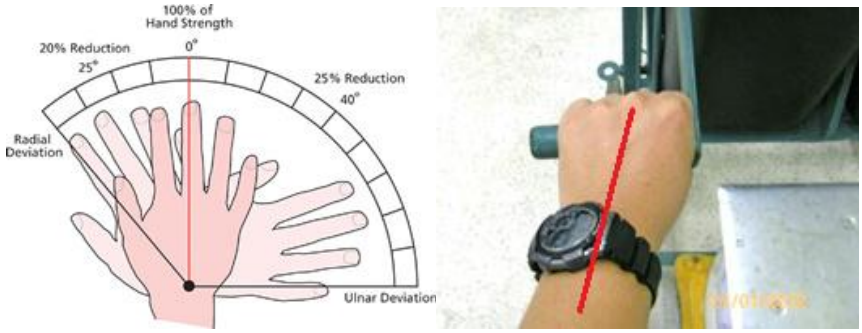
3) การรักษาสรีระของข้อมือ

การออกแบบที่จับให้รักษาข้อมือให้ไม่บิดหมุนตามการเท หรือมีการเบนของข้อมือไปทางซ้าย หรือขวา (ulnar radial deviation) อันจะทำให้เกิดโรคผังผืดรัดเส้นประสาทข้อมือ ลักษณะของที่จับเป็นเกลียวแบบหมุนได้รอบรักษาข้อมือให้ไม่ต้องบิดหมุนไปตามการเท ดังแสดงในภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 ที่จับแบบเกลียวสามารถหมุนได้รอบแกนจับ

ภาพที่ 4.19 ที่จับออกแบบให้มีแกนลูกปืนอยู่ข้างในสามารถหมุนตามการเทได้ ซึ่งช่วยรักษาข้อมือให้อยู่ในแนวปกติไม่บิดหมุนหักงอ ภาพที่ 4.20 แสดงการเคลื่อนไหวข้อมือเป็นไปตามสรีระไม่มีการหักข้อมือ



ก) ข)

ภาพที่ 4.20 การเบี่ยงเบนของข้อมือและข้อมือที่ตรงตามสรีระ

ภาพที่ 4.20 ก) แสดงให้เห็นการเบี่ยงเบนของข้อมือที่เกิดขึ้นขณะทำงานไปทางด้านนิ้วหัวแม่มือ (radial deviation) ซึ่งจะเบี่ยงเบนได้ 0-20 องศา และการเบี่ยงเบนไปทางด้านนิ้วก้อย (ulnar deviation) ซึ่งจะเบี่ยงเบนได้ 0-40 องศา ข) การออกแบบที่จับให้มีความเหมาะสมช่วยรักษาให้ข้อมือตรงขณะทำงานได้

4) ท่าทางการทำงานตามธรรมชาติสรีระของมนุษย์

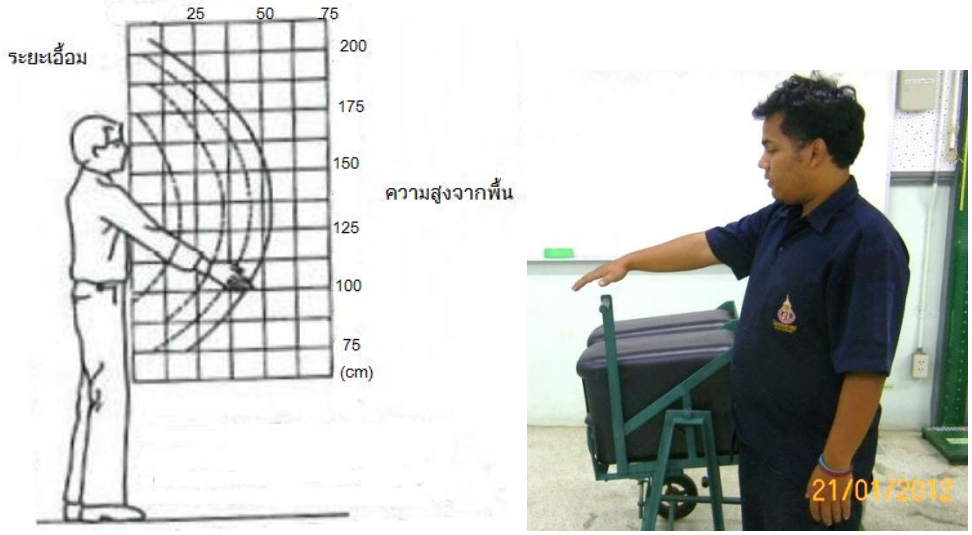
การเคลื่อนไหวร่างกายควรเป็นไปตามสรีระ ไม่ควรมีการเคลื่อนไหวแบบหักงอของแขน จึงออกแบบให้การเคลื่อนไหวของแขนในการเทนั้นเป็นวงโค้งตามสรีระ ไม่เกิดการหักงอของแขน และช่วยให้เคลื่อนไหวได้สะดวก รวดเร็ว ใช้แรงน้อยลง ตามหลักการจัดการเคลื่อนไหวร่างกายให้ง่ายขึ้น (simplification) ดังแสดงในภาพที่ 4.21

ภาพที่ 4.21 การเคลื่อนไหวของแขนตามสรีระ

ภาพที่ 4.21 จะเห็นว่าการออกแบบอุปกรณ์ที่ดีทางการยศาสตร์ส่งผลให้การเคลื่อนไหวขณะทำงานมีความเรียบง่ายและปลอดภัย ซึ่งเป็นไปตามหลักการการจัดท่าทางการทำงาน (NEWS) ทางการยศาสตร์ อุปกรณ์ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานรักษาท่าทางการทำงานให้สมดุล (N: neutral position) ไม่มีการยืดเหยียดแขน ขา หัวไหล่ และลำตัวในขณะทำงาน (S: stretching) จนเกินขีดความสามารถของเอ็น ข้อต่อ และกล้ามเนื้อของผู้ปฏิบัติงาน

5) ระยะเอื้อมไปข้างหน้า

ระยะเอื้อมไปข้างหน้าอยู่ในช่วงวงโค้งการหมุนของที่จับ สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่เป็นวงโค้ง และสามารถปรับการก้าวเท้าตามได้ จึงไม่มีปัญหาในเรื่องระยะของการเอื้อม ดังแสดงในภาพที่ 4.22



ก) ข)

ภาพที่ 4.22 ระยะเอื้อมไปข้างหน้า

จากภาพที่ 4.22 ก) จะเห็นว่าระยะเอื้อมไปข้างหน้าจะสัมพันธ์กับระดับของความสูงของมือจากพื้น ระยะเอื้อมจะเพิ่มมากขึ้นตามความสูงของมือจากพื้นที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับความสูงของไหล่ หากความสูงของมือสูงกว่าระดับความสูงของไหล่จะทำให้ระยะเอื้อมลดลง ข) ขณะเทมือที่จับจะเอื้อมไปข้างพร้อมกับระยะที่สูงขึ้นจากพื้น ซึ่งจะสัมพันธ์กับระยะเอื่อมเมื่อมือสูงขึ้นระยะเอื่อมจะมากขึ้นตามความสูงที่เพิ่มขึ้นของที่จับในตอนเทน้ำยางนั้นไม่ได้สูงกว่าระดับไหล่ เพราะหากสูงกว่าจะทำให้ระยะเอื้อมลดลง

6) ความสะดวกรวดเร็วและง่าย

การเปลี่ยนตาชั่งนั้นได้พิจารณาถึง ความสามารถในการรับน้ำหนักได้ ความสะดวกในการอ่านค่า ราคา การใช้พื้นที่ ความกระทัดรัด ความเหมาะสมซึ่งได้ปรับเปลี่ยนจากเดิมดังแสดงในภาพที่ 4.23 ถึงแม้ว่าตาชั่งเก่าจะมีขีดความสามารถในการชั่งน้ำหนักได้มากกว่าแต่ก็มีข้อเสียคือ ความสะดวกรวดเร็วในการอ่านค่า ความแม่นยำถูกต้องในการอ่านค่า ซึ่งตาชั่งใหม่สามารถทำได้ดีกว่า น้ำหนักของถังน้ำยางที่นำมาชั่งอยู่ในขีดความสามารถของตาชั่งใหม่ที่สามารถชั่งได้ถึง 60 กิโลกรัม ซึ่งถังน้ำยางจะสามารถบรรจุน้ำยางได้มากที่สุดไม่เกิน 40 กิโลกรัม

ข)

ภาพที่ 4.23 ตาชั่งเก่าและตาชั่งใหม่

ภาพที่ 4.23 ก) ตาชั่งเก่ามีความยุ่งยากในการอ่านค่า เพราะต้องลองผิดลองถูกของการถ่วงลูกเหล็กเพื่ออ่านค่า ทำให้เกิดความล่าช้าเสียเวลา และค่าที่ได้อาจไม่มีความแม่นยำพอ การอ่านค่าที่ยุ่งยากทำให้สมาชิกบางคนไม่สะดวกในการใช้ตาชั่งเก่านี้ ข) ตาชั่งใหม่มีความสะดวกรวดเร็วในการชั่งง่ายต่อการอ่านค่า และใช้งานได้ง่ายกว่า

ความสูงของช่องใส่ถังน้ำยางถูกออกแบบให้ต่ำกว่าระดับความสูงของตาชั่งเล็กน้อย เมื่อต้องรับน้ำหนักที่ 50 กิโลกรัม เพราะเมื่อเสร็จจากการชั่งน้ำหนักแล้ว สามารถเลื่อนไถลเข้าสู่ช่องใส่ถังน้ำยางได้โดยไม่ต้องเปลืองแรงยกดังแสดงในภาพที่ 4.24

ภาพที่ 4.24 ความสูงของตาชั่งและช่องใส่ถังน้ำยาง

ภาพที่ 4.24 ตาชั่งและช่องใส่ถังน้ำยางจัดให้อยู่ใกล้กันเพื่อให้สามารถผลักถังน้ำยางให้ไถลลงสู่ช่องใส่น้ำยางได้ และความสูงของตาชั่งสูงกว่าช่องใส่ถังน้ำยางเล็กน้อยเพื่อให้ถังน้ำยางเลื่อนไถลสู่ช่องใส่ถังน้ำยางได้ง่าย ดังแสดงในภาพที่ 4.25 จะเห็นได้ว่าหลังจากชั่งน้ำหนักแล้ว ถังน้ำยางจะถูกผลักให้เลื่อนไถลลงสู่ช่องใส่น้ำยางตามลูกศรสีแดง การเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนการชั่งและเตรียมขั้นตอนการเทนั้นเป็นไปได้ง่ายสะดวก รวดเร็วตามหลักการจัดระเบียบใหม่ (rearrangement)

ก) ข) ค)

ภาพที่ 4.25 ความสัมพันธ์ของตาชั่งและช่องใส่ถังน้ำยาง

ภาพที่ 4.25 ก) ถังน้ำยางถูกนำมาชั่งวัดค่าน้ำหนัก ข) ถังน้ำยางถูกผลักให้ลงไปในช่องใส่ถังน้ำยาง ค) ถังน้ำยางอยู่ในช่องใส่ถังน้ำยางพร้อมสำหรับขั้นตอนการเท

7) การออกแบบให้สัมพันธ์กับสภาพการใช้งานจริง

7.1) การออกแบบช่องใส่ถังน้ำยาง ออกแบบให้มี 2 ช่องให้สัมพันธ์ช่องใส่ถังน้ำยางหลังรถจักรยานยนต์ของสมาชิกซึ่งจะขนซ้อนท้ายมามี 2 ช่องดังแสดงในภาพที่ 4.26

ก) ข)

ภาพที่ 4.26 ช่องใส่หลังรถจักรยานยนต์และช่องใส่ถังน้ำยาง

ภาพที่ 4.26 ก) เมื่อรถจักรยานยนต์ขนน้ำยางมาจะบรรจุซ้อนท้ายมา 2 ถัง ซ้ายขวา เพื่อให้เกิดสมดุลของน้ำหนัก และเมื่อถึงขั้นตอนเทสามารถเทครั้งเดียว 2 ถังพร้อมกันช่วยให้ประหยัดเวลาแทนที่ที่จะเททีละถังซึ่งลดเวลาไปได้มาก ข) ช่องใส่ถังน้ำยางถูกออกแบบมาให้มีความสัมพันธ์กับการใช้งานจริง

7.2) ความกว้างของช่องใส่ถังออกแบบให้มีขนาดพอดีกับตัวถัง เพื่อประหยัดพื้นที่การใช้งาน ทั้งยังช่วยกระชับถังในตอนที่เทน้ำยางดังแสดงในภาพที่ 4.27

ภาพที่ 4.27 ความกว้างของถังน้ำยางและช่องใส่ถังน้ำยาง

7.3) ที่ล็อคตัวถังด้านบนซึ่งสามารถปรับค่าได้เพื่อไม่ให้ถังน้ำยางไถลลงไปในบ่อพักน้ำยางเมื่อเทน้ำยางจนหมดดังแสดงในภาพที่ 4.28

ภาพที่ 4.28 ที่ล็อคตัวถังด้านบน

8) การผ่อนแรง

การออกแบบอุปกรณ์ช่วยให้สามารถรับน้ำหนักแทนร่างกายมนุษย์ โดยที่น้ำหนักของถังน้ำยางจะตกอยู่ที่อุปกรณ์ช่วย น้ำหนักจะไม่ตกเป็นภาระของสมาชิกสหกรณ์ และยังช่วยในการเคลื่อนย้ายได้ โดยอุปกรณ์ออกแบบให้มีล้อขนาดเล็กเพื่อไม่เกะกะ และสะดวกในการเคลื่อนย้าย ตามหลักการยศาสตร์ดังแสดงในภาพที่ 4.29

ภาพที่ 4.29 อุปกรณ์ช่วยในการรับน้ำหนัก

4.6.3 การปรับปรุงอุปกรณ์ช่วยหลังใช้งาน

ผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์ไปทดลองใช้งานจริง และก็ได้ทำการสอบถามความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ คำแนะนำต่างๆจากผู้ใช้ พบว่า

ข้อดีของอุปกรณ์มีดังนี้

1) ลดภาระการออกแรงของผู้ใช้

2) ช่วยให้เทได้ง่ายขึ้น

3) เวลาที่ใช้ในการทำงานเร็วขึ้น

4) เคลื่อนย้ายถังน้ำยางได้ง่ายขึ้น ใช้แรงน้อยลง

ข้อควรปรับปรุงของอุปกรณ์มีดังนี้

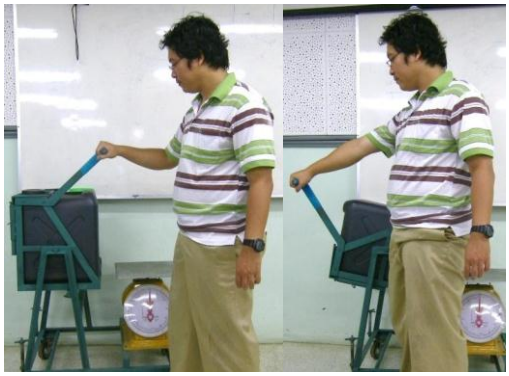
1) ที่จับที่เป็นเหล็กทำให้มีการเสียดสีและกดทับฝ่ามือได้

2) ลักษณะของคันโยกที่อยู่ต่ำไป ทำให้ลักษณะของสรีระท่าทางการเทของกล้ามเนื้อนั้นอ่อนแรงลงไป ควรปรับให้สรีระของกล้ามเนื้อและท่าทางให้มีแรงในการเทมากกว่านี้

3) พื้นสหกรณ์มีความขรุขระในบางจุดทำให้การเคลื่อนของรถตะกุกตะกักเป็นบางพื้นที่

จากข้อควรปรับปรุงดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง ให้ที่จับให้มีความนุ่ม ลดการกดทับของฝ่ามือ ลดการเสียดสีของฝ่ามือ และจับได้มั่งคงกระชับมากขึ้น โดยใช้ที่พันด้ามจับชนิดที่เป็นยางนุ่มสำหรับด้ามจับไม้เทนนิสมาเพื่อรองรับการเสียดสี กดทับ และกระชับของข้อมือ ดังแสดงในภาพที่ 4.30 ทั้งยังปรับระดับความสูงของที่จับให้เหมาะสมกับสรีระของแขนในการออกแรง ดังแสดงในภาพที่ 4.31 และภาพที่ 4.32

ภาพที่ 4.30 ที่จับที่ได้รับการปรับปรุง



ภาพที่ 4.31 การจับเทแบบคว่ำมือ

ภาพที่ 4.32 การจับเทแบบข้อมือตรง

ภาพที่ 4.31 และ ภาพที่ 4.32 แสดงการเทโดยที่จับที่ได้ปรับปรุงแก้ไขใหม่ ตามคำแนะนำของผู้ใช้งาน จะเห็นว่าท่าทางที่ใช้จะเปลี่ยนจากท่าทางที่ต้องยกแขนขึ้นไปด้านหน้า เปลี่ยนมาเป็นท่าทางผลักไปข้างหน้าและการกดลงไปด้าน สรีระท่าทางการทำงานแบบนี้กล้ามเนื้อมีแรงส่งมากขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อมีเรี่ยวแรงในการเทมากกว่าเดิม และยังเพิ่มความหลากหลายตามความถนัดของท่าทางในการเทของผู้ใช้งานมากขึ้นกว่าเดิม โดยออกแบบให้จับได้สองแบบคว่ำมือ หรือแบบข้อมือตรง แล้วแต่ความถนัดของผู้ใช้งาน

การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการกรองจากเดิมทำให้รถจักรยานยนต์สามารถเข้ามาจอดที่จุดกรองเก่าได้ เนื่องจากขั้นตอนกรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียม และการเคลื่อนย้ายถังอลูมิเนียมไปวางบนตาชั่งของกระบวนการทำงานแบบเดิมได้ถูกปรับเปลี่ยนให้รวมเข้ากับการไหลของน้ำยางจากบ่อพักน้ำยางไปตามสายยางลงสู่บ่อทำยางแผ่น ซึ่งสามารถกรองได้รวดเร็วกว่าด้วยที่กรองแบบใหม่และไม่ต้องยกถังน้ำยางขึ้นเทกรอง และเมื่อย้ายไปกรองที่บ่อพักน้ำยางก็ไม่ได้ทำให้ค่าคะแนนท่าทางการทำงานที่

บ่อพักน้ำยางเพิ่มขึ้น และการทำงานที่จุดรับซื้อน้ำยางได้ปรับเปลี่ยนใหม่นั้นมีขั้นตอนการทำงานที่ลดลงจากเดิมดังแสดงในภาพที่ 4.33

เคลื่อนถังน้ำยางมายังตาชั่งที่อุปกรณ์ช่วย

ชั่งน้ำหนักและตวงตัวอย่าง

เคลื่อนอุปกรณ์ช่วยไปยังบ่อพัก

เทน้ำยางสู่บ่อพักโดยอุปกรณ์ช่วย

ภาพที่ 4.33 ขั้นตอนการทำงานสถานีงานรับซื้อน้ำยางหลังปรับปรุง

จากภาพที่ 4.33 ก) เจ้าหน้าที่จะทำการยกถังน้ำยางลงจากรถจักรยานยนต์ และนำมาวางบนตาชั่งเพื่อชั่งน้ำหนัก จะเห็นว่าระยะทางในการเคลื่อนย้ายถังน้ำยางสั้นกว่าก่อนการปรับปรุง เนื่องจากตรงพื้นที่ที่รถจักรยานยนต์จอดหลังปรับปรุงนั้นเดิมเป็นพื้นที่กรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียม ซึ่งได้ย้ายการกรองไปรวมกับการไหลของน้ำยางจากบ่อพักลงสู่บ่อทำน้ำยางด้านล่าง ทำให้เกิดพื้นที่ที่สามารถนำรถจักรยานยนต์เข้ามาจอดได้ ซึ่งช่วยลดระยะทางการเคลื่อนที่ลงได้ประมาณ 5 เมตร ข) เจ้าหน้าที่จะทำการชั่งน้ำหนักและตวงตัวอย่างน้ำยาง เปลี่ยนตาชั่งใหม่ให้เข้ากับการทำงานทำให้ใช้เวลาน้อยลงประมาณ 10 วินาทีในการอ่านค่า ค) เจ้าหน้าที่ผลักถังน้ำยางเข้าไปในช่องใส่ถังน้ำยาง และเคลื่อนอุปกรณ์ช่วยไปยังบ่อพักน้ำยาง จะสังเกตุเห็นความแตกต่างว่าเจ้าหน้าที่ไม่ต้องรับภาระน้ำหนักทั้งหมดของถังน้ำยางเพราะอุปกรณ์ช่วยรับน้ำหนักทั้งหมดของถังน้ำยางแทน ซึ่งจะแตกต่างจากก่อนการปรับปรุงที่ต้องใช้เจ้าหน้าที่ถึง 2 คนในการเคลื่อนย้ายถังอลูมิเนียมไปยังบ่อพักน้ำยาง ง) เจ้าหน้าที่ทำการเทน้ำยางลงสู่บ่อพักน้ำยางโดยอุปกรณ์ช่วย ซึ่งออกแบบมาให้ช่วยรับน้ำหนักและปรับท่าทางในการเท ทำให้เจ้าหน้าที่มีท่าทางการทำงานที่ดีขึ้นดูได้จากค่าคะแนนท่าทางการทำงานในขั้นตอนนี้ที่ลดลงจากเดิมก่อนปรับปรุงมีค่าคะแนน 7 เหลือเพียงค่าคะแนน 3 และจากเดิมที่ต้องใช่ถึง 2 คนในการช่วยกันเทน้ำยางลงสู่บ่อพัก เหลือเพียงเจ้าหน้าที่เพียงคนเดียวก็สามารถเทน้ำยางลงสู่บ่อพักได้อย่างสบาย

4.7 ผลการประเมินการทำงานสถานีงานรับซื้อน้ำยางหลังการปรับปรุง

4.7.1 ผลค่าคะแนนท่าทางการทำงานสถานีงานรับซื้อน้ำยาง

ท่าทางการทำงานได้รับการประเมินอย่างละเอียดในทุกขั้นตอนหลังการปรับปรุงโดยให้ผู้ช่วยวิจัยทำการประเมินเพื่อให้ค่าที่ได้ออกมาเป็นกลาง และใช้โปรแกรม silicon coach เพื่อช่วยในการประเมินให้ค่าที่ได้มีความแม่นยำถูกต้องยิ่งขึ้น ผลการประเมินค่าคะแนนท่าทางการทำงาน ในทุกขั้นตอนการทำงานของเจ้าหน้าที่ประจำทั้ง 5 คน แสดงในตารางที่ 4.15 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.16 ผลการประเมินท่าทางการทำงานหลังปรับปรุง

ที่	ขั้นตอน	ค่าคะแนน RULA						
		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
1	เคลื่อนถังน้ำยางมายังตาชั่งที่อุปกรณ์ช่วย	7	6	6	7	6	6.4	0.55
2	ชั่งน้ำหนักตวงตัวอย่าง	3	3	3	3	3	3.0	0
3	เคลื่อนอุปกรณ์ช่วยไปยังบ่อพัก	3	3	3	3	3	3.0	0
4	เทน้ำยางสู่บ่อพักโดยอุปกรณ์ช่วย	3	3	3	3	3	3.0	0
Mean		4	3.75	3.75	4	3.75		
S.D.		2	1.5	1.5	2	1.5		

จากตาราง 4.15 จะเห็นว่าค่าคะแนนท่าทางการทำงานในขั้นตอนเคลื่อนถังน้ำยางมายังตาชั่งที่อุปกรณ์ช่วยมีค่าค่อนข้างสูง และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่บ้าง เป็นเพราะขั้นตอนนี้ไม่ได้สร้างอุปกรณ์ช่วย เนื่องจากมีความยุ่งยากมากในการออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถขนถังน้ำยางจากท้ายรถจักรยานยนต์โดยปราศจากการใช้แรงคนในการยก เพราะว่าสมาชิกแต่ละคนก็บรรทุกถังน้ำยางใส่ท้ายรถจักรยานยนต์ที่มีลักษณะแตกต่างกันทั้งความสูง ยี่ห้อ รุ่นของจักรยานยนต์ก็มีความแตกต่างกัน และการยกลงโดยแรงคนอาจสะดวกและง่ายกว่าสำหรับสมาชิกสหกรณ์ ค่าคะแนนท่าทางการทำงานขั้นตอนชั่งน้ำหนักตวงตัวอย่าง เคลื่อนอุปกรณ์ช่วยไปยังบ่อพัก เทน้ำยางสู่บ่อพักโดยอุปกรณ์ช่วยมีค่าคะแนนที่น้อยและลดลงจากเดิมมีผลมากจากอุปกรณ์ช่วยที่ได้ออกแบบ และการปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานที่เหมาะสม

4.7.2 ผลค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

การวัดค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังในขณะทำงาน (EMG) หลังการปรับปรุงสถานีงานของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 คน โดยการติด electrode ที่หลังส่วนบนทั้งด้านซ้ายและด้านขวา และหลังส่วนล่างทั้งด้านซ้ายและด้านขวา จากนั้นนำค่าที่วัดได้มาเปรียบเทียบกับค่าสัญญาณไฟฟ้าสูงสุด (MVE) ของแต่ละคน ผลการเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของเจ้าหน้าที่ทั้ง 5 คนแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.17 ค่าสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังหลังการปรับปรุง

กล้ามเนื้อ	เจ้าหน้าที่คนที่						
	1	2	3	4	5	mean	S.D.
Trapezius (left)							
MVE (μV)	98.01	95.98	93.72	93.19	90.98	94.37	2.69
EMG (μV)	18.91	16.15	16.06	15.33	23.62	18.01	3.41
(EMG / MVE) x 100(%)	19.29	16.82	17.13	16.45	25.96	19.13	3.97
Trapezius (right)							
MVE (μV)	93.00	102.81	94.49	103.67	99.75	98.74	4.81
EMG (μV)	18.15	18.07	23.36	15.94	29.63	21.03	5.53
(EMG / MVE) x 100(%)	19.51	17.57	24.72	15.37	29.70	21.37	5.79
Erector spinae (left)							
MVE (μV)	133.51	133.50	125.67	111.96	124.63	125.85	8.82
EMG (μV)	20.51	23.99	19.84	21.26	22.88	21.69	1.71
(EMG / MVE) x 100(%)	15.36	17.97	15.78	18.98	18.35	17.28	1.61
Erector spinae (right)							
MVE (μV)	127.93	144.33	132.25	120.80	138.02	132.66	9.05
EMG (μV)	22.69	28.54	24.68	22.28	20.89	23.81	2.96
(EMG / MVE) x 100(%)	17.73	19.77	18.66	18.44	15.13	17.94	1.73

จากตารางที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยของค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อขณะทำงาน (EMG) ต่อค่าเฉลี่ยสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังสูงสุด (MVE) คิดเป็นร้อยละแล้วมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 35 ทั้งหลังส่วนบนซ้ายขวา และหลังส่วนล่างซ้ายขวา โดยเฉลี่ยแล้วหลังส่วนล่างจะมีค่ามากกว่าหลังส่วนบน หลังส่วนล่างซ้ายตรงตำแหน่งกล้ามเนื้อ erector spinae จะมีค่ามากสุด และทุกตำแหน่งมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 35 เป็นสิ่งที่บ่งบอกว่าการปรับปรุงสถานีงานใหม่ได้ลดร้อยละของค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อขณะทำงาน (EMG) ต่อค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด (MVE) ให้เหลือน้อยกว่าร้อยละ 35 ซึ่งแปลว่าความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากการทำงานได้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ในการใช้กระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อหลัง

4.8 ผลการเปรียบเทียบการทำงานก่อนและหลังปรับปรุง

การเปรียบเทียบค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) และค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน จะใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบคู่ (paired comparison)

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$$

เมื่อ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการวัดผลก่อนปรับปรุงสถานีงาน

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการวัดผลหลังปรับปรุงสถานีงาน

โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบมีดังนี้

4.8.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนท่าทางการทำงาน

การเปรียบเทียบค่าคะแนนการทำงานก่อนและหลังปรับปรุงโดยนำค่าคะแนนท่าทางการทำงานมาใส่ในโปรแกรม minitab ดังแสดงในภาพที่ 4.34 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนท่าทางการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.17

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	ขั้นตอน 1	ขั้นตอน 2	ขั้นตอน 3	ขั้นตอน 4	ขั้นตอน 5	ขั้นตอน 6	mean ก่อน	S.D. ก่อน
1	7	7	7	3	7	7	6.33	1.63
2	6	7	6	3	6	7	5.83	1.47
3	6	7	6	3	6	7	5.83	1.47
4	7	7	7	3	7	7	6.33	1.63
5	6	7	6	3	6	7	5.83	1.47

↓	C11	C12	C13	C14	C15	C16
	ขั้นตอนที่ 1	ขั้นตอนที่ 2	ขั้นตอนที่ 3	ขั้นตอนที่ 4	mean หลัง	S.D. หลัง
1	7	3	3	3	4.00	2.0
2	6	3	3	3	3.75	1.5
3	6	3	3	3	3.75	1.5
4	7	3	3	3	4.00	2.0
5	6	3	3	3	3.75	1.5

ภาพที่ 4.34 ค่าคะแนนท่าทางการทำงานในโปรแกรม Minitab

ภาพที่ 4.34 แสดงการนำค่าคะแนนท่าทางการทำงานที่ประเมินได้มาใส่ในโปรแกรม minitab เพื่อช่วยในการประมวลผลค่าทางสถิติต่างๆ และเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงดังแสดงในตารางที่ 4.17 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนท่าทางการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน

ตารางที่ 4.18 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนท่าทางการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุง

	ค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA)		
	Mean	SD	t
ก่อนการปรับปรุงสถานีงาน	6.03	1.44	-
หลังการปรับปรุงสถานีงาน	3.85	1.53	27.44

จากตารางที่ 4.17 พบว่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนท่าทางการทำงานก่อนปรับปรุงสถานีงาน กับค่าเฉลี่ยของคะแนนท่าทางการทำงานหลังการปรับปรุงสถานีงาน มีค่ามากกว่า 0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนท่าทางการทำงานหลังปรับปรุงสถานีงานมีค่าน้อยกว่าก่อนการปรับปรุงสถานีงานอย่างมีนัยสำคัญ

4.8.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์กระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน (EMG) กับค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด (MVE) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน โดยนำค่าคะแนนท่าทางการทำงานมาใส่ในโปรแกรม minitab ดังแสดงในภาพที่ 4.35 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน (EMG) กับค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด (MVE) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงานของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างซ้ายดังแสดงในตารางที่ 4.18

↓	C1	C2	C3	C4
	Trapezius L(before)	Trapezius R(before)	Erector L(before)	Erector R(before)
1	52.04	37.01	46.13	48.76
2	36.51	43.55	44.52	39.70
3	43.82	49.38	52.00	45.20
4	36.96	47.65	57.29	48.93
5	36.44	51.83	50.46	45.76

↓	C6	C7	C8	C9
	Trapezius L(after)	Trapezius R(after)	Erector L(after)	Erector R(after)
1	19.29	19.51	15.36	17.73
2	16.82	17.57	17.97	19.77
3	17.13	24.72	15.78	18.66
4	16.45	15.37	18.98	18.44
5	25.96	29.70	18.35	15.13

ภาพที่ 4.35 ค่าร้อยละการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ EMG กับ MVE ใน minitab

ภาพที่ 4.35 แสดงการนำค่าคะแนนท่าทางการทำงานที่ประเมินได้มาใส่ในโปรแกรม minitab เพื่อช่วยในการประมวลผลค่าทางสถิติต่างๆ และเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง ตัวอย่างค่ากระแสไฟฟ้าของหลังส่วนล่างซ้ายก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงานดังแสดงในภาพที่ 4.36

Paired T-Test and CI: Erec L (before), Erec L (after)

```
Paired T for Erec L (before) - Erec L (after)

                 N   Mean  StDev  SE Mean
Erec L (before)  5  50.08   5.06     2.26
Erec L (after)   5  17.29   1.62     0.72
Difference       5  32.79   4.63     2.07


95% lower bound for mean difference: 28.38
T-Test of mean difference = 0 (vs > 0): T-Value = 15.84  P-Value = 0.000
```

ภาพที่ 4.36 ค่ากระแสไฟฟ้าของหลังส่วนล่างซ้ายก่อนและหลังปรับปรุง

จากภาพที่ 4.36 พบว่าผลต่างระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าของหลังก่อนปรับปรุงสถานีงานกับค่ากระแสไฟฟ้าของหลังหลังการปรับปรุงสถานีงานมีค่ามากกว่า 0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่ากระแสไฟฟ้าของหลัง หลังการปรับปรุงสถานีงานมีค่าน้อยกว่าก่อนการปรับปรุงสถานีงานอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.19 เปรียบเทียบค่า EMG กับ MVE ก่อนและหลังการปรับปรุง

ตำแหน่งของกล้ามเนื้อ	ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนการปรับปรุงสถานีงาน(%)		ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE หลังการปรับปรุงสถานีงาน(%)		t
	Mean	SD	Mean	SD	
Trapezius (Left)	47.52	7.77	19.33	4.01	8.59
Trapezius (Right)	42.29	8.82	21.17	5.90	4.18
Erector Spinae(Left)	50.08	5.06	17.29	1.62	15.84
Erector Spinae(Right)	45.67	3.74	17.95	1.74	13.13

จากตารางที่ 4.18 พบว่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนการปรับปรุงสถานีงานกับค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE หลังการปรับปรุงสถานีงานของกล้ามเนื้อหลังทั้ง 4 จุดที่ทำการวัด ได้แก่ 1. trapezius (left) 2. trapezius (right) 3. erector spinae (left) 4. erector spinae (right) มีค่ามากกว่า 0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่า

ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE หลังการปรับปรุงสถานีงานมีค่าน้อยกว่าก่อนการปรับปรุงสถานีงานอย่างมีนัยสำคัญ

4.8.3 ผลการเปรียบเทียบเวลาในการทำงาน

ผู้วิจัยได้ทำการจับเวลา การปฏิบัติงานของพนักงาน จำนวน 10 รอบการทำงานทั้งในแบบการปฏิบัติงานกับสถานีงานก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 คนเพื่อศึกษาถึงผลกระทบด้านเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานของพนักงานหลังการปรับปรุงสถานีงานว่าเป็นอย่างไร ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.20 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานก่อนและหลังการปรับปรุง

เจ้าหน้าที่คนที่	ก่อนการปรับปรุงสถานีงาน		หลังการปรับปรุงสถานีงาน	
	เวลารวมที่ใช้ในการปฏิบัติงานจำนวน 10 รอบการทำงาน (วินาที)	เวลารวมที่ใช้ในการปฏิบัติงานจำนวน 1 รอบการทำงาน (วินาที)	เวลารวมที่ใช้ในการปฏิบัติงานจำนวน 10 รอบการทำงาน (วินาที)	เวลารวมที่ใช้ในการปฏิบัติงานจำนวน 1 รอบการทำงาน (วินาที)
1	1104	110	445	45
2	1368	137	389	39
3	1062	106	418	42
4	1281	128	494	49
5	1184	118	376	38
เฉลี่ย		120		43

จากตารางที่ 4.28 สรุปได้ว่าหลังการปรับปรุงสถานีงานจะทำให้เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการปฏิบัติงานต่อ 1 รอบการทำงาน ลดลงจาก 120 วินาที เป็น 43 วินาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ดังนี้

$$= \frac{120-43}{120} \times 100$$

$$= 64.16$$

พบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการปฏิบัติงานต่อ 1 รอบการทำงานลดลงเท่ากับ 64 %

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการสำรวจสภาพปัญหา การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่สหกรณ์กองทุนสวนยางพิจิตร จำกัด อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลาเป็นตัวอย่าง จากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์พบว่าเจ้าหน้าที่ในสถานีงานรับซื้อน้ำยางมีค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถานีงานอื่น จึงเลือกที่จะทำการศึกษาและปรับปรุงสภาพการทำงานสถานีงานรับซื้อน้ำยาง และได้ใช้การประเมินท่าทางการทำงาน (RULA) และ ค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) ในการเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังปรับปรุง ซึ่งต้องการให้ค่าคะแนนท่าทางการทำงานดีขึ้นโดยใช้ประเมินท่าทางการทำงานทางการยศาสตร์ และต้องการให้การใช้กระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อหลังลดลง โดยใช้เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อในการวัดค่ากระแสไฟฟ้า

5.1 สรุปผลการวิจัย

การสำรวจสภาพปัญหาในการปฏิบัติงาน ของ เจ้าหน้าที่สหกรณ์กองทุนสวนยางพิจิตร จำกัด เกี่ยวกับการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกายจากการทำงานของเจ้าหน้าที่ การเข้าไปสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ทุกคน ในทุกสถานีงานต่างๆทั้งหมด จำนวน 10 คน โดยใช้แบบสำรวจสุขภาพของพนักงาน พบว่ามีจำนวนเจ้าหน้าที่ที่มีอาการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกายจำนวน 10 คน หรือเจ้าหน้าที่ทั้งหมดเคยมีอาการบาดเจ็บ เฉพาะผู้ที่มีอาการปวดหลังส่วนล่างมี 7 คน อาการปวดหลังส่วนบน 5 คน อาการปวดไหล่ 5 คน และอาการปวดต้นคอ 4 คน และจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าพนักงานที่มีอาการปวดหลังมากส่วนใหญ่มาจากสถานีงานรับซื้อน้ำยาง จากนั้นจึงสัมภาษณ์อีกครั้งโดยใช้ แบบสัมภาษณ์พนักงาน เพื่อวิเคราะห์หาค่าดัชนีความผิดปกติ (abnormal index: AI) ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ พบว่า เจ้าหน้าที่ที่มีค่าดัชนีความผิดปกติในระดับสูงกว่า คือ เจ้าหน้าที่ในสถานีงานรับซื้อน้ำยาง คำนวณค่าดัชนีความผิดปกติได้ค่าเฉลี่ย 3.35 ซึ่งหมายถึงจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข จึงจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงวิธีการทำงานของเจ้าหน้าที่ในสถานีงานรับซื้อน้ำยางเพื่อลดปัญหาการเจ็บปวดดังกล่าว

การใช้แบบประเมินท่าทางการทำงาน พบว่าสถานีรับซื้อน้ำยางมีค่าคะแนนท่าทางการทำงานมากที่สุด จึงทำการศึกษาและปรับปรุงสถานีงานตรงจุดนี้ การวิเคราะห์ปัญหาพบว่ามีปัญหาดังนี้ 1. ช่องกรองมีขนาดที่แคบเกินไปทำให้ต้องใช้เวลารอนานกว่าน้ำยางจะไหลผ่านได้หมด 2. การ

วางถังแกนนลอนเปล่าทิ้งไว้อย่างไม่เป็นระเบียบเกะกะทางเดินและเปลืองเนื้อที่ทำงาน 3. มีการยกซึ่งต้านกับแรงโน้มถ่วง เปลืองพลังงาน 4. ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมจากการก้ม ยก เท 5. ต้องใช้คนช่วยกันยกถึง 2 คนและออกแรงยกต้านแรงโน้มถ่วงมากในการเทน้ำยาง 6. ตาชั่งไม่เหมาะสมกับงานความสะดวก รวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำของการอ่านค่าและเสียเวลาในการปรับลูกตุ้ม และได้ทำการปรับปรุงดังนี้ 1. เปลี่ยนที่กรองให้มีช่องกรองที่กว้างและมีจำนวนหลายช่องกรองโดยขนาดของรูกรองยังคงเท่าเดิม 2. สร้างอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้ายเพื่อช่วยรับน้ำหนักแทนเจ้าหน้าที่และปรับท่าทางการทำงานในการเท 3. ปรับเปลี่ยนตาชั่งให้เหมาะสมกับการทำงาน 4. ปรับเปลี่ยนจุดจอดรถให้ใกล้กว่าเดิม 5. ย้ายการกรองมาที่บ่อทำยางแผ่นซึ่งจะอยู่ล่างบ่อพักน้ำยาง เพื่อให้น้ำยางจากบ่อพักน้ำยางซึ่งอยู่ที่สูงไหลมาตามท่อส่ง มาสู่ที่กรองที่ได้รับการออกแบบใหม่ได้ตามแรงโน้มถ่วงโดยไม่ต้องสูญเสียแรงในการยก เท กรอง

ค่าคะแนนเฉลี่ยการประเมินท่าทางการทำงานของเจ้าหน้าที่ทั้ง 5 คน ที่สถานีรับซื้อน้ำยางก่อนปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 6.03 คะแนน ซึ่งจะอยู่ในระดับ 3 แปลว่างานนั้นเริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมและรีบดำเนินการปรับปรุงลักษณะงาน แต่บางขั้นตอนมีค่ามากถึง 7 คะแนนซึ่งอยู่ในระดับ 4 แปลว่า งานนั้นมีปัญหาด้านการยศาสตร์ที่ต้องได้รับการปรับปรุงโดยทันที ซึ่งเป็นสิ่งที่ควรแก้ไขปรับปรุง หลังการปรับปรุงท่าทางการทำงานมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.85 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับ 2 แปลว่า งานนั้นควรได้รับการพิจารณา การศึกษาละเอียดขึ้นการออกแบบงานใหม่อาจมีความจำเป็น เมื่อเปรียบเทียบผลต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติ paired t-test พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนท่าทางการทำงาน หลังการปรับปรุงสถานีงานมีค่าน้อยกว่าก่อนปรับปรุงสถานีงานอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้า (EMG) ของกล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน 4 จุดได้แก่ trapezius ด้านซ้ายและขวา กล้ามเนื้อ erector spinae ด้านซ้ายและขวา มีค่า 47.52, 42.29, 50.08 และ 45.67% ของค่าสัญญาณไฟฟ้าสูงสุด (MVE) ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าสัญญาณไฟฟ้า (EMG) มีค่าเกิน 35% ของค่าสัญญาณไฟฟ้าสูงสุด (MVE) ซึ่งถือว่ามีความเสี่ยงอย่างมากถ้าปฏิบัติงานในระยะยาวอาจเป็นอันตรายได้ หลังการปรับปรุงสถานีงานค่าสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังขณะทำงานทั้ง 4 จุดมีค่า 19.33, 21.17, 17.29 และ 17.95% ซึ่งไม่เกิน 35% ของค่าสัญญาณไฟฟ้าสูงสุด (MVE) ถือว่าความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของหลังจากการใช้กระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อสามารถยอมรับได้

ผู้วิจัยได้ทำการจับเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานทั้งในแบบการปฏิบัติงานกับสถานีงานก่อนและหลังปรับปรุง ของเจ้าหน้าที่ประจำทั้ง 5 คน เพื่อศึกษาถึงผลกระทบด้านเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

ของพนักงานหลังการปรับปรุงสถานีงาน พบว่าหลังการปรับปรุงสถานีงานจะทำให้เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการปฏิบัติงานต่อ 1 รอบการทำงาน ลดลงจาก 120 วินาที เป็น 43 วินาที หรือลดลงเท่ากับ 64%

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาสภาพปัญหาต่างๆ โดยเฉพาะความเจ็บปวดไม่สบายของร่างกายขณะทำงาน ได้ใช้แบบสอบถามในการศึกษา ทำให้ข้อมูลที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนได้บ้าง ตามความคิดความรู้สึกของผู้ถูกสัมภาษณ์ หากมีการศึกษาทางการแพทย์ร่วมด้วยเช่น การตรวจร่างกาย การตรวจการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ การตรวจการทำงานของกล้ามเนื้อ จะช่วยให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยอาจมีจำนวนน้อย เนื่องจากประชากรที่มีอยู่มีน้อย หากสามารถขยายการศึกษาความเสี่ยงของการทำงานจากสมาชิกสหกรณ์กองทุนสวนยางกลุ่มอื่นๆ จะช่วยให้ข้อมูลมีความถูกต้องยิ่งขึ้น เวลาที่ใช้ในการทำการทดลองในแต่ละครั้งไม่มีความแน่นอน อาจเป็นผลให้ผลการทดลองที่ได้มามีความคลาดเคลื่อนได้บ้างในแต่ละครั้ง การศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบด้านเวลาการทำงานต่อผลการทดลองที่แตกต่างกันก็จะทำให้ผลการทดลองมีความถูกต้องยิ่งขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการสำรวจสภาพการทำงานของสหกรณ์การยางตำบลพิจิตร จังหวัดสงขลา โดยได้ทำการปรับปรุงสถานีงานรับซื้อน้ำยางโดยอาศัยหลักการทางการยศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้นำผลงานวิจัยไปใช้

1) ข้อมูลทางด้านขนาดสัดส่วนร่างกายของสมาชิกสหกรณ์การยาง เป็นฐานข้อมูลที่สำคัญในการออกแบบปรับปรุงอุปกรณ์ หรือสถานีงานอื่นๆต่อไป โดยที่การออกแบบครั้งต่อไปสามารถนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการออกแบบตามหลักการยศาสตร์ได้ทันที

2) สถานีงานที่ได้ปรับปรุงไปนั้นสามารถลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บได้ โดยสามารถลดท่าทางการทำงาน และการใช้กระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อที่มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บในระดับที่ยอมรับได้ว่ามีความปลอดภัยในการทำงาน

3) สมาชิกสหกรณ์การยางควรมีบันทึกเก็บสถิติการบาดเจ็บบริเวณต่างๆของร่างกาย อุบัติเหตุ และการขาดงานพร้อมสาเหตุต่างๆ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์พื้นที่การทำงานที่เป็นจุดเสี่ยง และจะช่วยในการเก็บข้อมูลให้ทราบถึงปัญหา และติดตามปัญหาได้ง่าย

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

การทำวิจัยทางการยศาสตร์ควรมีการสำรวจสภาพปัญหาก่อน เพื่อหากระบวนการทำงานที่มีปัญหา แล้วค่อยวิเคราะห์เชื่อมโยงผลกระทบของแต่ละด้านที่ทำให้เกิดปัญหา ควรใช้วิธีในการแก้ปัญหาโดยการปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานก่อนหากทำได้ เพราะจะสามารถลดปัญหาได้โดยง่าย ส่วนที่มีความจำเป็นไม่สามารถปรับเปลี่ยน จึงค่อยแก้ไขโดยการออกแบบอุปกรณ์ช่วยทางการยศาสตร์เท่าที่จำเป็น และการออกแบบควรให้เชื่อมโยงมาจากการวิเคราะห์ปัญหานั้นเพื่อแก้ไขปัญหานั้นได้ตรงจุด

บรรณานุกรม

[1] Kume, Y., Sato, N., 1999. “Biomechanical study on the postures in manual lifting tasks using cusp surface analysis.” *International Journal of Production Economics* vol. 60, pp. 411–420.

[2] Xiao, G.-B., Dempsey, P., Lei, L., Ma, Z.-H., Liang, Y.-X., 2004. “Study on musculoskeletal disorders in a machinery manufacturing plant.” *Journal of Occupational and Environmental Medicine* vol. 46, pp. 341–346.

[3] Punnett, L., 2000. “Editorial e commentary on proposed OSHA ergonomics program standard.” *J. Occup. Environ. Med.* Vol. 42 (10), pp. 970-981.

[4] Fathallah, F.A., Dempsey, P.G., Webster, B.S., 1998. “Cumulative trauma disorders in industry.” In: Karwowski, W., Salvendy, G. (Eds.), Ergonomics in Manufacturing: Raising Productivity through Workplace Improvement. Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, pp. 305–316.

[5] Duffy, V.G., Salvendy, G., 1999. “The impact of organizational ergonomics on work effectiveness” *Ergonomics* Vol. 42, pp. 614–637.

[6] Black, J.T. “Design and implementation of lean manufacturing systems and cells.” In: Irani, S.A. (Ed.), *Handbook of Cellular Manufacturing Systems*, New York. Wiley & Sons, 1999, pp. 453–496.

[7] Thun, J.-H.,Gr¨ oßler, A.,Miczka,S.,2007. “The impact of the demographic transition on manufacturing: effects of an ageing work force in German industrial firms.” *Journal of Manufacturing Technology Management* vol. 18(8), pp. 985–999.

[8] Al-Tuwaijri, Introductory report “beyond death and injuries: the ilo’s role in promoting safe and healthy jobs”. In: XVIII World Congress on Safety and Health at Work, June 2008, Seoul, Korea.

[9] Woolf, A.D., Pfleger, B., 2003. “Burden of major musculoskeletal conditions.” *World Health* (Org. 9), pp. 81.

[10] Brage, S., Nygard, J.F., Tellnes, G., 1998. “The gender gap in musculoskeletal-related long-term sickness absence in Norway.” *Scand. J. Social Med.* Vol. 26, pp. 34-43.

[11] McDiarmid, M., Oliver, M., Ruser, J., Gucer, P., 2000. “Male and female rate differences in carpal tunnel syndrome injuries: personal attributes of job tasks?” *Environ. Res.* 83, pp. 23-32.

[12] European Commission, “Statistical analysis of socio-economic costs of accidents at work in the European Union.” *European Commission*, July 2004. Luxembourg, pp. 69-74.

[13] Takala, J., Niu, S. Responses to the equity challenge in safety and health at work: improvement of working conditions in equitable bases. In: 27th International Congress on Occupational Health, 23-28 February 2003, Iguassu Falls, Brazil.

[14] De Luca, C.J., 1997. “The use of surface electromyography in biomechanics.” *J. Appl. Biomech.* Vol. 13, pp. 135–163.

[15] Frymoyer, J.W., Mooney, V., 1986. Current concepts review, occupational orthopaedics. *J. Bone Joint Surg.* Vol. 68A, pp. 469-474.

[16] Morse, T., 2005. “Trends in work-related musculoskeletal disorder reports by year, type and industrial sector: a captureerecapture analysis.” *Am. J. Ind. Med.* Vol. 48, pp. 40-49.

[17] Scientific Committee for Musculoskeletal Disorders of the International Commission on Occupational Health, 1996. “Musculoskeletal disorders: work related risk factors and prevention.” *Int. J. Occup. Environ.* Health vol. 2, pp. 239-246.

[18] Tissot, F., Messing, K., Stock, S., 2005. “Standing, sitting and associated working conditions in the Quebec population in 1998.” *Ergonomics* Vol. 48 (3), pp. 249–269.

[19] Norman, R., Wells, R., Neumann, P., Frank, J., Shannon, H., Kerr, M., Ontario Universities Back Pain Study (OUBPS) Group, 1998. “A comparison of peak vs. cumulative physical work exposure risk factors for the reporting of low back pain in the automotive industry.” *Clin. Biomech.* Vol. 13 (8), pp. 561–573.

[20] Takahashi, I., Kikuchi, S., Sato, K., Sato, N., 2006. “Mechanical load of the lumbar spine during forward bending motion of the trunk-a biomechanical study.” *Spine* Vol. 31 (1), pp. 18–23.

[21] Ferguson, S.A., Marras, W.S., 1997. “A literature review of low back disorder surveillance measures and risk factors.” *Clin. Biomech. (Bristol., Avon.)* Vol. 12 (4), pp. 211–226.

[22] Potvin, J.R., Norman, R.W., McGill, S.M., 1991. “Reduction in anterior shear forces on the L disc by the lumbar musculature.” *Clin. Biomech*. Vol. 6, pp. 88–96

[23] Gracovetsky, S., Farfan, H.F., Lamy, C., 1981. “The mechanism of the lumbar spine.” *Spine* Vol. 6, pp. 249–262.

[24] White, A., Panjabi, M. *Clinical Biomechanics of the Spine*, second ed. America: J.B. Lippincott Co., 1990, pp. 175-179.

[25] McGill, S.M., Norman, R.W., 1986. “Partitioning of the L4–L5 dynamic moment into disc, ligamentous, and muscular components during lifting.” *Spine* Vol. 11 (7), pp. 666–678.

[26] Bogduk, N. *Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum*, third ed. Churchill Livingstone: Edinburgh, Scotland, 1999, pp. 124.

[27] Sanders, M.M. & McCormick, E.J. (1993) *Human Factors in Engineering & Design 7th ed.* McGraw-Hill, NY. Chapter 8, pp. 225-231.

[28] Piligan,G.; Herbert, R.; Hearns,M.; Dropkin,J.; Landsbergis P. and Cherniack, M. “Evaluation and management of chronic work-related musculoskeletal disorders of the distal upper extremity.” *American Journal of Industrial Medicine*. Vol. 37, pp. 75–93 (2000).

[29] Kazerooni, H., 2002. Human power amplifier for lifting loads including apparatus for preventing slack in lifting cable. United States Patent (Patent) Internet: http://www.freepatentsonline.com/6886812.pdf, [May.12 2009].

[30] Pentikis, J., Lopez, M., Thomas, R., 2002. “Ergonomic evaluation of a government office building.” *Work: A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation* Vol. 18 (2), pp. 123–131.

[31] Wichansky, A.M., 2000. “Usability testing in 2000 and beyond.” *Ergonomics* Vol. 43 (7), pp. 998–1006.

[32] Westgaard, R.H., Winkel, J., 1996. “Guidelines for occupational musculoskeletal load as a basis for intervention: a critical review.” *Appl. Ergon*. Vol. 27 (2), pp. 79-88.

[33] Snook, S.H., 1978. “Design of manual handling tasks.” *Ergonomics* Vol. 21 (5), pp. 404–405.

[34] Sundelin, G., Hagberg, M., 1989. “The effects of different pause types on neck and shoulder emg activity during VDU work.” *Ergonomics* Vol. 32 (5), pp. 527–537.

[35] Schuldt, K. “On neck muscle activity and load reduction in sitting postures.” An electromyography and biomechanical study with applications in ergonomics and rehabiltation. Kinesiologisk. Doctoral thesis, Karolinska Institutet Stockholm, Sweden, 1988.

[36] Hedberg, G., 1987. Epidemiological and ergonomic studies of professional drivers. Arbetarskyddsverket, Solna, Sweden.

[37] Michael F., Rena A.N,Grant D.H, Lennart D., Danielle A., Heather R., (2004). “Elseveir,” *Applied Ergonomics*. 565-574.

[38] Piligan G.,Herbert, R. , Hearns,M.,Dropkin,J., Landsbergis,P., Cherniack,M. (2000). “Evaluation And Management Of Chronic Work Related Musculoskeletal Disorders Of The Distal Upper Extremity.” *American Journal Of Industrial Medicine* vol. 37, pp. 75-93.

[39] Breedveld, P., 2005. “Factors Influencing Perceived Acceptance and Success of Ergonomists within European Organizations.” RSM Erasmus University, Rotterdam.

[40] Eklund, J., 1995. “Relationships between ergonomics and quality in assembly work.” *Applied Ergonomics* vol. 26, pp. 15–20.

[41] Lin, L., 2001. Ergonomics and quality in paced assembly lines. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing* vol. 11, pp. 377–382.

[42] Falck, A.C., Ortengren, R., Hogberg, D., 2010. “The impact of poor assembly ergonomics on product quality: a cost–benefit analysis in car manufacturing.” *Human*

Factors and Ergonomics in Manufacturing and Service Industries vol. 20 (1), pp. 24–41.

[43] Hyer, N.L.,Wemmerl¨ ov, U. *Reorganising the Factory Competing through Cellular Manufacturing*. Portland: Productivity Press, 2002, pp. 514-529.

[44] Dias L.M.A & Coble R.J, 1996. "Implementation of Safety and Health on Construction Sites." *Proceeding of the First International Conference of CIB Working Commission W99*. Lisbon, 1996, pp. 203-317.

[45] Neumann, P. "Production Ergonomics Identifying and Managing Risk in the Design of High Performance Work Systems." Doctoral Thesis, Lund Technical University, Lund, Sweden, 2004.

[46] Marras W.S & Karwowski W. "Interventions, Controls And Applications." In: Occupational Ergonomics. *The Occupational Ergonomics Handbook (2nd Edition).* Taylor&Francis, London. 2006

[47] Rowan M.P & Wright P.C, 1995. "Ergonomics Is Good For Bussiness." *Mcb University Press Facilities,* Vol. 13, Number 8, July 1995 pp. 18-25.

[48] อิสรา ธีระวัฒน์สกุล 2542 *การศึกษาความเคลื่อนไหวและเวลา MOTION AND TIME STUDY* ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[49] นิธิดา จิรโชคนุเคราะห์. "การลดอาการปวดหลังส่วนล่างของพนักงานสาวผ้า: กรณีศึกษาโรงงานย้อมผ้าถักตัวอย่าง." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือม, 2549

[50] Intaranont, K. and K. Vanwonterghem. "Study of the Exposure Limits in Constraining Climatic Conditions for Strenuous Task: An Ergonomic Approach." A joint research project funded by the Commission of the European Communities, November 1993.

[51] McAtamney, L. And Corlett, E. "RULA: a Survey Method for the Investigation of Work-Related Upper Limb Disorders." Journal Applied Ergonomics. 24 (1993) : 91-99.

[52] สุทธิ์ ศรีบูรพา. *เออร์กอนอมิกส์: วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย*. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชันจำกัด มหาชน, 2540

[53] Pheasant, S.T. 1986. Body space: Anthropometry, ergonomics and design. London, UK: Taylor & Francis.

[54] ชูศักดิ์ เวชแพศย์. *อีเล็คโทรมัยโอกราฟีย์.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล, 2523.

[55] กัลยา วานิชย์บัญชา. *การวิเคราะห์สถิติ: สถิติเพื่อการตัดสินใจ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 4, 2542

[56] Yamane, Taro. *Statistics and Introductory Analysis*, 2nd Ed., New York: Harper and Row. 1967.

[57] Thailand industry “Hand Tool Ergonomics -Tool Design” อินเตอร์เน็ต: http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=16177&section=9&rcount=Y [4 ตุลาคม 2554]

[58] U.S. Department of Labor Occupational Safety & Health Administration “Power zone” อินเตอร์เน็ต: http://www.osha.gov/SLTC/etools/electricalcontractors/supplemental/principles.html [4 มกราคม 2554]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบสำรวจสุขภาพและสัมภาษณ์พนักงานเพื่อใช้ประเมินระดับความรุนแรงของปัญหา

แบบสำรวจสุขภาพพนักงาน

(MODIFIED FROM CERGO QUESTIONAIRE)

ประเภทของงาน/ แผนก/ ชื่อหัวหน้างานโดยตรง/ หน้าที่งาน

(ระบุ).....

อายุ.....ปี ได้มาทำงานในหน่วยงานนี้เป็นเวลา.....ปี/เดือน

1. ท่านเคยมีความเจ็บปวดบริเวณส่วนหลัง ส่วนแขน ส่วนข้อมือ หรือส่วนมือ บ้างไหม

☐ เคย ☐ ไม่เคย

ถ้าท่านตอบว่า <u>ไม่เคย</u> ให้ส่งคืนแบบสอบถามนี้ได้ทันทีโดยไม่ต้องตอบข้ออื่นๆ

ถ้าท่านตอบว่า <u>เคย</u> ให้ตอบคำถามต่อไปนี้ทุกข้อ

วงกลมบริเวณที่ท่านมีความปวดเมื่อย หรือเจ็บปวด บนรูปภาพต่อไปนี้

2. ความเจ็บปวดที่ท่านรู้สึกในข้อ 1 นั้น ท่านเจ็บมากในช่วงเวลา

☐ เช้า ☐ กลางวัน ☐ เย็น

ภาพที่ ก-1 แบบสำรวจสุขภาพพนักงาน [49-50]

3. ระดับความเจ็บปวดที่ท่านได้รับรู้สึกว่า

☐ พอทนได้ ☐ เจ็บปวดมาก

4. ขณะที่ท่านกำลังตอบแบบสอบถามอยู่ ความเจ็บปวดดังกล่าว

☐ หายไปหมดแล้ว ☐ ยังคงมีอยู่

5. ท่านรู้สึกเจ็บปวด

☐ เมื่อเร็วๆ นี้เอง ☐ เมื่อ 6 เดือนที่แล้ว

☐ เมื่อประมาณ 1 ปีที่แล้ว ☐ มากกว่า 1 ปี มาแล้ว

6. ท่านรักษาความเจ็บปวดของท่านอย่างไร

☐ ไม่ทำอะไรเลย ☐ การนวดด้วยยาและครีม ☐ ไปพบแพทย์เพื่อรักษา

7. การรักษาของท่าน

☐ หายขาด ☐ ไม่ดีขึ้นเลย ☐ เป็นๆ หายๆ

8. ท่านทำงานในหน้าที่ปัจจุบันโดย

☐ นั่งทำงานบนพื้น ☐ นั่งทำงาน

☐ ยืนทำงาน ☐ ทั้งนั่ง และยืนทำงาน

9. ท่านเล่นกีฬา หรือออกกำลังกายประเภทใดบ้างหรือไม่

☐ เล่น ☐ ไม่เล่น

ถ้าท่านเล่นให้ระบุประเภทกีฬา.....

10. ปกติท่านนอนหลับพักผ่อนที่บ้านในห้องปรับอากาศหรือไม่

☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

ภาพที่ ก-1 แบบสำรวจสุขภาพพนักงาน (ต่อ)

แบบสัมภาษณ์พนักงาน

(MODIFIED FROM CERGO QUESTIONAIRE)

ชื่อ-สกุล..... อายุ..... ปี เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

ความสูง.....เซนติเมตร น้ำหนักตัว.....กิโลกรัม

ได้มาทำงานในหน่วยงานนี้เป็นเวลา.....ปี.....เดือน

ได้มาทำงานในหน้าที่งานนี้มาเป็นเวลา.....ปี.....เดือน

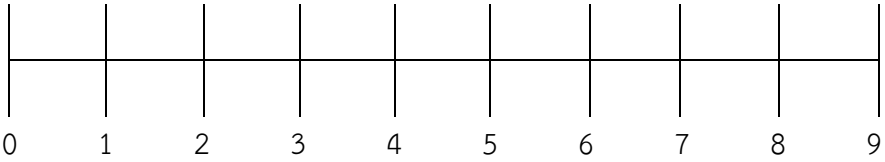
ระดับการศึกษาสูงสุด ☐ ประถมปีที่..... ☐ มัธยมปีที่..... ☐ ปวช. ☐ ปวส. ☐ ปริญญาตรี

มีครอบครัวแล้วหรือยัง ☐ มีแล้ว ☐ ยังไม่มี ถ้ามีครอบครัวแล้ว มีบุตร.....คน

ลักษณะครอบครัว ☐ แยกกันอยู่ ☐ หย่าขาดจากกัน ☐ ยังอยู่ด้วยกันเป็นปกติ

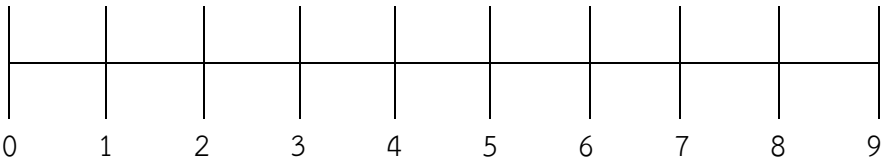
คู่สมรส ☐ ทำงานที่เดียวกัน ☐ แยกที่ทำงานกัน ☐ ทำงานที่บ้านเป็นแม่บ้าน

1. ความล้าโดยทั่วไป (general fatigue) จากการทำงาน



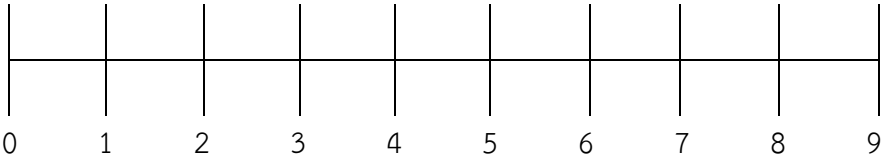
ระดับสบายมาก สุดแสนจะทรมาน

2. ความเสี่ยงต่อการเจ็บปวด บาดเจ็บ จากการทำงาน



ไม่เสี่ยงเลย มีความเสี่ยงสูงมาก

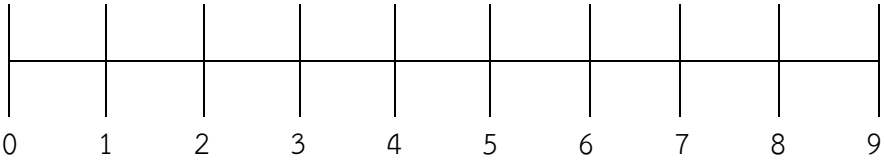
3. ระดับความสนใจต่องานที่ทำ



ไม่น่าสนใจเลย น่าสนใจมากที่สุด

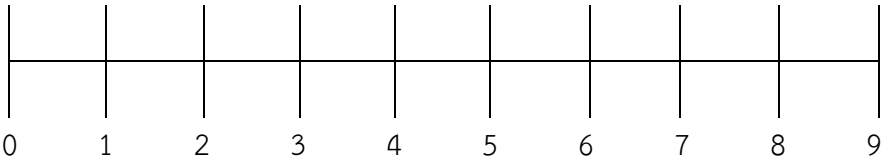
ภาพที่ ก-2 แบบสัมภาษณ์พนักงาน [49-50]

4. ความซับซ้อนของลักษณะงาน



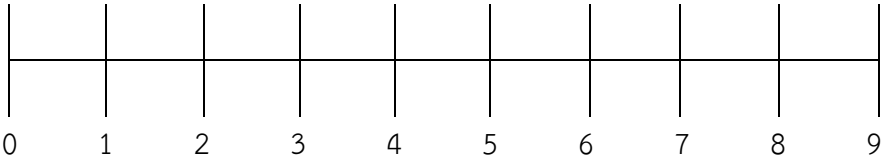
ไม่ซับซ้อนเลย ซับซ้อนจนเวียนหัว

5. ความยากง่ายของการทำงาน



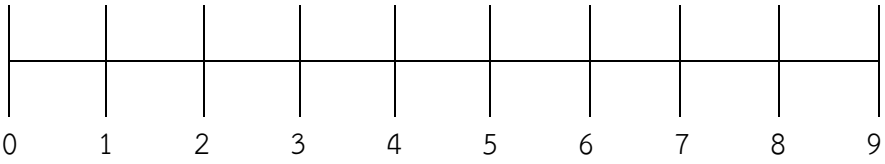
ง่ายมากที่สุด ยากมากที่สุด

6. จังหวะของการทำงาน



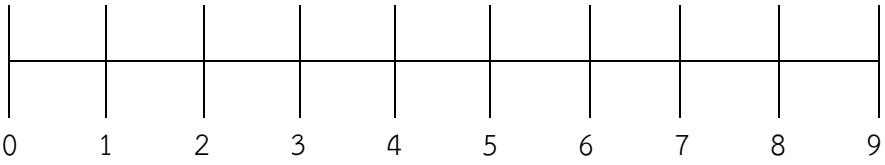
ไม่มีปัญหา มีปัญหามาก

7. ความรับผิดชอบในการทำงาน



ไม่ต้องรับผิดชอบ ต้องรับผิดชอบสูง

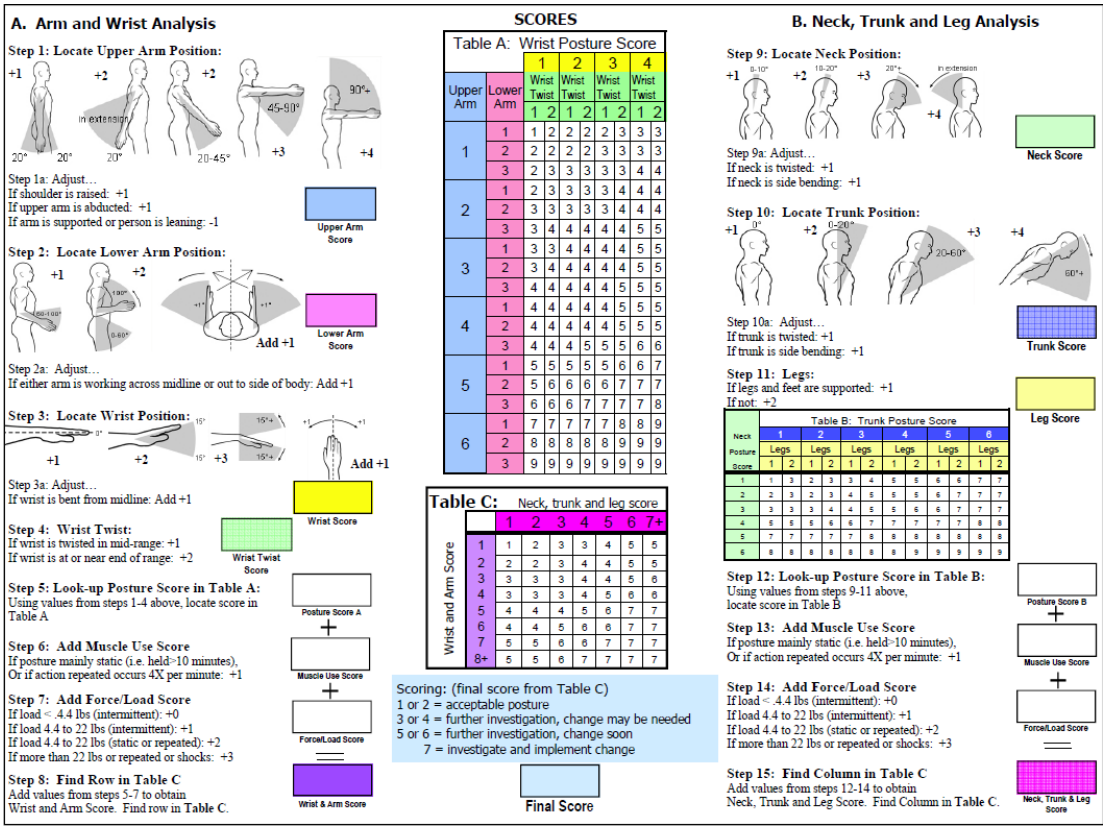
8. ความเป็นอิสระในการทำงาน



ต้องทำตามคำสั่งเท่านั้น จะทำงานอย่างไรก็ได้

ภาพที่ ก-2 แบบสัมภาษณ์พนักงาน (ต่อ)

ภาคผนวก ข
แบบประเมินท่าทางการทำงาน (RULA)



ภาพที่ ข-1 แบบประเมินท่าทางการทำงาน

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ท่าทางการทำงานโดยเทคนิควิธี Rapid Upper Limb Assessment

ขั้นตอนในการวิเคราะห์งานโดยใช้วิธีทางการยศาสตร์

การวิเคราะห์ท่าทางการทำงานจะใช้เทคนิควิธี Rapid Upper Limb Assessment (RULA) ขั้นตอนที่ 1 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนบน (upper arm) ดังแสดงในภาพที่ ค-1

1) ระดับของแขน การยกที่สูงขึ้น ระดับคะแนนที่ให้มากขึ้น คะแนนอยู่ระหว่าง 1-4

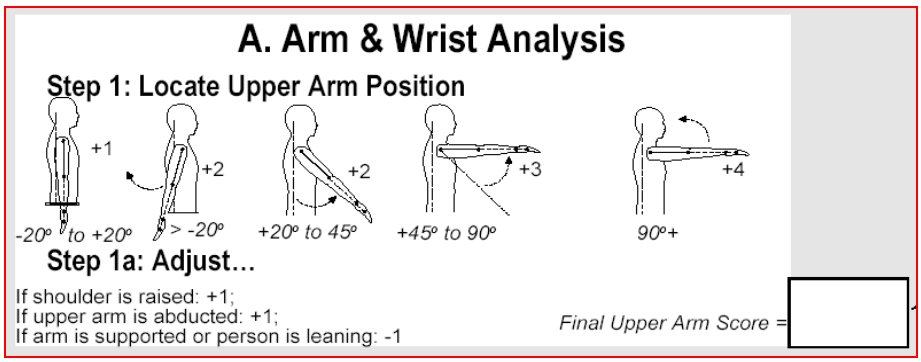
2) ถ้ามีการยกของไหล่ ให้บวกคะแนนเพิ่มอีก +1

3) ถ้ามีการกางแขน ให้บวกคะแนนเพิ่มอีก +1

4) ถ้าแขนมีที่รองรับหรือวางพาดอยู่ ให้ลบคะแนน -1

5) คะแนนสูงสุดของขั้นตอนนี้จะมีค่าไม่เกิน 6 คะแนน

6) ให้แยกการประเมินแขนซ้ายและขวา



ภาพที่ ค-1 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนบน (upper arm)

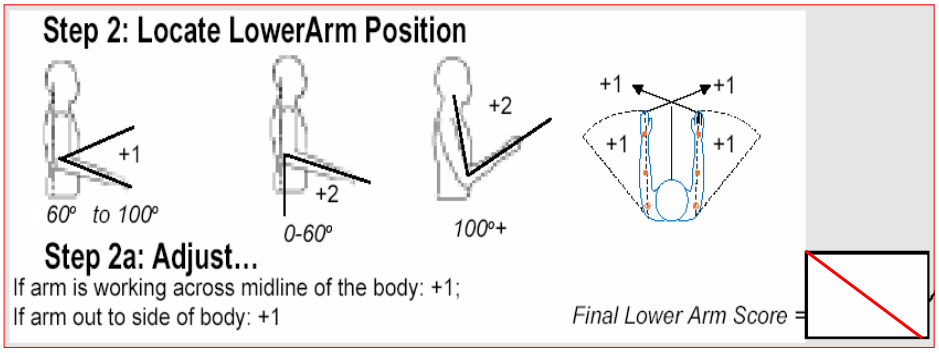
ขั้นตอนที่ 2 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนล่าง (lower arm หรือ forearm) ดังแสดงในภาพที่ ค-2

1) ระดับของแขนส่วนล่างควรอยู่ในแนวระดับขณะทำงาน หรืออยู่ในช่วงประมาณ 60-100 องศาวัดจากแนวดิ่ง ถ้ามุมของแขนส่วนล่างอยู่นอกช่วงดังกล่าว ให้คะแนน ตามรูปที่ 2 และ 3 จากซ้าย

2) ถ้ามีการทำงานไขว้แขนเลยแกนกลางลำตัว ให้บวกคะแนนเพิ่มอีก +1

3) ถ้ามีการทำงานในลักษณะกางแขนออกไปด้านข้างลำตัว ให้บวกคะแนนเพิ่มอีก +1

4) คะแนนสูงสุดในขั้นตอนนี้มีค่าไม่เกิน 3 คะแนน



ภาพที่ ค-2 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนล่าง (lower arm หรือ forearm)

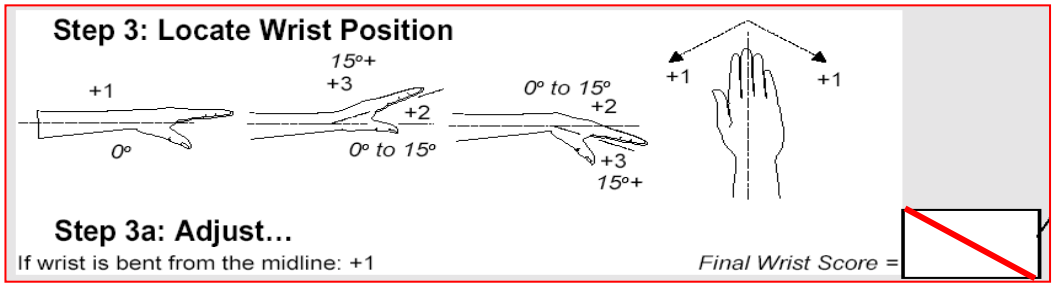
ขั้นตอนที่3 การประเมินตำแหน่งมือและข้อมือ (hand และ wrist) ดังแสดงในภาพที่ ค-3

1) ขณะทำงานข้อมือไม่ควรอยู่ในลักษณะตรง ไม่บิดงอ ดังแสดงในรูปที่ 1 จากซ้ายถ้าข้อมือมีการบิดงอจะให้คะแนนตามรูปที่ 2 (flexion) และ 3 (extension) จากซ้าย

2) ถ้ามีการทำงานที่เกิดการเบี่ยงข้อมือออก (deviation) ดังแสดงในรูปที่ 4 จากซ้ายในภาพที่ 3.6 ให้บวกคะแนนเพิ่มอีก +1

3) คะแนนสูงสุดในขั้นตอนนี้มีค่าไม่เกิน 4 คะแนน

4) ให้แยกประเมินระหว่างแขนซ้ายและขวา



ภาพที่ ค-3 การประเมินตำแหน่งมือและข้อมือ (hand และ wrist)

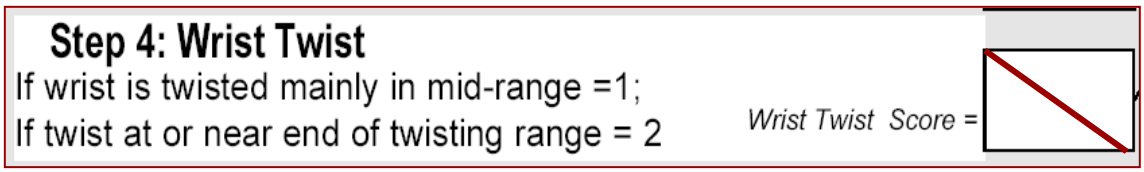
ขั้นตอนที่ 4 การประเมินการบิดข้อมือ (wrist twist) ดังแสดงในภาพที่ ค-4

1) ขณะทำงานข้อมือไม่ควรหมุน ถ้ามีการหมุนข้อมือให้คะแนนเป็น 1

2) ถ้ามีการทำงานที่หมุนข้อมือมากเกือบสุด ให้คะแนนเป็น 2

3) คะแนนสูงสุดในขั้นตอนนี้มีค่าไม่เกิน 2 คะแนน

4) ให้แยกประเมินระหว่างแขนซ้ายและขวา



ภาพที่ ค-4 การประเมินการบิดข้อมือ (wrist twist)

ขั้นตอนที่ 5 สรุปผลจากขั้นตอนที่ 1-4 โดยใช้ตารางวิเคราะห์ค่าคะแนนแขนและข้อมือ นำข้อมูลจากขั้นตอนที่ 1-4 ซึ่งเป็นผลจากการวิเคราะห์ท่าทางของแขนและมือในขณะทำงานมาเปิดค่าคะแนนรวมในตารางวิเคราะห์ค่าคะแนนแขนและข้อมือดังภาพที่ ค-5 จากนั้นสรุปคะแนนที่ได้ลงในช่องสรุปคะแนนรวมแขนและข้อมือ ดังแสดงในภาพที่ ค-6

UPPER ARM	LOWER ARM	WRIST POSTURE SCORE 1		2		3		4	
		TWIST 1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	4
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	5	5	5	6
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

ภาพที่ ค-5 ตารางวิเคราะห์ค่าคะแนนแขนและข้อมือ

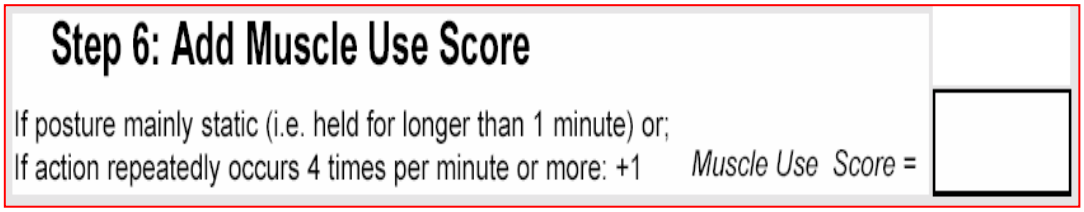
ภาพที่ ค-6 สรุปผลคะแนนแขนและข้อมือ

ขั้นตอนที่ 6 ประเมินระดับของการใช้แรงจากกล้ามเนื้อในการทำงาน ดังแสดงในภาพที่ ค-7

1) ถ้าการทำงานดังกล่าวมีลักษณะการใช้แรงจากกล้ามเนื้อแบบสถิต เช่น มีการใช้แรงโดยเกร็งกล้ามเนื้อต่อเนื่องนานกว่า 1 นาที ให้ใส่คะแนนเป็น 1

2) ถ้าการทำงานเป็นแบบซ้ำๆ โดยมีการเคลื่อนไหวกลับไปกลับมาเกินกว่า 4 ครั้งต่อนาทีหรือมากกว่า ให้บวกคะแนนเพิ่มอีก

3) คะแนนสูงสุดในขั้นตอนนี้มีค่าไม่เกิน 2 คะแนน



ภาพที่ 2.7 การประเมินระดับของการใช้แรงจากกล้ามเนื้อในการทำงาน

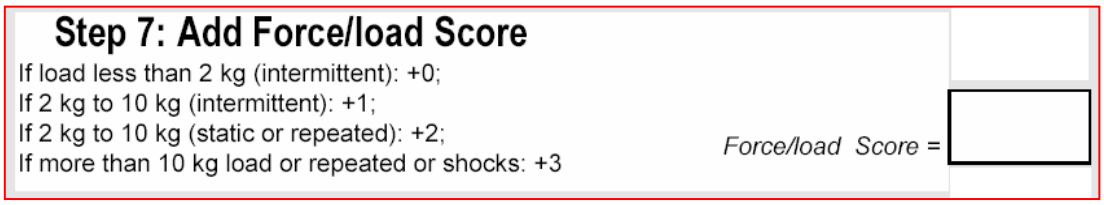
ขั้นตอนที่ 7 ประเมินภาระงานที่ทำ ดังแสดงในภาพที่ ค-8

1) ภาระงานที่ทำได้แก่แรงที่ใช้ หรือ น้ำหนักที่ถือ ถ้าน้อยกว่า 2 กิโลกรัม ให้คะแนนเป็น 0

2) ถ้าภาระงานอยู่ระหว่าง 2-10 กก. ถือหรือใช้แรงนานๆ ครั้ง ให้คะแนนเป็น 1

3) ถ้าภาระงานอยู่ระหว่าง 2-10 กก. ถือหรือใช้แรงตลอดเวลาหรือทำซ้ำไปมาบ่อยๆให้คะแนนเป็น 2

4) ถ้าภาระงานมากกว่า 10 กก. ถือหรือใช้แรงแบบสถิต หรือเคลื่อนที่ซ้ำไปมาบ่อยๆหรือ มีการใช้แรงทำงานอย่างรวดเร็ว ให้คะแนนเป็น 3



ภาพที่ ค-8 การประเมินภาระงานที่ทำ

ขั้นตอนที่ 8 สรุปผลคะแนนการวิเคราะห์ของแขนและมือ ดังแสดงในภาพที่ ค-9

รวมผลคะแนนจากขั้นตอนที่ 5 – 7 ไว้ในขั้นตอนนี้ เพื่อใช้เปิดตาราง C ในการประเมินผลร่วมกับร่างกายส่วนที่เหลือ

ภาพที่ ค-9 การสรุปผลคะแนนการวิเคราะห์ของแขนและมือ

ขั้นตอนที่ 9 การวิเคราะห์ท่าทางของศีรษะและคอ ดังแสดงในภาพที่ ค-10

1) ถ้ามุมก้มอยู่ระหว่าง 0-10 องศา ให้คะแนนเป็น 1

2) ถ้ามุมก้มอยู่ระหว่าง 10-20 องศา ให้คะแนนเป็น 2

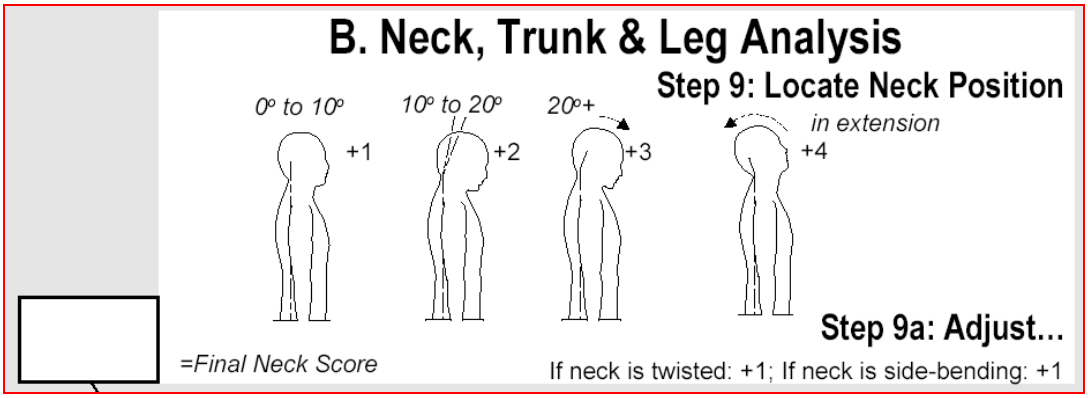
3) ถ้ามุมก้มมากกว่า 20 องศา ขึ้นไป ให้คะแนนเป็น 3

4) ถ้ามีการเงยศีรษะ ให้คะแนนเป็น 4

5) ถ้ามีการหมุน (twist) ศีรษะ ด้วย ให้คะแนนเพิ่มอีก +1

6) ถ้ามีการเอียงศีรษะไปด้านข้าง ให้คะแนนเพิ่มอีก +1

7) คะแนนสูงสุดในขั้นตอนนี้จะมีค่าไม่เกิน 6 คะแนน



ภาพที่ ค-10 การวิเคราะห์ท่าทางของศีรษะและคอ

ขั้นตอนที่10 การวิเคราะห์ตำแหน่งของลำตัว (trunk) ดังแสดงในภาพที่ ค-11

1) ลำตัวควรอยู่ในลักษณะที่ตั้งตรงเมื่อยืน หรือ ในกรณีการนั่งมีพนักพิงรองรับอย่างดีที่มุมเอียงไม่เกิน -20 องศา ให้คะนนเป็น 1

2) ลำตัวโน้มไปด้านหน้าระหว่าง 1-20 องศา ให้คะแนนเป็น 2

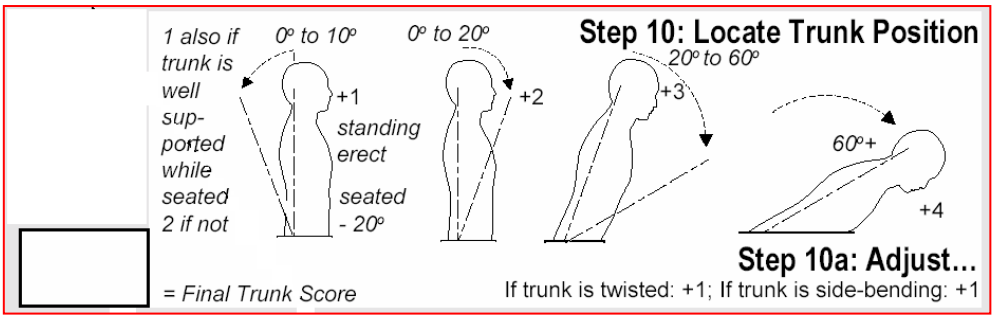
3) ลำตัวโน้มไปด้านหน้าระหว่าง 21-60 องศา ให้คะแนนเป็น 3

4) ลำตัวโน้มไปด้านหน้าระหว่างมากกว่า 60 องศา ให้คะแนนเป็น 4

5) ลำตัวมีการหมุน ให้คะแนนเพิ่มอีก +1

6) ลำตัวมีการเอียงไปด้านข้าง ให้คะแนนเพิ่มอีก +1

7) คะแนนสูงสุดในขั้นตอนนี้มีค่าไม่เกิน 6 คะแนน



ภาพที่ ค-11 การวิเคราะห์ตำแหน่งของลำตัว (trunk)

ขั้นตอนที่ 11 การประเมินท่าทางของขาและเท้า ดังแสดงในภาพที่ ค-12

1) ขาอยู่ในลักษณะสมดุลซ้ายขาวโดยเท้าวางบนพื้นที่มีการรองรับดีให้คะแนนเป็น 1

2) ถ้าไม่สมดุลหรือพื้นรองรับเท้าไม่ดี ให้คะแนนเป็น 2

3) คะแนนสูงสุดในขั้นตอนนี้ไม่เกิน 2 คะแนน

ภาพที่ ค-12 การประเมินท่าทางของขาและเท้า

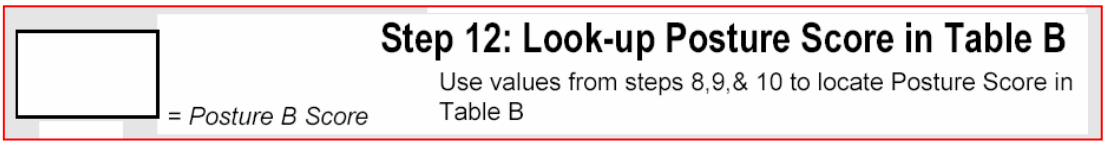
ขั้นตอนที่ 12 สรุปผลท่าทางการทำงานจากขั้นตอนที่ 9-11 ดังแสดงในภาพที่ ค-13 โดยใช้ตารางวิเคราะห์ค่าคะแนนคอ ลำตัว และขา

ตารางวิเคราะห์ค่าคะแนนคอ ลำตัว และขาเป็นการสรุปผลท่าทางของคอ ลำตัว ขาและเท้าโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 9-11 มาเปิดตารางวิเคราะห์ค่าคะแนนคอ ลำตัว และขาดังแสดงในภาพที่ ค-14

Trunk Posture Score

	1		2		3		4		5		6	
	Legs		Legs		Legs		Legs		Legs		Legs	
Neck	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

ภาพที่ ค-13 ตารางวิเคราะห์ค่าคะแนนคอ ลำตัว และขา



ภาพที่ ค-14 การสรุปผลค่าคะแนนคอ ลำตัว และขา

ขั้นตอนที 13 ประเมินระดับลักษณะการใช้แรงจากกล้ามเนื้อขา ดังแสดงในภาพที่ ค-15

1) เป็นการประเมินลักษณะการใช้แรงจากกล้ามเนื้อว่าเป็นไปในลักษณะใด แบบสถิตหรือแบบพลวัติด้วยความถี่มากน้อยขนาดไหน

2) ถ้ามีการใช้แรงจากกล้ามเนื้อในแบบสถิตเป็นเวลานานหรือการทำงานแบบใช้แรงซ้ำๆ ไปมา ด้วยความถี่ 4 ครั้งต่อนาทีหรือสูงกว่า ให้คะแนนเพิ่มอีก +1

ภาพที่ ค-15 การประเมินระดับลักษณะการใช้แรงจากกล้ามเนื้อขา

ขั้นตอนที่14 ประเมินระดับภาระงานจากน้ำหนักของหรือแรงที่ใช้ ดังแสดงในภาพที่ ค-16

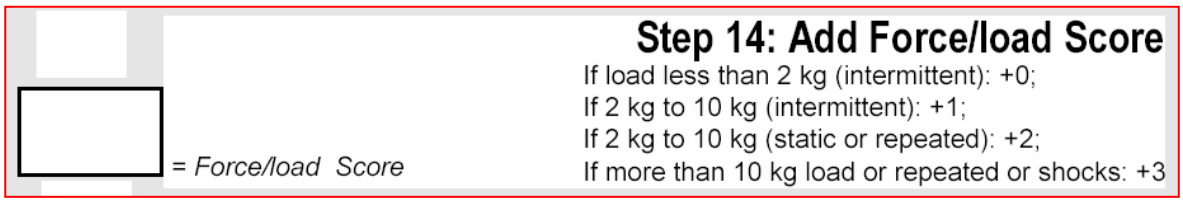
1) ให้พิจารณาแรงที่ใช้ในการทำงาน เช่น แรงผลัก แรงกด แรงดึง เป็นต้น ว่ามีค่ามากน้อยเพียงใด

2) ถ้าภาระงานที่ใช้มีค่าน้อยกว่า 2 กก. ทำเป็นนาน ๆ ครั้ง ให้คะแนนเป็น 0

3) ถ้าภาระงานที่ใช้มีค่าระหว่าง 2-10 กก. ทำเป็นครั้งคราว ให้คะแนนเป็น 1

4) ถ้าภาระงานที่ใช้มีค่าระหว่าง 2-10 กก. ออกแรงแบบสถิตหรือเกิดขึ้นซ้ำไปมาให้คะแนนเป็น 2

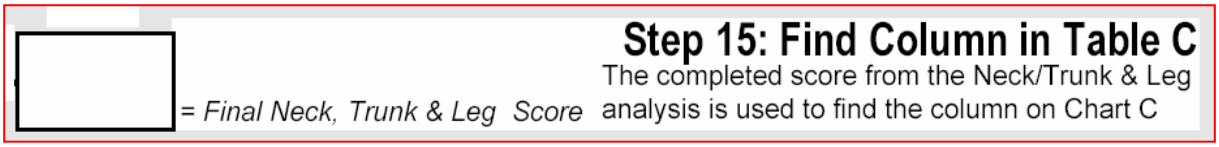
5) ถ้าภาระงานที่ใช้มีค่ามากกว่า 10 กก. ออกแรงแบบสถิต หรือเกิดซ้ำไปมาบ่อยๆหรือมีการออกแรงอย่างรวดเร็ว ให้คะแนนเป็น 3



ภาพที่ ค-16 การประเมินระดับภาระงานจากน้ำหนักของหรือแรงที่ใช้

ขั้นตอนที่ 15 สรุปผลการวิเคราะห์ ศีรษะ คอ ลำตัว ขา และเท้า ดังแสดงในภาพที่ 2.17

รวมคะแนนจากขั้นตอนที่ 12 ซึ่งได้จากการเปิดตารางวิเคราะห์ค่าคะแนนคอ ลำตัว และขา รวมกับคะแนนในขั้นตอนที่ 13 และ 14 คะแนนรวมที่ได้ใส่ไว้ในขั้นตอนนี้ เพื่อนำไปเปิดตารางสรุปผลของ RULA ในตารางสรุปคะแนนรวม



ภาพที่ ค-17 การสรุปผลค่าคะแนนคอ ลำตัว และขา

ขั้นตอนที่ 16 สรุปผลระดับคะแนนของ RULA ในตารางสรุปคะแนนรวม ดังแสดงในภาพที่ ค-18

1) นำค่าที่ได้ในขั้นตอนที่ 8 และขั้นตอนที่ 15 ไปใช้ในการเปิดตารางสรุปคะแนนรวม ช่องที่ตัดกันระหว่างคะแนนทั้งสอง ในตารางสรุปคะแนนรวมเป็นระดับคะแนนสุดท้ายของ RULA

2) คะแนน RULA จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1-7 คะแนนที่สูงกว่าหมายถึงความเสี่ยงต่อปัญหาด้านการยศาสตร์มีสูงกว่าด้วย

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

ภาพที่ ค-18 การสรุปผลระดับคะแนนของ RULA ในตารางสรุปคะแนนรวม

สรุปผลการวิเคราะห์งานโดยใช้ RULA

ระดับ 1 : คะแนน 1-2 งานนั้นยอมรับได้ แต่อาจเป็นมีปัญหาทางการยศาสตร์ได้ถ้ามีการทำงานดังกล่าวซ้ำๆ ต่อเนื่องเป็นเวลานานกว่าเดิม

ระดับ 2 : คะแนน 3-4 งานนั้นควรได้รับการพิจารณาการศึกษาละเอียดขึ้นและติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่อง การออกแบบงานใหม่อาจมีความจำเป็น

ระดับ 3 : คะแนน 5-6 งานนั้นเริ่มเป็นปัญหา ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมและรีบดำเนินการปรับปรุงลักษณะงานดังกล่าว

ระดับ 4 : คะแนนตั้งแต่ 7 ขึ้นไป งานนั้นมีปัญหาด้านการยศาสตร์ ที่ต้องได้รับการปรับปรุงโดยทันที

ภาคผนวก ง

ผลการประเมินคะแนนท่าทางการทำงาน

ตารางที่ ง-1 ขั้นตอนเคลื่อนถังน้ำยางมายังจุดกรองก่อนการปรับปรุง

ส่วนของร่างกาย		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
แขนส่วนบน	ซ้าย	2	1	1	1	1	1.2	0.45
	ขวา	1	2	2	2	2	1.8	0.45
แขนส่วนล่าง	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
ข้อมือ	ซ้าย	2	1	1	1	1	1.2	0.45
	ขวา	1	2	2	2	2	1.8	0.45
การหมุนข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางแขน ข้อมือ		3	3	3	3	3	3	0
คอ		1	1	1	1	1	1	0
ลำตัว		3	2	2	3	2	2.4	0.55
ขา		1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางคอ ลำตัว ขา		3	2	2	3	2	2.4	0.55
ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ		0	0	0	0	0	0	0
น้ำหนัก		3	3	3	3	3	3	0
คะแนนรวม แขน ข้อมือ		6	6	6	6	6	6	0
คะแนนรวม คอ ลำตัว ขา		6	5	5	6	5	5.4	0.55
คะแนนสรุป		7	6	6	7	6	6.4	0.55

ตารางที่ ง-2 ขั้นตอนกรองน้ำยางสู่ถังอลูมิเนียมก่อนการปรับปรุง

ส่วนของร่างกาย		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
แขนส่วนบน	ซ้าย	3	3	3	3	3	3	0
	ขวา	3	3	3	3	3	3	0
แขนส่วนล่าง	ซ้าย	3	3	3	3	3	3	0
	ขวา	3	3	3	3	3	3	0
ข้อมือ	ซ้าย	3	3	3	3	3	3	0
	ขวา	3	3	3	3	3	3	0
การหมุนข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางแขน ข้อมือ		4	4	4	4	4	4	0
คอ		3	2	2	3	2	2.4	0.55
ลำตัว		4	3	3	4	3	3.4	0.55
ขา		2	2	2	2	2	2	0
ค่าตารางคอ ลำตัว ขา		6	5	5	6	5	5.4	0.55
ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ		0	0	0	0	0	0	0
น้ำหนัก		3	3	3	3	3	3	0
คะแนนรวม แขน ข้อมือ		7	7	7	7	7	7	0
คะแนนรวม คอ ลำตัว ขา		9	8	8	9	8	8.4	0.55
คะแนนสรุป		7	7	7	7	7	7	0

ตารางที่ ง-3 ขั้นตอนเคลื่อนถังอลูมิเนียมไปยังตาชั่งก่อนการปรับปรุง

ส่วนของร่างกาย		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
แขนส่วนบน	ซ้าย	2	1	1	1	1	1.2	0.45
	ขวา	1	2	2	2	2	1.8	0.45
แขนส่วนล่าง	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
ข้อมือ	ซ้าย	2	1	1	1	1	1.2	0.45
	ขวา	1	2	2	2	2	1.8	0.45
การหมุนข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางแขน ข้อมือ		3	3	3	3	3	3	0
คอ		1	1	1	1	1	1	0
ลำตัว		3	2	2	3	2	2.4	0.55
ขา		1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางคอ ลำตัว ขา		3	2	2	3	2	2.4	0.55
ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ		0	0	0	0	0	0	0
น้ำหนัก		3	3	3	3	3	3	0
คะแนนรวม แขน ข้อมือ		6	6	6	6	6	6	0
คะแนนรวม คอ ลำตัว ขา		6	5	5	6	5	5.4	0.55
คะแนนสรุป		7	6	6	7	6	6.4	0.55

ตารางที่ ง-4 ขั้นตอนชั่งน้ำหนักและตวงตัวอย่างก่อนการปรับปรุง

ส่วนของร่างกาย		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
แขนส่วนบน	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
แขนส่วนล่าง	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
ข้อมือ	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
การหมุนข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางแขน ข้อมือ		3	3	3	3	3	3	0
คอ		2	1	1	2	1	1.4	0.55
ลำตัว		2	2	2	2	2	2	0
ขา		1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางคอ ลำตัว ขา		2	2	2	2	2	2	0
ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ		0	0	0	0	0	0	0
น้ำหนัก		0	0	0	0	0	0	0
คะแนนรวม แขน ข้อมือ		3	3	3	3	3	3	0
คะแนนรวม คอ ลำตัว ขา		2	2	2	2	2	2	0
คะแนนสรุป		3	3	3	3	3	3	0

ตารางที่ ง-5 ขั้นตอนเคลื่อนถังอลูมิเนียมไปยังบ่อพักก่อนการปรับปรุง

ส่วนของร่างกาย		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
แขนส่วนบน	ซ้าย	2	1	1	1	1	1.2	0.45
	ขวา	1	2	2	2	2	1.8	0.45
แขนส่วนล่าง	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
ข้อมือ	ซ้าย	2	1	1	1	1	1.2	0.45
	ขวา	1	2	2	2	2	1.8	0.45
การหมุนข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางแขน ข้อมือ		3	3	3	3	3	3	0
คอ		1	1	1	1	1	1	0
ลำตัว		3	2	2	3	2	2.4	0.55
ขา		1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางคอ ลำตัว ขา		3	2	2	3	2	2.4	0.55
ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ		0	0	0	0	0	0	0
น้ำหนัก		3	3	3	3	3	3	0
คะแนนรวม แขน ข้อมือ		6	6	6	6	6	6	0
คะแนนรวม คอ ลำตัว ขา		6	5	5	6	5	5.4	0.55
คะแนนสรุป		7	6	6	7	6	6.4	0.55

ตารางที่ ง-6 ขั้นตอนเทน้ำยางลงบ่อพักก่อนการปรับปรุง

ส่วนของร่างกาย		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
แขนส่วนบน	ซ้าย	4	2	2	2	2	2.4	0.89
	ขวา	2	4	4	4	4	3.6	0.89
แขนส่วนล่าง	ซ้าย	3	2	2	2	2	2.2	0.45
	ขวา	2	3	3	3	3	2.8	0.45
ข้อมือ	ซ้าย	3	1	1	1	1	1.4	0.89
	ขวา	1	3	3	3	3	2.6	0.89
การหมุนข้อมือ	ซ้าย	2	1	1	1	1	1.2	0.45
	ขวา	1	2	2	2	2	1.8	0.45
ค่าตาราง แขน ข้อมือ		5	5	5	5	5	5	0
คอ		4	3	3	3	3	3.2	0.45
ลำตัว		4	3	3	4	3	3.4	0.55
ขา		2	2	2	2	2	2	0
ค่าตาราง คอ ลำตัว ขา		7	5	5	6	5	5.6	0.89
ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ		0	0	0	0	0	0	0
น้ำหนัก		3	3	3	3	3	3	0
คะแนนรวม แขน ข้อมือ		8	8	8	8	8	8	0
คะแนนรวม คอ ลำตัว ขา		10	8	8	9	8	8.6	0.89
คะแนนสรุป		7	7	7	7	7	7	0

ตารางที่ ง-7 ขั้นตอนทำยางแผ่น

ส่วนของร่างกาย		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
แขนส่วนบน	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
แขนส่วนล่าง	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
ข้อมือ	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
การหมุนข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
ค่าตาราง แขน ข้อมือ		2	2	2	2	2	2	0
คอ		2	2	2	2	2	2	0
ลำตัว		2	2	2	2	2	2	0
ขา		1	1	1	1	1	1	0
ค่าตาราง คอ ลำตัว ขา		2	2	2	2	2	2	0
ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ		1	1	1	1	1	1	0
น้ำหนัก		1	1	1	1	1	1	0
คะแนนรวม แขน ข้อมือ		4	4	4	4	4	4	0
คะแนนรวม คอ ลำตัว ขา		4	4	4	4	4	4	0
คะแนนสรุป		4	4	4	4	4	4	0

ตารางที่ ง-8 ขั้นตอนรีดยางแผ่น

ส่วนของร่างกาย		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
แขนส่วนบน	ซ้าย	3	3	3	3	3	3	0
	ขวา	3	3	3	3	3	3	0
แขนส่วนล่าง	ซ้าย	3	3	3	3	3	3	0
	ขวา	3	3	3	3	3	3	0
ข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
การหมุนข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
ค่าตาราง แขน ข้อมือ		4	4	4	4	4	4	0
คอ		1	1	1	1	1	1	0
ลำตัว		3	3	3	3	3	3	0
ขา		1	1	1	1	1	1	0
ค่าตาราง คอ ลำตัว ขา		3	3	3	3	3	3	0
ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ		1	1	1	1	1	1	0
น้ำหนัก		0	0	0	0	0	0	0
คะแนนรวม แขน ข้อมือ		5	5	5	5	5	5	0
คะแนนรวม คอ ลำตัว ขา		4	4	4	4	4	4	0
คะแนนสรุป		5	5	5	5	5	5	0

ตารางที่ ง-9 ขั้นตอนตากยางแผ่น

ส่วนของร่างกาย		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
แขนส่วนบน	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
แขนส่วนล่าง	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
ข้อมือ	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
การหมุนข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางแขน ข้อมือ		3	3	3	3	3	3	0
คอ		2	2	2	2	2	2	0
ลำตัว		3	3	3	3	3	3	0
ขา		1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางคอ ลำตัว ขา		4	4	4	4	4	4	0
ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ		1	1	1	1	1	1	0
น้ำหนัก		0	0	0	0	0	0	0
คะแนนรวม แขน ข้อมือ		4	4	4	4	4	4	0
คะแนนรวม คอ ลำตัว ขา		5	5	5	5	5	5	0
คะแนนสรุป		5	5	5	5	5	5	0

ตารางที่ ง-10 ขั้นตอนขนถังแกนลอนน้ำยางจากจักรยานยนต์มายังอุปกรณ์ช่วยหลังการปรับปรุง

ส่วนของร่างกาย		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
แขนส่วนบน	ซ้าย	2	1	1	1	1	1.2	0.45
	ขวา	1	2	2	2	2	1.8	0.45
แขนส่วนล่าง	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
ข้อมือ	ซ้าย	2	1	1	1	1	1.2	0.45
	ขวา	1	2	2	2	2	1.8	0.45
การหมุนข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางแขน ข้อมือ		3	3	3	3	3	3	0
คอ		1	1	1	1	1	1	0
ลำตัว		3	2	2	3	2	2.4	0.55
ขา		1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางคอ ลำตัว ขา		3	2	2	3	2	2.4	0.55
ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ		0	0	0	0	0	0	0
น้ำหนัก		3	3	3	3	3	3	0
คะแนนรวม แขน ข้อมือ		6	6	6	6	6	6	0
คะแนนรวม คอ ลำตัว ขา		6	5	5	6	5	5.4	0.55
คะแนนสรุป		7	6	6	7	6	6.4	0.55

ตารางที่ ง-11 ขั้นตอนชั่งน้ำหนักจดบันทึกและตวงตัวอย่างน้ำยางหลังการปรับปรุง

ส่วนของร่างกาย		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
แขนส่วนบน	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
แขนส่วนล่าง	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
ข้อมือ	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
การหมุนข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางแขน ข้อมือ		3	3	3	3	3	3	0
คอ		2	2	2	2	2	2	0
ลำตัว		2	2	2	2	2	2	0
ขา		1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางคอ ลำตัว ขา		2	2	2	2	2	2	0
ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ		0	0	0	0	0	0	0
น้ำหนัก		0	0	0	0	0	0	0
คะแนนรวม แขน ข้อมือ		3	3	3	3	3	3	0
คะแนนรวม คอ ลำตัว ขา		2	2	2	2	2	2	0
คะแนนสรุป		3	3	3	3	3	3	0

ตารางที่ ง-12 ขั้นตอนเคลื่อนอุปกรณ์ช่วยไปยังบ่อพักน้ำยางหลังการปรับปรุง

ส่วนของร่างกาย		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
แขนส่วนบน	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
แขนส่วนล่าง	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
ข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
การหมุนข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางแขน ข้อมือ		3	3	3	3	3	3	0
คอ		1	1	1	1	1	1	0
ลำตัว		2	2	2	2	2	2	0
ขา		1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางคอ ลำตัว ขา		2	2	2	2	2	2	0
ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ		0	0	0	0	0	0	0
น้ำหนัก		0	0	0	0	0	0	0
คะแนนรวม แขน ข้อมือ		3	3	3	3	3	3	0
คะแนนรวม คอ ลำตัว ขา		2	2	2	2	2	2	0
คะแนนสรุป		3	3	3	3	3	3	0

ตารางที่ ง-13 ขั้นตอนเทน้ำยางจากอุปกรณ์ช่วยลงสู่บ่อพักน้ำยางหลังการปรับปรุง

ส่วนของร่างกาย		เจ้าหน้าที่คนที่					Mean	S.D.
		1	2	3	4	5		
แขนส่วนบน	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	3	3	3	3	3	3	0
แขนส่วนล่าง	ซ้าย	2	2	2	2	2	2	0
	ขวา	2	2	2	2	2	2	0
ข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
การหมุนข้อมือ	ซ้าย	1	1	1	1	1	1	0
	ขวา	1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางแขน ข้อมือ		3	3	3	3	3	3	0
คอ		1	1	1	1	1	1	0
ลำตัว		2	2	2	2	2	2	0
ขา		1	1	1	1	1	1	0
ค่าตารางคอ ลำตัว ขา		2	2	2	2	2	2	0
ลักษณะการใช้กล้ามเนื้อ		0	0	0	0	0	0	0
น้ำหนัก		0	0	0	0	0	0	0
คะแนนรวม แขน ข้อมือ		3	3	3	3	3	3	0
คะแนนรวม คอ ลำตัว ขา		2	2	2	2	2	2	0
คะแนนสรุป		3	3	3	3	3	3	0

ภาคผนวก จ

ชุดวัดกำลังกล้ามเนื้อสูงสุด

Jackson Strength Evaluation

ภาพที่ จ-1 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด

ภาพที่ จ-2 เครื่องอ่านค่ากำลังไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด

ภาคผนวก ฉ

ชุดวัดค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG

รูป ฉ-1 เครื่องขยายสัญญาณ รุ่น Mobi6-6b

รายละเอียดเครื่องขยายสัญญาณ

บริษัท: Twente Medical Systems International B.V.

รุ่น: Mobi6-6b

สัญญาณรบกวน (noise): <1.0 μVrms(ที่ความถี่การสุ่มเท่ากับ 128 เฮิรตซ์)

อัตราขยาย (gain): 19.5

ผลต่างของสัญญาณอินพุต (Input common mode range): -2 โวลต์/+2 โวลต์

อินพุตอิมพีแดนซ์ (Input impedance): >1012 โอห์ม

อัตราการลดสัญญาณชนิดคอมมอนโหมด (Common-mode rejection ratio (CMRR)): 100 เดซิเบล

ความแม่นยำ (accuracy): ±2%

ความละเอียด (Resolution): 24 บิต

ความถี่การสุ่ม (sample frequency): 128 เฮิรตซ์, 256 เฮิรตซ์, 512 เฮิรตซ์, 1024 เฮิรตซ์, 2048 เฮิรตซ์

รูปที่ ฉ-2 อิเล็กโทรด

รายละอียดของอิเล็กโทรด

ชนิดของอิเล็กโทรด: อิเล็กโทรดชนิดพื้นผิว

บริษัท: TYCO HEALTHCARE

รุ่น: Kendall / Tyco ARBO

ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำอิเล็กโทรด: ซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์ (Ag/AgCl)

ขนาดของอิเล็กโทรด: เส้นผ่านศูนย์กลาง 24 มิลลิเมตร

รูปร่างของอิเล็กโทรด: แผ่นกลม

ภาคผนวก ช

ตัวอย่างค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

ตารางที่ ช ตัวอย่างค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อ

1024 Hz

NTrapez L (μV)	Trapez R (μV)	Erector L (μV)	Erector L (μV)
1-459.64050292969	-2931.30151367188	-284.28488159180	-570.78778076172
2-520.40435791016	-3327.47558593750	-326.37542724609	-669.40356445313
3-486.72320556641	-3133.78076171875	-307.02020263672	-636.41217041016
4-439.53723144531	-2830.36157226563	-278.62234497070	-581.53442382813
5-393.80908203125	-2518.87231445313	-248.92671203613	-526.43743896484
6-349.84838867188	-2242.07568359375	-221.06813049316	-475.79306030273
7-311.00399780273	-1995.17480468750	-194.81610107422	-432.50646972656
8-282.67919921875	-1781.61486816406	-173.74732971191	-395.27645874023
9-264.79394531250	-1594.99511718750	-153.52316284180	-357.44451904297
10-245.67184448242	-1427.93493652344	-138.05603027344	-317.38150024414
11-219.29718017578	-1279.85595703125	-127.23546600342	-272.96939086914
12-206.20986938477	-1143.17602539063	-115.08235168457	-220.86981201172
13-193.22868347168	-1016.09802246094	-103.56681060791	-173.90129089355
14-165.55450439453	-912.65905761719	-89.53662109375	-139.58255004883
15-142.57386779785	-817.10589599609	-77.81231689453	-117.98580932617
16-121.49813842773	-738.17150878906	-68.33824157715	-99.30469512939
17-102.56042480469	-675.62890625000	-59.02247619629	-83.22085571289
18-99.16638946533	-618.68615722656	-52.59276962280	-72.96220397949
19-86.18520355225	-579.52166748047	-47.39125061035	-65.53829956055
20-70.62586975098	-531.60760498047	-44.14247512817	-59.08423614502
21-80.89321899414	-465.11688232422	-38.43819808960	-57.59249496460
22-91.76596832275	-406.02221679688	-34.20130538940	-59.42781448364
23-71.39479064941	-343.58828735352	-29.60952758789	-64.20225524902
24-57.14192581177	-271.38980102539	-25.68664169312	-67.68414306641
25-39.62897872925	-236.68833923340	-23.44076728821	-67.21617889404
26-23.81392097473	-216.18495178223	-23.53557777405	-67.71806335449
27-10.21516132355	-195.65373229980	-22.47700691223	-67.44754791260
28-0.29051974416	-183.17791748047	-21.68895149231	-67.07961273193
...	...	...	...	...

N	Infra L (μV)	Infra R (μV)	Erector L (μV)	Erector L (μV)
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
425443	29.97354698181	23.38509941101	1.44304430485	-3.56973958015
425444	35.10983276367	42.02489852905	1.49433648586	-3.01827383041
425445	26.80871009827	41.10723876953	1.83367478848	-1.74572789669
425446	23.74933624268	38.46950912476	0.55063658953	-1.44607508183
425447	20.85914421082	39.85730743408	-0.01363170333	-2.28719067574
425448	20.77150917053	33.64288330078	-0.40683093667	-1.97101116180
425449	19.75382041931	12.72111129761	-1.18145966530	-1.72311258316
425450	11.14978218079	-8.46551895142	-1.24545931816	-2.04364109039
425451	0.65019011497	-19.70924186707	-0.85319787264	-3.12700128555
425452	-6.33837509155	-20.39900970459	0.09073305130	-2.85170340538
425453	0.68694001436	-10.07207584381	0.88891482353	-4.04944515228
425454	3.90809941292	-7.96580791473	0.97399407625	-3.06741881371
425455	2.89628171921	-2.56466293335	1.56055140495	-2.14845442772
425456	3.93767333031	19.20344161987	2.47113013268	-0.99028956890
425457	13.73684310913	48.48765563965	0.49750962853	-3.01001071930
425458	29.74913406372	50.50868225098	0.12283483148	-3.80328607559
425459	27.73376274109	32.87178802490	-1.03600943089	-3.42534947395
425460	20.96113014221	17.78302574158	-0.43304783106	-1.31255769730
425461	11.34201240540	-2.59293222427	-1.42227733135	-3.85156106949
425462	-4.23689126968	-16.45742225647	0.08661500365	-1.20165574551
425463	-13.73162460327	-19.46569252014	1.73910915852	-0.20223304629

ภาพที่ ช ตัวอย่างกราฟแสดงค่าสัญญาณไฟฟ้าในกล้ามเนื้อ

ภาคผนวก ซ

การเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อทางสถิติ

Paired t-test EMG

Paired T-Test and CI: Trapezius L(before), Trapezius L(after)

```
Paired T for Trapezius L(before) - Trapezius L(after)

                      N   Mean  StDev  SE Mean
Trapezius L(before)   5  41.15   6.84     3.06
Trapezius L(after)    5  19.13   3.97     1.78
Difference            5  22.02   8.33     3.73


95% lower bound for mean difference: 14.08
T-Test of mean difference = 0 (vs > 0): T-Value = 5.91  P-Value = 0.002
```

ภาพที่ ซ-1 ผลเปรียบเทียบก่อนหลังค่าเฉลี่ย EMG หลังส่วนบนซ้าย

Paired T-Test and CI: Trapezius R(before), Trapezius R(after)

```
Paired T for Trapezius R(before) - Trapezius R(after)

                      N   Mean  StDev  SE Mean
Trapezius R(before)   5  45.88   5.81     2.60
Trapezius R(after)    5  21.37   5.80     2.59
Difference            5  24.51   5.42     2.42


95% lower bound for mean difference: 19.35
T-Test of mean difference = 0 (vs > 0): T-Value = 10.12  P-Value = 0.000
```

ภาพที่ ซ-2 ผลเปรียบเทียบก่อนหลังค่าเฉลี่ย EMG หลังส่วนบนขวา

Paired T-Test and CI: Erec L (before), Erec L (after)

```
Paired T for Erec L (before) - Erec L (after)

                   N   Mean  StDev  SE Mean
Erec L (before)    5  50.08   5.06     2.26
Erec L (after)     5  17.29   1.62     0.72
Difference         5  32.79   4.63     2.07


95% lower bound for mean difference: 28.38
T-Test of mean difference = 0 (vs > 0): T-Value = 15.84  P-Value = 0.000
```

ภาพที่ ซ-3 ผลเปรียบเทียบก่อนหลังค่าเฉลี่ย EMG หลังส่วนล่างซ้าย

Paired T-Test and CI: Erec R (before), Erec R (after)

```
Paired T for Erec R (before) - Erec R (after)

                 N   Mean  StDev  SE Mean
Erec R (before)  5  45.67   3.74     1.67
Erec R (after)   5  17.95   1.74     0.78
Difference       5  27.72   4.72     2.11


95% lower bound for mean difference: 23.22
T-Test of mean difference = 0 (vs > 0): T-Value = 13.13  P-Value = 0.000
```

ภาพที่ ซ-4 ผลเปรียบเทียบก่อนหลังค่าเฉลี่ย EMG หลังส่วนล่างขวา

ภาคผนวก ฌ

ผลการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายสมาชิกสหกรณ์ชาย

ตารางที่ ฌ ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของสมาชิกสหกรณ์ชาย(เซนติเมตร)

รายการวัดสัดส่วน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95
1.ความสูง	169.45	6.51	159.97	181.59
2.ความสูงระดับสายตา	159.63	6.97	145.91	171.56
3.ความสูงระดับไหล่	139.07	12.08	118.20	158.92
4.ความสูงระดับศอก	107.42	7.08	94.97	121.53
5.ความสูงระดับสะโพก	83.42	4.5	76.98	90.59
6.ความสูงระดับข้อนิ้ว	71.82	6.18	62.31	81.26
7.ความสูงระดับปลายนิ้ว	62.63	5.06	55.30	71.65
8.ความสูงนั่ง	90.68	3.69	84.38	97.62
9.ความสูงระดับสายตา(นั่ง)	77.44	2.94	73.20	82.35
10.ความสูงระดับไหล่(นั่ง)	60.01	2.5	55.78	63.44
11.ความสูงระดับศอก(นั่ง)	24.66	2.61	20.22	29.10
12.ความหนาต้นขา	15.45	1.53	12.57	17.60
13.ความยาวบั้นท้ายถึงหัวเข่า	57.12	2.49	52.67	60.96
14.ความยาวบั้นท้ายถึงข้อพับเข่า	48.83	3.65	40.91	55.31
15.ความสูงหัวเข่า	50.21	2.61	45.90	55.02

รายการวัดสัดส่วน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95
16.ความสูงข้อพับเข่า	40.76	2.47	36.52	44.62
17.ความกว้างไหล่(bi-deltoid)	43.62	1.99	39.54	47.13
18.ความกว้างไหล่(bi-acromial)	36.91	2.26	33.67	40.81
19.ความกว้างสะโพก	33.2	3.53	26.96	39.96
20.ความลึกทรวงอก	20.22	1.52	17.41	22.71
21.ความลึกช่องท้อง	20.66	2.39	16.40	25.44
22.ความยาวหัวไหล่ถึงศอก	36.86	1.61	34.13	40.45
23.ความยาวศอกถึงปลายนิ้ว	47.48	2.43	42.78	51.82
24.ความยาวแขน	76.27	3.62	69.31	83.47
25.ความยาวหัวไหล่ถึงปลายนิ้ว	67.75	2.99	61.69	71.93
26.ความยาวหัว	19.61	0.53	18.72	20.64
27.ความกว้างหัว	16.53	0.61	15.41	17.50
28.ความยาวมือ	18.72	4.19	11.63	26.54
29.ความกว้างมือ	8.27	0.34	7.67	8.85
30.ความยาวเท้า	25.43	1.17	22.92	27.31

รายการวัดสัดส่วน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95
31.ความกว้างเท้า	10.39	0.54	9.53	11.41
32.ช่วงกว้างของแขน	175.76	10.56	159.09	195.34
33.ช่วงกว้างของศอก	93.02	3.47	86.54	98.33
34.ความสูงเอื้อมถึงข้างบน (ยืน)	203.7	9.67	187.73	220.58
35.ความสูงเอื้อมถึงข้างบน (นั่ง)	122.59	10.4	103.71	140.86
36.ระยะเอื้อมไปข้างหน้า	77.1	3.84	70.00	84.35

ภาคผนวก ญ

ผลการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายสมาชิกสหกรณ์หญิง

ตารางที่ ญ ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของสมาชิกสหกรณ์หญิง (เซนติเมตร)

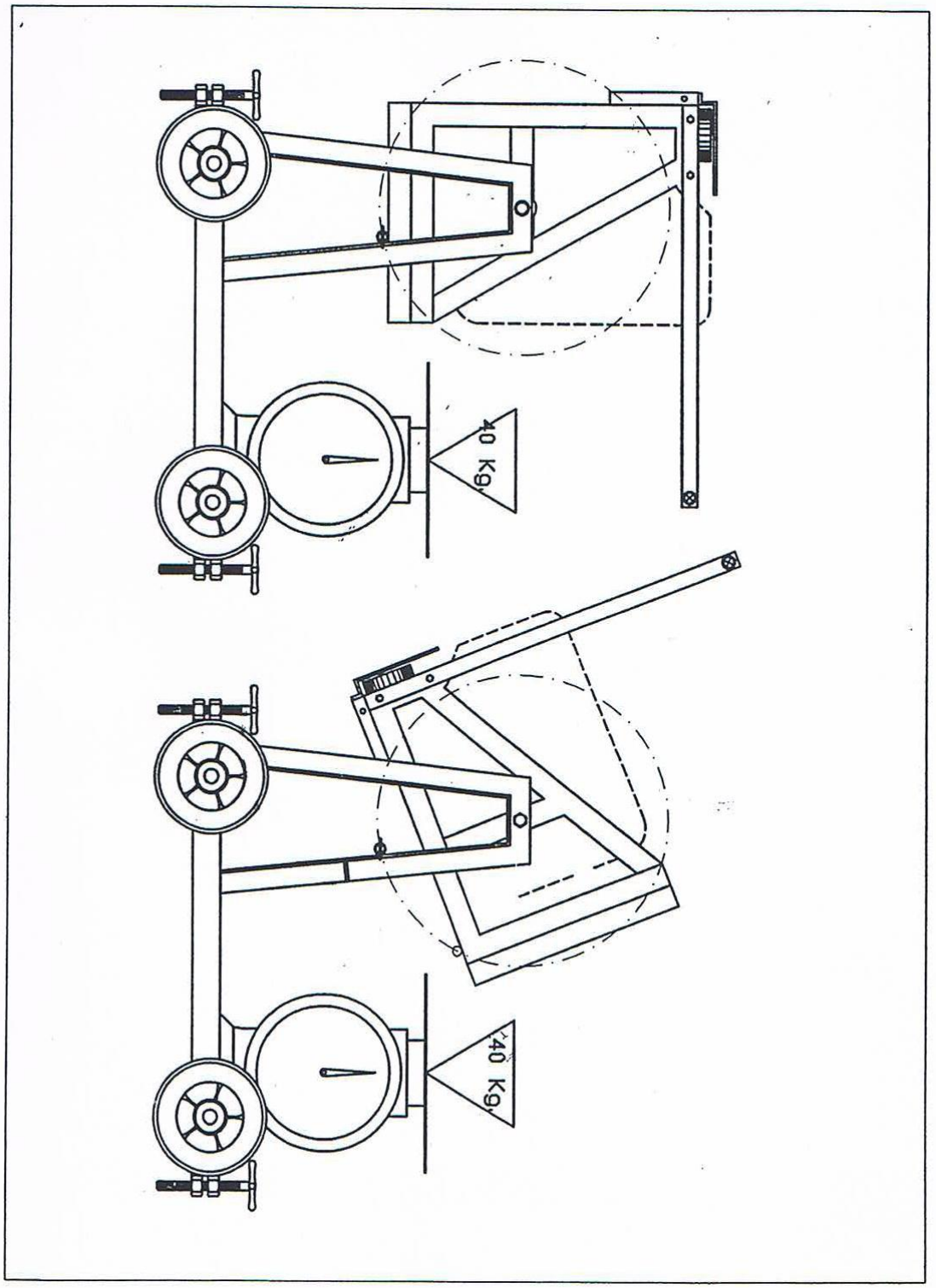
รายการวัดสัดส่วน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95
1.ความสูง	157.82	6.23	147.76	166.82
2.ความสูงระดับสายตา	145.84	4.35	137.96	153.12
3.ความสูงระดับไหล่	129.72	4.33	123.13	137.94
4.ความสูงระดับศอก	98.47	3.99	91.70	105.41
5.ความสูงระดับสะโพก	78.1	4.39	70.98	87.37
6.ความสูงระดับข้อนิ้ว	68.12	2.54	63.59	72.40
7.ความสูงระดับปลายนิ้ว	58.41	2.63	53.86	63.07
8.ความสูงนั่ง	83.47	3.83	76.66	90.06
9.ความสูงระดับสายตา(นั่ง)	73.91	3.13	67.95	79.13
10.ความสูงระดับไหล่(นั่ง)	57.19	3.55	50.13	63.07
11.ความสูงระดับศอก(นั่ง)	22.67	2.91	15.78	26.79
12.ความหนาต้นขา	13.35	1.43	10.99	16.23
13.ความยาวบั้นท้ายถึงหัวเข่า	55.33	2.06	52.27	58.56
14.ความยาวบั้นท้ายถึงข้อพับเข่า	44.68	3.62	38.54	50.56
15.ความสูงหัวเข่า	47.2	2.96	41.70	52.87

รายการวัดสัดส่วน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95
16.ความสูงข้อพับเข่า	38.66	2.1	34.73	41.51
17.ความกว้างไหล่(bi-deltoid)	39.3	1.94	36.39	43.43
18.ความกว้างไหล่(bi-acromial)	32.57	1.36	29.63	34.82
19.ความกว้างสะโพก	35.46	1.95	32.69	39.21
20.ความลึกทรวงอก	21.24	1.58	18.13	23.89
21.ความลึกช่องท้อง	18.16	1.22	15.93	19.99
22.ความยาวหัวไหล่ถึงศอก	33.2	2.19	28.17	36.85
23.ความยาวศอกถึงปลายนิ้ว	42.78	2.56	38.57	46.92
24.ความยาวแขน	72.92	3.44	68.05	79.26
25.ความยาวหัวไหล่ถึงปลายนิ้ว	62.25	2.6	57.33	66.38
26.ความยาวหัว	17.88	0.92	15.97	19.36
27.ความกว้างหัว	14.76	0.86	13.45	16.15
28.ความยาวมือ	16.86	0.79	15.54	18.27
29.ความกว้างมือ	7.46	0.45	6.63	8.23
30.ความยาวเท้า	22.85	1.16	20.80	25.15

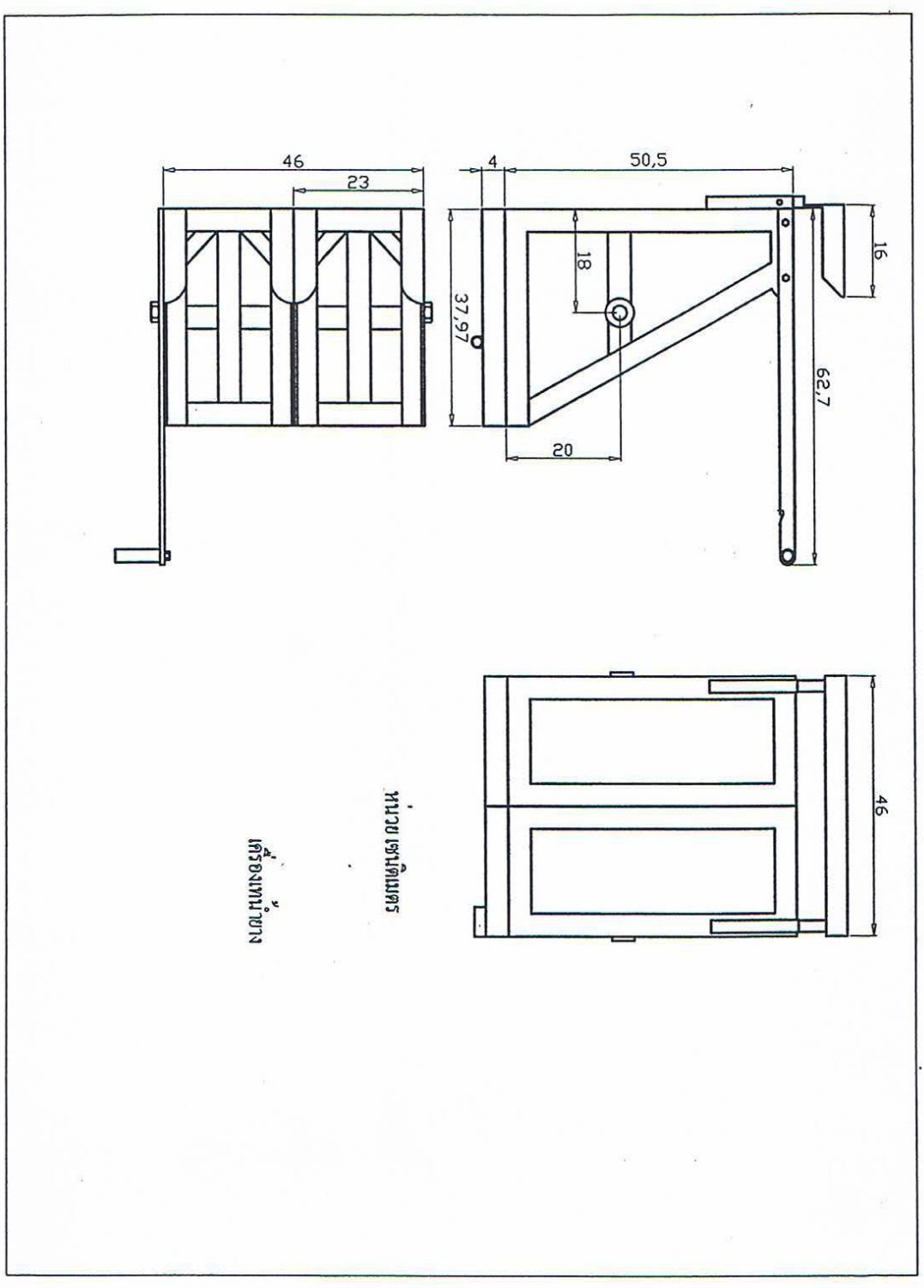
รายการวัดสัดส่วน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95
31.ความกว้างเท้า	9.15	0.69	7.77	10.55
32.ช่วงกว้างของแขน	163.83	8.07	148.63	179.11
33.ช่วงกว้างของศอก	84.75	4.47	78.23	93.54
34.ความสูงเอื้อมไปข้างบน (ยืน)	186	7.83	167.86	197.63
35.ความสูงเอื้อมไปข้างบน (นั่ง)	112.71	7.49	99.48	125.45
36.ระยะเอื้อมไปข้างหน้า	70.15	3.53	63.62	75.64

ภาคผนวก ฎ

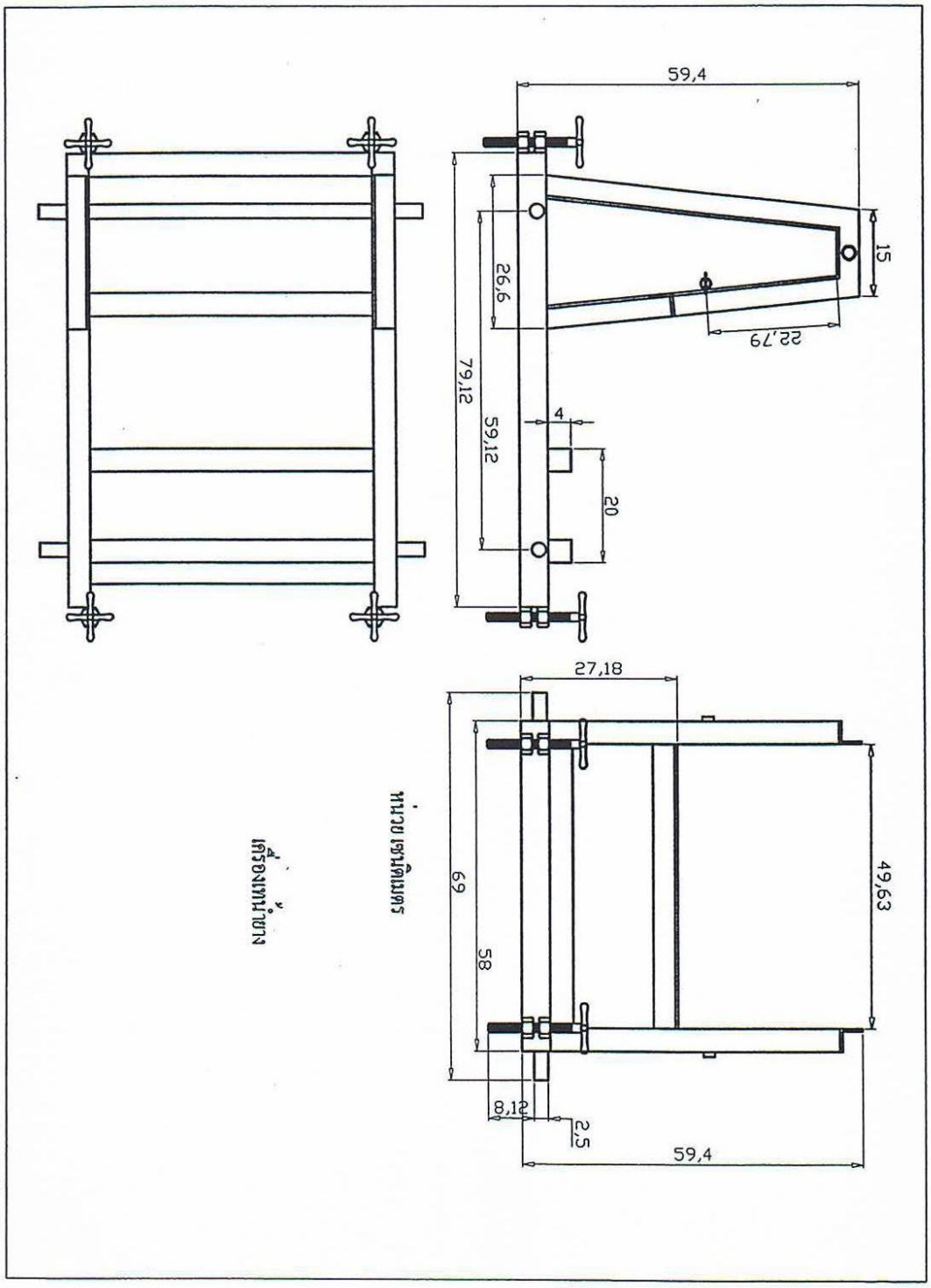
แบบโครงร่างของอุปกรณ์ช่วย



ภาพที่ ฎ แบบโครงร่างของอุปกรณ์ช่วย



ภาพที่ ฎ แบบโครงร่างของอุปกรณ์ช่วย (ต่อ)



ภาพที่ ฎ แบบโครงร่างของอุปกรณ์ช่วย (ต่อ)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายนิธิเศรษฐ เพชรจู

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5010120139

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การแพทย์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2550

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

นิธิเศรษฐ เพชรจู องุ่น สังขพงศ์ และกลางเดือน โพชนา, 2554, “การปรับปรุงสถานีงานโดยใช้การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายและหลักการทางการยศาสตร์ของสมาชิกสหกรณ์การยางจังหวัดสงขลา: กรณีศึกษาสหกรณ์ สกย. ตำบลพิจิตร จำกัด” เอกสารการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2554, 20–21 ตุลาคม 2554, ชลบุรี