



## ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมความปลอดภัย

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การลดอาการปวดหลังส่วนล่าง ของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทราย  
โดยใช้หลักการยศาสตร์: กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

Low Back Pain Reduction of Molding Process Workers Utilizing Principles  
of Ergonomics: A Case Study of a Vehicle Part Factory

นามผู้วิจัย นางสาวณัฐริยา เบ้าทอง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์จเร เลิศสุดวิชัย, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( รองศาสตราจารย์ยงยศชัย นรเรเทิงจิตร, Ph.D. )

ประธานสาขาวิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนนต์ วงษ์เกษม, M.S. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์วินัย ออจกหาญ, M.A. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 4 เดือน เมษายน พ.ศ. 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การลดอาการปวดหลังส่วนล่าง ของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทรายโดยใช้หลักการยศาสตร์:  
กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

Low Back Pain Reduction of Molding Process Workers Utilizing Principles of Ergonomics:  
A Case Study of a Vehicle Part Factory

โดย

นางสาวณัฐริยา เป้าทอง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย)

พ.ศ. 2551

ณัฐริยา เบ้าทอง 2551: การลดอาการปวดหลังส่วนล่าง ของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทราย โดยใช้หลักการยศาสตร์: กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย) สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์เร เลิศสุดวิชัย, Ph.D. 117 หน้า

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อลดระดับอาการปวดหลังส่วนล่างเนื่องจากการทำงาน ของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทราย ของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ จากการสำรวจสุขภาพพนักงานจำนวน 120 คน พบว่า ร้อยละ 80 ของพนักงานทั้งหมด มีอาการปวดจากการทำงาน เมื่อพิจารณาเฉพาะผู้ที่ปวดสรุปได้ว่า ร้อยละ 94.8 ปวดหลังส่วนล่าง แผนกที่ปวดมากที่สุดคือแผนกขึ้นรูปแบบทราย (งานตรวจสอบแบบทราย) และในแผนกนี้มีค่าดัชนีความผิดปกติ (Abnormality Index; AI) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแผนกอื่นๆ คือ มีค่าเฉลี่ย  $3.89 (\pm 0.14)$  จากการประเมินคะแนนท่าทางการทำงาน (Rapid upper Limb Assessment; RULA) มีค่า  $7 (\pm 0)$  คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับที่ต้องมีการศึกษาเพื่อปรับปรุงการทำงานทันที การศึกษานี้ใช้อาสาสมัครจำนวน 6 คน ที่มีอายุ น้ำหนัก และความสูงเฉลี่ย  $28.3 (\pm 3.61)$  ปี  $62 (\pm 4.19)$  กก. และ  $169.6 (\pm 3.77)$  ซม. ตามลำดับ โดยได้วัดค่าสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyography; EMG) ขณะทำงาน 4 จุด ได้แก่ Infraspinatus ด้านซ้ายและขวา กล้ามเนื้อ Erector spinae ด้านซ้ายและขวา มีค่า 22.29, 19.6, 41.39 และ 16.25% ของค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด (Maximum Voluntary Electromyography; MVE) ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่า EMG ในตำแหน่ง Erector spinae ด้านซ้ายมีค่าเกิน 35% ของค่า MVE ซึ่งหากปฏิบัติงานในระยะยาวอาจเป็นอันตรายได้จากการศึกษาท่าทางในการทำงานพบว่า อาการปวดหลังส่วนล่างมาจากท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม จึงได้ปรับปรุงสถานีงานใหม่ ให้มีที่พักมือเพื่อแบ่งรับภาระจากกล้ามเนื้อหลัง และจัดให้มีการพิมพ์หมายเลขด้วยระบบอัตโนมัติที่แบบทรายแทนการเขียนด้วยมือ จากนั้นให้พนักงานปฏิบัติในสถานีงานที่ได้ปรับปรุงใหม่เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ค่า AI ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยลดลงเป็น  $1.70 (\pm 0.23)$  หรือลดลง 56.2% และคะแนน RULA ลดลงเป็น  $3 (\pm 0)$  หรือลดลง 57.1% และค่า EMG ขณะทำงานทั้ง 4 จุดมีค่า 25.79, 21.83, 24.12 และ 17.23% ซึ่งไม่เกิน 35% ของค่า MVE ซึ่งหมายถึงภาระการทำงานของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างลดลงเมื่อทำงานในสถานีงานที่ปรับปรุงใหม่

B. Natay.

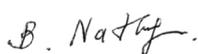
ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

25 / 3 / 51

Nathareeya Baotong 2008: Low Back Pain Reduction of Molding Process Workers Utilizing Principles of Ergonomics: A Case Study of a Vehicle Part Factory. Master of Engineering (Safety Engineering), Major Field: Safety Engineering, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Assistant Professor Charay Lerdsudwichai, Ph.D. 117 pages.

The main purpose of this research was to reduce the level of low back pain of workers in the Molding process of a vehicle part factory. As the results of health survey from 120 workers, 80% of them had some pains from work. Considering only the painful workers, 94.8% were on the lower back. The workers of the Molding process (Mold check job) had most low back pain. Also, the workers in this process gained the maximum Abnormality index (AI) comparing to other processes. This process had the average value of AI of 3.89 ( $\pm 0.14$ ). Rapid Upper Limb Assessment (RULA) was also used to evaluate the subjects working posture. After carefully consideration of the working postures, the average RULA value of 7 ( $\pm 0$ ) was found which indicates that investigation and improvement should be made to reduce this value. Six volunteers was participated in this research. The average age, weight and height were 28.3 ( $\pm 3.61$ ) years, 62 ( $\pm 4.19$ ) Kgs and 169.6 ( $\pm 3.77$ ) cms, respectively. Also the surface Electromyography (EMG) was used to measure the activities of the related muscles for 4 points consisted of left and right Infraspinaus and left and right Erector spinae. The percentages of the working EMG comparing to the Maximum Voluntary Electromyography (MVE) were 22.29, 19.6, 41.39 and 16.25%, respectively. It was found that average of EMG at the left Erector spinae was higher than 35% of MVE, which was considered dangerous for long period operation by most previous reported research publication. The higher muscle contraction was form the improper working posture caused by the physical environments. Therefore, the work station in this process must be improved by putting on the hand rest in order to reduce the contraction of the Erector spinae. Also, an automatic labeling was introduced instead of manual writing in Molding process. After improving of this workstation, it was tested by the volunteers for 6 weeks before the evaluation. The new workstation enable the workers with more convenience during working and it found that the average AI value decreased significantly ( $p < 0.05$ ) to 1.70 ( $\pm 0.23$ ) or 56.2% reduction. The RULA are also evaluated and it was low to the average of 3.0 ( $\pm 0$ ) or 57.1% reduction. For the EMG of the 4 muscles, the percentages of working EMG are 25.79, 21.83, 24.12 and 17.23% of MVE, respectively, which was less than 35% of MVE. This situation indicated that the measured muscle worked less.



Student's signature



Thesis Advisor's signature

25 / 3 / 08

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จเร เลิศสุขวิชัย อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์หลักและ รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทึงจิตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่  
ให้คำปรึกษาในการค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์และ  
กราบขอบพระคุณอาจารย์ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้  
สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณสุพรชัย รัตนสินธวังศ์ ผู้จัดการฝ่ายผลิต อาจารย์และเจ้าหน้าที่  
ห้องปฏิบัติการการยศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่เป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ณัฐริยา เบ้าทอง  
กุมภาพันธ์ 2551

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	7
อุปกรณ์และวิธีการ	60
อุปกรณ์	60
วิธีการ	60
ผลและวิจารณ์	70
ผล	70
วิจารณ์	94
สรุปและข้อเสนอแนะ	100
สรุป	100
ข้อเสนอแนะ	102
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	103
ภาคผนวก	106
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแบบสำรวจสุขภาพและแบบสัมภาษณ์พนักงาน	107
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบฟอร์มและค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA)	110
ภาคผนวก ค ตัวอย่างผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง ในการทำงานก่อนและหลังปรับปรุงสถานี่งาน	112
ภาคผนวก ง แบบของการปรับปรุงสถานี่งาน	114
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	117

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ท่าทางของร่างกายที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า	22
2	ท่าทางการทำงานแบบที่ไม่เคลื่อนที่จนเป็นสาเหตุของความเมื่อยล้า	23
3	การหมุนข้อต่อของร่างกายในมุมที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า	24
4	ตัวอย่างแบบประเมินที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์งานด้านการยศาสตร์	26
5	การหาค่าคะแนน A จากการประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกายในกลุ่ม A	35
6	การหาค่าคะแนน B จากการประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกายในกลุ่ม B	37
7	แสดงความสูงพื้นผิวการทำงานที่เหมาะสมสำหรับงานยืนที่แตกต่างกัน ไปตามลักษณะของงานแต่ละประเภท	47
8	ค่าปกติมาตรฐานสำหรับคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ใช้กันมาก	51
9	ข้อมูลทางมิติร่างกายประชากรไทย	54
10	สัดส่วนร่างกายที่สำคัญของผู้ใช้แรงงานไทย	55
11	ตารางแผนงานวิจัย	69
12	เปอร์เซ็นต์ส่วนต่างๆ ของร่างกายที่รู้สึกเจ็บปวด อันเนื่องมาจากการทำงาน แยกตามหน่วยงาน	71
13	แสดงผลการสัมภาระณ์และค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) แยกตามหน่วยงาน	72
14	ข้อมูลและค่าดัชนีความไม่ปกติของอาสาสมัคร	73
15	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ของดัชนีความไม่ปกติ (AI)	74
16	ค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ก่อนการปรับปรุงสถานีงาน	74
17	ผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด (MVE) ของอาสาสมัคร	75
18	ผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง(EMG) ในขณะที่ทำงานก่อนปรับปรุง	76

### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
19	เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน ก่อนการปรับปรุงสถานีงานกับค่า MVE ของอาสาสมัคร	77
20	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ของเปอร์เซ็นต์ ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับ ค่า MVE (ก่อนการปรับปรุงสถานีงาน)	78
21	เปรียบเทียบสาเหตุและการแก้ไข โดยปรับปรุงสถานีงานใหม่	79
22	ข้อมูลและค่าดัชนีความไม่ปกติของอาสาสมัครหลังการปรับปรุง	82
23	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ของดัชนีความไม่ปกติ (AI)	82
24	ค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) หลังการปรับปรุงสถานีงาน	83
25	เปรียบเทียบคะแนนความเสี่ยงจากมุมการเคลื่อนไหวของท่าทาง การทำงานเดิมกับท่าทางการทำงานหลังปรับปรุงสถานีงาน	84
26	ผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) ในขณะทำงาน หลังปรับปรุง	85
27	เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน กับค่า MVE ของอาสาสมัคร (หลังการปรับปรุงสถานีงาน)	85
28	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ของเปอร์เซ็นต์ที่ได้ จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE (หลังการปรับปรุงสถานีงาน)	87
29	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของดัชนีความไม่ปกติ (AI) ก่อนและหลัง การปรับปรุง	89
30	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน	90
31	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน ของกล้ามเนื้อหลังทั้ง 4 จุดที่ทำการวัด	92
32	เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานของพนักงาน ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน	93

## สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวกับการดำเนินงานการยศาสตร์	7
2	แสดงความสัมพันธ์ในรูปของความสมดุลระหว่างผู้ปฏิบัติงานกับงานที่ปฏิบัติ	9
3	กล้ามเนื้อไบเซ็ปส์ (a) เป็นต้นกำลังในการงอแขน (b) เป็นตัวต้านในการเหยียดแขน	12
4	ตัวอย่างท่าทางการทำงานที่ส่งผลต่อแรงกระทำบนหลัง	13
5	โครงสร้างของลำสันหลัง (a) ภาพตัดขวางมองจากด้านบนของกระดูกสันหลัง (b)	14
6	กระดูกสันหลัง หมอนรองกระดูกและไขสันหลังกับเส้นประสาทที่แยก	15
7	ภาพที่ใช้คำนวณแรงกดที่หลังส่วนล่าง (L5/S1)	15
8	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยและพิสัยของแรงกดที่ทำให้เกิดการแตกทำลายของกระดูกสันหลังของบุคคลในวัยต่างๆ ซึ่งเสียชีวิตไปแล้ว	16
9	แสดงสภาวะต่างๆ ของร่างกาย	19
10	แสดงลำดับอาการปวดกล้ามเนื้อจนอวัยวะไม่สามารถทำงานได้	25
11	ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของแขนส่วนบน (Upper Arm)	31
12	ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของแขนส่วนล่าง (Lower Arm)	32
13	ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของมือและข้อมือ (Hand หรือ Wrist)	32
14	ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของการบิดข้อมือ (Wrist Twist)	33
15	ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของศีรษะและคอ (Head และ Neck)	33
16	ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของส่วนลำตัว (Trunk)	34
17	ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวส่วนขาและเท้า (Legs และ Feet)	34
18	การหาค่าคะแนนรวมจากคะแนน C และ D	39
19	แสดงพื้นที่ 3 มิติที่เหมาะสมสำหรับงานยืน	48
20	แสดงขอบเขตระยะการหยิบจับในแนวตั้งตรงหน้า	48
21	ความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่แสดงไว้เป็นสัดส่วนกับความสูง (H) การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในสภาวะที่ร่างกายนั่งอยู่กับที่	52
22	แสดงแผนภูมิกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ตัวอย่าง	61

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	การวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด (MVE)	64
24	ตำแหน่งที่ติดอิเล็กโทรดบนกล้ามเนื้ออกกล้ามเนื้อ Infraspinaeus และ Erector spinae	65
25	เครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography) รุ่น ME 6000	65
26	การติดอิเล็กโทรดของเครื่องวัด EMG บนกล้ามเนื้อ Infraspinaeus และ Erector spinae	66
27	แสดงการวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อขณะปฏิบัติงาน	66
28	แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย	68
29	ตำแหน่งปุ่มกดก่อนปรับปรุง (a) ปุ่มกดหลังปรับปรุง (b)	79
30	ที่พักมือเพื่อแบ่งรับน้ำหนักจากภาระหลังขณะเอื้อมวางใส่แบบและวาง Filter	80
31	การเขียนหมายเลขก่อนปรับปรุง (a) การพิมพ์หมายเลขอัตโนมัติหลังปรับปรุง (b)	80
32	ขั้นตอนการปฏิบัติงานในท่าทางการทำงานปัจจุบันก่อนปรับปรุง	80
33	ขั้นตอนการปฏิบัติงานในท่าทางการทำงานหลังการปรับปรุง	81
34	กราฟเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานก่อนและหลังปรับปรุงสถานีงานของอาสาสมัครทั้ง 6 คน	87
35	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของดัชนีความไม่ปกติ (AI) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน โดยใช้โปรแกรม Minitab	89
36	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลัง ขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนและหลังการปรับปรุง ที่ตำแหน่งกล้ามเนื้อ Infraspinaeus (Left), Infraspinaeus (Right), Erector Spinae (Left) และ Erector Spinae (Right) โดยใช้โปรแกรม Minitab	91
37	เปรียบเทียบท่าทางการทำงานก่อนปรับปรุง (a) และหลังปรับปรุง (b)	98
38	ค่าไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลัง (EMG) ขณะทำงาน 1 รอบก่อนปรับปรุงสถานีงาน	99
39	ค่าไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลัง (EMG) ขณะทำงาน 1 รอบหลังปรับปรุงสถานีงาน	99

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ค1	ค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ำเนื้อบริเวณหลังขณะทำงานทั้ง 4 จุดก่อนการปรับปรุง	113
ค2	ค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ำเนื้อบริเวณหลังขณะทำงานทั้ง 4 จุดหลังการปรับปรุง	113
ง1	แบบของปุ่มควบคุมที่ทำการปรับปรุงสถานีงาน	115
ง2	แบบของที่פקมือที่ทำการปรับปรุงสถานีงาน	116

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AI	=	Abnormality Index
EMG	=	Electromyography
MVE	=	Maximum Voluntary Electromyography
RULA	=	Rapid upper Limb Assessment
OWAS	=	The Ovako Working Posture Analyzing System
NIOSH	=	National Institute for Occupational Safety and Health
$\mu\text{V}$	=	Microvolt
D	=	Difference
SD	=	Standard Deviation
$\bar{X}$	=	Mean
Min	=	Minimum
Max	=	Maximum

การลดอาการปวดหลังส่วนล่าง ของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทราย  
โดยใช้หลักการยศาสตร์: กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

**Low Back Pain Reduction of Molding Process Workers Utilizing Principles  
of Ergonomics: A Case Study of a Vehicle Part Factory**

คำนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมในประเทศไทยได้มีการขยายตัวมาก และได้มีการนำเครื่องจักร  
เข้ามาใช้ในการทำงานมากขึ้น เครื่องจักรต่างๆ โดยส่วนใหญ่จะออกแบบเพื่อให้สอดคล้องกับปัจจัย  
และกลไกหรือกระบวนการผลิตต่างๆ โดยบางส่วนมีการออกแบบโดยไม่ได้ใช้หลักการยศาสตร์  
ซึ่งผลที่ได้คือ เครื่องจักรหรืออุปกรณ์เหล่านั้นจะไม่มี ความเหมาะสมกับสรีระของผู้ปฏิบัติงาน  
ผลกระทบที่เกิดขึ้นคือ งานที่ต้องใช้แรงงานคนในการทำงานมีสภาพการทำงานที่ไม่เหมาะสม  
ก่อให้เกิดปัญหาทางการยศาสตร์ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วย บาดเจ็บ ผู้ปฏิบัติงานมีความเครียด  
เมื่อยล้า นำไปสู่โรคอันเนื่องมาจากการทำงาน และการทำงานไม่มีประสิทธิภาพ

อาการปวดหลังส่วนล่างจากการทำงานเป็นปัญหาที่พบบ่อย จากรายงานการวิจัยของ  
กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย ซึ่งได้ศึกษาปัญหาความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อ กระดูกและ  
ข้อต่อ ศึกษาในโรงงานอุตสาหกรรม 300 แห่ง ใน 48 จังหวัดทั่วประเทศ โดยการสัมภาษณ์พนักงาน  
2,595 คน ถึงอาการปวดต่างๆ ของร่างกายพบว่า ร้อยละ 78.5 ของประชากรที่ศึกษามีอาการปวด  
และร้อยละ 52.4 ของผู้ที่มีอาการปวด มีอาการปวดหลังส่วนล่าง (สลิช, 2542) และจากสถิติ  
การประสบอันตรายหรือการเจ็บป่วย เนื่องจากการทำงานจำแนกตามความร้ายแรงและผลของ  
การประสบอันตรายปี 2549 จากจำนวนผู้ประสบเหตุ จำนวน 204,257 ราย มีผู้ประสบอันตราย  
บริเวณเอว หลัง และกระดูกสันหลัง 5,789 ราย ในจำนวนนี้ทำให้ทุพพลภาพ 5 ราย และสูญเสีย  
อวัยวะบางส่วน 9 ราย (สำนักงานกองทุนเงินทดแทน, 2549) สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเจ็บป่วย  
บริเวณหลังคือ ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมในการทำงาน

ในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์มีกระบวนการผลิตหลายขั้นตอน ซึ่งในสายการผลิตได้มี  
เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพทั้งในระบบอัตโนมัติ และระบบกึ่งอัตโนมัติ อย่างไรก็ตาม  
ก็มีบางกระบวนการที่ต้องใช้แรงงานคนเป็นหลัก ผู้วิจัยจึงเลือกทำการศึกษาสภาพปัญหา

การปฏิบัติงานในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ตัวอย่าง เพื่อนำมาปรับปรุงด้านการยศาสตร์ การพิจารณาปัญหาด้านการยศาสตร์พิจารณาจาก การสำรวจโรงงาน ซึ่งมีพนักงานในสายการผลิตทั้งหมด 240 คน แบ่งเป็น 2 กะ จำนวน 5 แผนกคือ แผนกตรวจสอบและวิเคราะห์ (Analysis) แผนกหลอมเหล็ก (Melting) แผนกผลิตไส้แบบ (Core making) แผนกขึ้นรูปแบบทราย (Molding) และแผนกตกแต่งชิ้นงาน (Finishing) ในการสำรวจเบื้องต้นพบว่า พนักงานในสายการผลิตมีปัญหาท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์

จากการใช้แบบสำรวจสุขภาพของ กิตติ อินทรานนท์ (กิตติ, 2548) สำรวจสุขภาพของพนักงานจำนวน 120 คน สรุปได้ว่า มีพนักงาน 96 คนหรือร้อยละ 80 ของพนักงานทั้งหมดมีอาการปวดจากการทำงาน ถ้าพิจารณาเฉพาะผู้ที่ปวดพบว่ามี 91 คน หรือร้อยละ 94.8 ปวดหลังส่วนล่าง 35 คน หรือร้อยละ 36.5 ปวดไหล่ 29 คน หรือร้อยละ 30.2 ปวดข้อมือ แผนกที่มีพนักงานปวดมากที่สุดคือ แผนกขึ้นรูปแบบทราย (งานตรวจสอบแบบทราย) จำนวน 13 คน จาก 16 คน คิดเป็นร้อยละ 81.2% และจากการสัมภาษณ์เพื่อหาค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) สรุปได้ว่า แผนกขึ้นรูปแบบทราย มีค่าดัชนีความไม่ปกติ (Abnormality Index; AI) สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับแผนกอื่นๆ คือ มีค่าเฉลี่ย 3.89 ซึ่งหมายถึง เริ่มเป็นปัญหามากจนทนไม่ได้ โดยปกติในแผนกนี้แบ่งการทำงานออกเป็น 7 งานย่อย และจะหมุนเวียนการทำงาน (Job Rotation) ทุก 2 ชั่วโมง ลักษณะการทำงานพนักงานต้องยืนและต้องก้มๆ เงยๆ เช่น เอื้อมวางไส้แบบ การตรวจสอบ และเขียนหมายเลขที่แบบทราย

ดังนั้น เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในองค์กร ลดจำนวนการบาดเจ็บ ความสูญเสียต่างๆ และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน จึงสมควรนำหลักการยศาสตร์ปรับปรุงสถานงานให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานของพนักงาน เพื่อลดระดับอาการปวดหลังส่วนล่างของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทราย ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ตัวอย่าง

## วัตถุประสงค์

เพื่อลดระดับอาการปวดหลังส่วนล่างของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทราย ใน โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยใช้หลักการยศาสตร์

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงสาเหตุของปัญหาด้านการยศาสตร์ของพนักงาน จากการประเมินด้านการยศาสตร์
2. นำผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้านการยศาสตร์มาปรับปรุงสถานีงานตามหลักการยศาสตร์ เพื่อให้พนักงานมีท่าทางในการทำงานที่เสี่ยงต่อการปวดหลังส่วนล่างลดลง
3. เมื่อปรับปรุงสถานีงานแล้วจะช่วยลดจำนวนพนักงานที่เจ็บป่วยด้วยอาการปวดหลังส่วนล่างอันเนื่องมาจากการทำงาน
4. พนักงานมีความพอใจกับสถานีงานที่ปรับปรุงและมีขวัญกำลังใจในการทำงาน ส่งผลให้การทำงานมีประสิทธิภาพ
5. ใช้การประเมิน ค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) และค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) เป็นแนวทางในการปรับปรุงท่าทางการทำงานในแผนกอื่นต่อไป

## ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจร่วมกับการวิจัยแบบกึ่งทดลอง เป็นการศึกษากลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียวในรูปแบบเปรียบเทียบผลการทดลองก่อนและหลังการปรับปรุง โดยศึกษาและเก็บข้อมูลที่ บริษัทสยามโตโยต้าอุตสาหกรรม จำกัด โดยเป็นการศึกษาลักษณะท่าทางและภาระการทำงานของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทรายจำนวน 6 คน ตามวิธีการทำงานทั้งก่อนปรับปรุงงานและหลังปรับปรุงโดย

1. สํารวจสภาพปัญหาสุขภาพของพนักงาน โดยใช้แบบสำรวจและแบบสัมภาษณ์
2. วิเคราะห์ปัญหาการปฏิบัติงานของพนักงานและทำการวัดค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI), ประเมินท่าทางการทำงานเทคนิค RULA และค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG)
3. ปรับปรุงแก้ไขสถานี่งานใหม่ รวมทั้งท่าทางการทำงานตามหลักการยศาสตร์
4. เปรียบเทียบค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI), ประเมินท่าทางการทำงานโดยเทคนิค RULA, และค่าสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (EMG) ก่อนและหลังการปรับปรุง

### สมมุติฐานการวิจัย

1. หลังการปรับปรุงระดับอาการปวดหลังส่วนล่างของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทราย ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ตัวอย่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ
2. ดัชนีความไม่ปกติ (AI) ค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) หลังดำเนินการปรับปรุงสถานี่งานมีค่าน้อยกว่าก่อนปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ

### นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

#### พนักงาน

หมายถึง พนักงานของบริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ตัวอย่างในช่วงที่ดำเนินการวิจัย

#### สถานี่งานก่อนปรับปรุง

หมายถึง สถานี่งานกระบวนการขึ้นรูปแบบทราย (งานตรวจสอบแบบทราย) ซึ่งพนักงานปฏิบัติงานก่อนที่จะมีการปรับปรุง

## สถานีงานหลังปรับปรุง

หมายถึง สถานีงานกระบวนการขึ้นรูปแบบทราย (งานตรวจสอบแบบทราย) ซึ่งพนักงานปฏิบัติงานหลังจากที่มีการปรับปรุงใหม่ ซึ่งคำนึงถึงท่าทางการทำงานที่ใกล้เคียงกับท่าทางที่เป็นธรรมชาติ

## อาการปวดหลังส่วนล่าง

หมายถึง อาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้ออันเนื่องมาจากการทำงาน พนักงานเป็นผู้ประเมินด้วยตนเอง

## ค่าดัชนีความผิดปกติ (Abnormality Index; AI)

หมายถึง ค่าคะแนนระดับความรุนแรงของปัญหา ซึ่งใช้ประเมินความล้าทั้งร่างกายและทางด้านจิตใจภายหลังจากการทำงานครบรอบระยะเวลาการทำงาน of พนักงาน โดยใช้ความรู้สึกของพนักงานเป็นเกณฑ์การประเมิน โดยค่าดัชนีความผิดปกติ (AI) แบ่งได้ ดังนี้

AI < 0	ไม่มีปัญหาอะไรเลย
AI 0-2	มีปัญหาล็กน้อยพอทนได้
AI 2-3	ต้องระมัดระวังเอาใจใส่
AI 3-4	เริ่มมีปัญหาจนทนไม่ได้
AI > 4	ผิดปกติ ต้องรีบดำเนินการแก้ไขทันที

## ความเสี่ยงท่าทางการทำงาน

หมายถึง คะแนนความเสี่ยงของท่าทางการทำงานที่ได้จากการประเมิน ซึ่งความเสี่ยงนี้อาจนำไปสู่การบาดเจ็บต่อกล้ามเนื้อของร่างกาย โดยให้ค่าคะแนนความเสี่ยงท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค RULA (Rapid upper Limb Assessment) จากภาพถ่ายวิดีโอทัศน์ ซึ่งการจัดระดับความเสี่ยงแบ่งเป็นระดับคะแนนดังนี้

คะแนน 1-2 หมายถึงค่าที่ยอมรับได้ ถ้าไม่มีการทำงานที่ยาวนานหรือเป็นการทำงานที่ซ้ำซากนานๆ

คะแนน 3-4 แสดงว่าการทำงานควรให้ความสนใจ และอาจต้องมีการปรับปรุงการทำงานบางอย่าง

คะแนน 5-6 แสดงว่าการทำงานต้องให้ความสนใจ และมีการปรับปรุงการทำงาน

คะแนน 7 ขึ้นไป แสดงว่าต้องมีการศึกษาเพื่อปรับปรุงการทำงานทันที

### ค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะทำงาน (Electromyography; EMG)

หมายถึง ค่าไฟฟ้าที่เกิดจากการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อขณะทำงาน สามารถวัดได้โดยวางอิเล็กโทรดลงบนผิวหนังของกล้ามเนื้อนั้น และตรวจวัดได้ด้วยเครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าและกล้ามเนื้อ EMG เป็นการวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อขณะที่กล้ามเนื้อมีอาการหดตัว ซึ่งจะก่อให้เกิดความต่างศักย์ที่สามารถวัดได้ที่ใต้ผิวหนังกล้ามเนื้อ และใช้อธิบายถึงกิจกรรมของกล้ามเนื้อนั้นความต่างศักย์สามารถวัดได้ตั้งแต่ 1-5000  $\mu\text{V}$

### ค่าสัญญาณไฟฟ้าสูงสุด

หมายถึง ค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด (Maximum Voluntary Electromyography; MVE) ของอาสาสมัครแต่ละคนตามหลักการชีวกลศาสตร์ ซึ่ง Sander and McCormick (1993) ได้ทำการวิจัยและสรุปว่า กำลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทำงานของพนักงานต้องไม่เกิน 35% ของกำลังกล้ามเนื้อสูงสุดที่คนงานนั้นทำได้

## การตรวจเอกสาร

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงสถานีนงาน เพื่อลดการปวดหลังของพนักงาน โดยใช้หลักการยศาสตร์ ดังนี้

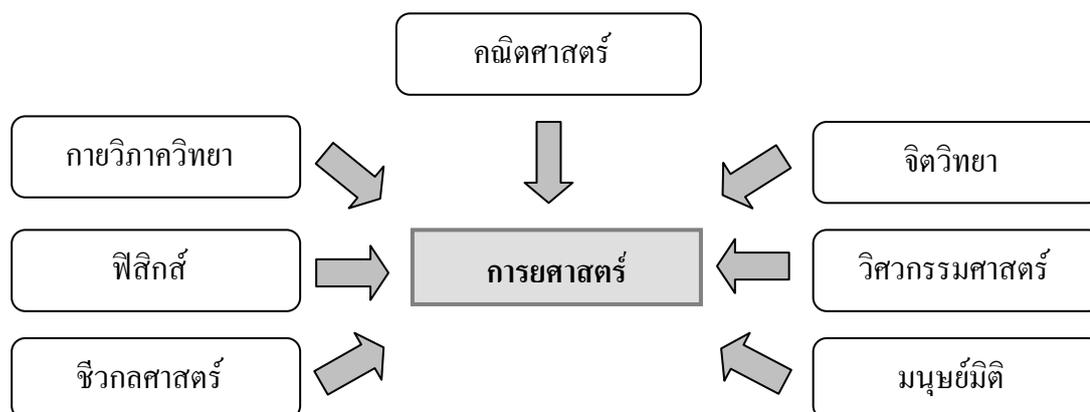
### แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 1. องค์ประกอบและความสำคัญของการยศาสตร์

##### 1.1 องค์ประกอบของการยศาสตร์

“การยศาสตร์ หรือ เออร์กอนอมีกส์ (Ergonomics)” มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก 2 คำ คือ Ergon แปลว่า “งาน” และ “nomos” แปลว่ากฎเกณฑ์ทางธรรมชาติ ดังนั้นเออร์กอนอมีกส์ จึงหมายถึงศาสตร์ที่ว่าด้วยพฤติกรรมการทำงานและสุขภาพของบุคคล ในเชิงความสัมพันธ์กับ สภาพแวดล้อมในการทำงาน หลักการของเออร์กอนอมีกส์ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับ สถานที่และพื้นที่ทำงานและการปรับเปลี่ยนนิสัยในการทำงานของบุคคลเพื่อที่จะทำให้สามารถ ทำงานได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ (จรัญ, 2540)

การยศาสตร์ เป็นศาสตร์ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักการศาสตร์อื่นๆ ได้แก่ จิตวิทยา (Psychology), วิศวกรรม (Engineering), มนุษย์มิติ (Anthropometry), กายวิภาควิทยา (Physiology), ชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานการยศาสตร์  
ที่มา: วิฑูรย์ และ กฤษณา (2540)

ด้วยความหลากหลายของศาสตร์ต่างๆ นั่นเอง จึงทำให้หลักการของการยศาสตร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้จริง โดยตอบสนองต่อความต้องการความสามารถที่แตกต่างกันของบุคคลในทำงานทั้งด้านกายภาพและจิตวิทยา

## 1.2 ความสำคัญของการยศาสตร์

หลักวิชาการยศาสตร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้เข้ากับธุรกิจอุตสาหกรรมได้ ซึ่งได้แก่

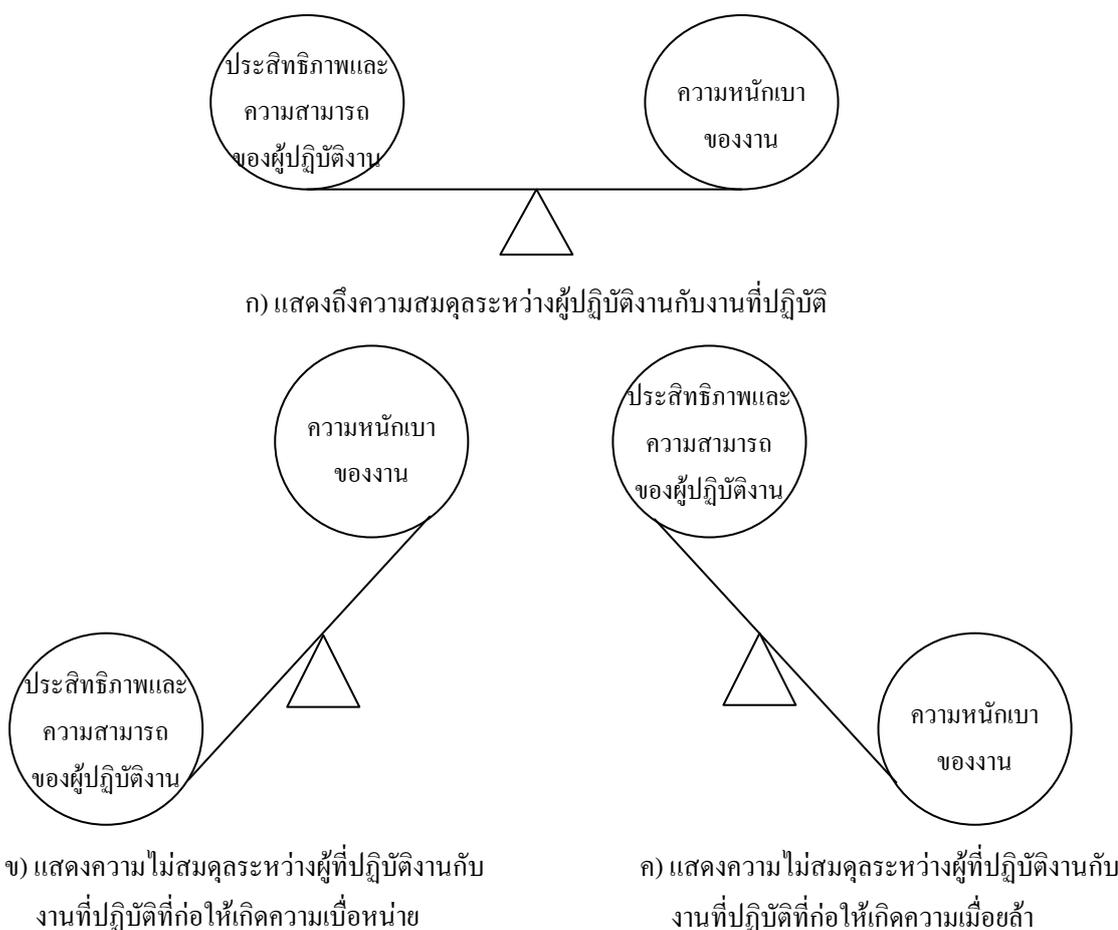
- การออกแบบ การเปลี่ยนแปลง การบำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต การมีคุณภาพชีวิตที่ดี ตลอดจนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ
- การออกแบบ การเปลี่ยนแปลงสถานที่ทำงาน การวางผังโรงงาน โดยมุ่งเน้นความสะดวกสบาย ความเร็วในการทำงาน การอำนวยความสะดวก และการบำรุงรักษา
- การออกแบบ การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน รวมถึงการนำเอาระบบการทำงานอัตโนมัติเข้ามาช่วยในการทำงาน การจัดสรรทรัพยากรคนให้เข้ากับเครื่องจักรแต่ละชนิดตามความสามารถและความชำนาญ
- การควบคุมปัจจัยทางฟิสิกส์ เช่น ความร้อน ความเย็น เสียง การสั่นสะเทือน และแสง เป็นต้น (ในสถานที่ทำงานให้มีความปลอดภัยเพื่อเอื้ออำนวยความสะดวกต่อ ประสิทธิภาพในการผลิต (กิตติ, 2548)

การจัดสภาวะและสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่ไม่ได้คำนึงถึงปัจจัย ความแตกต่างและขีดจำกัดของผู้ปฏิบัติงาน นอกจากจะก่อให้เกิดการปฏิบัติงานที่ไม่สะดวกสบาย (Uncomfortable) ไม่มีประสิทธิภาพ (Inefficiency) แล้วยังส่งผลถึงระดับความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุและปัญหาทางด้านสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงานด้วย

ตัวชี้หลักที่มีผลมาจากสภาวะและสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่ไม่ถูกหลักวิชาการจัดสภาพงาน คือ ความเมื่อยล้า (Fatigue) ความเมื่อยล้านี้ นอกจากจะเป็นต้นเหตุที่ก่อให้เกิดความผิดพลาด (Error) ในการปฏิบัติงาน ซึ่งส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุ และการบาดเจ็บที่เห็นได้ทันทีแล้ว

ยังมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงานในระยะยาว เช่น ก่อให้เกิดความเบื่อหน่าย (Boredom) ในหน้าที่การงาน ปวดศีรษะเรื้อรัง เบื่ออาหารและนอนไม่หลับ ซึ่งผลสุดท้าย ความเมื่อยล้าที่เกิดกับผู้ปฏิบัติงานนี้จะทำให้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตลดลง

ดังความสัมพันธ์ระหว่างผู้ปฏิบัติงานกับงานที่ปฏิบัติสามารถอธิบายได้ในลักษณะง่ายๆ ดังปรากฏการณ์ที่แสดงในภาพที่ 2



**ภาพที่ 2** แสดงความสัมพันธ์ในรูปของความสมดุลระหว่างผู้ปฏิบัติงานกับงานที่ปฏิบัติ  
ที่มา: วิฑูรย์ และ กฤษฎา (2537)

วิฑูรย์ และ กฤษฎา (2537) กล่าวถึงการที่ไม่ได้คำนึงถึงความสมดุลระหว่างคนซึ่งเป็น ผู้ปฏิบัติงานที่ต้องปฏิบัติ, ขีดจำกัดของผู้ปฏิบัติงานและความสำคัญของสภาวะและสิ่งแวดล้อม ในการทำงาน ซึ่งมีความสำคัญที่จะต้องพิจารณาสำหรับการจัดและปรับปรุงสภาพงานนั้น จะส่งผลให้สถานประกอบการมีความเสี่ยงที่จะประสบกับปัญหาดังต่อไปนี้

1. ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตตกต่ำ
2. อัตราเกิดการผิดพลาดหรืออุบัติเหตุสูง หรือเพิ่มขึ้น
3. อัตราการหยุดงานสูงหรือเพิ่มขึ้น
4. อัตราการลาออกของผู้ปฏิบัติงานสูงหรือเพิ่มขึ้น
5. การสูญเสียด้านเวลามีมากหรือเพิ่มขึ้น
6. ค่าใช้จ่ายด้านรักษาพยาบาล และวัสดุอุปกรณ์สูงหรือเพิ่มขึ้น
7. ผู้ปฏิบัติงานมีความเครียด ความเมื่อยล้า ที่อาจนำไปสู่การเป็น โรคอันเนื่องมาจาก การทำงาน

ซึ่งหากนำเอาหลักการยศาสตร์ไปใช้ในสถานที่ทำงานจะมีผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

1. เข้าใจถึงความสามารถในการทำงานอย่างเดียวกันของคนต่างๆ กันว่าย่อมจะมีคนที่ เหมาะสมและไม่เหมาะสม
2. สามารถรู้ล่วงหน้าเกี่ยวกับผลกระทบจากการทำงานในระยะยาวได้
3. สามารถประเมินความสามารถในการทำงาน การใช้เครื่องมือว่าดีหรือไม่เพียงใด
4. เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและสุขภาพจิตใจ ร่างกายของคนงาน โดยการรู้จัก ข้อแตกต่างของคำ “Fitting the person to the task” หรือ “Fitting the task to the person” ซึ่งเกี่ยวกับ ความสามารถของมนุษย์โดยไม่ขัดกับความต้องการของงานนั้นๆ ด้วย
5. เป็นแหล่งของข้อมูลความรู้ ประสพการณ์ที่สำคัญในอันที่จะนำไปสู่การพัฒนาในด้าน อื่นๆ ต่อไปอีกในอนาคต

ดังนั้น การนำเอาแนวปฏิบัติของหลักการยศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงงาน จะช่วยลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุ การบาดเจ็บ การเจ็บป่วยของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งในขั้นสุดท้ายจะเป็น การเพิ่มผลผลิตทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ

## 2. ชีวกลศาสตร์กับการออกแบบงาน

### 2.1 ระบบกระดูกโครงร่าง

โครงกระดูกของมนุษย์ประกอบไปด้วยโครงกระดูก 2 ส่วน คือ

- โครงกระดูกแกนตั้งประกอบด้วย กระโหลกศีรษะ, กระดูกสันหลัง, กระดูกซี่โครง, กระดูกหน้าอก (Sternum) และกระดูกเชิงกราน (Pelvis)
- โครงกระดูกแขนขา ประกอบด้วย กระดูกที่ติดกับโครงกระดูกแกนตัว รวมทั้งกระดูกส่วนบนและส่วนล่าง

### 2.2 ระบบกล้ามเนื้อและการทำงาน

ระบบกล้ามเนื้อเป็นเนื้อเยื่อที่พบในอวัยวะเกือบทุกชนิดของร่างกาย คุณสมบัติโดยทั่วไปของเซลล์กล้ามเนื้อ คือ เป็นเซลล์ที่ไวต่อสิ่งเร้า เมื่อเซลล์กล้ามเนื้อถูกเร้าจะตอบสนองได้ด้วยการหดตัวประกอบไปด้วย 3 กล้ามเนื้อหลักคือ

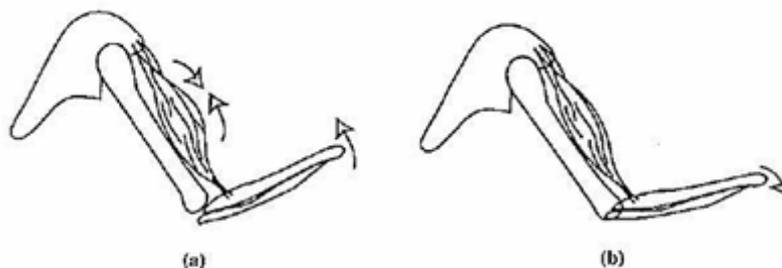
- กล้ามเนื้อลาย (Striated or Skeletal or Voluntary Muscle) ประกอบขึ้นเป็นกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ของร่างกายเป็นพวก Somatic Musculature เช่น กล้ามเนื้อแขน ขา ลำตัว และที่เป็นโครงสร้างของร่างกายทั้งหมด
- กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac or Heart or Involuntary Muscle) จะพบที่หัวใจเพียงเดียวเท่านั้น
- กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth or Visceral or Involuntary Muscle) ประกอบขึ้นเป็นผนังของอวัยวะภายใน เช่น กระเพาะอาหาร ลำไส้ และผนังเส้นเลือด เป็นต้น

กิตติ (2548) กล้ามเนื้อยึดติดกับกระดูกด้วยเอ็น (Tendon) ซึ่งเป็นเหมือนแผ่นใยลึกลับที่มีสมบัติเหนียว และมีความยืดหยุ่นน้อย เอ็นมีหน้าที่ส่งผ่านแรงจากกล้ามเนื้อไปยังกระดูกที่เอ็นติดอยู่ เอ็นแต่ละเส้นติดกับกระดูกตรงจุดกำเนิด (Origin) และจุดตั้ง (Insertion) โดยปกติกระดูกที่มีจุดตั้ง (Insertion bone) จะเป็นกระดูกที่เคลื่อนไหวเมื่อกำลังกล้ามเนื้อหดตัว

หน้าที่ในการทำงานของกล้ามเนื้อ Tortora และ Grabowski (2001) ได้แยกประเภทไว้ดังนี้

- ต้นกำลัง (Prime movers) การหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นต้นกำลังทำให้เกิดการเคลื่อนไหว
- ตัวปฏิปักษ์ (Antagonists) กล้ามเนื้อที่คลายตัวหรือต้านเพื่อทำให้กล้ามเนื้อที่เป็นต้นกำลังทำงานช้าลง
- ตัวช่วย (Synergists) เป็นกล้ามเนื้อที่หดตัวพร้อมกับต้นกำลัง ช่วยต้นกำลังทำงานได้ดีขึ้น โดยปรับการเคลื่อนไหวให้เป็นไปตามความต้องการอย่างมีประสิทธิภาพ

ดังที่ได้แสดงในภาพที่ 3 กล้ามเนื้อ ไบเซ็ปส์ (Biceps brachii) จะเป็นต้นกำลังในการงอแขน (ภาพที่ 3 (a)) แต่ในขณะเดียวกันจะทำหน้าที่เป็นตัวปฏิปักษ์หรือตัวต้านของกล้ามเนื้อ ไทรเซ็ปส์ (Triceps brachii) เพื่อจะถ่วงให้มีการเหยียดที่ช้าลง (ภาพที่ 3 (b))



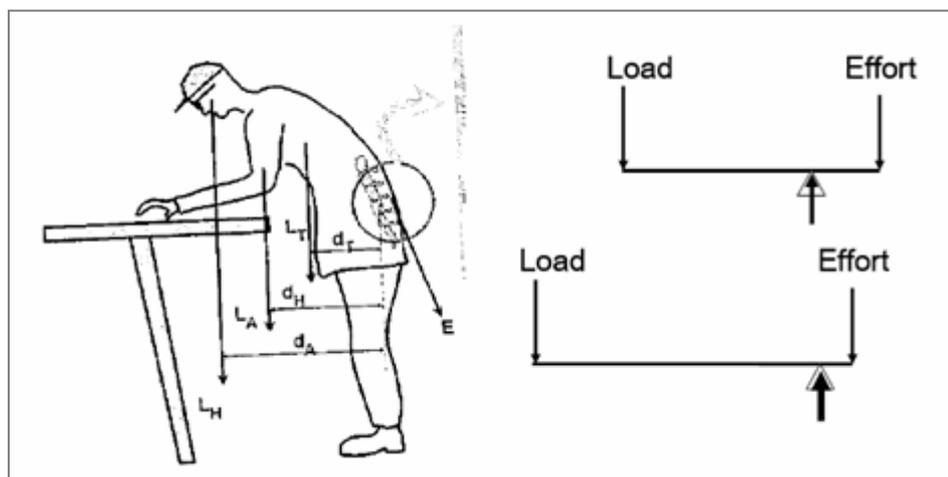
ภาพที่ 3 กล้ามเนื้อ ไบเซ็ปส์ (a) เป็นต้นกำลังในการงอแขน (b) เป็นตัวต้านในการเหยียดแขน  
ที่มา: กิตติ (2548)

ในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาโดยกล่าวถึงกล้ามเนื้อลาย ซึ่งทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหวร่างกาย

### 2.3 ชีวกลศาสตร์การยืนทำงาน

การยืนทำงานในท่าทางที่ไม่เหมาะสมจะมีผลอย่างมากในการรับแรงของกระดูกสันหลัง ซึ่งเป็นโครงสร้างที่สำคัญของร่างกายผลเสียที่เห็นได้ชัดจากการยืนทำงานในลักษณะท่าทางที่ไม่ถูกต้องคือ การปวดหลัง ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับระบบกล้ามเนื้อ โครงสร้างและการเปลี่ยนแปลงท่าทรงตัวของกระดูกสันหลัง จะทำให้สามารถเข้าใจปัญหาที่เกี่ยวข้องได้ดี

เพราะว่าเป็นส่วนที่ต้องรับแรงกดและแรงเฉือน ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนไหวของร่างกายในระหว่างการปฏิบัติงานตลอดเวลาดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตัวอย่างท่าทางการทำงานที่ส่งผลต่อแรงกระทำบนหลัง  
ที่มา: นริศ (2547)

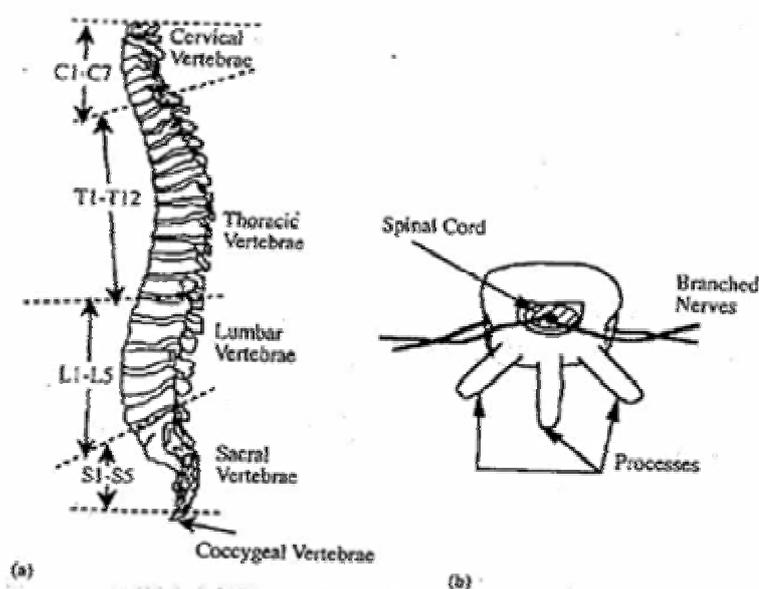
### 2.3.1 โครงสร้างของหลัง (The back structure)

กิตติ (2548) โครงสร้างส่วนหลังของร่างกายเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนมาก ประกอบไปด้วย

- กล้ามเนื้อ (Muscle)
- กระดูก (Bones)
- หมอนรองกระดูก (Intervertebral disks)
- เอ็นยึด (ligaments)
- เอ็น (Tendons)
- ระบบการสร้างเลือดและการไหลเวียน (Blood supply)
- ไขสันหลังและเส้นประสาทที่อยู่ใกล้เคียง (Spinal cord and branched nerves)

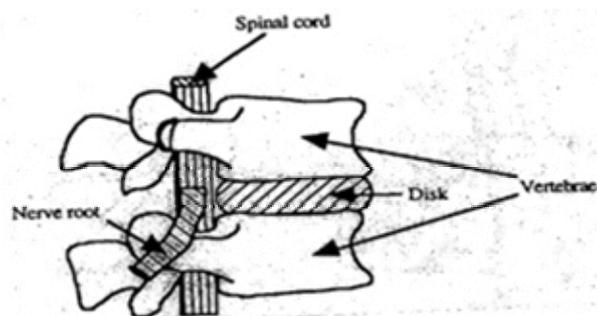
ภาพที่ 5(a) แสดงถึงกระดูกสันหลังซึ่งซ้อนกัน 33 หรือ 34 ชิ้น 7 ชิ้นอยู่ที่ส่วนคอ (Cervical) 12 ชิ้นอยู่ที่ส่วนอก (Thoracic) 5 ชิ้นอยู่หลังส่วนล่าง (Lumbar) 5 ชิ้นอยู่ส่วนก้น (Sacral) และ 5-4 ชิ้นอยู่ส่วนก้นกบ (Coccygeal vertebrae) ลำสันหลังทั้งหมดมีฟอร์มเป็นรูปตัวอักษร S อยู่ 2 ตัว (Double S) เมื่อลำสันหลังได้ดูขยภาพ จะเห็นเป็นส่วนโค้งรูปตัว S ไม่โค้งมากไปหรือราบเรียบมากเกินไป

ภาพที่ 5 (b) แสดงถึงภาพมองจากด้านบนของกระดูกสันหลัง จะเห็นว่ากระดูกยื่นออกมา 3 ชิ้น (Processes) ไขสันหลัง (Spinal cord) จะอยู่ตรงกลางของลำสันหลังและแยกจ่ายเส้นประสาทออกที่กระดูกสันหลัง ทำหน้าที่รับส่งสัญญาณติดต่อกันระหว่างสมองกับร่างกายทั้งหมด



ภาพที่ 5 โครงสร้างของลำสันหลัง (a) ภาพตัดขวางมองจากด้านบนของกระดูกสันหลัง (b)  
ที่มา: กิตติ (2548)

กระดูกสันหลังแต่ละชิ้นถูกแยกออกจากกันโดยหมอนรองกระดูก (Intervertebral discs) ซึ่งมีลักษณะเป็นวงเส้นใยเหนียวคล้ายกับถุง (Sac) ที่มีของเหลวเหนียวคล้ายกับเจล (Gel) มีหน้าที่ในการรองรับการกระแทก (Shock absorber) ระหว่างกระดูกสันหลังและเพิ่มความยืดหยุ่นได้ให้กับลำสันหลัง การที่จะทำให้หมอนรองกระดูกมีสุขภาพดี จึงมีคำแนะนำว่าให้เปลี่ยนท่าทางการทำงานบ่อยครั้ง เพื่อทำให้มีความดันเปลี่ยนแปลงภายในหมอนรองกระดูกสันหลัง การทำงานของร่างกายในส่วนนี้มีลักษณะคล้ายกับการทำงานของเครื่องสูบ

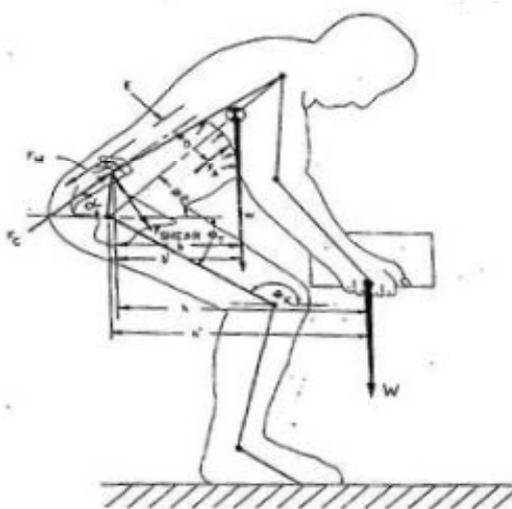


ภาพที่ 6 กระดูกสันหลัง หมอนรองกระดูก และไขสันหลังกับเส้นประสาทที่แยก  
ที่มา: กิตติ (2548)

#### โครงสร้างของหลังส่วนล่าง (Lower back)

เป็นส่วนที่สำคัญมาก เพราะเป็นส่วนที่อ่อนแอที่สุดของลำตัว จะก่อให้เกิดอาการปวดหลังและอาการบาดเจ็บให้แก่คนงาน จุดที่ต้องเน้นมากคือ หมอนรองกระดูกระหว่างกระดูกสันหลังส่วนล่างชั้นที่ 5 (lumbar 5) กับกระดูกกันชั้นที่ 1 (sacral 1) และเป็นปัญหาทางชีวกลศาสตร์ที่สำคัญ จะต้องวิเคราะห์แรงอัดและแรงเฉือนที่เกิดขึ้นให้ได้

ยุทธชัย (2536) ได้สรุปว่ารายละเอียดอย่างสมบูรณ์ได้อธิบายไว้โดย Chaffin และ Andersson Model นี้ได้ทำให้สามารถคำนวณแรงกดที่ L5/S1 ได้ โดยร่างกายจะถูกแบ่งออกเป็นชิ้นส่วนในลักษณะสมดุล ดังแสดงในภาพที่ 7

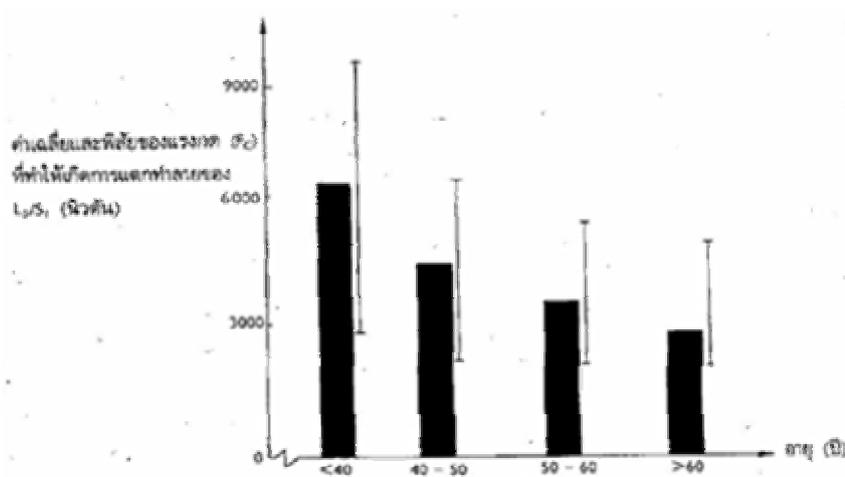


ภาพที่ 7 ภาพที่ใช้คำนวณแรงกดที่หลังส่วนล่าง (L5/S1)

ที่มา: Chaffin and Andersson (1984)

ภาพที่ 7 เป็น Model อย่างง่าย งานที่ยก (W) และน้ำหนักของร่างกายส่วนบน (w) ทำให้เกิดโมเมนต์จำนวนมากรอบ L5/S1 disc อันเนื่องมาจากแขนแรง h และ b โมเมนต์นี้จะต้องทำให้สมดุลย์โดยแรงกล้ามเนื้อจำนวนมาก  $F_m$  เพราะแรงนี้กระทำที่แขนแรง E สั้นมาก เมื่อ  $F_m$  มีจำนวนมาก ย่อมนำไปสู่แรงกดจำนวนมาก  $F_c$  กดลงบน L5/S1 disc เพื่อที่จะให้  $F_c$  มีน้อยที่สุด จึงจำเป็นที่ต้องลดแขนแรง h และ b Model ของ Chaffin

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2539) ระบุว่าได้มีการศึกษาทดลองเกี่ยวกับจุดที่เกิดจากการแตกทำลายของกระดูกสันหลังของมนุษย์ที่เสียชีวิตแล้ว ในวัยต่างๆ เมื่ออยู่ในสภาพที่ต้องรับ Load ขนาดต่างๆ ซึ่งเกิดร่วมกันจากแรงกดและโมเมนต์ ภายหลังจากที่เกิดการแตกทำลายแล้วนั้น ชิ้นส่วนของกระดูกที่แตกออกมาถูกนำไปวิเคราะห์ต่อ ทำให้พบว่าส่วนของกระดูกสันหลังที่เกิดการแตกทำลายก่อน และมากที่สุดคือ บริเวณคาร์ทีลิจเอนเพลทส์ (Cartilage Endplates) ผลของการศึกษาทดลองสรุปไว้ ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยและพิสัยของแรงกดที่ทำให้เกิดการแตกทำลายของกระดูกสันหลังของบุคคลในวัยต่างๆ ซึ่งเสียชีวิตไปแล้ว

ที่มา: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2539)

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทดลองนี้สถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH) ในปี ค.ศ.1981 ได้นำมาประกอบการพิจารณาและสรุปข้อแนะนำว่างานที่เกิดแรงกดมากกว่า 3,400 นิวตันนั้น มีศักยภาพที่จะก่อให้เกิดอันตรายจากการแตกของกระดูกสันหลังขึ้นกับผู้ปฏิบัติงานบางคนได้ และถ้าแรงกดดังกล่าวเพิ่มขึ้นถึง 6,400 นิวตันแล้ว งานนั้นก็จะอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้เกือบทั้งหมด

จากตัวอย่างการยกน้ำหนัก 450 นิวตัน ที่ทำให้เกิดแรงกดที่ L5/S1 เท่ากับ 4,319 นิวตัน นั้น จะเห็นได้ว่าแรงกดดังกล่าวมากกว่าพิศด้า 3,400 นิวตัน ที่ NIOSH ได้แนะนำไว้ ดังนั้น การจะเลือกบุคคลเข้ามาเพื่อปฏิบัติงานนี้ จะต้องทำด้วยความระมัดระวัง เมื่อเลือกได้บุคคลที่เหมาะสมแล้วยังต้องทำการฝึกสอน จนกว่าจะมั่นใจว่าปฏิบัติงานได้ถูกต้องและปลอดภัยอย่างแท้จริง

ในกรณีของการเกิดอาการปวดหลังส่วนล่างแบบเรื้อรัง (Chronic Low-back Pain) นั้น พบว่าสาเหตุมักจะเกิดจากการที่หมอนรองกระดูกสันหลังเกิดความผิดปกติขึ้น โดยเชื่อกันว่าเกิดการฉีกขาดและเกิดแผลเป็นพื้นที่ขนาดเล็กมากๆ (Micro fracture and Bone Scarring) ขึ้นที่คาร์ทีเลจอนเพลทส์ ซึ่งเป็นผลต่อเนื้อทำให้แอนนูลัสไฟบรัส (Annulus Fibrosus) ของหมอนรองกระดูกสันหลังอ่อนหดตัวลงและยื่นเข้าไปในโพรงกระดูกสันหลังทำให้เกิดการกดที่รากประสาทสันหลัง

เนื่องจากในคาร์ทีเลจอนเพลทส์ไม่มีใยประสาทรับความรู้สึกเจ็บปวด (Pain Nerve Fibers) อยู่ด้วย ดังนั้น กว่าจะพบว่ามี ความเสียหาย (Damage) เกิดขึ้นกับ โครงสร้างส่วนนี้ของกระดูกสันหลังก็ต่อเมื่อเวลาผ่านไป จนกระทั่งตัวหมอนรองกระดูกสันหลังและแอนนูลัสไฟบรัส (Annulus Fibrosus) มีโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติดังกล่าวข้างต้นแล้ว ซึ่งผลที่ตามมาก็คือ รากประสาทสันหลังถูกกด และเกิดการบิดเบือนผิดรูปร่างไปจากปกติของลิแกเมนต์ที่อยู่รอบหมอนรองกระดูกสันหลังหรือที่บริเวณ โปสทีเรียฟาส์เจอยท์ (Posterior Facet Joints) ซึ่งในระยะนี้ จะเกิดความรู้สึกเจ็บปวดขึ้น เนื่องจากปลายประสาทรับความรู้สึกเจ็บปวด ซึ่งมีอยู่ในบริเวณดังกล่าวถูกกระตุ้น

กล่าวโดยสรุปคือ การทำงานของกล้ามเนื้อหลังเพื่อรักษาท่าทางให้อยู่ในลักษณะเดิมในระหว่างการโน้มตัวลงยกวัตถุที่มีน้ำหนักขึ้นด้วยมือ จะทำให้เกิดแรงกดที่มีปริมาณมากขึ้นที่หมอนรองกระดูกสันหลัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ L5/S1 ผลจากแรงกดดังกล่าวเกิดขึ้นบ่อยๆ เชื่อว่าจะเป็น การเพิ่มความเสียหายของการเสื่อมสภาพของหมอนรองกระดูกสันหลังร่วมกับอาการเจ็บและปวดหลังแบบเรื้อรังให้เพิ่มมากขึ้น

การศึกษาในครั้งนี้จะศึกษาโดยกล่าวถึงท่าทางการทำงานของกล้ามเนื้อหลังที่ทำให้เกิดอาการปวดหลังส่วนล่าง

## 2.4 ความเมื่อยล้าจากการปฏิบัติงาน (Occupational Fatigue)

### 2.4.1 ความหมายและประเภทของความเมื่อยล้า

ความเมื่อยล้า (Fatigue) มีความหมายว่า สภาวะของร่างกายที่มีความรู้สึกเหนื่อยและเพลีย (Weariness) ความรู้สึกเหนื่อยและเพลียนี้นี้เป็นกลไกปกป้องร่างกายของมนุษย์ตามธรรมชาติ กลไกหนึ่งที่จะช่วยไม่ให้ร่างกายใช้พลังงานมากเกินไปจนติดจำกด ในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถพักเพื่อคลายความเครียดในช่วงเวลาใดๆ ได้ ความรู้สึกเหนื่อยและเพลียนี้นี้สามารถหายหรือเบาบางลง ในทางตรงกันข้ามคือ การที่ผู้ปฏิบัติงานต้องทำงานที่หนักภายใต้สภาวะและสิ่งแวดล้อมที่เครียดในช่วงระยะเวลาที่ยาว และมีการจัดช่วงหยุดพักที่ไม่เหมาะสม ความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นจะยังคงค้างอยู่ และเกิดการสะสมในวันต่อๆ ไป ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อร่างกายผู้ปฏิบัติงาน (วิฑูรย์ และ กฤษณา, 2537)

ความเมื่อยล้าสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

- 1) ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ (Muscular Fatigue)
- 2) ความเมื่อยล้าทั่วไป (General Fatigue) ซึ่งได้แก่
  - ก. ความเมื่อยล้าทางร่างกายโดยทั่วไป (General Bodily Fatigue)
  - ข. ความเมื่อยล้าทางจิตใจ (Mental Fatigue)
  - ค. ความเมื่อยล้าทางระบบประสาท (Nervous Fatigue)
  - ง. ความเมื่อยล้าแบบเรื้อรัง (Chronic Fatigue)
  - จ. ความเมื่อยล้าเนื่องจากช่วงเวลาปฏิบัติงาน และเวลานอนไม่แน่นอน (Circadian Fatigue) จะพบในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานกะที่ต้องปฏิบัติงานในเวลากลางคืน

### 2.4.2 สภาวะต่างๆ ของร่างกายและลักษณะอาการของผู้ปฏิบัติงานที่มีความเมื่อยล้า

ความเมื่อยล้า คือ การที่ร่างกายอยู่ในสภาวะที่มีความรู้สึกเหนื่อยและเพลีย ซึ่งความรู้สึกนี้เป็นเพียงสภาวะหนึ่งของร่างกาย (Functional States) ดังแสดงในภาพที่ 9

นอนหลับ สนิท	นอนหลับ, ครึ่งหลับ ครึ่งตื่น	เหนื่อยและ เพลีย	ปกติ, สบายตัว	สดชื่น, แจ่มใส	สดชื่นมาก, ตื่นตัว	ตกใจ, ตื่นตัวมาก
-----------------	------------------------------------	---------------------	------------------	-------------------	-----------------------	---------------------

### ภาพที่ 9 แสดงสภาวะต่างๆ ของร่างกาย

ที่มา: วิฑูรย์ และ กฤษฎา (2537)

จากภาพที่ 9 จะเห็นว่าสภาวะต่างๆ โดยทั่วไปของร่างกายแบ่งออกเป็น 7 สภาวะโดยมีสภาวะปกติของร่างกายที่มีความสบายตัว (Relaxed and Resting) อยู่ตรงกลาง ความเมื่อยล้าหรือสภาวะที่มีความรู้สึกเหนื่อยและเพลียอยู่ถัดไปทางซ้าย ติดกับสภาวะที่นอนหลับหรือครึ่งหลับครึ่งตื่น เมื่อนำรูปแบบสภาวะต่างๆ ของร่างกายมาพิจารณาร่วมกับแนวทางการจัดสภาพงานสามารถอธิบายได้ดังนี้

“การออกแบบ หรือปรับปรุงสภาวะและสิ่งแวดล้อมในการทำงานตามหลักการยศาสตร์ จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงาน สามารถปฏิบัติงานได้ด้วยสภาวะปกติ หรือมีความรู้สึกเหนื่อยและเพลียน้อย ซึ่งจะทำให้พนักงานปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย และมีประสิทธิภาพมากกว่าผู้ปฏิบัติงานด้วยสภาวะของร่างกายปกติหรือมีความรู้สึกเหนื่อยและเพลียอยู่”

ความเมื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงานเป็นสิ่งที่นักการยศาสตร์จะต้องควบคุม ทั้งนี้ เนื่องจากลักษณะอาการของผู้ปฏิบัติงานที่มีความเมื่อยล้า มีผลกระทบต่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำงาน ศาสตราจารย์อี.ไอน์ แกรนด์จิน ได้กล่าวถึงลักษณะอาการของผู้ที่มีความเมื่อยล้าไว้ดังนี้

- 1) มีความรู้สึกอ่อนเพลีย ง่วงนอน และมีโอกาสเป็นลมได้ง่าย
- 2) ความคิดและการสั่งงานของสมองช้าลง
- 3) ความตื่นตัวลดลง
- 4) ความสามารถในการรับรู้สิ่งต่างๆ ช้าลง
- 5) รู้สึกไม่อยากจะทำงาน

ลักษณะของร่างกายและจิตใจที่ได้กล่าวมาเป็นอาการของผู้ที่มีความเมื่อยล้าทั่วไป ยังมีความเมื่อยล้าอีกลักษณะหนึ่ง ซึ่งจะพบมากในการปฏิบัติงานภาคอุตสาหกรรม ซึ่งผู้ปฏิบัติงานต้องประสบกับสภาวะและสิ่งแวดล้อมที่มีความกดดันวันแล้ววันเล่าเป็นเวลานานพอควร ความเมื่อยล้า

ลักษณะนี้เรียกว่า “ความเมื่อยล้าแบบเรื้อรัง” ลักษณะอาการของความเมื่อยล้าชนิดนี้ไม่เพียงแต่จะเกิดในช่วงระหว่างการปฏิบัติงาน หรือหลังจากเลิกงานเท่านั้น แต่ยังคงค้างอยู่และจะเกิดในช่วงเวลาอื่นด้วย เช่น ช่วงเวลาตื่นนอนตอนเช้ามืดก่อนเริ่มปฏิบัติงาน ลักษณะอาการของผู้ปฏิบัติงานที่มีปัญหาความเมื่อยล้าแบบเรื้อรังนี้ได้แก่

- 1) ปวดศีรษะบ่อย
- 2) มึนและเวียนหัวเสมอ
- 3) นอนไม่ค่อยหลับ
- 4) มีจังหวะการเต้นของหัวใจผิดปกติ
- 5) เบื่ออาหาร เหงื่อออกง่าย
- 6) ระบบทางเดินอาหารผิดปกติ เช่น ท้องเสียหรือท้องผูกง่าย

ลักษณะอาการดังกล่าวนี้ นอกจากจะเกิดจากสภาวะและสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่มีความเครียดแล้ว ยังมีสาเหตุมาจากการที่ผู้ปฏิบัติงานที่ไม่ชอบที่จะปฏิบัติงานในหน้าที่การงานนั้น หรือไม่ชอบสถานที่ปฏิบัติงาน หรืออาจจะเกิดจากการที่ตัวผู้ปฏิบัติงานเองไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับงานหรือ สภาวะต่างๆ ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ แนวทางตามหลักการยศาสตร์สามารถช่วยแก้ไขได้ โดยการออกแบบงานและ จัดสภาวะและสิ่งแวดล้อมในการทำงานให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงานนั้นๆ (Fitting the Task to the Man)

#### 2.4.4 ปัจจัยที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า

สำนักวิชาการแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (2548) ระบุว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า คือ ลักษณะงานที่ทั้งงานที่อยู่กับที่และเคลื่อนที่ (Static และ Dynamic Works) ความเจ็บป่วย อาการเจ็บป่วย การพักผ่อนไม่เพียงพอ และปัจจัยทางด้านจิตใจ เช่น วิตกกังวล สับสนและการกระทำซ้ำซาก ดังนั้นความเมื่อยล้าสามารถเกิดขึ้นจากหลายปัจจัยร่วมกัน

โดย ชมพูศักดิ์ (2534) ยังระบุว่าความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมมีสาเหตุมาจากปัจจัยหลายประการดังนี้ คือ

1. ปัจจัยทางด้านการทำงาน ในการทำงานซึ่งรวมทั้งลักษณะของการทำงานลักษณะ รายละเอียดของงาน เวลา สถานที่ทำงาน ความรับผิดชอบ ความมั่นคงในการทำงานและ ค่าตอบแทน เป็นต้น
2. ปัจจัยเกี่ยวกับตัวผู้ปฏิบัติงานเอง ผู้ปฏิบัติงานมีพื้นฐานสุขภาพไม่ดี อาจเป็นสาเหตุให้เกิดความเมื่อยล้าได้ง่าย
3. ปัจจัยเกี่ยวกับสภาพของครอบครัวและสิ่งแวดล้อมในชุมชน ผู้ปฏิบัติงานที่มีปัญหาครอบครัว ช่วงเวลาในการพักผ่อนไม่เพียงพอ สิ่งแวดล้อมบริเวณที่พักอาศัยไม่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล

โดย Parker and Imbus (1986) ยังอธิบายสาเหตุความเครียดทางกายภาพที่มีผลต่อความล้าของกล้ามเนื้อว่ามาจากปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. แรงแยได้สภาวะที่เหมาะสมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะเพียงพอที่จะส่งแรงสำหรับการเคลื่อนไหวและการทำงานของร่างกาย แต่ถ้าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไม่เพียงพอต่อความต้องการของงานก็จะเกิดกล้ามเนื้ออ่อนแรง และได้รับบาดเจ็บจากการทำงานเกินกำลังทันทีหรือเกิดความเมื่อยล้าสะสมทำให้สมรรถภาพกล้ามเนื้อลดลง
2. ท่าทางในการทำงาน โดยการทำงานในท่าทางที่เป็นธรรมชาติจะทำให้กล้ามเนื้อมีการส่งถ่ายแรงมากที่สุด โดยใช้พลังงานน้อยที่สุดและกล้ามเนื้อจะล้าน้อยที่สุด ซึ่งท่าทางที่ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการล้าน้อยที่สุด

ซึ่งการทำงานในท่าทางที่ผิดไปจากปกติมาก จะมีผลกระทบในทางลบต่อการออกแรงของกล้ามเนื้อ และทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลงและเร่งให้เกิดความล้าได้เร็วขึ้น โดยท่าทางของร่างกายที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า ดังแสดงตารางที่ 1 ดังนี้

### ตารางที่ 1 ท่าทางของร่างกายที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า

ข้อต่อของร่างกาย	ท่าทางการทำงานที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า
ข้อเท้า	กระดูกปลายเท้าขึ้นเต็มที่ กดปลายเท้าลงเต็มที่
ข้อเข่า	งอเข่ามุนน้อยกว่า 90 องศา เหยียดเข่าตรง
สะโพก (ท่านั่ง)	ทำมุนมากกว่า 110 องศา หรือ น้อยกว่า 80 องศา
หลัง	ก้ม เอียง ไปด้านซ้าย หรือเอนไปด้านหลังมากกว่า 20 องศา
ไหล่	ยกไหล่ งอ หรือกางไหล่ หรือเอน ไปด้านหลังมากกว่า 20 องศา
ข้อศอก	งอทำมุมระหว่างต้นแขนกับปลายแขนเทียบกับแนวตั้ง น้อยกว่า 80 องศา หรือกางออกมากกว่า 120 องศา
ปลายแขน	ในขณะที่ออกแรงมีการหมุนปลายแขนให้ฝ่ามือคว่ำ
ข้อมือ	บิดข้อมือเข้าหรือออกด้านนอก มากกว่า 45 องศา จากท่าธรรมชาติ หักพับข้อมือลงมากกว่า 30 องศา

ที่มา: Parker and Imbus (1986)

3. การทำงานซ้ำซาก การทำงานโดยออกแรงใช้กล้ามเนื้อในมัดเดิมๆ ซ้ำๆ กัน และมีรอบของการทำงานสั้นกว่า 2 นาที จะทำให้เกิดการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อเฉพาะที่ และเป็นปัจจัยเสี่ยงของการปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง โดย NIOSH (1997) ชี้บ่งการทำงานซ้ำๆ ว่าหากทำงานไประยะเวลาต่างๆ จะทำให้กล้ามเนื้อรู้สึกล้าและเกิดความเค้นของกล้ามเนื้อ โดยให้แนวทางในการระบุการทำงานซ้ำซากในเชิงปริมาณเพื่อแนะนำให้เข้าใจว่าร่างกายแต่ละส่วนมีความสามารถในการทำงานซ้ำๆ ต่างกัน จึงได้จำแนกในแต่ละอวัยวะ เพื่อระบุว่างานนั้นเป็นงานซ้ำซากหรือไม่ดังนี้

- ก. มือ ที่มีการเคลื่อนไหวซ้ำๆ มากกว่า 20,000 ครั้งต่อ 8 ชม.
- ข. ไหล่ ที่มีการทำเคลื่อนไหวซ้ำๆ มากกว่า 2.5 ครั้งต่อนาที
- ค. แขนส่วนบนและศอกที่มีการเคลื่อนไหวซ้ำๆ มากกว่า 10 ครั้งต่อนาที
- ง. แขนส่วนล่างและข้อมือ ที่มีการเคลื่อนไหวซ้ำๆ มากกว่า 10 ครั้งต่อนาที
- จ. นิ้วมือที่มีการเคลื่อนไหวซ้ำๆ มากกว่า 200 ครั้งต่อนาที

ทั้งนี้ ความเมื่อยล้ายังมีสาเหตุมาจากการทำงานที่ต้องอยู่นิ่ง หรือคงท่าทางเดิมเป็นเวลานานๆ ซึ่งเป็นท่าทางการทำงานแบบที่ไม่เคลื่อนที่จนเป็นสาเหตุของความเมื่อยล้า ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ท่าทางการทำงานแบบที่ไม่เคลื่อนที่จนเป็นสาเหตุของความเมื่อยล้า

ท่าทางการทำงานที่อยู่กับที่	ส่วนของร่างกายที่ปวดเมื่อย
ที่ยืน	เท้า ขา และเส้นเลือดขอดที่ขา
ทำนั่งตรงไม่มีพนักพิง	กล้ามเนื้อหลัง (Erector Spine)
นั่งเก้าอี้สูงเกินไป	เข่า น่อง เท้า
นั่งเก้าอี้ต่ำ	ไหล่ คอ (Trapezius, Rhomboideus, Levator Scapulae)
นั่ง- ยืน ก้มลำตัวไปข้างหน้า	หลังส่วนบนเอว หมอนรองกระดูกเสื่อม (Lumbar Region, Erector Spinae)
ยืนแขนไปข้างหน้า ข้างหลังและลงข้างล่าง	ไหล่ ต้นแขน (ไหล่อักเสบ)
ก้มคอ หรือเงยศีรษะ	คอ หมอนรองกระดูก
หยิบจับของด้วยท่าไม่ถูกต้อง	ต้นแขน เอ็นอักเสบ

ที่มา: Grandjean (1988)

ทั้งนี้ มุมของการหมุนของข้อต่อร่างกายยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าตามอวัยวะต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3

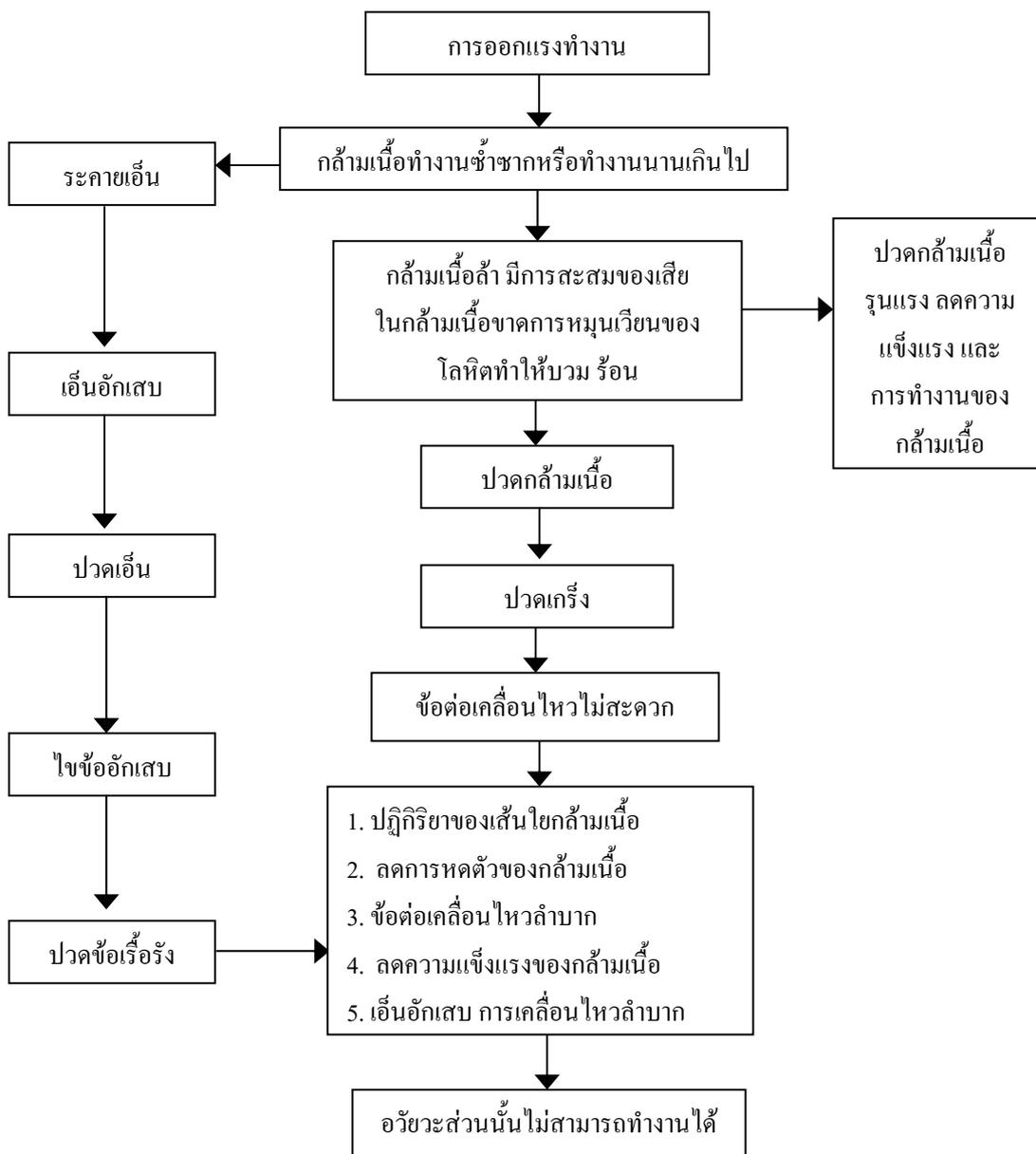
ตารางที่ 3 การหมุนข้อต่อของร่างกายในมุมที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า

ข้อต่อของร่างกาย	ท่าทางที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า
ข้อเท้า	กระดูกปลายเท้าขึ้นเต็มที่ กระดูกปลายเท้าลงเต็มที่
ข้อเข่า	งอเข่าเข้าน้อยกว่า 90 องศา เหยียดเข่าตรง ไม่เคลื่อนไหวเข่า
สะโพก (ท่านั่ง)	ท่ามุมมากกว่า 110 องศา หรือน้อยกว่า 80 องศา
หลัง	งอหรือเอียงข้างเกิน 20 องศา
คอ	หมุนคอ เอียงไปด้านข้าง หรือ แหงนเกิน 20 องศา
ไหล่	ยกไหล่ กางศอกออกจากลำตัวเกิน 45 องศา บิดแขนไปด้านหลัง
ข้อศอก	งอท่ามุมระหว่างต้นแขนกับปลายแขนน้อยกว่า 80 องศา หรือกางออกมามากกว่า 120 องศา
ปลายแขน	ออกแรงหมุนหรือบิดให้ฝ่ามือคว่ำหรือหงาย
ข้อมือ	บิดข้อมือมากกว่า 45 องศา บิดข้อมือเท้า งอข้อมือเข้ามากกว่า 30 องศา กระดูกข้อมือขึ้นมากกว่า 15 องศา
นิ้วมือ	กางนิ้วออกแยกห่างกันเกิน 1 นิ้ว เกร็งนิ้ว หยิก

ที่มา: Chaffin and Anderson (1991)

### อาการของความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ

จำแนกออกแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง เมื่อมีการพักอาการก็หายไป และ ถ้ายังมีการฝืนทำงานต่อไปอีก ก็จะเกิดความเครียดไปยังอวัยวะส่วนอื่นๆ ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แสดงลำดับอาการปวดกล้ามเนื้อจนอวัยวะไม่สามารถทำงานได้

ที่มา: Parker and Imbus (1986)

ซึ่งในการวิจัยนี้จะมุ่งเน้นศึกษาท่าทางการทำงานที่ไม่เป็นธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดความเมื่อยล้าและเป็นปัญหาต่อหลังส่วนล่าง

### 3. แบบประเมินที่ใช้ด้านการยศาสตร์

โดยทั่วไปการประเมินทางการยศาสตร์สามารถประเมินได้ 3 วิธี ได้แก่ การสังเกต การวัดโดยตรง และการใช้แบบสอบถาม ซึ่งแบบประเมินที่ใช้ในการวิเคราะห์งานด้านการยศาสตร์มีหลายเทคนิควิธี เช่น การใช้แบบสอบถาม หรือการวัดด้วยเครื่องมือต่างๆ โดยเน้นเรื่องท่าทางและการใช้แรงของร่างกายในการทำงานว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินว่างานดังกล่าวจะมีความเสี่ยงต่อความเมื่อยล้าและการบาดเจ็บหรือไม่ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะเป็นแนวทางสำคัญในการเฝ้าระวังปัญหา รวมถึงการปรับปรุงหรือออกแบบงานให้มีความปลอดภัย ซึ่งแบบประเมินต่างๆ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างแบบประเมินที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์งานด้านการยศาสตร์

แบบประเมิน	ลักษณะและวิธีใช้	การประยุกต์
1. RULA (Rapid upper limb assessment)	ใช้ประเมินท่าทางการทำงานด้วยระดับคะแนน โดยแยกเป็นส่วน ซึ่งจะบอกถึงความเสี่ยงของปัญหาทางด้านการยศาสตร์	ถูกออกแบบสำหรับการประเมินระดับปัญหาทางการยศาสตร์ที่ใช้ได้กับงานหลากหลายแบบ โดยเฉพาะงานที่มีการใช้แรงของไหล่ แขน และมือ การนั่งทำงานหรือยืนควบคุมเครื่องจักร
2. Body discomfort	ใช้ประเมินความรู้สึกผู้ปฏิบัติงาน โดยพิจารณาแยกเป็นส่วนต่างๆ ของร่างกาย ให้เป็นระดับคะแนนของความเมื่อยล้า อาการปวด เป็นต้น	ใช้เป็นแบบประเมินเบื้องต้นในงานทุกประเภทในการหาตำแหน่งของร่างกายที่มีความเสี่ยงของปัญหาทางการยศาสตร์นำมาวิเคราะห์ร่วมกับงานและสถานีงาน

#### ตารางที่ 4 (ต่อ)

แบบประเมิน	ลักษณะและวิธีใช้	การประยุกต์
3. เครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจ (Heart Rate Monitor)	มีตัวรับสัญญาณติดกับร่างกาย เพื่อจับสัญญาณการเต้นของหัวใจสามารถบันทึกผลๆ ได้ ต่อเนื่อง ข้อมูลใช้ประเมินภาระงานโดยรวมและแบบประเมินการใช้พลังงาน	งานที่ใช้แรงของร่างกายมากมีการเคลื่อนไหวมาก ทำงานที่อุณหภูมิสูง หรืองานที่มีการใช้กล้ามเนื้อในภาวะสติดสูง ต่อเนื่องนานๆ
4. ค่าดัชนีความผิดปกติ (Abnormality Index)	ใช้สอบถามความรู้สึกจาก ผู้ปฏิบัติงานโดยตรง บอกรออกมา เป็นระดับคะแนน 0-9	ใช้ในการสำรวจปัญหาเบื้องต้น โดยสรุปจากข้อมูลคนกลุ่มใหญ่ ใช้ได้กับลักษณะงานทุกประเภท
5. OWAS (The Ovako Working Posture Analyzing System)	ถูกพัฒนาใช้ในประเทศฟินแลนด์ประเมินท่าทางการทำงานในอุตสาหกรรมผลิตเหล็ก	ใช้ประเมินท่าทางการทำงาน เพื่อพิจารณาว่าท่าทางดังกล่าว มีความเหมาะสมเพียงใด
6. เครื่องมือวัดการเคลื่อนไหว (Motion Analyzer)	วัดการเปลี่ยนระยะทาง มุม ความเร็ว ความเร่ง ระหว่างส่วนต่างๆ ของร่างกายขณะเคลื่อนไหว ใช้ข้อมูลในการคำนวณทางชีวกลศาสตร์ หาแรงกระทำต่ออวัยวะต่างๆ	งานแบบพลวัต มีการเคลื่อนไหว ต่อเนื่อง เช่น งานยกของ นิยมใช้ในวิทยาศาสตร์การกีฬา
7. เครื่องมือวัดการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyography: EMG)	เครื่องมือบันทึกสัญญาณทางไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อผ่านทางไฟฟ้าของตัวรับสัญญาณ เพื่อประเมินการใช้แรงของกล้ามเนื้อรวมถึงวิเคราะห์ความล้าจากรูปแบบและผลของสัญญาณ	ใช้ได้ทั้งในงานที่เป็นแบบสติด และพลวัตบางครั้งใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดการเคลื่อนไหว เพื่อหาแรงกระทำภายใน

#### ตารางที่ 4 (ต่อ)

แบบประเมิน	ลักษณะและวิธีใช้	การประยุกต์
8. เครื่องมือวัดการใช้ ออกซิเจน (Oxygen Consumption Analyzer)	วัดปริมาณการใช้ออกซิเจน จากอากาศที่หายใจเข้าและ ออก ดูความต้องการใช้พลังงาน	เช่นเดียวกับการใช้เครื่องวัด อัตราการเต้นหัวใจ

#### ที่มา: สลิธร (2546)

เพื่อให้ผลการทดลองสามารถประเมินผลได้ทั้งด้านความเมื่อยล้าด้านจิตใจ ทำทางการทำงานของร่างกายและชีวกลศาสตร์ การวิจัยครั้งนี้จึงใช้แบบประเมินทั้ง 3 วิธี ได้แก่ การสังเกต โดยเทคนิค RULA (Rapid upper limb assessment) การวัดโดยตรง โดยวัดการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyography: EMG) และการใช้แบบสอบถาม โดยแบบสัมภาษณ์และคำนวณค่าดัชนีความไม่ปกติ (Abnormal Index) โดยรายละเอียดแต่ละวิธีอธิบายได้ดังนี้

#### 3.1 แบบประเมินคำนวณค่าดัชนีความไม่ปกติ (Abnormality Index; AI)

เป็นแบบประเมินเพื่อใช้ประเมินความรุนแรงของปัญหา โดยการสัมภาษณ์พนักงานมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประวัติการเจ็บปวดกล้ามเนื้อของพนักงาน โดยการคำนวณค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) จะมีคำถามที่มุ่งเน้นหาระดับความรุนแรงของปัญหา ข้อดีของค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) คือ ค่าดัชนีความผิดปกติ ซึ่งใช้ประเมินความล้าทั้งร่างกายและทางด้านจิตใจภายหลังจากการทำงานครบรอบระยะเวลาการทำงานของพนักงาน โดยใช้ความรู้สึกของพนักงานเป็นเกณฑ์การประเมิน เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ใช้ได้สะดวกรวดเร็ว สามารถใช้กับคนจำนวนมากๆ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แบบสัมภาษณ์พนักงาน จำนวน 5 แผนก รายละเอียดของแบบสัมภาษณ์ประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ดังนี้

- 1) ความเมื่อยล้าทั่วไป
- 2) ความเสี่ยงต่อการเจ็บปวดและบาดเจ็บ
- 3) ระดับความสนใจต่องานที่ทำ
- 4) ความซับซ้อนของลักษณะงาน
- 5) ความยากงานของการทำงาน
- 6) จังหวะการทำงาน
- 7) ความรับผิดชอบในการทำงาน
- 8) ความเป็นอิสระในการทำงาน

ในการประเมินผลแบบสอบถามชุดนี้ ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์พนักงานโดยตรง พนักงานที่ถูกสัมภาษณ์จะเป็นผู้ทำการประเมินผลในแต่ละหัวข้อด้วยตนเอง โดยแต่ละหัวข้อจะแบ่งระดับความรุนแรงเป็น 10 ระดับคะแนน คือ ระดับ 0-9

โดย คะแนน 0 หมายถึง ความรุนแรงน้อยที่สุด  
คะแนน 9 หมายถึง ความรุนแรงมากที่สุดหรือมากจนทนไม่ได้

คะแนนที่ได้แต่ละหัวข้อมาประเมินค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) โดยใช้สมการที่ 1  
ดังนี้

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

ค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) สามารถประเมินผลได้ดังนี้

AI < 0	ไม่มีปัญหาอะไรเลย
AI 0-2	มีปัญหาเล็กน้อยพอทนได้
AI 2-3	ต้องระมัดระวังเอาใจใส่
AI 3-4	เริ่มมีปัญหาจนทนไม่ได้
AI > 4	ผิดปกติ ต้องรีบดำเนินการแก้ไขทันที

### 3.2 แบบประเมินท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค RULA

แบบประเมินรูลาร์ ได้ถูกพัฒนาโดย ดร. เลน แมคเอเทมเนย์ และ ดร. ไนแกล คอร์เลท จากสถาบันการยศาสตร์ในการทำงานแห่งมหาวิทยาลัยนอตติงแฮม ประเทศอังกฤษ โดยได้ถูกตีพิมพ์เผยแพร่เมื่อปี 1993 ในวารสารการยศาสตร์ประยุกต์ (Applied Ergonomics) [1] (นริศ, 2547)

เทคนิค RULA (Rapid Upper Limb Assessment) ใช้อธิบายเกี่ยวกับท่าทางการทำงาน แรงและการใช้กล้ามเนื้อในการปฏิบัติงานที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูก เป็นวิธีที่สามารถบันทึกได้เร็วโดยใช้พื้นฐานของเทคนิค OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) ที่ใช้ในการบันทึกท่าทางการทำงานต่างๆ เป็นระบบตัวเลขที่ง่าย รวดเร็ว และใช้ได้รวดเร็ว ซึ่งในทางปฏิบัติจะนิยมบันทึกท่าทางขณะทำงานด้วยวิธีการบันทึกภาพเคลื่อนไหว แล้วนำมาเปิดย้อนกลับดูเพื่อประเมินและบันทึกท่าทางการทำงานเป็นตัวเลขลงในตารางบันทึก

ข้อดีของรูลาร์คือ มีความสะดวกในการใช้งาน โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดใดๆ ไม่รบกวนการทำงานของพนักงาน ใช้งานและสามารถแบ่งให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการประเมิน ด้วยการประเมินท่าทางด้วยสายตาบางครั้งอาจเกิดความผิดพลาดได้เกณฑ์ของการประเมินสามารถบอกระดับความรุนแรงของปัญหา

วัตถุประสงค์ของแบบประเมินนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตรวจสอบและประเมินภาวะทางกายศาสตร์เบื้องต้น เกี่ยวกับท่าทางการทำงาน ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงอย่างหนึ่งที่สามารถนำไปสู่ปัญหาการบาดเจ็บสะสมของกล้ามเนื้อ โครงร่างในระยะยาวได้ และต้องการให้ผู้ที่เกี่ยวข้องเฝ้าระวังปัญหาที่จะเกิดตามมา

การวิจัยครั้งนี้ใช้เทคนิค RULA ซึ่ง เทคนิค RULA ได้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

#### ขั้นที่ 1 การบันทึกท่าทางขณะทำงาน

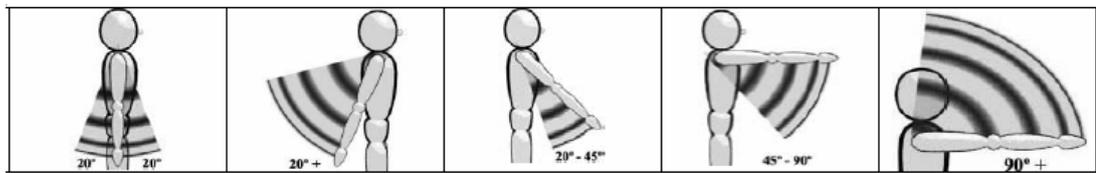
ในขั้นนี้จะแบ่งร่างกายของคนออกเป็น 2 กลุ่มคือ

- กลุ่ม A หมายถึง บริเวณแขนและข้อมือ
- กลุ่ม B หมายถึง บริเวณคอ ลำตัวและขา

โดยจะทำการพิจารณาช่วงการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายพนักงานในการปฏิบัติงาน แล้วนำมาประเมินระดับคะแนนตามข้อกำหนดต่างๆ ดังนี้

กลุ่ม A บริเวณแขนและข้อมือจะพิจารณา 4 ท่าทางการทำงานดังนี้

ก) การประเมินตำแหน่งแขนส่วนบน (Upper Arm) ดังแสดงในภาพที่ 11

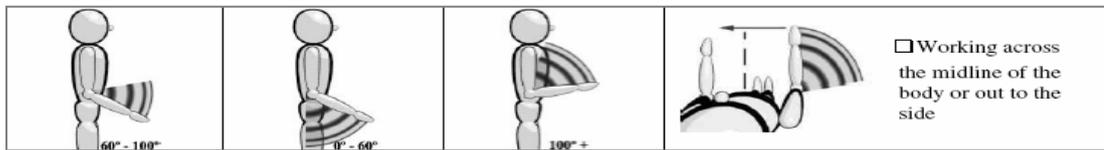


ภาพที่ 11 ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของแขนส่วนบน (Upper Arm)

ที่มา: McAtamney and Corlett (1993)

- +1 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวในมุม 20 องศากับแนวตั้ง
- +2 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวที่มุมมากกว่า 20 องศา หรือระหว่าง 20-45 องศา หรือมีการบิดไปด้านหลัง
- +3 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวในมุม 45-90 องศา
- +4 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวที่มุมมากกว่า 90 องศา
- ถ้ามีการยกของให้ลให้บวกคะแนนเพิ่มอีก +1
- ถ้าแขนท่อนบนยกห่างจากตัว ให้บวกคะแนนเพิ่มอีก +1
- ถ้ามีสิ่งช่วยรับน้ำหนักให้ลดคะแนนลงอีก -1

ข) การประเมินตำแหน่งแขนส่วนล่าง (Lower Arm หรือ Forearm) ดังแสดงในภาพที่ 12

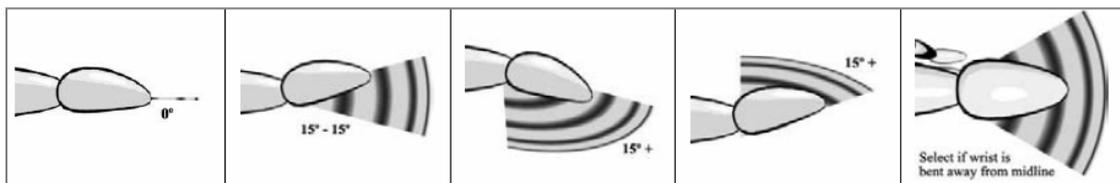


ภาพที่ 12 ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของแขนส่วนล่าง (Lower Arm)

ที่มา: McAtamney and Corlett (1993)

- +1 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวในแนวทำมุม 60-100 องศา
- +2 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวแนวมุมที่น้อยกว่า 60 องศาหรือมากกว่า 100 องศา
- ถ้ามีการเคลื่อนไหวที่เอื่อมสลับข้างกันให้เพิ่มคะแนนอีก + 1

ค) การประเมินตำแหน่งมือและข้อมือ (Hand และ Wrist) ดังแสดงในภาพที่ 13

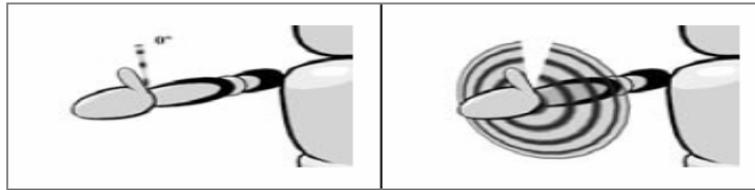


ภาพที่ 13 ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของมือและข้อมือ (Hand หรือ Wrist)

ที่มา: McAtamney and Corlett (1993)

- +1 คะแนน ถ้ามีการเคลื่อนไหวปกติ
- +2 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวในแนวทำมุม 0-15 องศา ทั้งการยึดและหักข้อมือ
- +3 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวที่มากกว่า 15 องศา
- ถ้าข้อมือมีการบิดจากแนวปกติให้เพิ่มคะแนนอีก + 1

ง) การประเมินการบิดข้อมือ (Wrist Twist) ดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของการบิดข้อมือ (Wrist Twist)

ที่มา: McAtamney and Corlett (1993)

+1 คะแนน ถ้าขณะทำงานมีการหมุนของข้อมือ

+2 คะแนน ถ้าขณะทำงานมีการหมุนของข้อมือมากเกือบสุด

กลุ่ม B บริเวณลำคอ ลำตัวและขาจะพิจารณา 3 ท่าทางการทรงตัวดังนี้

จ) การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนศีรษะและคอ (Head และ Neck) ดังแสดงใน

ภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของศีรษะและคอ (Head และ Neck)

ที่มา: McAtamney and Corlett (1993)

+1 คะแนน สำหรับการก้ม 0-10 องศา

+2 คะแนน สำหรับการก้ม 10-20 องศา

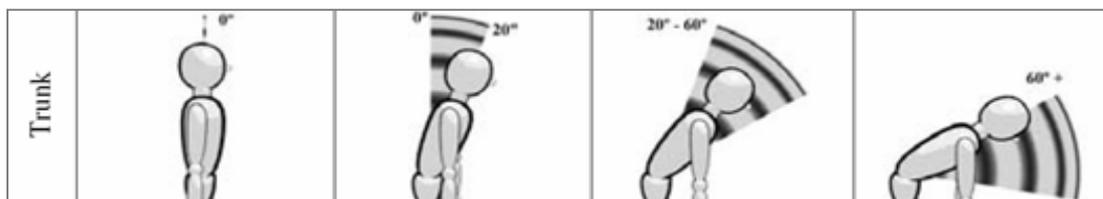
+3 คะแนน สำหรับการก้ม 20 องศา หรือมากกว่า

+4 คะแนน ถ้ามีการเงยไปด้านหลัง

ถ้าคอมีการบิด ให้เพิ่มคะแนนอีก + 1

ถ้าคอมีการเอียงไปด้านซ้ายหรือด้านขวา ให้เพิ่มคะแนนอีก + 1

จ) การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนลำตัว (Trunk) ดังแสดงในภาพที่ 16

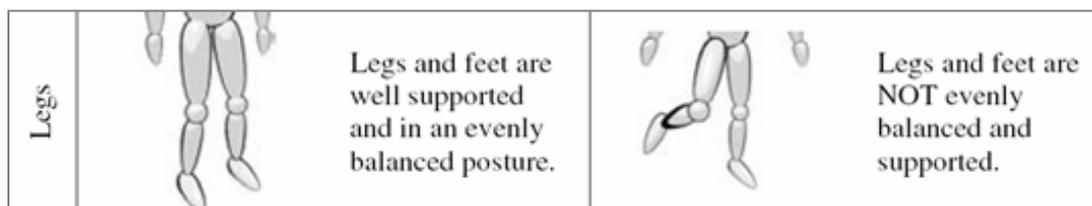


ภาพที่ 16 ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของส่วนลำตัว (Trunk)

ที่มา: McAtamney and Corlett (1993)

- +1 คะแนน ถ้ามีการนั่งหรือมีอุปกรณ์รับน้ำหนักสะโพกได้เป็นอย่างดี และหลังท่ามุม 90 องศา
- +2 คะแนน ถ้ามีการก้ม 0-20 องศา
- +3 คะแนน ถ้ามีการก้ม 20-60 องศา
- +4 คะแนน ถ้ามีการก้มที่มากกว่า 60 องศา
- ถ้าลำตัวมีการบิด ให้เพิ่มคะแนนอีก + 1
- ถ้าลำตัวมีการเอียงไปด้านซ้ายหรือขวา ให้เพิ่มคะแนนอีก + 1

ข) การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนขาและเท้า (Legs และ Feet) ดังแสดงในภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวส่วนขาและเท้า (Leg และ Feet)

ที่มา: McAtamney and Corlett (1993)

- +1 คะแนน ถ้าขาและเท้ามีการยืนในลักษณะสมดุล หรือมีการรองรับน้ำหนักที่ดี
- +2 คะแนน ถ้าขาและเท้ามีการรองรับน้ำหนักที่ไม่ดี หรือมีการทรงตัวที่ไม่สมดุล

ในการบันทึกคะแนนท่าทางการทำงาน จะใช้วิธีการสังเกตพนักงานโดยทำการบันทึกวิดีโอขณะที่พนักงานกำลังปฏิบัติงานหลายๆ รอบ เพื่อเลือกงานและท่าทางการทำงานที่สนใจ โดยอาจจะเลือกใช้ท่าการทรงตัวที่มีสัดส่วนมากที่สุดในแต่ละรอบการทำงาน

## ขั้นที่ 2 การจัดกลุ่มการเคลื่อนไหวของร่างกายและคะแนนของท่าทาง

จากการประเมินการเคลื่อนไหวของร่างกายในกลุ่ม A และ B ซึ่งแสดงระดับของภาระงานของท่าการทรงตัวของโครงสร้างกล้ามเนื้อและกระดูก โดยจะมีระดับคะแนนหลายค่า ซึ่งในการจัดกลุ่มนี้จะเป็นการรวมคะแนนเป็นคะแนนของแต่ละกลุ่มค่าหนึ่ง โดยการใช้ตาราง ดังแสดงในตารางที่ 5 สำหรับส่วนของร่างกายในกลุ่ม A และใช้ตารางดังแสดงในตารางที่ 6 สำหรับส่วนของร่างกายในกลุ่ม B ซึ่งเป็นการจัดลำดับคะแนนโดยใช้หลักการของชีวกลศาสตร์และปัจจัยการทำงานของกล้ามเนื้อในแต่ละท่าการทรงตัว โดยคะแนนที่ได้จากการจับกลุ่มจะมีค่าตั้งแต่ 1-9 คะแนน โดยคะแนน 1 หมายถึง ท่าทางการทำงานที่มีภาระต่อโครงสร้างกล้ามเนื้อและกระดูกน้อยที่สุด คะแนนที่แตกต่างก็จะขึ้นอยู่กับภาระงานของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก

## ตารางที่ 5 การหาค่าคะแนน A จากการประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ในกลุ่ม A

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Posture Score							
		1		2		3		4	
		W. Twist		W. Twist		W. Twist		W. 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	3
	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

ตารางที่ 5 (ต่อ)

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Posture Score							
		1		2		3		4	
		W. Twist		W. Twist		W. Twist		W. Twist	
		1	2	1	2	1	2	1	2
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	4	5	5	5
	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	7	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

ที่มา: McAtamney and Corlett (1993)

ตารางที่ 6 การหาค่าคะแนน B จากการประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย  
ในกลุ่ม B

Neck Posture Score	Trunk Posture Score											
	1		2		3		4		5		6	
	Legs		Legs		Legs		Legs		Legs		Legs	
	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

ที่มา: McAtamney and Corlett (1993)

หลังจากที่ได้คะแนน A และ B จากตารางที่ 5 และ 6 ค่าเหล่านี้จะถูกรวมกับค่าภาระงานสถิติของกล้ามเนื้อ เช่น การเคลื่อนที่ทำงานซ้ำๆ และงานที่ต้องใช้แรงเกร็งในการทำงาน ซึ่งจะได้เป็นค่าใหม่คือ คะแนน C และ D ดังแสดงในสมการที่ (2) และ (3)

$$\text{คะแนน A} + \text{Muscle Use and Force Scores for Group A} = \text{คะแนน C} \quad (2)$$

$$\text{คะแนน B} + \text{Muscle Use and Force Scores for Group B} = \text{คะแนน D} \quad (3)$$

โดยคะแนนของ Muscle Use and Forces Score ที่นำไปบวกเพิ่มคะแนนเป็นดังนี้

*Muscle Use*

1 คะแนน

ถ้างานที่ทำส่วนใหญ่เป็นงานสถิติ หรือเป็นงานยกน้ำหนักที่มีระยะเวลาการยกนานกว่า 1 นาที หรือเป็นงานซ้ำๆที่มีการทำงานมากกว่า 4 ครั้งต่อนาที

*Force Score*

- 0 คะแนน ถ้าไม่มีน้ำหนัก หรือน้ำหนักน้อยกว่า 2 ก.ก.
- 1 คะแนน กรณีต้องยกน้ำหนัก 2-10 ก.ก. ในลักษณะยก/วาง เป็นพักๆ
- 2 คะแนน กรณีต้องยกน้ำหนัก 2-10 ก.ก. ในลักษณะเป็นงานสถิติ หรือ กรณีต้องยกน้ำหนัก 2-10 ก.ก. เป็นงานซ้ำๆ
- 3 คะแนน กรณีต้องยกน้ำหนัก 10 ก.ก. หรือนานกว่าในลักษณะเป็นงานสถิติ หรือกรณีต้องยกน้ำหนัก 10 ก.ก. หรือมากกว่าในการทำงานซ้ำๆ หรือกรณีที่มีการกระชากหรือเป็นงานเร่ง

**ขั้นที่ 3 การหาค่าคะแนนทั้งหมดและการประเมินผล**

ขั้นที่ 3 ของเทคนิค RULA จะรวมคะแนน C และ D เข้าเป็นคะแนนเดียวกัน โดยการใช้อภาพที่ 18 ในการหาค่าคะแนนรวม ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ ตามระดับคะแนน 1-7 ซึ่งขึ้นอยู่กับความเสี่ยงในการบาดเจ็บของโครงสร้างกล้ามเนื้อและกระดูก ที่ประเมิน

คะแนน 1-2 หมายถึง ค่าที่ยอมรับได้ ถ้าไม่มีการทำงานที่ยาวนานหรือเป็นการทำงานที่ซ้ำชากนานๆ

คะแนน 3-4 แสดงว่าการทำงานควรให้ความสนใจ และอาจต้องมีการปรับปรุงการทำงานบางอย่าง

คะแนน 5-6 แสดงว่าการทำงานต้องให้ความสนใจ และมีการปรับปรุงการทำงาน

คะแนน 7 ขึ้นไป แสดงว่าต้องมีการศึกษาเพื่อปรับปรุงการทำงานทันที

Score D (Neck, Trunk, Leg)

		1	2	3	4	5	6	7+
Score C (Upper Limb)	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 18 การหาค่าคะแนนรวมจากคะแนน C และ D

ที่มา: McAtamney and Corlett (1993)

### 3.3 การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

#### 3.3.1 ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อและประสาท

กล้ามเนื้อและประสาทเป็น Excitable Tissue มีกลไกที่เก็บประจุไฟฟ้าได้และสามารถปล่อยประจุไฟฟ้าออกไปได้เมื่อมีการกระตุ้น และมีเยื่อหุ้มที่เป็น Semi permeable Membrane และมีอิเล็กโตรไลต์หลายอย่างที่มีความเข้มข้นไม่เท่ากันเป็นส่วนประกอบ ที่สำคัญคือ โซเดียมและโพแทสเซียม เพราะมีกลไกคอยสูบโพแทสเซียมเข้าไปในเซลล์ และ โซเดียมออกนอกเซลล์อยู่ตลอดเวลา แต่ในภาวะพักนั้น เยื่อหุ้มเซลล์ยอมให้โพแทสเซียมผ่านได้มากกว่าโซเดียมถึง 50 เท่า จึงทำให้โพแทสเซียมนำประจุบวกออกมาข้างนอก แต่ก็ไม่สามารถกระจายไปได้ไกล เพราะถูกดูดโดยไอออนที่ผ่านเยื่อหุ้มออกมาไม่ได้ จึงเรียงรายอยู่นอกเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นผลให้ภายนอกเซลล์เป็นบวกมากกว่าภายใน ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าเยื่อหุ้มมีการทำงานที่เปรียบเสมือนคาปาซิเตอร์ ที่มีเยื่อหุ้มเป็นฉนวน และสองข้างของเยื่อหุ้มมีอิเล็กโตรไลต์ที่นำไฟฟ้าได้

เมื่อมีการทำงาน จะเป็นประสาทหรือกล้ามเนื้อที่ดี จะมีการกระจายของไฟฟ้า ออกตามกล้ามเนื้อ ไฟฟ้าที่กระจายไปตามกล้ามเนื้อนั้น มีหน้าที่ไปกระตุ้นกลไกการหดตัวของ กล้ามเนื้ออีกต่อหนึ่ง เมื่อถูกกระตุ้น เยื่อหุ้มเซลล์ของประสาทและกล้ามเนื้อจะมีการยอมให้โซเดียม ผ่านเพิ่มขึ้น อาจเพิ่มได้มากถึง 200 เท่า จึงเป็นผลให้โซเดียมไหลเข้าไปในเซลล์ (Influx) ทำให้ศักย์ ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเปลี่ยนไปคือลดลง ที่เรียกว่า “ดีโพลาริเซชัน” (Depolarization) เมื่อการกระตุ้น นั้นแรงพอและเกินระดับกั้น จะทำให้โซเดียมไหลเข้าไปในเซลล์ได้มาก จนทำให้ศักย์ไฟฟ้าของ เยื่อหุ้มกลับกัน คือมี Reverse ของ Membrane Potential เมื่อถูกกระตุ้นและจะเกิดศักย์ไฟฟ้าขณะ ทำงานขึ้น ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานนั้นมีทั้งขาขึ้น (Ascending Phase) และลดลง (Descending Phase) โดยระยะขาลงของศักย์ไฟฟ้านั้นเกิดจากโซเดียมไหลเข้าไปในเซลล์ และ โปแตสเซียมออกนอกเซลล์ (K+Efflux) เพื่อช่วยแก้ไขให้ศักย์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปกลับมาเช่นเดิม

เนื่องจากศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานเป็นกรรมวิธีที่เกิดในตัวเอง พลังงานจะต้องปล่อย ออกมาทุกๆ จุดที่ถูกกระตุ้น จึงทำให้ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานมีความสูงไม่ลดลง แม้ว่าจะต้องแผ่ กระจายออกไปเป็นระยะทางไกลๆ ก็ตาม (ชูศักดิ์, 2523)

ไฟฟ้าที่เกิดจากการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ สามารถวัดได้โดยวางอิเล็กโทรด โทนิค ลงบนผิวหนังหรือสอดเข้าไปในกล้ามเนื้อ ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อนั้นตรวจวัดได้ด้วยการตรวจวัด EMG เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวและมีความตึงเพิ่มขึ้น จะได้ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกัน

### 3.3.2 การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าของกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องมือวัดค่า

#### EMG

เครื่องมือวัดค่า EMG เป็นเครื่องมือตรวจวัดสัญญาณ ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย โดยเป็นเครื่องมือสำหรับบันทึกค่าไฟฟ้าในร่างกาย ประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่ อิเล็กโทรด ระบบ แอมป์รีไฟเออร์ และระบบแสดงและบันทึกผล

การบันทึกคลื่นกระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography, EMG) โดยอาศัยการติดขั้ว อิเล็กโทรด (Electrode) บนผิวหนัง หรือสอดเข็มอิเล็กโทรดเข้าไปในกล้ามเนื้อ แล้วต่อเข้ากับ เครื่องขยายสัญญาณ (Amplifier) ผลที่บันทึกได้นี้เรียกว่า Electromyogram (EMG) ถ้าใช้เข็มขนาดเล็กมากๆ เป็นขั้ว Electrode จะสามารถตรวจวัดกิจกรรมของกล้ามเนื้อเส้นเดี่ยวๆ ได้ นอกจากนี้

เรายังสามารถใช้การตรวจ EMG เพื่ออธิบายปัจจัยที่มีผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อลายแบบ Graded response ได้ ถ้าตรวจ EMG ขณะพักพบว่าแทบจะไม่มีกิจกรรมที่เกิดขึ้นเอง (Spontaneous activity) หรือถ้าจะมีก็น้อยมาก เมื่อมีการเคลื่อนไหวเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าจากหน่วยสั่งการมีน้อย เมื่อมีการเคลื่อนไหวมากขึ้นจำนวนหน่วยสั่งการก็เพิ่มขึ้น เรียกกระบวนการนี้ว่า Recruitment of motor units (กิตติ, 2548)

เครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าและกล้ามเนื้อ ได้ออกแบบสำหรับวัดและทดสอบการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งสามารถทดสอบในภาพรวมได้ ระบบนี้จะเป็นการวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ ขณะที่กล้ามเนื้อมีอาการหดตัว ซึ่งจะก่อให้เกิดความต่างศักย์ที่สามารถวัดได้ที่ได้ผิวหนังกล้ามเนื้อ จะเป็นผลรวมของการทำงานหลายๆ หน่วย และใช้อธิบายถึงกิจกรรมของกล้ามเนื้อนั้นความต่างศักย์สามารถวัดได้ตั้งแต่ 1-5000  $\mu V$

วิธีการวัดก่อนทำการติดตั้งอิเล็กโทรดให้ทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่ติดตั้งอิเล็กโทรด ใช้อิเล็กโทรดชนิดแผ่นมีขนาดประมาณ 1 ตารางเซนติเมตร ปิดบนผิวหนังตามความยาวของกล้ามเนื้อ และเครื่องบันทึกสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้น อิเล็กโทรดต้องติดตั้งในตำแหน่งที่ถูกต้องการศึกษาอาการปวดหลังส่วนล่าง โดยใช้เครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ Erector Spine ให้ติดตั้งอิเล็กโทรด บริเวณตำแหน่ง L5 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ให้สัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสม่ำเสมอที่สุด โดยติดตั้งห่าง 3 เซนติเมตร จากทางด้านข้างซ้ายและขวาของ Spinous Process

#### 4. การออกแบบสถานีงาน

##### 4.1 หลักการออกแบบสถานีงานตามหลักการยศาสตร์

กิตติ (2548) ปรึชญาในการออกแบบมีอยู่ 3 ลักษณะที่นักการยศาสตร์จะได้นำข้อมูลสมบัติทางกายภาพ และสัดส่วนร่างกายไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเพื่อกลุ่มประชากรเฉพาะแห่ง

- การออกแบบเพื่อกลุ่มโดยเฉลี่ย (Design for the average) ปัญหาของการออกแบบข้อนี้ก็คือ อาจจะไม่เหมาะกับผู้ใช้เลย เพราะไม่มีใครที่จะมีมิติเฉลี่ยในทุกสัดส่วน อย่างไรก็ตามก็มีการออกแบบวิธีนี้อาจใช้กับอาคารสถานที่สาธารณะ เช่น เก้าอี้ที่นั่งในสวนสาธารณะ ที่นั่งรถประจำทาง และที่อื่นที่ต้องใช้โดยกลุ่มประชากรหลากหลายจำนวนมาก เป็นต้น

- การออกแบบสำหรับบุคคลที่มีขนาดสุดๆ (Design for the extremes) ปัญหาที่พบสำหรับวิธีนี้คือเรื่องต้นทุน สมมติว่าเก้าอี้ที่นั่งสำหรับคนจับถูกออกแบบมาเพื่อให้สำหรับคนที่มรูปร่างเล็กที่สุด พอคนที่ตัวใหญ่ที่สุดมาใช้ ย่อมเกิดปัญหาขึ้นตามมาอย่างแน่นอน ดังนั้น การเข้าใจถึงกลุ่มประชากรที่จะใช้เป็นข้อดี จะสามารถช่วยลดข้อขัดแย้งเหล่านี้ลงได้

- การออกแบบสำหรับกลุ่มคน (Design for range) หมายถึง การออกแบบสำหรับประชากรเป็นกลุ่ม ซึ่งจะใช้ช่วงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และที่ 95 มาเป็นฐานในการออกแบบ การออกแบบวิธีนี้ จะให้ครอบคลุมกลุ่มประชากร 90% การปรับเปลี่ยนช่วง (Range) นี้สามารถทำได้โดยอาจจะแคบลงหรือใหญ่ขึ้นแล้วแต่ผลิตภัณฑ์ ลักษณะงานหรือการใช้งาน และต้นทุน

สุทธิ (2549) อธิบายว่าแนวความคิดในเรื่องของการออกแบบสถานที่ปฏิบัติงาน เริ่มต้นด้วยการคำนึงถึงตัวผู้ปฏิบัติงานเป็นหลักใหญ่ (Operator in mind) เมื่อมีการออกแบบสถานที่ปฏิบัติงานนั้นแล้ว จะสามารถทำให้ผู้ปฏิบัติงานอยู่ในท่าการทำงานที่ถูกต้องเหมาะสม มีความสุข สะดวกสบาย และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเต็มกำลังความสามารถ

หลักการทั่วไปในการออกแบบงานและสถานที่ปฏิบัติงานตามหลักการทางเออร์โกโนมิกส์ โดยเป็นหลักการง่ายๆ คือ หลักที่เรียกว่า “NEWS” โดยที่

- N = Neutral Posture การรักษาท่าทางการทำงานให้สมดุล
- E = (Work at) Elbow Height การทำงานที่ระดับความสูงข้อศอกไม่ว่าจะเป็นงานนั่งหรืองานยืน
- W = (Sufficient) Work Area การมีพื้นที่ปฏิบัติงานเพื่อการเคลื่อนไหวส่วนร่างกายที่พอเพียง
- S = (no) Stretching ไม่มีการยืด/เหยียดแขน ขา หัวไหล่ และลำตัวในขณะที่ทำงานจนเกินขีดความสามารถของเอ็น ข้อต่อ และกล้ามเนื้อของผู้ปฏิบัติงาน

หลักการดังกล่าวอธิบายได้ดังมีรายละเอียดดังนี้

1. ต้องมุ่งเน้นให้สถานที่ปฏิบัติงานนั้นเอื้อต่อการทำงานแบบไดนามิก โดยพยายามที่จะหลีกเลี่ยงการออกแบบงานหรือสถานที่ทำงานที่จะทำให้เกิดการทำงานแบบสแตติก เพราะว่างานสแตติกนั้นจะเร่งให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้า (fatigue) เร็วขึ้น

2. การกำหนดระดับความสูงของพื้นผิวการปฏิบัติงานนั้นให้ขึ้นอยู่กับขนาดสัดส่วนของร่างกายของตัวผู้ปฏิบัติงานเอง และประเภทหรือชนิดของงาน โดยมีหลักพิจารณาอยู่ว่า

- ถ้าเป็นงานเบาและต้องการความประณีตแม่นยำ ความสูงของพื้นผิวปฏิบัติงานนั้นให้สูงกว่าระดับความสูงจากพื้นถึงข้อศอกในท่ายืนหรือในท่านั่งเล็กน้อย

- ถ้าเป็นงานที่ต้องออกแรงหนักพอสมควร ความสูงของพื้นผิวปฏิบัติงานนั้นให้สูงเท่ากับระดับความสูงจากพื้นถึงข้อศอกในท่ายืนหรือในท่านั่งเล็กน้อย

- ถ้าเป็นงานที่ต้องออกแรงในการทำงานมาก ความสูงของพื้นผิวปฏิบัติงานนั้นให้อยู่ต่ำกว่าระดับความสูงจากพื้นถึงข้อศอกในท่ายืนหรือในท่านั่งเล็กน้อย

3. ควรออกแบบให้มีการได้เปรียบทางเชิงกลในการทำงาน โดยที่สถานที่ทำงานนั้นต้องอนุญาตให้ท่าทางการทำงานของผู้ทำงานอยู่ในลักษณะที่ดี อยู่ใกล้กับชิ้นงานมากที่สุด และช่วยให้กล้ามเนื้อของร่างกายทำงานอย่างได้เปรียบเชิงกลมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดกล้ามเนื้อร่างกายต้องทำงานหนักมากเกินไป

4. ควรหลีกเลี่ยงการออกแบบที่ทำให้ข้อต่อกระดูกของร่างกายทำงานมุมสูงสุด เพราะการทำงานแบบนี้จะทำให้ไม่มีมีการได้เปรียบเชิงกลเลย อันจะส่งผลเสียทำให้กล้ามเนื้อเมื่อยล้าเร็วมาก

5. ควรออกแบบการทำงานให้สามารถใช้มือทั้งสองข้างทำงานร่วมกันได้อย่างสมดุล และพยายามกำหนดให้มือข้างใดข้างหนึ่งทำงานหนักเสมือนเป็นอุปกรณ์ในการยกถือนิ่งวัตถุชิ้นงาน (Holding Device)

6. ควรออกแบบให้มีการเคลื่อนไหวของมือทั้งสองเป็นไปตามธรรมชาติและสมมาตรกัน คือ มือขวาควรเคลื่อนไหวมาจากด้านขวาไปทางซ้าย กลับกันมือซ้ายควรเคลื่อนไหวมาจากด้านซ้ายไปทางขวา

7. ควรออกแบบโดยคำนึงถึงความแข็งแรงและความสามารถในการทำงานของนิ้วมือแต่ละนิ้ว และหลีกเลี่ยงการออกแบบที่จะเป็นการโอเวอร์โหลดงานให้กับนิ้วใดนิ้วหนึ่ง

8. ควรหลีกเลี่ยงการออกแบบงานที่จะเป็นโอเวอร์โหลดงานให้กับระบบกล้ามเนื้อของร่างกาย โดยแรงกายที่ต้องใช้ในการทำงานควรจรรักษาในระดับไว้ให้ไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถสูงสุดของแรงกล้ามเนื้อ แต่ถ้าหากว่าระยะเวลาในการปฏิบัติงานนั้นสั้น ช่วงเวลาไม่เกิน 5 นาที (ก็อาจจะเพิ่มระดับของการออกแรงขึ้นได้ไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถสูงสุดของแรงกล้ามเนื้อก็ได้)

9. ควรออกแบบการทำงานที่ให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้ทำงานประเภทนั้นได้ดีพอๆ กับการใช้มือทำงาน เพื่อการผลัดเปลี่ยนอิริยาบถขณะทำงาน

10. หลีกเลี่ยงการออกแบบสถานที่ทำงานที่ก่อให้เกิดท่าทางการทำงานที่ไม่เป็นท่าทางตามธรรมชาติ เช่น ถ้าเป็นการยืนทำงาน ก็ไม่ควรออกแบบการทำงานที่จะต้องใช้เท้าบังคับควบคุมการทำงาน เพราะจะทำให้การทรงตัวไม่ดี เสียสมดุลง่าย เป็นต้น

11. ควรออกแบบสถานที่ทำงานให้มีที่ว่างในการเปลี่ยนท่าทางการทำงานพอสมควร เพราะดังที่เคยได้กล่าวมาแล้วว่า ท่าการทำงานแบบสแตติกนั้นก่อให้เกิดความเมื่อยล้าของข้อต่อและกล้ามเนื้อร่างกายมาก รวมทั้งทำให้การไหลเวียนโลหิต (Blood Flow) ดำเนินไปไม่สะดวก

12. ปุ่มควบคุม คันบังคับ อุปกรณ์ ชิ้นงาน และสิ่งอื่นๆ ที่จำเป็นในการปฏิบัติงานต้องหยิบจับหรือต้องบังคับใช้งานบ่อยๆ (Primary Control/Device and Work Pieces) ควรจะถูกออกแบบให้อยู่ภายในขอบเขตของพื้นที่ทำงานปกติ (Normal Working Area) ส่วนปุ่มควบคุม คันบังคับ อุปกรณ์ ชิ้นงาน และสิ่งอื่นๆ ที่จำเป็นรองๆ ลงไป (Secondary Controls/Devices and Work Pieces) หรือสิ่งของที่นานๆ ครั้งถึงจะหยิบจับใช้งาน ก็ควรจะถูกออกแบบให้อยู่ภายในขอบเขตของพื้นที่ทำงานสูงสุด (Maximum Working Area)

13. ควรออกแบบให้สถานที่ทำงานที่ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถดำรงท่าทางการทำงานที่ดี และเหมาะสมเอาไว้ตลอดเวลา เช่น การใช้เก้าอี้ที่ปรับค่าความสูงของเก้าอี้ได้ หรือ การใช้ที่พักวางเท้า หรือที่วางแขนช่วยในการจัดทำทางกรนั่ง

14. พยายามออกแบบให้งานและสถานี่งานสามารถรองรับการทำงานของคนที่มีรูปร่าง สูงใหญ่โดยการเผื่อเนื้อที่ให้เพียงพอ (Sufficient Room) ต่อการปฏิบัติงานได้อย่างสะดวก เช่น ถ้าเป็นงานยืน ความสูงของโต๊ะควรปรับได้

15. การออกแบบงานควรจะเป็นไปตามหลักแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) อย่าพยายาม ออกแบบงานที่ต้องออกแรงต่อต้านหรือสวนทางกับแรง

16. วางแผนฝึกอบรมให้ผู้ปฏิบัติงานรู้จักเปลี่ยนอิริยาบถ ท่าทาง และปรับการเคลื่อนไหว ส่วนต่างๆ ของร่างกายให้ถูกต้องในช่วงเวลาที่เหมาะสมอยู่เสมอ

17. วางแผนผังของจุดปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความยากง่าย ของการติดต่อสื่อสาร และ การใช้บริการของจุดปฏิบัติงานอื่นๆ เพื่อให้การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ปฏิบัติงานในสถาน ปฏิบัติงานนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้อง

#### **การออกแบบขอบเขตและพื้นที่สำหรับลักษณะงานยืน (Designing of Workspace Enveloped for Standing Personal)**

การออกแบบขอบเขตและพื้นที่สำหรับลักษณะงานยืนไม่ควรออกแบบงานและสถานที่ ทำงานที่ต้องทำให้พนักงานต้องเอื้อมมือ โน้มตัว เอนตัว บิดเอี้ยวตัว แหงนคอ เงยหรือก้มศีรษะ บ่อยครั้งขณะที่ยืนทำงาน เพราะสิ่งเหล่านี้ต่างก็เป็นสาเหตุของความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อร่างกาย

ลักษณะที่เหมาะสมสำหรับเป็นงานยืนได้แก่

1. ลักษณะงานที่มีการเอื้อมหรือเอี้ยวตัวไปทางด้านข้างเกินกว่าระยะทำงานปกติบ่อยครั้ง
2. สถานที่ปฏิบัติงานหรือสถานี่งานนั้นไม่มีที่ว่างเพียงพอสำหรับงานนั่งคือ ไม่มีเนื้อที่ กว้างขวางเพียงพอสำหรับการเหยียดแข้งเหยียดขาและวางขาในลักษณะท่ามุมฉากกับพื้นดินได้

3. ลักษณะงานที่มีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มหลายคน และต่างก็ให้ความสนใจกับชิ้นงานขนาดใหญ่ที่วางราบอยู่บนโต๊ะ เช่น งานวิเคราะห์แผนที่ การวิเคราะห์แบบแปลนอาคาร งานวางแผนจำลองการรบขนาดใหญ่ เป็นต้น
4. ลักษณะงานที่มีการยกวัตถุ หรือชิ้นงานที่มีน้ำหนักเกินกว่า 4.5 กิโลกรัมบ่อยๆ
5. ลักษณะงานที่ต้องออกแรงกดลงซึ่งต้องใช้น้ำหนักตัวเข้าช่วยและการยืนทำงานดูจะสะดวกมากกว่า เช่น งานบรรจุหีบห่อผลิตภัณฑ์ เป็นต้น
6. ลักษณะงานที่คนงานต้องมีการเอื้อมมือสูง-ต่ำ หรือในระยะไกลตัวออกไปบ่อยครั้ง หรือมีการเคลื่อนตัวหรือเอี้ยวตัวบ่อยครั้งจากลักษณะงานหนึ่งไปอีกงานหนึ่ง
7. งานซ่อมบำรุงบางอย่างบางประเภทที่เหมาะสมกับการยืนทำงาน

พื้นที่การทำงานสำหรับลักษณะงานยืน (Work Area for Standing Work)

ก. พื้นที่ทำงานในแนวราบ หมายถึงรัศมีการกวาดแขนขณะที่ยืนตรง กินพื้นที่บนโต๊ะทำงานในแนวราบ ขอบเขตนี้ได้จากการกวาดมือและท่อนแขนบนทั้งสองข้างเป็นรูปโค้งครึ่งวงกลม 2 วงซ้อนทับกันบนโต๊ะ โดยมีข้อศอกและหัวไหล่เป็นจุดหมุนตามลำดับ พื้นที่ทำงานในแนวราบแบ่งออกได้เป็น พื้นที่หยิบจับได้ปกติ พื้นที่ทำงานปกติ และพื้นที่ที่ต้องอาศัยการเหยียดแขนหรือโน้มตัวเข้าช่วย (พื้นที่ทำงานสูงสุด เช่นเดียวกับกรณีของงานนั่ง)

ข. ความสูงของพื้นผิวทำงาน ปัจจัยที่สำคัญยิ่งในการกำหนดระยะความสูงของพื้นผิวทำงานในงานยืนคือ ความสูงจากพื้นถึงศอก/ทำยืน และชนิดของงานหัตถกรรม ในตารางที่ 7 จะแสดงความสูงพื้นผิวของการยืนทำงานที่ถูกต้อง และน่าจะเหมาะสมกับธรรมชาติของงานที่ทำ โดยอาศัยความสูงข้อศอกเป็นหลักในการกำหนดพิจารณา ซึ่งงานนั้นแบ่งออกเป็นงานหัตถกรรมที่ต้องการความปราณีตเที่ยงตรง งานขีดเขียนหรืองานเบา งานหยาบๆ หรืองานหัตถกรรมที่มีความหนักปานกลาง และอื่นๆ

ตารางที่ 7 แสดงความสูงพื้นผิวการทำงานที่เหมาะสมสำหรับงานยืนที่แตกต่างกันไปตามลักษณะ  
ของงานแต่ละประเภท

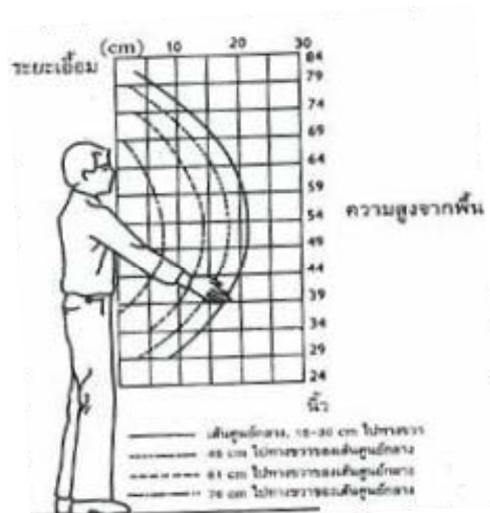
ลักษณะของงานยืนทำ	เพศ	ความสูงกำหนดตายตัว	ความสูงที่ปรับได้
		cm	cm
1. งานที่ต้องการความละเอียด แม่นยำ (มีที่หมุนรองข้อศอก)	ผู้ชาย	126	107-126
	ผู้หญิง	116	94-116
2. งานประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็ก	ผู้ชาย	107	88-107
	ผู้หญิง	96	81-96
3. งานหนัก ต้องออกแรงกายมาก	ผู้ชาย	99	80-99
	ผู้หญิง	89	74-89

ที่มา: สุทธิ (2549)

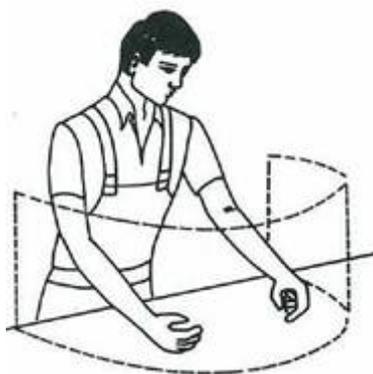
โดยทั่วไปถ้าเป็นความสูงของพื้นผิวทำงานที่ปรับความสูงตามต้องการไม่ได้ก็ควร  
จะใช้ข้อมูลของค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 สำหรับผู้ที่มีตัวเล็กกว่าจะช่วยแก้ปัญหาได้โดยให้ใช้แท่นรอง  
มาช่วยในการยืนทำงานเพื่อให้ได้ระดับความสูงทำงานที่เหมาะสม แต่ถ้าจะให้ดีที่สุดก็ควร  
ออกแบบให้ความสูงพื้นผิวทำงานนั้นสามารถปรับความสูงได้

ค. พื้นที่ในการทำงานยืนในแนวตั้งและด้านข้าง ในภาพที่ 19 แสดงเนื้อที่ทำงาน 3 มิติ  
สำหรับงานยืน และในภาพที่ 20 แสดงขอบเขตระยะการหยิบจับในแนวตั้งตรงหน้าสำหรับมือข้าง  
เดียวและมือทั้งสองข้างที่ระยะความสูงของแขนหรือเหนือโต๊ะทำงานที่ระดับความสูงต่างๆ จากรูป  
จะเห็นว่าสำหรับลักษณะงานที่ต้องใช้มือทั้งสองข้างทำงานร่วมกัน เช่น งานควบคุมสวิทช์ 2 ปุ่ม  
ซ้าย-ขวา ระยะเอื้อมไปตรงหน้าแบบนี้สั้นกว่าระยะของการเอื้อมด้วยมือเพียงข้างเดียว  
อันเนื่องมาจากข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวหัวไหล่และแขนเป็นเหตุหลัก (สุทธิ, 2549)

สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน (2544) กล่าวว่าไม่ควรให้พนักงานต้องเอื้อมไกล  
ในขณะที่ทำงาน ดังนั้น พนักงานจึงควรปฏิบัติงานทางด้านหน้าของลำตัวในระยะ 20-30 เซนติเมตร



ภาพที่ 19 แสดงพื้นที่ 3 มิติที่เหมาะสมสำหรับงานยืน  
ที่มา: สุทธิ (2549)



ภาพที่ 20 แสดงขอบเขตระยะการหยิบจับในแนวตั้งตรงหน้า  
ที่มา: สุทธิ (2549)

แนวทางในการออกแบบงานและสถานที่ทำงานสำหรับงานยืน (Guidelines for Designing of Standing Work Area) ตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบลักษณะงานยืนบางประเภทที่ควรนำมาพิจารณาเพิ่มเติมได้แก่

1. ความสูงระยะเอื้อมมือขึ้นบน (Reaching Height) สำหรับตำแหน่งของหิ้ง ชั้น ตู้ แผงควบคุมเหนือศีรษะ หรือพื้นที่เก็บของเหนือศีรษะนั้น ถ้าได้รับการออกแบบมาให้อยู่สูงเกินไปก็จะ

ทำให้เกิดปัญหาการเอื้อมไม่ถึงได้โดยง่ายและสะดวก รวมทั้งการมองไม่เห็นสิ่งของที่วางอยู่ในนั้น ดังนั้นจึงจำเป็นที่ผู้ออกแบบจะต้องทราบถึงระยะเอื้อมมือสูงสุดที่พนักงานจะทำได้ซึ่งเรื่องนี้ที่เบิร์กได้คำนวณหาสัมประสิทธิ์สำหรับอัตราส่วนระหว่างความยาวของร่างกายและความสูงของระยะเอื้อมทั้งในเพศชายและเพศหญิง โดยประยุกต์ใช้เส้นการถดถอย (Regression Line) และได้สรุปสูตรการหาคำนวณระยะเอื้อมสูงสุดจากความสูงของร่างกายมนุษย์ดังสมการที่ 4

$$\text{ระยะเอื้อมสูงสุด (Max. Reach)} = 1.24 \times \text{ความสูงของร่างกายในท่ายืนตรง (Stature Height)} \quad (4)$$

2. มุมมองและตำแหน่งศีรษะของผู้ปฏิบัติงาน บริเวณจุดทำงานที่พนักงานใช้สายตามองจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้ศีรษะเคลื่อนไหวได้อย่างสะดวกสบาย การก้มศีรษะลงหรือเงยหน้ามากเกินไป จะก่อให้เกิดการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อต้นคอมาก จากผลการวิจัยพบว่ามุมมองระหว่างเส้นสายตา (Line of Sight) และเส้นในแนวระดับหรือเส้นขอบฟ้า (Horizontal Line) ที่จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้อย่างสะดวกสบายควรจะเป็นมุม 44-32 องศาในท่านั่ง และมุม 37-23 องศาในท่ายืน นอกจากนี้ทัศนวิสัยในการมองเห็นส่วนหรือจุดต่างๆ ที่จำเป็นในการปฏิบัติงานต้องดีและชัดเจน คือไม่มีสิ่งกีดขวางในแนวสายตาของการมองเห็น ซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพ

4.2 หลักสถิติพื้นฐานสำหรับข้อมูลสมบัติทางกายภาพและสัดส่วนร่างกายในการออกแบบสถานี

สมมติว่ามีตัวแปรสุ่ม  $X$  เป็นตัวแปรแทนค่าที่ได้จากการวัดสัดส่วนร่างกาย เช่น ความสูงที่นิ่ง สำหรับกลุ่มประชากรหนึ่ง และสมมติต่อไปว่า  $X_p$  เป็นค่าของเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $p$  ของ  $X$  จึงกำหนดให้  $P(X \leq X_p) = p$

แทนสัดส่วนของประชากรที่มีความสูงขณะนั่งไม่มากกว่า  $X_p$  ดังนั้น  $100p$  จะเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนประชากรที่มีความสูงขณะนั่งไม่เกิน  $X_p$

เปอร์เซ็นต์ไทล์เป็นพื้นฐานสำหรับใช้ประมาณสัดส่วนของกลุ่มประชากรที่การออกแบบได้ครอบคลุมไว้ อาจใช้เป็นจุดแบ่งประชากรที่มีลักษณะสุด ๆ (Extreme) ออกไปเพื่อลดต้นทุนในการออกแบบและสร้างได้

โดยทั่วไปจะสมมติให้ข้อมูลการวัดสมบัติทางกายภาพและสัดส่วนร่างกายเป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) ดังนั้น ตัวแปร  $X$  จะมีการกระจายแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย  $\mu$  และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน  $\sigma$  นั่นคือ  $Z = (X - \mu)/\sigma$  จึงมีการกระจายแบบปกติมาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 1 และสามารถเขียนสมการที่ 5 ได้ใหม่ดังนี้

$$P(X \leq X_p) = P[(X - \mu)/\sigma \leq (X_p - \mu)/\sigma] = p \text{ หรือ } P(Z \leq z_p) = p \quad (5)$$

เมื่อ  $z_p = (X_p - \mu)/\sigma$  และค่าเหล่านี้อยู่ในตารางการกระจายแบบปกติ (ซึ่งโดยทั่วไปเรียกว่าการกระจายแบบ Z) สำหรับการหาค่าของ  $p$  การที่จะใช้ค่านี้ได้ จำนวนข้อมูลต้องมากกว่า 30 เสมอ ถ้ามีน้อยกว่านี้ ต้องไปใช้สมมติฐานว่าข้อมูลมีการกระจายแบบ  $t$  และ ค่า  $t_p$  จะถูกนำมาใช้แทน  $z_p$  ดังนั้น  $z_p = (x_p - \mu)/\sigma$  เขียนสมการใหม่ได้ ดังสมการที่ 6

$$x_p = \mu + z_p \cdot \sigma \quad (6)$$

เมื่อ  $x_p$  = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

$\sigma$  = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

$x_p$  = ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $p$  ของตัวแปร  $X$

$z_p$  = ค่าตัวเลขปกติมาตรฐานมีอยู่ในตารางและสอดคล้องกับค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่  $p$  ของ  $X$

ค่าตัวเลข 0.005, 0.01, 0.05, 0.10, 0.165, 0.25, 0.75, 0.835, 0.90, 0.975, 0.99, 0.995 เป็นตัวเลขที่ใช้กันมากสำหรับค่า  $p$  เพื่อแสดงถึงค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 16.5, 25, 75, 83.5, 90, 95, 97.5, 99 และ 99.5 ตามลำดับ ตารางที่ 8 แสดงค่ามาตรฐานในการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์สุทธิ (2549)

ตารางที่ 8 ค่าปกติมาตรฐานสำหรับคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ใช้กันมาก

เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่	0.5	1	2.5	5	10	16.5	25
(p)	(0.005)	(0.01)	(0.025)	(0.05)	(0.10)	(0.165)	(0.25)
$Z_p$	-2.575	-2.327	-1.960	-1.645	-1.282	-0.974	-0.675
เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่	75	83.5	90	95	97.5	99	99.5
(p)	(0.75)	(0.835)	(0.90)	(0.95)	(0.975)	(0.99)	(0.995)
$Z_p$	0.675	0.974	1.282	1.645	1.960	2.327	2.575

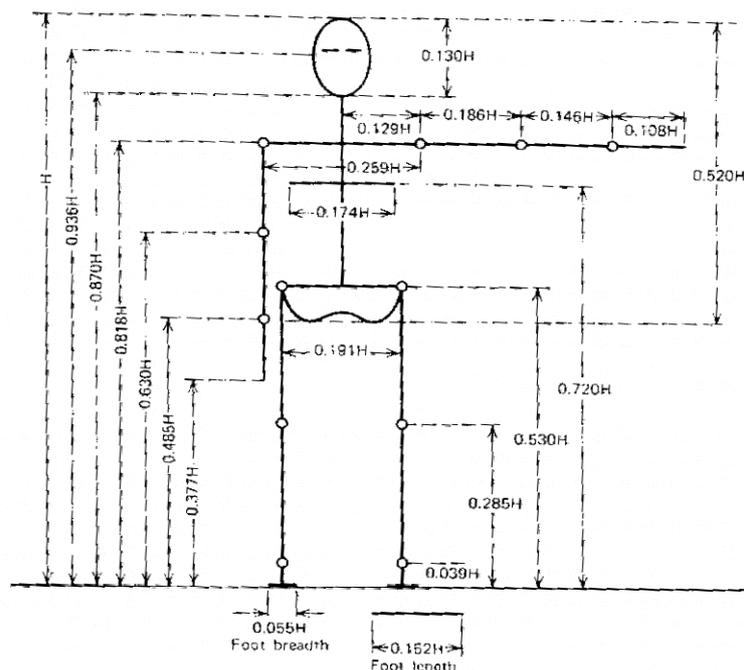
ที่มา: สุทธิ (2549)

#### 4.3 การศึกษาข้อมูลสัดส่วนร่างกายในการออกแบบตามหลักการยศาสตร์

การวัดสัดส่วนร่างกายโดยทั่วไปทำได้ 2 วิธี คือ วิธีใช้เครื่องมือวัดโดยตรง และวิธีการทางภาพถ่าย ซึ่งต้องทำภาพถ่ายมาเทียบกับจุดอ้างอิง

1) วิธีโดยตรง โดยการใช้อุปกรณ์วัดในแนวเส้นตรงและแนวโค้ง คำว่า มิติเส้นตรง (Linear Dimension) หมายถึงระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดสองจุดบนร่างกาย

2) วิธีการถ่าย สามารถทำได้รวดเร็ว โดยใช้เทคโนโลยีซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ Non Stereo Photogrammetry หรือ Stereo Photogrammetry Methods ก็ได้



ภาพที่ 21 ความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่แสดงไว้เป็นสัดส่วนกับความสูง (H)  
การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในสภาวะที่ร่างกายนิ่งอยู่กับที่  
ที่มา: กิตติ (2548)

สุทธิ (2549) ระบุการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในสภาวะที่ร่างกายอยู่นิ่งกับที่เป็นวิธีที่ทำการวัดมิติของร่างกายมนุษย์ที่อยู่ในท่าหนึ่งหรือสภาพสมดุล (Static Body Measurement) ไม่มีการเคลื่อนไหวมาเกี่ยวข้อง วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมกันมากที่สุดในงานวิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย มีความสะดวกและง่ายต่อการวัดเก็บข้อมูล โดยส่วนมากจะเป็นการวัดขนาดลำตัว ศีรษะ แขน ขา วัดทั้งในท่ายืนและท่านั่งที่มีการกำหนดจุดตำแหน่งที่แน่นอนเป็นมาตรฐานในการวัดแต่ละจุด ซึ่งจุดตำแหน่งของการวัดก็มีมาตรฐานสากลอยู่หลายแบบ (ส่วนมากจะแตกต่างกันในเรื่องของจำนวนท่าทางหรือรายการที่ใช้ในการวัด) ได้แก่

- มาตรฐานขององค์การมาตรฐานสากลระหว่างประเทศ (International Organization for Standardization; ISO) ตามแบบร่างมาตรฐานเลขที่ ISO/DIS 7250 Title; Basic List of Anthropometric Measurement) ซึ่งมีจำนวนของการวัดทั้งท่ายืนและท่านั่งรวม 39 รายการ

- มาตรฐานเยอรมัน (DIN; 1978) ซึ่งมีจำนวนของการวัดรวม 56 รายการ

ตัวอย่างของการวัด ซึ่งแสดงท่าทางมาตรฐานและจุดที่ทำการวัดจำนวน 15 รายการที่สำคัญ เมื่อร่างกายอยู่ในท่ามาตรฐานทางกายวิภาคทั้งทำยืนและทำนั่ง ซึ่งมาตรฐานอันนี้เป็นของกระทรวงสาธารณสุขแห่งสหรัฐอเมริกา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความสูงยืน (Stature Height) วัดจากพื้นถึงจุดที่สูงที่สุดของศีรษะ
2. ความสูงระดับสายตา/ทำยืน (Eye Height) วัดจากพื้นถึงระดับลูกนัยน์ตาเมื่อมองตรง
3. ความสูงระดับไหล่/ทำยืน (Shoulder Height) วัดจากพื้นถึงส่วนบนสุดของหัวไหล่
4. ความสูงระดับข้อศอก/ทำยืน (Elbow Height) วัดจากพื้นถึงปลายข้อศอก
5. ความสูงระดับข้อมือ/ทำยืน (Knuckle Height) วัดจากพื้นถึงข้อต่อข้อที่สองของนิ้วกลางของมือ
6. ความสูงนั่ง (Sitting Height) วัดจากพื้นถึงจุดที่สูงที่สุดของศีรษะในท่านั่งหลังตรง
7. ความสูงระดับสายตา/ทำนั่ง (Eye Height, Sitting) วัดจากพื้นถึงระดับลูกตาเมื่อมองตรง  
แนวระนาบเมื่ออยู่ในท่านั่งหลังตรง
8. ความสูงระดับข้อศอก/ทำนั่ง (Elbow Rest Height, Sitting) วัดจากพื้นถึงปลายข้อศอก  
เมื่ออยู่ในท่านั่งหลังตรง
9. ความสูงต้นขาหรือขาอ่อน (Thigh Thickness or Thigh Clearance Height) วัดความสูง  
ที่จุดกึ่งกลางต้นขาจากส่วนบนถึงส่วนล่างเมื่ออยู่ในท่านั่งหลังตรง
10. ความสูงระดับหัวเข่า/ทำนั่ง (Knee Height, Sitting) วัดจากพื้นถึงจุดบนสุดของหัวเข่า  
เมื่ออยู่ในท่านั่งหลังตรง
11. ระยะจากสะโพกถึงเข่า (Buttock-Knee Length or Distance) วัดจากส่วนท้ายสุดของ  
สะโพกถึงส่วนหน้าสุดของเข่าเมื่ออยู่ในท่านั่งหลังตรง
12. ความสูงระดับขาอ่อนด้านล่าง/ทำนั่ง (Popliteal Height, Sitting) วัดจากพื้นถึงจุดต่ำสุด  
ของขาอ่อนหรือต้นขาด้านล่างเมื่ออยู่ในท่านั่งหลังตรง
13. ความหนาในระดับอก (Chest Depth) วัดไปถึงแผ่นหลังเมื่ออยู่ในท่านั่งหรือยืนหลังตรง  
ความกว้างช่วงข้อศอกสองข้าง (Elbow-to-Elbow Breadth) วัดจากค้ำนอกของข้อศอกซ้ายไปถึง  
ค้ำนอกของข้อศอกขวาเมื่ออยู่ในท่านั่งหลังตรง
14. ความกว้างช่วงสะโพกสองข้าง (Hip Breadth) วัดจากค้ำข้างของสะโพกซ้ายไปถึง  
ค้ำข้างของสะโพกขวาเมื่ออยู่ในท่านั่งหลังตรง

โดยข้อมูลทางมิติร่างกายประชากรไทยมีผู้ทำการศึกษาไว้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ข้อมูลทางมิติร่างกายประชากรไทย

รายการ มิติวัด	สถาบัน แรงงาน (2530) <sup>1/</sup>		โกวิท ศตวุฒิ (2532) <sup>2/</sup>		กิตติ และคณะ (2531) <sup>3/</sup>		กิตติ และคณะ (2536) <sup>4/</sup>	
	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
ความสูงยืน	165.4 (5.9)	154.0 (5.0)	164.5 (5.5)	152.9 (4.7)	160.7 (5.7)	151.2 (4.8)	163.3 (6.0)	153.4 (5.7)
ความสูงนั่ง	87.2 (3.2)	81.7 (2.7)	-	-	83.3 (3.4)	78.8 (3.2)	83.4 (3.8)	79.7 (6.3)
ความสูงไหล่	137.4 (5.3)	127.1 (4.7)	135.3 (5.2)	125.4 (4.3)	132.4 (5.6)	124.7 (4.9)	135.2 (6.0)	127.1 (5.4)
ความสูงรอบเอว	-	-	-	-	99.1 (5.4)	92.7 (4.9)	97.5 (4.9)	95.0 (5.8)
รอบเอว	-	-	-	-	69.7 (7.3)	73.2 (10.4)	76.5 (9.6)	74.8 (9.9)
ระยะเข้า-ก้น	55.9 (2.5)	53.4 (2.4)	-	-	52.7 (2.8)	51.6 (2.8)	53.3 (3.3)	52.5 (3.4)
ความยาวมือ	-	-	-	-	17.6 (1.0)	16.9 (3.3)	18.3 (0.8)	17.2 (1.1)
รอบศีรษะ	-	-	-	-	53.9 (3.1)	52.9 (2.3)	54.3 (2.8)	52.9 (3.9)

หมายเหตุ <sup>1/</sup> ช่วงอายุชาย 50-20 ปี จำนวน 1,478 คน ช่วงอายุหญิง 50-20 ปี จำนวน 711 คน

<sup>2/</sup> ช่วงอายุชาย 72-15 ปี จำนวน 1,260 คน ช่วงอายุหญิง 59-14 ปี จำนวน 855 คน

<sup>3/</sup> ช่วงอายุชาย 55-17 ปี จำนวน 250 คน ช่วงอายุหญิง 55-17 ปี จำนวน 250 คน

<sup>4/</sup> ช่วงอายุชาย 60-17 ปี จำนวน 147 คน ช่วงอายุหญิง 60-15 ปี จำนวน 96 คน

ที่มา: กิตติ (2548)

ตารางที่ 10 สัดส่วนร่างกายที่สำคัญของผู้ใช้แรงงานไทย

รายการสัดส่วนสำคัญ	ชาย 250 คน	หญิง 250 คน
น้ำหนักตัว (Body weight) กก.	53.7 (7.0)	53.1 (8.2)
ความสูงยืน (Standing height) ซม.	160.7 (5.7)	151.2 (4.8)
ความสูงกระดูกคอ (Cervical height) ซม.	136.5 (5.4)	128.2 (5.9)
ความสูงหัวไหล่ (Acromion height) ซม.	132.4 (5.6)	124.7 (4.9)
ความยาวขาส่วนบน (Thigh length) ซม.	52.7 (2.8)	51.6 (2.8)
ความกว้างจากศอก-ศอก (Elbow-elbow breadth) ซม.	41.3 (3.3)	39.5 (4.1)
ความยาวแขนล่างถึงปลายนิ้ว (Lower-arm length) ซม.	44.8 (2.6)	41.3 (2.1)
ความกว้างของเท้า (Foot breadth) ซม.	9.9 (0.9)	8.7 (0.8)
ความยาวของเท้า (Foot length) ซม.	24.2 (1.6)	22.2 (2.1)
ความสูงยืนปลายนิ้วเอื้อม (Functional reach) ซม.	71.7 (5.7)	67.9 (5.4)
ความสูงยืนปลายนิ้วเหยียด (Functional reach-extended) ซม.	81.4 (4.7)	75.7 (5.0)
ความกว้างมือ (Hand breadth) ซม.	8.1 (0.2)	7.4 (0.5)
ความยาวมือ (Hand length) ซม.	17.6 (1.0)	16.9 (3.3)
ความสูงกำมือเหยียด (Overhead reach height) ซม.	194.5 (7.6)	183.1 (6.1)
ระยรอบแขนล่าง (Forearm circumference) ซม.	25.9 (2.1)	24.2 (2.4)
ระยรอบแขนบน (Biceps circumference) ซม.	27.1 (3.5)	25.4 (3.5)
ระยรอบน่อง (Calf circumference) ซม.	33.7 (4.5)	33.6 (3.0)
ระยรอบขาอ่อนบน (Upper thigh circumference) ซม.	47.1 (4.5)	50.7 (6.4)
ระยไหล่-ศอก (Shoulder-elbow height) ซม.	34.3 (1.7)	31.9 (1.6)
ความสูงนั่งจากก้น-ศีรษะ (Sitting height) ซม.	83.3 (3.4)	78.8 (3.2)
ความยาวแขนบน (Upper-arm length) ซม.	34.3 (1.7)	31.9 (1.6)
ความสูงเอว-ยืน (Standing waist height) ซม.	99.1 (5.4)	92.7 (4.9)
ความสูงข้อพับเข่า-นั่ง (Popliteal height-sitting) ซม.	40.1 (2.2)	37.9 (2.0)
ความยาวลำตัวจากเอวถึงหัวไหล่ (Torso length) ซม.	33.3 (5.5)	32.0 (4.9)

ที่มา: กิตติ (2548)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อ มีดังนี้ ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ การแนะนำการใช้เครื่องวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อให้แก่ผู้ถูกทดสอบ ท่าทรงตัว (Posture) ของผู้ถูกทดสอบระหว่างการทดสอบ ช่วงระยะเวลาการออกแรง ระยะเวลาพักในระหว่างการทดสอบ และการวิเคราะห์เชิงสถิติ (Kroemer, 1970) นอกจากนี้ Roebuck *et al.* (1975) ได้กล่าวถึงตัวแปรที่มีผลกระทบต่อ การวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อ คือ เพศ อายุ ท่าทรงตัวของ ผู้ถูกทดสอบในระหว่างการทดสอบ วิธีการออกแรงรวมถึงช่วงเวลาในการออกแรง สิ่งจูงใจให้ ผู้ถูกทดสอบออกแรงสูงสุด และสภาพแวดล้อมในขณะที่ออกแรงทดสอบ

## 5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบ ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร ( $\mu$ ) 2 กลุ่ม

### 5.1 การหาค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง  $\bar{X}$  เป็นตัวประมาณค่าของประชากรหาได้จากสมการที่ (7)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (7)$$

โดยที่  $n$  = จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

### 5.2 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง ( $S$ ) เป็นตัวประมาณค่าของความเบี่ยงเบน มาตรฐานของประชากร หาได้จากสมการที่ (8)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (8)$$

โดยที่  $n$  = จำนวนข้อมูลตัวอย่าง

### 5.3 การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร ( $\mu$ ) 2 กลุ่ม ในกรณีที่ข้อมูล 2 ชุด ไม่มีความเป็นอิสระต่อกัน

ในกรณีที่ข้อมูลไม่มีความเป็นอิสระจากกัน หรือได้จากการวัดซ้ำจากกลุ่มตัวอย่างเดิม ซึ่งเป็นคะแนนที่ได้มาเป็นคู่จากคนๆ เดียวกัน หรือจากคู่ที่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ คำนวณ โดยใช้สมการที่ (9)

$$D = \frac{(\sum D)}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} \quad df = n-1 \quad (9)$$

เมื่อ  $D$  = ผลต่างของคะแนนแต่ละคู่;  $n$  = จำนวนคู่ของตัวอย่าง

#### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรุพ์ (2523) ได้รายงานถึงสาเหตุที่มักจะพบบ่อยๆ ของอาการปวดหลังคือ กล้ามเนื้อหลังหดตัว และมักจะเป็นกับคนที่ยังมีความสามารถในการทำงานอยู่ ส่วนมากจะมีประวัติการใช้หลังในลักษณะซ้ำซากอยู่นานๆ เช่น นั่งอยู่กับที่ รวมถึงงานที่ต้องก้มๆเงยๆ

อำนาจ (2536) ศึกษาปัจจัยที่มีผลสัมพันธ์กับอาการปวดหลังอันเนื่องมาจากการทำงานในสายการประกอบรถบรรทุกขนาดเล็ก 1 คัน โดยคัดเลือกพนักงาน 34 คนทดลองเก็บข้อมูลการทำงานทั้งหมด 46 งาน โดยการวัดค่า EMG และวิเคราะห์ท่าทางการทำงานจากภาพวิดีโอ โดยเทคนิค RULA ผลการทดลองพบว่าค่า % ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด (MVE) กับคะแนน RULA มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และปัจจัยในการทำงานที่น่าสนใจคือ การก้มของหลัง น้ำหนักของชิ้นงาน ความสูงในการทำงาน และระยะเวลาในการทำงานพบว่า มีผลต่อ % MVE เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นิธิตา (2550) ได้ทำการศึกษาระดับอาการปวดหลังของพนักงานโรงงานย้อมผ้า โดยศึกษา ค่า RULA, สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) และแรงกดที่หมอนรองกระดูก กับพนักงานแผนกโกดังผ้าดิบจำนวน 5 คน ขณะดึงม้วนผ้าดิบขนาด 40 กก. จากการศึกษาพบความสัมพันธ์ของการ

เปลี่ยนท่าทางการทำงานใหม่ที่มีท่าทางความเสี่ยงลดลงมีผลทำให้ค่า RULA, สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) และแรงกดที่หมอนรองกระดูกลดลง

นริศ (2535) ได้ทำการศึกษาการออกแบบสถานีงานจักรเย็บอุตสาหกรรม โดยทำการทดลองให้พนักงานปฏิบัติงานจริงในสถานีทำงานจำลองที่มีขนาดต่างๆ กัน แล้วจึงประเมินผลภาวะไม่สบายในส่วนต่างๆ ได้แก่ มุมก้มของศีรษะ มุมเอียงของลำตัว ค่าภาวะสถิติของกล้ามเนื้อคอ หลังและส่วนเอว สรุปได้ว่า สถานีจักรเย็บอุตสาหกรรมควรมีความสูงของโต๊ะจักรสูงกว่าความสูงของศอกขณะนั่งวัดจากพื้นที่วางเท้า (ในแนวระดับ) 6 เซนติเมตร และมีความเอียงของพื้นโต๊ะ 10 องศา แก้วที่พนักงานปรับมีความสูงเฉลี่ย 46 เซนติเมตร ความเอียงของพื้นแก้ว 2 องศา เتامด้านหน้าและความสูงของพนักพิง 37.4 เซนติเมตร

McAtamney and Corlett (1993) ทำการศึกษาความเที่ยงตรงและความน่าเชื่อถือของการประเมินท่าทางการทำงานเทคนิค RULA ว่าเทคนิควิธีนี้สามารถชี้บ่งการใช้กล้ามเนื้อจนเป็นสาเหตุของอาการปวด เจ็บ หรือความรู้สึกไม่สบายของกล้ามเนื้อในส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง 16 คน ทำหน้าที่ป้อนข้อมูลคอมพิวเตอร์ในห้องทดลอง ซึ่งแบ่งเป็น 2 การทดลอง การทดลองแรกให้กลุ่มตัวอย่างป้อนข้อมูลโดยท่าทางที่ RULA ให้คะแนนเป็น 1 คือการนั่งเก้าอี้ที่ปรับได้ จอแสดงภาพตั้งบนฐานรองตรงระดับสายตา มีที่พักเท้า ซึ่งเป็นท่าทางการทำงานที่ยอมรับได้ การทดลองที่สอง คือ ท่าทางการทำงานที่คาดว่าจะทำให้เกิดความเสี่ยงสูง โดยนำจอภาพตั้งลงบนโต๊ะทำให้ต้องก้มหน้าดูจอภาพทำให้คอก้มมากกว่า 20 องศา วางแป้นพิมพ์ที่ทำให้แขนส่วนล่างทำมุมกับลำตัวมากกว่า 90 องศา ข้อมือขยับไปด้านข้าง ใช้เมาส์ด้านขวาและนำที่พักเท้าออก ทั้งนี้ ก่อนเริ่มทำงานและหลังการทำงาน 40 นาที โดยกลุ่มตัวอย่างจะระบุอวัยวะที่รู้สึกเจ็บปวด ในแบบสำรวจ การศึกษาพบว่า คะแนนความเสี่ยงของท่าทางการทำงานมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P\text{-value} < 0.01$ ) กับอาการปวดคอและแขนส่วนล่างเนื่องจากคอและไหล่ทำงานคงที่ ไม่มีการเคลื่อนไหว และแขนส่วนล่าง ไม่มีการพักหรือผ่อนคลายใน 40 นาที ทั้งนี้ผลการศึกษาไม่พบความสัมพันธ์ของคะแนนความเสี่ยงกับลำตัว แขนส่วนบน และข้อมือ

Chaffin (1973) ได้ศึกษาท่าทางการทำงาน โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมุมก้มศีรษะกับระยะเวลาที่เกิดความล้ากับสตรีวัยรุ่น 5 คน พบว่า ยิ่งมุมก้มศีรษะมาก ความล้ากล้ามเนื้อคอยิ่งเร็วขึ้น

ทั้งนี้ Chaffin (1973) ยังศึกษาผลกระทบของการถือน้ำหนักในระดับความสูงต่างๆ โดยใช้ EMG วัดการเกิดความล้าของกล้ามเนื้อ ในกลุ่มตัวอย่างเพศชายที่มีสุขภาพดี จากการศึกษาพบความสัมพันธ์ของระยะเวลาการเกิดความล้าไหลจะเร็วขึ้น เมื่อยกแขนในระดับที่สูงขึ้น และน้ำหนักในมือมากขึ้น

Chaffin (1973) ยังศึกษาผลของการถือน้ำหนักในระยะเอื้อมไปข้างหน้าระยะต่างๆ ต่อการเกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อไหล่ กรณีที่ไม่มีที่รองศอก โดยพบว่าระยะเอื้อมไปข้างหน้าที่ไกลและน้ำหนักที่ถือมากกว่าจะมีผลทำให้เกิดความล้าเร็วขึ้น และเมื่อทำการศึกษา โดยเพิ่มแผ่นรองรับน้ำหนักที่ข้อศอก พบว่า ยิ่งวางศอกไกลตัวมากยิ่งทำให้เกิดความล้าเร็วขึ้น และแผ่นรองรับน้ำหนักจะช่วยลดความล้าที่ไหล่และข้อศอกได้ นอกจากนี้ยังศึกษาการกางไหล่ด้วยมุม 30, 60, 120 องศา พบว่ามีระยะเวลาเฉลี่ยของการเกิดความล้าของกล้ามเนื้อไหล่เป็น 68, 25, 10 และ 7 นาที สรุปได้ว่า การกางไหล่ด้วยมุมที่มากกว่าจะมีผลทำให้เกิดความล้าของกล้ามเนื้อไหล่เร็วขึ้น

จากทฤษฎีและงานวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่าการปวดหลังที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงาน เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ และท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นเพื่อลดระดับภาวะความไม่สบายของร่างกายอันเนื่องมาการทำงาน จึงจำเป็นต้องใช้หลักการยศาสตร์ ในการปรับปรุงสภาพการทำงาน เช่น ใช้หลักการออกแบบเพื่อปรับปรุงสถานีงาน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้น การศึกษา อาการปวดหลังส่วนล่างอันเนื่องมาจากการทำงาน โดยพิจารณาถึงท่าทางการทำงานที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงของการปวดหลัง

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. แบบสำรวจสุขภาพและสัมภาษณ์พนักงาน
2. แบบฟอร์มบันทึกคะแนนท่าทางการทำงานเทคนิค RULA
3. กล้องวิดีโอ เพื่อใช้บันทึกภาพเคลื่อนไหวและประเมินท่าทางการทำงาน
4. เครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อขณะทำงานหรือเครื่อง Electromyography (EMG)

รุ่น ME 6000

5. คอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมประมวลผล MegaWin

### วิธีการ

#### 1. รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานเชิงสำรวจร่วมกับงานวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) เป็นการศึกษากลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียวในรูปแบบเปรียบเทียบผลการทดลองก่อนและหลังการปรับปรุง โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไปด้วยแบบสำรวจสุขภาพพนักงาน (Health Survey Questionnaire) และแบบสัมภาษณ์พนักงาน (Interview Questionnaire) ของกิตติ อินทรานนท์ (กิตติ, 2548) วิเคราะห์ปัญหาการปฏิบัติงานของพนักงาน และทำการวัดค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) การวิเคราะห์ท่าทางการทำงานเทคนิค RULA และการวัดค่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG)

#### 2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### 2.1 รายละเอียดของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ตัวอย่าง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ดำเนินการสำรวจโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ตัวอย่าง ซึ่งมีพนักงานในสายการผลิตทั้งหมด 240 คน แบ่งเป็น 2 กะ จำนวน 5 แผนก คือ แผนกตรวจสอบและ

วิเคราะห์ (Analysis) แผนกลอมเหล็ก (Melting) แผนกผลิตไส้แบบ (Core making) แผนกขึ้นรูปแบบทราย (Molding) และแผนกตกแต่งชิ้นงาน (Finishing)

บริษัทกำหนดให้พนักงานทำงาน 5 วันใน 1 สัปดาห์ โดยมี 2 กะ คือ กะกลางวันและกะกลางคืน

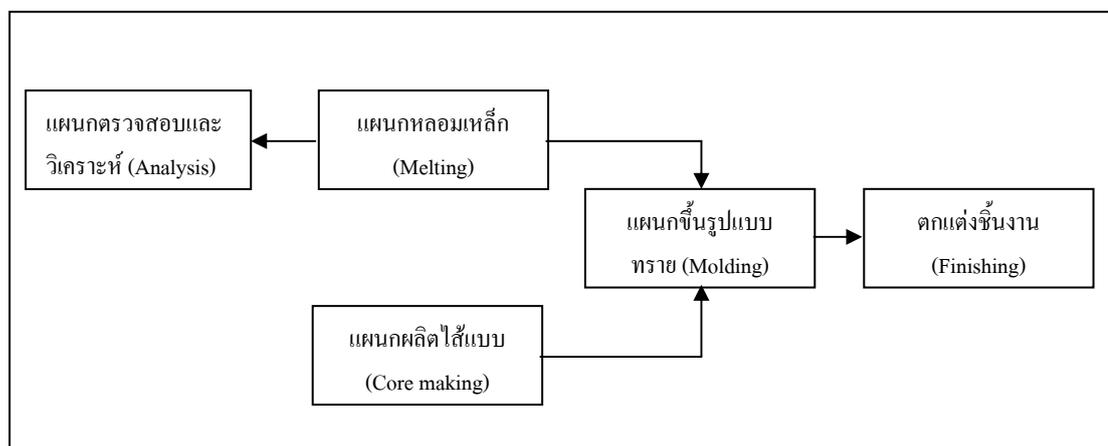
กะกลางวัน: เวลาทำงานเริ่ม 8.00-17.00 น. เวลาพัก 12.00-13.00 น.

เวลาทำงานล่วงเวลา 17.30-18.30 น.

กะกลางคืน: เวลาทำงานเริ่ม 21.30-06.30 น. เวลาพัก 01.30-02.30 น.

เวลาทำงานล่วงเวลา 06.30-08.00 น.

การวิจัยเชิงสำรวจได้ใช้แบบสำรวจสุขภาพและแบบสัมภาษณ์พนักงานกับพนักงานกะกลางวัน จำนวน 120 คน ในขบวนการผลิตจำนวน 5 แผนกคือ แผนกตรวจสอบและวิเคราะห์ แผนกลอมเหล็ก แผนกผลิตไส้แบบ แผนกขึ้นรูปแบบทราย และแผนกตกแต่งชิ้นงาน เพื่อศึกษาปัญหาอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้ออันเนื่องมาจากการทำงานและ วัดค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ในแต่ละหน่วยงาน ซึ่งแผนภูมิกระบวนการผลิตดังแสดงในภาพที่ 22



ภาพที่ 22 แสดงแผนภูมิกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ตัวอย่าง

## 2.2 การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

จากการใช้แบบสอบถามด้านสุขภาพ สํารวจสุขภาพของพนักงานกะกลางวันทุกคน จำนวน 120 คน สรุปได้ว่ามีพนักงาน 96 คนหรือร้อยละ 80 ของพนักงานทั้งหมดมีอาการปวดจากการทำงานถ้าพิจารณาเฉพาะผู้ที่ปวดพบว่ามี 91 คน หรือร้อยละ 94.8 ปวดหลังส่วนล่าง 35 คนหรือร้อยละ 36.5 ปวดไหล่ 29 คนหรือร้อยละ 30.2 ปวดข้อมือ แขนกที่มีพนักงานปวดมากที่สุดคือ แขนกขึ้นรูปแบบทราย (งานตรวจสอบแบบทราย) จำนวน 13 คน จาก 16 คน คิดเป็นร้อยละ 81.2% และจากการสัมภาษณ์เพื่อหาค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) สรุปได้ว่าแขนกขึ้นรูปแบบทราย มีค่าดัชนีความไม่ปกติ (Abnormality Index; AI) สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับแขนกอื่นๆ คือมีค่าเฉลี่ย 3.89 จึงเลือกที่จะทำการศึกษาเพื่อลดอาการปวดหลังส่วนล่างของพนักงานแขนกขึ้นรูปแบบทราย โดยมีอาสาสมัครจำนวน 6 คน ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- 1) กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย แขนกขึ้นรูปแบบทราย มีค่าเฉลี่ยของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก และอายุงาน เป็น 28.3 ( $\pm 3.61$ ) ปี 169.6 ( $\pm 3.77$ ) เซนติเมตร 62 ( $\pm 4.19$ ) กิโลกรัม และ 5.6 ( $\pm 3.55$ ) ปี ตามลำดับ
- 2) กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรง ไม่มีความผิดปกติทางร่างกาย หรือเคยประสบอุบัติเหตุที่จะทำให้มีอาการเมื่อยล้ากล้ามเนื้อและกระดูกในปัจจุบัน

## 3. ขั้นตอนการวิจัย

- 1) สํารวจสภาพปัญหาการปฏิบัติงานของพนักงานในโรงงาน พร้อมทั้งสํารวจสุขภาพของพนักงานโดยใช้แบบสํารวจสุขภาพเพื่อประเมินความรุนแรงและยืนยันสภาพปัญหา
- 2) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3) ศึกษารายละเอียดการปฏิบัติงานของพนักงาน และทำการวัดค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ประเมินท่าทางการทำงาน โดยเทคนิค RULA และค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG) ในสภาพการปฏิบัติงานในปัจจุบันของพนักงาน

- 4) วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และทำการปรับปรุงแก้ไขสถานี่งานใหม่ รวมทั้งทำทางการทำงาน
- 5) ทดลองใช้สถานีใหม่เป็นเวลา 6 สัปดาห์
- 6) ทำการวัดค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ประเมินท่าทางการทำงานโดยเทคนิค RULA และค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG) ในสภาพการปฏิบัติงานหลังการปรับปรุงของพนักงาน
- 7) เปรียบเทียบค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ประเมินท่าทางการทำงานโดยเทคนิค RULA และค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG) ก่อนและหลังการปรับปรุง
- 8) สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

#### 4. วิธีการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูลสามารถแบ่งเป็น 4 ส่วนหลักๆ คือ

##### 4.1 แบบสำรวจสุขภาพและสัมภาษณ์พนักงานเพื่อใช้ประเมินความรุนแรงของปัญหา

แบบสำรวจสุขภาพพนักงาน (รายละเอียดตามภาคผนวก ก) และแบบสัมภาษณ์ การประเมินผลพนักงานที่ถูกสัมภาษณ์จะเป็นผู้ทำการประเมินผลด้วยตนเอง โดยในแต่ละหัวข้อจะแบ่งระดับความรุนแรงเป็น 10 ระดับคะแนน คะแนนที่ได้แต่ละหัวข้อนั้นจะนำมาประเมินค่าดัชนี ความไม่ปกติ (AI)

##### 4.2 การวิเคราะห์ท่าทางในการทำงานด้วยเทคนิค RULA

โดยจะทำการบันทึกภาพขณะพนักงานปฏิบัติงานด้วยกล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหว แล้วนำมาเปิดย้อนดู เพื่อให้คะแนนของท่าทางขณะทำงาน แล้วนำไปประเมินผลในแบบฟอร์ม รายละเอียดตามภาคผนวก ข

#### 4.3 การวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography, EMG)

##### 4.3.1 วิธีวัดสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด (MVE)

งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยการนำค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) มาเป็นตัวบ่งชี้ภาระของกล้ามเนื้อหลัง โดยทำการเปรียบเทียบค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด (Maximum Voluntary Electromyography; MVE) ของอาสาสมัครแต่ละคนตามหลักการชีวกลศาสตร์ ซึ่ง Sander and McCormick (1993) ได้ทำการวิจัยและสรุปว่า กำลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทำงานของพนักงานต้องไม่เกิน 35% ของกำลังกล้ามเนื้อสูงสุดที่คนงานนั้นทำได้ สำหรับงานวิจัยนี้ทำการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด (MVE) โดยใช้เครื่องวัดกำลังสถิติช่วยในการวัดดังแสดงในภาพที่ 23



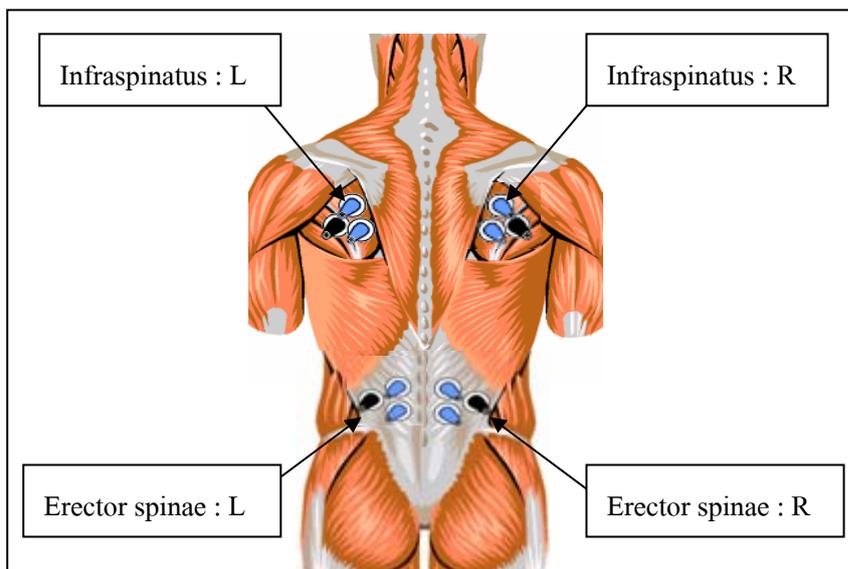
ภาพที่ 23 การวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด (MVE)

##### 4.3.2 การวัดสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) ในขณะทำงาน

การเก็บข้อมูลโดยการติดอิเล็กโทรดบริเวณตำแหน่งกล้ามเนื้อหลังที่จะทำการวัด และต่อสายเข้าเครื่องบันทึกข้อมูล การวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังขณะที่พนักงานทำงานปกติ โดยการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังขณะทำงานจะดำเนินการวัด 4 ตำแหน่งคือ Infraspinatus ด้านซ้ายและขวา Erector spinae ด้านซ้ายและขวา โดยมีขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

- 1) ทำความสะอาดบริเวณกล้ามเนื้อบริเวณที่จะวัดด้วยแอลกอฮอล์

2) ติดอิเล็กโทรดที่บริเวณหลังส่วนบนทั้งด้านซ้ายและขวา และหลังส่วนล่างทั้งด้านซ้ายและขวา 4 ตำแหน่งคือ (1) Infraspinatus: L (2) Infraspinatus: R (3) Erector spinae: L (4) Erector spinae: R ดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ตำแหน่งที่ติดอิเล็กโทรดบนกล้ามเนื้ออกกล้ามเนื้อ Infraspinatus และ Erector spinae

3) เปิดโปรแกรม Mega Win ทำการสร้างข้อมูลของอาสาสมัคร และตั้งรูปแบบการวัดที่ Protocol โดยเลือกตำแหน่งที่ต้องการทดสอบ ประเภทการทดสอบและเวลาที่ใช้ในการทดสอบ อุปกรณ์เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อรุ่น ME 6000 ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 เครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography) รุ่น ME 6000

4) ทำการทดสอบโดยให้พนักงานทำงานปกติในสภาพการปฏิบัติงานปัจจุบันและทำงานที่สถานีงานใหม่

5) นำผลของสัญญาณทางไฟฟ้าที่ได้ไปวิเคราะห์ เปรียบเทียบระหว่างสถานีงานปัจจุบันและสถานีงานที่ปรับปรุงใหม่ โดยใช้โปรแกรม Mega Win ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่สามารถคำนวณเป็นผลลัพธ์ค่า EMG เฉลี่ยขณะปฏิบัติงาน



ภาพที่ 26 การติดอิเล็กโทรดของเครื่องวัด EMG บนกล้ามเนื้อ Infraspinus และ Erector spinae



ภาพที่ 27 แสดงการวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อขณะปฏิบัติงาน

## 5. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

### 5.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

#### ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

##### ตัวแปรอิสระ

1. การทำงานในสถานี่งานเดิม
2. การทำงานในสถานี่งานใหม่ที่ปรับปรุงแล้ว

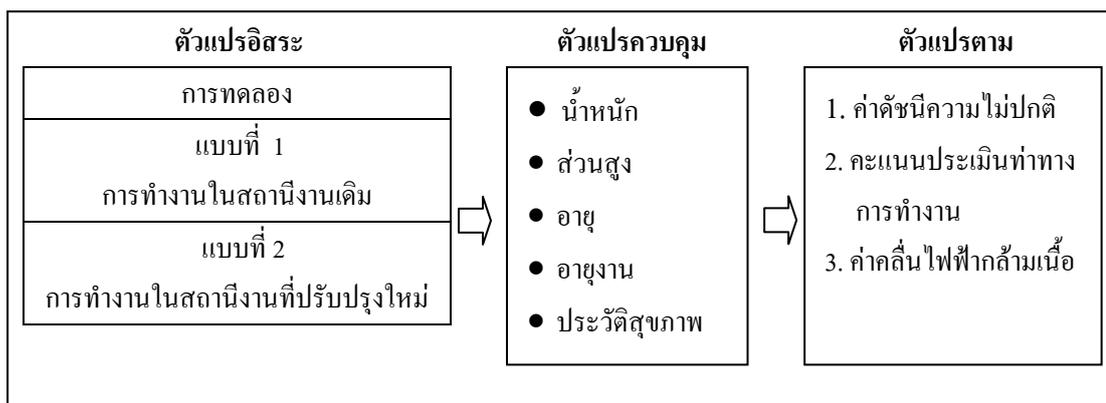
##### ตัวแปรตาม

1. ค่าดัชนีความไม่ปกติ
2. คะแนนประเมินท่าทางการทำงาน
3. ค่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

##### ตัวแปรควบคุม

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชาย
2. กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรง ไม่มีความผิดปกติทางร่างกาย หรือเคยประสบอุบัติเหตุที่จะทำให้มีอาการเมื่อยล้ากล้ามเนื้อในปัจจุบัน

กรอบแนวคิดในการวิจัยดังแสดงในภาพที่ 28



ภาพที่ 28 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

## 5.2 การวิเคราะห์ผล

- 1) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานี โดยใช้สถิติ Paired t-test
- 2) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าคะแนนท่าทางในการทำงานเทคนิค (RULA) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานี โดยใช้สถิติ Paired t-test
- 3) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังขณะปฏิบัติงาน (EMG) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานี โดยใช้สถิติ Paired t-test

## 6. สถานที่ทำการวิจัย

แผนกขึ้นรูปแบบทราย โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ บริษัทสยามโตโยต้าอุตสาหกรรม จำกัด นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร จังหวัดชลบุรี

## 7. ระยะเวลาในการทำวิจัย

การทำวิจัยเริ่มต้นตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2550 สิ้นสุดเดือนกุมภาพันธ์ 2551

ตารางที่ 11 ตารางแผนงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	พ.ศ. 2550					พ.ศ. 2551	
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. สํารวจปัญหาสุขภาพพนักงานและขอบเขตการวิจัย	■						
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	■	■					
3. ศึกษารายละเอียดการปฏิบัติงานในสภาพปัจจุบัน และวัดผลค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง	■	■					
4. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและหาวิธีแก้ไข ปัญหา		■	■				
5. ทำการทดลองและวัดผลค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลัง การปรับปรุง			■	■	■		
6. เปรียบเทียบค่าตัวแปรก่อนและหลังการปรับปรุง					■	■	
7. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ					■	■	
8. ตีพิมพ์ผลงานวิทยานิพนธ์						■	■
9. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์						■	■

## ผลและวิจารณ์

### ผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI), การวิเคราะห์ท่าทางการทำงานเทคนิค RULA และการวัดค่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG) ของพนักงานโรงงานตัวอย่างแผนกขึ้นรูปแบบทราย ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน โดยผลการดำเนินการวิจัยแสดงดังนี้

#### 1. ผลการศึกษาค่าตัวแปรต่างๆ ก่อนการปรับปรุงสถานีงาน

##### 1.1 ผลการสำรวจสุขภาพ สัมภาษณ์พนักงานและค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ก่อนการปรับปรุง

การสำรวจสุขภาพพนักงานเป็นการใช้แบบสำรวจด้านสุขภาพของ กิตติ อินทรานนท์ (กิตติ, 2548) สำรวจสุขภาพของพนักงาน จำนวน 120 คน จำนวน 5 แผนกคือ แผนกตรวจสอบและวิเคราะห์ (Analysis) แผนกหลอมเหล็ก (Melting) แผนกผลิตไส้แบบ (Core making) แผนกขึ้นรูปแบบทราย (Molding) และแผนกตกแต่งชิ้นงาน (Finishing) เพื่อศึกษาปัญหาการปวดหลัง อันเนื่องมาจากการทำงาน และวัดค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) โดยใช้แบบสัมภาษณ์ของ กิตติ อินทรานนท์ (กิตติ, 2548) โดยผลจากแบบสำรวจสุขภาพพนักงานสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 12

จากแบบสำรวจสุขภาพ สรุปได้ว่ามีพนักงาน 96 คน หรือร้อยละ 80 ของพนักงานทั้งหมดมีอาการปวดจากการทำงาน ซึ่งถ้าพิจารณาเฉพาะผู้ที่ปวดพบว่าส่วนต่างๆ ของร่างกายที่พนักงานรู้สึกเจ็บปวดอันเนื่องมาจากการทำงานประกอบด้วย 8 ส่วน ดังนี้ หลัง ไหล่ ข้อมือ ข้อขา เข่า และ นิ้วมือ โดยพบว่าพนักงานมีอาการปวดหลังส่วนล่างมากที่สุด แผนกที่มีพนักงานปวดมากที่สุดคือ แผนกขึ้นรูปแบบทราย จากแบบสอบถามดังกล่าวลักษณะงานที่ทำให้พนักงานปวดหลังมากที่สุดคือ งานตรวจสอบแบบทราย

ตารางที่ 12 เปอร์เซนต์ส่วนต่างๆ ของร่างกายที่รู้สึกเจ็บปวด อันเนื่องมาจากการทำงานแยกตาม  
หน่วยงาน

หน่วยงาน (จำนวนคน)	จำนวน ทั้งหมด (120 คน)	ขึ้นรูปแบบ ทราย (16 คน)	ตกแต่ง ชิ้นงาน (67 คน)	ผลิตไส้แบบ (24 คน)	ตรวจสอบ และวิเคราะห์ (14 คน)	หลอมเหล็ก (9 คน)
จำนวนที่รู้สึก เจ็บปวด ส่วนที่รู้สึก เจ็บปวด	96(80.0%)	13(81.2%)	51(80.9%)	16(80.0%)	10(76.9%)	6(75.0%)
1. หลัง	91(94.8%)	13(100%)	49(96.0%)	15(93.7%)	9(90.0%)	5(83.3%)
2. ไหล่	35(36.5%)	4(30.7%)	22(43.1%)	9(56.2%)	-	-
3. ซ้อมือ	29(30.2%)	-	23(45.0%)	6(37.5%)	-	-
4. คอ	24(25%)	2(15.8%)	16(31.3%)	6(37.5%)	-	-
5. ขา	23(24.0%)	-	8(15.6%)	11(68.7%)	2(20.0%)	2(33.3%)
6. แขน	10(10.4%)	-	10(19.6%)	-	-	-
7. เข่า	6(6.3%)	-	3(5.8%)	-	3(30.0%)	-
8. นิ้วมือ	4(4.1%)	-	4(7.8%)	-	-	-
จำนวนที่ไม่ เจ็บปวดเลย	24(20.0%)	3(23.0%)	12(23.5%)	2(12.5%)	4(40.0%)	3(50.0%)

สำหรับการประเมินระดับความรุนแรงของปัญหา ทำโดยคัดเลือกพนักงานที่มีปัญหา แต่ละ  
หน่วยงาน โดยดูจากแบบสำรวจสุขภาพปัญหาอาการปวดหลังส่วนล่างอันเนื่องมาจากการทำงาน  
โดยจากการสัมภาษณ์เพื่อหาค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ผลลัพธ์สรุปได้ ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงผลการสัมภาษณ์และค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) แยกตามหน่วยงาน

หน่วยงาน	ลักษณะทั่วไปของพนักงาน	ค่าดัชนีความไม่ปกติเฉลี่ย
1. ตรวจสอบและวิเคราะห์	อายุ 23-30 ปี อายุงาน 2-10 ปี ส่วนสูง 160-171 ซม. น้ำหนัก 52-65 กก.	1.5( $\pm$ 0.16)
2. หลอมเหล็ก	อายุ 25-33 ปี อายุงาน 1-9 ปี ส่วนสูง 165-176 ซม. น้ำหนัก 58-69 กก.	2.1( $\pm$ 0.17)
3. ผลิตไส้แบบ	อายุ 21-29 ปี อายุงาน 2-6 ปี ส่วนสูง 165-174 ซม. น้ำหนัก 52-67 กก.	1.9( $\pm$ 0.22)
4. ขึ้นรูปแบบทราย	อายุ 24-33 ปี อายุงาน 2-11 ปี ส่วนสูง 165-175 ซม. น้ำหนัก 57-67 กก.	3.89( $\pm$ 0.14)
5. ตกแต่งชิ้นงาน	อายุ 26-31 ปี อายุงาน 2-13 ปี ส่วนสูง 166-174 ซม. น้ำหนัก 55-70 กก.	2.7( $\pm$ 0.20)

จากตารางจะเห็นว่า แผนกขึ้นรูปแบบทราย มีค่าดัชนีความไม่ปกติ (Abnormality Index; AI) สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับแผนกอื่นๆ คือ มีค่าเฉลี่ย 3.89 ( $\pm$ 0.14) ซึ่งอยู่ในระดับเริ่มเป็นปัญหา มากจนทนไม่ได้ ผู้วิจัยได้ศึกษาการทำงาน of พนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทราย สรุปได้ว่าโดยปกติ ในแผนกนี้แบ่งการทำงานเป็น 7 งานย่อย คือ (1) งานปั้นแบบ (2) งานตรวจสอบแบบทราย (3) ประกอบไส้แบบ (4) เทน้ำเหล็ก (5) งานตอกคืบเหล็ก (6) ยกชิ้นงาน (7) แฉวนป้ายบ่งชี้ชิ้นงาน

โดยจากลักษณะการทำงานพบว่า งานตรวจสอบแบบทราย (Mold check) มีท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น พนักงานต้องยืนก้มๆ เงยๆ เอื้อมวางไส้แบบ และก้มพร้อมกับเอื้อมแขนเพื่อเขียนหมายเลขที่แบบทราย เฉลี่ยจำนวน 90 ครั้ง/ชั่วโมง ทำให้พนักงานมีอาการปวดหลัง ซึ่งสอดคล้องกับผลสำรวจสุขภาพของพนักงาน ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะทำการศึกษา และปรับปรุงสถานีนงานของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทราย (งานตรวจสอบแบบทราย) เพื่อลดอาการปวดหลังส่วนล่าง

ผลการวัดค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ของกลุ่มตัวอย่างก่อนการปรับปรุง

ผู้วิจัยเลือกที่จะทำการศึกษาเพื่อลดอาการปวดหลังส่วนล่างของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทราย โดยมีอาสาสมัครจำนวน 6 คน ซึ่งเป็นเพศชาย มีค่าเฉลี่ยของอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก และอายุงาน เป็น 28.3 ( $\pm 3.61$ ) ปี 169.6 ( $\pm 3.77$ ) เซนติเมตร 62 ( $\pm 4.19$ ) กิโลกรัม และ 5.6 ( $\pm 3.55$ ) ปี ตามลำดับ โดยผลการสัมภาษณ์และหาค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ก่อนปรับปรุงสถานีนงาน สรุปได้ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ข้อมูลและค่าดัชนีความไม่ปกติของอาสาสมัคร

อาสาสมัครคนที่	อายุ (ปี)	ส่วนสูง (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ระดับการศึกษา	สถานภาพ	ค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ก่อนปรับปรุง
1	28	175	67	มัธยมปีที่ 6	สมรส	4.13
2	28	167	59	มัธยมปีที่ 6	โสด	3.75
3	33	170	62	มัธยมปีที่ 6	สมรส	3.88
4	32	173	67	มัธยมปีที่ 6	สมรส	3.89
5	24	165	57	มัธยมปีที่ 6	โสด	3.75
6	25	168	60	มัธยมปีที่ 6	สมรส	4.00

เมื่อนำค่าดัชนีความไม่ปกติก่อนการปรับปรุงสถานีนงานของผู้ทดลองคนที่ 1-6 หาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด สรุปได้ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ของดัชนีความไม่ปกติ (AI)

	ค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ก่อนปรับปรุงของอาสาสมัครทั้ง 6 คน			
	Mean	SD	Min	Max
ก่อนปรับปรุง	3.89	0.14	3.75	4.13

จากตารางที่ 15 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของดัชนีความไม่ปกติ (AI) ก่อนการปรับปรุงสถานีนี งานของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 6 คน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.89 ซึ่งหมายถึงเริ่มเป็นปัญหามากจนทนไม่ได้ ซึ่งจะต้องได้รับการปรับปรุง

## 1.2 ผลคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA)

ในการศึกษาผู้วิจัยได้บันทึกท่าทางการทำงานของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทราย ทุกสถานีนงานของพนักงานด้วยกล้องวิดีโอ และนำมาเปิดย้อนดูเพื่อวิเคราะห์คะแนนท่าทาง การทำงานด้วยเทคนิค RULA โดยใช้แบบฟอร์มในภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ท่าทาง การทำงานดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ก่อนการปรับปรุงสถานีนงาน

คะแนนการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ	คะแนนส่วนต่างๆ	ค่าคะแนน RULA
แขนส่วนบน (Upper arm)	4	
แขนส่วนล่าง (Lower arm)	2	
มือ, ข้อมือ (Hand, Wrist)	2	
การบิดข้อมือ (Wrist twist)	1	7
ศีรษะ, คอ (Neck)	4	
ลำตัว (Trunk)	4	
ขาและเท้า (Leg & Feet)	1	

จากตารางผลการวิเคราะห์ค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทราย ทั้ง 6 คนก่อนปรับปรุงสถานีซึ่งมีค่าเท่ากับ 7 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับที่ต้องให้ความสนใจ และต้องมีการปรับปรุงการทำงาน

### 1.3 ผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG)

#### 1.3.1 ผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด (MVE)

ผู้วิจัยได้วัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) มาเป็นตัวบ่งชี้ภาวะของกล้ามเนื้อหลัง โดยทำการเปรียบเทียบค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด (Maximum Voluntary Electromyography; MVE) ของอาสาสมัครแต่ละคนตามหลักการชีวกลศาสตร์ ซึ่งกำลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทำงานของพนักงานต้องไม่เกิน 35% ของกำลังกล้ามเนื้อสูงสุดที่คนงานนั้นทำได้ โดยผลการวัดดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด (MVE) ของอาสาสมัคร

อาสาสมัครคนที่	ค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด MVE( $\mu$ V)			
	Infraspinatus (L)	Infraspinatus (R)	Erector Spinae (L)	Erector Spinae (R)
1	102	105	133	141
2	89	90	121	123
3	92	95	129	131
4	94	97	129	138
5	97	102	131	136
6	98	103	133	140

### 1.3.2 ผลการวัดสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) ในขณะทำงานก่อนปรับปรุง

การวิจัยครั้งนี้ทำการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลัง 4 ตำแหน่งคือ Infraspinatus ด้านซ้ายและขวา Erector spinae ด้านซ้ายและขวา ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 6 คน โดยการติด Electrode ที่หลังส่วนบน และหลังส่วนล่าง ตัวอย่างผลการวัดแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) ในขณะทำงานก่อนปรับปรุง

อาสาสมัครคนที่	ค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) ขณะทำงานก่อนปรับปรุง ( $\mu V$ )			
	Infraspinatus (L)	Infraspinatus (R)	Erector Spinae (L)	Erector Spinae (R)
1	20	18	60	22
2	23	17	52	24
3	23	20	56	21
4	19	18	50	19
5	21	23	53	21
6	21	20	50	24

จากการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังในขณะทำงาน (EMG) ก่อนการปรับปรุงสถานีงาน ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 6 คน ที่หลังส่วนบนด้านซ้ายและขวา หลังส่วนล่างด้านซ้ายและขวา 4 ตำแหน่ง จากนั้นนำค่าที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด(MVE) ของแต่ละคน ผลการเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์แสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานก่อน  
การปรับปรุงสถานีงานกับค่า MVE ของอาสาสมัคร

อาสาสมัคร คนที่	เปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน ก่อนการปรับปรุงสถานีงานกับค่า MVE			
	Infraspinatus (L)	Infraspinatus (R)	Erector Spinae (L)	Erector Spinae (R)
1	(100/20) x 102 =19.61	(100/18) x 105 =17.14	(100/60) x 133 =45.11	(100/22) x 141 =15.6
2	(100/23) x 89 =25.84	(100/17) x 90 =18.89	(100/52) x 121 =42.98	(100/24) x 123 =19.51
3	(100/23) x 92 =25.0	(100/20) x 95 =21.05	(100/56) x 129 =43.41	(100/21) x 131 =16.03
4	(100/19) x 94 =20.21	(100/18) x 97 =18.56	(100/50) x 129 =38.76	(100/19) x 138 =13.77
5	(100/21) x 97 =21.65	(100/23) x 102 =22.55	(100/53) x 131 =40.46	(100/21) x 136 =15.44
6	(100/21) x 98 =21.43	(100/20) x 103 =19.42	(100/50) x 133 =37.59	(100/24) x 140 =17.14

จากตารางแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานก่อนการปรับปรุงสถานีงานกับค่า MVE ของกล้ามเนื้อหลังทั้ง 4 จุด ที่ทำการวัดจากอาสาสมัครทั้ง 6 คน จะเห็นได้ว่า กล้ามเนื้อ 1 จุดบริเวณหลังส่วนล่าง Erector Spinae ด้านซ้ายมีค่าเกิน 35% MVE ส่วนกล้ามเนื้อหลังอีก 3 จุดคือ Infraspinatus ด้านซ้ายและขวาและ Erector Spinae ด้านขวามีค่าต่ำกว่า 35% MVE ทั้งหมดทุกคน ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณเป็น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 20

**ตารางที่ 20** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE (ก่อนการปรับปรุง)

ตำแหน่งของกล้ามเนื้อ	เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE (ก่อนการปรับปรุงสถานีนงาน)			
	Mean	SD	Min	Max
Infraspinatus (Left)	22.29	2.54	19.61	25.84
Infraspinatus (Right)	19.6	1.92	17.14	22.55
Erector Spinae (Left)	41.39	2.92	37.59	45.11
Erector Spinae (Right)	16.25	1.93	13.77	19.51

## 2. ผลการปรับปรุงท่าทางการทำงานและออกแบบสถานีนงาน

จากการวิเคราะห์ตัวแปรก่อนปรับปรุงได้แก่ ค่าดัชนีความไม่ปกติ(AI) การวิเคราะห์ท่าทางการทำงานเทคนิค RULA และการวัดค่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG) ของพนักงานโรงงาน ตัวอย่างแผนกขึ้นรูปแบบทราย (งานตรวจสอบแบบทราย) มีค่าสูงนั้น พบว่า เกิดจากท่าทางการทำงานของพนักงานไม่เหมาะสม พนักงานต้องก้มๆ เงยๆ ทำงานเป็นเวลาต่อเนื่อง 1 รอบต่อ 36 วินาทีซึ่งทำให้ปวดหลังส่วนล่าง จึงได้ปรับปรุงสถานีนงานโดยออกแบบสถานีนงานใหม่ให้พนักงานปฏิบัติงาน และหลีกเลี่ยงท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม โดยรายละเอียดในการออกแบบมีดังนี้

### 2.1 ขนาดสัดส่วนร่างกายคน

การออกแบบสถานีนงาน จะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายของพนักงาน โดยงานวิจัยนี้อ้างอิงขนาดสัดส่วนร่างกายของกิตติ และคณะ (กิตติ, 2548)

### 2.2 การวิเคราะห์เครื่องจักรและขนาดสัดส่วนร่างกายเพื่อออกแบบสถานีนงานให้เหมาะสม

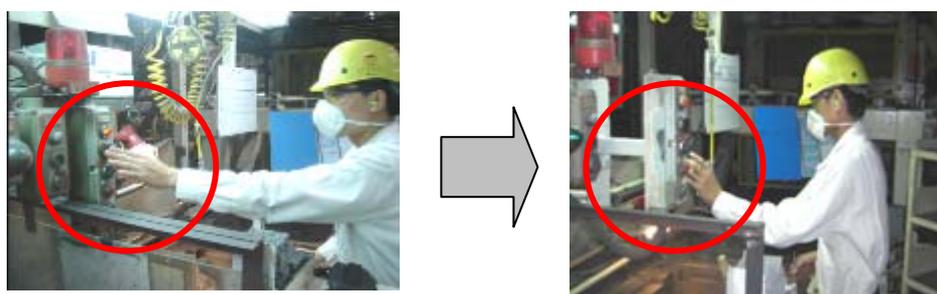
การออกแบบสถานีนงานได้วิเคราะห์เครื่องจักรและท่าทางการปฏิบัติงานของพนักงานเพื่อปรับปรุงแก้ไข โดยสาเหตุของปัญหาและการปรับปรุงสถานีนงานใหม่ ดังตารางที่ 21

## ตารางที่ 21 เปรียบเทียบสาเหตุและการแก้ไขโดยปรับปรุงสถานีนงานใหม่

วิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหา	การแก้ไขโดยปรับปรุงสถานีนงานใหม่
1. พนักงานเอื้อมวาง Filter	1. จัดทำที่พักมือเพื่อแบ่งรับน้ำหนักจากภาระหลัง
2. พนักงานเอื้อมวางใส่แบบ	
3. พนักงานเอื้อมกดปุ่ม	2. ย้ายปุ่มจากระยะที่เอื้อมไกลเป็นระยะที่กดปุ่มได้ง่าย
4. พนักงานก้มเขียนหมายเลขที่แบบทราย	3. พิมพ์หมายเลขบนแบบทรายโดยใช้ระบบอัตโนมัติแทนการเขียนด้วยมือ (ยกเลิกการเขียนด้วยมือเป็นระบบอัตโนมัติด้วยหุ่นยนต์)

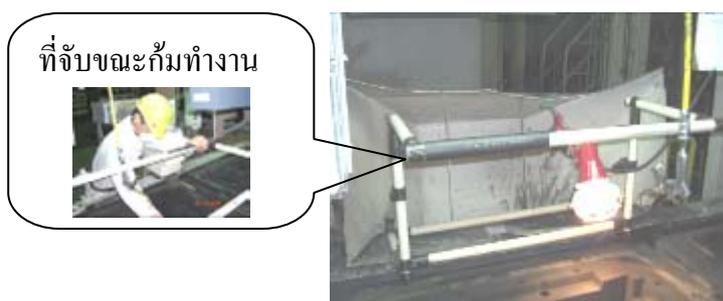
### รายละเอียดการปรับปรุงแก้ไขแสดงดังนี้

1) ระยะการเอื้อมทำงานในการกดปุ่มควบคุม การออกแบบปุ่มควบคุมที่ต้องใช้เป็นประจำควรอยู่ในระยะที่ผู้ควบคุมเอื้อมถึงได้ง่ายในตำแหน่งที่ยืนปฏิบัติงานปกติ (สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน, 2544) ดังนั้นจึงออกแบบปรับปรุงสถานีนงานเดิม โดยย้ายปุ่มควบคุมจากระยะที่ต้องเอื้อมไกลเป็นระยะที่ผู้ควบคุมเอื้อมถึงได้ง่าย และสะดวก ดังภาพที่ 29



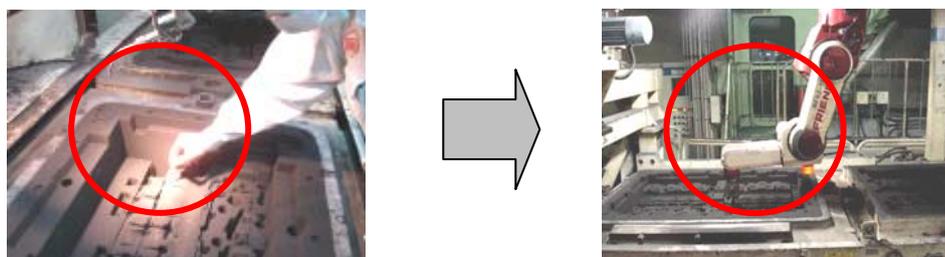
ภาพที่ 29 ตำแหน่งปุ่มกดก่อนปรับปรุง (a) ปุ่มกดหลังปรับปรุง (b)

2) การเอื้อมทำงานเพื่อวางใส่แบบและ Filter การเอื้อมดังกล่าวทำให้หลังรับภาระจึงออกแบบที่พักมือ เพื่อจับขณะก้มตัวทำงาน เป็นการแบ่งรับภาระน้ำหนักที่กระทำบริเวณกล้ามเนื้อหลัง โดยลักษณะที่พักมือ ดังภาพที่ 30



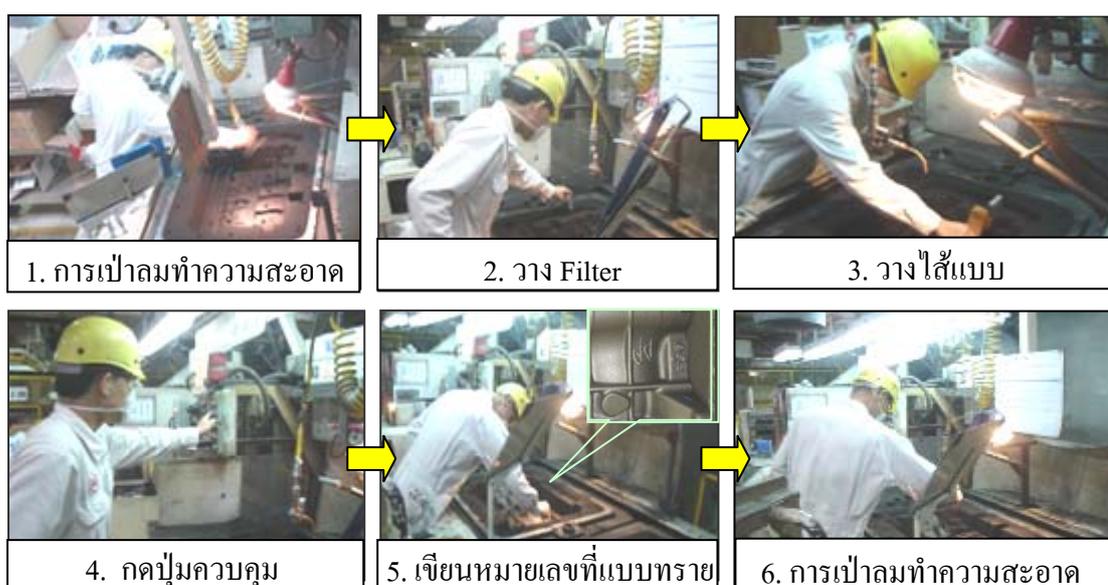
ภาพที่ 30 ที่พักมือเพื่อแบ่งรับน้ำหนักจากภาระหลังขณะก้มวางไส้แบบและวาง Filter

3) การก้มตัวเพื่อเขียนหมายเลขบนแบบทราย เฉลี่ย 90 ครั้งต่อชั่วโมง ได้ออกแบบให้ใช้เครื่องพิมพ์หมายเลขบนแบบทรายโดยใช้ระบบอัตโนมัติแทนการเขียนด้วยมือ ดังภาพที่ 31



ภาพที่ 31 การเขียนหมายเลขก่อนปรับปรุง (a) การพิมพ์หมายเลขอัตโนมัติหลังปรับปรุง (b)

โดยทำทางการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุง 1 รอบการทำงาน แสดงดังภาพที่ 32 และภาพที่ 33



ภาพที่ 32 ขั้นตอนการปฏิบัติงานในท่าทางการทำงานก่อนปรับปรุง



ภาพที่ 33 ขั้นตอนการปฏิบัติงานในท่าทางการทำงานสถานีงานหลังการปรับปรุง

จากการปรับปรุงสถานีงานผู้วิจัยได้ให้พนักงานปฏิบัติในสถานีงานที่ได้ปรับปรุงใหม่เป็นเวลา 6 สัปดาห์ วัดค่าตัวแปรต่างๆหลังการปรับปรุงสถานีงาน

### 3. ค่าตัวแปรต่างๆ หลังการปรับปรุงสถานีงาน

เมื่อพนักงานปฏิบัติในสถานีงานที่ได้ปรับปรุงใหม่เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผู้วิจัยได้หาค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) การวิเคราะห์ท่าทางการทำงานเทคนิค RULA และการวัดค่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG) ของพนักงานโรงงานตัวอย่างแผนกขึ้นรูปแบบทราย หลังการปรับปรุงสถานีงาน ดังนี้

#### 3.1 ค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) หลังการปรับปรุง

ผลการสำรวจสุขภาพและสัมภาษณ์พนักงานหลังปรับปรุงสถานีงานเมื่อพนักงานปฏิบัติงาน 6 สัปดาห์ ของอาสาสมัครคนที่ 1-6 สรุปได้ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ข้อมูลและค่าดัชนีความไม่ปกติของอาสาสมัครหลังการปรับปรุง

อาสาสมัครคนที่	1	2	3	4	5	6
ค่าดัชนีความไม่ปกติ	2.0	1.37	1.50	1.75	1.75	1.87

จากตารางเมื่อหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ของดัชนีความไม่ปกติ (AI)

	ค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) หลังปรับปรุงของอาสาสมัครทั้ง 6 คน			
	Mean	SD	Min	Max
หลังปรับปรุง	1.70	0.23	1.37	2.0

จากตารางที่ 23 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของดัชนีความไม่ปกติ (AI) หลังการปรับปรุงสถานียานของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 6 คน ค่าเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 1.70 ( $\pm 0.23$ ) ซึ่งอยู่ในระดับมีปัญหาเล็กน้อย แสดงว่าการปรับปรุงสถานียานมีผลทำให้พนักงานมีระดับความเมื่อยล้าจากการทำงานลดลง

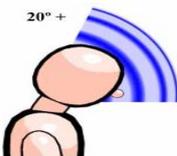
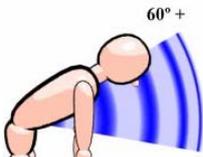
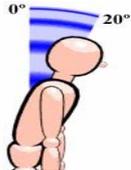
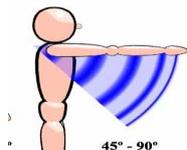
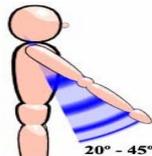
### 3.2 ผลคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA)

เมื่อดำเนินการปรับปรุงสถานียาน โดยมีที่พักมือเพื่อแบ่งรับภาระจากหลัง การย้ายปุ่มควบคุม และให้มีการเขียนหมายเลขใส่แบบอัตโนมัติแทนการเขียนด้วยมือ จากนั้นให้พนักงานปฏิบัติในสถานียานที่ได้ปรับปรุงใหม่เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผู้วิจัยได้บันทึกท่าทางการทำงานของพนักงานและได้วิเคราะห์ค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) หลังการปรับปรุงสถานียาน ดังแสดงในตารางที่ 24

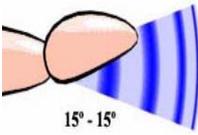
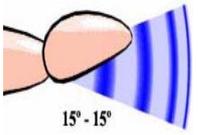
ตารางที่ 24 ค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) หลังการปรับปรุงสถานีงาน

คะแนนการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ	คะแนนส่วนต่างๆ	ค่าคะแนนRULA
แขนส่วนบน (upper arm)	1	
แขนส่วนล่าง (lower arm)	1	
มือ, ข้อมือ (hand, wrist)	2	
การบิดข้อมือ (wrist twist)	1	3
ศีรษะ, คอ (neck)	2	
ลำตัว (trunk)	2	
ขาและเท้า (leg&feet)	1	

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบคะแนนความเสี่ยงจากมุมการเคลื่อนไหวของท่าทางการทำงานเดิมกับท่าทางการทำงานหลังปรับปรุงสถานีงาน

ตำแหน่งร่างกาย (*แนวกลางลำตัว)	ท่าทางเดิม		ท่าทางหลังปรับปรุง	
	ท่าทาง	คะแนน	ท่าทาง	คะแนน
คอ		4		2
ลำตัว		4		2
แขนส่วนบนด้านขวา/ซ้าย		4		2

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ตำแหน่งร่างกาย (*แนวกลางลำตัว)	ท่าทางเดิม		ท่าทางหลังปรับปรุง	
	ท่าทาง	คะแนน	ท่าทาง	คะแนน
แขนส่วนล่างด้านขวา/ซ้าย	 60° - 100°	2	 0° - 60°	1
มือ ข้อมือด้านขวา/ซ้าย	 15° - 15°	2	 15° - 15°	2

จากตารางที่ 24 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) หลังการปรับปรุงสถานีงานของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 6 คน มีค่าเท่ากับ 3 คะแนนแสดงว่าการปรับปรุงสถานีงาน ทำให้การทำงานของพนักงานมีการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายน้อยลง ซึ่งอวัยวะที่มีความเสี่ยงจะได้รับการปรับปรุงให้มีความเสี่ยงของท่าทางลดลง ดังตารางที่ 25

### 3.3 ผลการวัดสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) ในขณะทำงานหลังปรับปรุง

เมื่อได้ดำเนินการแก้ไขโดยการปรับปรุงสถานีงานแล้ว ได้ดำเนินการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังในขณะทำงาน (EMG) หลังการปรับปรุงสถานีงานของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 6 คน ผลการวัดแสดงใน ตารางที่ 26 และกราฟแสดงผลการวัดแสดงในภาคผนวก ค จากนั้นนำค่าที่วัดได้มาเปรียบเทียบกับค่าสัญญาณไฟฟ้าสูงสุด (MVE) ของแต่ละคน ผลจากการเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของอาสาสมัครคนที่ 1-6 ดังแสดงในตารางที่ 27

ตารางที่ 26 ผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) ในขณะที่ทำงานหลังปรับปรุง

อาสาสมัคร คนที่	ค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) ในขณะที่ทำงานหลังปรับปรุง ( $\mu V$ )			
	Infraspinatus	Infraspinatus	Erector Spinae	Erector Spinae
	(L)	(R)	(L)	(R)
1	22.55	19.05	29.32	17.02
2	28.09	22.22	26.45	20.33
3	29.35	24.21	23.26	16.79
4	24.47	20.62	22.48	14.49
5	25.77	23.59	22.14	16.91
6	24.49	21.36	21.05	17.86

ตารางที่ 27 เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE ของอาสาสมัคร (หลังการปรับปรุงสถานีนงาน)

อาสาสมัคร คนที่	เปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน หลังการปรับปรุงสถานีนงานกับค่า MVE			
	Infraspinatus	Infraspinatus	Erector Spinae	Erector Spinae
	(L)	(R)	(L)	(R)
1	(100/23) x 102 =22.55	(100/20) x 105 =19.05	(100/39) x 133 =29.32	(100/24) x 141 =17.02
2	(100/25) x 89 =28.09	(100/20) x 90 =22.22	(100/32) x 121 =26.45	(100/25) x 123 =20.33
3	(100/27) x 92 =29.35	(100/23) x 95 =24.21	(100/30) x 129 =23.26	(100/22) x 131 =16.79

ตารางที่ 27 (ต่อ)

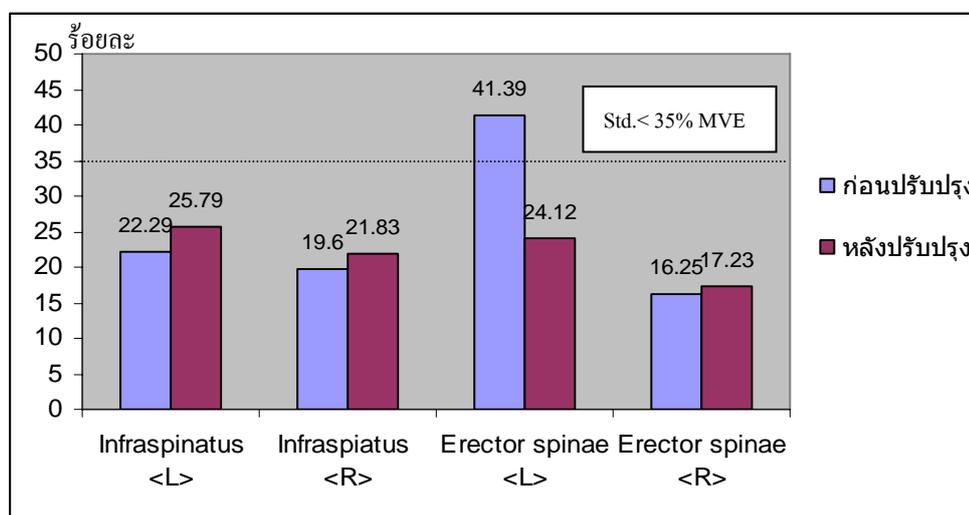
อาสาสมัคร คนที่	เปอร์เซ็นต์การเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน หลังการปรับปรุงสถานีงานกับค่า MVE			
	Infraspinatus (L)	Infraspinatus (R)	Erector Spinae (L)	Erector Spinae (R)
	4	(100/23) x 94 =24.47	(100/20) x 97 =20.62	(100/29) x 129 =22.48
5	(100/25) x 97 =25.77	(100/24) x 102 =23.53	(100/29) x 131 =22.14	(100/23) x 136 =16.91
6	(100/24) x 98 =24.49	(100/22) x 103 =21.36	(100/28) x 133 =21.05	(100/25) x 140 =17.86

จากเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE ของกล้ามเนื้อหลังทั้ง 4 จุดที่ทำการวัด ของอาสาสมัครทั้ง 6 คน จะเห็นได้ว่ามีค่าต่ำกว่า 35% ทั้งหมด ทุกคน ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณเป็น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE ของกล้ามเนื้อหลังทั้ง 4 จุดที่ทำการวัด หลังการปรับปรุงสถานีงาน ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 28

**ตารางที่ 28** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE (หลังการปรับปรุงสถานีนงาน)

ตำแหน่งของกล้ามเนื้อ	เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE (หลังการปรับปรุงสถานีนงาน)			
	Mean	SD	Min	Max
Infraspinatus (Left)	25.79	2.53	22.55	29.35
Infraspinatus (Right)	21.83	1.90	19.05	24.21
Erector Spinae (Left)	24.12	3.14	21.05	29.32
Erector Spinae (Right)	17.23	1.89	14.49	20.33

โดยค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อบริเวณหลังขณะทำงานทั้ง 4 จุดเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงสถานีนงาน ดังภาพที่ 34



**ภาพที่ 34** กราฟเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานก่อนและหลังปรับปรุงสถานีนงานของอาสาสมัครทั้ง 6 คน

จากตารางที่ 28 และภาพที่ 34 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE หลังการปรับปรุงสถานีนงาน มีค่าต่ำกว่า 35% ทั้ง 4 จุดของกล้ามเนื้อหลังที่ทำการวัด

#### 4. การประเมินผลวิจัยในทางสถิติ

การเปรียบเทียบค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ค่าคะแนนท่าทางในการทำงาน (RULA) และค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีนงาน จะใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบคู่ (Paired Comparison) ซึ่งสามารถเพิ่มความแม่นยำโดยทำการเปรียบเทียบระหว่างคู่ของข้อมูลที่เหมาะสมคือ จะทำการเก็บข้อมูลค่าตัวแปรต่างๆ จากพนักงานตัวอย่างชุดเดียวกันแล้วทำการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของสถานีนงาน ที่ต้องการจะศึกษาถึงความแตกต่าง โดยมีสมมติฐานดังนี้

$$H_0: (\mu_1 - \mu_2) \text{ หรือ } \mu_0 = 0$$

$$H_1: (\mu_1 - \mu_2) \text{ หรือ } \mu_0 > 0$$

เมื่อ  $\mu_1$  คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการวัดผล ก่อนการปรับปรุงสถานีนงาน  
 $\mu_2$  คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการวัดผล หลังการปรับปรุงสถานีนงาน

โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบมีดังนี้

4.1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของดัชนีความไม่ปกติ (AI) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีนงาน

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของดัชนีความไม่ปกติ (AI) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีนงานดังแสดงในภาพที่ 35 และตารางที่ 29

Descriptive Statistics						
Variable	N	Mean	Median	Tr Mean	StDev	SE Mean
Before	6	3.8900	3.8850	3.8900	0.1472	0.0601
After	6	1.7067	1.7500	1.7067	0.2335	0.0953
t0	6	2.1933	2.1350	2.1933	0.1536	0.0627
Variable	Min	Max	Q1	Q3		
Before	3.7500	4.1300	3.7500	4.0325		
After	1.3700	2.0000	1.4675	1.9025		
t0	2.0000	2.3800	2.0975	2.3800		
Confidence Intervals						
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95.0 % CI	
t0	6	2.1933	0.1536	0.0627	(2.0321, 2.3545)	
T-Test of the Mean						
Test of mu = 0.0000 vs mu > 0.0000						
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	T	P
t0	6	2.1933	0.1536	0.0627	34.98	0.0000

ภาพที่ 35 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของดัชนีความไม่ปกติ (AI) ก่อนและหลังการปรับปรุง  
สถานีนงาน โดยใช้โปรแกรม Minitab

ตารางที่ 29 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของดัชนีความไม่ปกติ (AI) ก่อนและหลังการปรับปรุง

สถานีนงาน	ค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI)		
	Mean	SD	t
ก่อนการปรับปรุงสถานีนงาน	3.89	0.14	-
หลังการปรับปรุงสถานีนงาน	1.70	0.23	34.98

หมายเหตุ ขอบเขตของการยอมรับสมมติฐานหลัก คือ ( $t > 2.02$ )

จากภาพที่ 35 และตารางที่ 29 พบว่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของดัชนีความไม่ปกติ (AI) ก่อนการปรับปรุงสถานีนงานกับค่าเฉลี่ยของดัชนีความไม่ปกติ (AI) หลังการปรับปรุงสถานีนงาน มีค่ามากกว่า 0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของดัชนีความไม่ปกติ (AI) หลังการปรับปรุงสถานีนงานมีค่าน้อยกว่าก่อนการปรับปรุงสถานีนงานอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

#### 4.4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน ดังแสดงในตารางที่ 30

**ตารางที่ 30** ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน

	ค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA)	
	Mean	SD
ก่อนการปรับปรุงสถานีงาน	7	0
หลังการปรับปรุงสถานีงาน	3	0

จากตารางที่ 30 พบว่า ข้อมูลค่าเฉลี่ยของคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงานที่ได้มีความเที่ยงตรงสูง โดยพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0 (SD = 0) จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) หลังการปรับปรุงสถานีงานมีค่าน้อยกว่าก่อนการปรับปรุงสถานีงาน

#### 4.4.3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงาน ของกล้ามเนื้อหลังทั้ง 4 จุดที่ทำกรวัด ดังแสดงในภาพที่ 36 และตารางที่ 31

Descriptive Statistics						
Variable	N	Mean	Median	Tr Mean	StDev	SE Mean
BF1	6	22.29	21.54	22.29	2.55	1.04
BF2	6	19.602	19.155	19.602	1.922	0.785
BF3	6	41.39	41.72	41.38	2.92	1.19
BF4	6	16.248	15.815	16.248	1.934	0.789
AF1	6	25.79	25.13	25.79	2.53	1.03
AF2	6	21.832	21.790	21.832	1.904	0.777
AF3	6	24.12	22.87	24.12	3.14	1.28
AF4	6	17.233	16.965	17.233	1.890	0.771
t1	6	-3.497	-3.590	-3.497	0.867	0.354
t2	6	-2.230	-2.000	-2.230	0.878	0.358
t3	6	17.268	16.535	17.268	1.652	0.674
t4	6	-0.985	-0.790	-0.985	0.359	0.146
Variable	Min	Max	Q1	Q3		
BF1	19.61	25.84	20.06	25.21		
BF2	17.140	22.550	18.205	21.425		
BF3	37.59	45.11	38.47	43.83		
BF4	13.770	19.510	15.022	17.733		
AF1	22.55	29.35	23.99	28.41		
AF2	19.050	24.210	20.227	23.700		
AF3	21.05	29.32	21.87	27.17		
AF4	14.490	20.330	16.215	18.477		
t1	-4.350	-2.250	-4.282	-2.768		
t2	-3.330	-0.980	-3.202	-1.678		
t3	15.790	20.150	16.158	18.778		
t4	-1.470	-0.720	-1.433	-0.720		
Confidence Intervals						
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95.0 % CI	
t1	6	-3.497	0.867	0.354	( -4.406,	-2.587)
t2	6	-2.230	0.878	0.358	( -3.151,	-1.309)
t3	6	17.268	1.652	0.674	( 15.534,	19.002)
t4	6	-0.985	0.359	0.146	( -1.361,	-0.609)
T-Test of the Mean						
Test of mu = 0.000 vs mu > 0.000						
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	T	P
t1	6	-3.497	0.867	0.354	-9.88	1.00
t2	6	-2.230	0.878	0.358	-6.22	1.00
t3	6	17.268	1.652	0.674	25.60	0.0000
t4	6	-0.985	0.359	0.146	-6.73	1.00

ภาพที่ 36 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อ หลัง ขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนและหลังการปรับปรุง ที่ตำแหน่งกล้ามเนื้อ Infraspinaeus (Left), Infraspinaeus (Right), Erector Spinaeus (Left) และ Erector Spinaeus (Right) โดยใช้โปรแกรม Minitab

**ตารางที่ 31** ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีงานของกล้ามเนื้อหลังทั้ง 4 จุดที่ทำการวัด

ตำแหน่งของ กล้ามเนื้อ	ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการ เปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลัง ขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนและหลัง การปรับปรุงสถานีงาน (ก่อนการปรับปรุงสถานีงาน)		ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการ เปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลัง ขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนและหลัง การปรับปรุงสถานีงาน (หลังการปรับปรุงสถานีงาน)		t
	Mean	SD	Mean	SD	
	Infraspinatus (Left)	22.29	2.54	25.79	
Infraspinatus (Right)	19.60	1.92	21.83	1.90	-6.22
Erector Spinae (Left)	41.39	2.92	24.12	3.14	25.6
Erector Spinae (Right)	16.25	1.93	17.23	1.89	-6.72

**หมายเหตุ** ขอบเขตของการยอมรับสมมติฐานหลัก คือ ( $t > 2.02$ )

จากตารางที่ 31 พบว่า ในส่วนของกล้ามเนื้อหลังจุดที่ 3 (ตำแหน่ง Erector Spinae (Left)) มีผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลัง Erector Spinae (Left) ขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนการปรับปรุงสถานีงานกับค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลัง Erector Spinae (Left) ขณะทำงานกับค่า MVE หลังการปรับปรุงสถานีงานของกล้ามเนื้อ Erector Spinae มีค่า  $P = 0.00$  ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลัง Erector Spinae (Left) ขณะทำงานกับค่า MVE หลังการปรับปรุงสถานีงานมีค่าน้อยกว่าก่อนการปรับปรุงสถานีงานอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

แต่ในส่วนของกล้ามเนื้อหลังจุดที่ 1, จุดที่ 2 และ จุดที่ 4 (ตำแหน่ง Infraspinatus (Left), Infraspinatus (Right) และ Erector Spinae (Right) ตามลำดับ) มีผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์

ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลัง Infraspinatus (Left) ขณะทำงานกับค่า MVE ก่อนการปรับปรุงสถานีกานกับค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลัง Infraspinatus (Left) ขณะทำงานกับค่า MVE หลังการปรับปรุงสถานีกาน ของกล้ามเนื้อ Erector Spinae มีค่า  $P = 1.00$  ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลัง Infraspinatus (Left) ขณะทำงานกับค่า MVE หลังการปรับปรุงสถานีกานมีค่ามากกว่าก่อนการปรับปรุงสถานีกานอย่างมีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ )

### 5. การประเมินผลด้านการเพิ่มผลผลิต

ผู้วิจัยได้ทำการจับเวลาการปฏิบัติงานของพนักงาน จำนวน 10 รอบการทำงาน (รอบการทำงาน 36 วินาทีต่อรอบ) ทั้งในการปฏิบัติงานกับสถานีกานก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 6 คน เพื่อศึกษาถึงผลกระทบด้านเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานของพนักงานหลังการปรับปรุงสถานีกานว่าเป็นอย่างไร ผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 32

ตารางที่ 32 เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานของพนักงานก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีกาน

อาสาสมัคร คนที่	ก่อนการปรับปรุงสถานีกาน		หลังการปรับปรุงสถานีกาน	
	เวลารวมที่ใช้ใน การปฏิบัติงาน จำนวน 10 รอบ การทำงาน (วินาที)	เวลารวมที่ใช้ใน การปฏิบัติงาน จำนวน 1 รอบ การทำงาน (วินาที)	เวลารวมที่ใช้ใน การปฏิบัติงาน จำนวน 10 รอบ การทำงาน (วินาที)	เวลารวมที่ใช้ใน การปฏิบัติงาน จำนวน 1 รอบ การทำงาน (วินาที)
1	360	36.0	311	31.1
2	368	36.8	292	29.2
3	356	35.6	308	30.8
4	362	36.2	321	32.1
5	364	36.4	309	30.9
6	361	36.1	302	30.2
รวม	361.8	36.1	307.1	30.7

จากตารางที่ 32 สรุปได้ว่า หลังการปรับปรุงสถานีกานเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการปฏิบัติงานต่อ 1 รอบการทำงาน ลดลงจาก 36.1 วินาที เป็น 30.7 วินาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้

$$= \frac{36.1 - 30.7}{36.1} \times 100$$

$$= 14.9\%$$

จากการวิจัยพบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการปฏิบัติงานต่อ 1 รอบการทำงานลดลงเท่ากับ 14.9%  
เนื่องมาจาก

1. การวางไส้แบบและ Filter ที่หีบหล่อแบบทรายทำให้สะดวกขึ้น เพราะมีที่พับมือและไม่ต้อง เอี้ยวตัว
2. ย้ายปุ่มกดอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้และสะดวกและรวดเร็วในการปฏิบัติงานมากยิ่งขึ้น
3. ไม่ต้องเขียนหมายเลขที่แบบทรายเนื่องจากใช้วิธีพิมพ์หมายเลขอัตโนมัติแทน

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงสถานีงานทำให้เกิดความปลอดภัยกับพนักงานและลดเวลาในการทำงานลงซึ่งเป็นประโยชน์ด้านการเพิ่มผลผลิตด้วย

## วิจารณ์

### 1. วิจารณ์วิธีการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยอาจมีข้อผิดพลาดอันเนื่องมาจากวิธีการวิจัย ดังนั้นเพื่อเป็นการควบคุมงานวิจัยให้มีคุณภาพ ถูกต้อง ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญและพยายามลดข้อผิดพลาดให้น้อยที่สุด ดังนี้

#### 1.1 ความไม่เที่ยงตรงจากการเลือกตัวอย่าง (Selection Bias)

ในการวิจัยเป็นการคัดเลือกแบบเจาะจง โดยพิจารณาจากผลการตอบแบบสำรวจสุขภาพแบบสัมภาษณ์ และค่าดัชนีความไม่ปกติสูงในแผนกขึ้นรูปแบบทราย และพบว่าพนักงานในแผนกนี้มีอาการปวดเมื่อยเนื่องจากการทำงานทุกคน ซึ่งมีลักษณะการทำงาน จำนวนชิ้นงาน เวลาทำงานไม่แตกต่างกัน

## 1.2 ความไม่เที่ยงตรงจากการทดลอง (Performance Bias)

ในการวิจัยได้ทำการสำรวจข้อมูลประชากรกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลแบบสำรวจสุขภาพและแบบสัมภาษณ์พนักงาน การประเมินท่าทางการทำงาน การวัดค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว จึงไม่มีความแตกต่างกันทางทักษะ ความชำนาญ ของผู้ทดลองหรือผู้วิจัย (Inter-Observer-Bias)

## 1.3 ความไม่เที่ยงตรงจากข้อมูลที่รวบรวม (Information Bias)

การรวบรวมข้อมูลโดยแบบสำรวจสุขภาพและแบบสัมภาษณ์ อาจเกิดความผิดพลาดได้เนื่องจากการประเมินในลักษณะ Subjective Felling Systems พนักงานอาจบอกความรู้สึกลบวบเมื่อจากการทำงานมากหรือน้อยกว่าความเป็นจริงได้ ดังนั้นก่อนการทดลองผู้วิจัยได้อธิบายพนักงานเป็นรายบุคคลจนเข้าใจถึงวิธีการตอบแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ และมั่นใจว่าผลที่ได้จากแบบสอบถาม ผู้วิจัยจะปิดเป็นความลับ และไม่มีผลกระทบต่อหน้าที่การทำงานของผู้ถูกทดสอบ

การให้คะแนนท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค RULA ประเมินจากภาพถ่ายวิดีโอที่บันทึกจากภาพที่มีมุมมองตั้งฉากมากที่สุด และประเมินท่าทางการทำงานจากอาสาสมัครทุกคน นำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้วิเคราะห์ผล

สำหรับการวัดค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Mega Win ซึ่งเป็นโปรแกรมประมวลผลสำเร็จภาพที่สามารถวิเคราะห์ผลได้อัตโนมัติ

## 1.4 ความไม่เที่ยงตรงจากปัจจัยร่วม (Confounding Bias)

ในการวิจัยผู้วิจัยได้ควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อผลของการศึกษาวิจัยที่ทำให้การวัดผลของสิ่งที่ต้องการศึกษาผิดพลาดไปดังนี้

### 1.4.1 การควบคุมก่อนการทดลอง

ผู้วิจัยได้เลือกพนักงานที่มีสุขภาพแข็งแรง ไม่มีความผิดปกติของร่างกายและไม่เคยประสบอุบัติเหตุ การผ่าตัดจนเป็นสาเหตุให้เกิดอาการเมื่อยล้ากล้ามเนื้อในปัจจุบัน ซึ่งเป็นการศึกษาแบบ Before-after-experiment with no control group ซึ่งสมาชิกของกลุ่มทดลองแต่ละคนจะเป็นกลุ่มควบคุมของตัวเอง ดังนั้นความแตกต่างของผลการศึกษา จึงเป็นผลมาจากตัวแปรที่ศึกษา ไม่ใช่ผลที่มาจากความแตกต่างของกลุ่มที่ทดลองกับกลุ่มที่ควบคุม

#### 1.4.2 การควบคุมระหว่างการทดลอง

การสำรวจสุขภาพและสัมภาษณ์พนักงาน ผู้วิจัยเป็นผู้สอบถามเพียงคนเดียว โดยสอบถามก่อนปรับปรุงสถานีงานในวันที่ 3 ของสัปดาห์ เมื่อปรับปรุงสถานีงานใหม่ ผู้วิจัยให้พนักงานปฏิบัติงานในสถานีงานใหม่เป็นเวลา 6 สัปดาห์ แล้วสัมภาษณ์พนักงาน หลังปรับปรุงสถานีงานในวันที่ 3 ของสัปดาห์และหาค่าเฉลี่ยของดัชนีความไม่ปกติ

การประเมินท่าทางการทำงานและการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ผู้วิจัยทำการประเมินและวัดค่าในขณะที่พนักงานปฏิบัติงาน ในขณะที่ทำงานปกติทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง และหาค่าเฉลี่ยของค่าคะแนน RULA และ EMG

#### 1.4.3 การควบคุมในการวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ผลจะใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลของกลุ่มอาสาสมัครทั้งก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงสถานีงานที่มีค่าของตัวแปรใกล้เคียงกัน

## 2. วิจารณ์ผลการวิจัย

### 2.1 ค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI)

ค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) หลังการปรับปรุงมีค่าลดลงถึง 56.2% ซึ่งสัมพันธ์กับระดับความรับผิดชอบในการทำงานและความยากง่ายของงานเมื่อมีการปรับปรุงสถานงาน โดยเฉพาะเมื่อเปลี่ยนวิธีการให้มีการพิมพ์หมายเลขใส่แบบอัตโนมัติแทนการเขียนด้วยมือ เนื่องจากหมายเลขของแบบทราชมียผลต่อความถูกต้องด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ถ้าผิดพลาดจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการต่อไป เมื่อเปลี่ยนเป็นระบบอัตโนมัติแทนการให้พนักงานเขียน จึงส่งผลให้ค่า AI ลดลง และในขั้นตอนดังกล่าวพนักงานสามารถใช้เวลาในการตรวจสอบคุณภาพของงานได้มากขึ้นด้วย

### 2.2 ผลการปรับปรุงท่าทางการทำงานและการออกแบบสถานงาน

จากการวิเคราะห์ท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค RULA ก่อนปรับปรุงสถานงาน ค่าคะแนน ท่าทางการทำงาน (RULA) มีค่าเท่ากับ 7 หลังการปรับปรุงสถานงานค่าคะแนน ท่าทางการทำงาน (RULA) ลดลงเท่ากับ 3 หรือลดลง 57.1% ซึ่งอุปสรรคในการปรับปรุงสถานงานคือ ข้อจำกัดของเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่ ขนาดความกว้าง ความสูงของหีบหล่อ ที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ด้านคุณภาพ

### 2.3 ผลการวัดค่าไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน

ผลการวัดค่าไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลัง หลังการปรับปรุงทั้ง 4 จุด มีค่าไม่เกิน 35% ของค่าไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด MVE ซึ่งพบว่ากล้ามเนื้อ Erector Spinae ด้านซ้ายมีค่าลดลงจาก 41.39 เป็น 24.12 เนื่องจากการปรับปรุงสถานงานทำให้ภาระของกล้ามเนื้อหลังลดลง ส่วนกล้ามเนื้อหลังอีก 3 จุดคือ Infraspinatus ด้านซ้ายและขวาและ Erector Spinae ด้านขวา มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากการแบ่งรับแรงจากกล้ามเนื้อหลัง โดยการใช้ที่พักมือรับน้ำหนักขณะก้มวางใส่แบบและ Filter ซึ่งสามารถพิจารณาแรงกดของกล้ามเนื้อหลังได้ดังนี้

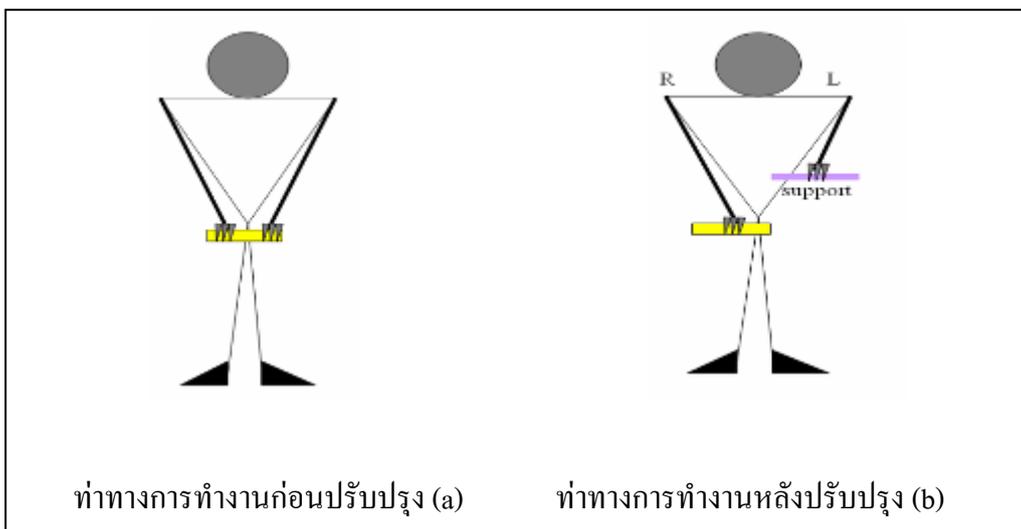
กำหนดให้

$W_0$	=	แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากมวลของชิ้นงาน (นิวตัน)
$W_H$	=	แรงเนื่องจากน้ำหนักของมือ
$W_{LA}$	=	แรงอันเนื่องมาจากมือของแขนส่วนล่าง
$W_{UA}$	=	แรงอันเนื่องมาจากแขนส่วนบน
$W_T$	=	แรงอันเนื่องมาจากมวลของลำตัว
$F_V$	=	ผลรวมของแรงในแนวตั้งที่กระทำต่อหมอนรองกระดูก L5/S1
$F_c$	=	ผลรวมของแรงอัดและแรงเฉือน
$F_{vc}$	=	แรงอัดที่กระทำต่อหมอนรองกระดูก L5/S1
$M_t$	=	โมเมนต์รับที่ L5/S1 เพื่อรักษาสมดุลสถิตย์

ภาพที่ 37 แสดงให้เห็นว่าสถานีงานเดิม มือสองข้างจับชิ้นงานในลักษณะสมดุลทั้งด้านซ้ายและด้านขวา แสดงว่ามีการกระจายของมวลที่เท่ากัน ส่วนสถานีงานใหม่มือสองข้างจับชิ้นงานในลักษณะไม่สมดุล แสดงว่ามีการแบ่งการกระจายของแรง ตามสมการที่ (10), (11)

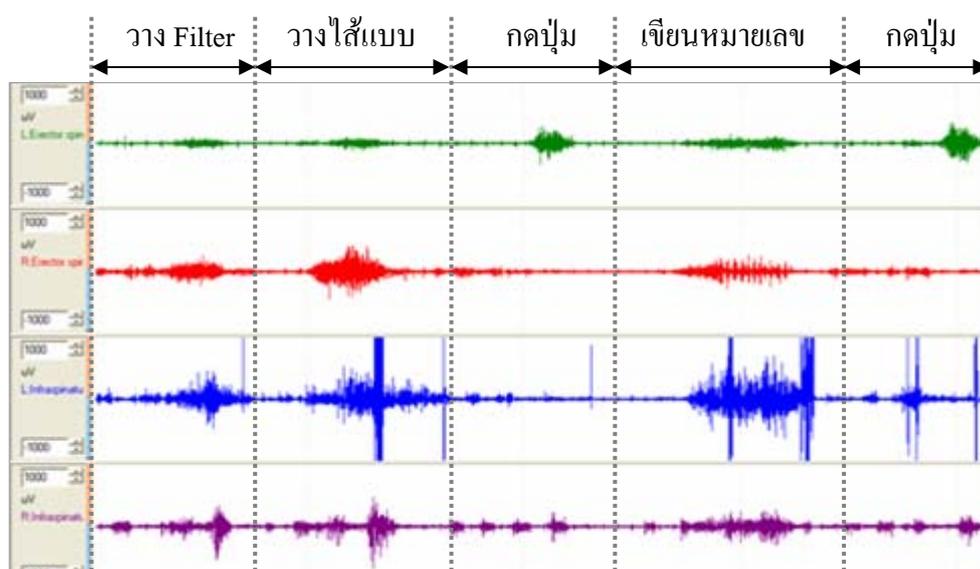
$$FV = W_0 + W_H + W_{LA} + W_{UA} + W_T \quad (10)$$

$$F_c = F_{vc} + M_t \quad (11)$$

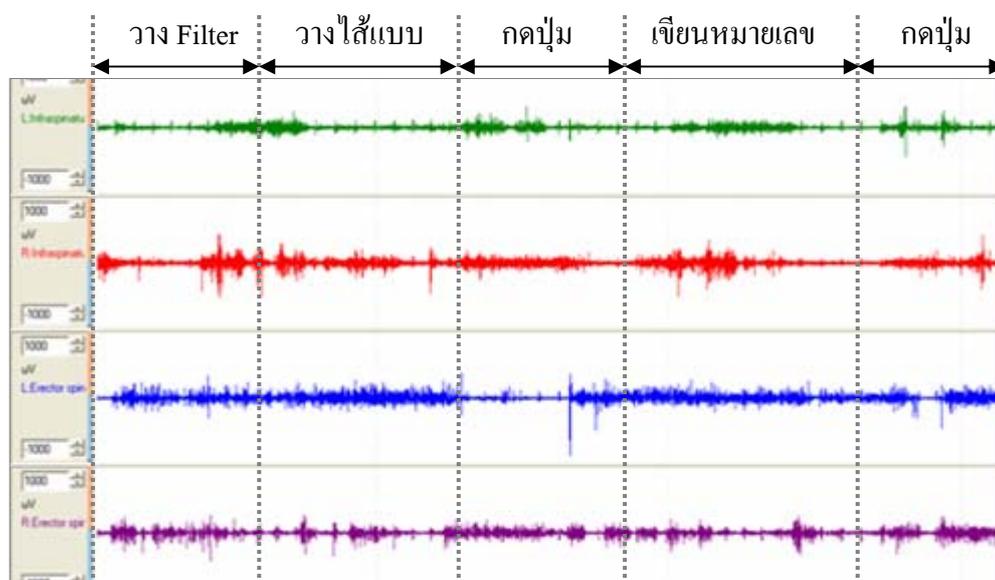


ภาพที่ 37 เปรียบเทียบท่าทางการทำงานก่อนปรับปรุง (a) และหลังปรับปรุง (b)

ซึ่งสามารถเปรียบเทียบค่าคลื่น ไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลังที่มีการเปลี่ยนแปลงจากรอบการทำงาน 1 รอบ ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง ดังภาพที่ 38, 39



ภาพที่ 38 ค่าไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลัง (EMG) ขณะทำงาน 1 รอบก่อนการปรับปรุงสถานีงาน



ภาพที่ 39 ค่าไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลัง (EMG) ขณะทำงาน 1 รอบหลังปรับปรุงสถานีงาน

อย่างไรก็ตามแม้ว่าค่า EMG หลังการปรับปรุงจะมีค่าไม่เกิน 35% ของ MVE แต่ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าลักษณะงานดังกล่าว เป็นงานหนักหรืองานเบาเพราะค่านี้เป็นค่าที่เหมาะสมกับบุคคลในยุโรป ดังนั้นจึงต้องศึกษาและวิจัยต่อไปเกี่ยวกับมาตรฐานสำหรับคนไทย

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดอาการปวดหลังส่วนล่างของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทราย โดยได้ทำการสำรวจปัญหา ในการปฏิบัติงานของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทรายในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ตัวอย่าง จากข้อมูลในการสำรวจเบื้องต้น โดยใช้แบบสำรวจสุขภาพของ กิตติ อินทรานนท์ (กิตติ, 2548) กับพนักงาน จำนวน 120 คน สรุปได้ว่ามีพนักงาน 96 คน หรือร้อยละ 80 ของพนักงานทั้งหมดมีอาการปวดจากการทำงาน ถ้าพิจารณาเฉพาะผู้ที่ปวดพบว่า มี 91 คน หรือร้อยละ 94.8 ปวดหลังส่วนล่าง 35 คน หรือร้อยละ 36.5 ปวดไหล่ 29 คนหรือร้อยละ 30.2 ปวดข้อมือ แผนกที่มีพนักงานปวดมากที่สุดคือ แผนกขึ้นรูปแบบทราย (งานตรวจสอบแบบทราย) จำนวน 13 คน จาก 16 คน คิดเป็นร้อยละ 81.2 และในแผนกนี้มีค่าดัชนีความไม่ปกติ (Abnormality Index; AI) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแผนกอื่นๆ คือ มีค่าเฉลี่ย  $3.89 (\pm 0.14)$  ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะทำการศึกษาในขั้นทดลองปรับปรุงสถานีนงานของแผนกขึ้นรูปแบบทราย (งานตรวจสอบแบบทราย) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระดับอาการปวดหลังส่วนล่างอันเนื่องมาจากการทำงาน โดยการปรับปรุงสถานีนงาน และเปรียบเทียบค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) การวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน เทคนิค RULA และการวัดค่าสัญญาณคลื่นไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG) ก่อนและหลังการปรับปรุงสถานีน ซึ่งผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังนี้

1. จากการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสัมภาษณ์เพื่อหาค่าดัชนีความไม่ปกติ(AI) ของพนักงานทั้ง 5 แผนก พบว่า พนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทรายมีค่าดัชนีความไม่ปกติสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแผนกอื่นๆ คือ มีค่าเฉลี่ย  $3.89 (\pm 0.14)$  และในแผนกนี้มีพนักงานปวดมากที่สุดคือ 13 คน จาก 16 คน คิดเป็นร้อยละ 81.2 การศึกษานี้มีอาสาสมัครเป็นพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทรายจำนวน 6 คนที่มีอายุ น้ำหนัก ความสูงและอายุการทำงานเฉลี่ย  $28.3 (\pm 3.61)$  ปี,  $62 (\pm 4.19)$  กก.,  $169.6 (\pm 3.77)$  ซม. และ  $5.6 (\pm 3.55)$  ปี ตามลำดับ หลังจากนั้นได้กำหนดวิธีการแก้ไขโดยการปรับปรุงสถานีนงานใหม่ให้มีที่พักมือเพื่อแบ่งรับภาระจากกล้ามเนื้อหลังในขณะที่ม้วนวงใส่แบบและจัดให้มีการพิมพ์หมายเลขด้วยระบบอัตโนมัติที่แบบทรายแทนการเขียนด้วยมือ จากนั้นให้พนักงานปฏิบัติในสถานีนงานที่ได้ปรับปรุงใหม่เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ค่าดัชนีความผิดปกติลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยลดลงเป็น  $1.70 (\pm 0.23)$  หรือลดลง 56.2%

2. จากการศึกษาประเมินค่าคะแนนท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค RULA ได้ค่าเท่ากับ 7.0 ( $\pm 0$ ) ซึ่งอยู่ในระดับที่ต้องมีการศึกษาเพื่อปรับปรุงการทำงานทันที หลังการปรับปรุงสถานงานใหม่ โดยมีที่พักมือเพื่อแบ่งรับภาระจากหลัง การย้ายปุ่มควบคุม และให้มีการเขียนหมายเลขใต้แบบอัตโนมัติแทนการเขียนด้วยมือ คะแนน RULA ลดลงเป็น 3.0 ( $\pm 0$ ) หรือลดลง 57.1%

3. ผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้า (EMG) ของกล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน 4 จุดได้แก่ Infraspinaeus ด้านซ้ายและขวา กล้ามเนื้อ Erector spinae ด้านซ้ายและขวา มีค่า 22.29, 19.6, 41.39 และ 16.25% ของค่าสัญญาณไฟฟ้าสูงสุด (MVE) ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าสัญญาณไฟฟ้า (EMG) ในตำแหน่ง Erector spinae ด้านซ้ายมีค่าเกิน 35% ของค่าสัญญาณไฟฟ้าสูงสุด (MVE) ซึ่งถ้าปฏิบัติงานในระยะยาวอาจเป็นอันตรายได้ และหลังการปรับปรุงสถานงานค่าสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังขณะทำงานทั้ง 4 จุดมีค่า 25.79, 21.83, 24.12 และ 17.23% ซึ่งไม่เกิน 35% ของค่าสัญญาณไฟฟ้าสูงสุด MVE

4. การประเมินผลด้านการเพิ่มผลผลิต โดยผู้วิจัยได้ทำการจับเวลาที่พนักงานใช้ในการปฏิบัติงานทั้งการปฏิบัติงานกับสถานงานก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 6 คน เพื่อศึกษาผลกระทบด้านเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน พบว่าหลังการปรับปรุงสถานงานทำให้ค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการปฏิบัติงาน 1 รอบลดลงจาก 36.1 วินาที เป็น 30.7 วินาที หรือลดลง 14.9%

5. การปรับปรุงสถานงานโดย การย้ายปุ่มกดให้ใกล้กับผู้ทำงานมากขึ้น การจัดทำที่พักมือขณะก้มวางใต้แบบ และ Filter การพิมพ์หมายเลขบนแบบทรายโดยใช้ระบบอัตโนมัติแทนการเขียนด้วยมือ ทำให้พนักงานมีท่าทางในการทำงานที่เสี่ยงต่อการปวดหลังส่วนล่างลดลง

ซึ่งหมายถึงภาระการทำงานของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทรายลดลงเมื่อทำงานในสถานงานที่ปรับปรุงใหม่

### ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการสำรวจสภาพปัญหาของพนักงานแผนกขึ้นรูปแบบทราย ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ตัวอย่าง โดยทำการทดลองปรับปรุงสถานีงานกระบวนการขึ้นรูปแบบทราย โดยอาศัยการออกแบบตามหลักการยศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจจะศึกษา วิจัยด้านนี้ดังนี้

1. ควรจัดให้มีการให้ความรู้เพื่อสอนวิธีการทำงานในท่าทางที่เหมาะสมกับสถานีงานที่ได้รับการปรับปรุงใหม่และกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานให้พนักงานปฏิบัติตามอย่างต่อเนื่อง
2. จากผลการปรับปรุงท่าทางทางการทำงานพบว่า ค่าคะแนนท่าทางการทำงานอยู่ในระดับที่ 3 ซึ่งแสดงว่าการทำงานควรให้ความสนใจ และอาจต้องมีการปรับปรุงการทำงานบางอย่าง ไรก็ตามควรศึกษาเพิ่มเติมถึงลักษณะของเครื่องจักร เพื่อหาวิธีการที่จะปรับปรุงและลดความเสี่ยงให้น้อยที่สุด
3. ควรมีการปรับปรุงสถานีงานและขั้นตอนการทำงานของพนักงานในหน่วยงานอื่นๆ ด้วย โดยเฉพาะแผนกตรวจสอบชิ้นงานที่มีค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) สูงเป็นระดับที่ 2 รองจากแผนกขึ้นรูปแบบทราย

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กิตติ อินทรานนท์. 2548. **การยศาสตร์**. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2546. **การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ**. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.
- จรัณ ภาสุระ. 2540. **เออร์กอนอมิกส์ ศาสตร์เพื่อปรับสภาพแวดล้อมในการทำงานประจำวัน**. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.
- ชมภูศักดิ์ พูลเกษ. 2534. **การฝึกปฏิบัติการจัดสภาพการทำงาน: การฝึกปฏิบัติงานอาชีพอนามัย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์สุโขทัยธรรมมาธิราช, กรุงเทพฯ.
- ชูศักดิ์ เวชแพศย์. 2523. **อิเล็กทรอนิกส์ไอกรافی**. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.
- นิธิดา จิรโชคนุเคราะห์. 2550. **การศึกษาและเปรียบเทียบภาวะปวดหลังบริเวณกระเบนเหน็บของพนักงานที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- นริศ เจริญพร. 2535. **การออกแบบสถานีทำงานจักรเย็บอุตสาหกรรม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- \_\_\_\_\_. 2547. **การประเมิน Rapid Upper Limb Assessment (RULA) และการประยุกต์ใช้**. แหล่งที่มา: [www.est.or.th/document/RULASafetyWeek1.pdf](http://www.est.or.th/document/RULASafetyWeek1.pdf), 22 ตุลาคม 2548.
- ยุทธชัย บันเทิงจิตร. 2536. **เออร์กอนอมิกส์และการตรวจที่เกี่ยวข้อง**. โรงพิมพ์โรงพยาบาลบ้านแพ้วและสมาคมแพทย์อาชีพเวชศาสตร์และสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- วิฑูรย์ สิมะโชคดี และ กฤษฎา ชัยกุล. 2537. **เออร์กอนอมิกส์ วิทยาการจัดสภาพงานเพื่อการเพิ่มผลผลิตและความปลอดภัย**. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

วิรุพห์ เหล่าพัทรเกษม. 2523. โรคปวดหลัง. วารสารศูนย์แพทยศาสตร์. 10 (10): 2523.

สำนักกองทุนเงินทดแทน. 2549. สถิติการเกิดอุบัติเหตุ 2549. สำนักงานประกันสังคม  
กระทรวงแรงงาน, กรุงเทพฯ.

สถิธร เทพตระการพร. 2542. สถานการณ์โรคปวดหลังจากการทำงาน. สถานการณ์ด้านอนามัย  
สิ่งแวดล้อม 3 (4): 1-7.

สถิธร เทพตระการพร. 2546. เอกสารการอบรมการยศาสตร์. บริษัท ริชเทค บิซิเนส จำกัด,  
กรุงเทพฯ.

สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน กระทรวงมหาดไทย. 2544. การยศาสตร์ในสถานที่ทำงาน.  
กรมแรงงาน, กรุงเทพฯ.

สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. 2536. เอกสารการสอนชุดวิชาเออร์گونอมิกส์และจิตวิทยา  
ในการทำงาน หน่วยที่ 1-7. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช,  
กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2539. เอกสารการสอนชุดวิชาเออร์گونอมิกส์และจิตวิทยาในการทำงาน หน่วยที่ 8-15.  
พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, กรุงเทพฯ.

สำนักวิชาการแพทยศาสตร์. ม.ป.ป. รายวิชาหลักสูตรศาสตร์อุตสาหกรรม. แหล่งที่มา:  
<http://www.sut.ac.th/e-texts/Medicine/website/download.htm>, 23 ตุลาคม 2550.

สุทธิ ศรีบูรพา. 2549. เออร์گونอมิกส์: มนุษย์ปัจจัย. บริษัท ส. เสริมมิตรการพิมพ์ จำกัด,  
กรุงเทพฯ.

อำนาจ เสตสุวรรณ. 2536. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการทำงานกับภาวะกล้ามเนื้อหลังที่วัดด้วย  
คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ : กรณีศึกษาของสายการประกอบรถบรรทุกขนาดเล็ก 1 คัน.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Chaffin, D.B. 1973. Localized Muscle Fatigue-Definition and Measurement. **Occupational Medicine.** 15: 346-154.

\_\_\_\_\_ and G.B.J. Anderson. 1984. **Occupational Biomechanics.** 2<sup>nd</sup> ed. Jhon Wiley., New York.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. 1991. **Occupational Biomechanics.** 2<sup>nd</sup> ed. Jhon Wiley and Sons., New York.

Ergoweb. 2002. **Ergonomics Concepts.** Available Source: <http://www.ergoweb.com/Resouces/faq/concepts.cfm>, September 16, 2007.

Grandjene, E. 1988. **Fitting the task to the Man.** 4<sup>th</sup> ed. Taylor and Francis Ltd., London.

NIOSH. 1997. **Gathering & examining evidence of WMSD's.** Available Source: <http://www.cdc.gov/niosh/epstep4.html>, September 5, 2007.

Paeker, K.G. and H.R. Imbus. 1986. **Cumulative Trauma Disorders.** Lewis Publishers, Florida.

McAtamney, L. and E.N. Corlett. 1993. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. **Applied Ergonomic.** (24): 91-99.

Konz , S.A. 1990. Work Design. **Industrial Ergonomics.** 3<sup>rd</sup> ed. Publishing Horizon Inc., Arizona.

Sander, M.S. and E.J. McCormick. 1993. **Human Factors in Engineering and Design.** 7<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill International.

**ภาคผนวก**

**ภาคผนวก ก**

ตัวอย่างแบบสำรวจสภาพและแบบสัมภาษณ์พนักงาน

## แบบสำรวจสุขภาพพนักงาน

๑๘

ชื่อ-สกุล หญิง นริศรัตน์ วงศ์ศิริ รหัสพนักงาน S-162๗ ลักษณะงานที่ทำ Molding  
 หน่วยงาน MOLDING แผนก MOLDING โรงงาน CIT  
 อายุ ๒๒ ปี ได้มาทำงานในหน่วยงานนี้เป็นเวลา 4 ปี/เดือน

1. ท่านเคยมีความเจ็บปวดบริเวณส่วนหลัง ส่วนแขน ส่วน

ข้อมือ ส่วนมือ หรือขา จากการปฏิบัติงานบ้างหรือไม่

เคย  ไม่เคย

1.1 ถ้าท่านตอบว่า ไม่เคย ให้ส่งคืนแบบสอบถามนี้ทันที

โดยไม่ต้องตอบข้ออื่นๆ

1.2 ถ้าท่านตอบว่า เคย ให้ตอบคำถามต่อไปนี้ทุกข้อ

1.4 วงกลมบริเวณที่ท่านมีความปวดเมื่อย หรือเจ็บปวด

บนรูปภาพต่อไปนี้

ระบุรายละเอียดที่ท่านปวด ข้อมือ (วงกลม Mold Check)



2. ความเจ็บปวดที่ท่านรู้สึกในข้อ 1 นั้น ท่านเจ็บมาก

ในการปฏิบัติงานช่วงเวลาใด

เช้า (8.00-10.00 น.)  บ่าย (13.00-15.00 น.)

สาย (10.00-12.00 น.)  เย็น (15.00-17.00 น.)

3. ระดับความเจ็บปวดที่ท่านได้รับรู้สึก (จากข้อ 1)

เล็กน้อย  เจ็บปวดมาก

พอทนได้ (ต้องพบแพทย์/พยาบาล)

4. ขณะที่ท่านกำลังตอบแบบสอบถามอยู่ ความเจ็บปวดดังกล่าว

หายไปหมดแล้วหลังมีการหยุดพัก

ยังคงมีอยู่

5. ท่านรู้สึกเจ็บปวด

เมื่อ 1 สัปดาห์ที่แล้ว

เมื่อ 1 เดือนที่แล้ว

เมื่อ 6 เดือนที่แล้ว

มากกว่า 1 ปีมาแล้ว

6. ท่านรักษาความเจ็บปวดของท่านอย่างไร

ไม่ทำอะไรเลย

การนวดด้วยยา และครีม

ไปพบแพทย์เพื่อรักษา

7. การรักษาของท่าน

หายขาด

ไม่ดีขึ้นเลย

เป็นๆ หายๆ

8. อาการเจ็บปวดของท่านเกิดขึ้นขณะที่ท่านทำงาน

ในด้านท่าลักษณะใด

นั่งทำงาน

ยืนทำงาน

ทั้งนั่ง และยืนทำงาน

9. ท่านเล่นกีฬา หรือออกกำลังกายประเภทใดบ้างหรือไม่

เล่น

ระบุประเภทกีฬา .....

ไม่เล่น

10. ปกติท่านนอนหลับพักผ่อนที่บ้านในห้องปรับอากาศหรือไม่

ใช่

ไม่ใช่

## แบบสัมภาษณ์พนักงาน (ก่อนปฏิบัติงาน)

(2)

ชื่อ-สกุล ฉลิษฐ์ วัฒนศิริ รหัสพนักงาน 9-1627 อายุ 29 ปี เพศ  ชาย  หญิง  
 หน่วยงาน Molding แผนก ชิ้นรูป 6 เมตร ทราย โรงงาน Casting  
 ความสูง 167 เซนติเมตร น้ำหนักตัว 59 กิโลกรัม ได้มาทำงานในหน่วยงานนี้เป็นเวลา 4 ปี/เดือน  
 ระดับการศึกษาสูงสุด  ประถมปีที่       มัธยมศึกษาปีที่ 6  ปวช.  ปวศ. ปริญญาตรี  
 มีครอบครัวแล้วหรือยัง  มีแล้ว  ยังไม่มี ถ้ามีครอบครัวแล้วมีบุตร      คน  
 ลักษณะครอบครัว  แยกกันอยู่  หย่าขาดจากกัน  ยังอยู่ด้วยกันเป็นปกติ  
 คู่สมรส  ทำงานที่เดียวกัน  แยกที่ทำงานกัน  ทำงานที่บ้านเป็นแม่บ้าน

### 1. ความล้าโดยทั่วไป (General Fatigue) จากการทำงาน

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

ระดับสบายมาก

สุดแสนจะทรมาณ

### 2. ความเสี่ยงต่อการเจ็บปวด บาดเจ็บ จากการทำงาน

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

ไม่เสี่ยงเลย

มีความเสี่ยงสูงมาก

### 3. ระดับความสนใจต่องานที่ทำ

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

ไม่ทำสนใจเลย

ทำสนใจมากที่สุด

### 4. ความซับซ้อนของลักษณะงาน

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

ไม่ซับซ้อนเลย

ซับซ้อนจนเวียนหัว

### 5. ความยากง่ายของการทำงาน

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

ง่ายมากที่สุด

ยากมากที่สุด

### 6. จังหวะของการทำงาน

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

ไม่มีปัญหา

มีปัญหาหนัก

### 7. ความรับผิดชอบในการทำงาน

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

ไม่ต้องรับผิดชอบ

ต้องรับผิดชอบสูง

### 8. ความอิสระในการทำงาน

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

ต้องทำตามคำสั่งเท่านั้น

จะทำงานอย่างไรก็ได้

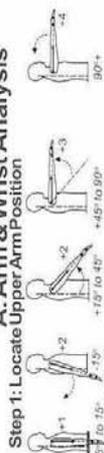
**ภาคผนวก ข**

ตัวอย่างแบบฟอร์มและค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA)

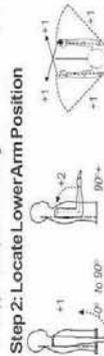
# RULA Employee Assessment Worksheet

Complete this worksheet following the step-by-step procedure below. Keep a copy in the employee's personnel folder for future reference.

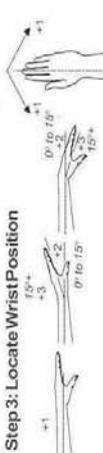
## A. Arm & Wrist Analysis



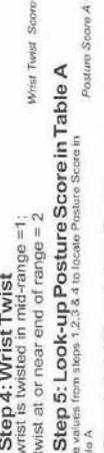
Final Upper Arm Score = **4**



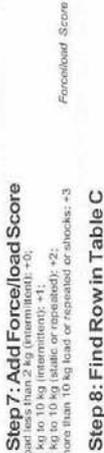
Final Lower Arm Score = **2**



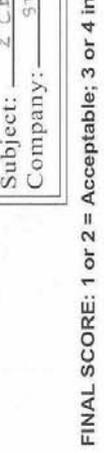
Final Wrist Score = **2**



Final Wrist Twist Score = **1**



Posture Score A = **4**



Muscle Use Score = **2**



Force/load Score = **0**



Final Wrist & Arm Score = **6**

## SCORES

Table A

	Wrist			
	1	2	3	4
Upper Arm	1	2	3	4
Lower Arm	1	2	3	4
Wrist	1	2	3	4
Wrist Twist	1	2	3	4
Posture Score A	1	2	3	4
Muscle Use Score	1	2	3	4
Force/load Score	1	2	3	4
Final Wrist & Arm Score	1	2	3	4

Table B

	Trunk Posture Score					
	1	2	3	4	5	6
Neck	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2

Table C

	Final Score						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	6	7
2	2	3	4	5	6	7	8
3	3	4	5	6	7	8	9
4	4	5	6	7	8	9	10
5	5	6	7	8	9	10	11
6	6	7	8	9	10	11	12
7	7	8	9	10	11	12	13
8	8	9	10	11	12	13	14
9	9	10	11	12	13	14	15
10	10	11	12	13	14	15	16

**Final Score** **7**



Final Neck Score = **4**



Final Trunk Score = **4**



Final Leg Score = **1**

Table B

	Trunk Posture Score					
	1	2	3	4	5	6
Neck	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2
Legs	1	2	1	2	1	2

Posture B Score = **7**

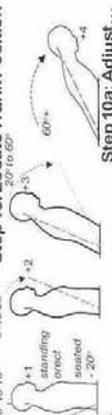
Muscle Use Score = **1**

Force/load Score = **0**

Final Neck, Trunk & Leg Score = **8**



Final Neck, Trunk & Leg Score = **8**



Muscle Use Score = **1**



Force/load Score = **0**

Final Neck, Trunk & Leg Score = **8**

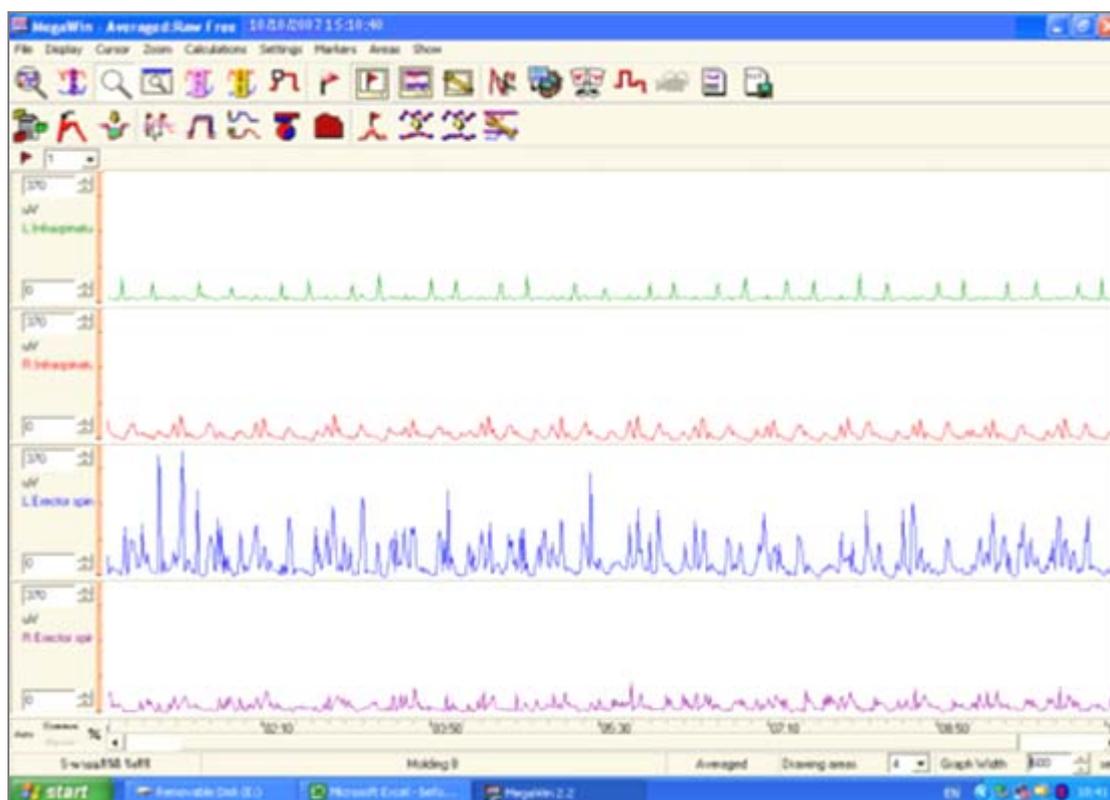
Final Score = **7**

Subject: 2 (before) Date: 2/10/07  
 Company: STH Department: Molding (Mold Check) Scorer: 7

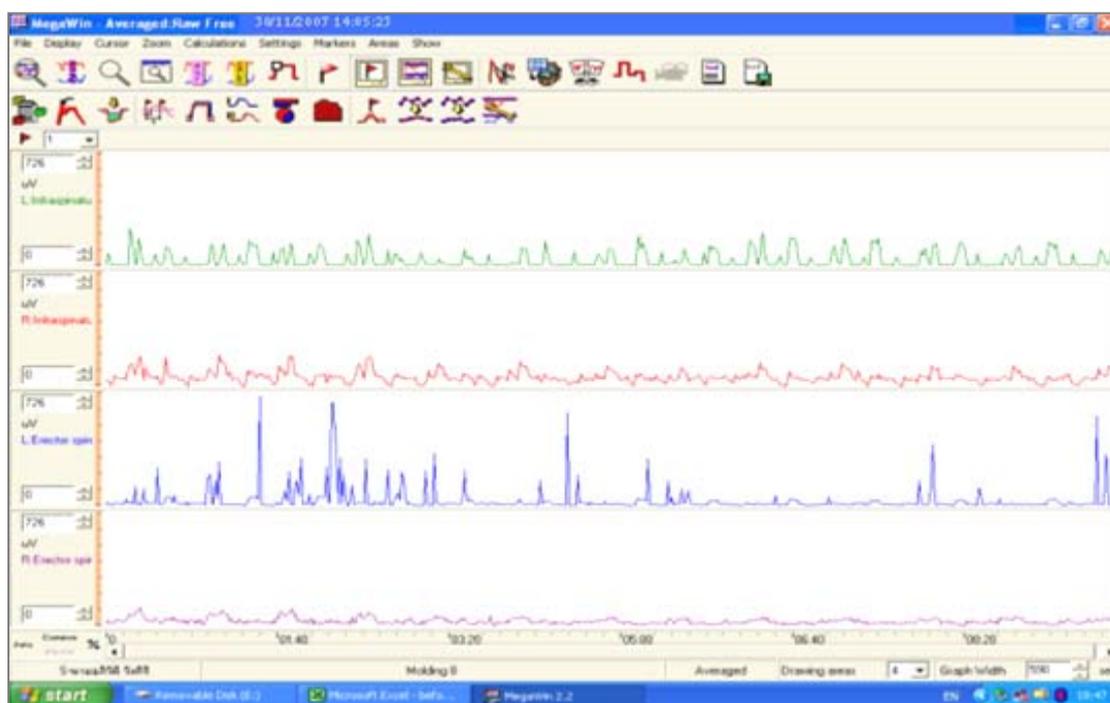
FINAL SCORE: 1 or 2 = Acceptable; 3 or 4 investigate further; 5 or 6 investigate further and change soon; 7 investigate and change immediately

**ภาคผนวก ค**

ตัวอย่างผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังในขณะที่ทำงานก่อนและหลังปรับปรุงสถานีนงาน

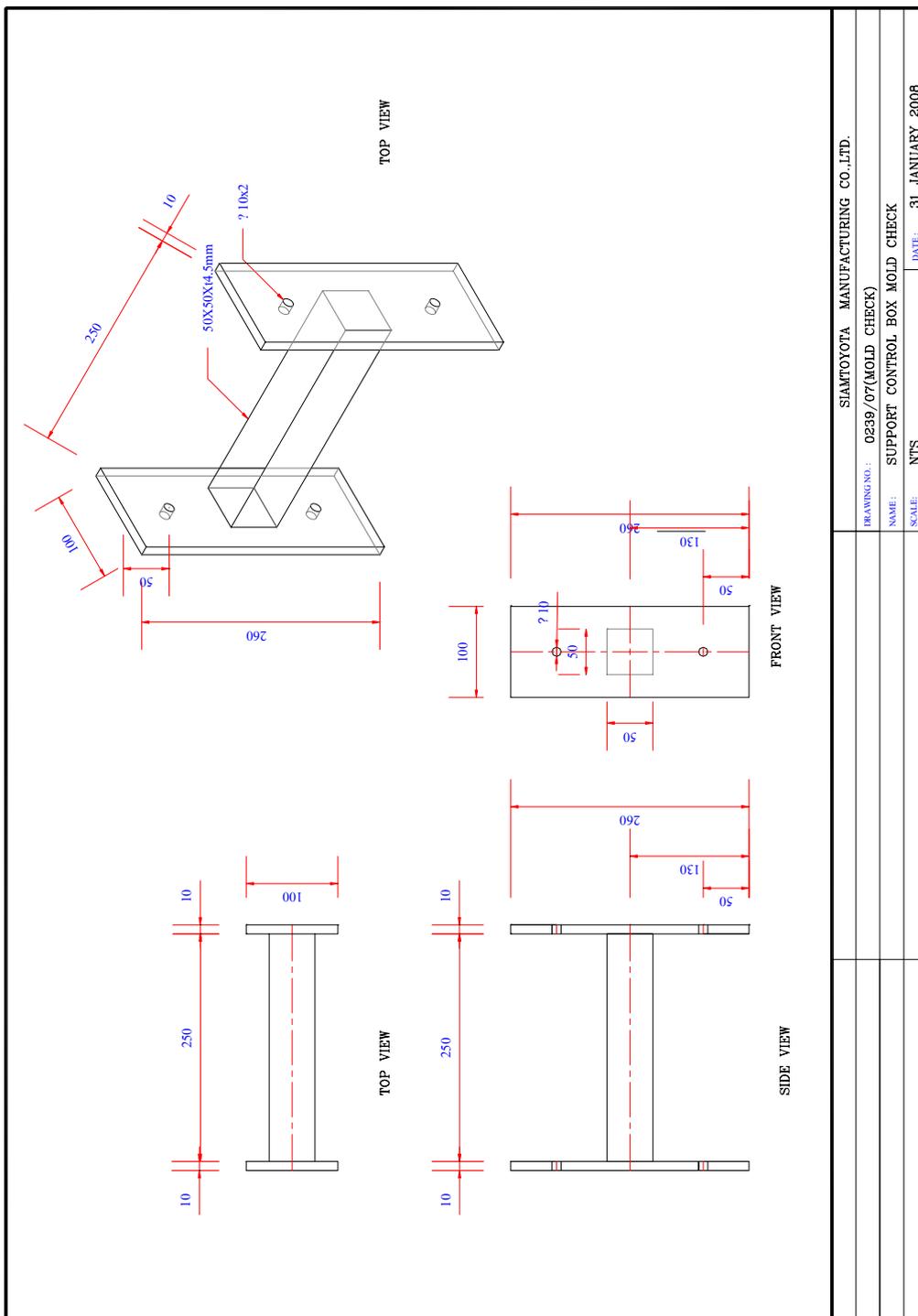


ภาพผนวกที่ ค1 ค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อบริเวณหลังขณะทำงานทั้ง 4 จุดก่อนการปรับปรุง

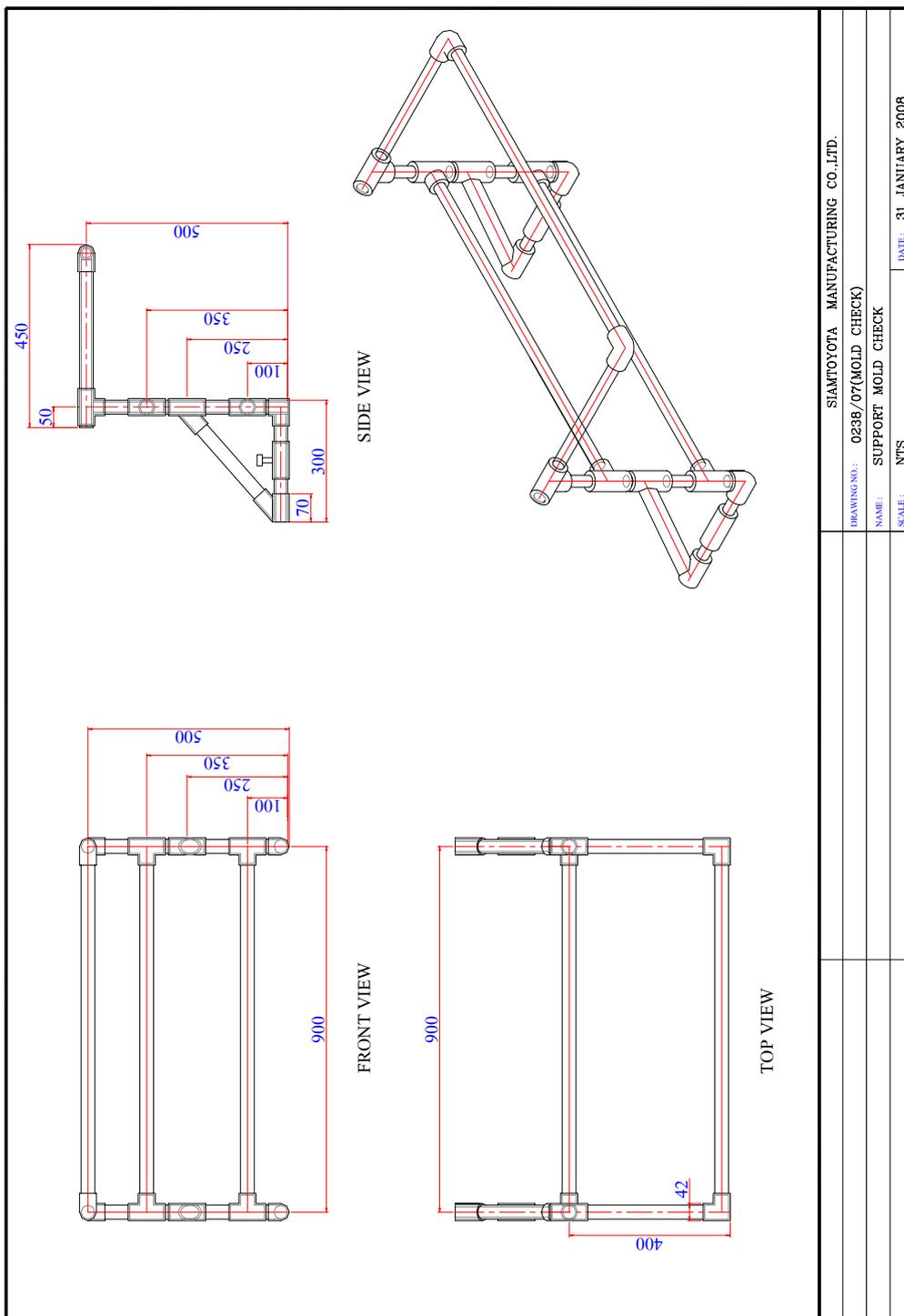


ภาพผนวกที่ ค2 ค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อบริเวณหลังขณะทำงานทั้ง 4 จุดหลังการปรับปรุง

ภาคผนวก ง  
แบบของการปรับปรุงสถานีนงาน



ภาพผนวกที่ ๑1 แบบของปุ่มควบคุมที่ทำการปรับปรุงสถานีงาน



ภาพผนวกที่ ง2 แบบของที่พักมือที่ทำการปรับปรุงสถานการณ์งาน

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวณัฐริยา เป้าทอง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 23 พฤษภาคม 2519
สถานที่เกิด	6/1 หมู่ 9 ต. คุณ อ. กันทรารมย์ จ. ศรีสะเกษ
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาอาชีวอนามัยและ ความปลอดภัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงาน
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท สยามโตโยต้า อุตสาหกรรม จำกัด นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร อ. พานทอง จ. ชลบุรี