



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การลดอาการปวดหลังส่วนล่างของพนักงานสาวผ้า : กรณีศึกษาโรงงานย้อมผ้าถักตัวอย่าง
โดย นางสาวนิธิดา จิรโชคนุเคราะห์

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตยวงศ์)

21 พฤษภาคม 2550

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุษชัย บรรเทึงจิตร)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ์ พฤษชาติ)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ชัยพร วงศ์พิศาล)

การลดอาการปวดหลังส่วนล่างของพนักงานสาวผ้า : กรณีศึกษาโรงงานย้อมผ้าถักตัวอย่าง

นางสาวนิธิตา จิรโชคนุเคราะห์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นางสาวนิธิตา จิรโชคนุเคราะห์
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การลดอาการปวดหลังส่วนล่างของพนักงานสาวผ้า : กรณีศึกษา
โรงงานย้อมผ้าถักตัวอย่าง
สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทึงจิตร
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อลดระดับอาการปวดหลังอันเนื่องมาจากการทำงานของพนักงานในโรงงานย้อมผ้าถักตัวอย่าง จากการใช้แบบสอบถามและสัมภาษณ์พนักงานในแผนกต่างๆ สรุปได้ว่าพนักงานที่มีอาการปวดหลังส่วนใหญ่มากจากแผนกโกดังผ้าดิบ และมีค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยงานอื่นๆ คือมีค่าเฉลี่ย 3.4 ซึ่งหมายถึงจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข จากนั้นสุ่มตัวอย่างพนักงานในแผนกโกดังผ้าดิบ 5 คน มาทำการวิเคราะห์ 3 ตัวแปร คือ RULA, EMG และแรงกดที่หมอนรองกระดูก L5/S1 ในขณะทำงานปกติ คือยกม้วนผ้าหนัก 40 กก. คำนวณค่า RULA ได้ค่าเฉลี่ย 7 การวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) ได้ค่าเฉลี่ยของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างด้านซ้ายและขวาคือ 91.4 และ 90.4 μV . ตามลำดับ คิดเป็น 68.8% และ 59.1% ของสัญญาณไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อ ตามลำดับ จากการคำนวณค่าแรงกดที่หมอนรองกระดูก L5/S1 ได้ค่าสูงสุดเท่ากับ 6,025.5 N. ซึ่งเกินขีดจำกัดของความปลอดภัย มีสาเหตุมาจากท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมจำเป็นต้องปรับปรุงการทำงานโดยใช้โต๊ะปรับระดับทำการทดลอง 2 วิธี คือ (1) ให้อาสาสมัครดึงม้วนผ้าออกจากพาลเลตแทนการก้มยก (2) ให้อาสาสมัครดึงม้วนผ้าออกจากพาลเลตและใช้แผ่นพลาสติกรองระหว่างม้วนผ้า ผลการทดลองวิธีแรกได้สัญญาณ EMG ที่กล้ามเนื้อทั้งสองเฉลี่ยคือ 77.0 และ 75.0 μV . ตามลำดับ คิดเป็น 58.2% และ 49.1% ตามลำดับ คำนวณค่า RULA ได้ค่าเฉลี่ย 6 ค่าแรงกดที่หมอนรองกระดูก L5/S1 มากที่สุดเท่ากับ 5,835.9 N. ผลการทดลองวิธีหลังได้สัญญาณ EMG ที่กล้ามเนื้อทั้งสองเฉลี่ย คือ 47.4 และ 41.2 μV . ตามลำดับ คิดเป็น 34.9% และ 27.8% ตามลำดับ คำนวณค่า RULA ได้ค่าเฉลี่ย 6 ค่าแรงกดที่หมอนรองกระดูก L5/S1 มากที่สุดเท่ากับ 3,748.8 N. จากข้อมูลดังกล่าวสรุปได้ว่า การเปลี่ยนท่าทางการทำงานใหม่และนำแผ่นพลาสติกมารองระหว่างม้วนผ้าทำให้ทุกปัจจัยที่พิจารณามีค่าลดลง

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 131 หน้า)

คำสำคัญ : สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG), หมอนรองกระดูก L5/S1, RULA

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Name : Miss Nitida Jirachoknukroch
Thesis Title : Low Back Pain Reduction in Row Knitting Preparation Workers :
A Case Study of a Knit Dyeing Factory
Major Field : Industrial Engineering
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
Thesis Advisor : Associate Professor Dr.Yuthachai Bunternngchit
Academic Year : 2006

Abstract

The aim of this thesis was to reduce the level of low back pain of workers in a knit dyeing factory. As the results of health survey, the workers who lift the 40 kg. of knit rolls in the Department of Raw Knitting Preparation were most average abnormality index (AI) of 3.4 indicated that the improvement to reduce the low back pain of the workers must be sought. In order to reach that point, 5 workers were randomly picked up and investigated of 3 variables: RULA, EMG and compressive force exerted at L5/S1 disc. According to the old working method, the maximum RULA score estimated was 7. The electromyography (EMG) was measured in two muscles: left and right multifidus. The average of the EMG value were 91.4 and 90.4 μV ., or 68.8% and 59.1% of the MVE, respectively. The maximum compressive force calculated was 6,025.5 N. After analyzing the data obtained from the study, the main cause of the low back pain problem was the improper working posture. To reduce the problem, the working method was changed by utilizing a lift table to keep the constant lifting height of the rolls. After changing, 2 experiments were conducted. They were pulling the rolls without and with plastic sheet. For the experiment 1, pulling the rolls without using plastic sheets. The results indicated that the RULA score was 6. The EMG signals were 77.0 and 75.0 μV or 58.2% and 49.1% of the MVE, respectively. The maximum force exerted to the L5/S1 disc was 5,835.9 N. For the experiment 2, pulling the rolls utilizing plastic sheets to reduce friction between the rolls, the RULA score was 6, the EMG signals were 47.4 and 41.2 μV or 34.9% and 27.8% of the MVE, respectively. The compressive force at L5/S1 disc was 3,748.8 N.

(Total 131 pages)

Keywords : Electromyography (EMG), L5/S1 disc, RULA

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้เนื่องด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่ง จาก
รองศาสตราจารย์ยุทธชัย บรรเทึงจิตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ท่านได้ช่วยเหลือให้คำแนะนำ
และตรวจสอบข้อบกพร่องในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลงได้ด้วยดี จึงใคร่ขอขอบพระคุณ
ท่านอาจารย์ เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่อนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ โรงงานกรณีศึกษา ซึ่งมีคุณพุ่มพงค์ สุบิน ที่กรุณา
สละเวลา ช่วยเหลือให้คำแนะนำ เอื้อเฟื้อสถานที่ รวมถึงข้อมูลที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์
จนเสร็จสิ้น และขอขอบคุณกำลังใจจากเพื่อนๆ ทุกท่าน

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ บิดา ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านการเงินและให้กำลังใจ
แก่ข้าพเจ้าเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

นิธิตา จิรโชคนุเคราะห์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	29
3.1 ประวัติความเป็นมาของโรงงานตัวอย่าง	29
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	36
3.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	37
3.4 การวิเคราะห์ผล	38
3.5 สภาพการทำงานสาวผ้า (ยกม้วนผ้าหนัก 40 กก.) ในแผนกโกดังผ้าดิบ ก่อนปรับปรุง	38
3.6 วิเคราะห์ท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค RULA	41
3.7 การหาค่า Maximum Voluntary Electromygraphy (MVE)	50
3.8 สัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG) ในขณะทำงาน	53
3.9 คำนวณหาค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1	55
3.10 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา และทำการแก้ไขโดยปรับปรุง สภาพการทำงานใหม่	66
3.11 ออกแบบท่าทางการทำงานใหม่ที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานที่ปลอดภัย	67

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	69
4.1 วิเคราะห์ท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค Rapid Upper Limb Assessment (RULA) หลังจากมีการปรับปรุงสภาพการทำงานใหม่	69
4.2 วัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ในขณะทำงานของอาสาสมัคร 5 คน หลังจากมีการปรับปรุงสภาพการทำงานใหม่	71
4.3 คำนวณหาค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 (Compressive force; F_c) หลังจากมีการปรับปรุงสภาพการทำงานใหม่	75
4.4 เปรียบเทียบค่า EMG, RULA และค่า Compressive force ที่ได้ก่อนและหลังจากมีการปรับปรุงสภาพการทำงานใหม่	81
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	87
5.1 ผลสรุปด้านคุณลักษณะโดยทั่วไปและค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการวัดผล ก่อนและหลังจากมีการปรับปรุงสภาพการทำงานใหม่ของอาสาสมัคร	87
5.2 ข้อเสนอแนะ	88
บรรณานุกรม	91
ภาคผนวก ก	95
แบบสำรวจสุขภาพพนักงาน และแบบสัมภาษณ์พนักงาน	96
ภาคผนวก ข	101
Layout ของสถานงาน	102
ภาคผนวก ค	105
แบบฟอร์มที่ใช้บันทึกค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA)	106
ภาคผนวก ง	107
ท่าทางที่ใช้ทดสอบค่ากำลังสถิติของกล้ามเนื้อ	108
ภาคผนวก จ	109
แบบฟอร์มการวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อ	110
ภาคผนวก ฉ	113
กราฟสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ของอาสาสมัครก่อนปรับปรุงสภาพการทำงาน	114
ภาคผนวก ช	117
กราฟสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ของอาสาสมัครหลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบไม่มีพลาสติก)	118

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ซ	121
กราฟสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ของอาสาสมัครหลังปรับปรุง สภาพการทำงาน (แบบไม่มีพลาสติก)	122
ภาคผนวก ฅ	125
ข้อมูลการวัดสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายของพนักงานตัวอย่าง	126
ภาคผนวก ญ	127
เครื่องมือที่ใช้ทำการวิจัย	128
ประวัติผู้วิจัย	131

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 การหาค่าคะแนน A จากการประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกายในกลุ่ม A	18
2-2 การหาค่าคะแนน B จากการประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกายในกลุ่ม B	19
3-1 แสดงค่า AI ของแต่ละแผนก	33
3-2 ผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด (MVE) ของอาสาสมัคร	52
3-3 แสดงค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อของอาสาสมัครทั้ง 5 คน	53
3-4 แสดงข้อมูลสัดส่วนของชิ้นส่วนต่างๆ ของร่างกาย	58
3-5 แรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 ก่อนปรับปรุง	65
4-1 แสดงค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ของอาสาสมัครหลังปรับปรุง (ไม่มีพลาสติก)	71
4-2 แสดงค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ของอาสาสมัครหลังปรับปรุง (มีพลาสติก)	73
4-3 แรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 หลังปรับปรุง (ไม่มีพลาสติก)	77
4-4 แรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 หลังปรับปรุง (มีพลาสติก)	79
4-5 เปรียบเทียบค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ยที่สภาพการทำงานปัจจุบัน และหลังจากการจัดสภาพการทำงานใหม่ วิธีที่ (1) ของอาสาสมัครทั้ง 5 คน	81
4-6 เปรียบเทียบค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG เฉลี่ยหลังปรับปรุงทั้ง 2 วิธี ของอาสาสมัครทั้ง 5 คน	82
4-7 เปรียบเทียบค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ยก่อนและหลังปรับปรุง ของอาสาสมัครทั้ง 5 คน	82
จ-1 แบบฟอร์มวัดค่ากำลังสถิติของกล้ามเนื้อของอาสาสมัคร	110
จ-2 ค่ากำลังสถิติของกล้ามเนื้อของอาสาสมัคร	111
ฉ-1 ข้อมูลการวัดสัดส่วนต่างๆ ของร่างกาย	126

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 แสดงโมเมนต์รอบ L5/S1 disc เมื่อยกของ 200 N ด้วยวิธี 1) ยกโดยใช้ขา 2) ยกโดยใช้หลัง 3. ยกโดยใช้ขา แต่วัตถุอยู่ห่างจากลำตัวเกินไป จะทำให้เพิ่มแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูกบน L5/S1 disc	4
2-2 แสดงแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 จะแปรผันตามวาระ load และระยะ H	8
2-3 แสดงความเข้มข้นของสารอิเล็กโทรไลต์โดยประมาณในเซลล์	10
2-4 แสดงการแลกเปลี่ยนระหว่างประจุบวกและลบผ่านเยื่อหุ้มเซลล์	10
2-5 แสดงตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดบริเวณหลัง	11
2-6 แสดงตำแหน่งที่ติดอิเล็กโทรดเพื่อทำการวัดค่า EMG	12
2-7 ภาพตัวอย่างสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (raw data)	12
2-8 ภาพตัวอย่างสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (rms)	12
2-9 แสดงระดับคะแนนในการเคลื่อนไหวของแขนส่วนบน (Upper arm)	14
2-10 แสดงระดับคะแนนในการเคลื่อนไหวของแขนส่วนล่าง (lower arm หรือ forearm)	14
2-11 แสดงระดับคะแนนในการเคลื่อนไหวของมือและข้อมือ (hand และ wrist)	15
2-12 แสดงระดับคะแนนในการเคลื่อนไหวของการบิดข้อมือ (wrist twist)	15
2-13 แสดงระดับคะแนนในการเคลื่อนไหวของศีรษะและคอ (head&neck)	16
2-14 แสดงระดับคะแนนในการเคลื่อนไหวของส่วนลำตัว (trunk)	16
2-15 แสดงระดับคะแนนในการเคลื่อนไหวส่วนขาและเท้า (leg & feet)	17
2-16 การหาค่าคะแนนรวมจากคะแนน C และ D	20
2-17 แสดงตำแหน่งแรง (Free body diagram) และทิศทางที่กระทำต่อส่วนต่างๆ ของร่างกาย	21
2-18 แสดงตำแหน่งแรง (Free body diagram) ของมือ	21
2-19 แสดงตำแหน่งแรง (Free body diagram) ของแขนส่วนล่าง (Lower arm)	22
2-20 แสดงตำแหน่งแรง (Free body diagram) ของแขนส่วนบน	23
2-21 แสดงตำแหน่งแรง (Free body diagram) ของลำตัว (Trunk)	24
2-22 แสดงทิศทางของแรงเฉือนที่กระทำต่อหมอนรองกระดูก L5/S1	26
3-1 แผนภูมิองค์กรของโรงงานย้อมผ้าถักตัวอย่าง	29
3-2 จำนวนพนักงานที่มีอาการปวดเมื่อยตามร่างกาย	30
3-3 แผนภูมิแสดงจำนวนพนักงานที่มีอาการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกาย	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-4 ตัวอย่างแบบสำรวจสุขภาพของพนักงานของอาสาสมัครคนที่ 1	31
3-5 ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์ของพนักงานของอาสาสมัครคนที่ 1	34
3-6 สถานีงานการสาวผ้า	39
3-7 ภาพด้านข้างของสถานีงาน	40
3-8 ขั้นตอนการทำงานของแผนกโกดังผ้าดิบ	40
3-9 แสดงท่าทางการทำงาน ในงานยกม้วนผ้าหนัก 40 กก.	41
3-10 แสดงการประเมินค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ของอาสาสมัครคนที่ 1 ก่อนปรับปรุง (ภาพย่อย A)	42
3-11 แสดงการประเมินค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ของอาสาสมัครคนที่ 1 ก่อนปรับปรุง (ภาพย่อย B)	43
3-12 แสดงการประเมินค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ของอาสาสมัครคนที่ 1 ก่อนปรับปรุง (ภาพย่อย C)	44
3-13 แสดงการประเมินค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ของอาสาสมัครคนที่ 1 ก่อนปรับปรุง (ภาพย่อย D)	45
3-14 แสดงตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดของพนักงาน	51
3-15 แสดงตัวอย่างการวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อหลัง	51
3-16 ตัวอย่างสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสูงสุด MVE (Raw data) ของอาสาสมัครคนที่ 1	51
3-17 ตัวอย่างสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสูงสุด MVE (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 1	52
3-18 เปอร์เซนต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน กับค่า MVE ของหลังส่วนล่างด้านซ้าย, Multifidus (L) (ก่อนการปรับปรุงสภาพการทำงาน)	54
3-19 เปอร์เซนต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน กับค่า MVE ของหลังส่วนล่างด้านขวา, Multifidus (R) (ก่อนการปรับปรุงสภาพการทำงาน)	54
3-20 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปชื่อ Scionimage วัดมุมในแต่ละท่าทาง	56
3-21 ท่าทางการทำงานที่ใช้คำนวณค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (Fc)	57
3-22 ภาพขยายของภาพที่ 3-28 ภาพย่อย before_14	58
3-23 แสดงตำแหน่งแรงของมือ	60
3-24 แสดงตำแหน่งแรงของแขนส่วนล่าง (Lower arm)	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-25 แสดงตำแหน่งแรงของแขนส่วนบน (Upper arm)	61
3-26 แสดงตำแหน่งแรง (Free body diagram) ของลำตัว (Trunk)	62
3-27 แสดงทิศทางของแรงเฉือนที่กระทำต่อหมอนรองกระดูก L5/S1	63
3-28 แสดงแสดงทิศทางแรงของม้วนผ้าที่นำมาใช้คิดค่าน้ำหนักของผ้า	64
3-29 แสดงค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (Fc)ของการยกผ้า 1 ครั้ง	66
3-30 แสดงการทดลองการจัดสภาพงานใหม่	67
3-31 แสดงภาพใช้แผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า	68
3-32 แสดงท่าทางการทำงานสภาพงานใหม่ โดยมีแผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า	68
4-1 แสดงการทดลองการจัดสภาพงานใหม่	69
4-2 แสดงการประเมินค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ของอาสาสมัครหลังปรับปรุง	70
4-3 เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน กับค่า MVE ของหลังส่วนล่างด้านซ้าย, Multifidus (L) (หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน)	72
4-4 เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน กับค่า MVE ของหลังส่วนล่างด้านขวา, Multifidus (R) (หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน)	72
4-5 เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน กับค่า MVE ของหลังส่วนล่างด้านซ้าย, Multifidus (L) (หลังปรับปรุงสภาพการทำงานแบบวิธีที่ 2 มีพลาสติก)	74
4-6 เปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน กับค่า MVE ของหลังส่วนล่างด้านขวา, Multifidus (R) (หลังปรับปรุงสภาพการทำงานแบบวิธีที่ 2 มีพลาสติก)	74
4-7 แสดงการคิดค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ที่เกิดจากการลากม้วนผ้า	75
4-8 แสดงท่าทางการทำงานที่ใช้คำนวณค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1	76
4-9 แสดงค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 ของการยกม้วนผ้า 1 ครั้ง หลังปรับปรุงสภาพการทำงานแบบไม่มีพลาสติก	78
4-10 แสดงค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 ของการยกม้วนผ้า 1 ครั้ง หลังปรับปรุงสภาพการทำงานแบบมีพลาสติก	80

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-11 เปรียบเทียบแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 ของการยกม้วนผ้า 1 ครั้ง หลังปรับปรุงสภาพการทำงานทั้งสองวิธี	80
4-12 แสดงกราฟเปรียบเทียบสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG สูงสุดเฉลี่ยของ อาสาสมัครทั้ง 5 คน เปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุงสภาพการทำงาน	83
4-13 เปรียบเทียบค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 ก่อนปรับปรุงและหลัง ปรับปรุงสภาพการทำงาน	84
4-14 เปรียบเทียบค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 ก่อนปรับปรุงและหลัง ปรับปรุงสภาพการทำงานทั้งสองวิธี	84
4-15 เปรียบเทียบค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 ก่อนปรับปรุงและหลัง ปรับปรุงสภาพการทำงานทั้งสองวิธี	85
ก-1 แบบสำรวจสุขภาพและสัมภาษณ์พนักงาน	96
ง-1 แสดงท่าทางการวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อหลัง	108
ฉ-1 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 1 ก่อนปรับปรุง	114
ฉ-2 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 2 ก่อนปรับปรุง	114
ฉ-3 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 3 ก่อนปรับปรุง	114
ฉ-4 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 4 ก่อนปรับปรุง	115
ฉ-5 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 5 ก่อนปรับปรุง	115
ช-1 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 1 หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบไม่มีพลาสติก)	118
ช-2 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 2 หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบไม่มีพลาสติก)	118
ช-3 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 3 หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบไม่มีพลาสติก)	118
ช-4 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 4 หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบไม่มีพลาสติก)	119

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ซ-5 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 5 หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบไม่มีพลาสติก)	119
ซ-1 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 1 หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบมีพลาสติก)	122
ซ-2 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 2 หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบมีพลาสติก)	122
ซ-3 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 3 หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบมีพลาสติก)	122
ซ-4 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 4 หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบมีพลาสติก)	123
ซ-5 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 5 หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบมีพลาสติก)	123
ญ-1 เครื่องวัดค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG	128
ญ-2 ตาช้าง	128
ญ-3 เครื่องมือวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อ Jackson Strength	128
ญ-4 เครื่องมืออ่านค่ากำลังสถิติของกล้ามเนื้อ Jackson Strength	129
ญ-5 เครื่องมือวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อ	129

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการศึกษาโรงงานย้อมผ้าถักตัวอย่าง เกี่ยวกับการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกาย จากการทำงานของพนักงาน การศึกษาเริ่มจากการสัมภาษณ์พนักงานในแผนกต่างๆ จำนวน 65 คน โดยใช้ “แบบสำรวจสุขภาพของพนักงาน” พบว่ามีจำนวนพนักงานที่มีอาการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกายจำนวน 58 คน หรือประมาณ 89% ถ้าพิจารณาเฉพาะผู้ที่มีอาการปวดมี 31 คน หรือประมาณ 54% มีอาการปวดไหล่ 24 คน หรือประมาณ 41% มีอาการปวดเอว และ 17 คน หรือประมาณ 29% มีอาการปวดหลัง ในบรรดาบริเวณที่ปวดหลังส่วนล่างหรือบริเวณ กระเบนเหน็บเป็นบริเวณที่มีความอันตรายสูงสุด เพราะสามารถพัฒนาไปเป็นหมอนรองกระดูกโป่ง ปีกดไขสันหลัง (Shipped Disc) ได้ และจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าพนักงานที่มีอาการปวดหลังมากใหญ่มาจากแผนกโกดังผ้าดิบ (งานสาวผ้า) และแผนกย้อมผ้า (งานยกลูกโซดไฟ) จากนั้นจึงสุ่มพนักงานในแผนกโกดังผ้าดิบ และแผนกย้อมผ้า จำนวนแผนกละ 5 คนมา สัมภาษณ์อีกครั้งโดยใช้ “แบบสัมภาษณ์พนักงาน” เพื่อวิเคราะห์หาค่าดัชนีความผิดปกติ (Abnormality Index ; AI) ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ พบว่าพนักงานที่มีอาการเจ็บปวดในระดับ สูงกว่า คือ พนักงานในแผนกโกดังผ้าดิบ คำนวณค่าดัชนีความผิดปกติได้ค่าเฉลี่ย 3.4 ซึ่ง หมายถึงจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข รองลงมาคือแผนกย้อมผ้าคำนวณค่าดัชนีความผิดปกติ ได้ค่าเฉลี่ย 2.9 ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงานในแผนกสาวผ้า เพื่อลดปัญหาการปวดหลังส่วนล่างดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อลดอาการปวดหลังส่วนล่างของพนักงานในแผนกสาวผ้า ในโรงงานย้อมผ้าถักตัวอย่าง

1.3 ขอบเขตของการทำวิจัย

1.3.1 การศึกษานี้จะกระทำเฉพาะในโรงงานย้อมผ้าถักตัวอย่างเท่านั้น

1.3.2 ค่าตัวแปรที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลในงานวิจัยนี้คือค่า RULA, EMG วัดที่กล้ามเนื้อ หลังส่วนล่าง และแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1

1.3.3 ค่าตัวแปรต่างๆ จะวัดจากพนักงานอาสาสมัคร จากการทำงานในโรงงานย้อมผ้าถัก ตัวอย่างเท่านั้น

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1.4.1 ศึกษาปัญหาความเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกายที่เกิดขึ้นกับพนักงานในแผนกต่างๆ ของโรงงานย้อมผ้าอีกด้วย

1.4.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.3 ศึกษาสภาพการทำงานวิธีเก่า

1.4.3.1 ศึกษาค่า AI ก่อนการปรับปรุงของอาสาสมัครแต่ละคน

1.4.3.2 ศึกษาดัชนี RULA ของอาสาสมัครคนที่ 1

1.4.3.3 วัดค่า MVE ของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างทั้งด้านซ้ายและขวาของอาสาสมัครทั้ง 5 คน

1.4.3.4 วัดค่า EMG ของกล้ามเนื้อหลังและไหล่ทั้งด้านซ้ายและขวาในขณะปฏิบัติงานของอาสาสมัครทั้ง 5 คน

1.4.3.5 คำนวณค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ของอาสาสมัครคนที่ 1

1.4.4 กำหนดสาเหตุของการเกิดการเจ็บปวดและวิธีแก้ไข

1.4.5 กำหนดและฝึกให้อาสาสมัคร 5 คนเดิม ปฏิบัติงานโดยใช้วิธีใหม่ที่กำหนดแล้ววัดค่าตัวแปรต่างๆ ที่ศึกษาในข้อ (3)

1.4.6 สรุปผลการปรับปรุง

1.4.7 จัดทำวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ลดอาการปวดหลังส่วนล่างของพนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่สาวผ้าในโรงงานตัวอย่าง

1.5.2 เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน

1.5.3 เพิ่มคุณภาพชีวิตของพนักงาน

1.5.4 เพิ่มความพึงพอใจในการทำงานของพนักงาน

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ผลของการยกภาระต่อกระดูกสันหลัง

ในการยกหรือการหิ้วภาระเป็นการเพิ่มแรงกระทำภายนอก หรือการก้มลำตัวยกหรือหิ้ว จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแขนงของน้ำหนักลำตัว จะทำให้เกิดการเพิ่มแรงกดมากขึ้นไปจากภาวะปกติและในขณะที่เคลื่อนไหวลำตัวก็จะทำให้เกิดแรงกด และแรงดึงในส่วนต่างๆ ของกระดูกสันหลังกับเอ็นไม่เท่ากัน เช่น ถ้าบุคคลยืนโน้มลำตัวไปทางข้างหน้าประมาณ 20 องศา จะทำให้เกิดแรงกดไปที่หมอนรองกระดูกสันหลังมีค่ามากกว่าปกติ เหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อที่กระทำต้านกับน้ำหนักของร่างกาย ขณะที่มีความยาวของแขนงยาวขึ้น และในขณะที่คนงานก้มลำตัวนี้ทางด้านหน้าของหมอนรองกระดูกสันหลัง และกระดูกสันหลังถูกกด ส่วน Ligaments ต่างๆ ทางด้านหลัง จะถูกยืดออกจนทำให้เกิด Tensile Stress และถ้ามีแรงบิดภายนอกเข้ามากระทำเพิ่มขึ้นอีก เช่น การหมุนตัวแรงๆ หรือโยกตัวอย่างแรง ย่อมจะทำให้เกิดอันตรายต่อหมอนรองกระดูกสันหลังได้มากขึ้น (สฤตศักดิ์ และคนอื่นๆ, 2530)

นอกจากนี้แล้ว การยกภาระหรือการหิ้วภาระ นอกจากมีการเพิ่มแรงกระทำจากภายนอกแล้วยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดแรงกดกระดูกสันหลัง ดังนี้

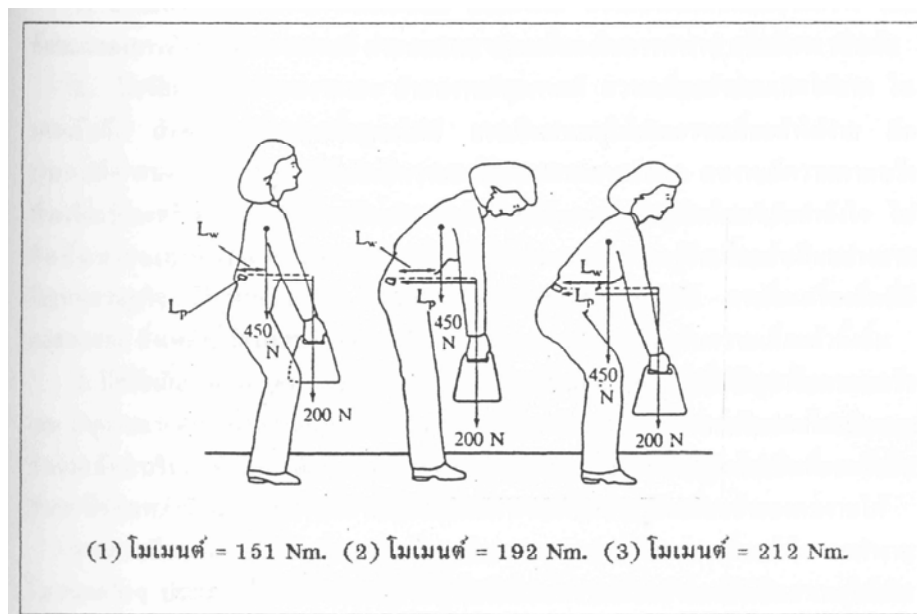
1. ตำแหน่งของวัตถุ ตำแหน่งของวัตถุจะสัมพันธ์กับจุดหมุนของการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลัง การจับถือวัตถุใกล้ตัวจะเป็นการลดโมเมนต์ของการก้มของลำตัว เนื่องจากระยะทางตั้งฉากระหว่างเส้นลากผ่านจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุนั้นๆ กับจุดหมุนสั้นลง
2. องศาของการก้มหรือการหมุนของกระดูกสันหลัง
3. ลักษณะของวัตถุจะเกี่ยวข้องกับขนาด รูปร่าง น้ำหนัก และความหนาแน่น เป็นต้น ถ้าให้ยกวัตถุที่มีน้ำหนักเท่ากัน รูปทรงเดียวกันมีความหนาแน่นสม่ำเสมอ แต่มีขนาดของวัตถุแตกต่างกันนั้น จะพบว่าวัตถุมีขนาดใหญ่กว่าจะเกิดแขนงของคานยาวกว่าวัตถุที่มีรูปร่างเล็กกว่า ย่อมทำให้เกิดโมเมนต์ของการก้มมากกว่า

ในการก้มลำตัวยกภาระนั้น จะมีแรง 2 แรงที่ทำให้เกิดโมเมนต์ของการก้ม คือ

1. แรงที่เกิดจากน้ำหนักของวัตถุ
2. แรงที่เกิดจากน้ำหนักลำตัวส่วนบน

แรงทั้งสองนี้จะเพิ่มแรงกดบนหมอนรองกระดูกสันหลัง ซึ่งจะมีค่ามากกว่าในท่ายืนตรง ฉะนั้นในขณะที่ยกภาระควรใช้ข้อเข่าหรือย่อตัวลง แทนการก้มลำตัว ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้แนะนำผู้ที่ต้องยกในลักษณะต้องก้มลำตัว วิธีนี้จะเป็นวิธีลดแรงกดบนหมอนรองกระดูกสันหลัง เพื่อหลีกเลี่ยงอาการปวดหลัง (สฤตศักดิ์ และคนอื่นๆ, 2530)

การยกภาระโดยการงอเข่า วิธีการนี้ใช้กับวัตถุที่มีขนาดไม่ใหญ่เกินไป และต้องพยายามถือภาระให้ชิดลำตัวหรือใกล้ลำตัวมากที่สุด แต่ถ้ายกภาระห่างจากลำตัวมากขึ้นขณะที่งอเข่าอยู่ด้วย จะเป็นการเพิ่มแรงกดมากขึ้น แทนที่จะเป็นการลดแรงกดบนหมอนรองกระดูกสันหลัง แสดงดังภาพที่ 2-1 จึงกล่าวได้ว่าถ้าให้วัตถุห่างจากลำตัวเกินไปจะทำให้เพิ่มแรงกระทำบนกระดูกสันหลังระดับเอวของผู้ยกภาระ (สฤตศักดิ์ และคนอื่นๆ, 2530)



ภาพที่ 2-1 โมเมนต์รอบ L5/S1 disc เมื่อยกภาระ 200 N ด้วยวิธี (1) ยกโดยใช้ขา

(2) ยกโดยใช้หลัง (3) ยกโดยใช้ขา (สฤตศักดิ์ และคนอื่นๆ, 2530)

2.1.2 ปัญหาของหมอนรองกระดูก

เป็นที่ทราบกันดีว่าลำสันหลัง (The Vertebral Column หรือ Spine) มีรูปร่างส่วนโค้งที่มีลักษณะคล้ายตัว S ที่ยืดออก คือ บริเวณอกจะมีการโค้งงอเข้าเล็กน้อย เราเรียกส่วนโค้งนี้ว่า Kyphosis และบริเวณส่วนเอวจะมีการโค้งออกหน้าเล็กน้อย เรียกโค้งส่วนนี้ว่า Lordosis โครงสร้างในลักษณะเช่นนี้ทำให้กระดูกสันหลังสามารถรับแรงกระแทกในขณะวิ่งและกระโดดได้ดี (นริศ, 2535)

น้ำหนักที่กดลงบนลำสันหลังจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นจากบนลงล่าง และจะมากที่สุดในระดับกระดูกสันหลังส่วนเอวตอนสุดท้าย (L5) การเสื่อมของหมอนรองกระดูกเริ่มจากการยุบตัวของหมอนรองกระดูก ส่วนที่ซึ่งปกติมีโครงสร้างที่เป็นเส้นใยเหนียวเป็นวงรอบและเรียงกันเป็นชั้น การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวกับการสูญเสีย น้ำ เป็นผลให้ชั้นหรือวงของเส้นใยที่กล่าวข้างต้นเริ่มเปราะและมีโอกาสแตกหักง่ายขึ้น ความแข็งแรงของมันจะลดน้อยลง การเสื่อมของหมอนรองกระดูกในช่วงแรกนี้ทำให้เกิดการแบนมากขึ้น และทำให้มีความเสี่ยงต่อการทำลายกลไกการทำงานของกระดูกสันหลัง หรือแม้แต่การเคลื่อนตัวของกระดูกสันหลัง ภายใต้สภาพเหล่านี้การกระทำของแรงที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย เช่น การยกน้ำหนัก การโน้มตัวไปข้างหน้า อาจจะทำให้กระดูกสันหลังและเอวได้เร็วขึ้น (นริศ, 2535)

เมื่อมีการเสื่อมของหมอนรองกระดูกมากขึ้น แรงที่เกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดบนลำสันหลัง อาจจะทำให้ของเหลวภายในถูกฉีดออกตามบริเวณที่เกิดการโป่งพองของชั้นเส้นใยที่ห่อหุ้ม และเช่นเดียวกับการโป่งพองนี้อาจไปกดทับบนเส้นประสาทของสันหลัง (The Spinal Cord) ที่ผ่านบริเวณนั้น นี่คือนั่นสิ่งที่เกิดขึ้นในกรณีของการเคลื่อนของหมอนรองกระดูกหรือการโป่งพองของหมอนรองกระดูก การกดทับเส้นประสาท การแคบลงของพื้นที่ระหว่างกระดูกสันหลัง การบีบออกหรือฉีดออกของของเหลวภายในที่บริเวณรอยต่อของเนื้อเยื่อและเอ็น (Ligaments) ของข้อต่อต่างๆ บริเวณนั้น คือสาเหตุของความเจ็บปวดต่างๆ การบีบเกร็งของกล้ามเนื้อและอาการอัมพาต รวมถึง Lumbago และ Sciatica ซึ่งเป็นอาการที่มักจะปรากฏร่วมอยู่ในการเสื่อมของหมอนรองกระดูก (นริศ, 2535)

2.1.3 ข้อจำกัดในการยก

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องการระบุขีดจำกัดในการยกถูกศึกษาโดย Pheasant (1988) งานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายหรือยกภาระด้วยมือไม่ได้มีการออกแบบมาให้มีลักษณะที่เหมือนกัน ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่ไม่ง่ายเลยที่จะกำหนดมาตรฐานใดๆ ขึ้นมาเพื่อใช้ร่วมกัน

ในงานยกภาระที่เกิดขึ้นซ้ำๆ กันหรือเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นประจำ ควรมีการออกแบบเครื่องมือหรือกลไกต่างๆ เข้าช่วย เช่น หุ่นยนต์หรือสายพานลำเลียง เพื่อช่วยในการขนย้ายภาระหรือวัตถุภายในโรงงานจากสถานที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง อย่างไรก็ตามยังมีโรงงานอีกจำนวนหนึ่งที่ต้องอาศัยแรงงานคนช่วยในการยกภาระร่วมกับการใช้เครื่องมือ ลักษณะดังกล่าวจึงเป็นสาเหตุให้การศึกษาในเรื่องการเคลื่อนย้ายภาระด้วยมือถูกมองไปที่ความสูงของเครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้ในการขนย้ายที่ใช้งานร่วมกับคน ทิศทางในการทำงาน จะส่งผลต่อการหมุนหรือบิดของกระดูกสันหลัง ความไม่เหมาะสมของท่าทางจึงอาจเป็นสาเหตุที่นำไปสู่อันตรายและการบาดเจ็บของหลังและส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ ดังนั้นปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นความสูงของสายพาน ทิศทางหรือท่าทางในระหว่างการทำงาน ลักษณะของสิ่งที่จะยกทั้งน้ำหนักและขนาด จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องถูกนำเข้าสู่การพิจารณาขีดจำกัดของน้ำหนักสูงสุดที่อนุญาตให้ยกได้อย่างปลอดภัย

การศึกษา และวิเคราะห์เพื่อหาขีดจำกัดที่เหมาะสมในการขนย้ายภาระด้วยมือต้องกระทำอย่างรอบคอบ และโดยทั่วไปวิธีการที่นำมาใช้ต่างๆ ได้แก่

1. การคำนวณทางชีวกลศาสตร์ (Biomechanical Analysis) เพื่อวิเคราะห์แรงกดบนหมอนรองกระดูก

2. การพิจารณาความสามารถทางสรีระ (Physiological Approach) เป็นการวิเคราะห์จากปริมาณการใช้ออกซิเจนหรือการใช้พลังงานของร่างกาย ต้องไม่มากเกินไปจนก่อให้เกิดความล้าสะสม

3. การประเมินความพึงพอใจ หรือความรู้สึกที่เกี่ยวข้องเนื่องทางร่างกายและจิตใจ (Psychophysical Approach) เป็นการสอบถามหรือให้ผู้ปฏิบัติงานเลือกลักษณะงานตามความพึงพอใจเพื่อหาระดับของภาระงานที่ทุกคนยอมรับ

4. การติดตามผลกระทบในระยะยาว (Epidemiological Approach) เป็นการติดตามดูว่าการเพิ่มจำนวนของผู้บาดเจ็บจากการทำงานเพิ่มขึ้นหรือไม่

ปัจจุบันมีหลายหน่วยงานได้ทำการศึกษาโดยอาศัยหลักการทั้ง 4 ประการ มาสร้างเป็นเกณฑ์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายภาระด้วยมือ ตัวอย่างเช่น NIOSH (1981) ได้ทำการศึกษาและเสนอแนะสมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมกับการทำงาน และน้ำหนักสูงสุดที่ยอมให้ทำงานได้ โดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ เช่น ความสูงในการยก น้ำหนักภาระที่จะยก และลักษณะชิ้นงาน หลังจากนั้นก็ได้มีการปรับปรุงโดย Waters et al., (1994)

2.1.4 คำแนะนำของ NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health)

NIOSH ได้เสนอสมการในการค้นหาขีดจำกัดเบื้องต้น (Action limit; AL) สำหรับงานยก โดย NIOSH ได้แบ่งงานยกภาระออกเป็น 3 ระดับ คือ

1. ระดับที่ยอมรับได้ (Acceptable ; Below or at the AL) คืออยู่ต่ำกว่า AL การทำงานในระดับที่ต่ำกว่า AL จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายหรือมีความเสี่ยงที่น้อย

2. ระดับที่ยอมรับไม่ได้สำหรับบุคคลบางกลุ่ม (Unacceptable for Some Individuals) คืออยู่ระหว่าง AL และขีดจำกัดสูงสุด (Maximum Permissible Limit ; MPL) ซึ่งมีค่าเป็น 3 เท่าของ AL การทำงานในระดับนี้ถือว่ามีความเสี่ยงมากขึ้นและอาจมีอันตรายต่อคนบางกลุ่มที่มีค่าความสามารถต่ำ ดังนั้นการให้พนักงานคนใดเข้าทำงานในภาวะเช่นนี้ควรมีการควบคุมและให้คำแนะนำ

3. ระดับที่ยอมรับไม่ได้สำหรับบุคคลส่วนใหญ่ (Unacceptable for Most Individuals) คือ ภาระที่สูงกว่าค่าสูงสุดที่ยอมรับ (Maximum Permissible Limit ; MPL) ในระดับนี้การควบคุมทางวิศวกรรมต้องถูกแนะนำเพื่อทำการออกแบบลักษณะงานใหม่ เพื่อที่จะตัดหรือลดอันตรายจากการขนย้ายภาระ

2.1.5 ขีดจำกัดเบื้องต้นหรือขีดจำกัดการทำงาน (Action Limit)

เนื่องจากความแตกต่างในความสามารถของแต่ละบุคคลมีมาก ดังนั้นภาระงานที่อยู่ระหว่าง AL และ MPL อาจจะถูกพิจารณาให้มีค่าเกณฑ์ที่สูงขึ้นได้เมื่อมีการควบคุมและจัดการที่ดี โดยการพิจารณาเกณฑ์ของ AL สามารถพิจารณาได้จากเกณฑ์ต่อไปนี้

1. การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อโครงร่างจะมีอัตราเพิ่มขึ้น เมื่อผู้ปฏิบัติงานทำงานภายใต้ภาระงานระดับ AL เป็นการพิจารณาทางระบาดวิทยา (Epidemiological Criterion)
2. แรงกดขนาด 350 กก. หรือ 3430 นิวตัน หรือ 770 ปอนด์ บน หมอนรองกระดูก L5/S1 ที่ถูกกระทำภายใต้สภาพที่ถูกอธิบายโดย AL เป็นภาวะที่คนที่มีอายุน้อยหรือมีสุขภาพดีสามารถทนได้ เป็นการพิจารณาทางชีวกลศาสตร์ (Biomechanical Criterion)
3. บุคคลส่วนใหญ่ อัตราการเผาผลาญอาหารจะเกิน 3.5 kcal/min เมื่อทำงานเหนือ AL เป็นการพิจารณาทางสรีระ (Physiological Criterion)
4. การยกภาระที่ไม่เกิน AL พบว่าเป็นเกณฑ์ที่ยอมรับได้จากเพศชาย ถึง 99% และเพศหญิง 75% ว่ามีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของหลังไม่มาก เป็นการพิจารณาทางจิตวิทยา (Psychological Criterion)

2.1.6 ขีดจำกัดที่ยอมรับได้สูงสุด (Maximum Permissible Limit; MPL)

การทำงานโดยมีภาระงานที่เกินกว่า MPL ไม่ควรปฏิบัติ เมื่อมีกรณีนี้เกิดขึ้นการควบคุมทางวิศวกรรมจำเป็นต้องถูกใช้ ขีดจำกัดนี้ถูกพิจารณาขึ้นโดยพิจารณาจากกฎเกณฑ์ใหญ่ 4 ประการ คือ Epidemiological, Biomechanical, Physiological and Psychological ซึ่งพอที่จะสรุปได้ดังต่อไปนี้

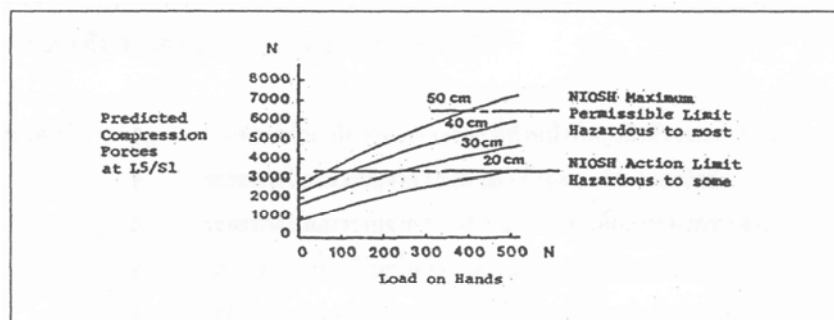
1. ความรุนแรงและการบาดเจ็บของโครงกระดูกกล้ามเนื้อ (Musculoskeletal) จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่องานการยกถูกกระทำเกินกว่าขีดจำกัดที่ยอมรับได้สูงสุด (MPL)
2. แรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ที่เกินกว่า 650 kg (6370 N or 1430 lb) เป็นระดับภาระที่คนส่วนมากไม่สามารถปฏิบัติได้
3. การยกภาระที่มีภาระงานเหนือขีดจำกัดที่ยอมรับได้สูงสุด (MPL) คนส่วนใหญ่ จะมีอัตราการเผาผลาญอาหารจะเกิน 5 kcal/min
4. มีเพียงประมาณ 25% ของผู้ชาย และน้อยกว่า 1% ของผู้หญิง ที่สามารถทำงานที่มีภาระงานเหนือ MPL

จากข้อมูลข้างต้น เราพบว่าขีดจำกัดที่ยอมรับได้สูงสุดซึ่งพิจารณาจากค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 มีค่าประมาณ 6400 N. และ ขีดจำกัดในการทำงานเท่ากับ 3400 N. คำแนะนำในทางปฏิบัติของ NIOSH (1981) พิจารณาว่า ภาระงานที่สูงกว่าขีดจำกัดการยอมรับสูงสุด ไม่สามารถปฏิบัติได้และควรถูกลดขนาดลง

จากผลของการศึกษาของ NIOSH (1981) ได้สรุปข้อแนะนำว่า งานที่ทำให้เกิดแรงกดที่ L5/S1 Disc ที่มีค่ามากกว่า 3,400 N. นั้น มีศักยภาพสูงพอที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อการ

บาดเจ็บของกระดูกสันหลังของผู้ปฏิบัติงานยกย้ายวัสดุด้วยแรงกาย และถ้าแรงกดดังกล่าวเพิ่มขึ้นสูงขึ้นถึง 6,400 N. จะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานยกย้ายวัสดุเกือบทุกคน ไม่ว่าบุคคลนั้นจะมีรูปร่างเล็ก หรือใหญ่ก็ตาม

Chaffin and Andersson (1984) ได้สรุปถึงสมมติฐานที่ว่า ในการยกภาระจะต้องให้ใกล้ลำตัวมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายที่ L5/S1 disc จะแปรผันตามระยะทาง (H) ในขณะที่ยกภาระที่มีน้ำหนักเท่าๆ กัน แสดงดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 แสดงแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 จะแปรผันตามวาระ Load และระยะ H (Chaffin and Andersson, 1984)

Keyerling, et al. (1980) ได้ศึกษาการใช้การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเมื่อยุติหนึ่งกับที่ เพื่อเป็นการช่วยในการตรวจสอบและคัดเลือกคนงานสำหรับงานหนัก และเพื่อที่จะลดการบาดเจ็บจากการทำงาน อันเนื่องมาจากความไม่เหมาะสมระหว่างความแข็งแรงของคนงาน กับงานหนัก และมีการศึกษาด้านกลศาสตร์ชีวภาพของงาน 20 ชนิด ในโรงงานที่ผลิตเหล็กและยางเพื่อสร้างเกณฑ์ในงานที่ต้องใช้ความแข็งแรง มีการทดสอบความแข็งแรง 4 ชนิด และกำหนดเกณฑ์ในการทดสอบคนงานใหม่ คนงานจะถูกทดสอบก่อนรับเข้าทำงาน เพื่อตรวจสอบว่ามีความแข็งแรงเท่ากับ 1 ใน 3 ของคนงานที่ถูกเลือกโดยใช้เกณฑ์ทางการแพทย์ อาจสรุปได้ว่าการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ สามารถใช้เพื่อที่จะลดอาการบาดเจ็บจากงานอาชีพ และควรสนับสนุนให้มีการทดสอบความแข็งแรงในอุตสาหกรรมหนัก

2.1.7 แบบสำรวจสุขภาพและสัมภาษณ์พนักงานเพื่อใช้ประเมินระดับความรุนแรงของปัญหา

“แบบสำรวจสุขภาพของพนักงาน” ของ กิตติ อินทรานนท์ (ตริณัตร, 2537) (ดูภาคผนวก ก) โดยแบบสำรวจสุขภาพพนักงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่า พนักงานมีประวัติเคยเจ็บปวดกล้ามเนื้อมากน้อยแค่ไหน และมีวิธีการรักษาอย่างไร สำหรับแบบสัมภาษณ์พนักงานเพื่อใช้ประเมินระดับความรุนแรงของปัญหา โดยการคำนวณหาค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) จะมีคำถาม

ที่มุ่งเน้นหาระดับความรุนแรงของปัญหา โดยรายละเอียดการสัมภาษณ์ประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1. ความล้าโดยทั่วไป
2. ความเสี่ยงต่อการเจ็บปวดและบาดเจ็บ
3. ระดับความสนใจต่องานที่ทำ
4. ความซับซ้อนของลักษณะงาน
5. ความยากง่ายของการทำงาน
6. จังหวะของการทำงาน
7. ความรับผิดชอบในการทำงาน
8. ความเป็นอิสระในการทำงาน

ในการประเมินผลแบบสอบถามชุดนี้ ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์พนักงานโดยตรง พนักงานที่ถูกสัมภาษณ์จะเป็นผู้ทำการประเมินผลในแต่ละหัวข้อด้วยตนเอง โดยในแต่ละหัวข้อจะแบ่งระดับความรุนแรงเป็น 10 ระดับคะแนน คือ ระดับ 0-9

โดยที่

คะแนน 0 หมายถึง ความรุนแรงน้อยที่สุด

คะแนน 9 หมายถึง ความรุนแรงมากที่สุดหรือมากจนทนไม่ได้

สำหรับคะแนนที่ได้ในแต่ละหัวข้อนั้นนำมาใช้ประเมินค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) โดยใช้สมการที่ (2-1)

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

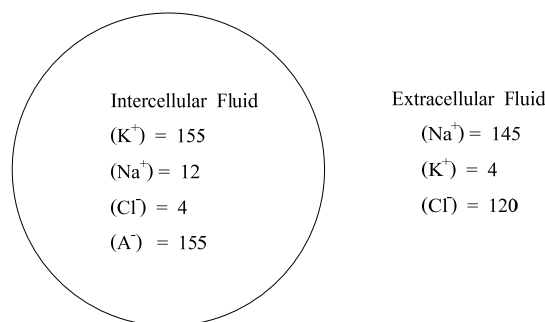
ค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) สามารถใช้ประเมินผลได้ดังนี้

- | | |
|-----------------|------------------------------------|
| $AI \leq 0$ | ไม่มีปัญหาอะไรเลย |
| $0 < AI \leq 2$ | มีปัญหาเล็กน้อย พอดทนได้ |
| $2 < AI \leq 3$ | ต้องระมัดระวังเอาไว้ |
| $3 < AI \leq 4$ | เริ่มเป็นปัญหามากจนทนไม่ได้ |
| $AI > 4$ | ผิดปกติ ต้องรีบดำเนินการแก้ไขทันที |

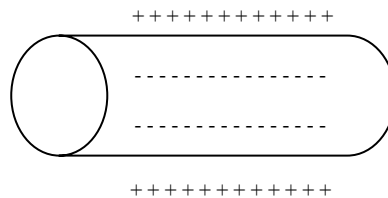
2.1.8 สัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyography)

กล้ามเนื้อจะมีการยืดและหดตัวอยู่ตลอดเวลา การยืดและหดตัวนั้นจะมีการกระตุ้นเซลล์ประสาทที่มีกลไกที่เก็บประจุไฟฟ้าได้ และสามารถปล่อยประจุไฟฟ้าออกมา เยื่อหุ้มเซลล์ที่ยอมให้โมเลกุลขนาดเล็กผ่านได้คือเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็น Semipermeable Membrane และมีอิเล็กโตรไลต์หลายอย่างที่มีความเข้มข้นไม่เท่ากันเป็นส่วนประกอบ ที่สำคัญคือ โซเดียมและ

โปแตสเซียม (ภาพที่ 2-3) เพราะมีกลไกคอยสูบโปแตสเซียมเข้าไปในเซลล์ และโซเดียม ออกนอกเซลล์อยู่ตลอดเวลา แต่ในภาวะพัก (Resting Stage) นั้น เยื่อหุ้มเซลล์ยอมให้ โปแตสเซียมผ่านได้มากกว่าโซเดียมถึง 50 เท่า จึงทำให้โปแตสเซียมนำประจุบวกออกมาข้างนอก แต่ก็ไม่สามารถกระจายไปได้ไกล เพราะถูกดูดโดยไอออนที่ผ่านเยื่อหุ้มออกมาไม่ได้ จึงเรียงราย อยู่นอกเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นผลให้ภายนอกเซลล์เป็นบวกมากกว่าภายใน ดังภาพที่ 2-4 ฉะนั้น จะเห็นได้ว่าเยื่อหุ้มเซลล์มีการทำงานที่เปรียบเสมือนคาปาซิเตอร์ที่มีเยื่อหุ้มเป็นฉนวน และ สองข้างของเยื่อหุ้มมีอิเล็กโตรไลต์ที่นำไฟฟ้าได้



ภาพที่ 2-3 ความเข้มข้นของสารอิเล็กโตรไลต์โดยประมาณในเซลล์ (ชูศักดิ์, 2523)



ภาพที่ 2-4 ประจุบวกและลบของเยื่อหุ้มเซลล์ในภาวะพัก (ชูศักดิ์, 2523)

เมื่อทำงาน จะเป็นประสาทหรือกล้ามเนื้อก็ดี จะมีการกระจายของไฟฟ้าออกตามกล้ามเนื้อ ไฟฟ้าที่กระจายไปตามกล้ามเนื้อนั้น มีหน้าที่ไปกระตุ้นกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้ออีกต่อหนึ่ง เมื่อกล้ามเนื้อทำงานหรือถูกกระตุ้น เยื่อหุ้มเซลล์ของประสาทและกล้ามเนื้อจะมีการยอมให้ โซเดียมผ่านเพิ่มขึ้น อาจเพิ่มได้มากถึง 200 เท่า จึงเป็นผลให้โซเดียมไหลเข้าไปในเซลล์ (Influx) ทำให้ศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มเปลี่ยนไปคือภายในเซลล์มีค่าความเป็นลบลดลง ที่เรียกว่า “ดีโพลาริเซชัน” (Depolarization) เมื่อการกระตุ้นนั้นแรงพอและเกินระดับกัน จะทำให้ โซเดียมไอออนเข้าไปในเซลล์ได้มาก จนทำให้ศักย์ไฟฟ้าของเยื่อหุ้มกลับกัน คือมี Reverse ของ Membrane Potential เมื่อถูกกระตุ้นและจะเกิดศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานขึ้น ศักย์ไฟฟ้า

ขณะทำงานนั้นมีทั้งเพิ่มขึ้น (Ascending Phase) และลดลง (Descending Phase) โดยระยะขาลงของศักย์ไฟฟ้านั้นเกิดจากโซเดียมหลุดเข้าไปในเซลล์ และโปแตสเซียมออกนอกเซลล์ (K^+ Efflux) เพื่อช่วยแก้ไขให้ศักย์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปกลับมาเช่นเดิม

เนื่องจากศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานเป็นกรรมวิธีที่เกิดขึ้นในตัวเอง พลังงานจะต้องปล่อยออกมาทุกๆ จุดของกล้ามเนื้อที่ทำงานหรือถูกกระตุ้น จึงทำให้ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานมีความสูงไม่ลดลง แม้ว่าจะต้องแผ่กระจายไปเป็นระยะทางไกลๆ ก็ตาม

ไฟฟ้าที่เกิดจากการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ สามารถวัดได้โดยวางอิเล็กโทรดลงบนผิวหนังหรือสอดเข้าไปในกล้ามเนื้อ จำนวนความมากน้อยของไฟฟ้าแสดงถึงความมากน้อยของหน่วยยนต์ (Motor Unit) ที่เกี่ยวข้องด้วย ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อนั้นตรวจวัดได้ด้วยการตรวจวัด EMG เมื่อกล้ามเนื้อหดตัว และมีความตึงเพิ่มขึ้น จะได้ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกัน

2.1.9 การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าของกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องมือวัดค่า EMG

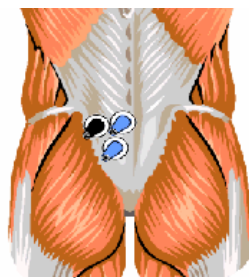
เครื่องมือวัดค่า EMG เป็นเครื่องมือตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อลาย โดยเป็นเครื่องมือสำหรับบันทึกค่าไฟฟ้าในร่างกาย ประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่ อิเล็กโทรด ระบบแอมพลิไฟเออร์ และระบบแสดงและบันทึกผล

เครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ได้ออกแบบไว้สำหรับวัดและทดสอบการทำงานของกล้ามเนื้อซึ่งสามารถทดสอบในภาคสนามได้ ระบบนี้จะเป็นการวัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อขณะที่กล้ามเนื้อมีการหดตัว ซึ่งจะก่อให้เกิดความต่างศักย์ที่สามารถวัดได้ที่ผิวหนังบนกล้ามเนื้อ จะเป็นผลรวมของการทำงานของหน่วยยนต์หลายๆ หน่วย และใช้อธิบายถึงกิจกรรมของกล้ามเนื้อนั้น ความต่างศักย์สามารถวัดได้ตั้งแต่ 1-5000 μV

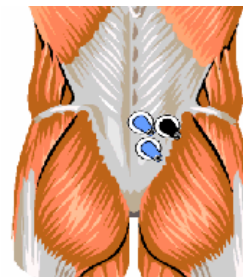
ก่อนทำการติดตั้งอิเล็กโทรดให้ทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่จะติดตั้งอิเล็กโทรด ใช้อิเล็กโทรดชนิดแผ่นมีขนาดประมาณ 1 ตารางเซนติเมตร ปิดบนผิวหนังตามความยาวของกล้ามเนื้อ และเครื่องบันทึกสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดขึ้น อิเล็กโทรดต้องติดตั้งในตำแหน่งที่ถูกต้อง ดังภาพที่ 2-5 และ 2-6 ภาพตัวอย่างสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (Raw Data) แสดงดังภาพที่ 2-7 และภาพตัวอย่างสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) แสดงดังภาพที่ 2-8



ภาพที่ 2-5 แสดงตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดบริเวณหลัง

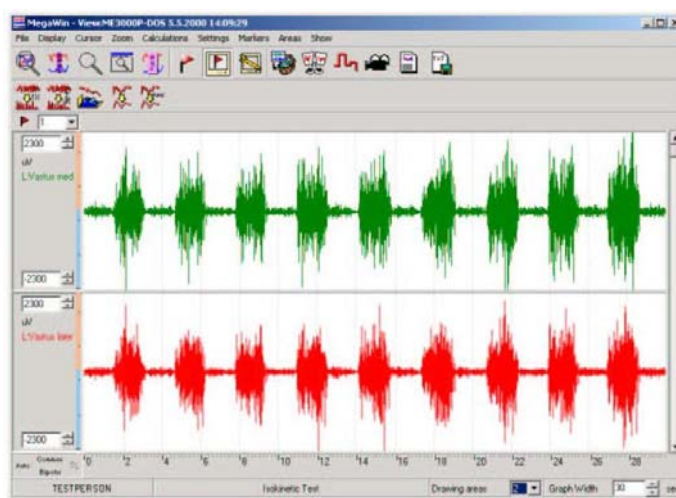


กล้ามเนื้อหลังส่วนล่างซ้าย

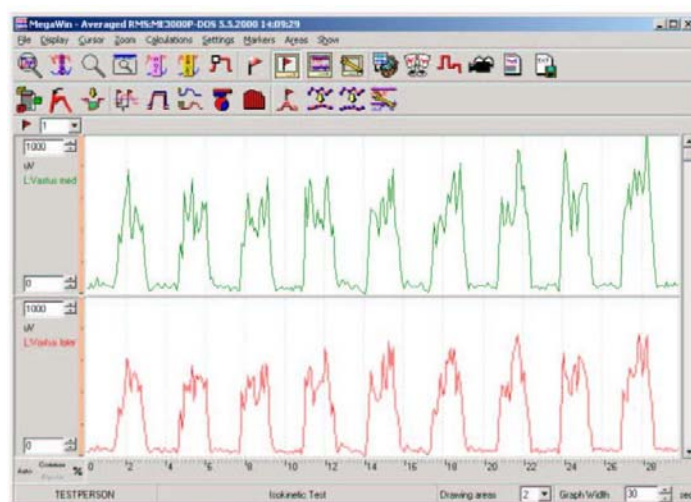


กล้ามเนื้อหลังส่วนล่างขวา

ภาพที่ 2-6 แสดงตำแหน่งที่ติดอิเล็กโทรดเพื่อทำการวัดค่า EMG



ภาพที่ 2-7 ตัวอย่างสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (Raw Data)



ภาพที่ 2-8 ตัวอย่างสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS)

McGill and Norman (1986) ได้นำเอา EMG ไปใช้ในการวิเคราะห์งานยกโดยใช้ค่า EMG ในการทำนายระดับความสามารถสูงสุดในการทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆ และใช้ค่านี้ในการวัดในขณะที่ยกกล้ามเนื้อทำงานยกภาระ

Sander and McCormick (1993) ได้กล่าวว่ากำลังที่ใช้ในการทำงานของคนงานจะต้องไม่เกิน 35% ของกำลังสูงสุดที่คนงานนั้นทำได้ แรงที่เกิดขึ้นโดยรวมสามารถใช้ Load Cell ในการวัดแรงและหาค่าได้ ซึ่งทำให้สามารถหาค่าแรงสูงสุดของคนงานแต่ละคนได้ ในการทำงานจะต้องอาศัยแรงจากกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดได้โดยการหดตัวเข้า (Contraction) สลับกับการคลายตัว (Relaxation) การหดตัวของกล้ามเนื้อจะมีการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าเรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าขณะทำงาน (Action Potential) ซึ่งวัดได้ด้วยการตรวจวัดค่า EMG ซึ่งจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับแรงที่กล้ามเนื้อใช้ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ถ้ากล้ามเนื้อเกิดความล้าในขณะที่ต้องฝืนใช้แรงเท่าเดิม พบว่าสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อจะสูงเพิ่มขึ้น

2.1.10 การประเมินท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

McAtamney and Corlett (1993) กล่าวถึงเทคนิค RULA (Rapid Upper Limb Assessment) ใช้อธิบายเกี่ยวกับท่าทางการทำงาน แรงและการใช้กล้ามเนื้อในการปฏิบัติงานที่มีปัจจัยเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและกระดูก เทคนิค RULA นี้เป็นวิธีที่สามารถบันทึกท่าทางการทำงานต่างๆ เป็นระบบตัวเลขที่ง่าย รวดเร็ว และใช้ได้รวดเร็ว ซึ่งในทางปฏิบัติจะนิยมบันทึกท่าทางขณะทำงานด้วยวิธีการบันทึกภาพเคลื่อนไหว แล้วนำมาเปิดย้อนกลับดูเพื่อประเมินและบันทึกท่าทางการทำงานเป็นตัวเลขลงในตารางบันทึก

การใช้เทคนิค RULA ได้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

2.1.10.1 ขั้นที่ 1 การบันทึกท่าทางขณะทำงาน

ในขั้นนี้จะแบ่งร่างกายของคนออกเป็น 2 กลุ่มคือ

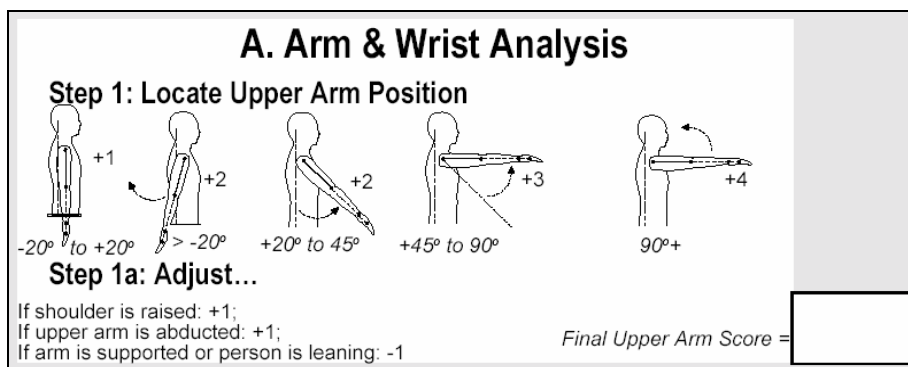
กลุ่ม A หมายถึงบริเวณแขนและข้อมือ

กลุ่ม B หมายถึงบริเวณคอ ลำตัวและขา

โดยจะทำการพิจารณาช่วงการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายพนักงานในการปฏิบัติงาน แล้วนำมาประเมินเป็นระดับคะแนนตามข้อกำหนดต่างๆ ดังนี้

1. กลุ่ม A บริเวณแขนและข้อมือจะพิจารณา 4 ท่าทางการทำงานดังนี้

1.1 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนบน (Upper Arm) ดังแสดงในภาพที่ 2-9

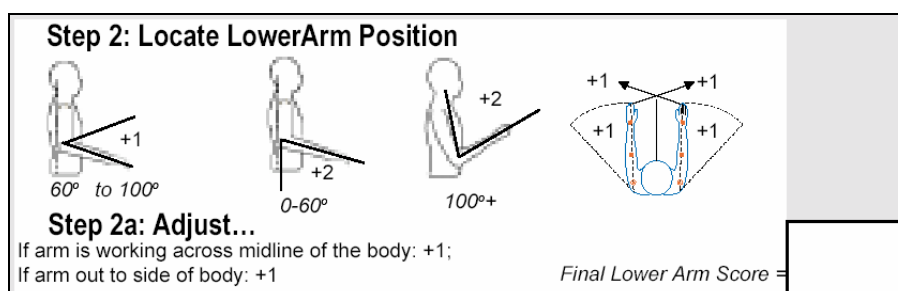


ภาพที่ 2-9 ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของแขนส่วนบน (Upper Arm)
(McAtamney and Corlett, 1993)

- + 1 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวในมุม 20 องศา กับแนวดิ่ง
 - + 2 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวที่มุมมากกว่า 20 องศา หรือระหว่าง 20-45 องศา หรือมีการบิดไปด้านหลัง
 - + 3 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวในมุม 45-90 องศา
 - + 4 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวที่มุมมากกว่า 90 องศา
- ถ้ามีการยกภาระให้ล ให้บวกคะแนนเพิ่มอีก + 1
- ถ้าแขนท่อนบนยกห่างจากตัว ให้บวกคะแนนเพิ่มอีก + 1
- ถ้ามีสิ่งช่วยรับน้ำหนักของแขนให้ลดคะแนนลงอีก - 1

1.2 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนล่าง (Lower Arm หรือ Forearm) ดังแสดงในภาพที่

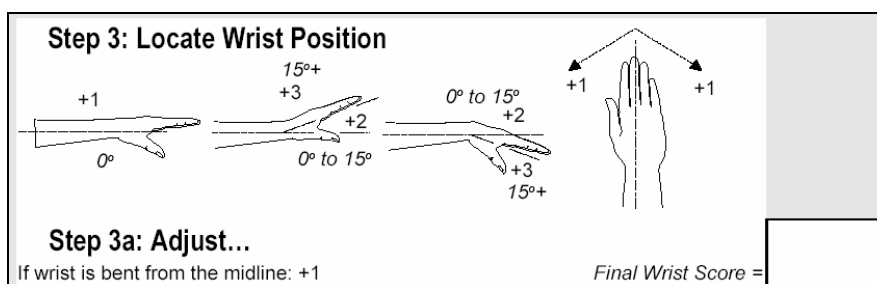
2-10



ภาพที่ 2-10 ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของแขนส่วนล่าง (Lower Arm หรือ Forearm)
(McAtamney and Corlett, 1993)

- + 1 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวในแนวทำมุม 60-100 องศา
- + 2 คะแนน สำหรับการเคลื่อนไหวในแนวมุมที่น้อยกว่า 60 องศา หรือมากกว่า 100 องศา
- ถ้ามีการเคลื่อนไหวที่เอื้อมสลับข้างกันให้เพิ่มคะแนนอีก +1

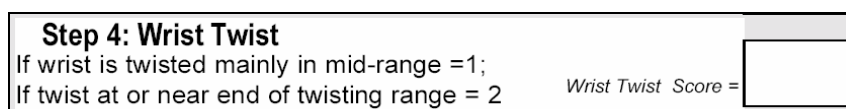
1.3 การประเมินตำแหน่งมือและข้อมือ (Hand และ Wrist) แสดงในภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-11 ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของมือและข้อมือ (Hand และ Wrist)
(McAtamney and Corlett, 1993)

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

1.4 การประเมินการบิดข้อมือ (Wrist Twist) ดังแสดงในภาพที่ 2-12

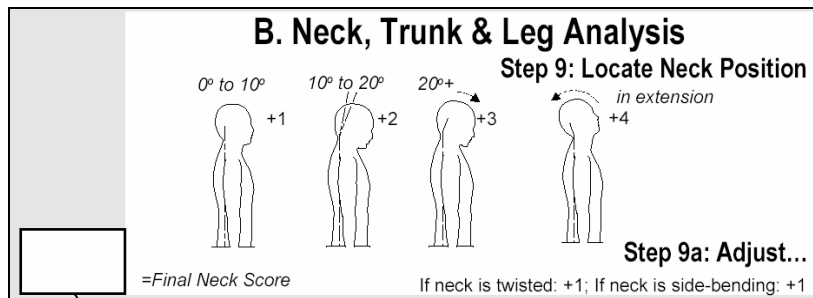


ภาพที่ 2-12 ระดับคะแนนในท่าการเคลื่อนไหวของการบิดข้อมือ (Wrist Twist)
(McAtamney and Corlett, 1993)

- + 1 คะแนน ถ้าขณะทำงานมีการหมุนของข้อมือ
- + 2 คะแนน ถ้าขณะทำงานมีการหมุนของข้อมือมากเกือบสุด

2. กลุ่ม B บริเวณคอ ลำตัวและขาจะพิจารณา 3 ท่าทางการทรงตัวดังนี้

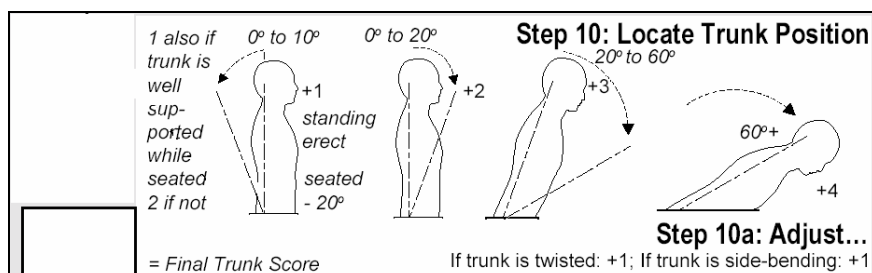
2.1 การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนศีรษะและคอ (Head และ Neck) ดังแสดงในภาพที่ 2-13



ภาพที่ 2-13 ระดับคะแนนในการทำท่าการเคลื่อนไหวของศีรษะและคอ (Head และ Neck)
(McAtamney และ 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
- ถ้าคอมีการเอียงไปด้านซ้ายหรือขวา ให้เพิ่มคะแนนอีก + 1

2.2 การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนลำตัว (Trunk) ดังแสดงในภาพที่ 2-14



ภาพที่ 2-14 ระดับคะแนนในการทำท่าการเคลื่อนไหวของส่วนลำตัว (Trunk)
(McAtamney and Corlett, 1993)

- + 1 คะแนน ถ้ามีการนั่งหรือมีอุปกรณ์รับน้ำหนักสะโพกได้เป็นอย่างดี และหลังตรง
ท่ามุม 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

2.3 การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนขาและเท้า (Leg และ Feet) ดังแสดงในภาพที่ 2-15

= Final LegScore	Step 11: Legs If legs & feet supported and balanced: +1; If not: +2
---	---

ภาพที่ 2-15 ระดับคะแนนในการทำเคลื่อนไหวส่วนขาและเท้า (Leg และ Feet)
(McAtamney and Corlett, 1993)

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

ในการบันทึกคะแนนท่าทางการทำงานจะใช้วิธีการสังเกตพนักงาน โดยทำการบันทึกวิดีโอขณะที่พนักงานกำลังปฏิบัติงานหลายๆ รอบ เพื่อเลือกงานและท่าทางการทำงานที่สนใจ โดยอาจจะเลือกใช้ท่าการทรงตัวที่มีสัดส่วนมากที่สุดในแต่ละรอบการทำงาน

2.1.10.2 ขั้นที่ 2 การจัดกลุ่มการเคลื่อนไหวของร่างกาย และคะแนนของท่าทางจากการประเมินการเคลื่อนไหวของร่างกายในกลุ่ม A และ B ซึ่งแสดงระดับของภาระงานของท่าการทรงตัวของโครงสร้างกล้ามเนื้อและกระดูก โดยจะมีระดับคะแนนหลายค่า ซึ่งในการจัดกลุ่มนี้จะเป็นการรวมคะแนนเป็นคะแนนของแต่ละกลุ่มค่าหนึ่ง สำหรับส่วนของร่างกายในกลุ่ม A จะใช้ตารางการประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกายในกลุ่ม A ดังแสดงในตารางที่ 2-1 สำหรับส่วนของร่างกายในกลุ่ม B และใช้ตารางการประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกายในกลุ่ม B ดังแสดงในตารางที่ 2-2 ซึ่งเป็นการจัดลำดับคะแนนโดยใช้หลักการของชีวกลศาสตร์และปัจจัยการทำงานของกล้ามเนื้อในแต่ละท่าการทรงตัว โดยคะแนนที่ได้จากการจับกลุ่มจะมีค่าตั้งแต่ 1-9 คะแนน โดยคะแนน 1 หมายถึงท่าทางการทำงานที่มีภาระต่อโครงสร้างกล้ามเนื้อและกระดูกน้อยที่สุด คะแนนที่แตกต่างกันจะขึ้นกับภาระงานของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก

หลังจากที่ได้คะแนน A และ B จากตารางที่ 2-1 และ 2-2 ค่าเหล่านี้จะถูกรวมกับค่าภาระงานสถิติของกล้ามเนื้อ เช่น การเคลื่อนที่ทำงานซ้ำๆ และงานที่ต้องใช้แรงในการทำงาน ซึ่งจะได้เป็นค่าใหม่คือ คะแนน C และ D ดังแสดงในสมการที่ (2-2) และ (2-3)

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

$$\text{คะแนน B} + \text{Muscle Use and Force Scores for Group B} = \text{คะแนน D} \quad (2-3)$$

โดยคะแนนของ Muscle Use and Force Scores ที่นำไปบวกเพิ่มคะแนนเป็นดังนี้

Muscle Use

1 คะแนน

ถ้างานที่ทำส่วนใหญ่เป็นงานสถิติ หรือเป็นงานยกน้ำหนักที่มีระยะเวลาการยกนานกว่า 1 นาที หรือเป็นงานซ้ำที่มีการทำงานซ้ำมากกว่า 4 ครั้งต่อนาที

Force Score

- 0 คะแนน ถ้าไม่มีน้ำหนัก หรือน้ำหนักน้อยกว่า 2 ก.ก.
- 1 คะแนน กรณีต้องยกน้ำหนัก 2-10 ก.ก. ในลักษณะยก/วาง เป็นครั้งๆ ไป
- 2 คะแนน กรณีต้องยกน้ำหนัก 2-10 ก.ก. ในลักษณะเป็นงานสถิติ หรือกรณีต้องยกน้ำหนัก 2-10 ก.ก. เป็นงานซ้ำ
- 3 คะแนน กรณีต้องยกน้ำหนัก 10 ก.ก. หรือมากกว่าในลักษณะเป็นงานสถิติ หรือกรณีต้องยกน้ำหนัก 10 ก.ก. หรือมากกว่าในการทำงานซ้ำๆ หรือกรณีที่มีการกระชากหรือเป็นงานเร่ง

ตารางที่ 2-1 การหาค่าคะแนน A จากการประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย
ในกลุ่ม A (McAtamney and Corlett, 1993)

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 2-1 (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

ตารางที่ 2-2 การหาค่าคะแนน B จากการประเมินการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย
ในกลุ่ม B (McAtamney and Corlett, 1993)

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

2.1.10.3 ขั้นที่ 3 การหาค่าคะแนนทั้งหมดและการประเมินผล

ขั้นที่ 3 ของเทคนิค RULA จะรวมคะแนน C และ D เข้าเป็นคะแนนเดียวกันโดยการใช้ภาพที่ 2-16 ในการหาค่าคะแนนรวม ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ ตามระดับคะแนน 1-7 ซึ่งขึ้นอยู่กับความเสี่ยงในการบาดเจ็บของโครงสร้างกล้ามเนื้อและกระดูกที่ถูกประเมิน

คะแนน 1-2 หมายถึงค่าที่ยอมรับได้ ถ้าไม่มีการทำงานที่ยาวนานหรือเป็นการทำงานซ้ำซากนานๆ

คะแนน 3-4 แสดงว่าการทำงานควรให้ความสนใจ และอาจต้องมีการปรับปรุงการทำงานบางอย่าง

คะแนน 5-6 แสดงว่าการทำงานต้องให้ความสนใจ และมีการปรับปรุงการทำงาน

คะแนน 7 ขึ้นไป แสดงว่าต้องมีการศึกษาเพื่อปรับปรุงการทำงานทันที

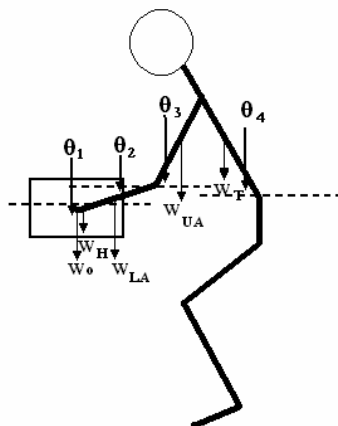
		Score D (Neck, Trunk, Leg)						
		1	2	3	4	5	6	7+
Score C (Upper Limb)	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

ภาพที่ 2-16 การหาค่าคะแนนรวมจากคะแนน C และ D (McAtamney and Corlett, 1993)

2.1.11 การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์

การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ เพื่อหาค่าแรงและโมเมนต์ที่กระทำบนข้อต่อต่างๆ ของร่างกาย สามารถทำได้โดยกำหนดให้แบบจำลองของร่างกายเป็นวัตถุแข็งเกร็ง (Rigid Body) คือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและชิ้นส่วนทั้งหมดอยู่คงที่ แรงที่กระทำต่อร่างกายคือน้ำหนักวัตถุที่ยก (W_o) และน้ำหนักหรือมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายในที่นี้ คือน้ำหนักมือ (W_H) น้ำหนักของแขนส่วนล่าง (W_{LA}) น้ำหนักของแขนส่วนบน (W_{UA}) และน้ำหนักของลำตัวบนเหนือ L5/S1 (W_T) ซึ่งรวมน้ำหนักของศีรษะ คอและลำตัวเหนือ L5/S1 (Tayyari and Smith, 1997)

สำหรับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่าทางในการทำงานของร่างกาย เพื่อใช้ในการคำนวณในลักษณะ 2 มิติ สามารถหาได้จากภาพถ่ายในระนาบข้าง (Sagital Plan) หลังจากนั้นก็กำหนดตำแหน่งของข้อต่อต่างๆ ของร่างกายที่สนใจลงในรูปและลากเส้นเชื่อมต่อจะได้แผนภาพออกมาดังแสดงในภาพที่ 2-17 การคำนวณที่จะแสดงให้เห็นต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของการคำนวณเพื่อหาแรงและโมเมนต์ที่ข้อต่อส่วนต่างๆ ของร่างกาย (Tayyari and Smith, 1997)

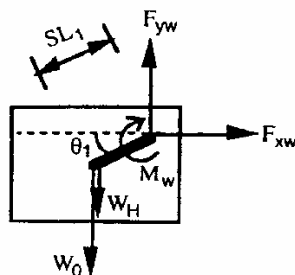


ภาพที่ 2-17 แสดงตำแหน่งแรง (Free Body Diagram) และทิศทางที่กระทำต่อส่วนต่างๆ ของร่างกาย (Tayyari and Smith, 1997)

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 โดยกำหนดให้ $\theta_1 = 30^\circ, \theta_2 = 30^\circ, \theta_3 = 80^\circ, \theta_4 = 45^\circ$ น้ำหนักของภาระเท่ากับ 15 กิโลกรัม

2.1.11.1 การคำนวณส่วนของข้อมือ

ด้วยอาศัยหลักพื้นฐานทางกลศาสตร์ จะสามารถเขียนแผนภาพแรงที่กระทำต่อข้อมือได้ดังภาพที่ 2-18 จะสมมติว่าน้ำหนักของวัตถุที่ถูกยกมีแนวแรงเนื่องจากน้ำหนักผ่านจุดศูนย์กลางมวลของมือด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 2-18 แสดงตำแหน่งแรง (Free Body Diagram) ของมือ (Tayyari and Smith, 1997)

W_o = แรงที่เกิดจากภาระงานจากภายนอก ซึ่งเท่ากับ mg

$$= 15 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m.s}^{-2} = 147 \text{ N}.$$

W_H = แรงที่เกิดจากน้ำหนักของมือ

M_w = โมเมนต์ที่เกิดรอบข้อมือ

F_{xw} = แรงในแนวระนาบ หรือแนวแกน x

F_{yw} = แรงในแนวดิ่ง หรือแกน y

θ_1 = มุมของแขนวัดจากแนวระนาบ สำหรับตัวอย่าง เท่ากับ 30

SL_1 = ความยาวข้อมือถึงจุดกึ่งกลางมวลของมือ สำหรับตัวอย่างเท่ากับ 0.07 เมตร

จากสมการสมดุลของแรงและโมเมนต์ จะสามารถหาแรงและโมเมนต์ที่กระทำต่อมือได้ดังนี้

$$\sum F_x = F_{xw} = 0$$

$$\sum F_y = F_{yw} - W_o - W_H = 0$$

$$\sum M_w = M_w - (W_o + W_H) \cdot SL_1 \cdot \cos \theta_1$$

จากสูตรเราสามารถคำนวณค่าต่างๆได้ดังนี้

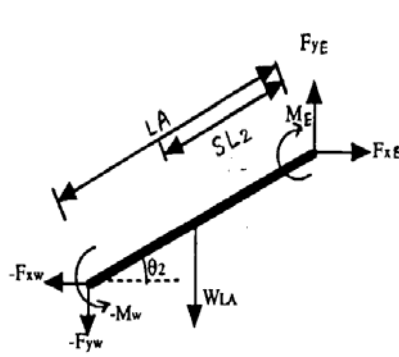
$$F_{xw} = 0$$

$$F_{yw} = W_o + W_H = 147 \text{ N} / 2 + 4.1 = 77.6 \text{ N}.$$

$$M_w = (W_o + W_H) \cdot SL_1 \cdot \cos \theta_1 = (77.6 \text{ N}) \cdot \cos 30^\circ = 4.7 \text{ N.m}$$

โดยจากรูปตัวอย่างเราสามารถคำนวณค่าแรงที่เกิดกับมือข้างใดข้างหนึ่ง เนื่องจากเป็น
การยกในแนวระนาบหน้า-หลังซึ่งมีความสมมาตรกัน

2.1.11.2 การคำนวณสำหรับในส่วนของแขนส่วนล่าง (จากมือถึงข้อศอก) แสดงดัง
ภาพที่ 2-19



ภาพที่ 2-19 แสดงตำแหน่งแรง (Free Body Diagram) ของแขนส่วนล่าง (Lower Arm)

(Tayyari and Smith, 1997)

- W_{LA} = แรงที่เกิดจากน้ำหนักของแขนเทียบกับน้ำหนักตัวของผู้ทดสอบ
 $= m_{LA} \cdot g = (0.017.70kg) \cdot (9.8m.s^2) = 11.7N$.
 θ_2 = มุมของแขนส่วนล่างที่กระทำกับแนวระนาบ
 SL_2 = ความยาวที่วัดจากข้อศอกถึงข้อมือ
 λ_2 = ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลเทียบกับความยาวของแขนส่วนล่างตัวอย่างเท่ากับ 0.43
 M_E = โมเมนต์ที่เกิดรอบข้อศอก
 F_{XE} = แรงในแนวระนาบที่ข้อศอกในลักษณะของ Static Equilibrium
 F_{YE} = แรงในแนวตั้งที่ข้อศอกในลักษณะของ Static Equilibrium

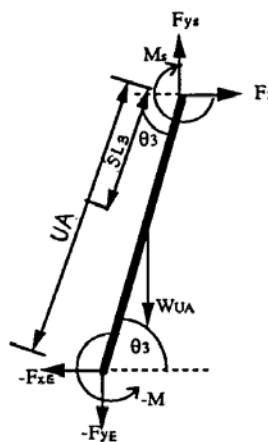
จากสมการสมดุลของแรงและโมเมนต์ จะสามารถหาแรงและโมเมนต์ที่กระทำต่อแขนส่วนล่างหรือข้อศอกได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \sum F_X &= -F_{XW} + F_{XE} = 0 \\
 \sum F_Y &= -F_{YW} - W_{LA} + F_{YE} = 0 \\
 \sum M_W &= M_E - M_W - W_{LA} \cdot \lambda_2 \cdot SL_2 \cdot \cos \theta_2 - F_{YW} SL_2 \cdot \cos \theta_2 - F_{XW} \cdot SL_2 \cdot \sin \theta_2 = 0
 \end{aligned}$$

จากสูตร สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 F_{XE} &= 0 \\
 F_{YE} &= F_{YW} + W_{LA} = 77.6N + 11.7N = 89.3N \\
 M_E &= 4.7N \cdot m + 11.7N \cdot 0.43 \cdot 0.28m \cdot \cos 30 + 77.6N \cdot 0.28m \cdot \cos 30 = 24.7N \cdot m
 \end{aligned}$$

2.1.11.3 การคำนวณสำหรับส่วนของแขนส่วนบน (จากข้อศอกถึงหัวไหล่) แสดงดังภาพที่ 2-20



ภาพที่ 2-20 แสดงตำแหน่งแรง (Free Body Diagram) ของแขนส่วนบน (Upper Arm)
 (Tayyari and Smith, 1997)

- W_{UA} = แรงที่เกิดจากน้ำหนักของแขนส่วนบนโดยเทียบกับน้ำหนักตัวของผู้ทดสอบ
 $= m_{UA} \cdot g = (0.028.70kg) \cdot (9.8m.s^2) = 19.2N$
 θ_3 = มุมของแขนส่วนบนกระทำกับแนวระนาบ
 SL_3 = ความยาวที่วัดจากหัวไหล่ถึงข้อศอก
 λ_3 = ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลเทียบกับความยาวของแขนส่วนบนตัวอย่างเท่ากับ 0.436 วัดจากหัวไหล่ถึงข้อศอก
 M_S = โมเมนต์ที่เกิดรอบหัวไหล่
 F_{XS} = แรงในแนวระนาบที่หัวไหล่ในลักษณะของ Static Equilibrium
 F_{YS} = แรงในแนวตั้งที่หัวไหล่ในลักษณะของ Static Equilibrium

จากสมการสมดุลของแรงและโมเมนต์ จะสามารถหาแรงและโมเมนต์ที่กระทำต่อแขนส่วนบนหรือหัวไหล่ได้ดังนี้

$$\sum F_X = -F_{XE} + F_{XS} = 0$$

$$\sum F_Y = -F_{YE} - W_{UA} + F_{YS} = 0$$

$$\sum M_E = M_S - M_E - W_{UA} \cdot \lambda_3 \cdot SL_3 \cdot \cos \theta_3 - F_{YE} SL_3 \cdot \cos \theta_3 - F_{XE} \cdot SL_3 \cdot \sin \theta_3 = 0$$

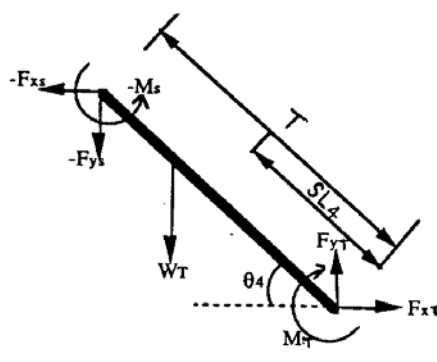
จากสูตร สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$F_{XS} = 0$$

$$F_{YS} = F_{YE} + W_{UA} = 89.3N + 19.2N = 108.5N$$

$$M_S = 24.7N.m + 19.2N \cdot 0.436 \cdot 0.30m \cdot \cos 80 + 89.3N \cdot 0.30m \cdot \cos 80 = 29.8N.m$$

2.1.11.4 การคำนวณสำหรับในส่วนของลำตัวแสดงดังภาพที่ 2-21



ภาพที่ 2-21 แสดงตำแหน่งแรง (Free Body Diagram) ของลำตัว (Trunk)
 (Tayyari and Smith, 1997)

$$\begin{aligned}
F_{YS} &= 108.5 \text{ N สำหรับหัวไหล่แต่ละข้าง} = 217.0 \text{ N สำหรับหัวไหล่ทั้ง 2 ข้าง} \\
W_T &= \text{แรงที่เกิดจากน้ำหนักของแขนส่วนบนโดยเทียบกับน้ำหนักตัวของผู้ทดสอบ} \\
&= m_T \cdot g = (0.45.70\text{kg}) \cdot (9.8\text{m.s}^2) = 308.7\text{N}. \\
\theta_4 &= \text{มุมของลำตัวที่กระทำกับแนวระนาบ} \\
SL_4 &= \text{ความยาวที่วัดจากหัวไหล่ถึงตำแหน่ง L5/S1 สำหรับตัวอย่างเท่ากับ 0.36 m.} \\
\lambda_4 &= \text{ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลเทียบกับความยาวของลำตัววัดจากตำแหน่ง} \\
&\quad \text{L5/S1 ตัวอย่างเท่ากับ 0.67 โดยประมาณ} \\
M_T &= \text{โมเมนต์ที่เกิดรอบ S5/L1} \\
F_{XT} &= \text{แรงในแนวระนาบที่ตำแหน่ง L5/S1 ในลักษณะของ Static Equilibrium} \\
F_{YT} &= \text{แรงในแนวตั้งที่ตำแหน่ง L5/S1 ในลักษณะของ Static Equilibrium}
\end{aligned}$$

จากสมการสมดุลของแรงและโมเมนต์ จะสามารถหาแรงและโมเมนต์ที่กระทำต่อลำตัวได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
\sum F_X &= -F_{XS} + F_{XT} = 0 \\
\sum F_Y &= -F_{YS} - W_T + F_{YT} = 0 \\
\sum M_E &= M_S - M_T - W_T \cdot \lambda_4 \cdot SL_4 \cdot \cos \theta_4 - F_{YS} SL_4 \cdot \cos \theta_4 - F_{XS} \cdot SL_4 \cdot \sin \theta_4 = 0
\end{aligned}$$

จากสูตร สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
F_{XT} &= 0 \\
F_{YT} &= F_{YS} + W_T = 217.0\text{N} + 308.7\text{N} = 525.7\text{N} \\
M_T &= 59.6\text{N.m} + 308.7\text{N} \cdot 0.67 \cdot 0.36\text{m} \cdot \cos 45 + 217.0\text{N} \cdot 0.36\text{m} \cdot \cos 45 = 167.5\text{N.m}
\end{aligned}$$

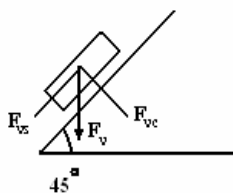
การอธิบายถึงวิธีการคำนวณในลักษณะการวิเคราะห์แบบ Static ดังที่แสดงข้างต้นนี้จะได้โมเมนต์รอบ L5/S1 เท่ากับ 167.5 N.m. ถ้าเราสมมุติให้กลุ่มของกล้ามเนื้อที่เรียกว่า Erector Spinae Muscle Group ซึ่งเป็นกลุ่มของกล้ามเนื้อหลังที่ก่อให้เกิดโมเมนต์บริเวณ L5/S1 และเราสามารถประมาณแรงที่กล้ามเนื้อในกลุ่ม Erector Spinae Muscle ได้ถ้าเราทราบถึงค่าระยะห่างโมเมนต์ของกล้ามเนื้อโดยวัดจากบริเวณ L5/S4 ซึ่งเท่ากับ 0.04 m.

$$F \cdot d = M_T = 167.5 \text{ N.m}$$

$$F = \frac{167.5\text{N.m}}{0.04\text{m}} = 4187.5\text{N}$$

และเราสามารถหาแรงเฉือนที่กระทำต่อ L5/S1 ได้จากตัวอย่างถ้าเราทราบมุมของหลังที่กระทำในแนวนอนโดยแรงนี้เกิดจากกล้ามเนื้อในกลุ่ม Erector Spinae Muscle ดังแสดงในภาพที่ 2-22

$$\begin{aligned}
 F_v &= \text{แรงที่เกิดจากน้ำหนักทั้งหมดในแนวดิ่งที่กระทำต่อ L5/S1} \\
 &= W_o + W_H + W_{LA} + W_{UA} + W_T \\
 &= 147 + 2(4.1) + 2(11.7) + 2(19.2) + 308.7 = 525.7 \text{ N}
 \end{aligned}$$



ภาพที่ 2-22 แสดงทิศทางของแรงเฉือนที่กระทำต่อหมอนรองกระดูก L5/S1

$$\begin{aligned}
 F_{vc} &= 525.7 \cos 45 = 371.7 \text{ N} \\
 F_{vs} &= 525.7 \sin 45 = 371.7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

โดยแรงกดรวม (F_c) และแรงเฉือน (F_s) จะเป็นดังนี้

$$\begin{aligned}
 F_c &= 371.7 + 4187.5 = 4559.2 \text{ N} \\
 F_s &= F_{vs} = 371.7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยจากต่างประเทศ

Andersson, et al. (1976) ได้ทำการศึกษาการวัดแรงดันในหมอนรองกระดูก และสัญญาณ EMG ของกล้ามเนื้อหลังของท่าการทรงตัวแบบต่างๆ ทั้งที่มีภาระงานและไม่มี และได้สรุปว่าสามารถใช้สัญญาณ EMG ของกล้ามเนื้อหลังในการทำนายแรงดันในหมอนรองกระดูกได้

Dillitto, et al. (1989) ทำการศึกษาวิธีการยกแบบย่อตัว (Squat Lift) โดยศึกษา EMG ที่ Erector Spinae and Oblique Abdominal เพื่อที่จะศึกษาผลที่แตกต่างกันของการวางตัวของกระดูกสันหลัง (โค้งเข้า และโค้งออก) และผลของน้ำหนัก 3 ระดับ นำ EMG มาทำ Full Wave Rectify and Linear Envelope Detect โดย MVIC (Maximum Voluntary Isometric Contraction) ในการเปรียบเทียบและพบว่า EMG ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทั้งใน Erector Spinae and Oblique Abdominal หากหลังโค้งออก และสรุปว่าเนื่องจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ

เพื่อป้องกันหลังในช่วงแรกของการยก เพื่อเอาชนะความเฉื่อยของน้ำหนักที่ยก หลังที่โค้งเข้าจะเป็นวิธีการที่ปลอดภัยในการยกแบบย่อตัว

Jager and Luttmann (1992) ได้สรุปผลการศึกษาของแรงกดที่กระทำต่อกระดูกสันหลังไว้ว่ากระดูกสันหลังส่วนล่าง (Lumbar Spinal Column) ของชายจะชำรุดเมื่อรับแรงกดที่ 5700 N. (SD = 2600 N.) สำหรับหญิงกระดูกสันหลังส่วนเอวจะเริ่มปรากฏการชำรุดที่รับแรง 3900 N. (SD = 1500 N.) นอกจากนี้ยังมีปัจจัย ที่มีอิทธิพลต่อความสามารถของกระดูกสันหลังอื่นๆ อีก

Snook, et al. (1970) ได้รายงานถึงการเจ็บหลังส่วนล่างว่า อย่างน้อย 18% ของการบาดเจ็บเกิดจากการหมุน หรือ บิดลำตัว ในขณะที่ยกภาระ และ 2 ใน 3 ของการยกจะมีผลจากการก้ม หรือ การโค้งงอ ของลำตัว

Yu, et al. (1984) ได้ทำการรวบรวมและศึกษาถึงงานวิจัยที่ผ่านมา ทำให้สรุปได้ว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บบริเวณหลังส่วนล่างคือ ปัจจัยเสี่ยงอันเนื่องมาจากตัวคนงานเอง (Individual Risk Factors) และปัจจัยของลักษณะงาน (Occupational Factors)

2.1.2 งานวิจัยภายในประเทศ

กาญจน์ (2546) ทำการวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อคนงานชายไทยที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม โดยทดสอบ 4 ตำแหน่ง ได้แก่ กล้ามเนื้อหลัง กล้ามเนื้อแขน กล้ามเนื้อขา และกล้ามเนื้อมือ พบว่า มีค่าเฉลี่ยของกำลังสถิติของกล้ามเนื้อหลัง $66.27 (\pm 19.56)$ กก. ค่าเฉลี่ยของกำลังสถิติของกล้ามเนื้อแขน $28.28 (\pm 5.08)$ กก. ค่าเฉลี่ยของกำลังสถิติของกล้ามเนื้อขา $93.17 (\pm 30.54)$ กก. ค่าเฉลี่ยของกำลังสถิติของกล้ามเนื้อมือ $42.11 (\pm 7.51)$ กก. จากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบผลงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยภายในประเทศ โดยใช้ค่าสถิติ Z ผลการทดสอบพบว่ากำลังสถิติของกล้ามเนื้อแขน ขา และมือมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนกำลังสถิติของกล้ามเนื้อหลังนั้นไม่มีความแตกต่างกัน ผลการเปรียบเทียบงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยจากต่างประเทศได้แก่ สหรัฐอเมริกา สวีเดน ไต้หวัน และญี่ปุ่นพบว่ากำลังสถิติของกล้ามเนื้อทุกตำแหน่งมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดำรง (2538) สรุปว่า สาเหตุของการปวดหลังเกิดจากความเสียหายของหมอนรองกระดูกสันหลัง เพราะแนวโค้งของกระดูกสันหลังที่ผิดไปจากปกติ จะทำให้หมอนรองกระดูกสันหลังผิดรูปไปได้ และสาเหตุที่สำคัญคือท่วงท่าที่ใช้ในชีวิตประจำวัน (Posture) ไม่ว่าจะเป็นท่ายืนที่ต้องยืนอยู่ท่าเดียวนานๆ ท่าหยิบหรือยกภาระและท่าหิ้วภาระซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเรียนรู้วิธีการที่ยกหรือหิ้วภาระให้ถูกต้อง และเหมาะสมกับขนาดน้ำหนักของภาระนั้นๆ

วิรุฬ (2523) ได้กล่าวถึงสาเหตุที่มักพบบ่อยๆ ของอาการปวดหลังซึ่งสาเหตุหนึ่งก็คือกล้ามเนื้อหลังหดตัวและเกร็งตัว มักจะเป็นกับคนที่มีความสามารถในการทำงานสูงสุด ส่วนมากมีประวัติการใช้งานหลังหนักในลักษณะเดียวกันซ้ำอยู่นานๆ

สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน (2531) ได้ทำการวิจัยและสรุปว่า ความสูงของงานเป็นสิ่งสำคัญมากถ้าไม่ถูกต้องจะทำให้ร่างกายเหนื่อยล้าได้เร็วมาก ระดับความสูงที่เหมาะสม

ควรอยู่ในระดับที่สามารถทำงานได้โดยไหล่ทั้งสองข้างอยู่ในท่าที่สบายตามธรรมชาติ งานจะต้องอยู่ในตำแหน่งใกล้เคียง ถ้าเป็นงานละเอียดที่ต้องการความแม่นยำ ระดับความสูงจะสูงกว่างานอื่น เพราะต้องใช้สายตา โดยปกติแล้วงานที่ต้องการความละเอียดนี้จะต้องมีที่วางแขนด้วย

อำนาจ (2536) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลสัมพันธ์กับอาการปวดหลัง อันเนื่องมาจากการทำงานในสายการประกอบรถบรรทุกขนาดเล็ก 1 คัน โดยทำการสัมภาษณ์ เพื่อประเมินความรุนแรงของปัญหาและคัดเลือกพนักงานใน 5 แผนกทั้งหมด 34 คนเพื่อทดลองเก็บข้อมูลการทำงานทั้งหมด 46 งาน โดยการวัด EMG และวิเคราะห์ท่าทางการทำงานจาก ภาพวิดีโอโดยใช้เทคนิค RULA ผลการทดลองพบว่าค่า % ของสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ สูงสุดในการทำงานหรือ %MVE กับคะแนน RULA มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และปัจจัยในการทำงานที่สนใจคือท่าการก้มของหลัง น้ำหนักชิ้นงาน ความสูงในการทำงาน และระยะเวลาในการทำงาน

จากทฤษฎีและงานวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่าภาวะความไม่สบายของร่างกายที่เกิดขึ้น อันเนื่องมาจากการทำงานมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงาน สถานงาน เครื่องจักร เครื่องมือ รวมไปถึงเนื้องาน มีสภาพไม่เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน และภาวะความไม่สบายของร่างกายอันเนื่องมาจากการทำงานที่พบบ่อยคือ อาการปวดหลัง ดังนั้น เพื่อลดระดับภาวะความไม่สบายของร่างกายอันเนื่องมาจากการทำงาน จึงจำเป็นต้องใช้หลักการยศาสตร์ในการปรับปรุงสภาพการทำงาน เช่น ใช้หลักการออกแบบทางหลักการยศาสตร์ ในการปรับปรุงสถานงาน

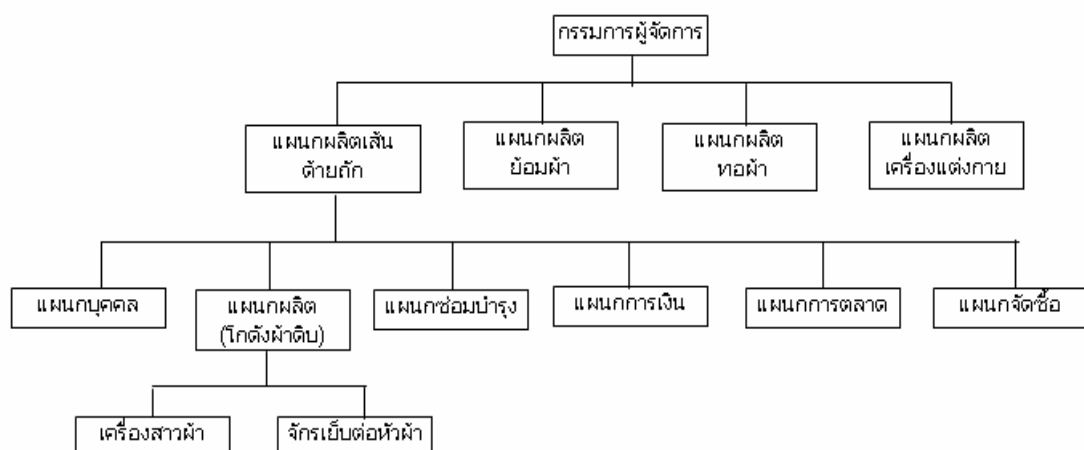
บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียวในรูปแบบก่อนและหลังปรับปรุง โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไปโดยใช้ “แบบสำรวจสุขภาพของพนักงาน” และ “แบบสัมภาษณ์พนักงาน” การวิเคราะห์การทำงานด้วยท่าทางเทคนิค RULA การวัดสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG) และการคำนวณหาค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงประชากรของโรงงานตัวอย่างและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล วิธีการคำนวณหาค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 ค่าตัวแปรต่างๆ ก่อนการปรับปรุงสภาพการทำงาน และการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาตลอดจนการแก้ไขปรับปรุงสภาพการทำงานใหม่

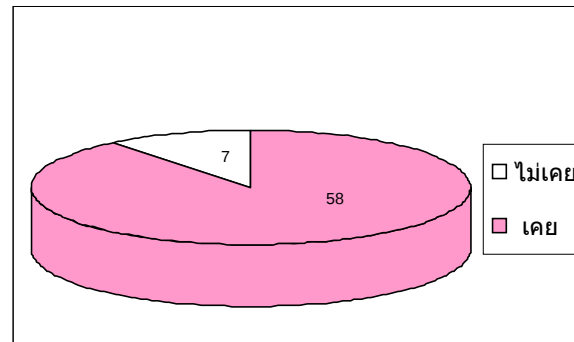
3.1 ประวัติความเป็นมาของโรงงานตัวอย่าง

การศึกษานี้ได้กระทำในโรงงานย้อมผ้าถักตัวอย่าง ซึ่งตั้งอยู่ ถนนเศรษฐกิจ 1 ตำบลท่าไม้ อำเภอกะทู้มบะน จังหวัดสมุทรสาคร ในโรงงานนี้มีพนักงานประมาณ 250 คน เป็นพนักงานชายประมาณ 220 คน มีกำลังการผลิตเฉลี่ย 1000 ตันต่อเดือน แผนภูมิการจัดการของโรงงานดังแสดงในภาพที่ 3-1



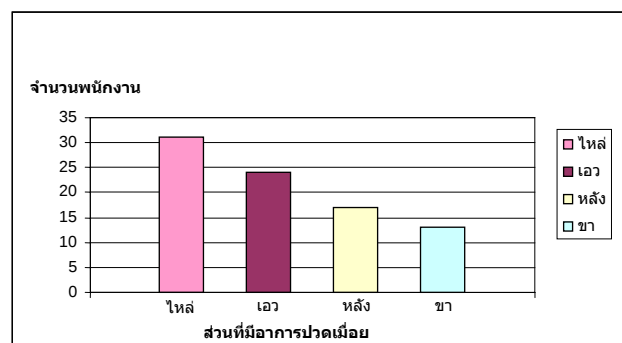
ภาพที่ 3-1 แผนภูมิการจัดการของโรงงานย้อมผ้าถักตัวอย่าง

การศึกษานี้ได้เริ่มจากการสอบถามพนักงานหลายๆ แผนก ที่ทำงานในฝ่ายผลิต โดยใช้ “แบบสำรวจสุขภาพของพนักงาน” (แสดงในภาคผนวก ก) โดยสุ่มสอบถามพนักงานทั้งหมด 65 คน การตอบแบบสอบถามสุขภาพของอาสาสมัครคนหนึ่งแสดงในภาพที่ 3-4 ซึ่งสรุปได้ว่ามีจำนวนพนักงานที่มีอาการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกายจำนวน 58 คน หรือประมาณ 89% ดังแสดงในภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 แสดงจำนวนพนักงานที่เคยและไม่เคยมีอาการปวดเมื่อยตามร่างกาย

ถ้าพิจารณาเฉพาะผู้ที่มีอาการปวดมีประมาณ 31 คน หรือประมาณ 54% มีอาการปวดไหล่ 24 คนหรือประมาณ 41% มีอาการปวดเอว และ 17 คน หรือประมาณ 29% มีอาการปวดหลัง ดังแสดงในภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 แผนภูมิแสดงจำนวนพนักงานที่มีอาการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกาย

แบบสำรวจสุขภาพพนักงาน
(MODIFIED FROM CERGO QUESTIONNAIRE)

ประเภทของงาน / แผนกงาน / ชื่อหัวหน้างานโดยตรง / หน้าที่งาน

(ระบุ).....*โกดังผ้าดิบ/งานสาวผ้า*.....

อายุ...*26*...ปี ได้มาทำงานในหน่วยงานนี้เป็นเวลา.....*8*..... เดือน

1. ท่านเคยมีความเจ็บปวดบริเวณส่วนหลัง ส่วนแขน ส่วนข้อมือ หรือส่วนมือ บ้างไหม

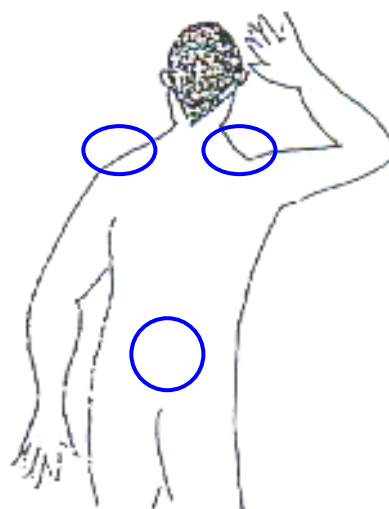
☒ เคย

☐ ไม่เคย

ถ้าท่านตอบว่า ไม่เคย ให้ส่งคืนแบบสอบถามนี้ทันทีโดยไม่ต้องตอบข้ออื่นๆ

ถ้าท่านตอบว่า เคย ให้ตอบคำถามต่อไปนี้ทุกข้อ

วงกลมบริเวณที่ท่านมีความปวดเมื่อย หรือเจ็บปวด บนรูปภาพต่อไปนี้



2. ความเจ็บปวดที่ท่านรู้สึกในข้อ 1 นั้น ท่านเจ็บมากในช่วงเวลา

☐ เช้า

☐ กลางวัน

☒ เย็น

ภาพที่ 3-4 ตัวอย่างแบบสำรวจสุขภาพของพนักงานของอาสาสมัครคนที่ 1

3. ระดับความเจ็บปวดที่ท่านได้รับรู้สึกว่	☒ พอทนได้
	☐ เจ็บปวดมาก
4. ขณะที่ท่านกำลังตอบแบบสอบถามอยู่ ความเจ็บปวดดังกล่าว	☐ หายไปหมดแล้ว
	☐ ยังคงมีอยู่
5. ท่านรู้สึกเจ็บปวด	☒ เมื่อเร็วๆ นี้เอง
	☐ เมื่อ 6 เดือนที่แล้ว
	☐ เมื่อประมาณ 1 ปีที่แล้ว
	☐ มากกว่า 1 ปี มาแล้ว
6. ท่านรักษาความเจ็บปวดของท่านอย่างไร	
	☐ ไม่ทำอะไรเลย
	☒ การนวดด้วยยาและครีม
	☐ ไปพบแพทย์เพื่อรักษา
7. การรักษาของท่าน	
	☐ หายขาด
	☐ ไม่ดีขึ้นเลย
	☒ เป็นๆ หายๆ
8. ท่านทำงานในหน้าที่ปัจจุบันโดย	
	☐ นั่งทำงานบนพื้น
	☐ นั่งทำงาน
	☒ ยืนทำงาน
	☐ ทั้งนั่ง และยืนทำงาน
9. ท่านเล่นกีฬา หรือออกกำลังกายประเภทใดบ้างหรือไม่	
	☐ เล่น
	☒ ไม่เล่น
ถ้าท่านเล่นให้ระบุประเภทกีฬา.....	
10. ปกติท่านนอนหลับพักผ่อนที่บ้านในห้องปรับอากาศหรือไม่	
	☐ ใช่
	☒ ไม่ใช่

จากการวิเคราะห์ข้อมูลใน “แบบสำรวจสุขภาพของพนักงาน” พบว่า พนักงานที่มีอาการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกายส่วนใหญ่เป็นพนักงานชายในแผนกผลิตของโรงงานตัวอย่าง 2 แผนก คือ (1) แผนกย้อมผ้า (งานยกถุงโซดาไฟ) (2) แผนกโกดังผ้าดิบ (งานสาวผ้า) จากนั้นจึงสุ่มพนักงานในแผนกย้อมผ้า และ แผนกโกดังผ้าดิบจำนวนแผนกละ 5 คน มาสัมภาษณ์อีกครั้งด้วย “แบบสัมภาษณ์พนักงาน” (แสดงในภาคผนวก ก) เพื่อศึกษาปัญหาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้ออันเนื่องมาจากการทำงานและวิเคราะห์หาค่าดัชนีความผิดปกติ (Abnormality Index; AI) ในแต่ละแผนก โดยทั้ง 2 แผนกที่กล่าวถึง พนักงานจะต้องมีการยกภาระที่หนัก แบบสัมภาษณ์พนักงานที่กรอกแล้วโดยอาสาสมัครคนที่ 1 ของแผนกโกดังผ้าดิบ และการคำนวณหาค่า AI แสดงในภาพที่ 3-5

ข้อมูลจาก “แบบสัมภาษณ์พนักงาน” จะได้ค่า AI เฉลี่ยแสดงในตารางที่ 3-1 ดังนี้

ตารางที่ 3-1 แสดงค่า AI ของแต่ละแผนก

อาสาสมัคร	ค่า AI ของแต่ละแผนก	
	แผนกย้อมผ้า(งานยกถุงโซดาไฟ)	แผนกโกดังผ้าดิบ(งานยกม้วนผ้า)
1	3.13	3.75
2	4.12	3.88
3	2.00	1.88
4	2.63	3.75
5	2.63	3.50
ค่าเฉลี่ย	2.90	3.35

แบบสัมภาษณ์พนักงาน

(MODIFIED FROM CERGO QUESTIONNAIRE)

ชื่อ-สกุล.....**ไกรเลิศ**..... อายุ.....**26**.....ปี เพศ ชาย ☒ หญิง ☐

ความสูง.....**175**.....เซนติเมตร น้ำหนักตัว.....**55**.....กิโลกรัม

ได้มาทำงานในหน่วยงานนี้เป็นเวลา.....**0**.....ปี.....**8**.....เดือน

ได้มาทำงานในหน้าที่งานนี้เป็นเวลา.....**0**.....ปี.....**8**.....เดือน

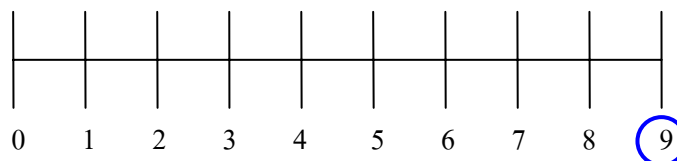
ระดับการศึกษาสูงสุด ☐ ประถมปีที่... ☐ มัธยมปีที่... ☒ ปวช. ☐ ปวส. ☐ปริญญาตรี

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

ลักษณะครอบครัว ☐ แยกกันอยู่ ☐ หย่าขาดจากกัน ☐ ยังอยู่ด้วยกันเป็นปกติ

คู่สมรส ☐ ทำงานที่เดียวกัน ☐ แยกที่ทำงานกัน ☐ ทำงานที่บ้านเป็นแม่บ้าน

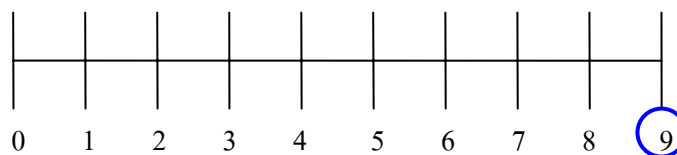
1. ความล้าโดยทั่วไป (General Fatigue) จากการทำงาน



ระดับสบายมาก

สุดแสนจะทรมาณ

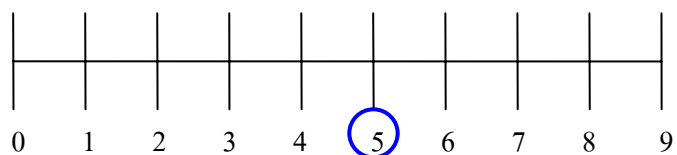
2. ความเสี่ยงต่อการเจ็บปวด บาดเจ็บ จากการทำงาน



ไม่เสี่ยงเลย

มีความเสี่ยงสูงมาก

3. ระดับความสนใจต่องานที่ทำ

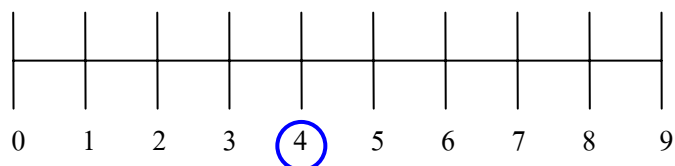


ไม่น่าสนใจเลย

น่าสนใจมากที่สุด

ภาพที่ 3-5 ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์ของพนักงานของอาสาสมัครคนที่ 1

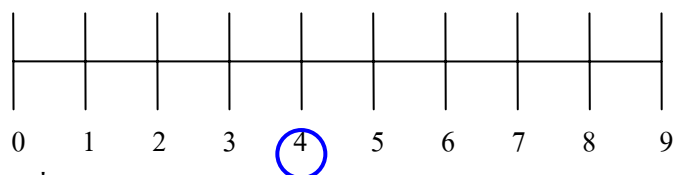
4. ความซับซ้อนของลักษณะงาน



ไม่ซับซ้อนเลย

ซับซ้อนจนเวียนหัว

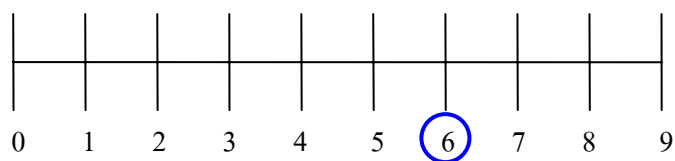
5. ความยากง่ายของการทำงาน



ง่ายมากที่สุด

ยากมากที่สุด

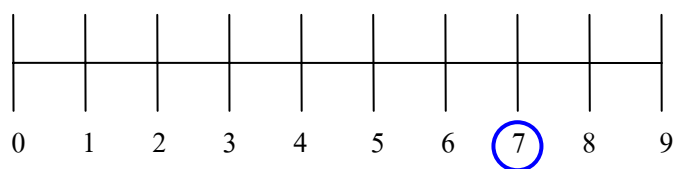
6. จังหวะของการทำงาน



ไม่มีปัญหา

มีปัญหามาก

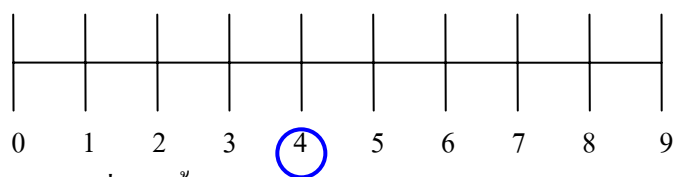
7. ความรับผิดชอบในการทำงาน



ไม่ต้องรับผิดชอบ

ต้องรับผิดชอบสูง

8. ความเป็นอิสระในการทำงาน



ต้องทำตามคำสั่งเท่านั้น

จะทำงานอย่างไรก็ได้

การคำนวณ

$$\frac{SUM[1,2,4,5,6,7,] - SUM[3,8]}{8} = AI \text{ (ดัชนีความไม่ปกติ)}$$

$$\frac{[9+9+4+4+6+7] - [5+4]}{8} = 3.75$$

ค่า AI เท่ากับ 3.75 หมายถึง เริ่มเป็นปัญหามากจนจะทนไม่ไหว

จากตารางที่ 3-1 พบว่าพนักงานที่มีอาการเจ็บปวดในระดับสูง คือ พนักงานในแผนกสาวผ้าคำนวณค่าดัชนีความผิดปกติได้ค่าเฉลี่ย 3.35 ซึ่งหมายถึงจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข รองลงมาคือแผนกย้อมผ้าคำนวณค่าดัชนีความผิดปกติได้ค่าเฉลี่ย 2.90 ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงานในแผนกโกดังผ้าดิบ เพื่อลดปัญหาการเจ็บปวดดังกล่าว

เนื่องจากที่แผนกโกดังผ้าดิบ มีงานสาวผ้า 2 งานดังนี้ งานแรก เป็นงานยกม้วนผ้าหนัก 100-120 กก. และงานที่ 2 เป็นงานยกม้วนผ้าหนัก 40 กก. ซึ่งสำหรับงานวิจัยนี้จะทำการปรับปรุงเฉพาะงานที่ เป็นงานยกม้วนผ้าหนัก 40 กก. เท่านั้น เนื่องจากในงานยกม้วนผ้าหนัก 100-120 กก. ทางโรงงานตัวอย่างได้มีการใช้เครื่องมือเพื่อช่วยในการยกอยู่แล้ว แต่งานยกม้วนผ้าหนัก 40 กก. นั้นยังไม่มีอุปกรณ์หรือเครื่องมือใดๆ มาช่วยยกม้วนผ้า

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและทดลองในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย แบบสำรวจสุขภาพของพนักงาน และแบบสัมภาษณ์พนักงานเพื่อใช้ประเมินระดับความรุนแรงของปัญหา การวิเคราะห์ท่าทางในการทำงานด้วยเทคนิค RULA การวัดสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ EMG ขณะทำงาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Megawin โปรแกรม Scion Image และโปรแกรม Macromedia

3.2.1 แบบสำรวจสุขภาพและสัมภาษณ์พนักงานเพื่อใช้ประเมินระดับความรุนแรงของปัญหา ตัวอย่าง “แบบสำรวจสุขภาพของพนักงาน” และ “แบบสัมภาษณ์พนักงาน” ดังแสดงในภาคผนวก ก

3.2.2 การวิเคราะห์ท่าทางในการทำงานด้วยเทคนิค RULA

อุปกรณ์ที่ใช้

3.2.2.1 กล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหว

3.2.2.2 แบบฟอร์มสำหรับบันทึกคะแนนท่าทางในการทำงานด้วยเทคนิค RULA

โดยจะบันทึกภาพของพนักงานขณะทำงานด้วยกล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหว แล้วนำมาวิเคราะห์ เพื่อให้คะแนนของท่าทางการทรงตัวต่างๆ ของร่างกายขณะทำงาน โดยคะแนนต่างๆ จะถูกจัดเรียงเพื่อเทียบหาคะแนนรวม แล้วนำไปประเมินผล

3.2.3 การวัดสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ EMG ขณะทำงาน อุปกรณ์ที่ใช้

3.2.3.1 เครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG) รุ่น ME 6000 Bio Monitor 8 Channels

3.2.3.2 ชุดวัดกำลังสถิติ (Jackson Strength Evaluation System Model # 32628)

3.2.3.3 คอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมประมวลผล

การเก็บข้อมูลทำโดยติดอิเล็กโทรดบริเวณตำแหน่งกล้ามเนื้อที่จะทำการวัด และต่อสายเข้าเครื่องบันทึกข้อมูล การวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังส่วนล่างขณะทำงานทำโดยให้พนักงานทำงานตามปกติ สำหรับการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด (Maximum Voluntary Electromyography ; MVE) ทำการวัดโดยให้พนักงานดึงเครื่องมือวัดกำลังสถิติ จากนั้นนำค่าที่วัดได้มาเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ โดยค่าสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลังที่นำมาใช้ในการคำนวณเพื่อประเมินผล จะใช้ค่าแบบ Root mean Square (RMS)

3.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

เนื่องจากงานวิจัยนี้จะเป็นการทดลองในภาคสนาม ทำให้มีความจำเป็นต้องควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องให้ได้มากที่สุดเพื่อหลีกเลี่ยงการเก็บข้อมูลที่ผิดพลาด เนื่องจากความล้าของกล้ามเนื้อ มีผลกับสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG) มาก ดังนั้นผู้วิจัยได้เลือกเวลาการทดลองก่อนและหลังปรับปรุง สภาพการทำงานเป็นช่วงเวลาเดียวกัน

สำหรับอาสาสมัครที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง จะกระทำโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างพนักงานในแผนกโกดังผ้าดิบ เนื่องจากที่แผนกโกดังผ้าดิบ มีพนักงานที่ทำงานสาวผ้าทั้งหมด 14 คน แบ่งเป็น 2 กะ กะละ 7 คน จึงทำการสุ่มเลือกอาสาสมัคร 5 คน จากจำนวนพนักงานทั้งหมด 14 คน โดยจะมีวิธีการวัดในแต่ละตัวแปรดังหัวข้อถัดไป

งานวิจัยนี้ได้เข้าไปศึกษารายละเอียดการทำงาน of พนักงานแผนกโกดังผ้าดิบโดยคัดเลือกอาสาสมัครในแผนกสาวผ้าจำนวน 5 คนมาทำการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ทำการศึกษารายละเอียดของวิธีการทำงานและท่าทางในการยกม้วนผ้าหนัก 40 กก. ขึ้นบนโต๊ะสาวผ้า
2. วิเคราะห์ท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค Rapid Upper Limb Assessment (RULA) เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อปัญหาการบาดเจ็บของร่างกาย อันเป็นผลมาจากการทำงานของอาสาสมัครคนที่ 1 งานก่อนการปรับปรุง

3. วัดค่า MVE ของอาสาสมัคร 5 คน โดยวัดที่กล้ามเนื้อทั้งสองคือ หลังส่วนล่างด้านซ้าย (Left Multifidus) และหลังส่วนล่างด้านขวา (Right Multifidus)
4. วัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อในขณะทำงานแบบเก่าของอาสาสมัคร 5 คน โดยใช้เครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ
5. คำนวณหาค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (Fc) ของอาสาสมัครคนที่ 1 ในขณะปฏิบัติงานแบบเก่า
6. สรุปสาเหตุของอาการปวดหลังส่วนล่างของพนักงาน
7. หาวิธีการและออกแบบท่าทางการทำงานใหม่ที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานที่ปลอดภัย
8. วิเคราะห์ท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค RULA หลังจากมีการปรับปรุงวิธีการทำงานแบบใหม่ของอาสาสมัครคนที่ 1
9. วัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในขณะทำงานโดยใช้เครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อของอาสาสมัคร 5 คน หลังจากมีการปรับปรุงวิธีการทำงานแบบใหม่
10. คำนวณหาค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1(Fc) ในขณะปฏิบัติงานของอาสาสมัครคนที่ 1 หลังจากมีการปรับปรุงวิธีการทำงานแบบใหม่
11. เปรียบเทียบค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG) คะแนน RULA และแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (Fc) ที่ได้ของอาสาสมัครคนที่ 1 ก่อนและหลังการปรับปรุงวิธีการยกใหม่
12. สรุปผลที่ได้จากการวิจัย

3.4 การวิเคราะห์ผล

- 3.4.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าคะแนนท่าทางในการทำงาน RULA ก่อนและหลังการปรับปรุงสภาพการทำงาน
- 3.4.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ EMG ในขณะทำงานก่อนและหลังการปรับปรุงสภาพการทำงาน
- 3.4.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (Fc) ก่อนและหลังการปรับปรุงสภาพการทำงาน

3.5 สภาพการทำงานสาวผ้า (ยกม้วนผ้าหนัก 40 กก.) ในแผนกโกดังผ้าดิบ

ก่อนการปรับปรุงสภาพงาน

พนักงานในแผนกโกดังผ้าดิบทำงานยกม้วนผ้าขนาดยาวประมาณ 200 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางของม้วนผ้าเฉลี่ย 25 ซม. มีน้ำหนักเฉลี่ย 40 กก. โดยยกจากพาลเลตขึ้นโต๊ะเตรียมสาวผ้า ซึ่งเป็นการยกโดยไม่มีอุปกรณ์ช่วยยก และระยะการยก มีความสูงในระดับที่ต้อง

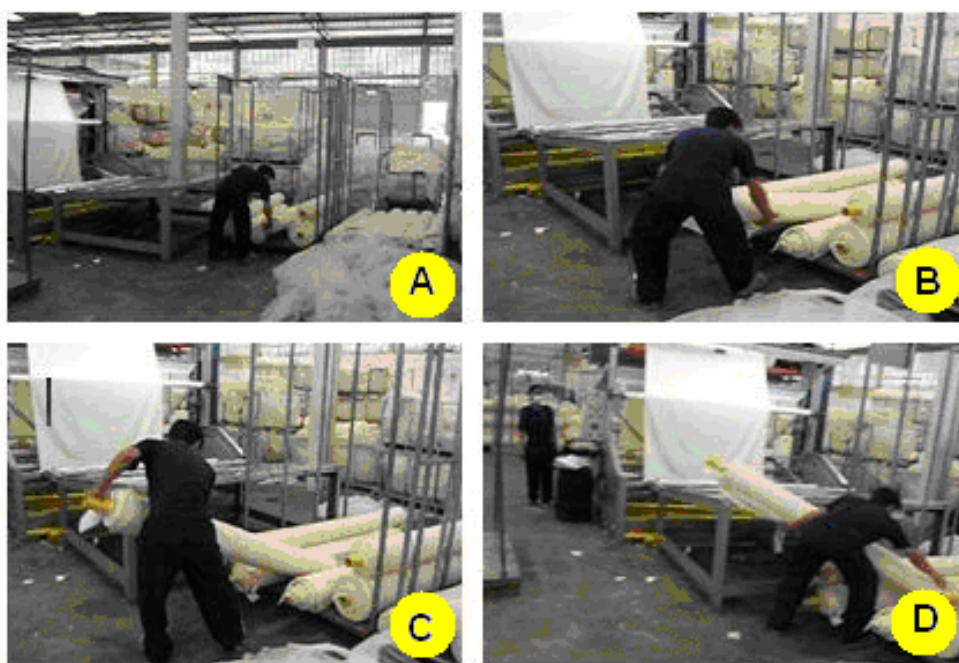
กัมตั่วลงมากเพื่อหยิบม้วนผ้าจากพาลเล็ทขึ้นโต๊ะเตรียมสาวผ้า โดยที่ระดับต่ำที่สุดที่พนักงานจะต้องทำงานคือหยิบม้วนผ้าจากชั้นล่างสุดของพาลเล็ท ที่ความสูงจากพื้นประมาณ 15 ซม. และไปวางบนโต๊ะสาวผ้าที่มีความสูงจากพื้น 85 ซม. บนพาลเล็ทจะวางม้วนผ้าจำนวนชั้นละประมาณ 3-4 ม้วน จำนวนประมาณ 3-4 ชั้นขึ้นอยู่กับปริมาณงานในใบสั่งนั้นๆ รูปภาพโต๊ะสาวผ้าได้จากภาพที่ 3-6 รูปภาพด้านข้างของสถานีงานได้ดังภาพที่ 3-7 และ ภาคผนวก ข และ ดูขั้นตอนการทำงานของพนักงานแผนกโกดังผ้าดิบได้ดังภาพที่ 3-8 โดยขั้นตอนที่ 2 จะเป็นขั้นตอนที่พนักงานจะต้องทำการยกม้วนผ้าหนัก 40 กก. ขึ้นโต๊ะสาวผ้า



ภาพที่ 3-6 สถานีงานการสาวผ้า

3.6 วิเคราะห์ท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค Rapid Upper Limb Assessment (RULA) เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อปัญหาการบาดเจ็บของร่างกายอันเป็นผลมาจากการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน

ในการวิเคราะห์ท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค RULA นี้ จะทำการวัดโดยใช้วิดีโอเทป ถ่ายท่าทางการทำงาน แล้วนำมาเปิดย้อนกลับดู เพื่อประเมินและบันทึกท่าทางการทำงานเป็นตัวเลขลงในตารางบันทึก ในการบันทึกคะแนนท่าทางการทำงาน จะใช้วิธีการสังเกตพนักงาน โดยทำการบันทึกวิดีโอขณะที่พนักงานกำลังปฏิบัติงานหลายๆ รอบ สำหรับงานยกม้วนผ้าหนัก 40 กก. 1 ม้วน ขึ้นโต๊ะสาวผ้านี้ สามารถแบ่งท่าทางการทำงานออกเป็น 4 ท่าทาง ดังแสดงในภาพ 3-9



A) พนักงานกำลังก้มหยิบม้วนผ้าจากพาลเลต B) พนักงานกำลังจะดึงม้วนผ้าออกจากพาลเลต
C) พนักงานทำการดึงม้วนผ้าออกจากพาลเลต D) พนักงานกำลังยกม้วนผ้าขึ้นโต๊ะสาวผ้า

ภาพที่ 3-9 แสดงท่าทางการทำงาน ในงานยกม้วนผ้าหนัก 40 กก.

การประเมินท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค RULA

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ก่อนการปรับปรุงสภาพการทำงาน ของอาสาสมัครคนที่ 1 โดยใช้แบบฟอร์มดังแสดงในภาคผนวก ค จากภาพที่ 3-9 จะแบ่ง การคำนวณออกเป็น 4 ช่วงตามลำดับภาพย่อย A-D ผลการประเมินค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ก่อนการปรับปรุงสภาพการทำงานของอาสาสมัครคนที่ 1 ดังแสดงในภาพที่ 3-10, 3-11, 3-12 และ 3-13 ดังนี้

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

Step 1: Locate Upper Arm Position

Step 1a: Adjust...

If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or posture is leaning: -1

Final Upper Arm Score = +3

Step 2: Locate Lower Arm Position

Step 2a: Adjust...

If arm is working across midline of the body: +1
If arm out to side of body: +1

Final Lower Arm Score = +1

Step 3: Locate Wrist Position

Step 3a: Adjust...

If wrist is bent from the midline: +1

Final Wrist Score = +3

Step 4: Wrist Twist

If wrist is twisted mainly in mid-range: +1
If twist at or near end of twisting range: +2

Wrist Twist Score = +1

Step 5: Look-up Posture Score in Table A

Use values from steps 1, 2, 3 & 4 to locate Posture Score in Table A.

Posture Score A = 4

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mostly static (i.e. held for longer than 1 minute) or:
If action repeatedly occurs 4 times per minute or more: +1

Muscle Use Score = 0

Step 7: Add Force/load Score

If load less than 2 kg (intermittent): +0
If 2 kg to 10 kg (intermittent): +1
If 2 kg to 10 kg (static or repeated): +2
If more than 10 kg load or repeated or shocks: +3

Force/load Score = 0

Step 8: Find Row in Table C

The completed score from the Arm & Wrist analysis is used to find the row on Table C

Final Arm & Wrist Score = 4

SCORES

Table A

Upper arm	Lower arm	Wrist	Twist	Posture Score
1	1	1	1	1
1	1	2	1	2
1	1	3	1	3
1	1	4	1	4
1	2	1	1	2
1	2	2	1	3
1	2	3	1	4
1	2	4	1	5
1	3	1	1	3
1	3	2	1	4
1	3	3	1	5
1	3	4	1	6
1	4	1	1	4
1	4	2	1	5
1	4	3	1	6
1	4	4	1	7
2	1	1	2	2
2	1	2	2	3
2	1	3	2	4
2	1	4	2	5
2	2	1	2	3
2	2	2	2	4
2	2	3	2	5
2	2	4	2	6
2	3	1	2	4
2	3	2	2	5
2	3	3	2	6
2	3	4	2	7
2	4	1	2	5
2	4	2	2	6
2	4	3	2	7
2	4	4	2	8
3	1	1	3	3
3	1	2	3	4
3	1	3	3	5
3	1	4	3	6
3	2	1	3	4
3	2	2	3	5
3	2	3	3	6
3	2	4	3	7
3	3	1	3	5
3	3	2	3	6
3	3	3	3	7
3	3	4	3	8
3	4	1	3	6
3	4	2	3	7
3	4	3	3	8
3	4	4	3	9
4	1	1	4	4
4	1	2	4	5
4	1	3	4	6
4	1	4	4	7
4	2	1	4	5
4	2	2	4	6
4	2	3	4	7
4	2	4	4	8
4	3	1	4	6
4	3	2	4	7
4	3	3	4	8
4	3	4	4	9
4	4	1	4	7
4	4	2	4	8
4	4	3	4	9
4	4	4	4	10

Table B

Trunk	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs
1	1	1	1	1	1	1
1	2	2	2	2	2	2
1	3	3	3	3	3	3
1	4	4	4	4	4	4
1	5	5	5	5	5	5
1	6	6	6	6	6	6
1	7	7	7	7	7	7
1	8	8	8	8	8	8
1	9	9	9	9	9	9
1	10	10	10	10	10	10
2	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2
2	3	3	3	3	3	3
2	4	4	4	4	4	4
2	5	5	5	5	5	5
2	6	6	6	6	6	6
2	7	7	7	7	7	7
2	8	8	8	8	8	8
2	9	9	9	9	9	9
2	10	10	10	10	10	10
3	1	1	1	1	1	1
3	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3
3	4	4	4	4	4	4
3	5	5	5	5	5	5
3	6	6	6	6	6	6
3	7	7	7	7	7	7
3	8	8	8	8	8	8
3	9	9	9	9	9	9
3	10	10	10	10	10	10
4	1	1	1	1	1	1
4	2	2	2	2	2	2
4	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4
4	5	5	5	5	5	5
4	6	6	6	6	6	6
4	7	7	7	7	7	7
4	8	8	8	8	8	8
4	9	9	9	9	9	9
4	10	10	10	10	10	10
5	1	1	1	1	1	1
5	2	2	2	2	2	2
5	3	3	3	3	3	3
5	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5
5	6	6	6	6	6	6
5	7	7	7	7	7	7
5	8	8	8	8	8	8
5	9	9	9	9	9	9
5	10	10	10	10	10	10

Table C

Final Arm & Wrist Score	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Final Score = 5

B. Neck, Trunk & Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position

Step 9a: Adjust...

If neck is bent: +1
If neck is side-bending: +1

Final Neck Score = +2

Step 10: Locate Trunk Position

Step 10a: Adjust...

If trunk is bent: +1
If trunk is side-bending: +1

Final Trunk Score = +4

Step 11: Legs

Step 11a: Adjust...

If legs & feet supported and balanced: +1
If not: +2

Final Leg Score = +1

Table B

Trunk	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs
1	1	1	1	1	1	1
1	2	2	2	2	2	2
1	3	3	3	3	3	3
1	4	4	4	4	4	4
1	5	5	5	5	5	5
1	6	6	6	6	6	6
1	7	7	7	7	7	7
1	8	8	8	8	8	8
1	9	9	9	9	9	9
1	10	10	10	10	10	10
2	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2
2	3	3	3	3	3	3
2	4	4	4	4	4	4
2	5	5	5	5	5	5
2	6	6	6	6	6	6
2	7	7	7	7	7	7
2	8	8	8	8	8	8
2	9	9	9	9	9	9
2	10	10	10	10	10	10
3	1	1	1	1	1	1
3	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3
3	4	4	4	4	4	4
3	5	5	5	5	5	5
3	6	6	6	6	6	6
3	7	7	7	7	7	7
3	8	8	8	8	8	8
3	9	9	9	9	9	9
3	10	10	10	10	10	10
4	1	1	1	1	1	1
4	2	2	2	2	2	2
4	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4
4	5	5	5	5	5	5
4	6	6	6	6	6	6
4	7	7	7	7	7	7
4	8	8	8	8	8	8
4	9	9	9	9	9	9
4	10	10	10	10	10	10
5	1	1	1	1	1	1
5	2	2	2	2	2	2
5	3	3	3	3	3	3
5	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5
5	6	6	6	6	6	6
5	7	7	7	7	7	7
5	8	8	8	8	8	8
5	9	9	9	9	9	9
5	10	10	10	10	10	10

Step 12: Look-up Posture Score in Table B

Use values from steps 9, 10 & 11 to locate Posture Score in Table B

Posture Score = 5

Step 13: Add Muscle Use Score

If posture mostly static (i.e. held for longer than 1 minute) or:
If action repeatedly occurs 4 times per minute or more: +1

Muscle Use Score = 0

Step 14: Add Force/load Score

If load less than 2 kg (intermittent): +0
If 2 kg to 10 kg (intermittent): +1
If 2 kg to 10 kg (static or repeated): +2
If more than 10 kg load or repeated or shocks: +3

Force/load Score = 0

Step 15: Find Column in Table C

The completed score from the Neck, Trunk & Leg analysis is used to find the column in Table C

Final Neck, Trunk & Leg Score = 5

Subject: ศาสตราจารย์

Company: บริษัทประกัน (ภาพถ่าย A)

Date: / /

Scorer: /

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

Source: McAtamney, L. & Corlett, E.N. (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, Applied Ergonomics, 24(2) 91-99.
© Professor Alan Hedge, Cornell University, Feb. 2001

ภาพที่ 3-10 แสดงการประเมินค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ของอาสาสมัครคนที่ 1 ก่อนปรับปรุง ภาพย่อย A

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

Step 1: Locate Upper Arm Position

If shoulder is raised = +1
If upper arm is abducted = +1
If arm is supported or posture is leaning = -1

Step 2: Locate Lower Arm Position

Step 3: Locate Wrist Position

Step 4: Wrist Twist

If wrist is twisted mainly in mid-range = 1
If twist at or near end of twisting range = 2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A

Use values from steps 1, 2, 3 & 4 to locate Posture Score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static; 5 s. held for longer than 1 minute; or, if action repeatedly occurs 4 times per minute or more = +1

Step 7: Add Foreload Score

If load less than 2 kg (intermittent) = 0
If 2 kg to 10 kg (intermittent) = +1
If 2 kg to 10 kg (static or repeated) = +2
If more than 10 kg load at repeated or shocks = +3

Step 8: Find Row in Table C

The completed score from the Arm/Wrist analysis is used to find the row in Table C

SCORES

Table A

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Flex/Ext	Wrist Twist	Posture
1	1	1	1	1
1	2	1	2	2
1	3	1	3	3
1	4	1	4	4
2	1	2	1	2
2	2	2	2	3
2	3	2	3	4
2	4	2	4	5
3	1	3	1	3
3	2	3	2	4
3	3	3	3	5
3	4	3	4	6
4	1	4	1	4
4	2	4	2	5
4	3	4	3	6
4	4	4	4	7

Table B

Week	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2	1	3	2	3	4	5	6	7	8	9
3	2	3	2	3	4	5	6	7	8	9
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

Table C

1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	6
2	2	3	4	5	6	7
3	3	4	5	6	7	8
4	4	5	6	7	8	9
5	5	6	7	8	9	10
6	6	7	8	9	10	11
7	7	8	9	10	11	12

B. Neck, Trunk & Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position

Step 9a: Adjust

If neck is twisted = +1
If neck is side-bending = +1

Step 10: Locate Trunk Position

Step 10a: Adjust

If trunk is twisted = +1
If trunk is side-bending = +1

Step 11: Legs

Hips & feet supported and balanced = +1

Step 12: Look-up Posture Score in Table B

Use values from steps 9, 9a, 10 & 10a to locate Posture Score in Table B

Step 13: Add Muscle Use Score

If posture mainly static; or, if action 4 times or more = +1

Step 14: Add Foreload Score

If load less than 2 kg (intermittent) = 0
If 2 kg to 10 kg (intermittent) = +1
If 2 kg to 10 kg (static or repeated) = +2
If more than 10 kg load at repeated or shocks = +3

Step 15: Find Column in Table C

The completed score from the Neck/Trunk & Leg analysis is used to find the column in Table C

Final Score = 7

Subject: นางสาวศุภรดา 1

Company: _____

Date: / /

Department: กองบริหารงาน (ภาคพิเศษ B)

Scorer: _____

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

Source: McAtamney, L. & Corlett, E.N. (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, *Applied Ergonomics*, 24(2) 91-99.

© Professor Alex Hodge, Cornell University, Feb. 2000

ภาพที่ 3-11 แสดงการประเมินค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ของอาสาสมัครคนที่ 1 ก่อนปรับปรุง ภาพย่อย B

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

Step 1: Locate Upper Arm Position

Step 1a: Adjust...

If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or placed in bearing: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position

Step 2a: Adjust...

If arm is twisting across midline of the body: +1
If arm out to side of body: +1

Step 3: Locate Wrist Position

Step 3a: Adjust...

If wrist is bent from the midline: +1

Step 4: Wrist Twist

If wrist is twisted mainly in mid-range = 1
If twist at or near end of twisting range = 2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A

Use values from steps 1, 2, 3 & 4 to locate Posture Score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static: 3, held for longer than 1 minute or, if action repeatedly occurs 4 times per minute or more: +1
If load less than 2 kg (intermittent): +0
If 2 kg to 10 kg (intermittent): +1
If 2 kg to 10 kg (static or repeatedly): +2
If more than 10 kg load or repeated or shocks: +3

Step 7: Add Force/load Score

Step 8: Find Row in Table C

The completed score from the Arm/Wrist analysis is used to find the row in Table C

SCORES

Table A

Upper Arm	Lower Arm	Step 1a	Step 2a	Step 3	Step 4	Step 5	Step 6	Step 7	Step 8
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
1	1	1	3	1	1	1	1	1	1
1	1	1	4	1	1	1	1	1	1
1	1	1	5	1	1	1	1	1	1
1	1	1	6	1	1	1	1	1	1
1	1	1	7	1	1	1	1	1	1
1	1	1	8	1	1	1	1	1	1
1	1	1	9	1	1	1	1	1	1
1	1	1	10	1	1	1	1	1	1
1	1	1	11	1	1	1	1	1	1
1	1	1	12	1	1	1	1	1	1
1	1	1	13	1	1	1	1	1	1
1	1	1	14	1	1	1	1	1	1
1	1	1	15	1	1	1	1	1	1
1	1	1	16	1	1	1	1	1	1
1	1	1	17	1	1	1	1	1	1
1	1	1	18	1	1	1	1	1	1
1	1	1	19	1	1	1	1	1	1
1	1	1	20	1	1	1	1	1	1
1	1	1	21	1	1	1	1	1	1
1	1	1	22	1	1	1	1	1	1
1	1	1	23	1	1	1	1	1	1
1	1	1	24	1	1	1	1	1	1
1	1	1	25	1	1	1	1	1	1
1	1	1	26	1	1	1	1	1	1
1	1	1	27	1	1	1	1	1	1
1	1	1	28	1	1	1	1	1	1
1	1	1	29	1	1	1	1	1	1
1	1	1	30	1	1	1	1	1	1
1	1	1	31	1	1	1	1	1	1
1	1	1	32	1	1	1	1	1	1
1	1	1	33	1	1	1	1	1	1
1	1	1	34	1	1	1	1	1	1
1	1	1	35	1	1	1	1	1	1
1	1	1	36	1	1	1	1	1	1
1	1	1	37	1	1	1	1	1	1
1	1	1	38	1	1	1	1	1	1
1	1	1	39	1	1	1	1	1	1
1	1	1	40	1	1	1	1	1	1
1	1	1	41	1	1	1	1	1	1
1	1	1	42	1	1	1	1	1	1
1	1	1	43	1	1	1	1	1	1
1	1	1	44	1	1	1	1	1	1
1	1	1	45	1	1	1	1	1	1
1	1	1	46	1	1	1	1	1	1
1	1	1	47	1	1	1	1	1	1
1	1	1	48	1	1	1	1	1	1
1	1	1	49	1	1	1	1	1	1
1	1	1	50	1	1	1	1	1	1
1	1	1	51	1	1				

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

Source: McAtamney, L. & Corlett, E.N. (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, *Applied Ergonomics*, 24(2) 91-99.

© Professor Alan Hodge, Cornell University, Feb. 2000

ภาพที่ 3-12 แสดงการประเมินค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ของอาสาสมัครคนที่ 1 ก่อนปรับปรุง ภาพย่อย C

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

Step 1: Locate Upper Arm Position

Step 1a: Adjust...

If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or placed in bearing: -1

Final Upper Arm Score = +5

Step 2: Locate Lower Arm Position

Step 2a: Adjust...

If arm is working across midline of the body: +1
If arm is out to side of body: +1

Final Lower Arm Score = +2

Step 3: Locate Wrist Position

Step 3a: Adjust...

If wrist is bent from the neutral: +1

Final Wrist Score = +3

Step 4: Wrist Twist

If wrist is twisted mainly in mid-range: +1
If twist is at or near end of twisting range: +2

Wrist Twist Score = +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A

Use values from steps 1, 2, 3 & 4 to locate Posture Score in Table A

Posture Score A = 7

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held for longer than 1 minute or, if action repeatedly occurs 4 times per minute or more): +1

Muscle Use Score = 0

Step 7: Add Force/load Score

If load less than 2 kg (intermittent): +0
If 2 kg to 10 kg (intermittent): +1
If 2 kg to 10 kg (static or repeated): +2
If more than 10 kg load or repeated or shocks: +3

Force/load Score = 3

Step 8: Find Row in Table C

The completed score from the Arm/Wrist analysis is used to find the row in Table C

Final Arm & Wrist Score = 10

SCORES

Table A

Upper arm	Lower arm	Wrist	Twist	Posture	Score
1	1	1	1	1	1
1	1	2	1	1	2
1	1	3	1	1	3
1	1	4	1	1	4
1	1	5	1	1	5
1	1	6	1	1	6
1	2	1	1	1	7
1	2	2	1	1	8
1	2	3	1	1	9
1	2	4	1	1	10
1	2	5	1	1	11
1	2	6	1	1	12
1	3	1	1	1	13
1	3	2	1	1	14
1	3	3	1	1	15
1	3	4	1	1	16
1	3	5	1	1	17
1	3	6	1	1	18
1	4	1	1	1	19
1	4	2	1	1	20
1	4	3	1	1	21
1	4	4	1	1	22
1	4	5	1	1	23
1	4	6	1	1	24
1	5	1	1	1	25
1	5	2	1	1	26
1	5	3	1	1	27
1	5	4	1	1	28
1	5	5	1	1	29
1	5	6	1	1	30
1	6	1	1	1	31
1	6	2	1	1	32
1	6	3	1	1	33
1	6	4	1	1	34
1	6	5	1	1	35
1	6	6	1	1	36
2	1	1	2	1	37
2	1	2	2	1	38
2	1	3	2	1	39
2	1	4	2	1	40
2	1	5	2	1	41
2	1	6	2	1	42
2	2	1	2	1	43
2	2	2	2	1	44
2	2	3	2	1	45
2	2	4	2	1	46
2	2	5	2	1	47
2	2	6	2	1	48
2	3	1	2	1	49
2	3	2	2	1	50
2	3	3	2	1	51
2	3	4	2	1	52
2	3	5	2	1	53
2	3	6	2	1	54
2	4	1	2	1	55
2	4	2	2	1	56
2	4	3	2	1	57
2	4	4	2	1	58
2	4	5	2	1	59
2	4	6	2	1	60
2	5	1	2	1	61
2	5	2	2	1	62
2	5	3	2	1	63
2	5	4	2	1	64
2	5	5	2	1	65
2	5	6	2	1	66
2	6	1	2	1	67
2	6	2	2	1	68
2	6	3	2	1	69
2	6	4	2	1	70
2	6	5	2	1	71
2	6	6	2	1	72
3	1	1	3	1	73
3	1	2	3	1	74
3	1	3	3	1	75
3	1	4	3	1	76
3	1	5	3	1	77
3	1	6	3	1	78
3	2	1	3	1	79
3	2	2	3	1	80
3	2	3	3	1	81
3	2	4	3	1	82
3	2	5	3	1	83
3	2	6	3	1	84
3	3	1	3	1	85
3	3	2	3	1	86
3	3	3	3	1	87
3	3	4	3	1	88
3	3	5	3	1	89
3	3	6	3	1	90
3	4	1	3	1	91
3	4	2	3	1	92
3	4	3	3	1	93
3	4	4	3	1	94
3	4	5	3	1	95
3	4	6	3	1	96
3	5	1	3	1	97
3	5	2	3	1	98
3	5	3	3	1	99
3	5	4	3	1	100
3	5	5	3	1	101
3	5	6	3	1	102
3	6	1	3	1	103
3	6	2	3	1	104
3	6	3	3	1	105
3	6	4	3	1	106
3	6	5	3	1	107
3	6	6	3	1	108
4	1	1	4	1	109
4	1	2	4	1	110
4	1	3	4	1	111
4	1	4	4	1	112
4	1	5	4	1	113
4	1	6	4	1	114
4	2	1	4	1	115
4	2	2	4	1	116
4	2	3	4	1	117
4	2	4	4	1	118
4	2	5	4	1	119
4	2	6	4	1	120
4	3	1	4	1	121
4	3	2	4	1	122
4	3	3	4	1	123
4	3	4	4	1	124
4	3	5	4	1	125
4	3	6	4	1	126
4	4	1	4	1	127
4	4	2	4	1	128
4	4	3	4	1	129
4	4	4	4	1	130
4	4	5	4	1	131
4	4	6	4	1	132
4	5	1	4	1	133
4	5	2	4	1	134
4	5	3	4	1	135
4	5	4	4	1	136
4	5	5	4	1	137
4	5	6	4	1	138
4	6	1	4	1	139
4	6	2	4	1	140
4	6	3	4	1	141
4	6	4	4	1	142
4	6	5	4	1	143
4	6	6	4	1	144
5	1	1	5	1	145
5	1	2	5	1	146
5	1	3	5	1	147
5	1	4	5	1	148
5	1	5	5	1	149
5	1	6	5	1	150
5	2	1	5	1	151
5	2	2	5	1	152
5	2	3	5	1	153
5	2	4	5	1	154
5	2	5	5	1	155
5	2	6	5	1	156
5	3	1	5	1	157
5	3	2	5	1	158
5	3	3	5	1	159
5	3	4	5	1	160
5	3	5	5	1	161
5	3	6	5	1	162
5	4	1	5	1	163
5	4	2	5	1	164
5	4	3	5	1	165
5	4	4	5	1	166
5	4	5	5	1	167
5	4	6	5	1	168
5	5	1	5	1	169
5	5	2	5	1	170
5	5	3	5	1	171
5	5	4	5	1	172
5	5	5	5	1	173
5	5	6	5	1	174
5	6	1	5	1	175
5	6	2	5	1	176
5	6	3	5	1	177
5	6	4	5	1	178
5	6	5	5	1	179
5	6	6	5	1	180
6	1	1	6	1	181
6	1	2	6	1	182
6	1	3	6	1	183
6	1	4	6	1	184
6	1	5	6	1	185
6	1	6	6	1	186
6	2	1	6	1	187
6	2	2	6	1	188
6	2	3	6	1	189
6	2	4	6	1	190
6	2	5	6	1	191
6	2	6	6	1	192
6	3	1	6	1	193
6	3	2	6	1	194
6	3	3	6	1	195
6	3	4	6	1	196
6	3	5	6	1	197
6	3	6	6	1	198
6	4	1	6	1	199
6	4	2	6	1	200
6	4	3	6	1	201
6	4	4	6	1	202
6	4	5	6	1	203
6	4	6	6	1	204
6	5	1	6	1	205
6	5	2	6	1	206
6	5	3	6	1	207
6	5	4	6	1	208
6	5	5	6	1	209
6	5	6	6	1	210
6	6	1	6	1	211
6	6	2	6	1	212
6	6	3	6	1	213
6	6	4	6	1	214
6	6	5	6	1	215
6	6	6	6	1	216

Table B

Neck	Trunk	Legs	Posture	Score
1	1	1	1	1
1	1	2	1	2
1	1	3	1	3
1	1	4	1	4
1	1	5	1	5
1	1	6	1	6
1	2	1	1	7
1	2	2	1	8
1	2	3	1	9
1	2	4	1	10
1	2	5	1	11
1	2	6	1	12
1	3	1	1	13
1	3	2	1	14
1	3	3	1	15
1	3	4	1	16
1	3	5	1	17
1	3	6	1	18
1	4	1	1	19
1	4	2	1	20
1	4	3	1	21
1	4	4	1	22
1	4	5	1	23
1	4	6	1	24
1	5	1	1	25
1	5	2	1	26
1	5	3	1	27
1	5	4	1	28
1	5	5	1	29
1	5	6	1	30
1	6	1	1	31
1	6	2	1	32
1	6	3	1	33
1	6	4	1	34
1	6	5	1	35
1	6	6	1	36
2	1	1	2	37
2	1	2	2	38
2	1	3	2	39
2	1	4	2	40
2	1	5	2	41
2	1	6	2	42
2	2	1	2	43
2	2	2	2	44
2	2	3	2	45
2	2	4	2	46
2	2	5	2	47
2	2	6	2	48
2	3	1	2	49
2	3	2	2	50
2	3	3	2	51
2	3	4	2	52
2	3	5	2	53
2	3	6	2	54
2	4	1	2	55
2	4	2	2	56

โดยคำอธิบายการให้คะแนนโดยใช้เทคนิค RULA จากภาพที่ 3-7 ภาพย่อย A, B, C และ D เป็นดังนี้

ภาพที่ 3-9 ภาพย่อย A

กลุ่ม A

Step 1 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนบน (Upper Arm) ได้ + 3 คะแนน เนื่องจากการเคลื่อนไหวที่มุมประมาณ 80 องศา

Step 2 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนล่าง (Lower Arm หรือ Forearm) ได้ + 1 คะแนน เนื่องจากการเคลื่อนไหวในแนวทำมุมประมาณ 90 องศา

Step 3 การประเมินตำแหน่งมือและข้อมือ (Hand และ Wrist) ได้ + 3 คะแนน เนื่องจากการเคลื่อนไหวที่มากกว่า 15 องศา

Step 4 การประเมินการบิดข้อมือ (Wrist Twist) ได้ + 1 คะแนน เนื่องจากขณะทำงานมีการหมุนของข้อมือ

Step 5 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 1-4 มาเทียบกับตารางที่ 2-1 จะได้คะแนน RULA เท่ากับ 4

Step 6 Muscle Use จะได้ 0 เนื่องจากงานอาสาสมัครยังไม่ได้ยกม้วนผ้า

Step 7 Force Scores จะได้ 0 คะแนนเนื่องจากอาสาสมัครยังไม่ได้ยกม้วนผ้า

Step 8 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 5-7 มาบวกกันจะได้คะแนน RULA สำหรับกลุ่ม A เท่ากับ 4

กลุ่ม B

Step 9 การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนศีรษะและคอ (Head และ Neck) ได้ + 2 คะแนน เนื่องจากการก้มที่มุมประมาณ 20 องศา

Step 10 การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนลำตัว (Trunk) ได้ +4 คะแนน เนื่องจากการก้มที่มุมประมาณ 80 องศา

Step 11 การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนขาและเท้า (Leg และ Feet) ได้ + 1 คะแนน เนื่องจากขาและเท้ามีการยืนในลักษณะสมดุล หรือมีการรองรับน้ำหนักที่ดี

Step 12 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 9-11 มาเทียบกับตารางที่ 2-2 จะได้คะแนน RULA เท่ากับ 5

Step 13 Muscle Use จะได้ 0 เนื่องจากงานอาสาสมัครยังไม่ได้ยกม้วนผ้า

Step 14 Force Scores จะได้ 0 คะแนนเนื่องจากอาสาสมัครยังไม่ได้ยกม้วนผ้า

Step 15 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 12-14 มาบวกกันจะได้คะแนน RULA สำหรับกลุ่ม B เท่ากับ 5

Step 16 นำคะแนน RULA ที่ได้จากกลุ่ม A และ B มาเทียบกับภาพที่ 2-16 จะได้คะแนน RULA เท่ากับ 5

ภาพที่ 3-7 ภาพย่อย B

กลุ่ม A

Step 1 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนบน (Upper Arm) ได้ + 2 คะแนน เนื่องจากการเคลื่อนไหวที่มุมประมาณ 45 องศา

Step 2 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนล่าง (Lower Arm หรือ Forearm) ได้ + 2 คะแนน เนื่องจากการเคลื่อนไหวในแนวมุมประมาณ 60 องศา

Step 3 การประเมินตำแหน่งมือและข้อมือ (Hand และ Wrist) ได้ + 2 คะแนน เนื่องจากการเคลื่อนไหวในแนวทำมุมประมาณ 15 องศา

Step 4 การประเมินการบิดข้อมือ (Wrist Twist) ได้ + 1 คะแนน เนื่องจากขณะทำงานมีการหมุนของข้อมือ

Step 5 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 1-4 มาเทียบกับตารางที่ 2-1 จะได้คะแนน RULA เท่ากับ 3

Step 6 Muscle Use จะได้ +1 คะแนน เนื่องจากลักษณะงานเป็นงานซ้ำที่มีการทำงานซ้ำมากกว่า 4 ครั้งต่อนาที

Step 7 Force Scores จะได้ 1 คะแนน เนื่องจากอาสาสมัครยกในลักษณะยก/วาง เป็นครั้งๆ ไป

Step 8 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 5-7 มาบวกกันจะได้คะแนน RULA สำหรับกลุ่ม A เท่ากับ 5

กลุ่ม B

Step 9 การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนศีรษะและคอ (Head และ Neck) ได้ + 2 คะแนน เนื่องจากการก้มที่มุมประมาณ 10-20 องศา

Step 10 การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนลำตัว (Trunk) ได้ +4 คะแนน เนื่องจากการก้มที่มุมประมาณ 60 องศา

Step 11 การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนขาและเท้า (Leg และ Feet) ได้ + 2 คะแนน เนื่องจากขาและเท้ามีการรองรับน้ำหนักที่ไม่ดี หรือมีการทรงตัวที่ไม่สมดุล

Step 12 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 9-11 มาเทียบกับตารางที่ 2-2 จะได้คะแนน RULA เท่ากับ 5

Step 13 Muscle Use จะได้ +1 คะแนน เนื่องจากลักษณะงานเป็นงานซ้ำที่มีการทำงานซ้ำมากกว่า 4 ครั้งต่อนาที

Step 14 Force Scores จะได้ 1 คะแนน เนื่องจากอาสาสมัครยกในลักษณะยก/วาง เป็นครั้งๆ ไป

Step 15 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 12-14 มาบวกกันจะได้คะแนน RULA สำหรับกลุ่ม B เท่ากับ 7

Step 16 นำคะแนน RULA ที่ได้จากกลุ่ม A และ B มาเทียบกับภาพที่ 2-16 จะได้คะแนน RULA เท่ากับ 7

ภาพที่ 3-9 ภาพย่อย C

กลุ่ม A

Step 1 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนบน (Upper Arm) ได้ + 2 คะแนน เนื่องจากการบิดแขนไปด้านหลังที่มุมประมาณ 30 องศา

Step 2 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนล่าง (Lower Arm หรือ Forearm) ได้ + 2 คะแนน เนื่องจากการเคลื่อนไหวในแนวมุมประมาณ 60 องศา

Step 3 การประเมินตำแหน่งมือและข้อมือ (Hand และ Wrist) ได้ + 2 คะแนน เนื่องจากการเคลื่อนไหวในแนวทำมุมประมาณ 15 องศา

Step 4 การประเมินการบิดข้อมือ (Wrist Twist) ได้ + 1 คะแนน เนื่องจากขณะทำงานมีการหมุนของข้อมือ

Step 5 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 1-4 มาเทียบกับตารางที่ 2-1 จะได้คะแนน RULA เท่ากับ 3

Step 6 Muscle Use จะได้ +1 คะแนน เนื่องจากลักษณะงานเป็นงานซ้ำที่มีการทำงานซ้ำมากกว่า 4 ครั้งต่อนาที

Step 7 Force Scores จะได้ 3 คะแนนเนื่องจากพนักงานต้องยกน้ำหนัก 40 ก.ก. ในลักษณะการทำงานซ้ำๆ หรือกรณีที่มีการกระชากหรือเป็นงานเร่ง

Step 8 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 5-7 มาบวกกันจะได้คะแนน RULA สำหรับกลุ่ม A เท่ากับ 7

กลุ่ม B

Step 9 การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนศีรษะและคอ (Head และ Neck) ได้ + 2 คะแนน เนื่องจากการก้มที่มุมประมาณ 20 องศา

Step 10 การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนลำตัว (Trunk) ได้ +3 คะแนน เนื่องจากการก้มที่มุมประมาณ 30 องศา

Step 11 การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนขาและเท้า (Leg และ Feet) ได้ + 1 คะแนน เนื่องจากขาและเท้ามีการยืนในลักษณะสมดุล หรือมีการรองรับน้ำหนักที่ดี

Step 12 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 9-11 มาเทียบกับตารางที่ 2-2 จะได้คะแนน RULA เท่ากับ 4

Step 13 Muscle Use จะได้ +1 คะแนน เนื่องจากลักษณะงานเป็นงานซ้ำที่มีการทำงานซ้ำมากกว่า 4 ครั้งต่อนาที

Step 14 Force Scores จะได้ 3 คะแนนเนื่องจากพนักงานต้องยกน้ำหนัก 40 ก.ก. ในลักษณะการทำงานซ้ำๆ หรือกรณีที่มีการกระชากหรือเป็นงานเร่ง

Step 15 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 12-14 มาบวกกันจะได้คะแนน RULA สำหรับกลุ่ม B เท่ากับ 8

Step 16 นำคะแนน RULA ที่ได้จากกลุ่ม A และ B มาเทียบกับภาพที่ 2-16 จะได้คะแนน RULA เท่ากับ 7

ภาพที่ 3-7 ภาพย่อย D

กลุ่ม A

Step 1 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนบน (Upper Arm) ได้ + 5 คะแนน เนื่องจากมีการเคลื่อนไหวที่มุมประมาณ 90 องศา และบวกคะแนนเพิ่มอีก 1 คะแนน เนื่องจากแขนท่อนบนยกห่างจากตัว

Step 2 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนล่าง (Lower Arm หรือ Forearm) ได้ + 2 คะแนน เนื่องจากมีการเคลื่อนไหวในแนวมุมประมาณ 100 องศา

Step 3 การประเมินตำแหน่งมือและข้อมือ (Hand และ Wrist) ได้ + 3 คะแนน เนื่องจากมีการเคลื่อนไหวที่มุมประมาณ 15 องศา

Step 4 การประเมินการบิดข้อมือ (Wrist Twist) ได้ + 2 คะแนน เนื่องจากขณะทำงานมีการหมุนของข้อมือมากเกือบสุด

Step 5 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 1-4 มาเทียบกับตารางที่ 2-1 จะได้คะแนน RULA เท่ากับ 7

Step 6 Muscle Use จะได้ 0 เนื่องจากงานที่ทำส่วนใหญ่ไม่ใช่งานยกน้ำหนักที่มีระยะเวลาการยกนานกว่า 1 นาที หรือเป็นงานซ้ำที่มีการทำงานซ้ำมากกว่า 4 ครั้งต่อนาที

Step 7 Force Scores จะได้ 3 คะแนนเนื่องจากพนักงานต้องยกน้ำหนัก 40 ก.ก. ในลักษณะการทำงานซ้ำๆ หรือกรณีที่มีการกระชากหรือเป็นงานเร่ง

Step 8 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 5-7 มาบวกกันจะได้คะแนน RULA สำหรับกลุ่ม A เท่ากับ 10

กลุ่ม B

Step 9 การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนศีรษะและคอ (Head และ Neck) ได้ + 3 คะแนน เนื่องจากมีการก้มที่มุมประมาณ 20 องศา

Step 10 การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนลำตัว (Trunk) ได้ +5 คะแนน เนื่องจากมีการก้มที่มุมประมาณ 90 องศา และลำตัวมีการเอียงไปด้านซ้ายหรือขวา

Step 11 การประเมินการเคลื่อนไหวส่วนขาและเท้า (Leg และ Feet) ได้ + 2 คะแนน เนื่องจากขาและเท้ามีการรองรับน้ำหนักที่ไม่ดี หรือมีการทรงตัวที่ไม่สมดุล

Step 12 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 9-11 มาเทียบกับตารางที่ 2-2 จะได้คะแนน RULA เท่ากับ 7

Step 13 Muscle Use จะได้ 0 เนื่องจากงานที่ทำส่วนใหญ่ไม่ใช่งานยกน้ำหนักที่มีระยะเวลาการยกนานกว่า 1 นาที หรือเป็นงานซ้ำที่มีการทำงานซ้ำมากกว่า 4 ครั้งต่อนาที

Step 14 Force Scores จะได้ 3 คะแนนเนื่องจากพนักงานต้องยกน้ำหนัก 40 กก. ในลักษณะการทำงานซ้ำๆ หรือกรณีที่มีการกระชากหรือเป็นงานเร่ง

Step 15 นำคะแนน RULA ที่ได้จาก step 12-14 มาบวกกันจะได้คะแนน RULA สำหรับกลุ่ม B เท่ากับ 10

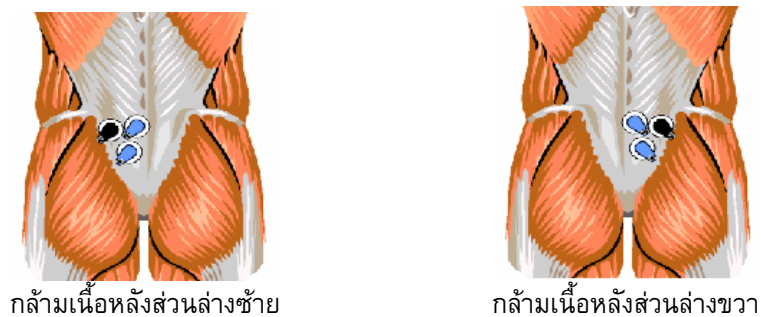
Step 16 นำคะแนน RULA ที่ได้จากกลุ่ม A และ B มาเทียบกับภาพที่ 2-16 จะได้คะแนน RULA เท่ากับ 7

จากภาพที่ 3-10, 3-11, 3-12 และ 3-13 สรุปได้ว่าคะแนน RULA ของภาพย่อย A, B, C และ D เท่ากับ 5, 7, 7 และ 7 ตามลำดับ ซึ่งหมายถึงว่า ต้องมีการปรับปรุงการทำงานทันที

3.7 การหาค่าสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสูงสุด Maximum Voluntary Electromyography (MVE) ของอาสาสมัคร 5 คน

จากการสุ่มตัวอย่างการทำงานของอาสาสมัคร 5 คน ในงานยกม้วนผ้าหนัก 40 กก. แผนกโกดังผ้าดิบ มาวิเคราะห์ค่า MVE โดยใช้เครื่องมือชุดวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดสอบจะต้องปรับความสูงของด้ามจับเครื่องวัดกำลังสถิติ ให้มีระยะห่างจากฐานเครื่องวัดกำลังสถิติในแนวตั้งประมาณ 17 นิ้ว หรือให้ความสูงของด้ามจับอยู่ในระดับที่ผู้ถูกทดสอบสามารถทำการทดสอบโดยการยืนนอหลังท่ามุม 90 องศากับแนวดิ่ง จากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบใช้หลังออกแรงในแนวตั้ง ยกด้ามจับเครื่องวัดกำลังสถิติขึ้น โดยที่ขาทั้ง 2 ข้างยังคงเหยียดตรงอยู่ ซึ่งผลที่ได้จะออกมาเป็นค่าตัวเลข และถ้าหากระหว่างการทดสอบได้ติดตั้งอิเล็กโทรดตรงกล้ามเนื้อส่วนที่ต้องการทดสอบ สำหรับงานวิจัยนี้ทดสอบกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (Multifidus) ต่อเข้ากับเครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG) ก็จะเกิดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสูงสุด MVE ของกล้ามเนื้อส่วนดังกล่าวบนหน้าจอเครื่องมือวัด EMG จากนั้นจะนำสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG) สูงสุดเฉลี่ยที่ได้นี้ไปเปรียบเทียบกับค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุดเฉลี่ยขณะทำงานจริง

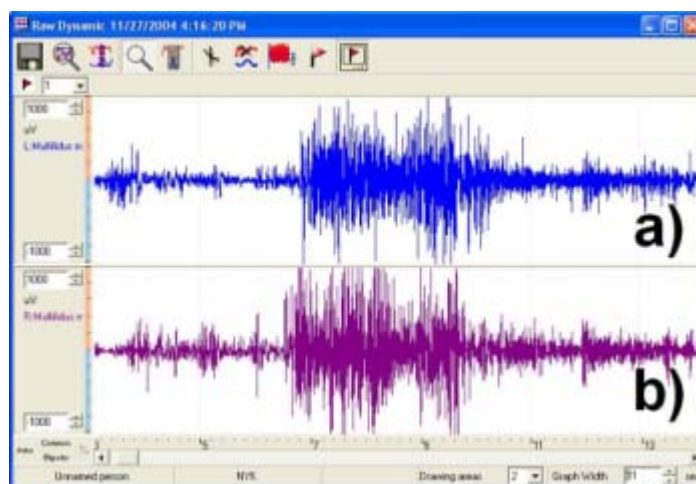
งานวิจัยนี้วิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อหลัง 2 จุด คือ หลังส่วนล่างด้านซ้าย (Multifidus L) หลังส่วนล่างด้านขวา (Multifidus R) แสดงได้ดังภาพที่ 3-14 ภาพตัวอย่างท่าทางการวัดกำลังสถิติกล้ามเนื้อหลังแสดงได้ดังภาพที่ 3-15 และท่าทางที่ใช้ทดสอบค่ากำลังสถิติของกล้ามเนื้อ แสดงดังภาคผนวก ง ภาพตัวอย่างสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสูงสุด MVE (Raw data) ของอาสาสมัครคนที่ 1 แสดงดังภาพที่ 3-16 ภาพตัวอย่างสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสูงสุด MVE (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 1 แสดงดังภาพที่ 3-17



ภาพที่ 3-14 แสดงตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดของอาสาสมัคร

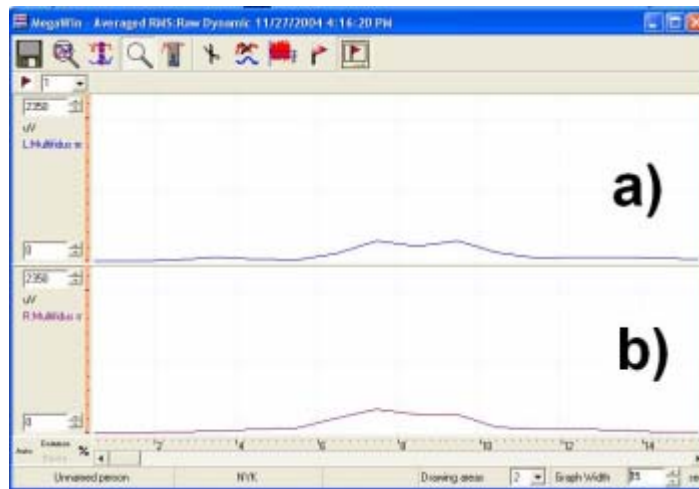


ภาพที่ 3-15 แสดงตัวอย่างการวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อหลัง



a) หลังส่วนล่างด้านซ้าย (Multifidus L), b) หลังส่วนล่างด้านขวา (Multifidus R)

ภาพที่ 3-16 ตัวอย่างสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสูงสุด MVE (Raw data) ของอาสาสมัครคนที่ 1



a) หลังส่วนล่างด้านซ้าย (Multifidus L), b) หลังส่วนล่างด้านขวา (Multifidus R)

ภาพที่ 3-17 ตัวอย่างสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสูงสุด MVE (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 1

จากภาพที่ 3-17 จะได้ค่าสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสูงสุดเฉลี่ย MVE (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 1 ของกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างด้านซ้าย (Multifidus L) และกล้ามเนื้อหลังส่วนล่างด้านขวา (Multifidus R) เท่ากับ 133.60 และ 159.60 μV ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด (MVE) ของอาสาสมัคร

กล้ามเนื้อ	ค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุด MVE (μV)					MVE เฉลี่ย (μV)
	อาสาสมัคร คนที่ 1	อาสาสมัคร คนที่ 2	อาสาสมัคร คนที่ 3	อาสาสมัคร คนที่ 4	อาสาสมัคร คนที่ 5	
หลังส่วนล่างด้านซ้าย Multifidus (L)	144	122	114	169	119	133.60
หลังส่วนล่างด้านขวา Multifidus (R)	120	226	143	145	164	159.60

3.8 สัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ (EMG) ในขณะทำงานโดยใช้เครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

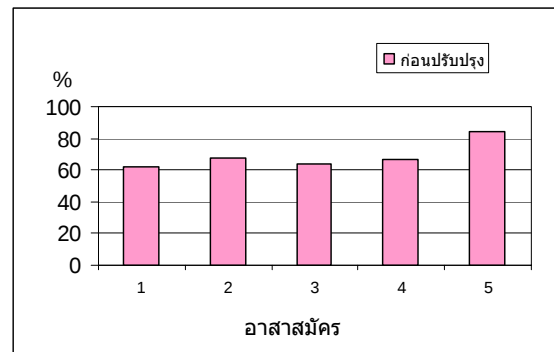
การนำค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ EMG มาเป็นตัวบ่งชี้ภาระของกล้ามเนื้อหลังสำหรับงานวิจัยนี้ ทำโดยการเปรียบเทียบค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังเฉลี่ยในขณะทำงานกับค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลังสูงสุดเฉลี่ย MVE ของแต่ละคนตามหลักการทางชีวกลศาสตร์ ซึ่ง Sander and McCormick (1993) ได้ทำการวิจัยและสรุปว่า EMG ที่ใช้ในการทำงานของพนักงานต้องไม่เกิน 35% ของกำลังกล้ามเนื้อสูงสุดที่คนงานนั้นทำได้

งานวิจัยนี้วิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่หลังอาสาสมัคร โดยให้อาสาสมัครทำการยกม้วนผ้าในท่าทางปกติ โดยเริ่มจากผ้าม้วนที่ 1 ทำการวัดค่า EMG อาสาสมัครทำจนครบ 10 ม้วน และทดลองคนที่ 2 ต่อไปเรื่อยๆ จนครบ 5 คน จากนั้นนำค่าสัญญาณไฟฟ้า EMG (RMS) ค่าเฉลี่ยขณะทำงานที่วัดได้มาเปรียบเทียบกับค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อสูงสุดเฉลี่ย MVE (RMS) ของแต่ละคน ผลจากการเปรียบเทียบข้อมูลดังกล่าว ได้ผลดังตารางที่ 3-3

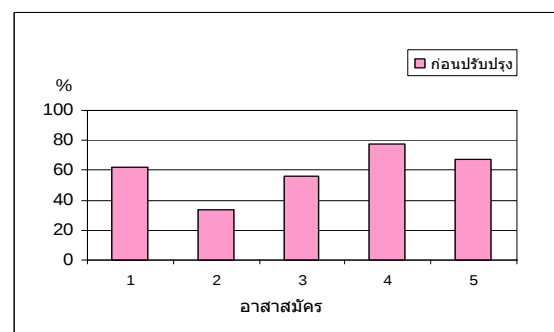
ตารางที่ 3-3 แสดงค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อของอาสาสมัครทั้ง 5 คน

กล้ามเนื้อ	อาสาสมัคร	ก่อนปรับปรุง			
		EMG ทำงาน (μ V.)	EMG (%)	EMG เฉลี่ย (μ V.)	EMG เฉลี่ย (%)
หลังส่วนล่างซ้าย Multifidus (L)	1	90.00	62.50	91.40	68.81
	2	82.00	67.21		
	3	73.00	64.04		
	4	112.00	66.27		
	5	100.00	84.03		
หลังส่วนล่างขวา Multifidus (R)	1	74.00	61.67	90.40	59.11
	2	76.00	33.63		
	3	80.00	55.94		
	4	112.00	77.24		
	5	110.00	67.07		

จากตารางที่ 3-3 นำมาเขียนกราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์สูงสุดของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อบริเวณหลังส่วนบน และส่วนล่าง ของอาสาสมัครทั้ง 5 คนขณะทำงาน เทียบกับค่ากำลังสูงสุดที่คนคนนั้นสามารถทำได้ (Maximum Voluntary Electromyography ; MVE) แสดงดังภาพที่ 3-18 และ 3-19 ดังนี้



ภาพที่ 3-18 เปอร์เซนต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน กับค่า MVE ของหลังส่วนล่างด้านซ้าย, Multifidus (L) (ก่อนการปรับปรุงสภาพการทำงาน)



ภาพที่ 3-19 เปอร์เซนต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน กับค่า MVE ของหลังส่วนล่างด้านขวา, Multifidus (R) (ก่อนการปรับปรุงสภาพการทำงาน)

จากตารางที่ 3-3, ภาพที่ 3-18 และ 3-19 สรุปว่าค่า EMG จากอาสาสมัครทั้ง 5 คน ที่กล้ามเนื้อทั้งสองเฉลี่ย คือ 91.40 และ 90.40 μV ตามลำดับ คิดเป็น 68.81% และ 59.11% ของค่า MVE ของแต่ละกล้ามเนื้อตามลำดับ (ดูกราฟแสดงผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อ EMG (RMS) ขณะทำงานเปรียบเทียบกับค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด (MVE) ของการทำงานยกม้วนผ้า 1 ม้วนจากพาลเลตขึ้นโต๊ะสาวผ้า ในภาคผนวก จ)

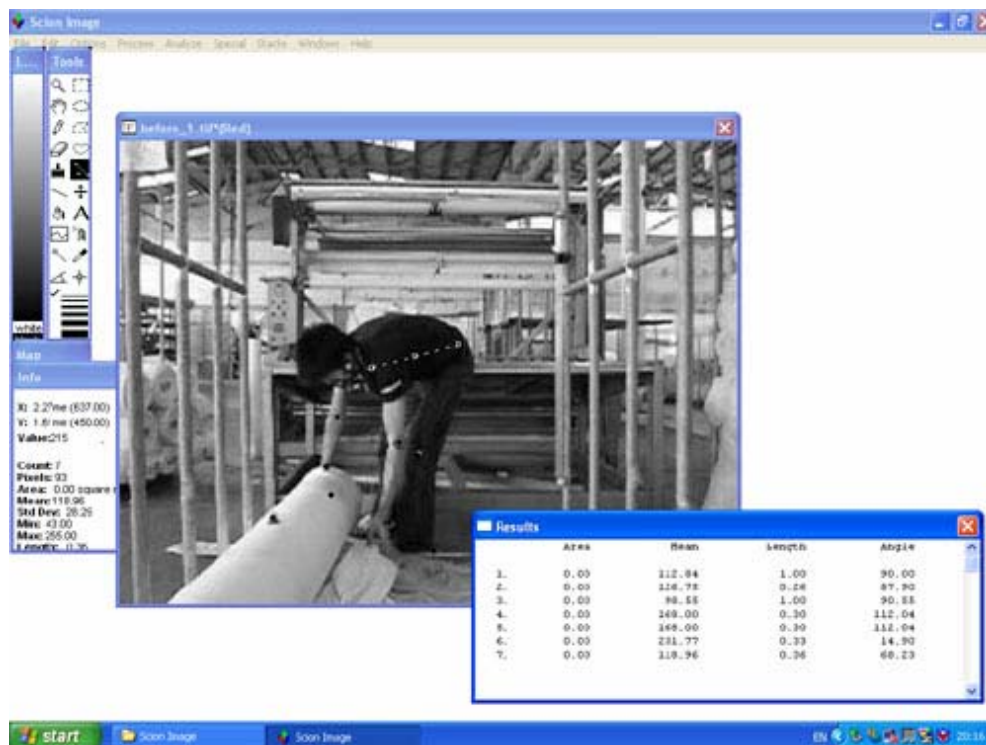
การทำงานของอาสาสมัครทั้ง 5 คน มีค่า EMG เฉลี่ยเกินขีดจำกัดของความปลอดภัย (ที่กำหนดต้องไม่เกิน 35% ของกำลังสูงสุดที่คนงานนั้นทำได้ (Sander and McCormick, 1992) ดังนั้นสรุปได้ว่า ควรจะมีการปรับปรุงสภาพการทำงาน เพื่อลดการใช้กำลังกล้ามเนื้อหลังของอาสาสมัคร

3.9 การคำนวณหาค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (Fc) ในขณะปฏิบัติงาน

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่าทางในการทำงานของร่างกายเพื่อใช้ในการคำนวณในลักษณะ 2 มิติ สามารถหาได้จากภาพถ่ายในระนาบด้านข้าง (Sagital Plan) หลังจากนั้นก็กำหนดตำแหน่งของข้อต่อต่างๆ ของร่างกายที่สนใจลงในรูปและลากเส้นเชื่อมต่อไปยังแผนภาพออกมา ดังแสดงในภาพที่ 3-23

วิธีการคำนวณค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (Fc) ในขณะปฏิบัติงานสามารถกระทำได้ดังต่อไปนี้

1. ทำการถ่ายวีดิโอบันทึกท่าทางในขณะปฏิบัติงาน โดยใช้กล้องวีดิโอถ่ายแบบต่อเนื่อง
2. นำภาพถ่ายที่ได้จากกล้องวีดิโอไปทำให้เป็นภาพนิ่ง โดยใช้โปรแกรม Macromedia ทำการหยุดภาพให้ได้ภาพเฉลี่ย 4 ภาพใน 1 วินาที ดังแสดงในภาพที่ 3-21
3. ทำการวัดค่ามุมในแต่ละท่าทางที่เปลี่ยนไปในขณะปฏิบัติงานโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปชื่อ Scionimage แสดงในภาพที่ 3-20
4. ขนาดสัดส่วนของร่างกายที่ต้องนำมาใช้ในการวิเคราะห์ Compressive Force คือ ฝ่ามือถึงข้อศอก, ข้อศอกถึงหัวไหล่, หัวไหล่ถึงกระเบนเหน็บ โดยค่าต่างๆ นี้จะทำการวัดโดยโปรแกรม Scionimage ในภาพแรกที่ถูกทดสอบยืนอยู่ระนาบเดียวกับตัวเทียบวัดมาตราส่วน
5. น้ำหนัก และจุดศูนย์กลางมวลของอวัยวะส่วนต่างๆ ของร่างกายที่นำมาใช้คำนวณค่า Compressive Force แสดงในตารางที่ 3-4
6. ข้อมูลขนาดสัดส่วนต่างๆ ของอาสาสมัครที่ใช้ในการคำนวณหาค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/ S1 แสดงในภาคผนวก ฅ
7. ทำการคำนวณหาค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 โดยใช้รายละเอียดของข้อมูลที่ได้ดังกล่าว



ภาพที่ 3-20 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปชื่อ Scionimage วัดมุมในแต่ละท่าทาง

การคำนวณวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์ เพื่อหาค่าแรงและโมเมนต์ที่กระทำบนข้อต่อต่างๆ ของร่างกาย สามารถทำได้โดยกำหนดให้แบบจำลองของร่างกายเป็นวัตถุแข็งเกร็ง (Rigid Body) คือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและชิ้นส่วนทั้งหมดอยู่คงที่ แรงที่กระทำต่อร่างกายคือน้ำหนักวัตถุที่ยก (W_o) และน้ำหนักหรือมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายในที่นี้ คือน้ำหนักมือ (W_H), น้ำหนักของแขนส่วนล่าง (W_{LA}) น้ำหนักของแขนส่วนบน (W_{UA}) และน้ำหนักของลำตัวเหนือหมอนรองกระดูก L5/S1 (W_T) ซึ่งรวมน้ำหนักของศีรษะ คอและลำตัวเหนือ L5/S1 โดยสัดส่วนของชิ้นส่วนต่างๆ ของร่างกายดูจากตารางที่ 3-4

การคำนวณหาค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) ต่อไปนี้ผู้เขียนได้เลือกอาสาสมัครคนที่ 1 มาคำนวณ โดยเลือกท่าทางการทำงานที่ทำให้เกิดแรงกดที่หมอนรองกระดูก L5/S1 มากที่สุด มาแสดงวิธีคำนวณ โดยที่น้ำหนักของอาสาสมัครคนที่ 1 นี้เท่ากับ 55 กิโลกรัม และน้ำหนักของม้วนผ้าเท่ากับ 40 กิโลกรัม ดูสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายของอาสาสมัครคนที่ 1 ได้จากภาคผนวก ฅ และดูภาพการทำงานของอาสาสมัครที่ทำให้เกิดแรงกดที่หมอนรองกระดูก L5/S1 มากที่สุดได้จากภาพที่ 3-21 (ภาพ before_14) ดูภาพขยายของภาพที่ 3-21 ภาพย่อย before_14 ได้ดังภาพที่ 3-22



ภาพที่ 3-21 ท่าทางการทำงานที่ใช้คำนวณค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (Fc)



ภาพที่ 3-22 ภาพขยายของภาพที่ 3-28 ภาพย่อย before_14

ตารางที่ 3-4 แสดงข้อมูลสัดส่วนของชิ้นส่วนต่างๆ ของร่างกาย (ปรับปรุงจาก นริศ, 2533)

ส่วนของร่างกาย	% จุดศูนย์กลางมวลเทียบกับความยาวของส่วนนั้นวัดจากปลายด้านใกล้ตัว	มวลของส่วนต่างๆ เมื่อเทียบกับมวลร่างกาย (%)
แขนส่วนบน	45.83	6.61
แขนส่วนล่าง	42.22	3.25
มือ	42.82	1.26
ขาส่วนบน	44.07	20.29
ขาส่วนล่าง	42.76	9.94
เท้า	61.55	3.06
ลำตัวและศีรษะ	69.69	56.6

ความหมายและสัญลักษณ์ของตัวแปร

SL_1 = ความยาวปลายมือถึงข้อมือ สำหรับตัวอย่างเท่ากับ 0.075 เมตร (ดูข้อมูลการวัดสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายของพนักงานตัวอย่างได้จากภาคผนวก ฉ)

SL_2 = ความยาวที่วัดจากข้อศอกถึงข้อมือ สำหรับตัวอย่างเท่ากับ 0.272 เมตร (ดูข้อมูลการวัดสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายของพนักงานตัวอย่างได้จากภาคผนวก ฉ)

SL_3 = ความยาวที่วัดจากหัวไหล่ถึงข้อศอก เท่ากับ 0.328 เมตร (ดูข้อมูลการวัดสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายของพนักงานตัวอย่างได้จากภาคผนวก ฉ)

SL_4 = ความยาวที่วัดจากหัวไหล่ถึงตำแหน่ง L5/S1 สำหรับตัวอย่างเท่ากับ 0.416 เมตร (ดูข้อมูลการวัดสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายของพนักงานตัวอย่างได้จากภาคผนวก ฉ)

λ_2 = ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลเทียบกับความยาวของแขนเท่ากับ 0.4222 (ข้อมูลจากตารางที่ 3-4)

λ_3 = ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลเทียบกับความยาวของแขนส่วนบนตัวอย่าง วัดจากหัวไหล่ถึงข้อศอก เท่ากับ 0.436 (ข้อมูลจากตารางที่ 3-4)

λ_4 = ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลเทียบกับความยาวของลำตัววัดจากตำแหน่ง L5/S1 สำหรับตัวอย่างเท่ากับ 0.416 (ข้อมูลจากตารางที่ 3-4)

θ_1 = มุมของมือวัดจากแนวระนาบ

θ_2 = มุมของแขนส่วนล่างที่กระทำกับแนวระนาบ

θ_3 = มุมของแขนส่วนบนกระทำกับแนวระนาบ

θ_4 = มุมของลำตัวที่กระทำกับแนวระนาบ

W_H = น้ำหนักของมือ

W_o = น้ำหนักของภาระ (ม้วนผ้าหนัก 40 กก.)

W_{LA} = น้ำหนักของแขนส่วนล่างของอาสาสมัคร

W_{UA} = น้ำหนักของแขนส่วนบนของอาสาสมัคร

M_w = โมเมนต์ที่เกิดรอบข้อมือ

M_E = โมเมนต์ที่เกิดรอบข้อศอก

M_s = โมเมนต์ที่เกิดรอบหัวไหล่

M_T = โมเมนต์ที่เกิดรอบ S5/L1

F_{xw} = แรงในแนวระนาบ หรือแนวแกน x

F_{yw} = แรงในแนวตั้ง หรือแกน y

F_{XE} = แรงในแนวระนาบที่ข้อศอกในลักษณะของ Static Equilibrium

F_{YE} = แรงในแนวตั้งที่ข้อศอกในลักษณะของ Static Equilibrium

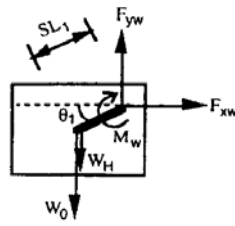
F_{XS} = แรงในแนวระนาบที่หัวไหล่ในลักษณะของ Static Equilibrium

F_{YS} = แรงในแนวตั้งที่หัวไหล่ในลักษณะของ Static Equilibrium

F_{XT} = แรงในแนวระนาบที่ตำแหน่ง L5/S1 ในลักษณะของ Static Equilibrium

F_{YT} = แรงในแนวตั้งที่ตำแหน่ง L5/S1 ในลักษณะของ Static Equilibrium

การคำนวณส่วนของข้อมือ จากแผนภาพแรงที่กระทำต่อข้อมือนำมาแสดงในภาพที่ 3-23 จะสมมติว่าน้ำหนักของวัตถุที่ถูกยกมีแนวแรง เนื่องจากน้ำหนักผ่านจุดศูนย์กลางมวลของมือ ด้วยเช่นกัน จากสมการสมดุลย์ของแรงและโมเมนต์ จะสามารถหาแรงและโมเมนต์ที่กระทำที่ข้อมือได้ดังนี้



ภาพที่ 3-23 แสดงตำแหน่งแรงของมือ (Tayyari and Smith, 1997)

$$\sum F_x = F_{xw} = 0$$

$$\sum F_y = F_{yw} - W_o - W_H = 0$$

$$\sum M_w = M_w - (W_o + W_H) \cdot SL_1 \cdot \cos \theta_1$$

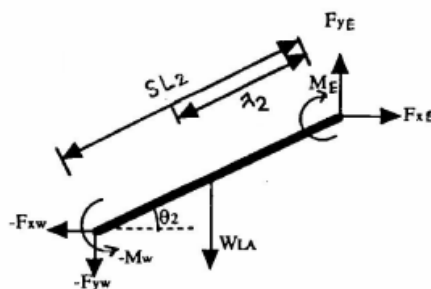
$$F_{xw} = 0$$

$$F_{yw} = W_o + W_H = 196 \text{ N} / 2 + 6.7914 = 104.7914 \text{ N}.$$

$$M_w = (W_o + W_H) \cdot SL_1 \cdot \cos \theta_1 = (104.7914 \text{ N}) \cdot (0.07) \cdot \cos 74.04^\circ = 2.017 \text{ N.m}$$

หมายเหตุ : น้ำหนักของภาระจะถูกหารสองเนื่องจากการยกด้วยมือสองมือ แรงส่วนนี้ถูกเฉลี่ยไปยังมือแต่ละข้างเท่านั้น

การคำนวณในส่วนของแขนส่วนล่าง (จากมือถึงข้อศอก) แสดงดังภาพที่ 3-24 จากสมการสมดุลของแรงและโมเมนต์ จะสามารถหาแรงและโมเมนต์ที่กระทำต่อแขนส่วนล่างหรือข้อศอกได้ดังนี้



ภาพที่ 3-24 แสดงตำแหน่งแรงของแขนส่วนล่าง (Lower Arm) (Tayyari and Smith, 1997)

$$W_{LA} = m_{LA} \cdot g = (55)(3.25/100\text{kg}) \cdot (9.81\text{m.s}^2) = 17.5175\text{N}.$$

$$\sum F_X = -F_{XW} + F_{XE} = 0$$

$$\sum F_Y = -F_{YW} - W_{LA} + F_{YE} = 0$$

$$\sum M_W = M_E - M_W - W_{LA} \cdot \lambda_2 \cdot SL_2 \cdot \cos \theta_2 - F_{YW} SL_2 \cdot \cos \theta_2 - F_{XW} \cdot SL_2 \cdot \sin \theta_2 = 0$$

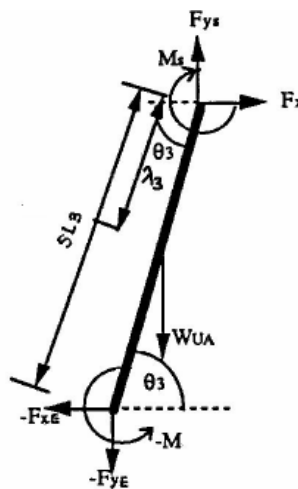
$$F_{XE} = 0$$

$$F_{YE} = F_{YW} + W_{LA} = 104.7914\text{N} + 17.5175\text{N} = 122.3089\text{N}$$

$$M_E = 2.017\text{N.m} + (17.5175\text{N}) \cdot (0.4222) \cdot (0.272\text{m}) \cdot \cos 74.04 \\ + (104.7914\text{N}) \cdot (0.272\text{m}) \cdot \cos 74.04$$

$$M_E = 10.408\text{ N.m}$$

การคำนวณสำหรับส่วนของแขนส่วนบน (จากข้อศอกถึงหัวไหล่) แสดงดังภาพที่ 3-25 จากสมการสมดุลของแรงและโมเมนต์ จะสามารถหาแรงและโมเมนต์ที่กระทำต่อแขนส่วนบน หรือหัวไหล่ได้ดังนี้



ภาพที่ 3-25 แสดงตำแหน่งแรงของแขนส่วนบน (Upper Arm) (Tayyari and Smith, 1997)

$$W_{UA} = m_{UA} \cdot g = (6.61/100)(55)\text{kg} \cdot (9.81\text{m.s}^2) = 35.6279\text{N}.$$

$$\sum F_X = -F_{XE} + F_{XS} = 0$$

$$\sum F_Y = -F_{YE} - W_{UA} + F_{YS} = 0$$

$$\sum M_E = M_S - M_E - W_{UA} \cdot \lambda_3 \cdot SL_3 \cdot \cos \theta_3 - F_{YE} SL_3 \cdot \cos \theta_3 - F_{XE} \cdot SL_3 \cdot \sin \theta_3 = 0$$

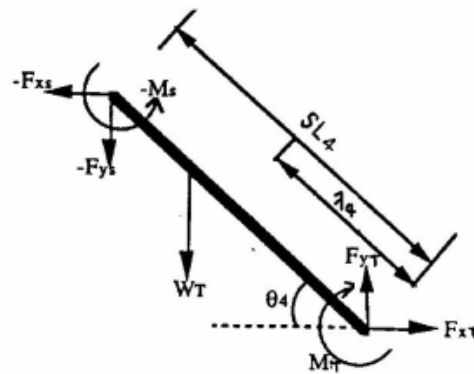
$$F_{XS} = 0$$

$$F_{YS} = F_{YE} + W_{UA} = 122.31N + 35.63N = 157.94N$$

$$M_S = 10.408N.m + (0.436).(0.328m).Cos59.62 + (112.3089N).(0.328m).Cos59.62$$

$$M_S = 33.405 N.m$$

การคำนวณสำหรับในส่วนของลำตัวแสดงดังภาพที่ 3-26 จากสมการสมดุลของแรงและโมเมนต์ จะสามารถหาแรงและโมเมนต์ที่กระทำต่อลำตัวได้ดังนี้



ภาพที่ 3-26 แสดงตำแหน่งแรง (Free Body Diagram) ของลำตัว (Trunk)
(Tayyari and Smith, 1997)

$$F_{YS} = 157.937 N \text{ สำหรับหัวไหล่แต่ละข้าง} = 315.874 N \text{ สำหรับหัวไหล่ทั้ง 2 ข้าง}$$

$$W_T = m_T \cdot g = ((56.5/100).55kg).(9.81m.s^2) = 305.074N.$$

$$\sum F_X = -F_{XS} + F_{XT} = 0$$

$$\sum F_Y = -F_{YS} - W_T + F_{YT} = 0$$

$$\sum M_E = M_S - M_T - W_T \cdot \lambda_4 \cdot SL_4 \cdot \cos \theta_4 - F_{YS} SL_4 \cdot \cos \theta_4 - F_{XS} \cdot SL_4 \cdot \sin \theta_4 = 0$$

$$F_{XT} = 0$$

$$F_{YT} = F_{YS} + W_T = 217.0N + 308.7N = 525.7N$$

$$M_T = 33.405N.m + (305.074N).(0.416/2m).(0.67m).Cos3.21 \\ + (157.937N).(0.416/2m).Cos3.21$$

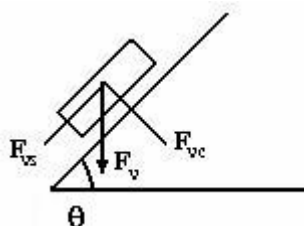
$$M_T = 110.357 N.m$$

การอธิบายถึงวิธีการคำนวณในลักษณะการวิเคราะห์แบบ Static ดังที่แสดงข้างต้นนี้จะได้โมเมนต์รอบ L5/S1 เท่ากับ 110.357 N.M ถ้าเราสมมุติให้กลุ่มของกล้ามเนื้อที่เรียกว่า Erector Spinae Muscle Group ซึ่งเป็นกลุ่มของกล้ามเนื้อหลังที่ก่อให้เกิดโมเมนต์บริเวณ L5/S1 และเราสามารถประมาณแรงที่กล้ามเนื้อในกลุ่ม Erector Spinae Muscle ได้ถ้าเราทราบถึงค่าระยะห่างโมเมนต์ของกล้ามเนื้อโดยวัดจากบริเวณ L5/S4 ซึ่งเท่ากับ 0.04 m.

$$F.d = M_T = 110.357 \text{ N.m}$$

$$F = \frac{110.357 \text{ N.m}}{0.04 \text{ m}} = 2758.925 \text{ N.}$$

และเราสามารถหาแรงเฉือนที่กระทำต่อหมอนรองกระดูก L5/S1 ได้จากตัวอย่างถ้าเราทราบมุมของหลังที่กระทำในแนวระนาบโดยแรงนี้เกิดจากกล้ามเนื้อในกลุ่ม Erector Spinae Muscle แสดงดังภาพที่ 3-27



ภาพที่ 3-27 แสดงทิศทางของแรงเฉือนที่กระทำต่อหมอนรองกระดูก L5/S1

$$\begin{aligned} F_v &= \text{แรงที่เกิดจากน้ำหนักทั้งหมดในแนวตั้งที่กระทำต่อหมอนรองกระดูก L5/S1} \\ &= W_o + W_H + W_{LA} + W_{UA} + W_T \\ &= 196 + 6.7914 + 17.5175 + 35.6279 + 305.074 = 561.011 \text{ N} \end{aligned}$$

$$F_{vc} = 561.011 \cos 3.21 = 559.051 \text{ N}$$

$$F_{vs} = 561.011 \sin 3.21 = 46.8466 \text{ N}$$

โดยแรงกดรวม (F_c) และแรงเฉือน (F_s) จะเป็นดังนี้

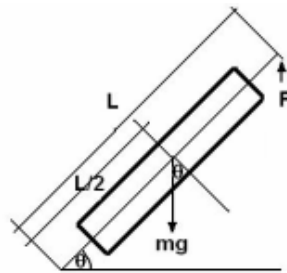
$$F_c = F_c (\text{Right hand side}) + F_c (\text{Left hand side}) + F_{vc}$$

$$F_c = 2758.925 + 2704.564 + 559.051 = 6025.54 \text{ N.}$$

$$F_s = F_{vs} = 46.847 \text{ N.}$$

จากคำแนะนำในทางปฏิบัติของ NIOSH (1981) กล่าวว่า ชีตจำกัดที่ยอมรับได้สูงสุด ซึ่งพิจารณาจากค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) มีค่าประมาณ 6400 N. โดยการทำงานเกินขีดจำกัดสูงสุดจะทำให้เกิดการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อรุนแรงมาก

การคิดค่าน้ำหนักของผ้า เพื่อใช้ในการคำนวณชีวกลศาสตร์ของการยกม้วนผ้าก่อนการปรับปรุง แสดงดังภาพที่ 3-28



ภาพที่ 3-28 แสดงทิศทางแรงของม้วนผ้าที่นำมาใช้คิดค่าน้ำหนักของผ้า

จากสูตร

$$\sum M = F \times L \times \cos\theta - mg \times L/2 \times \cos\theta = 0$$

$$F = mg / 2$$

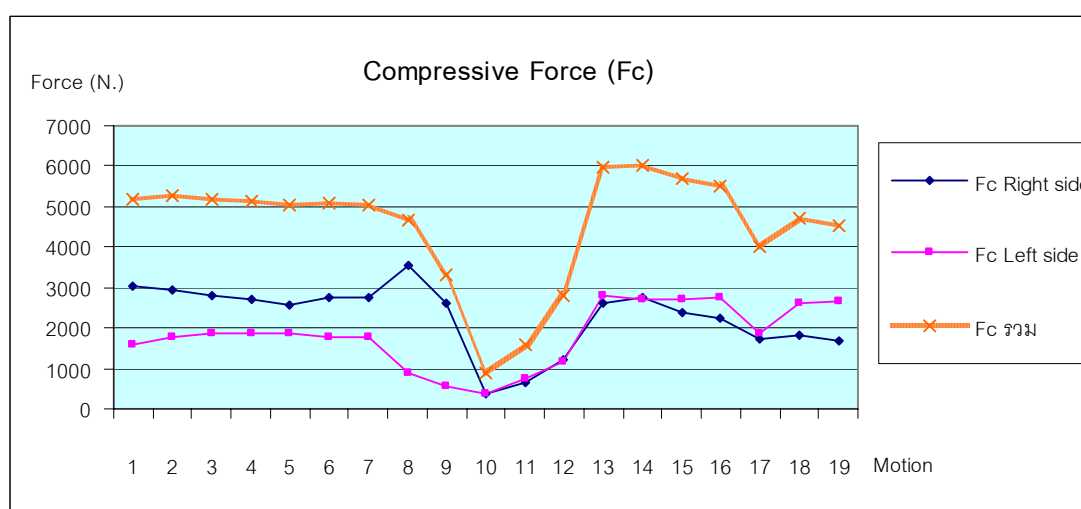
ดังนั้นแรงที่ใช้ในการยกน้ำหนักผ้าที่มุมของการยกใดๆ ในลักษณะการคำนวณแบบ Static จะเท่ากับ $F = mg / 2$ โดยผ้าที่ทำการศึกษาเท่ากับ $(40 \times 9.81) / 2 = 196.20$ N.

จากการทำงานยกม้วนผ้าดังกล่าว ได้แสดงค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) ของท่าทางการยกในแต่ละท่าทางได้ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 คำนวณค่า Compressive Force ก่อนปรับปรุง

No. Picture	hand (m)	upper arm (m)	lower arm (m)	trunk (m)	Degree Left side			Degree Right side			Fc (N)		Fvc (N)	Fs (N)	Fc รวม (N)
					upper arm	lower arm	trunk	upper arm	lower arm	trunk	Right side	Left side			
1	0.176	0.270	0.250	0.350	68.380	83.360	14.020	82.530	76.470	14.020	3033.526	1605.750	544.299	135.911	5183.575
2	0.176	0.270	0.250	0.350	53.680	55.320	13.070	82.990	79.040	13.070	2949.331	1777.820	546.478	126.868	5273.628
3	0.176	0.270	0.250	0.350	46.010	42.590	9.120	85.490	82.930	9.120	2777.802	1871.427	553.919	88.922	5203.148
4	0.176	0.270	0.250	0.350	43.490	61.600	7.560	84.160	86.840	7.560	2711.035	1876.383	556.134	73.809	5143.552
5	0.176	0.270	0.250	0.350	42.540	61.160	8.090	90.000	84.600	8.090	2580.080	1881.950	555.428	78.950	5017.458
6	0.176	0.270	0.250	0.350	51.040	52.310	15.070	84.380	83.380	15.070	2748.343	1791.105	541.717	145.862	5081.165
7	0.176	0.270	0.250	0.330	52.170	53.200	16.130	85.560	81.950	16.130	2740.577	1773.741	538.926	155.859	5053.244
8	0.176	0.270	0.250	0.350	64.630	17.740	65.920	64.630	17.740	65.920	3524.808	906.266	228.899	512.190	4659.973
9	0.176	0.270	0.250	0.350	90.000	2.990	70.510	90.000	2.990	70.510	2594.623	544.475	187.177	528.865	3326.276
10	0.176	0.270	0.250	0.350	81.580	37.890	79.820	81.580	37.890	79.820	384.791	393.788	99.154	552.179	877.733
11	0.176	0.270	0.250	0.350	70.260	76.000	67.740	88.470	38.460	67.740	630.605	756.905	212.517	519.201	1600.026
12	0.176	0.270	0.250	0.350	76.400	68.730	45.000	64.790	50.580	45.000	1212.868	1167.851	396.695	396.695	2777.414
13	0.176	0.270	0.250	0.350	72.400	59.300	0.000	67.250	75.570	0.000	2602.250	2814.504	561.011	0.000	5977.765
14	0.176	0.270	0.250	0.350	72.070	66.940	4.790	59.620	74.040	3.210	2758.918	2707.564	559.051	46.847	6025.533
15	0.176	0.270	0.250	0.350	65.090	74.980	9.810	67.490	86.200	9.810	2396.589	2726.127	552.808	95.586	5675.524
16	0.176	0.270	0.250	0.350	60.080	73.710	22.550	71.080	83.710	22.550	2251.794	2735.765	518.119	215.142	5505.678
17	0.176	0.270	0.250	0.350	83.710	63.530	46.330	69.150	90.000	46.330	1735.100	1887.160	387.380	405.795	4009.640
18	0.176	0.270	0.250	0.350	40.980	51.610	59.010	60.220	75.080	59.010	1800.360	2619.103	288.858	480.931	4708.321
19	0.176	0.270	0.250	0.350	30.900	13.430	72.460	48.010	67.730	72.940	1684.420	2675.946	169.073	534.928	4529.439

จากตารางที่ 3-5 จะเห็นว่าท่าทางที่ 14 (รูปภาพที่ 3-21 (before_14) ประกอบ) เป็นท่าทางการยกที่มีค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) มากที่สุดคือเท่ากับ 6025.533 N. ซึ่งแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) นี้ใกล้เคียงขีดจำกัดที่ยอมรับได้สูงสุด (ค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) มีขีดจำกัดที่ยอมรับได้สูงสุดประมาณ 6,400 N. , NIOSH (1981)) จากตารางที่ 3-7 นำมาเขียนกราฟแสดงแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) ต่อการยกม้วนผ้า 1 ม้วน ได้ดังภาพที่ 3-29 โดยแกนตั้งแสดงค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) และแกนนอนแสดงท่าทางต่างๆ ที่อาสาสมัครทำงานในการยกม้วนผ้าหนัก 40 กก. 1 ม้วน ขึ้นวางบนโต๊ะสาวผ้า



ภาพที่ 3-29 แสดงค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c)ของการยกผ้า 1 ครั้ง

3.10 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และทำการแก้ไขโดยปรับปรุงสภาพ

การทำงานใหม่

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่ทำให้อาสาสมัครในแผนกสาวผ้า มีค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ค่าสัญญาณไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหลัง (EMG) และค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) สูง พบว่าเกิดจากท่าทางการปฏิบัติงานของอาสาสมัครไม่เหมาะสม เนื่องจากม้วนผ้ามีน้ำหนักมาก และอาสาสมัครต้องก้มยกม้วนผ้าจากพื้นที่ต่ำขึ้นโต๊ะซึ่งมีความสูง จึงได้ปรับปรุงสภาพการทำงาน โดยพยายามหลีกเลี่ยงการยกและหลีกเลี่ยงท่าทางการทำงานที่ผิดหลักการยศาสตร์

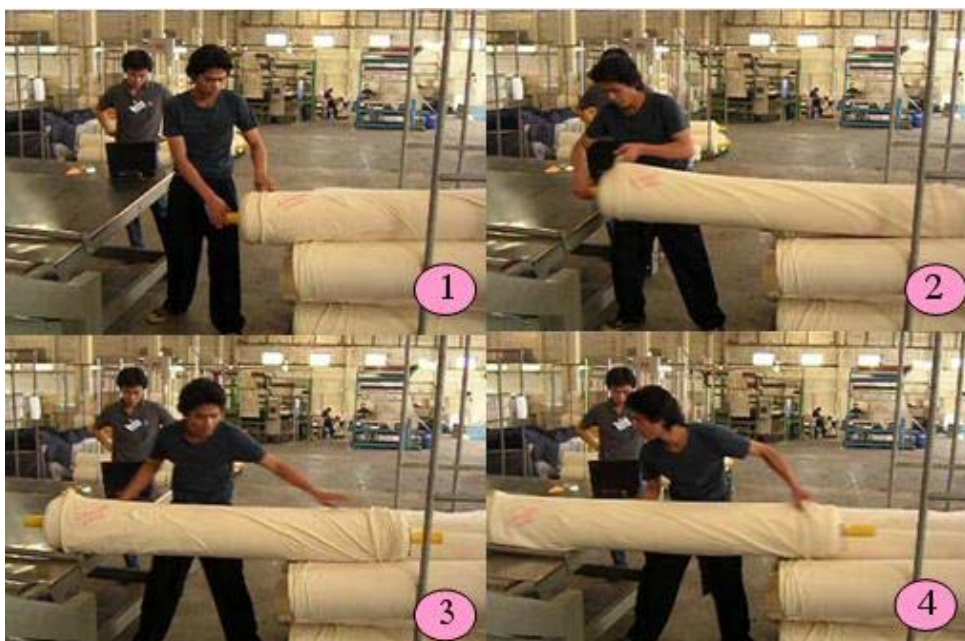
3.11 ออกแบบท่าทางการทำงานใหม่ที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติงานเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานที่ปลอดภัย

การทดลองนี้จำลองการใช้โต๊ะปรับระดับความสูง โดยใช้รถ Fork Lift ทำการยกพาลเล็ทไว้ให้ม้วนผ้าชั้นที่ต้องการลากไปสาว อยู่ในระดับเดียวกับโต๊ะ จุดประสงค์เพื่อให้ม้วนผ้าอยู่ในระดับเดียวกับเครื่องสาวผ้า และจัดสภาพงานให้อาสาสมัครสามารถดึงม้วนผ้าออกจากพาลเล็ทขึ้นโต๊ะสาวผ้าได้พอดี โดยไม่ต้องก้มยก แสดงดังภาพที่ 3-30 การทดลองนี้ให้อาสาสมัครทำการทดลอง 2 วิธี คือ

1. ให้อาสาสมัครทำงานในสภาพงานใหม่ โดยทำการดึงม้วนผ้าออกจากพาลเล็ท โดยไม่มีการก้มยก ในด้านที่ตัวเองถนัด ดังแสดงในภาพที่ 3-30

2. ให้อาสาสมัครทำงานในสภาพงานใหม่ โดยเพิ่มแผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า เพื่อลดแรงเสียดทาน ดังแสดงในภาพที่ 3-31 และ 3-32 ทำการดึงม้วนผ้าออกจากพาลเล็ท โดยไม่มีการก้มยก ในด้านที่ตัวเองถนัด

ผลการทดลองจากการจัดสภาพการทำงานใหม่ จะแสดงในบทถัดไป



ภาพที่ 3-30 แสดงการทดลองการจัดสภาพงานใหม่



ภาพที่ 3-31 แสดงภาพใช้แผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า



ภาพที่ 3-32 แสดงท่าทางการทำงานสภาพงานใหม่ โดยมีแผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า

บทที่ 4

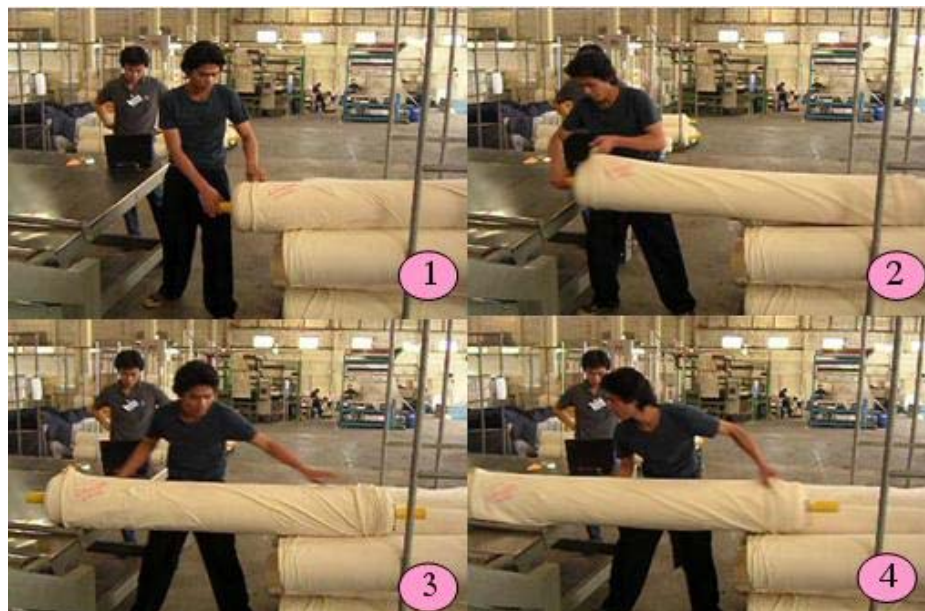
ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดระดับความเจ็บปวดของพนักงานในแผนกสาวผ้า ในโรงงานย้อมผ้าถักตัวอย่างศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงสภาพการทำงานโดยการจำลองการใช้โต๊ะปรับระดับความสูง และสร้างการทดลองให้อาสาสมัครทดลองทำงานในสภาพการทำงานใหม่ จุดประสงค์เพื่อให้ม้วนผ้าอยู่ในระดับเดียวกับเครื่องสาวผ้า เพื่อให้พนักงานสามารถลากม้วนผ้าหนัก 40 กก. ขึ้นเครื่องสาวผ้าได้โดยไม่ต้องยก หลังจากนั้นก็จะทำการวัดผลค่าตัวแปรต่างๆ ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึง ผลการวัดค่าตัวแปรต่างๆ หลังการปรับปรุงสถานงาน และผลการเปรียบเทียบค่าตัวแปรต่างๆ ก่อนและหลังการปรับปรุงสภาพการทำงาน

4.1 วิเคราะห์ท่าทางการทำงานด้วยเทคนิค Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

หลังจากมีการปรับปรุงสภาพการทำงานใหม่

จากการจัดสภาพการทำงานใหม่ โดยให้อาสาสมัครดึงม้วนผ้าออกจากพาลเลตโดยไม่มี การก้มยก ดังภาพที่ 4-1 ประเมินให้คะแนนค่า RULA ได้ดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-1 แสดงการทดลองการจัดสภาพงานใหม่

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

Step 1: Locate Upper Arm Position

Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised = +1;
If upper arm is abducted = +1;
If arm is supported or person is leaning = -1

Final Upper Arm Score = +2

Step 2: Locate Lower Arm Position

Step 2a: Adjust...
If arms working across midline of the body = +1;
If arm out to side of body = +1

Final Lower Arm Score = +1

Step 3: Locate Wrist Position

Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from the midline = +1

Final Wrist Score = +1

Step 4: Wrist Twist
If wrist is twisted mainly in mid-range = 1;
If twist at or near end of twisting range = 2

Wrist Twist Score = +1

Step 5: Look-up Posture Score in Table A
Use values from steps 1, 2, 3 & 4 to locate Posture Score in table A

Posture Score A = 2

Step 6: Add Muscle Use Score
If posture mainly static; (i.e. held for longer than 1 minute) or;
if action repeatedly occurs 4 times per minute or more = +1

Muscle Use Score = 0

Step 7: Add Force/load Score
If load less than 2 kg (intermittent) = 0;
If 2 kg to 10 kg (intermittent) = +1;
If 2 kg to 10 kg (static or repeated) = +2;
If more than 10 kg load or repeated or shocks = +3

Force/load Score = 3

Step 8: Find Row in Table C
The completed score from the Arm/Wrist analysis is used to find the row on Table C

Final Wrist & Arm Score = 5

B. Neck, Trunk & Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted = +1; If neck is side-bending = +1

Final Neck Score = +1

Step 10: Locate Trunk Position

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted = +1; If trunk is side bending = +1

Final Trunk Score = +3

Step 11: Legs
If legs & feet supported and balanced = +1
If not = +2

Final Leg Score = +1

Trunk Posture Score

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

Table B

Step 12: Look-up Posture Score in Table B
Use values from steps 8, 9, & 10 to locate Posture Score in Table B

Posture B Score = 2

Step 13: Add Muscle Use Score
If posture mainly static or;
if action 4 minutes or more = +1

Muscle Use Score = 0

Step 14: Add Force/load Score
If load less than 2 kg (intermittent) = 0;
If 2 kg to 10 kg (intermittent) = +1;
If 2 kg to 10 kg (static or repeated) = +2;
If more than 10 kg load or repeated or shocks = +3

Force/load Score = 3

Step 15: Find Column in Table C
The completed score from the Neck/Trunk & Leg analysis is used to find the column on Chart C

Final Neck, Trunk & Leg Score = 5

Table A

	Upper Arms	Lower Arms	Wrist			
			1	2	3	4
1	1	1	2	2	2	3
2	2	2	3	3	3	3
3	3	3	4	4	4	4
4	4	4	5	5	5	5
5	5	5	6	6	6	6
6	6	6	7	7	7	7
7	7	7	8	8	8	8
8	8	8	9	9	9	9
9	9	9	10	10	10	10

Table C

	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 = 6

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

Source: McAtamney, L. & Corlett, E.N. (1993) RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, *Applied Ergonomics*, 24(2) 91-99.

©Professor Alan Hedge, Cornell University. Feb. 2001

ภาพที่ 4-2 แสดงการประเมินค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) ของอาสาสมัครหลังปรับปรุง

จากการจัดสภาพงานใหม่ และนำมาประเมินคะแนน RULA จะได้คะแนนรวมเท่ากับ 6 แสดงว่าการทำงานต้องให้ความสนใจ และมีการปรับปรุงการทำงาน

4.2 วัดสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ EMG ในขณะทำงาน ของอาสาสมัคร 5 คน

หลังจากมีการปรับปรุงสภาพการทำงานใหม่

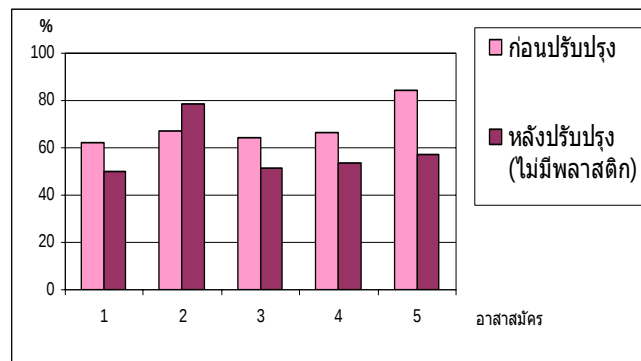
จากการจัดสภาพการทำงานใหม่ ให้อาสาสมัครทำการทดลอง 2 วิธี คือ

1. ให้อาสาสมัครทำงานในสภาพงานใหม่ ทำการดึงม้วนผ้าออกจากพาลเลต โดยไม่มีการก้มยก ในด้านที่ตัวเองถนัด ดังแสดงในภาพที่ 4-1 นำมาวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ของอาสาสมัคร 5 คนเดิม ได้ผลดังตารางที่ 4-1

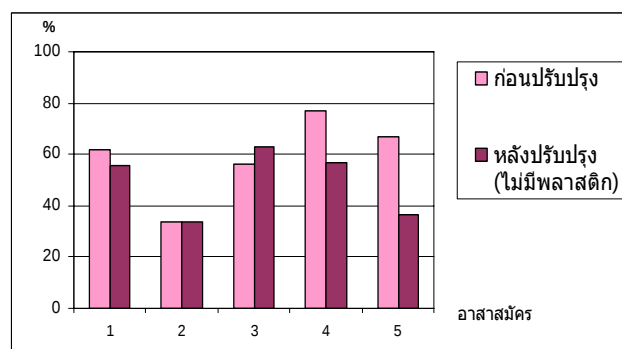
ตารางที่ 4-1 แสดงค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อของอาสาสมัครหลังปรับปรุง (ไม่มีพลาสติก)

กล้ามเนื้อ	อาสาสมัคร	หลังปรับปรุง (ไม่มีพลาสติก)			
		EMG ทำงาน ($\mu V.$)	EMG (%)	EMG เฉลี่ย ($\mu V.$)	EMG เฉลี่ย (%)
หลังส่วนล่างซ้าย Multifidus (L)	1	72.00	50.00	77.00	58.17
	2	96.00	78.69		
	3	59.00	51.75		
	4	90.00	53.25		
	5	68.00	57.14		
หลังส่วนล่างขวา Multifidus (R)	1	67.00	55.83	75.00	49.11
	2	76.00	33.63		
	3	90.00	62.94		
	4	82.00	56.55		
	5	60.00	36.59		

จากตารางที่ 4-1 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อบริเวณหลังส่วนบน และส่วนล่าง ของอาสาสมัครทั้ง 5 คน เปรียบเทียบกับค่า MVE ของแต่ละคน โดยแกนตั้งแสดงเปอร์เซ็นต์ของกำลังสูงสุดที่คนคนนั้นสามารถทำได้ แสดงดังภาพที่ 4-3 และ 4-4



ภาพที่ 4-3 เปอร์เซนต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน กับค่า MVE ของหลังส่วนล่างด้านซ้าย, Multifidus (L) (หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน)



ภาพที่ 4-4 เปอร์เซนต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน กับค่า MVE ของหลังส่วนล่างด้านขวา, Multifidus (R) (หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน)

ผลการทดลองวิธีที่ (1) ดังแสดงในตาราง 4-1 และภาพที่ 4-3 และ 4-4 ได้สัญญาณ EMG (RMS) ที่กล้ามเนื้อทั้งสองเฉลี่ย คือ 250 และ 203.06 μV ตามลำดับ คิดเป็น 65.07% และ 60.13% ของค่า MVE ของแต่ละกล้ามเนื้อตามลำดับ (ดูกราฟแสดงผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ขณะทำงานเปรียบเทียบกับค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด (MVE) ของการทำงานดึงม้วนผ้า 1 ม้วนออกจากพาลเลตขึ้นโต๊ะสาวผ้าในภาคผนวก ข)

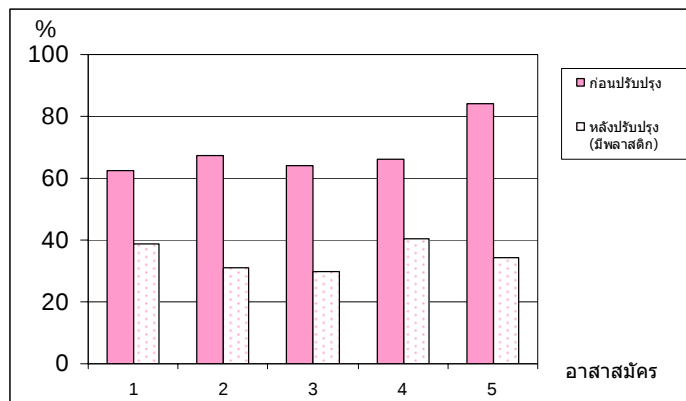
สรุปได้ว่าค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ของพนักงานมีค่าเฉลี่ยลดลงทุกจุด แต่ค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ที่บริเวณหลังส่วนล่างยังคงเกินขีดจำกัดของความปลอดภัยในการยก (ที่กำหนดต้องไม่เกิน 35% ของกำลังสูงสุดที่คนงานนั้นทำได้ (Sander and McCormick, 1992))

2. ให้อาสาสมัครทำงานในสภาพงานใหม่ที่มีแผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้าเพื่อลดแรงเสียดทาน ทำการดึงม้วนผ้าออกจากพาลเลท โดยไม่มีการก้มยก ในด้านที่ตัวเองถนัด ดังภาพที่ 4-1 จากนั้นวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ของอาสาสมัคร 5 คนเดิม ได้ผลดังตารางที่ 4-2

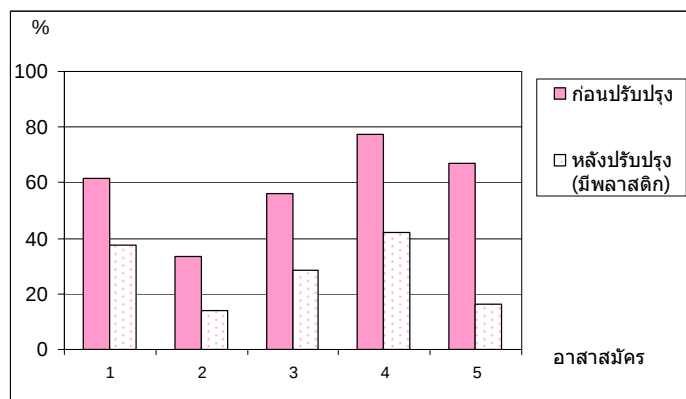
ตารางที่ 4-2 แสดงค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ของอาสาสมัคร หลังปรับปรุง (มีพลาสติก)

กล้ามเนื้อ	อาสาสมัคร	หลังปรับปรุง (มีพลาสติก)			
		EMG ทำงาน ($\mu V.$)	EMG (%)	EMG เฉลี่ย ($\mu V.$)	EMG เฉลี่ย (%)
หลังส่วนล่างซ้าย Multifidus (L)	1	102.00	25.63	155.40	40.45
	2	159.00	61.15		
	3	150.00	49.50		
	4	140.00	44.87		
	5	226.00	34.88		
หลังส่วนล่างขวา Multifidus (R)	1	200.00	65.57	152.00	44.89
	2	114.00	46.53		
	3	131.00	70.43		
	4	186.00	51.67		
	5	129.00	21.61		

จากตารางที่ 4-2 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อบริเวณหลังส่วนบน และส่วนล่าง ของอาสาสมัครทั้ง 5 คน เปรียบเทียบกับค่า MVE ของแต่ละคน โดยแกนตั้งแสดงเปอร์เซ็นต์ของกำลังสูงสุดที่คนคนนั้นสามารถทำได้ แสดงดังภาพที่ 4-5 และ 4-6



ภาพที่ 4-5 เปอร์เซนต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน กับค่า MVE ของหลังส่วนล่างด้านซ้าย, Multifidus (L) (หลังปรับปรุงสภาพการทำงานแบบวิธีที่ 2 มีพลาสติก)



ภาพที่ 4-6 เปอร์เซนต์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า EMG ที่กล้ามเนื้อหลังขณะทำงาน กับค่า MVE ของหลังส่วนล่างด้านขวา, Multifidus (R) (หลังปรับปรุงสภาพการทำงานแบบวิธีที่ 2 มีพลาสติก)

ผลการทดลองวิธีที่ (2) ดังแสดงในตาราง 4-2 และภาพที่ 4-5 และ 4-6 สรุปได้ว่า สัญญาณ EMG ที่กล้ามเนื้อทั้งสองมีค่าเฉลี่ยลดลงทุกจุด ได้ค่าเฉลี่ยคือ 47.40 และ 41.20 μV . ตามลำดับ คิดเป็น 34.91% และ 27.77% ของค่า MVE ของแต่ละกล้ามเนื้อตามลำดับ (ดูกราฟ แสดงผลการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ขณะทำงานเปรียบเทียบกับค่า สัญญาณไฟฟ้าสูงสุด (MVE) ของการทำงานดึงม้วนผ้า 1 ม้วนออกจากพาลเลตขึ้นโต๊ะสาวผ้า ในภาคผนวก ฉ)

สรุปได้ว่าวิธีที่ใช้แผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า ทำให้ค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อทุกจุด และค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ที่บริเวณหลังส่วนล่างต่ำกว่าขีดจำกัดของความปลอดภัย ในการยก (ที่กำหนดต้องไม่เกิน 35% ของกำลังสูงสุดที่คนงานนั้นทำได้ (Sander and McCormick, 1992))

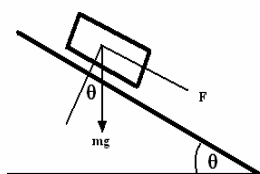
4.3 คำนวณค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ในขณะที่ปฏิบัติงาน หลังจากมีการปรับปรุงสภาพการทำงานใหม่

จากการทดลองให้อาสาสมัครทำงานด้วยวิธีใหม่ โดยใช้วิธีการดึงม้วนผ้าออกจากพาลเล็ทอย่างเดียวน ไม่มีการยก แสดงดังภาพที่ 4-1 นำมาคำนวณค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ของอาสาสมัคร จะแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 การคำนวณดังต่อไปนี้

1. การคำนวณค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 หลังจากการจัดสภาพการทำงานแบบวิธีที่ (1) คือไม่มีแผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า (ดูภาพที่ 4-8 ประกอบ) การคำนวณนี้จะต้องคิดค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ระหว่างม้วนผ้าด้วย เนื่องจากสภาพการทำงานใหม่ ใช้วิธีดึงม้วนผ้าออกจากพาลเล็ทแทนการยก

2. การคำนวณค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 หลังจากการจัดสภาพการทำงานใหม่ วิธีที่ (2) แบบมีแผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า การคำนวณนี้ผู้เขียนจะใช้ทำทางในภาพที่ 4-8 มาคำนวณ เนื่องจากท่าทางที่อาสาสมัครทำงานเป็นท่าทางเดียวกับการคำนวณข้อ 4.3.1 แต่จะสมมติว่าไม่มีแรงเสียดทานระหว่างม้วนผ้า

4.3.1 การคำนวณค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 หลังจากการจัดสภาพการทำงานแบบวิธีที่ (1) คือไม่มีแผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า จะคิดค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ที่เกิดจากการดึงม้วนผ้า สามารถทำการประมาณได้โดยทำการจำลองการหาค่าโดยนำผ้าปูบนแผ่นกระดานและที่พื้นผิวของวัตถุรูปทรงลูกบาศก์ และทำการยกกระดานเพื่อทำให้เกิดมุมชันๆ จนกระทั่งวัตถุเริ่มเคลื่อนที่เราจะสามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ได้ แสดงดังภาพที่ 4-7



ภาพที่ 4-7 แสดงการคิดค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์ที่เกิดจากการลากม้วนผ้า

จากสูตร

$$F = \mu \times mg \times \cos \theta$$

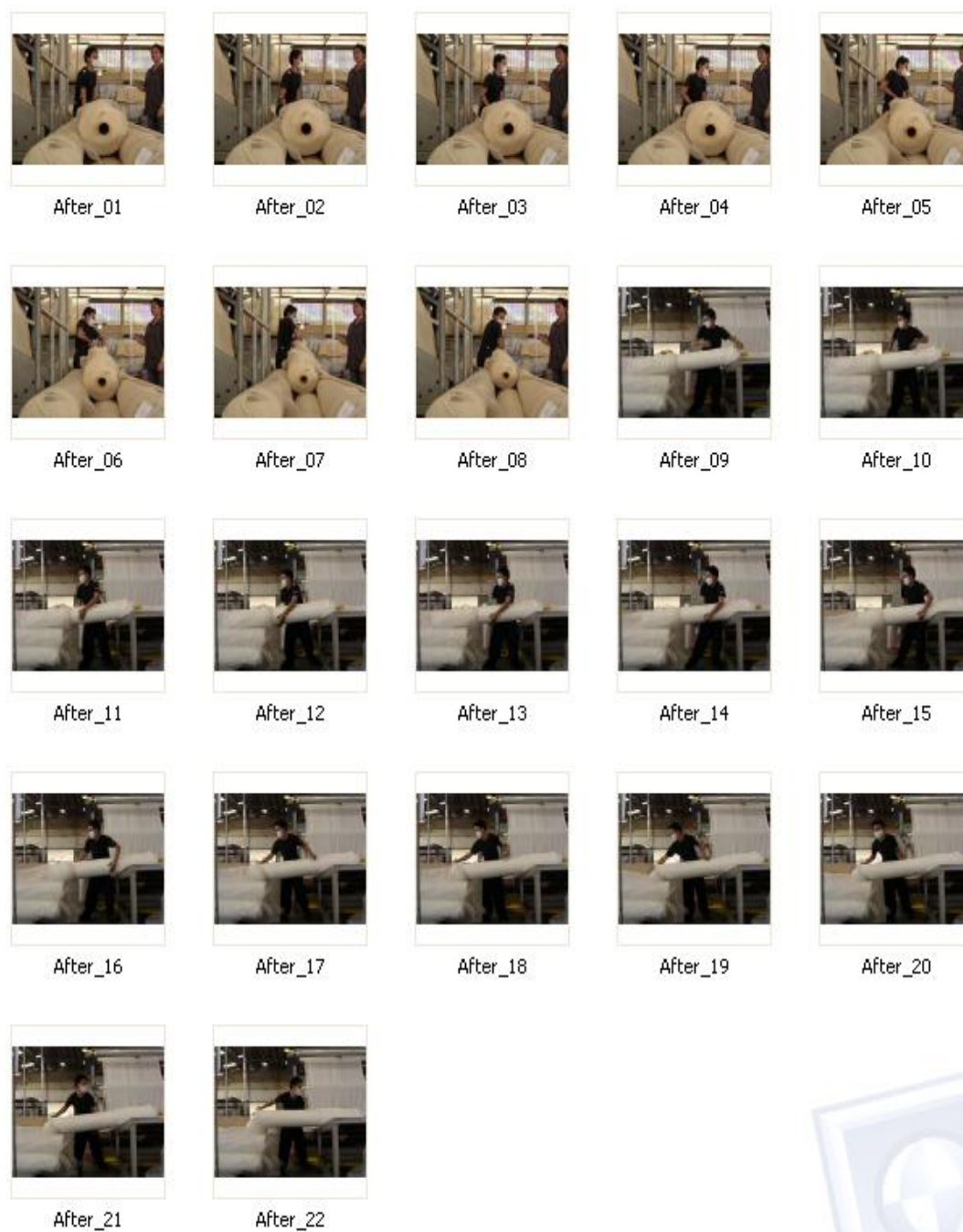
แรงที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่เพื่อเอาชนะแรงเสียดทานจลน์เท่ากับ $mg \times \sin \theta$

ดังนั้น

$$\mu = (mg \times \sin \theta) / (mg \times \cos \theta) = \tan \theta \quad (4-1)$$

จากรูปที่ 4-12 จะได้ θ ประมาณ 20° แทนค่าในสมการ (4-1) จะได้ $\mu = 0.352$

ดังนั้นจากการทำงานยกม้วนผ้าดังกล่าว ได้แสดงค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ของท่าทางการทำงานในแต่ละท่าทางได้ดังตารางที่ 4-3

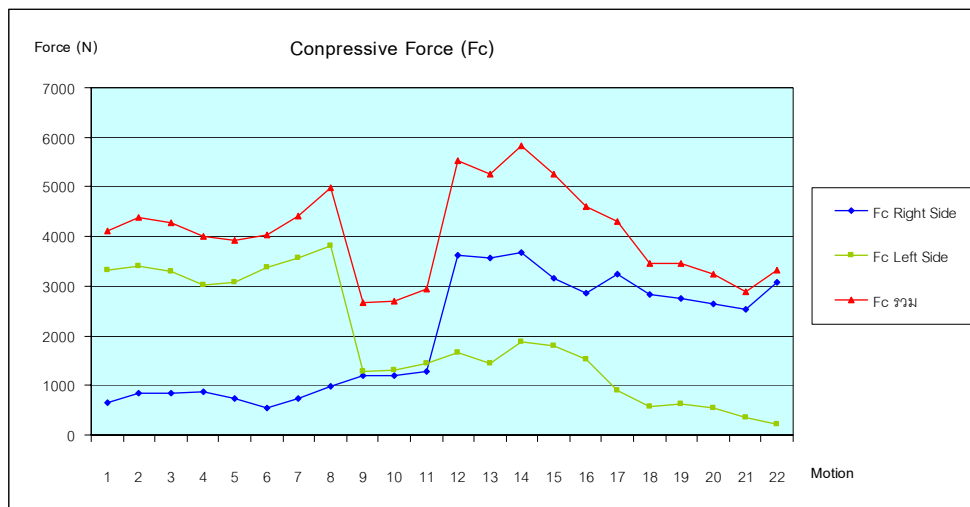


ภาพที่ 4-8 แสดงท่าทางการทำงานที่ใช้คำนวณค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1

ตารางที่ 4-3 คำนวณค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 หลังปรับปรุง (ไม่มีพลาสติก)

No. Picture	hand (m)	upper arm (m)	lower arm (m)	trunk (m)	Degree Left side			Degree Right side			Fc (N)	Fc (N)	Fvc	Fs	Fc รวม
					upper arm	lower arm	trunk	upper arm	lower arm	trunk	Right side	Left side	(N)	(N)	(N)
1	0.176	0.270	0.250	0.350	76.700	41.990	71.980	76.700	41.990	71.980	663.128	3327.840	112.916	347.107	4103.884
2	0.176	0.270	0.250	0.350	81.420	41.990	67.450	81.420	41.990	67.450	835.376	3404.918	139.978	337.104	4380.273
3	0.176	0.270	0.250	0.350	70.420	31.360	67.970	70.420	31.360	67.970	852.695	3289.759	136.913	338.360	4279.366
4	0.176	0.270	0.250	0.350	80.820	20.160	68.970	80.820	20.160	68.970	860.415	3012.369	130.987	340.698	4003.771
5	0.176	0.270	0.250	0.350	78.350	28.970	73.380	78.350	28.970	73.380	742.762	3079.106	104.401	349.762	3926.269
6	0.176	0.270	0.250	0.350	40.890	54.560	74.080	40.890	54.560	74.080	534.303	3388.186	100.121	351.011	4022.609
7	0.176	0.270	0.250	0.330	40.890	75.520	72.490	40.890	75.520	72.490	721.934	3573.779	109.822	348.098	4405.534
8	0.176	0.270	0.250	0.350	39.290	77.440	61.500	39.290	77.440	61.500	983.728	3817.321	174.168	320.778	4975.217
9	0.176	0.270	0.250	0.350	59.210	41.990	59.210	59.210	41.990	59.210	1198.944	1276.543	186.846	313.562	2662.333
10	0.176	0.270	0.250	0.350	57.970	58.380	57.970	57.970	58.380	57.970	1210.116	1295.969	193.588	309.445	2699.673
11	0.176	0.270	0.250	0.350	54.890	31.360	54.890	54.890	31.360	54.890	1287.544	1436.324	209.935	298.597	2933.804
12	0.176	0.270	0.250	0.350	38.570	69.980	48.880	38.570	69.980	48.880	3626.869	1649.086	240.045	274.975	5516.000
13	0.176	0.270	0.250	0.350	59.130	59.740	51.180	59.130	59.740	51.180	3580.217	1450.130	228.816	284.387	5259.164
14	0.176	0.270	0.250	0.350	40.380	36.180	40.190	40.380	36.180	40.190	3686.088	1870.983	278.835	235.550	5835.905
15	0.176	0.270	0.250	0.350	43.880	24.910	42.510	43.880	24.910	42.510	3171.190	1810.659	269.071	246.645	5250.920
16	0.176	0.270	0.250	0.350	52.720	24.910	52.660	52.720	24.910	52.660	2854.119	1514.921	221.395	290.202	4590.435
17	0.176	0.270	0.250	0.350	77.690	85.310	64.170	77.690	85.310	64.170	3244.047	891.671	159.036	328.543	4294.755
18	0.176	0.270	0.250	0.350	70.910	39.060	80.700	70.910	39.060	80.700	2830.708	562.232	58.987	360.213	3451.928
19	0.176	0.270	0.250	0.350	73.980	4.740	78.540	73.980	4.740	78.540	2757.811	619.156	72.522	357.734	3449.488
20	0.176	0.270	0.250	0.350	70.640	11.850	82.440	70.640	11.850	82.440	2652.478	534.911	48.022	361.838	3235.411
21	0.176	0.270	0.250	0.350	70.950	9.420	88.550	70.950	9.420	88.550	2537.343	348.943	9.236	364.894	2895.522
22	0.176	0.270	0.250	0.350	86.120	34.840	86.780	86.120	34.840	86.780	3086.733	227.158	20.503	364.435	3334.393

จากข้อมูลในตารางที่ 4-3 จะเห็นว่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 จากภาพที่ 14 มีค่ามากที่สุดคือ เท่ากับ 5835.902 N. ซึ่งมาจากภาพในท่าทางที่ 14 (ดูภาพที่ 4-8 รูปย่อย After_14 ประกอบ) ค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 หลังจากการจัดสภาพการทำงานใหม่ วิธีที่ (1) นี้ลดลงจากสภาพการทำงานเดิมไม่มากนัก เนื่องจากอาสาสมัครจะต้องดึงม้วนผ้าออกจากพาลเล็ทแทนการยก และผ้าที่นำมาทดลองเป็นลักษณะผ้ายัดที่มีความฝืด ทำให้การดึงนี้เกิดแรงเสียดทานระหว่างม้วนผ้ามาก และจากตารางจากตารางที่ 4-3 นำมาเขียนกราฟแสดงแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ของการลากม้วนผ้า 1 ม้วน ได้ดังภาพที่ 4-9



ภาพที่ 4-9 แสดงค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (Compressive force; F_c)

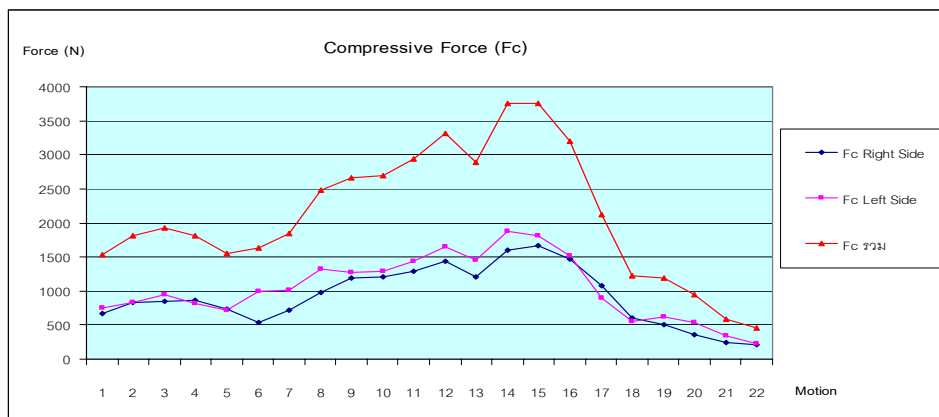
ของการยกม้วนผ้า 1 ครั้งหลังปรับปรุงสภาพการทำงานแบบไม่มีพลาสติก

4.3.2 การคำนวณค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 หลังจากการสภาพการทำงานใหม่ วิธีที่ (2) แบบมีแผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า การคำนวณนี้ผู้เขียนจะใช้ท่าทางในภาพที่ 4-12 มาคำนวณ เนื่องจากท่าทางที่อาสาสมัครทำงานเป็นท่าทางเดียวกับการคำนวณข้อ 4.3.1 แต่จะสมมติว่าไม่มีแรงเสียดทานระหว่างม้วนผ้า การคำนวณค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ประมาณได้ดังตารางที่ 4-4 ดังนี้

ตารางที่ 4-4 คำนวณค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 หลังปรับปรุง (มีพลาสติก)

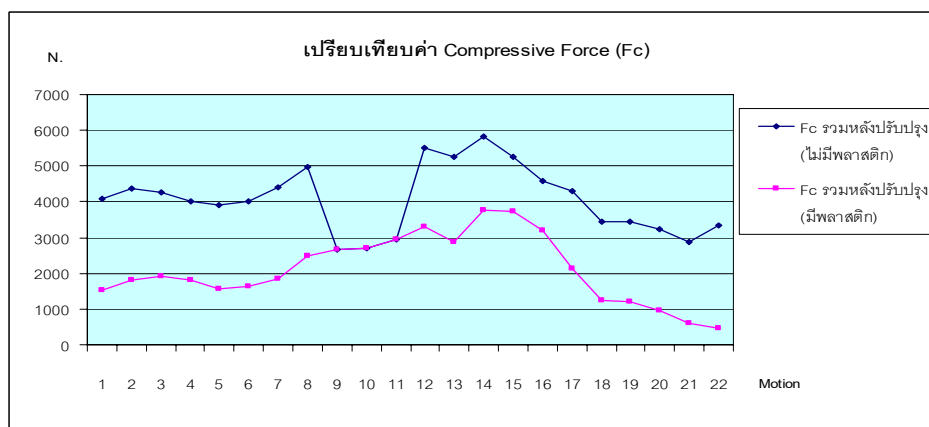
No. Picture	hand (m)	upper arm (m)	lower arm (m)	trunk (m)	Degree Left side			Degree Right side			Fc (N)	Fc (N)	Fvc	Fs	Fc รวม
					upper arm	lower arm	trunk	upper arm	lower arm	trunk	Right side	Left side	(N)	(N)	(N)
1	0.176	0.270	0.250	0.350	81.760	41.990	71.980	76.700	41.990	71.980	663.128	755.135	112.916	347.107	1531.179
2	0.176	0.270	0.250	0.350	69.710	58.380	67.450	81.420	41.990	67.450	835.376	834.191	139.978	337.104	1809.545
3	0.176	0.270	0.250	0.350	70.420	31.360	67.970	70.420	31.360	67.970	852.695	944.624	136.913	338.360	1934.231
4	0.176	0.270	0.250	0.350	59.610	48.770	68.970	80.820	20.160	68.970	860.415	819.070	130.987	340.698	1810.472
5	0.176	0.270	0.250	0.350	59.930	41.390	73.380	78.350	28.970	73.380	742.762	711.985	104.401	349.762	1559.148
6	0.176	0.270	0.250	0.350	86.360	68.950	74.080	40.890	54.560	74.080	534.303	996.339	100.121	351.011	1630.762
7	0.176	0.270	0.250	0.330	56.640	80.160	72.490	40.890	75.520	72.490	721.934	1006.551	109.822	348.098	1838.307
8	0.176	0.270	0.250	0.350	80.160	20.000	61.500	39.290	77.440	61.500	983.728	1318.727	174.168	320.778	2476.623
9	0.176	0.270	0.250	0.350	48.210	32.020	59.210	59.210	41.990	59.210	1198.944	1276.543	186.846	313.562	2662.333
10	0.176	0.270	0.250	0.350	50.450	41.630	57.970	57.970	58.380	57.970	1210.116	1295.969	193.588	309.445	2699.673
11	0.176	0.270	0.250	0.350	50.450	41.630	54.890	54.890	31.360	54.890	1287.544	1436.324	209.935	298.597	2933.804
12	0.176	0.270	0.250	0.350	50.450	41.630	48.880	38.570	69.980	48.880	1430.161	1649.086	240.045	274.975	3319.292
13	0.176	0.270	0.250	0.350	83.150	35.560	51.180	59.130	59.740	51.180	1211.696	1450.130	228.816	284.387	2890.643
14	0.176	0.270	0.250	0.350	55.070	36.180	40.190	40.380	36.180	40.190	1598.977	1870.983	278.835	235.550	3748.795
15	0.176	0.270	0.250	0.350	27.410	24.910	42.510	43.880	24.910	42.510	1668.564	1810.659	269.071	246.645	3748.294
16	0.176	0.270	0.250	0.350	16.440	24.910	52.660	52.720	24.910	52.660	1466.529	1514.921	221.395	290.202	3202.845
17	0.176	0.270	0.250	0.350	17.630	85.310	64.170	77.690	85.310	64.170	1079.717	891.671	159.036	328.543	2130.425
18	0.176	0.270	0.250	0.350	43.030	39.060	80.700	70.910	39.060	80.700	607.121	562.232	58.987	360.213	1228.341
19	0.176	0.270	0.250	0.350	79.740	21.780	78.540	73.980	4.740	78.540	503.479	619.156	72.522	357.734	1195.156
20	0.176	0.270	0.250	0.350	83.990	22.610	82.440	70.640	11.850	82.440	362.381	534.911	48.022	361.838	945.314
21	0.176	0.270	0.250	0.350	73.410	25.000	88.550	70.950	9.420	88.550	237.098	348.943	9.236	364.894	595.277
22	0.176	0.270	0.250	0.350	78.720	62.750	86.780	86.120	34.840	86.780	211.907	227.158	20.503	364.435	459.567

จากข้อมูลในตารางที่ 4-4 จะเห็นว่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 จากภาพที่ 14 มีค่ามากที่สุดคือ เท่ากับ 3748.790 N. ซึ่งมาจากภาพในท่าทางที่ 14 (ดูภาพที่ 4-8 รูปย่อย After_14 ประกอบ) และจากตารางจากตารางที่ 4-4 นำมาเขียนกราฟแสดงแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ต่อการดึงม้วนผ้า 1 ม้วนขึ้นโต๊ะสาวผ้า ได้ดังภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-10 แสดงค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ของการยกม้วนผ้า 1 ครั้ง
หลังปรับปรุงสภาพการทำงานแบบมีพลาสติก

จากตารางที่ 4-3 และตารางที่ 4-4 สามารถเปรียบเทียบค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ของการจัดสภาพการทำงานใหม่ทั้ง 2 วิธีได้ดังภาพที่ 4-11



ภาพที่ 4-11 เปรียบเทียบแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ของการยกม้วนผ้า 1 ครั้ง
หลังปรับปรุงสภาพการทำงานทั้งสองวิธี

จากตารางที่ 4-3 และตารางที่ 4-4 จะเห็นว่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ที่มากที่สุดสำหรับการจัดสภาพการทำงานใหม่แบบไม่มีแผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้าเท่ากับ 5835.902 N. และเท่ากับ 3748.790 N. สำหรับการจัดสภาพการทำงานใหม่แบบมีแผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า ดังนั้นสรุปได้ว่าการจัดสภาพการทำงานใหม่แบบมีแผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้าทำให้ค่ากระทำต่อหมอนรองกระดูก L5/S1 ลดลง 2087.112 N. หรือเท่ากับ 35.77% เมื่อเทียบกับการจัดสภาพการทำงานแบบไม่มีพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า

4.4 เปรียบเทียบค่า RULA, EMG และค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ที่ได้ก่อนและหลังการปรับปรุงสภาพการทำงานใหม่

4.4.1 RULA

จากการประเมินคะแนน RULA ก่อนปรับปรุง จะได้คะแนนรวมเท่ากับ 7 จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงการทำงานทันที

จากการจัดสภาพงานใหม่ และนำมาประเมินคะแนน RULA หลังปรับปรุง จะได้คะแนนรวมเท่ากับ 6 แสดงว่าการทำงานต้องให้ความสนใจ และมีการปรับปรุงการทำงาน แต่เนื่องจากการปรับปรุงวิธีการทำงานนี้ ได้เปลี่ยนท่าทางการทำงานที่หลีกเลี่ยงการก้ม บิด เอี้ยวตัว แต่พนักงานยังคงต้องใช้แรงดึงม้วนผ้าที่มีน้ำหนัก 40 กก. เหมือนเดิม ทำให้ผลการคำนวณค่า RULA มีค่าไม่ต่างกับวิธีการยกเดิมมากนัก

4.4.2 EMG

เปรียบเทียบสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ที่สภาพการทำงานปัจจุบัน และหลังจากการจัดสภาพการทำงานใหม่ ได้ดังตารางที่ 4-5, 4-6 และ 4-7

ตารางที่ 4-5 เปรียบเทียบค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ยที่สภาพการทำงานปัจจุบัน และหลังจากการจัดสภาพการทำงานใหม่ วิธีที่ (1) ของอาสาสมัครทั้ง 5 คน

กล้ามเนื้อ	ก่อนปรับปรุง			หลังปรับปรุง			เปอร์เซ็นต์ EMG ที่ลดลง
	MVE เฉลี่ย (μV .)	EMG ทำงาน (μV .)	EMG (%)	MVE เฉลี่ย (μV .)	EMG ทำงาน (μV .)	EMG (%)	
หลังส่วนล่างซ้าย Multifidus (L)	133.60	91.40	68.81	133.60	77	58.17	10.64
หลังส่วนล่างขวา Multifidus (R)	159.60	90.40	59.11	159.60	75	49.11	10

จากตารางที่ 4-5 สรุปได้ว่าการทดลองจัดสภาพการทำงานใหม่ทำให้สัญญาณ EMG ที่กล้ามเนื้อทั้งสองเฉลี่ยลดลงจากสภาพการทำงานเดิม คิดเป็น 10.64% และ 10% ตามลำดับ

ตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG เฉลี่ยหลังปรับปรุงทั้ง 2 วิธี
ของอาสาสมัครทั้ง 5 คน

กล้ามเนื้อ	หลังปรับปรุง (ไม่มีพลาสติก)			หลังปรับปรุง (มีพลาสติก)			เปอร์เซ็นต์ EMG ที่ ลดลง
	MVE เฉลี่ย (μV .)	EMG ทำงาน (μV .)	EMG (%)	MVE เฉลี่ย (μV .)	EMG ทำงาน (μV .)	EMG (%)	
หลังส่วนล่างซ้าย Multifidus (L)	133.60	77	58.17	133.60	47.4	34.91	23.26
หลังส่วนล่างขวา Multifidus (R)	159.60	75	49.11	159.60	41.2	27.77	21.34

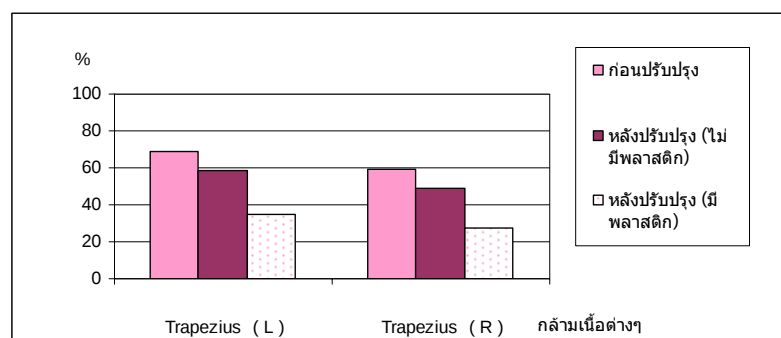
จากตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ของการจัดสภาพการทำงานใหม่ทั้งสองวิธี สรุปได้ว่าการทดลองจัดสภาพการทำงานใหม่วิธีที่ (2) แบบมีแผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า ทำให้สัญญาณ EMG ที่กล้ามเนื้อทั้งสองข้างเฉลี่ยลดลงจากการจัดสภาพการทำงานในวิธีที่ (1) ที่ไม่มีแผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า คิดเป็น 23.26% และ 21.34% ตามลำดับ

ตารางที่ 4-7 เปรียบเทียบค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อเฉลี่ยก่อนและหลังปรับปรุงของ
อาสาสมัครทั้ง 5 คน

กล้ามเนื้อ	ก่อนปรับปรุง			หลังปรับปรุง (มีพลาสติก)			เปอร์เซ็นต์ EMG ที่ ลดลง
	MVE เฉลี่ย (μV .)	EMG ทำงาน (μV .)	EMG (%)	MVE เฉลี่ย (μV .)	EMG ทำงาน (μV .)	EMG (%)	
หลังส่วนล่างซ้าย Multifidus (L)	133.60	91.40	68.81	133.60	47.4	34.91	33.9
หลังส่วนล่างขวา Multifidus (R)	159.60	90.40	59.11	159.60	41.2	27.77	31.34

จากตารางที่ 4-7 สรุปได้ว่าการทดลองจัดสภาพการทำงานใหม่วิธีที่ (2) แบบมีแผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า ทำให้สัญญาณ EMG ที่กล้ามเนื้อทั้งสองข้างเฉลี่ยลดลงจากสภาพการทำงานเดิม คิดเป็น 33.90% และ 31.34% ตามลำดับ

จากตารางที่ 4-5, 4-6 และ 4-7 นำมาเขียนกราฟแสดงกราฟเปรียบเทียบสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG สูงสุดเฉลี่ยของอาสาสมัครทั้ง 5 คนเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง โดยแกนตั้งแสดง % EMG เปรียบเทียบกับค่า MVE ของแต่ละคน แกนนอนแสดงกล้ามเนื้อต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 4-16

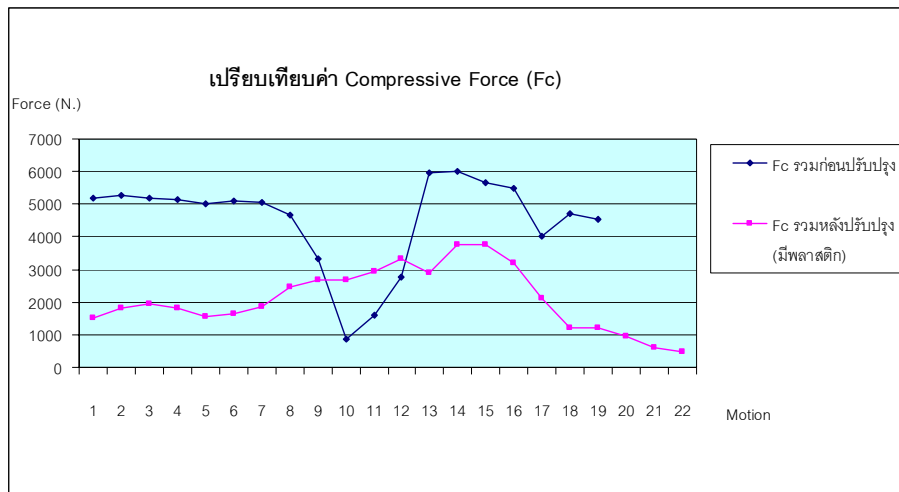


ภาพที่ 4-12 แสดงกราฟเปรียบเทียบสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG สูงสุดเฉลี่ยของอาสาสมัครทั้ง 5 คนเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุงสภาพการทำงาน

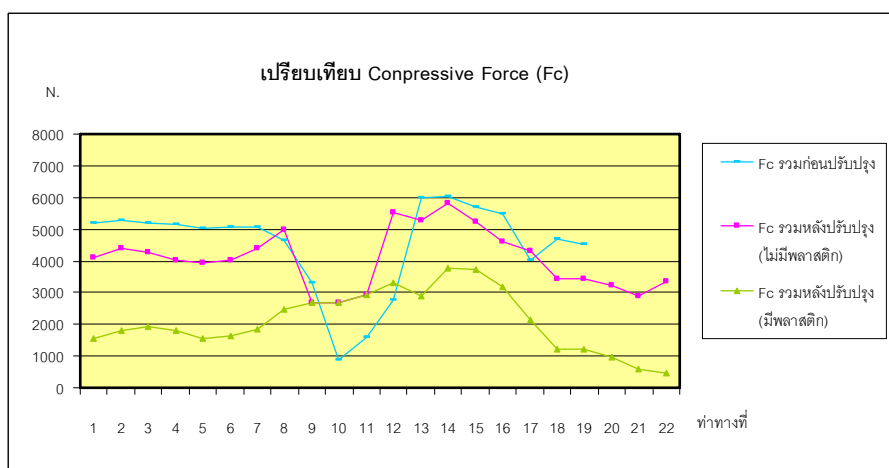
จากภาพที่ 4-12 สรุปได้ว่าการจัดสภาพงานใหม่ โดยให้อาสาสมัครดึงม้วนผ้าออกจากพาลเลตขึ้นโต๊ะสาวผ้าโดยไม่มีการก้มยก และใช้แผ่นพลาสติกรองระหว่างม้วนผ้า ทำให้ค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้งสี่จุด มีค่าต่ำที่สุด และจากการสัมภาษณ์อาสาสมัครทั้ง 5 คนได้ข้อสรุปว่า การนำแผ่นพลาสติกมารองระหว่างม้วนผ้าทำให้ยกม้วนผ้าได้ง่ายขึ้น ออกแรงน้อยลง

4.4.3 แรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1

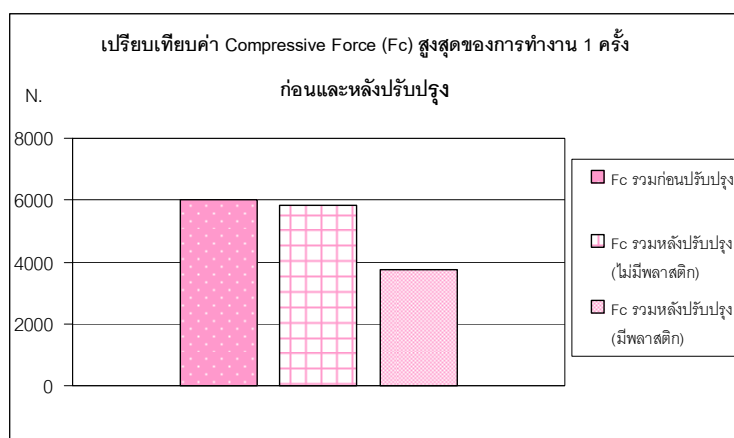
จากการทำงานยกม้วนผ้าดังกล่าว ได้แสดงค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ของท่าทางที่อาสาสมัครทำงานในการยกม้วนผ้าหนัก 40 กก. ขึ้นโต๊ะสาวผ้า โดยท่าทางการยกที่มีค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 มากที่สุดเป็นท่าทางที่พนักงานมีการก้มตัวมากที่สุด แรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ของท่าทางนี้เท่ากับ 6025.533 N. ซึ่งแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 นี้ใกล้เคียงขีดจำกัดที่ยอมรับได้สูงสุด (ค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 มีขีดจำกัดที่ยอมรับได้สูงสุดประมาณ 6,400 N. , NIOSH (1981)) และจากการจัดสภาพงานใหม่ ทดลองให้อาสาสมัครทำงานด้วยวิธีใหม่ โดยใช้วิธีการดึงม้วนผ้าออกจากพาลเลตอย่างเดี่ยว ไม่มีการยก และใช้แผ่นพลาสติกรองระหว่างม้วนผ้า เพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างม้วนผ้า จะได้แรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 มีค่าเฉลี่ยลดลง โดยแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 มากที่สุดเท่ากับ 3748.790 N. แรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 หลังเปลี่ยนวิธีการยกนี้น้อยกว่าค่าที่แนะนำมาก ดังแสดงในภาพที่ 4-13, 4-14 และ 4-15



ภาพที่ 4-13 เปรียบเทียบค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1
ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงสภาพการทำงาน



ภาพที่ 4-14 เปรียบเทียบค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1
ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงสภาพการทำงานทั้งสองวิธี



ภาพที่ 4-15 เปรียบเทียบค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c)
ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงสภาพการทำงานทั้งสองวิธี

จากภาพที่ 4-14 และ 4-15 สรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 จากสภาพการทำงานปัจจุบันกับการจัดสภาพงานใหม่ โดยใช้วิธีการดึงม้วนผ้าออกจากพาลเล็ทและใช้แผ่นพลาสติกรองระหว่างม้วนผ้า พบว่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 มากที่สุดเท่ากับ 3748.790 N. ซึ่งมีค่าลดลง 2276.743 N. คิดเป็น 37.785% เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพการทำงานเดิม.

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาสภาพปัญหา ในการปฏิบัติงานของพนักงานฝ่ายผลิต ในโรงงานย้อมผ้าถักตัวอย่าง จากข้อมูลที่ได้ในการสัมภาษณ์พบว่าพนักงานในแผนกโกดังผ้าดิบ มีค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแผนกอื่นๆ จึงเลือกที่จะทำการศึกษา ในขั้นตอนทดลองปรับปรุงสภาพการทำงานบริเวณโกดังผ้าดิบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระดับอาการ ปวดหลังอันเนื่องมาจากการทำงาน ในการปรับปรุงสภาพงานให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานของ พนักงาน ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือดังต่อไปนี้ทำการประเมินและเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลัง ปรับปรุงสภาพการทำงาน ได้แก่ ค่าคะแนนท่าทางในการทำงาน RULA ค่าสัญญาณไฟฟ้า ที่กล้ามเนื้อหลัง EMG และค่าแรงกดบนหมอนรองกระดูก L5/S1 ซึ่งสามารถสรุปผลการ วิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

5.1 ผลสรุปด้านคุณลักษณะโดยทั่วไปและค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัดผล

ก่อนและหลังการปรับปรุงสภาพการทำงานใหม่ของอาสาสมัคร

การศึกษานี้ได้เริ่มจากการสัมภาษณ์พนักงานหลายๆ แผนก ที่ทำงานในฝ่ายผลิต โดยใช้ “แบบสำรวจสุขภาพของพนักงาน” โดยสุ่มพนักงานมาทำการสัมภาษณ์ทั้งหมด 65 คน พบว่า มีจำนวนพนักงานที่มีอาการเจ็บปวดส่วนต่างๆ ของร่างกายจำนวน 58 คน หรือประมาณ 89% ถ้าพิจารณาเฉพาะผู้ที่มีอาการปวดมีประมาณ 31 คน หรือประมาณ 54% มีอาการปวดไหล่ 24 คน หรือประมาณ 41% มีอาการปวดเอว และ 17 คน หรือประมาณ 29% มีอาการปวดหลัง จากการสัมภาษณ์ดังกล่าว พบว่าพนักงานที่มีอาการปวดหลังมากส่วนใหญ่มาจากแผนกโกดัง ผ้าดิบ (งานสาวผ้า) และแผนกย้อมผ้า (งานยกกुฏโซดาไฟ) จากนั้นจึงสุ่มพนักงานในแผนก ย้อมผ้า และแผนกโกดังผ้าดิบจำนวนแผนกละ 5 คนมาสัมภาษณ์อีกครั้งด้วย “แบบสัมภาษณ์ พนักงาน” และวิเคราะห์หาค่า Abnormality Index (AI) ในแต่ละแผนก โดยทั้ง 2 แผนก ที่กล่าวถึง พนักงานจะต้องมีการยกภาระที่หนักทั้งสิ้น ข้อมูลจาก “แบบสัมภาษณ์พนักงาน” จะได้ค่า AI เฉลี่ย 3.4 ซึ่งหมายถึงจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข รองลงมาคือแผนกย้อมผ้าคำนวณ ค่าดัชนีความผิดปกติได้ค่าเฉลี่ย 2.9 ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงวิธีการทำงานของ พนักงานในแผนกสาวผ้า เพื่อลดปัญหาการเจ็บปวดดังกล่าว

จากการศึกษาการทำงานยกม้วนผ้าหนัก 40 กก. แผนกโกดังผ้าดิบ โดยการสุ่มตัวอย่าง การทำงานของพนักงาน 5 คน และทำการการวิเคราะห์ 3 ตัวแปร คือ RULA, EMG, Compressive Force (F_c) ในขณะยกม้วนผ้า จากการประเมินค่า RULA ของงานยกผ้า

คำนวณได้ค่าเฉลี่ย 7 ซึ่งหมายความว่า ต้องมีการปรับปรุงการทำงานทันที จากนั้น วิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่อาสาสมัครทั้ง 5 คน โดยการติดอิเล็กโทรดที่กล้ามเนื้อ 2 จุด คือ (1) หลังส่วนล่างด้านซ้าย (Multifidus, L) และ (2) หลังส่วนล่างด้านขวา (Multifidus, R) ทำการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากการทำงานจริง ได้ค่า EMG จากอาสาสมัครทั้ง 5 คน ที่กล้ามเนื้อทั้งสองเฉลี่ยคือ 91.40 และ 90.40 μV . ตามลำดับ คิดเป็น 68.81% และ 59.11% ของสัญญาณไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อ ตามลำดับ การทำงานของอาสาสมัครทั้ง 5 คน มีค่า EMG เฉลี่ยเกินขีดจำกัดของความปลอดภัย ที่กำหนดต้องไม่เกิน 35% ของ MVE จากนั้น คำนวณค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) ได้ค่าสูงสุดเท่ากับ 6025.533 N. ซึ่งใกล้เคียงขีดจำกัดที่ยอมรับได้สูงสุด (ค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 ขีดจำกัดที่ยอมรับได้สูงสุดมีค่าประมาณ 6400 N. ; NIOSH (1981)) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่า ปัจจัยที่พิจารณาส่วนมากมีค่าสูงกว่าค่าที่แนะนำ ซึ่งมีสาเหตุมาจากท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม จึงได้ทำการศึกษาวิธีที่จะลดปัจจัยต่างๆ ลง โดยเปลี่ยนท่าทางการทำงานโดยจัดสภาพงานให้อาสาสมัครยืน และดึงม้วนผ้าออกจากพาลเลตได้พอดี โดยทำการทดลอง 2 วิธี คือ (1) ให้อาสาสมัครยืนและดึงม้วนผ้าออกจากพาลเลตในด้านที่ตัวเองถนัด (2) ให้อาสาสมัครยืนและดึงม้วนผ้าออกจากพาลเลตในด้านที่ตัวเองถนัด และใช้แผ่นพลาสติกกรองระหว่างม้วนผ้า เพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างม้วนผ้า ผลการทดลองวิธีที่ (1) ได้สัญญาณ EMG ที่กล้ามเนื้อทั้งสองเฉลี่ย คือ 77 และ 75 μV . ตามลำดับ คิดเป็น 58.17% และ 49.11% ตามลำดับ คำนวณค่า RULA ได้ค่าเฉลี่ย 6 ค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) มากสุดเท่ากับ 5835.902 N. ผลการทดลองวิธีที่ (2) ได้สัญญาณ EMG ที่กล้ามเนื้อทั้งสองเฉลี่ย คือ 47.40 และ 41.20 μV . ตามลำดับ คิดเป็น 34.91% และ 27.77% ตามลำดับ คำนวณค่า RULA ได้ค่าเฉลี่ย 6 ค่า แรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) มากสุดเท่ากับ 3748.790 N. จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่า การจัดสภาพการทำงานใหม่ โดยเปลี่ยนท่าทางการทำงาน และการนำแผ่นพลาสติกมารองระหว่างม้วนผ้าทำให้ยกม้วนผ้าได้ง่ายขึ้น ทำให้ทุกปัจจัยที่พิจารณามีค่าลดลง โดยสัญญาณ EMG ที่กล้ามเนื้อทั้งสองเฉลี่ยลดลงคิดเป็น 33.90% และ 31.34% ตามลำดับ ค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) ลดลง 2276.743 N. คิดเป็น 37.785% เมื่อเทียบกับก่อนปรับปรุงสภาพการทำงาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาสภาพปัญหาในการปฏิบัติงานของพนักงานแผนกโกดังผ้าดิบ โรงงานย้อมผ้าถักตัวอย่าง และทำการทดลองปรับปรุงสถานี่งานสาวผ้า ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจในการทำวิจัยทางด้านนี้ดังต่อไปนี้

5.2.1 ควรศึกษาถึงงานยกของนอกเหนือไปจากกระนาบหน้า-หลัง เช่น การยกของที่มี การเอี้ยวตัว หรือเอียงตัว เนื่องจากโดยทั่วไปในการฝึกอบรมเกี่ยวกับการยกของที่ถูกต้องนี้

มีคำแนะนำว่าการยกภาระต้องก้มตัว บิดตัว หรือเอี้ยวตัวควรหลีกเลี่ยง แต่ในทางปฏิบัติจริง คนงานก็ยังคงมีการก้มตัว บิดตัวหรือเอี้ยวตัวในขณะยก เพราะอาจเป็นวิธีที่เร็วกว่าหรือเป็นวิธีเดียวที่ทำได้ ในบางสถานที่การหมุนเอี้ยวตัวของกระดูกสันหลังขณะยก พบเห็นทั่วไปในโรงงาน เช่น ในสถานที่ซึ่งจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของงานอยู่คนละด้าน สถานที่คับแคบ ไม่เพียงพอสำหรับก้าวเดิน หรือการยกภาระจากระดับต่ำไปที่สูง เป็นต้น

5.2.2 ควรทำการทดลองในแบบเดิมแต่ใช้ผู้ถูกทดสอบมากขึ้น

5.2.3 เวลาในการทำการทดลองในแต่ละครั้ง ไม่มีความแน่นอนว่าจะทำการทดลองในเวลาใด ซึ่งอาจเป็นผลทำให้ผลการทดลองที่ได้มามีความคลาดเคลื่อนในแต่ละครั้ง ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลการกระทบของการทำการทดลองเวลาที่ต่างกัน

5.2.4 การศึกษาหาค่าแรงกดบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 (F_c) นี้ได้คำนวณแบบ 2 มิติ อาจเป็นผลทำให้ค่า F_c ที่คำนวณได้มีความคลาดเคลื่อน

5.2.5 ควรศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลัง ระหว่างพนักงานที่เข้าใหม่กับพนักงานเก่า เพื่อดูแนวโน้มการผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและหมอนรองกระดูก

5.2.6 ควรศึกษาปัจจัยเสี่ยงของอาการปวดหลังในกลุ่มคนงานที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ใกล้เคียงกัน

5.2.7 การศึกษาสภาพปัญหาต่างๆ โดยเฉพาะภาวะไม่สบายของร่างกายขณะทำงาน ได้ใช้แบบสอบถามในการศึกษา ทำให้ข้อมูลที่ได้ อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นหากมีการศึกษาทางการแพทย์ร่วมด้วย เช่นการตรวจอาการอักเสบของกล้ามเนื้อ จะช่วยให้ข้อมูลที่ได้มีความเที่ยงตรงมากขึ้น

5.2.8 สำหรับโรงงานย้อมผ้าถักตัวอย่างนี้ ควรมีการปรับปรุงสถานงานและขั้นตอนการทำงานของพนักงานในหน่วยงานอื่นๆ ด้วย โดยเฉพาะหน่วยงานแผนกย้อม (งานยกถุงโซดาไฟ) ที่มีค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) สูงเป็นอันดับ 2 รองจากหน่วยงานสาวผ้า

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กาญจน์ เจริญพักตร์. การทดสอบกำลังสถิติของกล้ามเนื้อขาที่ทำงานในโรงงาน

อุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม

อุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.

กิตติ อินทรานนท์ และคนอื่นๆ. ข้อมูลสัดส่วนของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย.

กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539 .

_____. สัดส่วนร่างกายและความสามารถสูงสุดในการทำงานของกลุ่มประชากร

อาชีพเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของ

ประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.

ดำรง กิจกุล. ปวดหลัง. กรุงเทพมหานคร : เรือนแก้วการพิมพ์, 2528.

ตรีนันท์ จำปาวัลย์. ขีดจำกัดสูงสุดของการยกของที่ยอมรับได้ในแนวระนาบหน้า-หลัง.

วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชา

วิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

นริศ เจริญพร. **Ergonomics**. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2533.

วิรุฬห์ เหล่าพัชรเกษม. โรคปวดหลัง. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2523.

สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม. การศึกษาสภาวะ

สมรรถภาพร่างกายผู้ใช้แรงงาน. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงแรงงานและ

สวัสดิการสังคม, 2531.

_____. การสำรวจความปวดเมื่อยของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก. กรุงเทพมหานคร

: กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม, 2531.

สุรศักดิ์ ศรีสุข และคนอื่น. ปวดหลัง. กรุงเทพมหานคร : ไทยมิตรการพิมพ์, 2530.

อำนาจ เสตสุวรรณ. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการทำงานกับการกล้ามเนื้อหลัง

ที่วัดด้วยคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ : กรณีศึกษาของสายการประกอบรถบรรทุก

ขนาดเล็ก 1 คัน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม

อุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

2536.

ภาษาอังกฤษ

- Andersson, B. J., Herberts, P. and Ortengren, R. **Myoelectric Back Muscle Activity in Standardized Lifting Postures**. Baltimore: University Park, 1976.
- Chffin, D.B. and Andersson, G.B.J. **Occupational Biomechanics**. New York : John Wiley & Son, 1984.
- Delitto, R. S., Rose, S. J. and Apts, D. W. "Electromyographic Analysis of Two Techniques for Squat Lifting." **Physical Therapy**. 67 (1989) : 1327-1334.
- Eie, N. and When, P. "Load capacity of the low back." **Journal of the Oslo City Hospitals**. 16(1966) : 75-98.
- _____. "Measurements of the intra-abdominal pressure to weight bearing of the lumbosacral spine." **J. Oslo city, Hosp**. 12 (1962) : 205-217.
- Fariborz Tayyari and J.L. Smith. **Ergonomics Principle and Applications**. New York : John Wiley & Son, 1997.
- Jager, M. and Luttmann, A. "The Load on the lumbar spine during a symmetrical bi-manual materials handling." **Ergonomics**. 35 (1992) : 782-805.
- Keyserling, W. Momroe, et al. "Establishing and Industrial Strength Testing Program." **Am. Ind. Asso. J.** 41(110), (1980) : 730-736.
- McAtamney, L. And Corlett, E. "RULA: a Survey Method for the Investigation of Work-Related Upper Limb Disorders." **Journal Applied Ergonomics**. 24 (1993) : 91-99.
- McGill and Norman. "Partitioning of the L4-L5 dynamic moment into Disc, Ligamentous, and muscular components during lifting." **Spine**. (1986) : 666-678.
- NIOSH (1981) : Work Practices Guide for Manual Lifting. Technical report no.81-122. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), US Department of Health and Human Services, Cincinnati, OH.
- Pheasant, S. T. **Bodyspace : Anthropometry, Ergonomics and Design**. London : Taylor & Francis Ltd, 1988.
- Sander, M. S. and McCormick, E. J. **Human Factors in Engineering and Design**. 7th ed. New York : McGraw-Hill International, 1993.
- Snook, S. H., Irvine, C.H. and Bass, S.F. "Maximum weights and work loads acceptable to make industrial workers." **A.m. Ind. Hyg. Assoc. J.** 31 (1970) : 579-586.

Water, T., Putz-Anderson, V. and Garg, A. (1994) Application Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation. DHHS (NIOSH) publication no. 94-110. Centers for Disease Control and Prevention, NIOSH, Cincinnati, OH.

Yu, T., et al. "Low-back pain in industry." **J. of Occ. Med.** 26 (1984) : 517-524.

ภาคผนวก ก

แบบสำรวจสุขภาพและสัมภาษณ์พนักงานเพื่อใช้ประเมินระดับความรุนแรงของปัญหา

แบบสำรวจสุขภาพพนักงาน
(MODIFIED FROM CERGO QUESTIONNAIRE)

ประเภทของงาน / แผนกงาน / ชื่อหัวหน้างานโดยตรง / หน้าที่งาน

(ระบุ).....

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

1. ท่านเคยมีความเจ็บปวดบริเวณส่วนหลัง ส่วนแขน ส่วนข้อมือ หรือส่วนมือ บ้างไหม



เคย



ไม่เคย

ถ้าท่านตอบว่า ไม่เคย ให้ส่งคืนแบบสอบถามนี้ทันทีโดยไม่ต้องตอบข้ออื่นๆ

ถ้าท่านตอบว่า เคย ให้ตอบคำถามต่อไปนี้ทุกข้อ

วงกลมบริเวณที่ท่านมีความปวดเมื่อย หรือเจ็บปวด บนรูปภาพต่อไปนี้



2. ความเจ็บปวดที่ท่านรู้สึกในข้อ 1 นั้น ท่านเจ็บมากในช่วงเวลา



เช้า



กลางวัน



เย็น

ภาพที่ ก-1 แบบสำรวจสุขภาพและสัมภาระพนักงาน

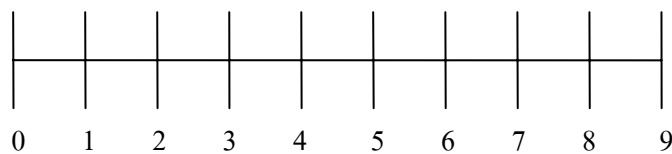
3. ระดับความเจ็บปวดที่ท่านได้รับรู้สึกว่าเป็นอย่างไร ☐ พอทนได้
☐ เจ็บปวดมาก
4. ขณะที่ท่านกำลังตอบแบบสอบถามอยู่ ความเจ็บปวดดังกล่าว ☐ หายไปหมดแล้ว
☐ ยังคงมีอยู่
5. ท่านรู้สึกเจ็บปวด ☐ เมื่อเร็วๆ นี้เอง
☐ เมื่อ 6 เดือนที่แล้ว
☐ เมื่อประมาณ 1 ปีที่แล้ว
☐ มากกว่า 1 ปี มาแล้ว
6. ท่านรักษาความเจ็บปวดของท่านอย่างไร ☐ ไม่ทำอะไรเลย
☐ การนวดด้วยยาและครีม
☐ ไปพบแพทย์เพื่อรักษา
7. การรักษาของท่าน ☐ หายขาด
☐ ไม่ดีขึ้นเลย
☐ เป็นๆ หายๆ
8. ท่านทำงานในหน้าที่ปัจจุบันโดย ☐ นั่งทำงานบนพื้น
☐ นั่งทำงาน
☐ ยืนทำงาน
☐ ทั้งนั่ง และยืนทำงาน
9. ท่านเล่นกีฬา หรือออกกำลังกายประเภทใดบ้างหรือไม่ ☐ เล่น
☐ ไม่เล่น
- ถ้าท่านเล่นให้ระบุประเภทกีฬา.....
10. ปกติท่านนอนหลับพักผ่อนที่บ้านในห้องปรับอากาศหรือไม่ ☐ ใช่
☐ ไม่ใช่

แบบสัมภาษณ์พนักงาน

(MODIFIED FROM CERGO QUESTIONNAIRE)

ชื่อ-สกุล..... อายุ.....ปี เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
 ความสูง.....เซนติเมตร น้ำหนักตัว.....กิโลกรัม
 ได้มาทำงานในหน่วยงานนี้เป็นเวลา.....ปี.....เดือน
 ได้มาทำงานในหน้าที่งานนี้เป็นเวลา.....ปี.....เดือน
 ระดับการศึกษาสูงสุด ☐ ประถมปีที่... ☐ มัธยมปีที่... ☐ ปวช. ☐ ปวส. ☐ปริญญาตรี
 มีครอบครัวแล้วหรือยัง ☐ มีแล้ว ☐ ยังไม่มี ถ้ามีครอบครัวแล้ว มีบุตร.....คน
 ลักษณะครอบครัว ☐ แยกกันอยู่ ☐ หย่าขาดจากกัน ☐ ยังอยู่ด้วยกันเป็นปกติ
 คู่สมรส ☐ ทำงานที่เดียวกัน ☐ แยกที่ทำงานกัน ☐ ทำงานที่บ้านเป็นแม่บ้าน

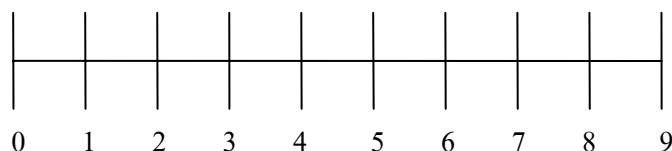
1. ความล้าโดยทั่วไป (General Fatigue) จากการทำงาน



ระดับสบายมาก

สุดแสนจะทรมาณ

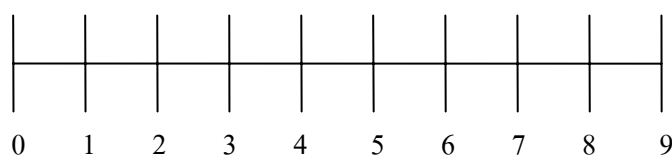
2. ความเสี่ยงต่อการเจ็บปวด บาดเจ็บ จากการทำงาน



ไม่เสี่ยงเลย

มีความเสี่ยงสูงมาก

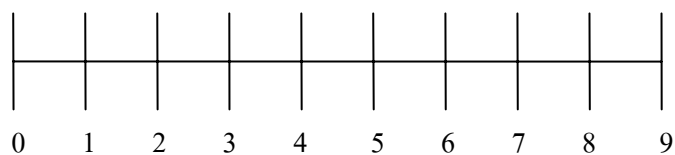
3. ระดับความสนใจต่องานที่ทำ



ไม่น่าสนใจเลย

น่าสนใจมากที่สุด

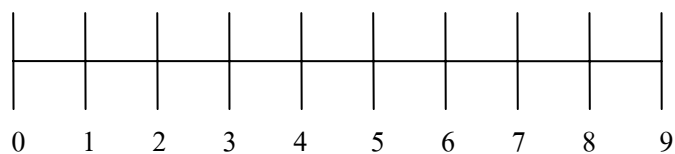
4. ความซับซ้อนของลักษณะงาน



ไม่ซับซ้อนเลย

ซับซ้อนจนเวียนหัว

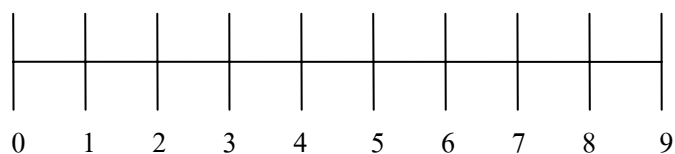
5. ความยากง่ายของการทำงาน



ง่ายมากที่สุด

ยากมากที่สุด

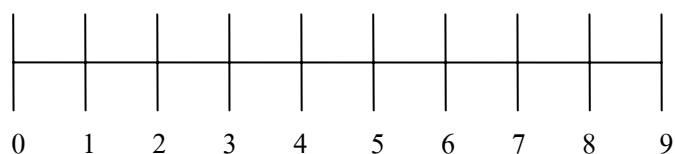
6. จังหวะของการทำงาน



ไม่มีปัญหา

มีปัญหา

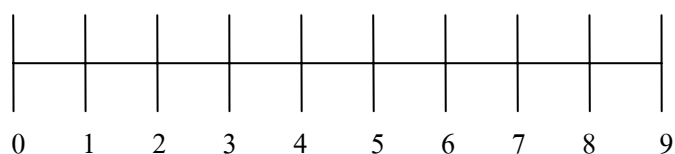
7. ความรับผิดชอบในการทำงาน



ไม่ต้องรับผิดชอบ

ต้องรับผิดชอบสูง

8. ความเป็นอิสระในการทำงาน



ต้องทำตามคำสั่งเท่านั้น

จะทำงานอย่างไรก็ได้

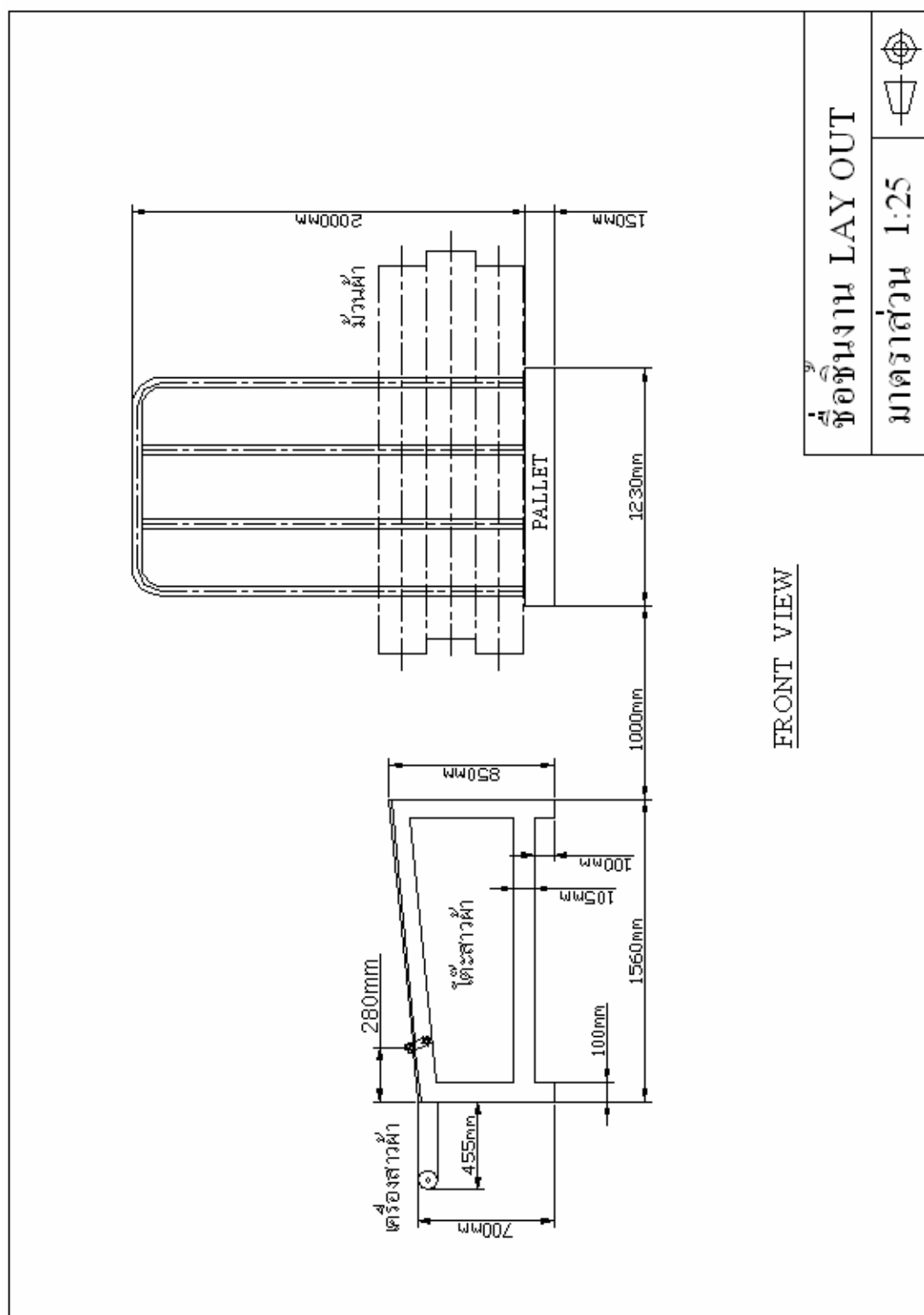
การคำนวณ

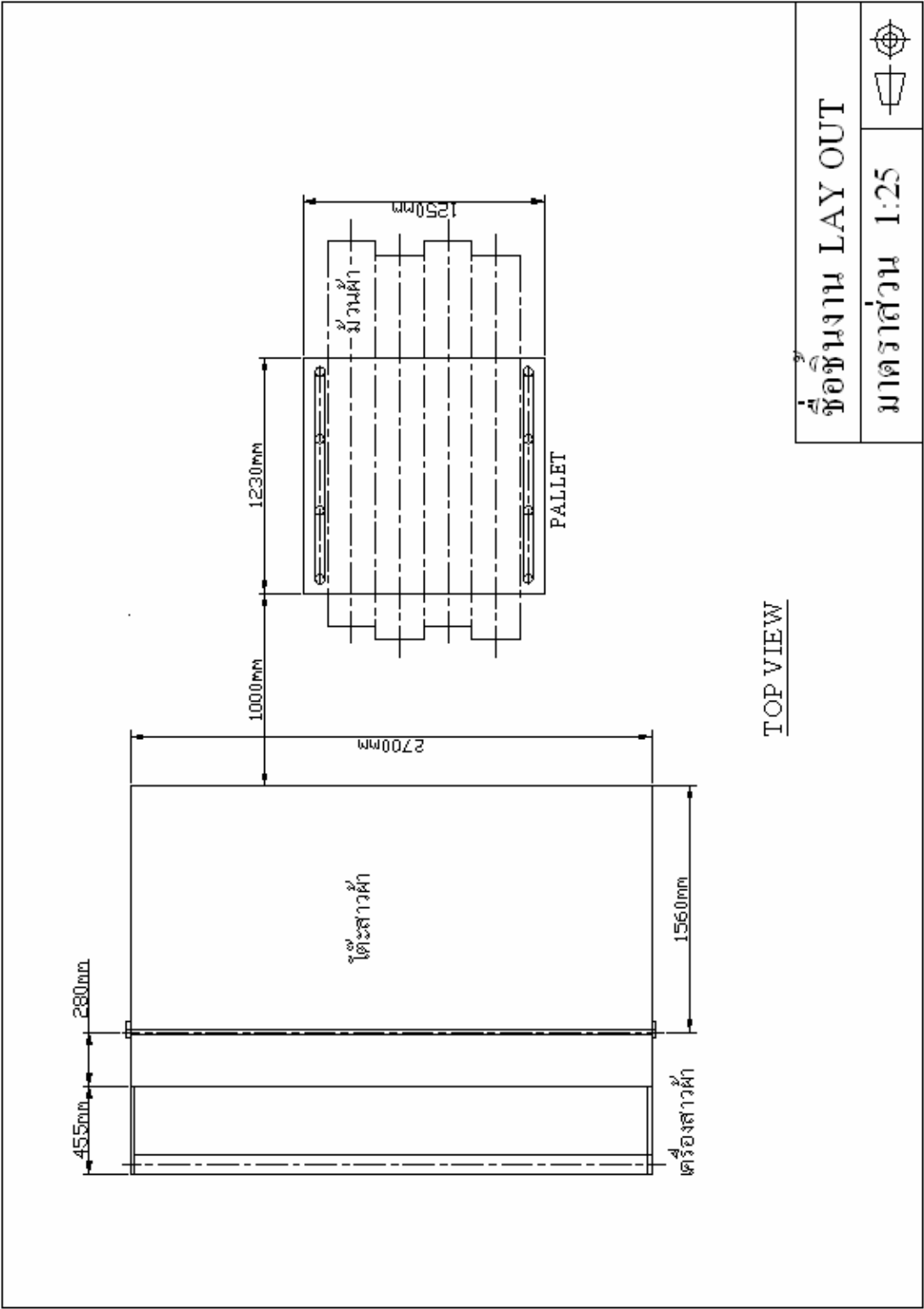
$$\frac{SUM[1,2,4,5,6,7,] - SUM[3,8]}{8} = AI \quad (\text{ดัชนีความไม่ปกติ})$$

		AI	<=	0	ไม่มีปัญหาอะไรเลย
0	<	AI	<=	2	มีปัญหาล็กน้อย
2	<	AI	<=	3	ต้องระมัดระวังเอาไว้
3	<	AI	<=	4	เริ่มเป็นปัญหามากจนจะทนไม่ไหว
		AI	>=	4	ผิดปกติ ต้องรีบดำเนินการแก้ไขทันที

ภาคผนวก ข

Layout ของสำนักงาน





ภาคผนวก ค

แสดงแบบฟอร์มที่ใช้บันทึกค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (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

Step 1: Locate Upper Arm Position

Step 1a: Adjust...
 If shoulder is moved...
 If arm is supported at person's waist...
 If arm is supported at person's waist...

Step 2: Locate Lower Arm Position

Step 2a: Adjust...
 If wrist is extended...
 If wrist is bent...

Step 3: Locate Wrist Position

Step 3a: Adjust...
 If wrist is extended...
 If wrist is bent...

Step 4: Wrist Twist
 If twist is between...
 If twist is at or near...

Step 5: Look up Posture Score in Table A
 Use the following table to find the posture score for the upper arm, lower arm, and wrist positions.

Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20

Step 6: Add Muscle Use Score
 If posture is...
 If posture is...

Step 7: Add Force/Load Score
 If force is...
 If force is...

Step 8: Find Row in Table C
 The completed row from the previous steps is used to find the final score in Table C.

B. Neck, Trunk & Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position

Step 9a: Adjust...
 If neck is...
 If neck is...

Step 10: Locate Trunk Position

Step 10a: Adjust...
 If trunk is...
 If trunk is...

Step 11: Legs
 If legs are...
 If legs are...

Step 11a: Adjust...
 If legs are...
 If legs are...

Step 12: Look up Posture Score in Table B
 Use the following table to find the posture score for the neck, trunk, and leg positions.

Neck	Trunk	Legs
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10
11	11	11
12	12	12
13	13	13
14	14	14
15	15	15
16	16	16
17	17	17
18	18	18
19	19	19
20	20	20

Step 13: Add Muscle Use Score
 If posture is...
 If posture is...

Step 14: Add Force/Load Score
 If force is...
 If force is...

Step 15: Find Column in Table C
 The completed row from the previous steps is used to find the final score in Table C.

Final Score =

Score:

Subject:
 Company:

Date:
 Department:

Scorer:

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

Revised: 10/1/2000, L.B. Corlett, B.Sc. (1993) RULA is a simple method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics, 24(2):93-98.

© Professor Alan Haslam, Coventry University, Feb. 2001

ภาคผนวก ง

ทำทางที่ใช้ทดสอบค่ากำลังสถิติของกล้ามเนื้อ

ท่าทางที่ใช้ทดสอบค่ากำลังสถิติของกล้ามเนื้อ

กำลังสถิติของกล้ามเนื้อหลัง

ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงไม่เกร็งกล้ามเนื้อช่องท้อง และกล้ามเนื้อกระดูกเชิงกราน เพื่อออกแรงดันห้วงหนึ่งของเครื่องเหี่ยวรั้งลำตัว ก่อนการทดสอบต้องปรับเครื่องเหี่ยวรั้งลำตัวให้อยู่ในระดับความสูงที่ผู้ถูกทดสอบสามารถเกร็งกล้ามเนื้อช่องท้อง และกล้ามเนื้อกระดูกเชิงกรานดันห้วงได้อย่างสบาย โดยห้วงหนึ่งจะอยู่ด้านหลังในระดับกระดูกสะบัก ปลายของเครื่องวัดแรงดึงทั้งสองด้านจะมีห้วงต่อกับห้วงหนึ่ง และเสาเหี่ยวรั้งลำตัวที่อยู่ด้านหน้าเครื่องวัดแรงดึงและห้วงทั้งสองต้องอยู่ระนาบตั้งฉากกับลำตัว

การทดสอบกำลังสถิติของกล้ามเนื้อหลังนี้ จะให้ผู้ถูกทดสอบใช้หลังออกแรงในแนวนอนดันห้วงหนึ่งของเครื่องเหี่ยวรั้งลำตัวไปทางด้านหลัง โดยที่ลำตัวและแขนทั้งสองข้างของผู้ถูกทดสอบต้องเหยียดตรง แขนและขาของผู้ถูกทดสอบขนานกับลำตัวและเท้าทั้งสองข้างต้องยืนอยู่บนพื้น (ไม่เขย่งเท้า) แสดงดังภาพที่ ง-1



ภาพที่ ง-1 แสดงท่าทางการวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อหลัง (กาญจน์, 2546)

ภาคผนวก จ

แสดงแบบฟอร์มการวัดกำลังสติของกล้ามเนื้อ

แบบฟอร์มการวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อ

ข้อมูลทั่วไปของผู้ถูกทดสอบ

ชื่อ

อายุ.....ปี เพศ

น้ำหนัก.....กก. ส่วนสูง.....ซม.

อายุการทำงาน.....ปี.....เดือน

มือข้างที่ถนัด () มือซ้าย () มือขวา

การออกกำลังกาย / สัปดาห์ () ไม่เคย () เคย ระบุจำนวน ครั้ง/สัปดาห์

ตารางที่ จ-1 ค่ากำลังสถิติของกล้ามเนื้อของอาสาสมัคร

กำลังสถิติ ของกล้ามเนื้อ	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย	
	Peak	Average	Peak	Average	Peak	Average	Peak	Average
หลัง								
แขน								
ส่วนต่างๆ								
ฝ่ามือ								

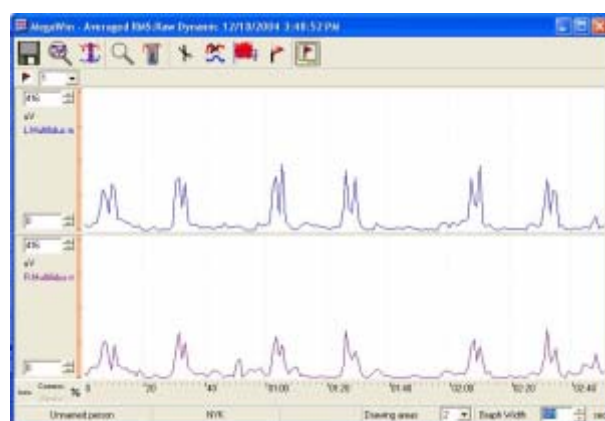
ข้อมูลการวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อ

ตารางที่ จ-2 ค่ากำลังสถิติของกล้ามเนื้อของอาสาสมัคร

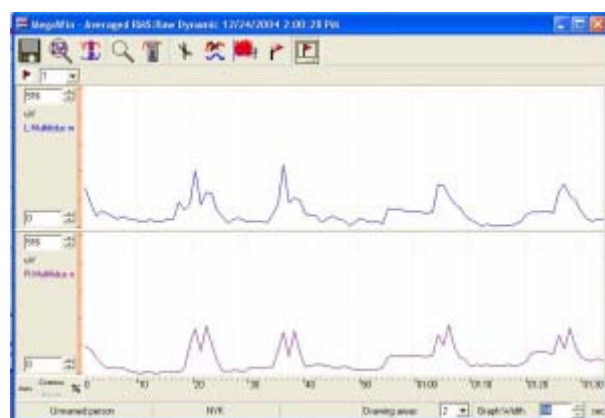
อาสาสมัครคนที่	กำลังสถิติของกล้ามเนื้อ			
	หลัง	แขน	ส่วนต่างๆ	ฝ่ามือ
1	40.90	28.25	72.50	48.80
2	58.10	30.10	76.70	41.70
3	59.50	30.50	68.70	45.70
4	48.90	29.30	62.70	40.70
5	35.20	24.80	50.30	41.10
ค่าเฉลี่ย	48.52	28.59	66.18	43.60

ภาคผนวก จ

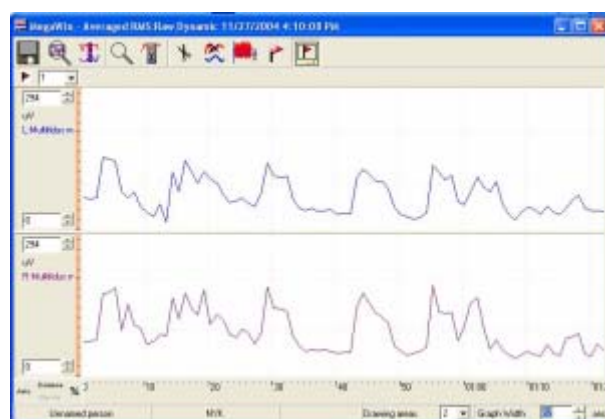
แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครก่อนปรับปรุงสภาพการทำงาน



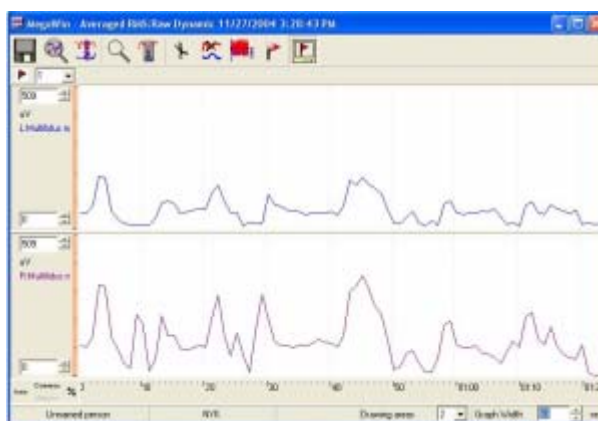
ภาพที่ ฉ-1 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 1 ก่อนปรับปรุง



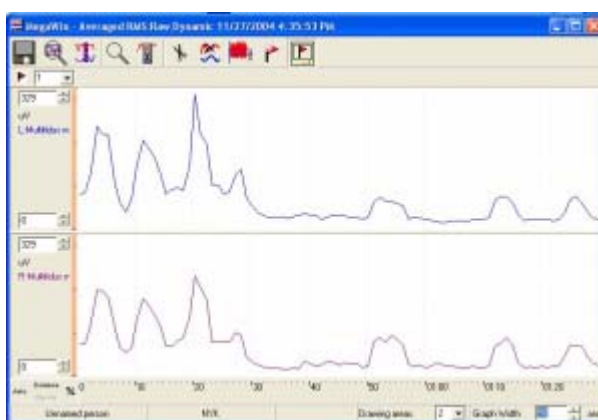
ภาพที่ ฉ-2 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 2 ก่อนปรับปรุง



ภาพที่ ฉ-3 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 3 ก่อนปรับปรุง



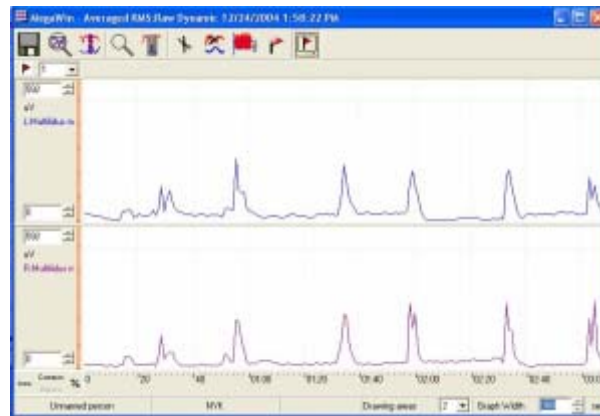
ภาพที่ ฉ-4 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 4 ก่อนปรับปรุง



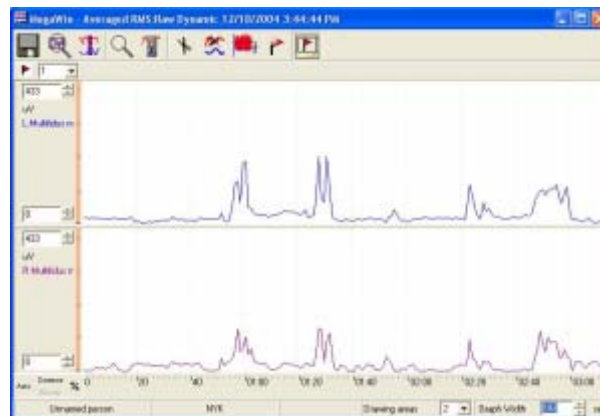
ภาพที่ ฉ-5 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 5 ก่อนปรับปรุง

ภาคผนวก ช

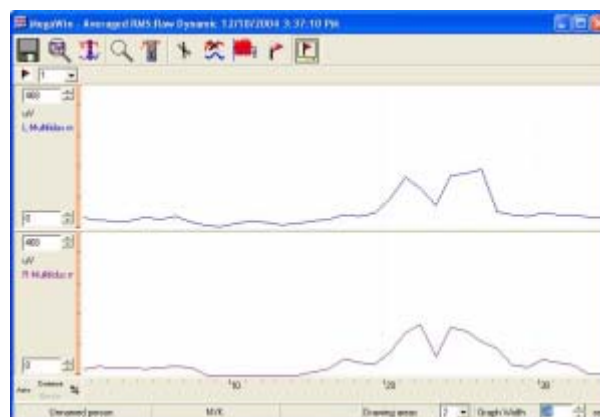
แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครหลังปรับปรุงสภาพการทำงาน
(แบบไม่มีพลาสติก)



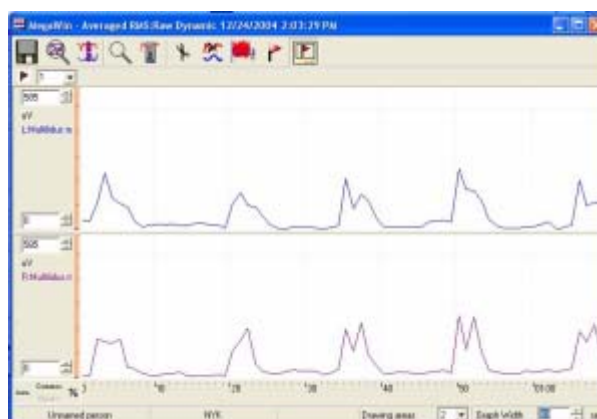
ภาพที่ ข-1 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 1
หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบไม่มีพลาสติก)



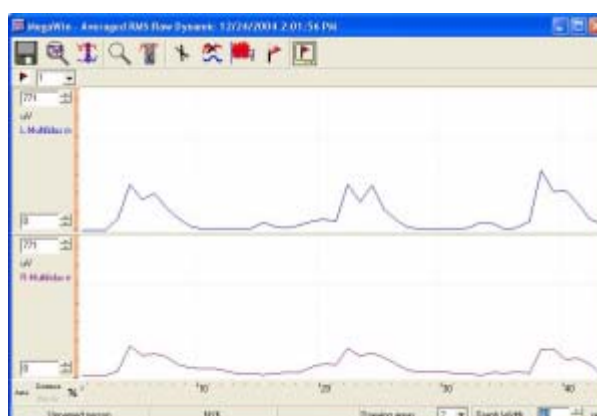
ภาพที่ ข-2 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 2
หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบไม่มีพลาสติก)



ภาพที่ ข-3 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 3
หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบไม่มีพลาสติก)



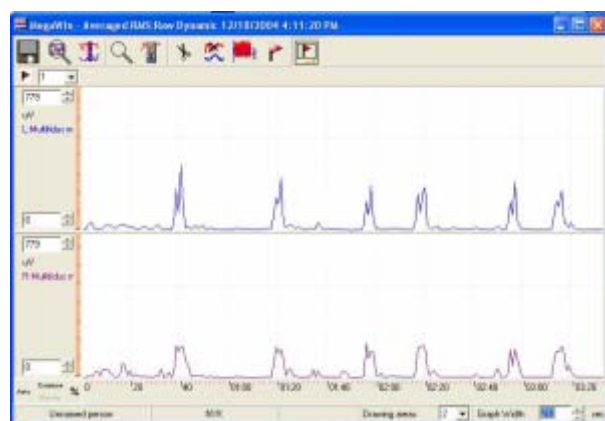
ภาพที่ ข-4 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 4 หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบไม่มีพลาสติก)



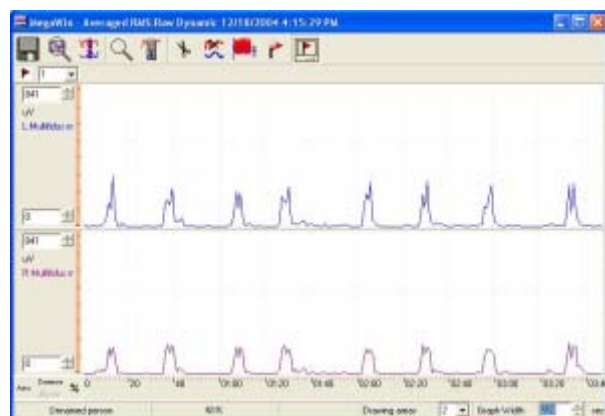
ภาพที่ ข-5 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 5 หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบไม่มีพลาสติก)

ภาคผนวก ซ

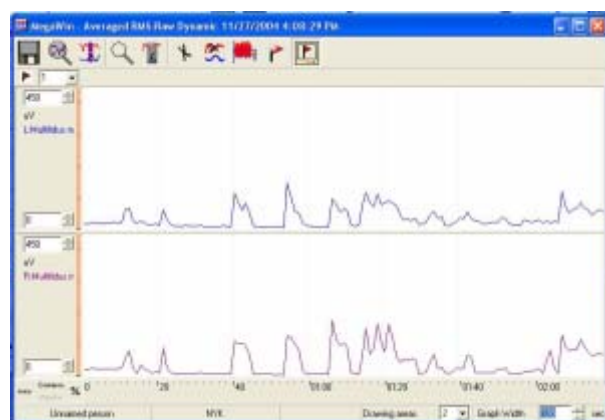
แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครหลังปรับปรุงสภาพการทำงาน
(แบบมีพลาสติก)



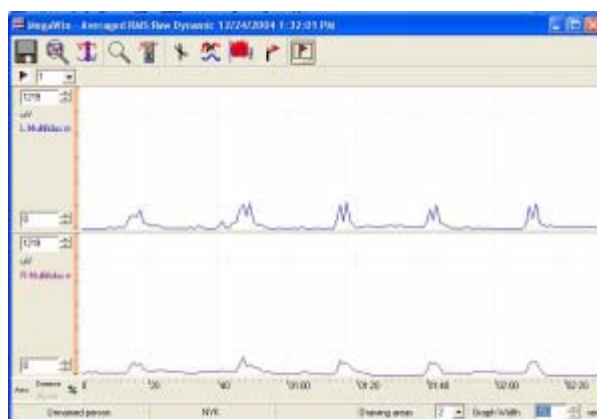
ภาพที่ ซ-1 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 1
หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบมีพลาสติก)



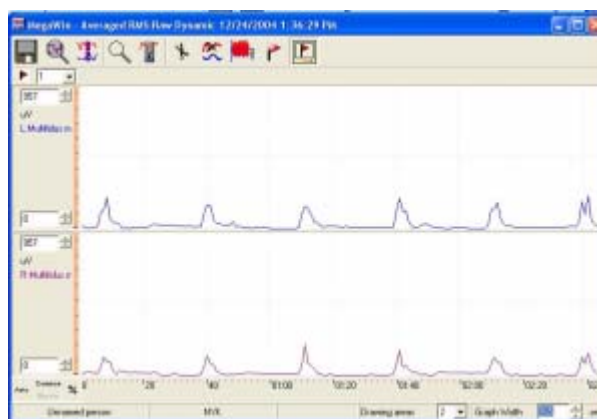
ภาพที่ ซ-2 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 2
หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบมีพลาสติก)



ภาพที่ ซ-3 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 3
หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบมีพลาสติก)



ภาพที่ ช-4 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 4 หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบมีพลาสติก)



ภาพที่ ช-5 แสดงสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (RMS) ของอาสาสมัครคนที่ 5 หลังปรับปรุงสภาพการทำงาน (แบบมีพลาสติก)

ภาคผนวก ฅ

แสดงข้อมูลการวัดสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายของอาสาสมัคร

ข้อมูลการวัดสัดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายของอาสาสมัคร

ตารางที่ ฅ-1 การวัดสัดส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
น้ำหนัก (kg.)	55	60	60	62	51
ความสูงศีรษะ (cm.)	175.0	172.2	175.7	173.8	157.6
ความสูงหัวไหล่ (cm.)	144.4	143.0	145.4	140.8	132.2
ความสูงข้อศอก (cm.)	111.6	106.9	109.3	106.5	98.0
ความสูงข้อมือ (cm.)	84.4	81.8	86.0	79.8	75.2
ความสูงมือ (cm.)	75.3	72.7	74.7	74.4	68.1
ความสูงปลายมือ (cm.)	66.8	64.9	67.0	56.9	55.5
ความสูงเอว (cm.)	102.8	103.1	105.1	103.2	92.1
ความสูงเข่า (cm.)	47.5	47.3	50.9	48.6	41.3
ความสูงตาตุ่ม (cm.)	5.2	5.1	5.1	5.2	5.3

ภาคผนวก ญ

เครื่องมือที่ใช้ทำการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ทำการวิจัย



ภาพที่ ญ-1 เครื่องวัดค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG



ภาพที่ ญ-2 ตาชั่ง



ภาพที่ ญ-3 เครื่องมือวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อ Jackson Strength



ภาพที่ ๓-๔ เครื่องมืออ่านค่ากำลังสถิติของกล้ามเนื้อ Jackson Strength



ภาพที่ ๓-๕ เครื่องมือวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อมือ

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นางสาวนริดา จิรโชคนุเคราะห์
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : การลดอาการปวดหลังของพนักงานสาวผ้า : กรณีศึกษาโรงงานย้อมผ้าถัก
 สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหกรรม

ประวัติ

ประวัติส่วนตัว เกิดวันที่ 18 ธันวาคม 2523 ที่อยู่ปัจจุบันเลขที่ 398 ซอยรัชดาภิเษก 10
 แขวงห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสายน้ำผึ้ง
 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
 จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์