บทที่ 4

ผลการทดลอง

ลักษณะภาระงานและสภาวะแวดล้อม

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยมือในภาระงานผสม โดยในการทดลองผู้ถูกทดสอบทุกคนจะต้องทำการยกหรือเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยกล่องไม้ขนาดกว้าง 15 นิ้ว ยาว 15 นิ้ว และสูง 10 นิ้ว ชนิดมีมือจับจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร กว้าง 11 เซนติเมตร อยู่ด้านข้างบริเวณกึ่งกลางกล่องทั้งสองด้าน น้ำหนักกล่องเปล่าขณะมีมือจับและไม่มีมือจับเป็น 5.1 และ 4.7 กิโลกรัม ตามลำดับ ลักษณะภาระงานที่กำหนดในการทดลองมี 2 ปัจจัยคือ ชนิดของกล่อง (มีมือจับ, ไม่มีมือจับ) และ ลักษณะงาน (งานผสม, งานเดี่ยว) โดยงานผสมจะมี 2 งาน และงานเดี่ยวประกอบด้วย 5 กิจกรรม (ที่ระดับความสูงต่างๆ) ได้แก่ การยกของขึ้น (F-K, K-S) การดึงและการผลัก (F, S) การเดินถือ (K) การยกลง (K-F, S-K) ดังนั้นในการทดลองจะมีทั้งสิ้น 22 ลักษณะภาระงาน โดยในแต่ละลักษณะภาระงานผู้ถูกทดสอบแต่ละคนจะทำการทดลองซ้ำสี่ครั้ง ด้วยท่าทางและความถี่ที่แต่ละคนพึงพอใจ เพื่อหาน้ำหนัก MAW ตามแนวทางจิตฟิสิกส์ในการยกหรือเคลื่อนย้ายวัสดุเป็นครั้งคราว

การวิจัยนี้ได้จำลองการทำงานในห้องทดลองของโรงงานแห่งหนึ่งใน จ.นครราชสีมา ซึ่งมีรายละเอียดของสภาวะแวดล้อม ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลสภาวะแวดล้อมของการวิจัย

สภาวะแวดล้อม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (°C)	29.75	0.97
อุณหภูมิกระเปาะเปียก (°C)	25.10	0.94
ความชื้นสัมพัทธ์ (% RH)	68.75	4.01

รายละเอียดของผู้ถูกทดสอบ

ในงานวิจัยนี้ ผู้ถูกทดสอบทั้ง 10 คน เป็นคนงานหญิงจากภาคอุตสาหกรรม ซึ่งไม่เคยทำงานประจำในลักษณะภาระงานที่กำหนดในงานวิจัยนี้มาก่อน มีเพียงบางคนที่เคยทำงานก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายวัสดุแต่มีลักษณะภาระงานที่ต่างจากนี้ โดยทุกคนมีสุขภาพแข็งแรง และไม่มีประวัติการบาดเจ็บของหลังมาก่อน ผู้ถูกทดสอบมีอายุระหว่าง 18 ถึง 32 ปี (เฉลี่ย 25.5 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.84 ปี) ข้อมูลสัดส่วนร่างกายของผู้ถูกทดสอบแต่ละคน แสดงไว้ในภาคผนวก จ.

1. <u>การวิเคราะห์ความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน ($\dot{V}O_2max$)</u>

ผู้ถูกทดสอบทุกคนจะได้รับการทดสอบวัดหาค่า $\dot{V}O_2max$ ซึ่งใช้วิธีโดยอ้อมที่เสนอโดย Kamon & Ayoub (1976) โดยผู้ถูกทดสอบแต่ละคนจะต้องปั่นจักรยานที่ระดับภาระงานต่างๆ และจะติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) และ อัตราการใช้ออกซิเจน ($\dot{V}O_2$) เพื่อนำมาใช้ในการหาสมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) โดยความสัมพันธ์ของ HR และ $\dot{V}O_2$ จะอยู่ในรูปสมการเส้นตรง ที่มีรูปแบบความสัมพันธ์ ดังนี้

$$HR = a + b*(\dot{V}O_2)$$

โดยที่ a คือ ค่าคงที่ที่ได้จากการหาสมการถดถอย

b คือ สัมประสิทธิ์ของสมการถดถอย

ดังนั้นเมื่อทราบค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HRmax) ซึ่งหาได้จาก 220 – อายุ(ปี) และนำมาแทนค่าในสมการถดถอยเชิงเส้นของผู้ถูกทดสอบแต่ละคน จะได้ค่า $\dot{V}O_2max$

เนื่องจากเครื่องมือวัด $\dot{V}O_2$ ในการทดลองนี้ ใช้เครื่อง Oxylog (P.K. Morgan, Ltd.) ที่ถูกใช้ในห้องปฏิบัติการวิจัยการยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มาตั้งแต่ปี 2532 ซึ่งเมื่ออายุการใช้งานมากขึ้น ค่าที่อ่านได้พบว่าลดลงต่ำกว่าความเป็นจริงแม้จะมีการแก้ไข ปรับปรุงแล้ว ดังนั้น อนรรฆพล (2542) จึงได้ทำการเทียบค่ากับเครื่องมือชนิดใหม่ คือ K4 ที่ผลิตจากอิตาลี และสามารถทำการวัดค่าต่างๆ ออกมาได้ดีกว่า มีความละเอียดกว่า ซึ่งได้ผลการเทียบค่าเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ออกซิเจนด้วยเครื่อง K4 กับ Oxylog เป็น

$$\dot{V}O_2(K4) = 1.8918* \dot{V}O_2(Oxylog) + 0.3227$$

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงนำสมการแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวมาใช้ ก่อนทำการคำนวณหาสมการถดถอยเชิงเส้น

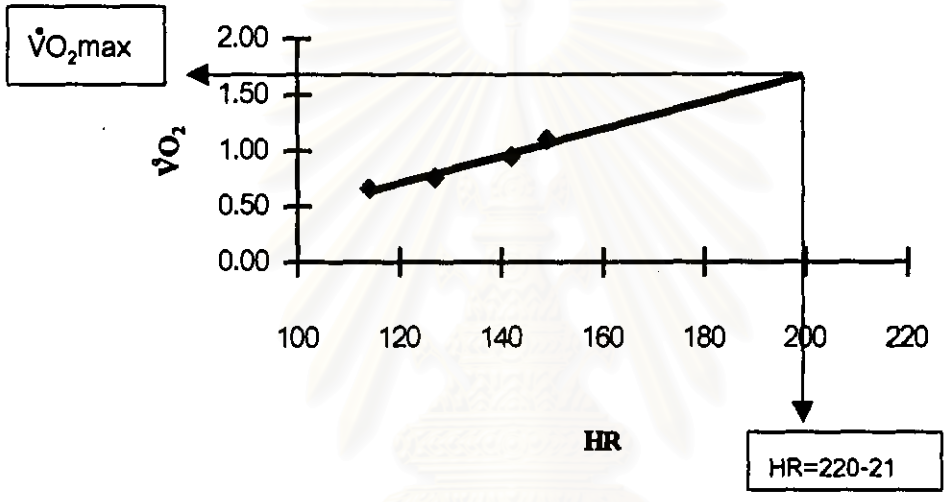
ตัวอย่างการหาค่า $\dot{V}O_2max$ ของผู้ถูกทดสอบหมายเลข 4 ซึ่งมีอายุ 21 ปี น้ำหนัก 46.8 กิโลกรัม จากการหาสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ได้ความสัมพันธ์ของ HR และ $\dot{V}O_2$ ดังนี้

$HR = -0.755 + 0.012^{*}(\dot{V}O_2)$ โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) = 0.981

ดังนั้น $\dot{V}O_2max = ((220 - อายุ) + 0.755) / 0.012$

$= ((220-21)+0.755) / 0.012$

$= 1.67$ ลิตรต่อนาที (36.29 มล./ ก.ก.- นาที)



รูปที่ 4.1 การหา $\dot{V}O_2max$ โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่าง HR และ $\dot{V}O_2$ ที่สภาวะคงตัวแต่ละระดับความหนักของภาระงาน

จากการทดสอบผู้ถูกทดสอบทั้ง 10 คน พบว่ามีค่า $\dot{V}O_2max$ อยู่ระหว่าง 25.57 ถึง 36.74 มล./ก.ก. – นาที ซึ่งเมื่อพิจารณาเกณฑ์ของ Kamon & Ayoub ที่กล่าวว่าบุคคลที่มีค่า $\dot{V}O_2max$ < 25, 25-33, 34.42 และ >53 มล./ก.ก. – นาที เป็นผู้มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนอยู่ในระดับ ต่ำ, พอใช้, ปกติ, ดี และสูง ตามลำดับแล้ว พบว่า ผู้ถูกทดสอบในงานวิจัยนี้จัดว่าเป็นผู้มีความสามารถอยู่ในระดับพอใช้ 3 คน และระดับปกติ 7 คน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของผู้ถูกทดสอบ

ผู้ถูกทดสอบ หมายเลข	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (ก.ก.)	ส่วนสูง (ซ.ม.)	$(\dot{V}O_2)max$ (ลิตร/นาที)	$(\dot{V}O_2)max$ (มล./ ก.ก.-นาที)
1	32	45.9	147.1	1.17	25.57
2	28	42.7	152.7	1.16	27.07
3	25	41.2	151.7	1.48	35.92
4	21	46.8	158.6	1.67	36.29
5	29	60.0	163.2	2.13	35.53
6	27	56.2	151.4	1.60	28.44
7	32	52.7	151.9	1.87	35.56
8	22	44.4	149.5	1.54	34.74
9	19	54.4	154.8	1.97	36.21
10	'20	46.1	152.5	1.60	34.69
ค่าเฉลี่ย	25.5	49.03	153.3	1.62	33.00
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.84	6.32	4.60	0.31	4.21

2. การทดสอบกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ

ผู้ถูกทดสอบทุกคนได้รับการทดสอบหากำลังสถิตของกล้ามเนื้อ หลัง แขน ขา ไหล่ มือ และส่วนต่างๆ ค่ากำลังสถิตที่ได้ดังตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าผู้ถูกทดสอบทุกคนมีร่างกายสมบูรณ์แข็งแรงเป็นปกติ

เมื่อนำค่ากำลังสถิตของผู้ถูกทดสอบทั้ง 10 คน ซึ่งเป็นคนงานในภาคอุตสาหกรรมมาเปรียบเทียบกับค่ากำลังสถิตของประชากรภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ที่ศึกษาโดย กิตติ อินทรานนท์ และคณะ (2531) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 จะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยของกำลังสถิตของกล้ามเนื้อหลัง, ไหล่ และส่วนต่างๆ ของผู้ถูกทดสอบใน

งานวิจัยนี้มีค่าสูงกว่าของกลุ่มประชากรภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะกำลังสถิตของกล้ามเนื้อหลังของผู้ถูกทดสอบในงานวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเปอร์เซ็นไตล์ที่ 95 ของประชากรภาคเกษตรกรรมฯ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยกำลังสถิตของกล้ามเนื้อแขน, ขา และมือ บางช่วงอายุต่ำกว่า บางช่วงอายุสูงกว่า แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังสถิตดังกล่าวอยู่ในช่วงช่วงเปอร์เซ็นไตล์ที่ 5 ถึง 95 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ถูกทดสอบทั้งหมดที่มาจากภาคอุตสาหกรรม มีค่ากำลังสถิตของกล้ามเนื้อไม่แตกต่างจากที่ กิตติ อินทรานนท์ และคณะ (2531) ได้ทำการศึกษามา

ตารางที่ 4.3 ค่ากำลังสถิตของกล้ามเนื้อของผู้ถูกทดสอบ

ผู้ถูกทดสอบ	กำลังสถิตของกล้ามเนื้อ (กิโลกรัม)					
หมายเลข	หลัง	แขน	ขา	ไหล่	มือ	ส่วนต่างๆ
1	43.7	27.8	67.0	34.6	27.5	73.2
2	50.1	28.5	83.7	27.7	26.5	62.8
3	53.6	29.6	76.2	38.2	26.5	62.0
4	63.3	30.4	87.5	36.6	26.5	78.2
5	66.2	31.6	95.2	36.5	28.5	79.6
6	61.7	28.8	84.4	33.8	28.0	80.7
7	51.5	31.7	77.0	32.5	27.0	78.7
8	50.0	28.5	86.5	24.7	27.5	67.9
9	50.7	31.8	81.6	29.7	27.0	62.4
10	63.4	30.5	84.2	32.8	28.0	65.5
ค่าเฉลี่ย	55.42	29.92	82.33	32.71	27.30	71.10
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	7.58	1.49	7.61	4.25	0.71	7.79

ตารางที่ 4.4 ค่ากำลังสถิตเปรียบเทียบระหว่างผู้ถูกทดสอบกับประชากรภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในช่วงอายุต่างๆ

กลุ่มประชากรภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ					ผู้ถูกทดสอบในงานวิจัยนี้	
กำลังสถิต	ช่วงอายุ	เฉลี่ย (กิโลกรัม)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ไทล์ ที่ 5 ถึง 95	เฉลี่ย (กิโลกรัม)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
หลัง	17 - 24	48.7	9.80	45.80 - 51.63	56.85	7.51
	25 - 32	51.5	11.04	48.38 - 54.65	54.47	8.18
แขน	17 - 24	29.9	5.58	28.25 - 31.56	29.91	1.48
	25 - 32	30.6	4.63	29.30 - 31.93	29.67	1.64
ขา	17 - 24	82.8	12.78	79.02 - 86.61	84.95	2.63
	25 - 32	84.4	13.86	80.49 - 88.36	80.58	9.53
ไหล่	17 - 24	28.8	5.70	27.14 - 30.53	30.95	5.03
	25 - 32	32.6	6.63	30.68 - 34.45	33.88	3.64
มือ	17 - 24	27.1	3.39	26.07 - 28.08	27.25	0.65
	25 - 32	28.1	3.04	27.24 - 28.97	27.33	0.82
ส่วนต่างๆ	17 - 24	66.9	13.60	62.84 - 70.91	68.5	6.85
	25 - 32	71.4	14.76	67.23 - 75.62	72.83	8.49

ผลการทดลองตามแนวทางจิตฟิสิกส์

1. <u>วิธีการทดลอง</u>

1) เนื่องจากในงานวิจัยนี้มีลักษณะภาระงานที่ต้องทำการทดลองทั้งสิ้น 22 ภาระงาน ดังนั้นจึงจะทำการสุ่มลำดับการทดลองโดยให้ผู้ถูกทดสอบแต่ละคนทำการจับสลากเลือกงานเพื่อจัดลำดับการทดลองตั้งแต่ลำดับที่ 1 ถึง 22 เมื่อทำการทดลองครั้งที่ 1 เสร็จสิ้นในทั้ง 22 ภาระงานแล้ว จึงจะเริ่มทำการเก็บข้อมูลครั้งที่ 2 และจะทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนครบทั้ง 4 ครั้ง

I18936506

2) ในการทดลองหา MAW ในแต่ละลักษณะภาระงาน จะให้ผู้ถูกทดสอบเริ่มต้นยกหรือเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้ำหนักเริ่มต้นน้อยๆ ก่อน ด้วยท่าทางและความถี่ที่เขาพึงพอใจและสามารถปรับระดับความหนักเบาของวัสดุที่ยกได้ด้วยการเติมเข้า หรือปล่อยออกได้ด้วยตัวเอง โดยที่ไม่ทราบน้ำหนักที่แท้จริงของวัสดุที่ทำการเคลื่อนย้าย ซึ่งผู้ถูกทดสอบทุกคนจะใช้เวลา 10 นาทีในการปรับเลือกน้ำหนัก เมื่อได้น้ำหนักที่คาดว่าสูงสุดที่ยอมรับได้แล้วจะให้ทดลองเคลื่อนย้ายวัสดุต่อไปอีก 5 นาที เพื่อยืนยันน้ำหนักที่ได้ว่าไม่มากเกินไป ซึ่งหากผู้ถูกทดสอบรู้สึกว่าหนักหรือเบาเกินไป ก็สามารถที่จะปรับน้ำหนักใหม่ได้ น้ำหนักสุดท้ายที่ผู้ถูกทดสอบเลือกจะถูกบันทึกเป็นน้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับได้ (MAW)

3) หลังจากทดลองเสร็จแต่ละงานจะให้ผู้ถูกทดสอบทำการประเมินค่าเชิงจิตพิสัย RPE Scale ที่แสดงถึงความรู้สึกหนักเบาของภาระงานจากน้อยไปยังมาก โดย RPE Scale จะมีค่าระหว่าง 6 - 20 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.)

4) ในแต่ละลักษณะภาระงานผู้ถูกทดสอบแต่ละคนจะทำการทดลองซ้ำ 4 ครั้ง หากน้ำหนัก MAW ที่ทำได้ทั้งสี่ครั้งมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเกิน 1.00 จะทำการทดลองซ้ำอีก แล้วตัดผลการทดลองที่ให้ค่าความแตกต่างมากออก เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ดีที่สุดสี่ค่า

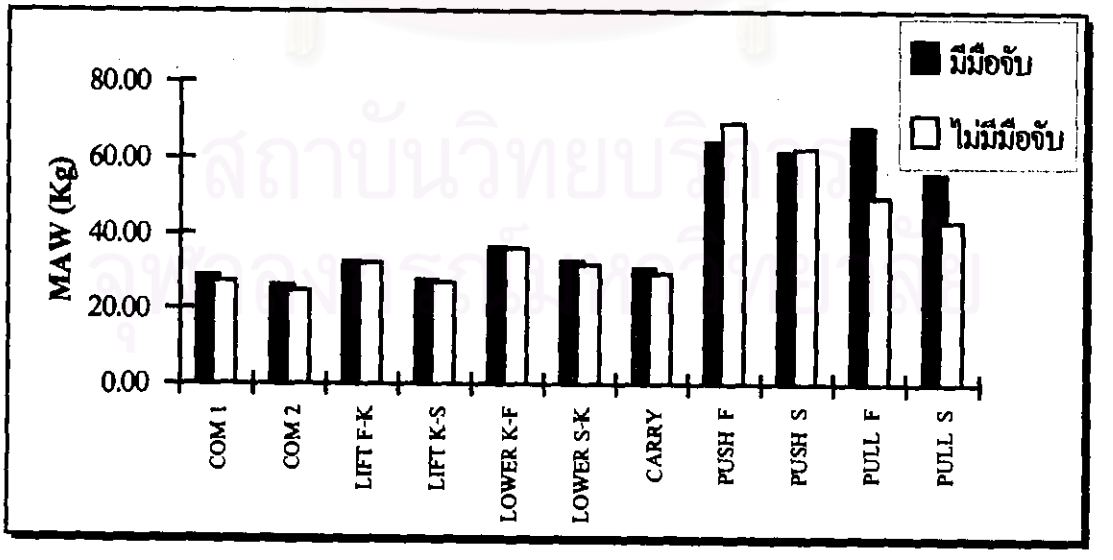
ในการที่ทดลองเริ่มต้นการยกหรือเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้ำหนักน้อยๆก่อน และใช้เวลาการทดลองเพียง 15 นาทีนั้น เนื่องจากต้องการจะลดความเสี่ยงที่ผู้ถูกทดสอบจะพยายามยกของที่หนักเกินไป ซึ่งจากรายงานของ Straker (1996) ที่อ้างจาก Ljunberg *et al.* (1982) ได้กล่าวว่าการปรับน้ำหนักมากที่สุดจะเกิดในช่วง 5 นาทีแรก และในการทดลองยกด้วยน้ำหนักน้อยๆ ก่อนตามแนวทางจิตพิสิกส์โดยใช้เวลาเพียง 15 นาที จะให้ค่าประมาณของ MAW น้อยกว่าที่ใช้เวลาในการทดลอง 20 หรือ 40 นาที อันเป็นผลให้ค่า MAW ที่ได้มีความปลอดภัยมากขึ้น

2. <u>น้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับได้ (MAW) และค่าความรู้สึกเชิงจิตพิสัย</u>

รายละเอียดผลการทดลองตามแนวทางจิตพิสิกส์ของผู้ถูกทดสอบแต่ละคน โดยเรียงตามลำดับงานที่สุ่มทำก่อน-หลัง แสดงไว้ในภาคผนวก ง.1

ตารางที่ 4.5 ค่า MAW (กิโลกรัม) ที่ผู้ถูกทดสอบเลือกตามการทดลองโดยใช้หลักจิตฟิสิกส์

	กล่องมีมือจับ		กล่องไม่มีมือจับ	
ลักษณะงาน	MEAN	SD	MEAN	SD
COM 1	28.75	3.39	27.11	3.77
COM 2	26.07	2.57	24.70	2.32
LIFT F-K	32.29	3.94	31.94	4.12
LIFT K-S	27.47	3.19	26.76	2.98
LOWER K-F	36.19	4.72	35.71	3.74
LOWER S-K	32.42	3.47	31.38	3.37
CARRY	30.62	4.23	29.23	4.09
PUSH F	64.18	7.01	69.15	6.16
PUSH S	61.38	7.33	62.18	6.13
PULL F	67.85	8.84	49.35	7.76
PULL S	55.60	9.31	43.09	6.75



รูปที่ 4.2 ค่า MAW เฉลี่ยของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่ระดับปัจจัยต่างๆ

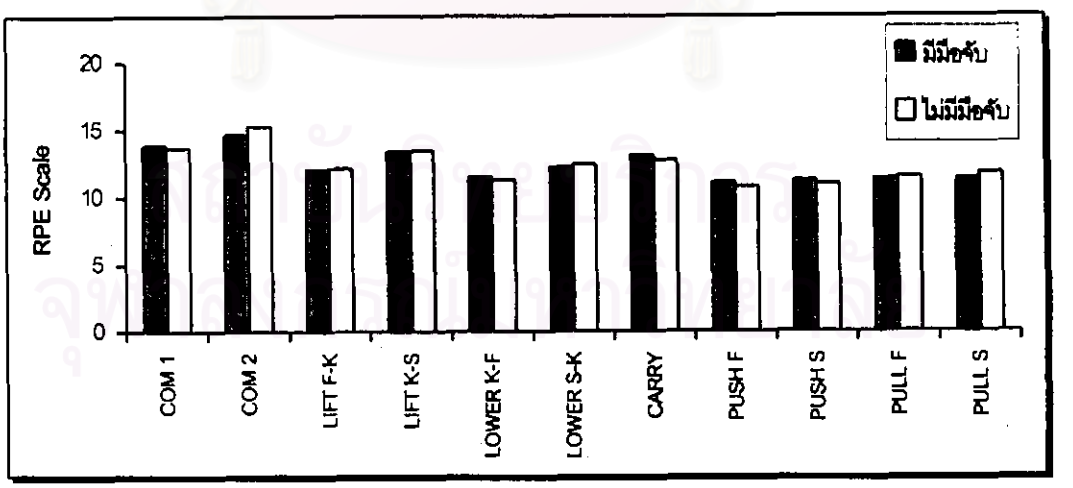
ผลการทดลองในแนวทางจิตฟิสิกส์โดยให้ผู้ถูกทดสอบปรับเลือกน้ำหนักเองตามตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.2 นั้น เป็นที่น่าสังเกตว่าในลักษณะงานที่เหมือนกันทั้งกรณีการเคลื่อนย้ายกล่องที่มีและไม่มีมือจับผู้ถูกทดสอบเลือกน้ำหนักที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยแบบมีมือจับจะมีค่า MAW มากกว่า ยกเว้นในงานผลักและงานดึงซึ่งจะเห็นความแตกต่างของน้ำหนักที่เลือกได้ค่อนข้างชัดเจนเมื่อเทียบกรณีเคลื่อนย้ายกล่องที่มีและไม่มีมือจับ และงานเดี่ยวทั้งสองงานดังกล่าวจะมีค่า MAW สูงกว่าลักษณะงานอื่นๆ เนื่องจากลักษณะของการทำงานผู้ถูกทดสอบไม่ต้องรับน้ำหนักกล่องที่ต้องการเคลื่อนย้ายเหมือนลักษณะงานอื่น แต่อาศัยแรงในการดึงหรือผลัก

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อดูผลของปัจจัยลักษณะงานและชนิดของกล่องที่มีต่อการเลือกน้ำหนัก MAW ของผู้ถูกทดสอบ (รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ข.) โดยในที่นี้ได้แยกวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่างๆเป็น 2 กรณี ดังนี้ กรณีแรกแยกตามลักษณะงาน คือวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกน้ำหนัก MAW ของงานผสม 1 กับงานเดี่ยวที่เป็นงานประกอบ และวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกน้ำหนัก MAW ของงานผสม 2 กับงานเดี่ยวที่เป็นงานประกอบ และกรณีที่สอง คือวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมทุกลักษณะงาน ทั้งงานผสม1, งานผสม 2 และงานเดี่ยวที่ประกอบเป็นงานผสมทั้งสอง ผลจากการวิเคราะห์พบว่าทั้งปัจจัยลักษณะงาน และชนิดของกล่อง ล้วนมีผลต่อการเลือกน้ำหนัก MAW ของผู้ถูกทดสอบ ($p < 0.05$) ทั้งสองกรณีข้างต้น

น้ำหนัก MAW ที่ได้จากลักษณะงานผสม จะน้อยกว่าน้ำหนัก MAW ของงานเดี่ยวที่เป็นงานประกอบของงานผสมนั้นๆ ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Taboun & Dutta (1984), Jiang & Smith (1985) และ Ciriello *et al.* (1990) เมื่อสอบถามความรู้สึกของผู้ถูกทดสอบพบว่า ผู้ถูกทดสอบส่วนใหญ่มีทัศนคติว่าลักษณะภาระงานเป็นการยกหรือเคลื่อนย้ายวัสดุในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ทำให้ไม่รู้สึกเหนื่อย หอบ เนื่องจากเป็นงานยกเป็นครั้งคราวด้วยความถี่ตามสบาย และคิดว่าน้ำหนักที่ได้เลือกนั้นไม่หนักเกินไป ส่วนในกรณีที่น้ำหนักที่เลือกของงานผสมมีค่าน้อยกว่างานเดี่ยวนั้น เนื่องจากงานผสมต้องทำหลายกิจกรรม ระยะเวลาในการเคลื่อนย้ายวัสดุแต่ละรอบการทำงานนานกว่างานเดี่ยว ถึงแม้ว่าในการทดลองนี้จะให้ผู้ถูกทดสอบทำงานด้วยความถี่ที่ตนพึงพอใจ ซึ่งหมายความว่าผู้ถูกทดสอบสามารถพักได้นานขึ้นถ้าเวลารอบการทำงานนานขึ้นแล้วก็ตาม แต่ยังสังเกตเห็นว่าแทบทุกคนจะมีอัตราส่วนของเวลาทำงานต่อเวลาพัก (work-rest ratio) ของงานผสมสูงกว่างานเดี่ยว

ตารางที่ 4.6 ผลของค่าประเมินเชิงจิตพิสัย (RPE Scale) อันเนื่องมาจากการเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยน้ำหนัก MAW (กิโลกรัม)

	กล่องมีมือจับ		กล่องไม่มีมือจับ	
ลักษณะงาน	MEAN	SD	MEAN	SD
COM 1	13.88	1.65	13.70	1.67
COM 2	14.65	1.82	15.28	1.92
LIFT F-K	12.05	1.20	12.18	1.30
LIFT K-S	13.38	1.19	13.48	1.54
LOWER K-F	11.48	1.96	11.28	1.71
LOWER S-K	12.25	1.53	12.45	1.48
CARRY	13.08	1.21	12.73	1.57
PUSH F	11.10	1.32	10.80	1.34
PUSH S	11.23	1.29	10.98	1.54
PULL F	11.38	1.17	11.53	1.09
PULL S	11.38	1.05	11.78	1.35



รูปที่ 4.3 ค่าประเมินเชิงจิตพิสัย เฉลี่ย อันเนื่องมาจากการเคลื่อนย้ายวัสดุที่ MAW ในระดับปัจจัยต่างๆ

เมื่อพิจารณาถึงค่า RPE Scale ที่แสดงถึงความรู้สึกของผู้ถูกทดสอบแต่ละคนว่ารู้สึกอย่างไรในการเคลื่อนย้ายวัสดุในแต่ละลักษณะภาระงานในแต่ละครั้งที่เลือกน้ำหนัก MAW นั้นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.2 พบว่า ในลักษณะงานที่เป็นงานเดี่ยวไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนย้ายกล่องที่มีหรือไม่มีมือจับ ผู้ถูกทดสอบจะเลือกค่า RPE Scale เฉลี่ยอยู่ในช่วง 11 ถึง 14 โดยมีค่าฐานนิยมเท่ากับ 13 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความรู้สึกของผู้ถูกทดสอบที่มีต่อค่าน้ำหนัก MAW ที่เลือกนั้นคือ MAW เป็นน้ำหนักที่ไม่หนักหรือเบาเกินไป แต่เมื่อพิจารณา MAW สำหรับลักษณะงานที่เป็นงานผสมจะมีค่า RPE Scale เฉลี่ยอยู่ในช่วง 13 ถึง 16 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14 ซึ่งพบว่ามีค่าสูงกว่างานเดี่ยวทั้งที่เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนัก MAW แล้วมีค่าน้อยกว่า ทั้งนี้ก็ด้วยเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และที่สำคัญผู้ถูกทดสอบให้ความเห็นว่าถึงแม้ไม่ได้รู้สึกว่าน้ำหนัก MAW ที่เลือกในงานผสมแต่ละงานนั้นหนักเกินไป แต่จะเลือกค่า RPE Scale ที่สูงขึ้นกว่าที่เลือกให้กับงานเดี่ยว เนื่องจากรู้สึกว่างานผสมเป็นภาระงานที่หนักกว่า ดังนั้นจึงไม่อาจกล่าวได้ว่าค่า RPE Scale ที่ผู้ถูกทดสอบประเมินให้สำหรับงานผสมนั้นแสดงว่างานหนักเกินไป ซึ่งจะเห็นว่าการใช้ค่า RPE Scale เป็นตัวบ่งชี้ความรู้สึกของผู้ถูกทดสอบในการเลือกน้ำหนัก MAW ว่าเป็นงานที่หนักหรือเบานั้นไม่เหมาะสมและไม่ควรใช้ร่วมกับการทดลองตามแนวทางจิตฟิสิกส์ด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ ผู้ถูกทดสอบมีความโน้มเอียงที่จะเลือกค่า RPE Scale ในช่วงที่บอกว่าเป็นงานที่ไม่หนักหรือเบาจนเกินไป เพราะหากให้ค่า RPE Scale ที่สูงมากๆ ย่อมแสดงว่าน้ำหนักที่ได้เลือกนั้นผิดหรือเป็นน้ำหนักที่ยอมรับไม่ได้ และเหตุผลอีกประการหนึ่งที่สังเกตได้จากการทดลองคือ เมื่อมีลักษณะภาระงานหลายๆ งาน ผู้ถูกทดสอบมีแนวโน้มที่จะทำการเปรียบเทียบและให้ค่า RPE Scale ตามความยากง่ายของการทำงานมากกว่าบอกความรู้สึกจริงๆ ว่าหนักหรือเบา เช่น การที่ผู้ถูกทดสอบส่วนใหญ่ให้ค่า RPE Scale ของงานผสมสูงกว่างานเดี่ยว ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยลักษณะงาน และขนิดของกล่องที่มีต่อค่า RPE ที่ผู้ถูกทดสอบเลือก พบว่า ขนิดของกล่องไม่มีผลต่อการเลือกค่า RPE ในขณะที่ลักษณะงานมีผลต่อค่า RPE ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.) แสดงว่าลักษณะงานที่ต่างกันมีผลต่อความรู้สึกหนักเบาของงานที่ผู้ถูกทดสอบจะประเมินให้กับการทำการเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยน้ำหนัก MAW ที่เลือกมากกว่าการมีหรือไม่มีมือจับของกล่อง

3. <u>การเปรียบเทียบน้ำหนัก MAW ของงานผสมและงานเดี่ยวที่ประกอบเป็นงานผสมนั้น</u>

การเปรียบเทียบเพื่อพิจารณาว่า MAW ของการเคลื่อนย้ายวัสดุในงานผสม สามารถ

พิจารณาได้จากงานเดี่ยวที่ประกอบเป็นงานผสมนั้นๆ ได้หรือไม่นั้น ในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่า MAW เฉลี่ยของงานผสมกับงานเดี่ยวทีละคู่ ของผู้ถูกทดสอบแต่ละคน แยกเป็นกรณีมีมือจับ และไม่มีมือจับ ดังนี้ งานผสม 1 (COM1) เทียบกับ งานยกขึ้น (LIFT) จากพื้นถึงระดับข้อนิ้วมือ, งานยกลง (LOWER) จากระดับข้อนิ้วมือถึงพื้น, งานเดินถือ (CARRY), งานผลัก (PUSH) และงานดึง (PULL)ที่ระดับพื้น ในขณะที่งานผสม 2 (COM2) จะเทียบกับงานยกขึ้น (LIFT) จากระดับข้อนิ้วมือถึงระดับไหล่, งานยกลง (LOWER) จากระดับไหล่ถึงระดับข้อนิ้วมือ, งานเดินถือ (CARRY), งานผลัก (PUSH) และงานดึง (PULL) ที่ระดับไหล่ โดยในการวิเคราะห์จะใช้การทดสอบด้วย t แบบคู่ (Pair – t Test) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ แสดงได้ดังตารางที่ 4.7 (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงไว้ในภาคผนวก ข.)

ผลที่แสดงในตารางเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย MAW ของงานเดี่ยวแต่ละงานเทียบกับงานผสมนั้นๆ ค่าที่ได้เป็นบวกแสดงว่าน้ำหนัก MAW ของงานเดี่ยวสูงกว่าน้ำหนัก MAW ของงานผสม

ตารางที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของ MAW เฉลี่ย ของงานผสมและงานเดี่ยวที่เป็นงานประกอบเมื่อเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยกล่องที่มี และไม่มีมือจับ

ชนิดของกล่อง	ลักษณะงาน	LIFT	LOWER	CARRY	PUSH	PULL
มีมือจับ	COM 1	* 12.31%	* 25.88%	* 6.50%	* 123.26%	* 136.02%
	COM 2	* 5.38%	* 24.36%	* 17.45%	* 135.48%	* 113.28%
ไม่มีมือจับ	COM 1	* 17.81%	* 31.70%	* 7.81%	* 31.70%	* 7.81%
	COM 2	* 8.30%	* 27.04%	* 18.32%	* 151.70%	* 74.42%
ค่าแตกต่างเฉลี่ย		10.95%	27.25%	12.52%	141.37%	101.43%

หมายเหตุ * มีค่า MAW เฉลี่ยแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางจะเห็นว่าในงานเดี่ยวทุกงานให้ค่า MAW ที่แตกต่างจากงานผสมทุกๆ คู่ ($p < 0.05$) ทั้งกรณีที่มีและไม่มือจับ โดยมีค่าความแตกต่างของ MAW เฉลี่ยของงานเดี่ยวสูงกว่างานผสมดังนี้ ในงานยกขึ้นเป็น 10.95 %, งานยกลงเป็น 27.25 %, งานเดินถือเป็น 12.52 %, งานผลักเป็น 141.37 %และ การดึงเป็น 101.43 % พบว่างานเดี่ยวที่ให้ค่า MAW โดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับงานผสมคือ งานยกขึ้นและงานเดินถือ ซึ่งจะสังเกตได้ว่าน้ำหนัก MAW ของงานเดินถือใกล้เคียงกับงานผสม 1 ทั้งกรณีมีมือจับและไม่มีมือจับ ในขณะที่ในงานผสม 2 นั้นน้ำหนัก MAW ของงานเดี่ยวที่ใกล้เคียงที่สุดคือ งานยกขึ้น ทั้งกรณีมีมือจับและไม่มีมือจับ

หากจะพิจารณางานเดี่ยวที่ให้ค่าวิกฤติหรือให้ค่าต่ำสุดเป็นตัวประเมินความเสี่ยงของงานผสมตามข้อแนะนำของ Ciriello *et al.* (1990) จะเห็นว่า MAW มีค่าแตกต่างกันสูงถึงร้อยละ 7.0 (ช่วง5.38 ถึง 8.30 %) จากผลการวิจัยนี้จึงเห็นว่าการกำหนดเกณฑ์น้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับได้ของงานผสม โดยใช้เกณฑ์ของงานเดี่ยวที่เป็นงานประกอบที่ให้ค่าวิกฤตินั้นไม่เหมาะสม ซึ่งผลสรุปนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Straker (1996)

4. <u>การกำหนดขีดจำกัดสูงสุดที่ยอมรับได้ของการเคลื่อนย้ายวัสดุตามหลักจิตฟิสิกส์</u>

ผลการทดลองโดยใช้หลักจิตฟิสิกส์ในการหาน้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับได้ของการเคลื่อนย้ายวัสดุเป็นครั้งคราว ดังที่แสดงผลไว้ในภาคผนวก ง. 1 นั้น ค่าที่ได้เป็นน้ำหนักสูงสุดที่ผู้ถูกทดสอบแต่ละคนเลือกได้ว่าเป็นน้ำหนักที่จะสามารถทำการเคลื่อนย้ายได้โดยไม่รู้สึกเหนื่อยหรือหนักเกินไป

ดังนั้นการกำหนดเกณฑ์ขีดจำกัดสูงสุดที่ยอมรับได้ของการเคลื่อนย้ายวัสดุในแต่ละลักษณะภาระงานตามหลักจิตฟิสิกส์ที่ได้จากการวิจัยนี้จึงกำหนดเป็นช่วงของน้ำหนักต่ำสุดและสูงสุด ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ขีดจำกัดที่ยอมรับได้ (กิโลกรัม) ของการเคลื่อนย้ายวัสดุเป็นครั้งคราวตามแนวทางจิตฟิสิกส์

ชนิดของกล่อง / ลักษณะงาน	มีมือจับ	ไม่มีมือจับ
COM 1	22.2 – 34.8	20.0 – 34.2
COM 2	20.5 – 29.7	20.3 – 28.6

ตารางที่ 4.8 ขีดจำกัดที่ยอมรับได้ (กิโลกรัม) ของการเคลื่อนย้ายวัสดุเป็นครั้งคราว ตามแนวทางจิตฟิสิกส์ (ต่อ)

ขนิดของกล่อง / ลักษณะงาน	มีมือจับ	ไม่มีมือจับ
LIFT F-K	23.8 – 38.2	22.4 – 37.8
LIFT K-S	20.7 – 33.3	20.2 – 30.9
LOWER K-F	27.5 – 44.5	27.9 – 40.3
LOWER S-K	24.7 – 37.4	23.2 – 33.9
CARRY	23.0 – 37.7	20.5 – 37.3
PUSH F	51.3 – 73.3	55.7 – 78.9
PUSH S	43.1 – 70.0	46.4 – 68.5
PULL F	48.4 – 73.7	36.4 – 60.7
PULL S	34.1 – 69.4	31.2 – 53.2

เนื่องจากขีดจำกัดที่ยอมรับได้ที่กำหนดในตารางที่ 4.8 เป็นผลที่เกิดจากประชากร กลุ่มเล็กๆ เพียง 10 คน ที่ถูกเลือกมาทำการทดลองในงานวิจัยนี้ ดังนั้นผลที่ได้จึงมีข้อจำกัดหากต้องมีการใช้กับประชากรกลุ่มอื่นๆ หรือต้องการนำไปใช้งานจริง ซึ่งจำเป็นต้องมีการขยายขอบเขตการศึกษา ให้มีผู้ถูกทดสอบจำนวนมากขึ้น นอกจากนี้ค่าเกณฑ์ขีดจำกัดของการเคลื่อนย้ายวัสดุในลักษณะภาระงานต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้เป็นการเคลื่อนย้ายวัสดุเป็นครั้งคราว ไม่ได้มีการศึกษาในเรื่องของระยะเวลาในการทำงานตลอดจนความถี่ของการเคลื่อนย้าย ดังนั้นเกณฑ์ขีดจำกัดที่ยอมรับได้ที่สรุปในงานวิจัยนี้ จึงเป็นเพียงข้อเสนอแนะในเบื้องต้น ซึ่งในการที่จะนำไปใช้งานจริงจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องดังกล่าวเพราะหากความถี่ของการทำงาน และระยะเวลาการทำงานเพิ่มขึ้น ขีดจำกัดในการเคลื่อนย้ายวัสดุก็ควรลดลงเนื่องจากมีเรื่องของความล้าเข้ามาเกี่ยวข้อง

ผลการทดลองในแนวทางชีวกลศาสตร์

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตในการหาขีดจำกัดสูงสุดที่ยอมรับได้ในการเคลื่อนย้ายวัสดุโดยใช้แนวทางจิตฟิสิกส์อย่างเดียวแม้ว่า Ayoub (1977) จะได้เสนอวิธีการไว้ 3 แนวทางดังที่กล่าวในบทที่ 2 เนื่องจากลักษณะภาระงานในการทดลองเป็นการเคลื่อนย้ายวัสดุเป็นครั้งคราว ในการที่จะใช้แนวทางผลตอบสนองทางสรีรวิทยามากำหนดเกณฑ์ขีดจำกัดสูงสุดที่ยอมรับได้นั้นไม่เหมาะสม เพราะแนวทางดังกล่าวเหมาะสำหรับงานที่มีความถี่ในการทำงานตั้งแต่ 4.3 ครั้งต่อนาที ขึ้นไป (Ciriello, 1990) และมีลักษณะเป็นงานต่อเนื่อง (repetitive) ทำให้การทำงานนั้นรู้สึกเหนื่อยเพราะต้องอาศัยความทนทาน (endurance) ของร่างกายสูง ซึ่งร่างกายแสดงออกมาให้เห็นในรูปผลตอบสนองทางสรีรวิทยา เช่น HR และ $\dot{V}O_2$ ได้อย่างชัดเจน ในขณะที่งานวิจัยนี้มีความถี่ในการทำงานต่ำ และไม่ต่อเนื่อง มีเวลาหยุดพัก ดังนั้นการใช้เกณฑ์ผลตอบสนองทางสรีรวิทยาในการประมาณหรือกำหนดเกณฑ์น้ำหนักที่ยอมรับได้ในงานลักษณะนี้ จึงอาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ถึง 200 เปอร์เซ็นต์ (Ayoub, 1994)

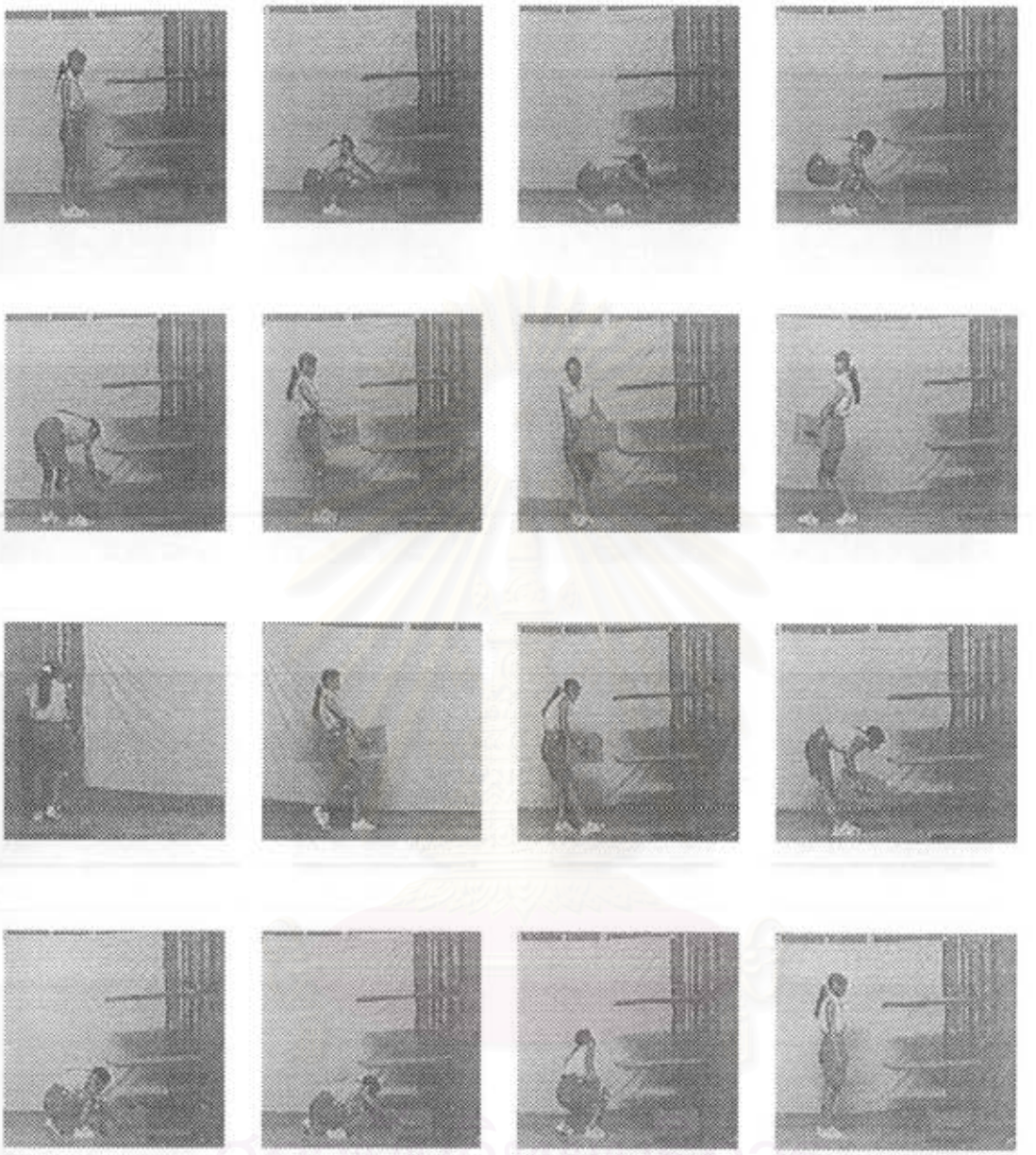
ดังที่กล่าวข้างต้นว่า ลักษณะภาระงานเป็นการเคลื่อนย้ายวัสดุเป็นครั้งคราว ระยะเวลาในแต่ละรอบการทำงานสั้น มีเวลาพักมาก แม้ว่าลักษณะภาระงานเป็นงานหนัก เนื่องจากต้องออกแรงรับน้ำหนักวัสดุที่ยกหรือเคลื่อนย้าย แต่ผู้ถูกทดสอบจะไม่รู้สึกเหนื่อย หรือต้องอาศัยความทนทาน ความอดทนของร่างกายมากนัก ในขณะที่จุดสำคัญในการเลือกน้ำหนัก MAW นั้นขึ้นอยู่กับกำลัง (strength) ของบุคคลนั้นๆ ซึ่งในการพิจารณากำลังความสามารถของการรับน้ำหนักในการเคลื่อนย้ายวัสดุของบุคคลใดมักจะใช้แนวทางชีวกลศาสตร์เพื่อพิจารณาถึงผลกระทบของโมเมนต์และแรงกดที่มีต่อกระดูกสันหลังบริเวณ L5/S1 และจากผลการทดลองตามแนวทางจิตฟิสิกส์จะเห็นว่าผู้ถูกทดสอบทุกคนเลือกน้ำหนัก MAW ที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมในส่วนของการหาโมเมนต์และแรงกดอัดที่เกิดขึ้นกับกระดูกสันหลังของผู้ถูกทดสอบแต่ละคนตามแนวทางชีวกลศาสตร์ เพื่อพิจารณาว่า MAW ที่ผู้ถูกทดสอบแต่ละคนเลือกนั้นทำให้เกิดโมเมนต์และแรงกดอัดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ว่าจะไม่เกิดอันตรายกับกระดูกสันหลัง

ในการทดลองผู้ถูกทดสอบแต่ละคนจะต้องทำการติดจุดเครื่องหมายกำหนดตำแหน่งบนร่างกายเพื่อแสดงจุดข้อต่อต่างๆ ของร่างกาย อันได้แก่ ข้อมือ ข้อศอก หัวไหล่ สะโพก หัวเข่า ข้อเท้า ส้นเท้า และปลายเท้า ดังแสดงในรูปที่ 4.4 เพื่อเป็นจุดอ้างอิงพิกัดตำแหน่งในการคำนวณด้วยวิธีชีวกลศาสตร์ แต่ละคนจะทำการเคลื่อนย้ายวัสดุในแต่ละลักษณะภาระงานด้วย

น้ำหนัก MAW เฉลี่ยที่ได้เลือกไว้ตามแนวทางจิตฟิสิกส์ และจะบันทึกลักษณะท่าทางการเคลื่อนย้ายตลอดช่วง 1 รอบของการเคลื่อนย้ายโดยละเอียด ด้วยกล้องถ่ายภาพวีดิทัศน์ จากนั้นทำการบันทึกภาพลงม้วนเทปแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Peak Motus ที่แสดงภาพต่อเนื่องได้ 50 ภาพต่อวินาที และสามารถวิเคราะห์คำนวณแรงในสภาวะพลวัต (dynamics) ซึ่งจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกับสภาพการทำงานจริงมากกว่าการคำนวณในสภาวะสถิต (static) เนื่องจากมีการพิจารณาถึงความเร็วและความเร่งเชิงมุมของการเคลื่อนไหว (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ฌ.) ในรูปที่ 4.5 และ รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างภาพการเคลื่อนย้ายวัสดุในงานผสม 1 และงานผสม 2 ของผู้ถูกทดสอบหมายเลข 3 ตามลำดับ

รูปที่ 4.4 ภาพแสดงการติดจุดเครื่องหมายเพื่อแสดงจุดข้อต่อต่างๆของร่างกาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 ภาพแสดงการเคลื่อนย้ายวัสดุในงานผสม 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.6 ภาพแสดงการเคลื่อนย้ายวัสดุในงานผสม 2

เนื่องจากจะสังเกตเห็นว่าน้ำหนัก MAW ที่ผู้ถูกทดสอบเลือกในงานผลักและงานดึงตามแนวทางจิตฟิสิกส์นั้นมีค่าสูงกว่าลักษณะงานอื่นๆ มาก ซึ่งการที่จะใช้น้ำหนัก MAW ของงานผลักและงานดึงเป็นเกณฑ์ขีดจำกัดที่ยอมรับได้ในงานผสมทั้งสองงานในงานวิจัยนี้จึงไม่เหมาะสม ดังนั้นในการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์จึงไม่พิจารณางานผลักและงานดึง และเนื่องจากการเคลื่อนย้ายวัสดุในงานผสมทั้งสองงานนั้นประกอบด้วยกิจกรรมย่อยหลายกิจกรรม ซึ่งทำให้มีความยุ่งยากและใช้เวลาในการวิเคราะห์มากดังนั้นจึงได้แยกพิจารณาเป็นกิจกรรมย่อย ได้แก่ การยกขึ้น, การเดินถือ และการยกลง แล้วจึงพิจารณากิจกรรมย่อยที่ให้ค่าโมเมนต์และแรงกดอัดสูงสุดเป็นค่าวิกฤติของการเคลื่อนย้ายวัสดุในงานผสมนั้นๆ

ตารางที่ 4.9 ค่าโมเมนต์ และแรงกดอัดสูงสุด ของการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้ำหนัก MAW ที่ลักษณะภาระงานต่างๆ

ชนิดกล่อง	ลักษณะงาน	โมเมนต์สูงสุด (นิวตัน-เมตร)		แรงกดอัดสูงสุด (นิวตัน)	
		เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	เฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
มีมือจับ	COM 1	239.80	30.70	4760.12	623.50
	COM 2	125.18	20.79	3144.83	401.97
	LIFT F-K	252.51	42.36	5048.79	785.39
	LIFT K-S	122.99	24.80	3129.15	493.48
	LOWER K-F	279.58	36.96	5494.28	687.57
	LOWER S-K	137.31	28.16	3421.87	579.87
	CARRY	63.13	18.18	1891.65	433.94
ไม่มีมือจับ	COM 1	226.88	29.15	4390.32	577.78
	COM 2	136.34	28.75	3399.38	684.40
	LIFT F-K	259.47	39.91	4931.66	724.33
	LIFT K-S	119.89	19.04	3160.76	650.20
	LOWER K-F	241.80	53.50	4628.23	963.26
	LOWER S-K	241.80	53.50	3513.42	467.44
	CARRY	80.10	14.35	2296.41	379.01

ข้อมูลผลการทดลองตามแนวทางชีวกลศาสตร์แสดงค่าโมเมนต์และแรงกดอัดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นบริเวณกระดูกสันหลังส่วนล่างอันเนื่องมาจากการเคลื่อนย้ายวัสดุในลักษณะภาระงาน

ต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 4.9 (รายละเอียดผลการทดลองของผู้ถูกทดสอบแต่ละคนแสดงไว้ในภาคผนวก ง.2) ผลของโมเมนต์และแรงกดอัดที่แสดงนั้นเป็นค่าวิกฤติสูงสุดที่เกิดขึ้นตลอดช่วงของการเคลื่อนย้ายวัสดุ โดยตัวอย่างกราฟของโมเมนต์และแรงกดอัดที่เกิดขึ้นตลอดช่วงการเคลื่อนย้ายวัสดุในแต่ละลักษณะภาระงานของผู้ถูกทดสอบคนที่ 2 แสดงไว้ในภาคผนวก ค. ซึ่งจะเห็นว่าค่าโมเมนต์และแรงกดอัดที่เกิดขึ้นมีลักษณะแนวโน้มเดียวกัน เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ($R^2 = 0.973$)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อค่าโมเมนต์และแรงกดอัดที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนย้ายวัสดุที่น้ำหนัก MAW พบว่าปัจจัยลักษณะงานเท่านั้นที่มีผลต่อค่าโมเมนต์และแรงกดอัดที่เกิดขึ้นกับหลัง ($p < 0.05$) ในขณะที่ปัจจัยชนิดกล่องและปัจจัยร่วมของลักษณะงานกับชนิดของกล่องไม่มีผลต่อค่าโมเมนต์และแรงกดอัด (รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ค.) และเพื่อพิจารณาว่าโมเมนต์และแรงกดอัดที่เกิดขึ้นนั้นเกินขีดจำกัดความปลอดภัยหรือไม่ ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการเปรียบเทียบโมเมนต์ และแรงกดอัดที่เกิดขึ้นกับเกณฑ์มาตรฐานที่นักวิจัยคนอื่นๆได้กำหนดไว้ โดยนักวิจัยหลายคนได้กำหนดค่า Compressive Strength (CS) ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่กระดูกสันหลังจะทนได้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้สมการประมาณค่า CS ของนักวิจัยบางคนมาคำนวณค่า CS ของกระดูกสันหลังส่วนล่างบริเวณ L5/S1 และคำนวณขีดจำกัดความปลอดภัย ซึ่ง Eie (1966) เสนอไว้ว่าโดยเฉลี่ยควรเป็นร้อยละ 60 ของค่า CS ที่คำนวณได้ ซึ่งผลการคำนวณค่า CS เฉลี่ยของผู้ถูกทดสอบทุกคนแสดงไว้ในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ค่า Compressive Strength และค่าขีดจำกัดความปลอดภัยเฉลี่ยของผู้ถูกทดลอบทุกคนที่คำนวณจากสมการที่นักวิจัยคนอื่นๆได้กำหนดขึ้น

นักวิจัย	CS (นิวตัน)	ขีดจำกัดความปลอดภัย ร้อยละ 60 ของค่า CS
Adams & Hutton (1982)	6158.81	3695.29
Hansson *et al.* (1987)	5998.94	3599.36
Brinkmann et al. (1988)	7082.30	4249.38
Jager & Luttmann (1992)	5522.95	3313.77

ในงานวิจัยนี้ จึงกำหนดให้ขีดจำกัดความปลอดภัยที่ได้จากสมการประมาณค่า CS ที่เสนอโดย Jager & Luttmann (1992) เป็นเกณฑ์ความปลอดภัยเนื่องจากเป็นค่าที่มีความปลอดภัยมากที่สุด เนื่องจากให้ค่าแรงกดอัดสูงสุดที่จะเกิดกับหลังได้ต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าแรงกดอัดสูงสุดที่เกิดขึ้นบริเวณกระดูกสันหลังส่วนล่างอันเนื่องจากการเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยน้ำหนัก MAW ที่ผู้ถูกทดสอบเลือกในแต่ละลักษณะงานพบว่า ในงานผสม 1, งานยกขึ้นจากพื้นถึงระดับข้อนิ้วมือ, งานยกลงจากระดับข้อนิ้วมือถึงพื้นนั้น ทำให้เกิดค่าแรงกดอัดที่สูงกว่าเกณฑ์ความปลอดภัยที่ยอมรับได้ค่อนข้างสูง ในขณะที่งานเดินถือ, งานยกขึ้นจากระดับข้อนิ้วมือถึงระดับไหล่ และงานผสม 2 ในกรณีเคลื่อนย้ายกล่องที่มีมือจับนั้นให้ค่าแรงกดอัดที่อยู่ในเกณฑ์ความปลอดภัยที่ยอมรับได้ ส่วนงานยกลงจากระดับไหล่ถึงระดับข้อนิ้วมือและงานผสม 2 แบบไม่มีมือจับนั้นให้ค่าแรงกดอัดที่สูงกว่าเกณฑ์เล็กน้อย จะเห็นว่าน้ำหนัก MAW ที่ผู้ถูกทดสอบเลือกในการเคลื่อนย้ายวัสดุนั้นมีทั้งอยู่ในเกณฑ์ความปลอดภัยที่ยอมรับได้และสูงกว่าเกณฑ์ความปลอดภัยที่ยอมรับได้ ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าเนื่องจากการทดลองตามแนวทางจิตฟิสิกส์นั้นจะให้ผู้ถูกทดสอบเลือกน้ำหนักสูงสุดที่เคลื่อนย้ายวัสดุได้ ไม่หนักเกินไป และไม่รู้สึกเหนื่อย ทำให้ผู้ถูกทดสอบพยายามที่จะยกน้ำหนักให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยไม่คำนึงถึงอันตรายที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายน้ำหนักที่มากเกินไป

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณากำลังสถิตของผู้ถูกทดสอบในงานวิจัยนี้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าผู้ถูกทดสอบมีค่าเฉลี่ยกำลังสถิตของหลัง,ไหล่ และส่วนต่างๆ ค่อนข้างสูงกว่าค่ากำลังสถิตเฉลี่ยของประชากรในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ กิตติ อินทรานนท์ และคณะ (2531) ศึกษาไว้ โดยเฉพาะกำลังสถิตของหลังนั้นสูงกว่าช่วงเปอร์เซ็นไตล์ที่ 95 ดังนั้นการเลือกเกณฑ์ความปลอดภัยที่ยอมรับได้ของ Jager & Luttmann อาจจะต่ำเกินไปสำหรับประชากรกลุ่มนี้ เพราะเกณฑ์ความปลอดภัยที่เลือกนี้ให้ค่า CS ต่ำที่สุดในกลุ่มนักวิจัยทั้งหมดที่เสนอเกณฑ์ไว้ และค่าความปลอดภัยที่ใช้เป็นร้อยละ 60 ของค่า CS นั้นเป็นค่าโดยเฉลี่ยที่นิยมใช้กัน ในขณะที่จากการศึกษาของ Eie (1966) ซึ่งเป็นคนเสนอให้ใช้เกณฑ์ความปลอดภัยที่ร้อยละ 60 ยังพบว่า ค่าภาระงานสูงสุดที่กระทำต่อกระดูกสันหลังในระดับที่สามารถยอมรับได้ (MAL) นั้น จะอยู่ในช่วง 33 ถึงร้อยละ 93 ของค่า CS และในทำนองเดียวกัน Yogonandan *et al.* (1989) ได้ทำการศึกษาและสรุปว่าค่า MAL ของคนปกติมีค่าประมาณร้อยละ 83 ทั้งนี้ผลที่ได้อาจเกิดเนื่องจากในงานวิจัยนี้ใช้ผู้ถูกทดสอบเป็นประชากรกลุ่มเล็กๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น จึงควรต้องมีการขยายขอบเขตการศึกษาให้คลอบคลุมจำนวนประชากรมากขึ้นกว่านี้ในอนาคต

อภิปรายผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อดูผลของปัจจัยลักษณะงานและชนิดของกล่องที่มีต่อการเลือกน้ำหนัก MAW ตามแนวทางจิตฟิสิกส์พบว่า ทั้งปัจจัยลักษณะงาน ชนิดของกล่อง และปัจจัยร่วมระหว่างลักษณะงานและชนิดของกล่อง ล้วนมีผลต่อน้ำหนัก MAW ที่ผู้ถูกทดลอบเลือก ($p < 0.05$) ในขณะที่เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยที่มีผลต่อค่าแรงกดอัดที่เกิดขึ้นกับกระดูกสันหลังส่วนล่างบริเวณ L5/S1 ตามแนวทางชีวกลศาสตร์นั้นพบว่าปัจจัยลักษณะงานเท่านั้นที่มีผลต่อค่าแรงกดอัดที่เกิดขึ้น

ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองตามแนวทางจิตฟิสิกส์นั้น ใช้ความรู้สึกของผู้ถูกทดลอบเป็นเกณฑ์ ดังนั้นความยากง่ายในการยกหรือเคลื่อนย้ายวัสดุจึงมีผลต่อน้ำหนัก MAW ที่แต่ละคนจะเลือก เช่น ในการยกของขึ้นจากพื้นถึงระดับข้อนิ้วมือ กรณีที่กล่องมีมือจับการยกจะสะดวกและง่ายโดยสามารถยกที่มือจับได้ ในขณะที่ถ้าต้องยกกล่องที่ไม่มีมือจับ ผู้ถูกทดลอบต้องยกด้านล่างของกล่องซึ่งทำได้ยากกว่าเนื่องจากกล่องวางติดพื้น ดังนั้นน้ำหนักที่ได้จากการยกจึงแตกต่างกัน และในงานลักษณะอื่นๆ ก็เช่นเดียวกัน ส่วนในแนวทางชีวกลศาสตร์นั้น ค่าแรงกดอัดที่เกิดขึ้นกับกระดูกสันหลังส่วนล่างจะประกอบด้วยแรงสองส่วน ส่วนแรกคือ แรงกิริยาจากน้ำหนักของร่างกาย น้ำหนักของสิ่งที่ยก ความเร่งขณะยก และส่วนที่สองคือ แรงดึงของกล้ามเนื้อหลัง Erector Spinae ในขณะทำงานเพื่อให้เกิดการสมดุลของโมเมนต์ ซึ่งผลจากการคำนวณพบว่าแรงกดอัดที่เกิดจากส่วนที่สองจะสูงกว่าส่วนแรก นั่นหมายความว่า หากน้ำหนักของที่ยกหรือเคลื่อนย้ายไม่แตกต่างกันมากนัก ค่าแรงกดอัดรวมที่เกิดขึ้นกับหลังก็จะไม่แตกต่างกันมากเช่นเดียวกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย