

## บทที่ 4

# ผลการศึกษาวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ ได้ดำเนินการเก็บข้อมูล คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำงานแบบกระสอบข้าวสารน้ำหนักต่างๆ ที่มีสองรูปแบบการทำงาน คือการทำงานอย่างต่อเนื่อง แบบกระสอบข้าวสารเดินไปเรื่อยๆ จนกว่าผู้ทดลองจะไม่ต้องการที่จะรับภาระงานนั้นอีกต่อไปแล้ว หรือเวลาการทำงานที่กำหนดไว้ เสร็จสิ้น ที่จะเรียกว่าการทำงานแบบต่อเนื่อง (continuous work, con) และการทำงานแบบเป็นรอบการทำงานกล่าวคือแบบ สลับกับเดินตัวเปล่า (intermittent work,int) ในเวลาที่กำหนดคือเวลา 20 นาที แล้วนำเอาคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อที่บันทึกจากกล้ามเนื้อ 4 ชุดคือ กล้ามเนื้อหลังทางด้านซ้าย (Left erector spinae , Ch 1 ,LE) กล้ามเนื้อหลังด้านขวา (Right Erector spinae, Ch 2 , RE) กล้ามเนื้อน่องทางด้านซ้าย (Left gastrocnemius, Ch 3, LG) และ กล้ามเนื้อน่องทางด้านขวา (Right gastrocnemius, Ch 4, RG) มาพิจารณาระดับการหดตัวของกล้ามเนื้อผ่าน AVERAGE EMG และ การทำ FAST FOURIER TRANSFORM (FFT) เพื่อพิจารณาค่าความถี่มัธยฐาน และอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่มัธยฐานและ อัตราการเปลี่ยนแปลงของ EA (Electrical activity) และนำมาวิเคราะห์ดังนี้

4.1 วิเคราะห์ระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อจากคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ ทั้ง 4 ช่องสัญญาณ โดยพิจารณาผลกระทบจากน้ำหนักของกระสอบข้าวสาร และวิธีการทำงานที่แตกต่างกันว่าจะให้ผลเช่นไรกับระดับการหดตัวเฉลี่ย โดยใช้สถิติ ANOVA

4.2 วิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะทางที่เดินได้ กับ ระดับน้ำหนักของกระสอบข้าวสาร และเวลาที่ทนได้เชิงจิตวิสัย (Subjective endurance time) กับระดับน้ำหนักของกระสอบข้าวสาร โดยการหาสมการถดถอย และใช้สถิติ ANOVA

4.3 วิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า amplitude (EA slope)ของ ค่า EMG โดยการหาสมการถดถอยเชิงเส้น จากกิจกรรมการทดลองว่ามีจำนวนเท่าใดที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงมากกว่า ศูนย์ และวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่มัธยฐาน (Median Frequency slope, MF slope) ว่ามีจำนวนเท่าใดที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าศูนย์ ในแต่ละกล้ามเนื้อ

4.4 วิเคราะห์ความล้าของกล้ามเนื้อ โดยใช้ JASA เพื่อพิจารณา กล้ามเนื้อที่มีจำนวนกิจกรรมที่เข้าสู่ความล้า มากที่สุดในการทำงาน นั้น เพื่อนำมาพิจารณา น้ำหนักที่เหมาะสมในการทำงาน แยกกระสอบข้าวสารจากกล้ามเนื้อที่ถือเป็น คอขวดในการทำงานนั้น

4.5 พิจารณาระดับการหดตัวเฉลี่ย ระดับการหดตัวสถิติ ระดับการหดตัวมัธยฐาน ระดับการหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อที่ถือเป็นคอขวดในการทำงาน

4.6 พิจารณา น้ำหนักที่เหมาะสมในการทำงานแยกกระสอบข้าวสาร จากการพิจารณา ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อนั้นกับน้ำหนักของกระสอบข้าวสาร โดยการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้น

4.7 พิจารณาระยะเวลาที่ทนได้เชิงวัตถุวิสัย (Objective time to fatigue) จากการพิจารณา อัตราการเพิ่มของ EA ( EA slope) ที่มีค่าสูงสุด ของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ชุด นำมาเข้าสมการของ Laurig จะได้ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ทนได้เชิงวัตถุวิสัยกับน้ำหนักของกระสอบข้าวสาร นอกจากจะพิจารณาตามแนวทางของ Laurig แล้ว ยังพิจารณาระยะเวลาที่ทนได้เชิงวัตถุวิสัยจากแนวทางของ Waly ประกอบด้วย

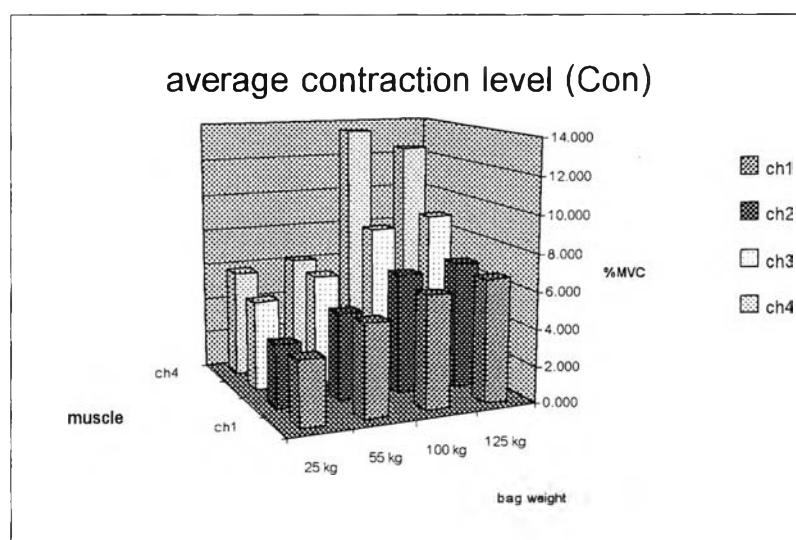
#### 4.1 วิเคราะห์ระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อ

##### การพิจารณาระดับการหดตัวของกล้ามเนื้อ

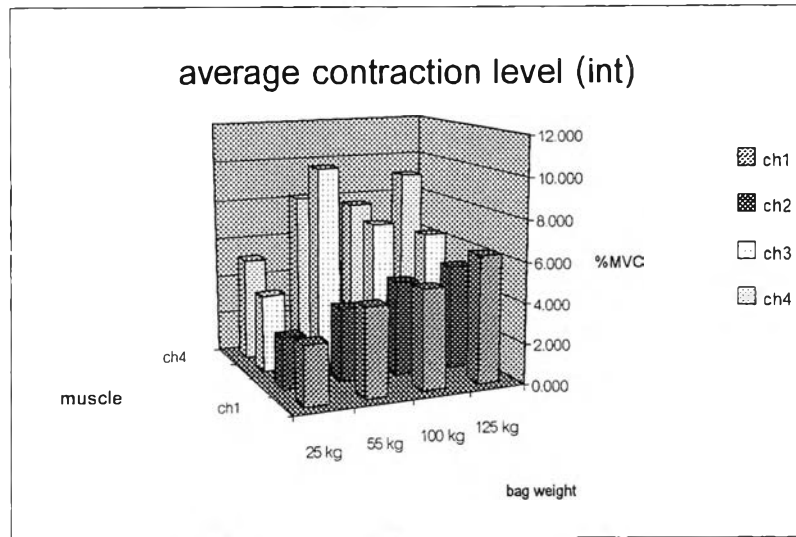
จะพิจารณา ผลตอบสนอง คือระดับการหดตัวเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดสอบ ที่จะเรียกว่า ระดับการหดตัวเฉลี่ย (average contraction level) ที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อทั้งสี่มัดที่ศึกษา คือ กล้ามเนื้อหลังด้านซ้าย (ch1,LE,Left Erector spinae) กล้ามเนื้อหลังด้านขวา (ch 2,RE,Right erectorspinae) กล้ามเนื้อน่องซ้าย (ch3,LG,Left Gastrocnemius) กล้ามเนื้อน่องขวา (ch 4,RG,Right Gastrocnemius)

##### ระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อขณะทำงาน

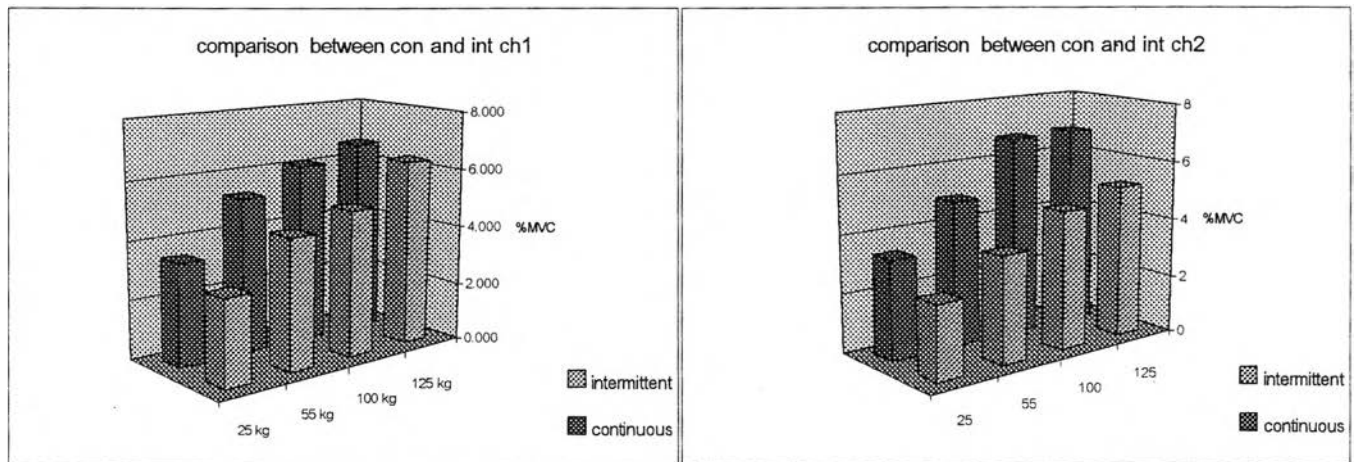
เมื่อพิจารณาระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อในการทำงานแบกหามกระสอบข้าวสารเมื่อทำงานที่ภาระงานต่างๆ (น้ำหนักกระสอบข้าวสารที่แบก) พบว่ามีความแตกต่างกันของการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ส่วนต่างๆของร่างกายอย่างมีนัยสำคัญ ( Ch 1,  $p < 0.0001$  , Ch 2 ,  $p < 0.0001$ , Ch 3,  $p < 0.0001$  , Ch 4,  $p < 0.0001$ )และพบว่ามีความแตกต่างเนื่องจากการทำงานในสองลักษณะกล่าวคือ ในลักษณะของการทำงานที่เป็นรอบระยะเวลาการทำงาน (intermittent work) และการทำงานโดยต่อเนื่อง (continuous work) (Ch1 , $p=0.08$  , Ch 2 , $p =0.89$ , Ch3 , $p=0.005$ ,Ch 4, $p=0.914$  )



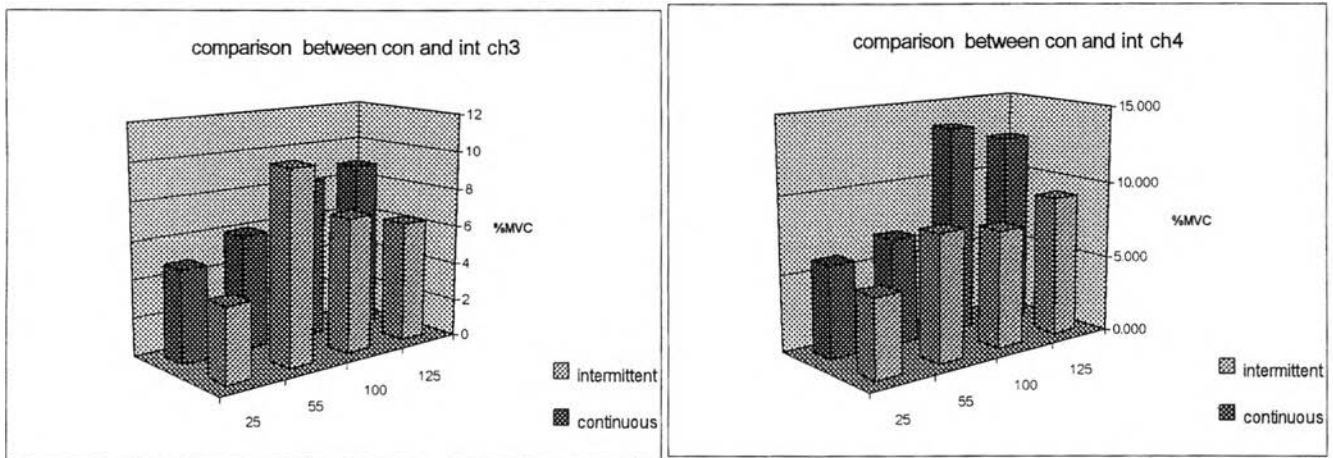
รูปที่ 13 แสดงระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อที่น้ำหนักต่างๆ ในการทำงานต่อเนื่อง



รูปที่ 14 แสดงระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อในการทำงานที่เป็นงานรอบการทำงาน



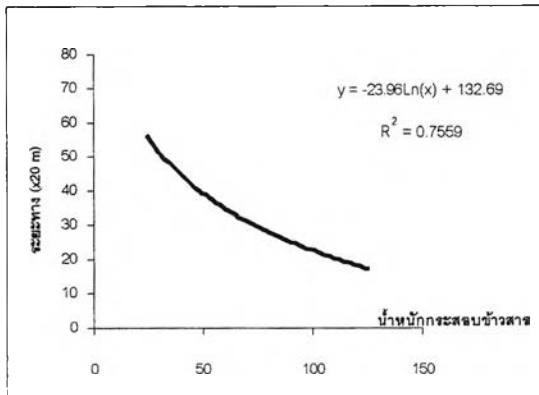
รูปที่ 15 แสดงระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อหลังด้านซ้าย (Ch1, Left Erectorspinae) และของกล้ามเนื้อหลังด้านขวา (Ch2, Right Erectorspinae) เปรียบเทียบระหว่างการทำงานแบบต่อเนื่องและงานเป็นรอบการทำงาน



รูปที่ 16 แสดงระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อช่องด้านซ้าย (Ch3, Left Gastrocnemius) และของกล้ามเนื้อช่องด้านขวา (Ch4, Right Gastrocnemius) เปรียบเทียบระหว่างการทำงานแบบต่อเนื่องและงานเป็นรอบการทำงาน

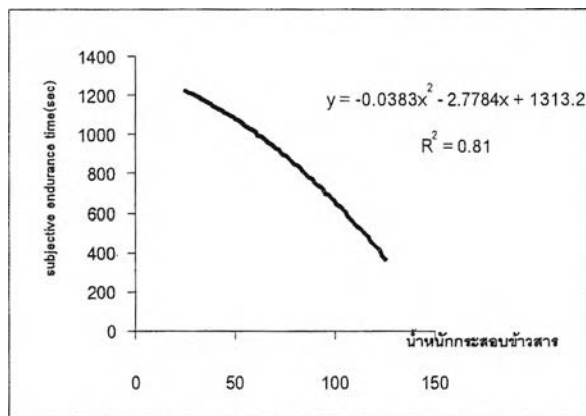
จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อพบว่า น้ำหนักกระสอบข้าวสารมีผลต่อผลตอบสนองนี้ และนอกจากนั้นยังได้รับผลจากวิธีการทำงานที่แตกต่างกันสองวิธีคือทำต่อเนื่องและทำแบบเป็นรอบระยะเวลาการทำงานดังนั้นในการพิจารณาน้ำหนักที่เหมาะสมในการทำงานโดยพิจารณาผ่านเกณฑ์ระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อจะพิจารณาจากกล้ามเนื้อที่มีความล้าเกิดขึ้นมากที่สุด หรือ ที่ถือว่า เป็นคอขวดในการทำงานนี้

### 4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่เดินได้และเวลาที่ทนได้เชิงจิตวิสัยกับน้ำหนักของกระสอบข้าวสาร



รูปที่ 17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกระสอบข้าวสารกับระยะทาง

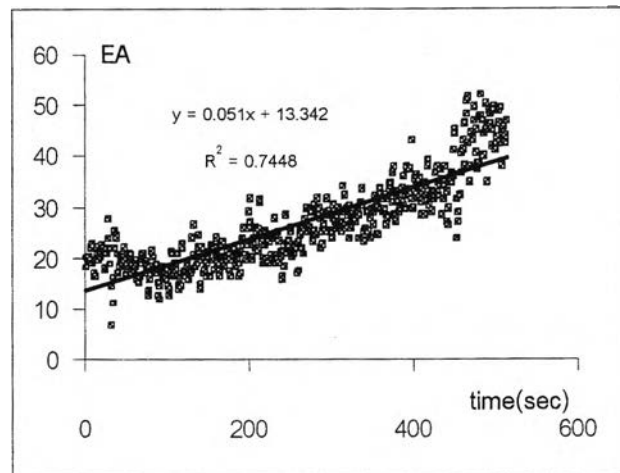
พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำหนักและจำนวนรอบในการทดลองแบบต่อเนื่องดังกล่าวในรูปแบบจะพบว่าจำนวนรอบในการเดิน (แกนตั้ง) มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของกระสอบหากน้ำหนักกระสอบมีค่ามากจะเดินได้ระยะทางน้อยลง ( $F=99.25, p<0.005$ ) โดยที่ในการทดลองนั้น 1 รอบคือระยะทางประมาณ 20 เมตร นอกจากนั้นยังพบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง (subjective endurance time) กับน้ำหนักกระสอบข้าวสารในทิศทางเดียวกัน ( $F=115.82, p<0.0005$ ) คือหากน้ำหนักมากขึ้นระยะเวลาที่ทนได้ จะมีค่าน้อยลงด้วยเช่นกัน



รูปที่ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ทนได้เชิงจิตวิสัยกับน้ำหนักกระสอบข้าวสาร

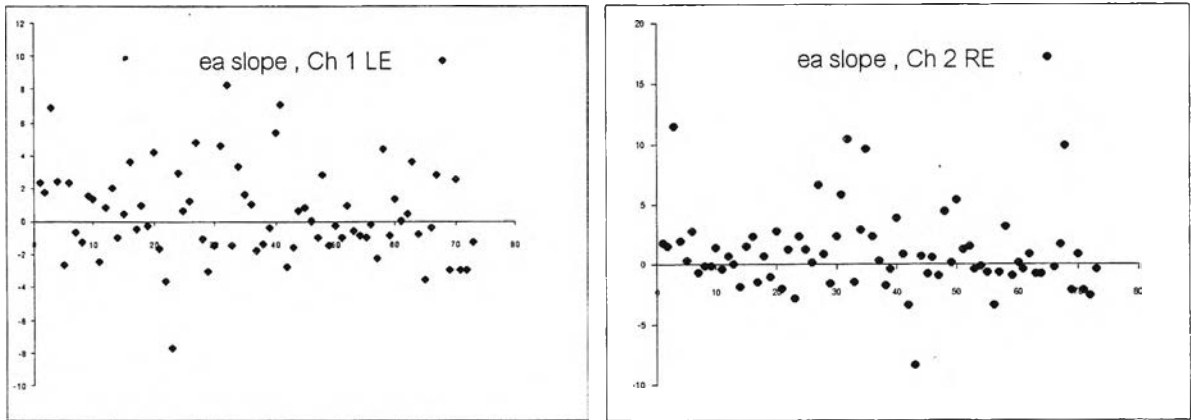
### 4.3 การวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงของ EA และ MF

การเปลี่ยนแปลงของ amplitude ตามเวลา

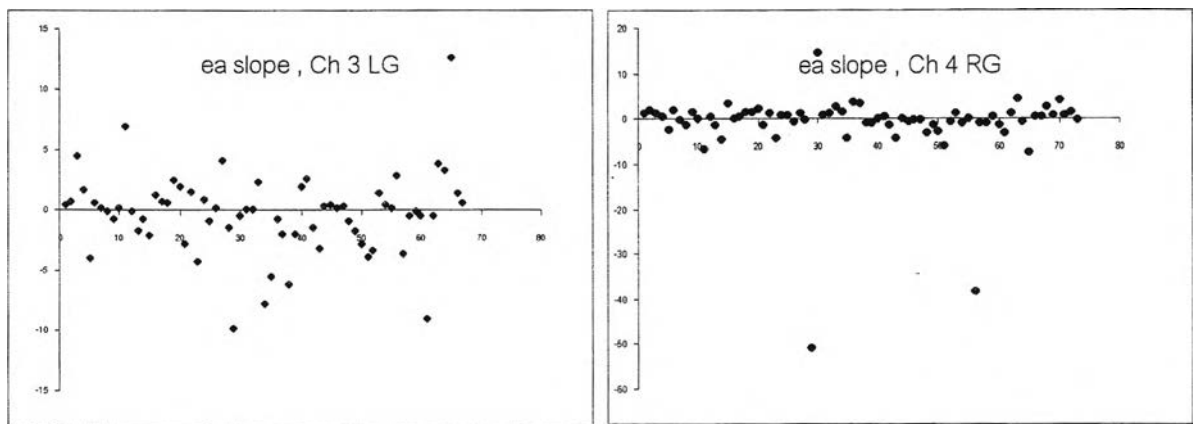


รูปที่ 19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง EA กับเวลา แสดงแนวโน้มการมีค่ามากขึ้น

การทำงานแบบทดสอบชั่วคราวแบบต่อเนื่องจะพบว่า ระหว่างที่มีการแบกกระสอบชั่วคราว ค่า amplitude มีแนวโน้มที่จะมีค่ามากขึ้นเนื่องจากมีความล้าเกิดขึ้นในกล้ามเนื้อและในการทำงานแบบทดสอบชั่วคราวแบบต่อเนื่องในการวิเคราะห์จะกระทำโดยพิจารณากล้ามเนื้อที่มีความถี่ของการเพิ่มขึ้นของค่า amplitude ที่จะแสดงถึงการลดลงของความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อจากการพิจารณา ความชันของค่า EMG เมื่อเทียบกับเวลา (linear regression slope) ที่มีค่ามากกว่าศูนย์ แล้วมาพิจารณาจำนวนครั้งที่พบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า amplitude emg ในแต่ละกล้ามเนื้อที่สนใจศึกษา คือ กล้ามเนื้อหลังด้านซ้าย (Left Erector spinae, LE) กล้ามเนื้อหลังด้านขวา (Right Erector spinae, RE) กล้ามเนื้อน่องด้านซ้าย (Left Gastrocnemius, LG) กล้ามเนื้อน่องด้านขวา (Right Gastrocnemius, RG)



รูปที่ 20 แสดงจำนวนกิจกรรมที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของ EA มากกว่าศูนย์และน้อยกว่าศูนย์ ของกล้ามเนื้อหลังด้านซ้ายและด้านขวา



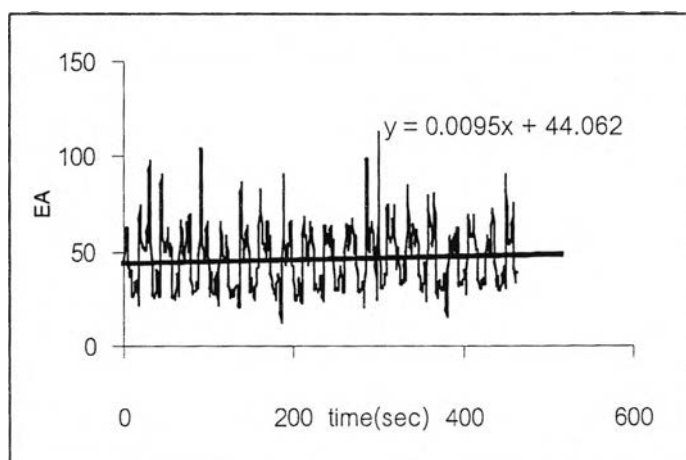
รูปที่ 21 แสดงจำนวนกิจกรรมที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของ EA มากกว่าศูนย์และน้อยกว่าศูนย์ ของกล้ามเนื้อท้องด้านซ้ายและด้านขวา

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนกิจกรรมที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของ EA ของกล้ามเนื้อต่างๆ

EA SLOPE	LE	RE	LG	RG
<0	36	31	34	33
0	2	0	2	4
>0	35	42	37	36
	73	73	73	73
Prob	0.479	0.575	0.507	0.493

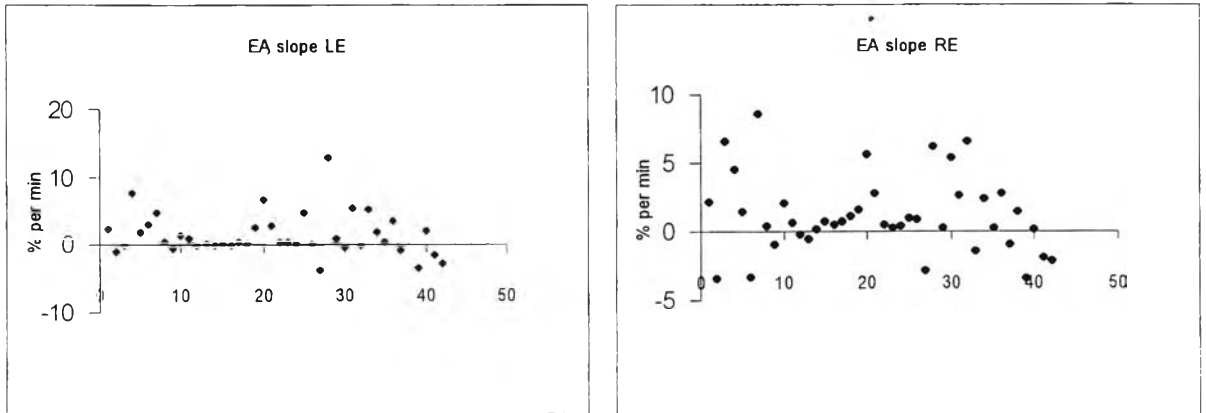


### การทำงานแบบรอบเวลาทำงาน

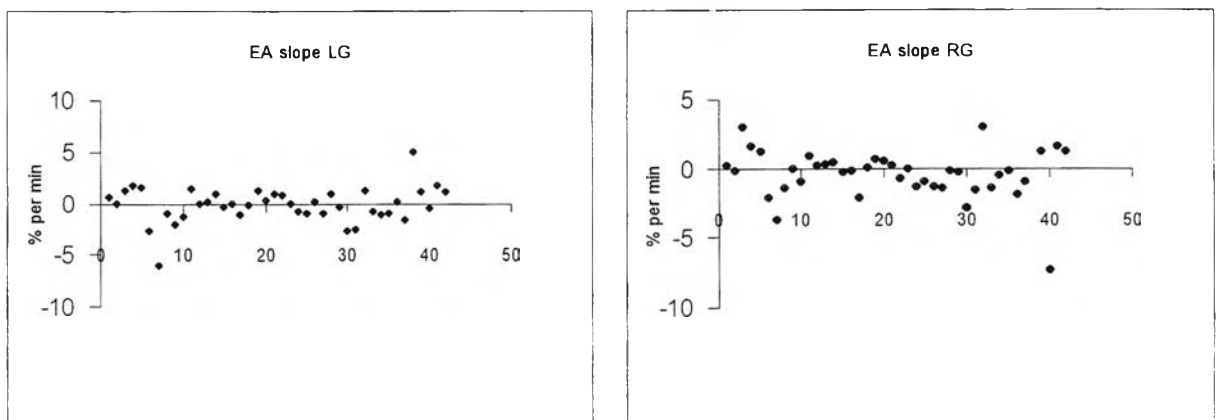


รูปที่ 22 แสดงค่า amplitude กับเวลาของการทำงานแบบเป็นรอบการทำงาน

การเปลี่ยนแปลงของค่า amplitude ของค่า EMG ในการทำงานแบบรอบระยะเวลา พบว่า ในขณะที่ทำงานจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นขั้นบันได สลับขึ้นลงของค่า amplitude กล่าวคือในขณะที่ทำงาน กล้ามเนื้อจะหดตัวเพื่อ รับน้ำหนักนั้น ค่า amplitude ก็จะขยับขึ้นมาอยู่ในค่าสูง และหาก น้ำหนักลดลงจากหลังค่า amplitude จะมีค่าลดลงมาอยู่ในระดับที่มีการหดตัวน้อย และหากทำงานใน ระยะเวลาานานจะพบว่า ค่า amplitude เฉลี่ยของการทำงานมีแนวโน้มที่จะมีค่ามากขึ้นด้วย และใน การพิจารณาความล้าก็พิจารณาจากจำนวนกิจกรรมที่พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของ ค่า amplitude เช่นกัน



รูปที่ 23 แสดงจำนวนกิจกรรมที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของ EA มากกว่าศูนย์และน้อยกว่าศูนย์ ของกล้ามเนื้อหลังด้านซ้ายและด้านขวา

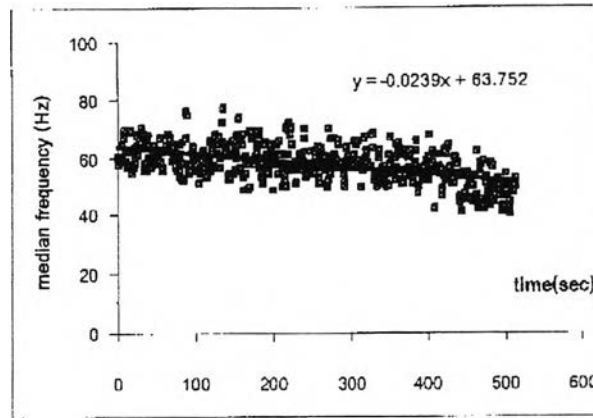


รูปที่ 24 แสดงจำนวนกิจกรรมที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของ EA มากกว่าศูนย์และน้อยกว่าศูนย์ ของกล้ามเนื้อท้องด้านซ้ายและด้านขวา

ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนกิจกรรมที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของ EA ของกล้ามเนื้อต่าง ๆ

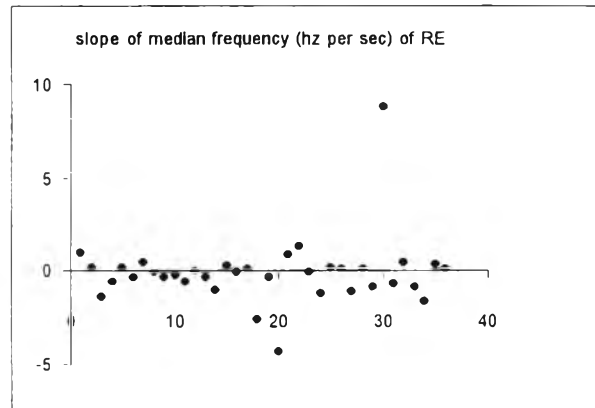
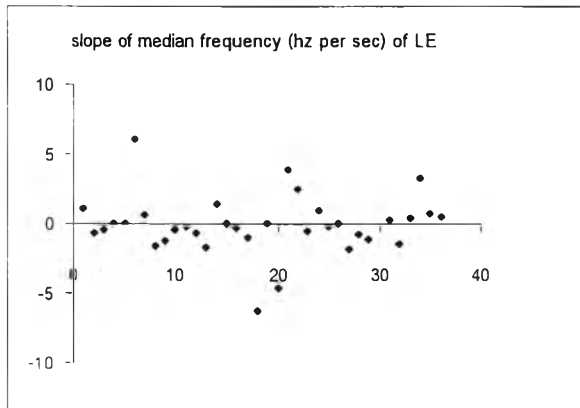
Ea slope	LE	RE	LG	RG
<0	13	11	21	24
0	3	0	2	2
>0	25	31	19	16
total	41	42	42	42
probability	0.616	0.738	0.452	0.381

### การเปลี่ยนแปลงของความถี่มัธยฐานตามเวลา

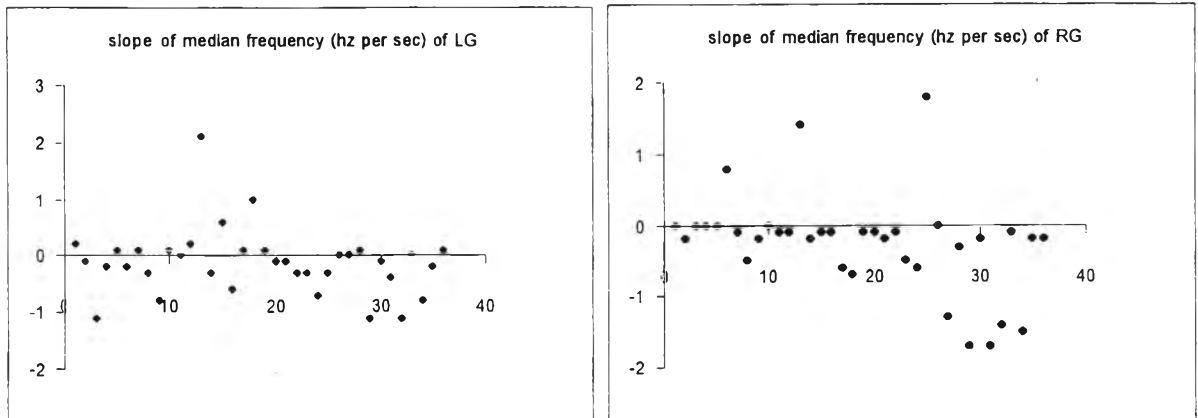


รูปที่ 25 แสดงการเปลี่ยนแปลงระหว่างความถี่มัธยฐานกับเวลาในการทำงานแบบต่อเนื่อง

ในการทำงานแบบต่อเนื่อง ความถี่มัธยฐาน (median frequency) จะมีค่าลดลง หาก กล้ามเนื้อนั้น มีความล้า เกิดขึ้นและสามารถพิจารณา ความล้าของกล้ามเนื้อจาก การที่กิจกรรมนั้น มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า ความถี่มัธยฐานในทิศทางที่มีค่าลดลง



รูปที่ 26 แสดงจำนวนกิจกรรมที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของความถี่มัธยฐานมากกว่าศูนย์ และน้อยกว่าศูนย์ของกล้ามเนื้อหลังด้านซ้ายและด้านขวา

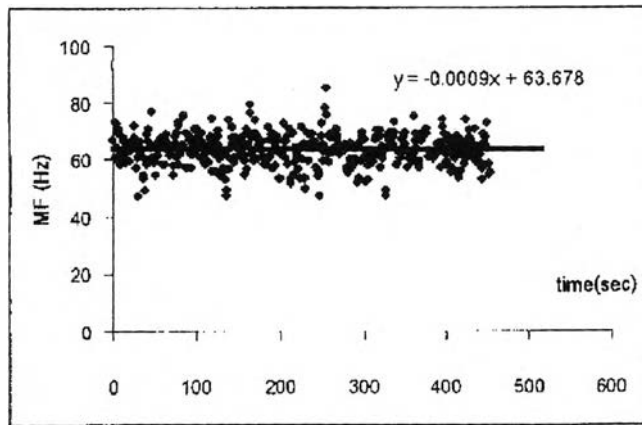


รูปที่ 27 แสดงจำนวนกิจกรรมที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของความถี่มีพื้นฐานมากกว่าศูนย์ และน้อยกว่าศูนย์ของกล้ามเนื้อช่องด้านซ้ายและด้านขวา

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนกิจกรรมที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของความถี่มีพื้นฐานค่าต่างๆ ของกล้ามเนื้อต่างๆ

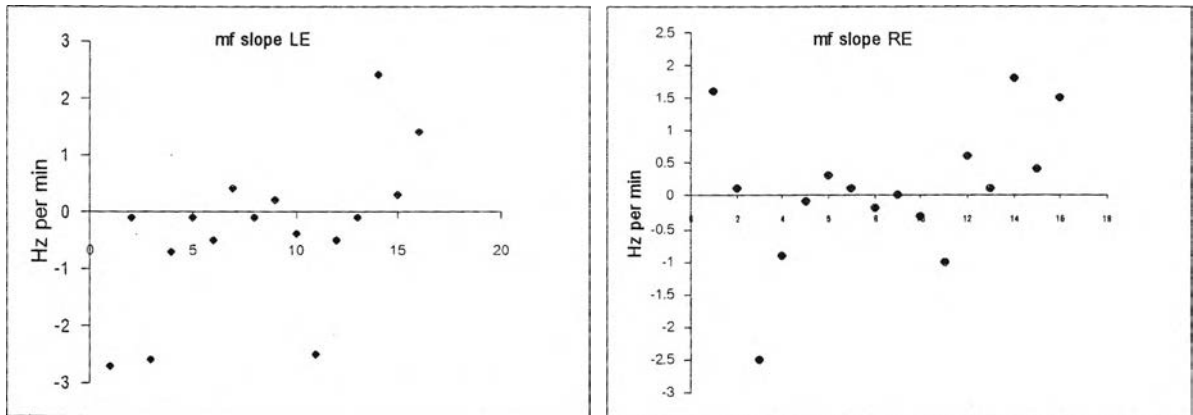
	LE	RE	LG	RG
<0	18	20	20	27
0	5	1	4	6
>0	13	15	12	3
total	36	36	36	36
Prob	0.5	0.555556	0.555556	0.75

การเปลี่ยนแปลงของความถี่มัธยฐานในการทำงานแบบเป็นรอบ

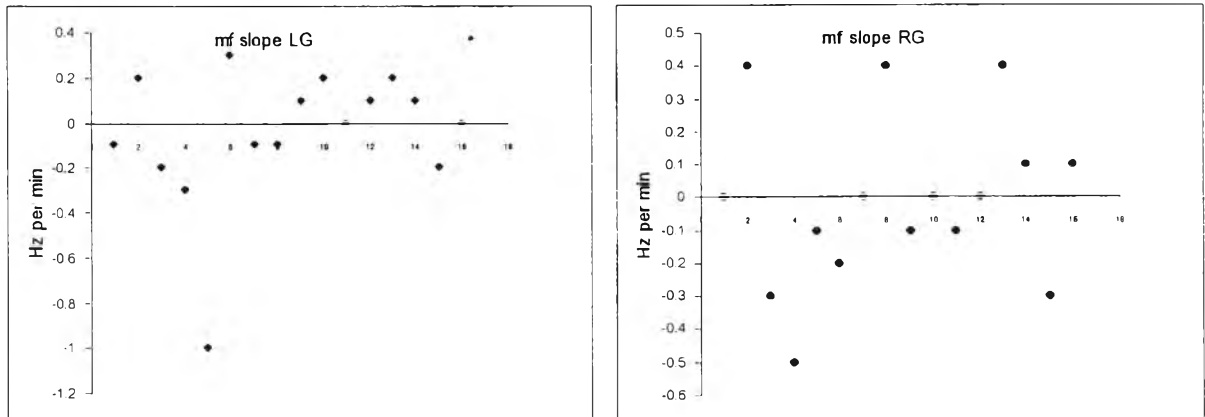


รูปที่ 28 แสดงการเปลี่ยนแปลงของความถี่มัธยฐานเมื่อเทียบกับเวลาในการทำงานแบบรอบ

การเปลี่ยนแปลงของค่ามัธยฐานของการทำงานแบบเป็นรอบการทำงานนั้นค่าความถี่มัธยฐานไม่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงระดับของค่า amplitude ที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับการหดตัวของกล้ามเนื้อในขณะที่มีน้ำหนักและไม่มีน้ำหนักกล่าวคือไม่มีการสวิงของค่าความถี่มัธยฐานอย่างในกรณีของค่า amplitude ของค่า EMG



รูปที่ 29 แสดงจำนวนกิจกรรมที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของความถี่มัธยฐานมากกว่าศูนย์และน้อยกว่าศูนย์ของกล้ามเนื้อหลังด้านซ้ายและด้านขวา



รูปที่ 30 แสดงจำนวนกิจกรรมที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของความถี่มีพื้นฐานมากกว่าศูนย์ และน้อยกว่าศูนย์ของกล้ามเนื้อง่ามด้านซ้ายและด้านขวา

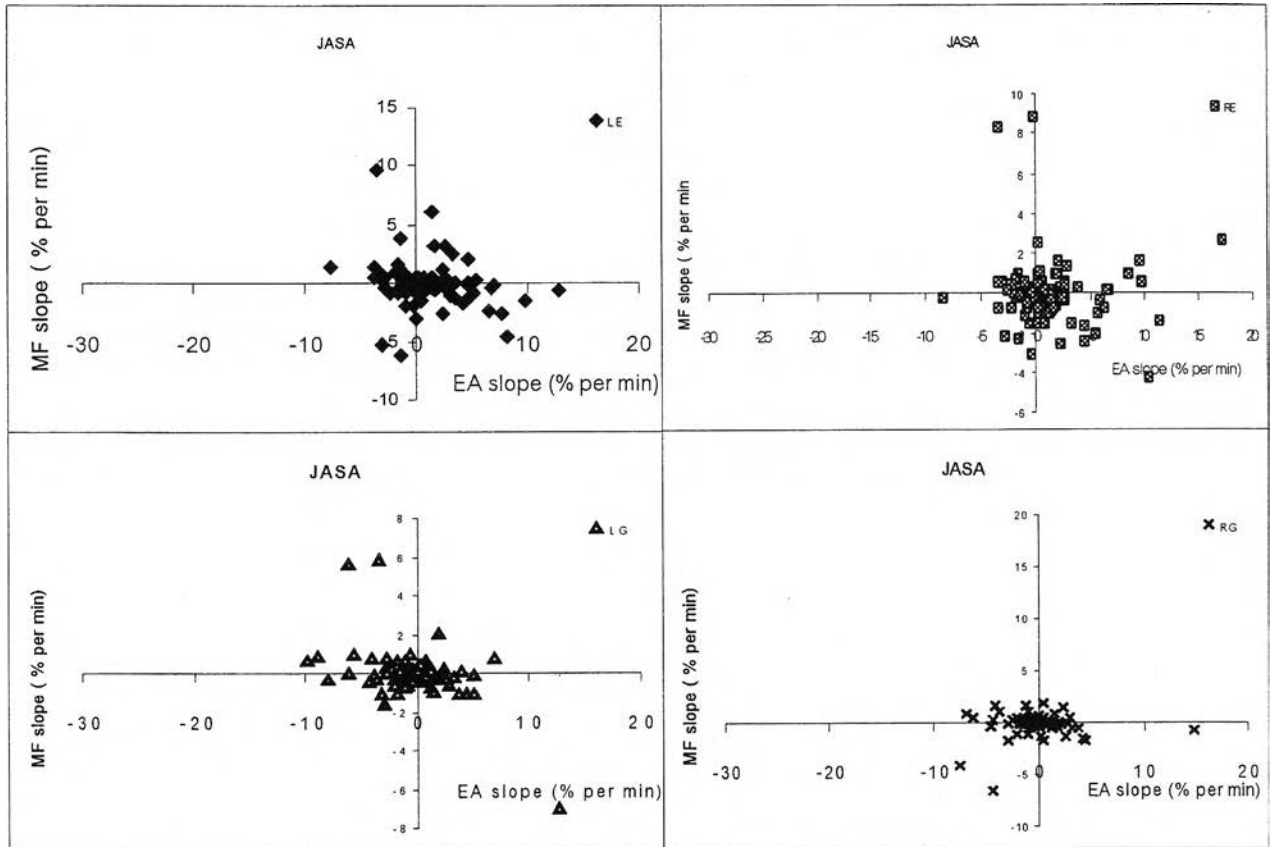
ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนกิจกรรมที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของความถี่มีพื้นฐานค่าต่างๆ ของกล้ามเนื้อต่างๆ

MF slope	LE	RE	LG	RG
<0	22	17	14	19
0	3	4	10	7
>0	17	21	18	16
total	42	42	42	42
probability	0.52381	0.404762	0.333333	0.465116

## การวิเคราะห์ความล้าของกล้ามเนื้อโดยใช้ JASA

การพิจารณาการทำงานของกล้ามเนื้อโดยใช้หลักการ JASA (JOINT ANALYSIS OF SPECTRA AND AMPLITUDE)

การทำงานแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 31 แสดงแกน JASA ของการทำงานแบกกระสอบข้าวสารแบบต่อเนื่อง

ในการพิจารณาค่าที่ได้จากการบันทึกค่า EMG แล้วมาพิจารณา อัตราการเปลี่ยนแปลงของของ amplitude (EA slope) และอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่มัธยฐาน (MF slope) จะสามารถแปลสภาวะของการทำงานของกล้ามเนื้อนั้นๆ ได้จาก เครื่องหมายของ EA slope และ MF slope คือ มีค่าเพิ่มขึ้น และลดลง หากพิจารณาจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของ amplitude (EA slope) หากค่านี้มีค่าเป็นบวก กล่าวคือค่า amplitude EMG มีแนวโน้มมากขึ้นตามเวลา นั้นหมายความว่า ระดับการหดตัวมีค่ามากขึ้นและแรงหดตัวมากขึ้น หรือ มีความล้าเกิดขึ้น ในทางกลับกันหากค่า EA slope มีค่า

เป็นลบ ก็หมายความว่า แรงหดตัว (contraction force) มีค่าลดลง หรือ อีกกรณีคือ กล้ามเนื้อเกิดสภาวะฟื้นคืนตัว (recovery)

พิจารณาจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า ความถี่มัธยฐาน (MF slope) ในกรณีที่มีค่าลดลง จะหมายถึง การที่กล้ามเนื้อมีความล้าเกิดขึ้น หรือแรงหดตัวของกล้ามเนื้อมีค่า ลดลง และหากที่มีค่าเพิ่มขึ้น สภาวะของกล้ามเนื้อนั้นจะเกิดการฟื้นคืนตัว (recovery) หรือ แรงหดตัวมากขึ้น

ดังนั้นในการพิจารณา การทำงานของกล้ามเนื้อหากพบว่ากล้ามเนื้อใดมีค่า EA slope ในกิจกรรมนั้นมีค่า เป็นบวก และ MF slope มีค่าเป็นลบ จะแสดงถึงการที่กล้ามเนื้อนั้นมีความล้าเกิดขึ้น

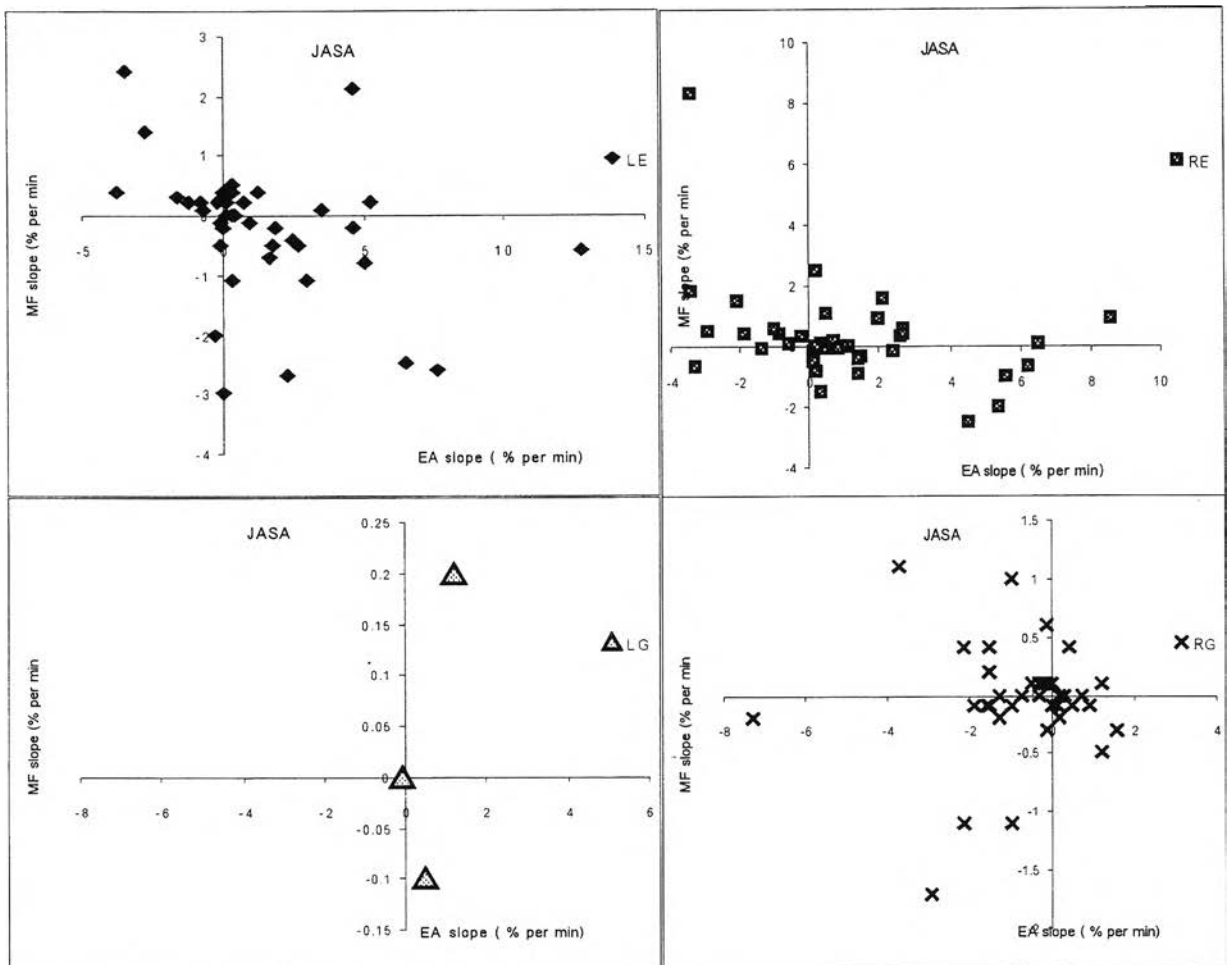
และหากพิจารณาการทำงาน ในสภาวะการทำงานแบกกระสอบข้าวสารอย่างต่อเนื่องดังในกราฟ จะพบว่า กล้ามเนื้อที่มีความถี่ของการเกิดความล้ามากที่สุดคือ กล้ามเนื้อน่องด้านขวา (Right gastrocnemius)

ตารางที่ 4.5 แสดงกิจกรรมที่เข้าสู่ความล้าของกล้ามเนื้อต่างๆ ในการทำงานแบกกระสอบข้าวสารอย่างต่อเนื่อง

	FATIGUE	RECOVERY	FORCE INCREASE	FORCE DECREASE
LE	19	18	11	18
RE	22	10	20	18
LG	18	11	14	12
RG	27	13	3	13
MF slope	<0	>0	>0	<0
EA slope	>0	<0	>0	<0



การทำงานแบบเป็นรอบ



รูปที่ 32 แสดงแกน JASA ของการทำงานแบกระสอบข้าวสารแบบรอบการทำงาน

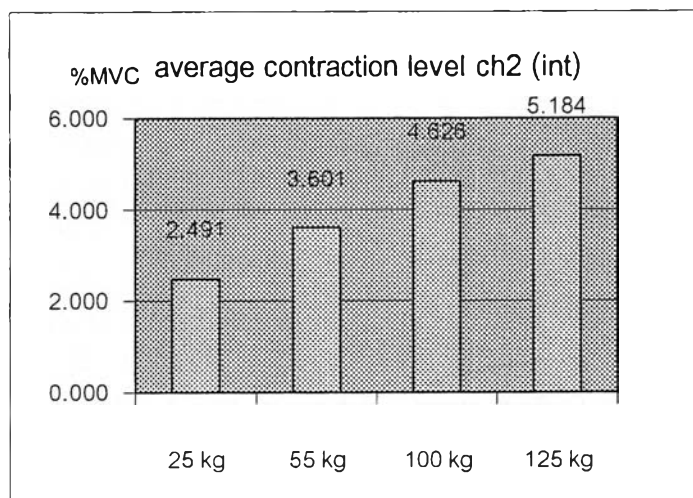
สำหรับการทำงานแบบเป็นรอบระยะเวลาการทำงาน พบว่ากลไกการทำงานแตกต่างออกไปจากการทำงานอย่างต่อเนื่องกล่าวคือ คอขวดในการทำงานกลับมาอยู่ที่กล้ามเนื้อหลังทางด้าน ขวา ( Right erector spinae,RE)

ตารางที่ 4.6 แสดงจำนวนกิจกรรมที่เข้าสู่ความล้าของกล้ามเนื้อต่างๆ ในการทำงานแบบทดสอบข่าวสารแบบรอบการทำงาน

	FATIGUE	RECOVERY	FORCE INCREASE	FORCE DECREASE
LE	14	8	8	5
RE	15	9	12	2
LG	9	10	7	4
RG	7	9	5	10
MF slope	<0	>0	>0	<0
EA slope	>0	<0	>0	<0

สาเหตุที่ กล้ามเนื้อที่รับภาระงานมากที่สุด มีความล้าเกิดขึ้นมากที่สุดในสภาวะการทำงานทั้งสองประเภทนั้นแตกต่างกันคือ ในการทำงานอย่างต่อเนื่อง กล้ามเนื้อที่รับน้ำหนักคือกล้ามเนื้อ่องทางด้านขวา คือรับน้ำหนักของกระสอบข่าวสารและรับน้ำหนักของร่างกายส่วนบนตลอดเวลาที่ทำงานและสำหรับในการทำงานแบบรอบการทำงานนั้น ภาระกลับตกอยู่ที่หลังทางด้านขวา เนื่องจากในการทำงานแบบรอบระยะเวลาการทำงาน กล้ามเนื้อหลังต้องทำหน้าที่นอกจากรับน้ำหนักของกระสอบข่าวสาร ยังต้อง ทำงานในการ up load และ down load กระสอบข่าวสารอีกด้วย

#### 4.5 การพิจารณาการหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีความล้าสูงสุดในการทำงาน

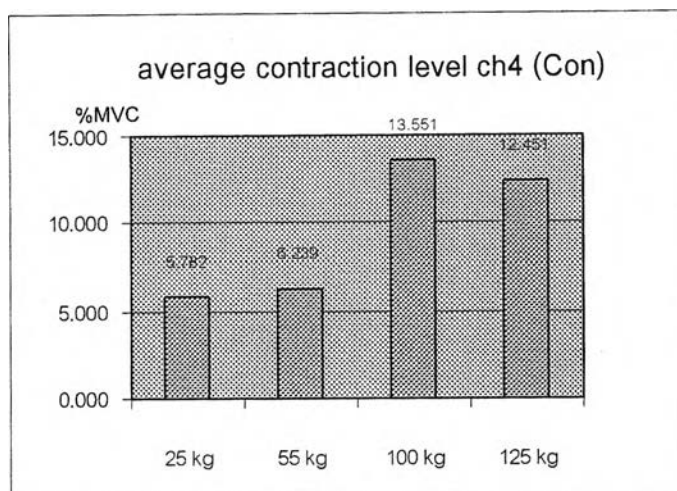


รูปที่ 33 แสดงระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อหลังด้านขวา (RE,Ch2) ที่น้ำหนักกระสอบข้าวสารต่าง ๆ

ตารางที่ 4.7 แสดงระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อหลังด้านขวา

Weight	25 kg	55 kg	100 kg	125 kg
%MVC	2.491	3.601	4.626	5.184

เมื่อพิจารณาระดับการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ใช้เป็นหลักในการทำงานแบกกระสอบข้าวสารแบบรอบการทำงาน (intermittent work) คือกล้ามเนื้อ หลังด้านขวา (Right Erectorspinae, RE, Ch 2) พบว่ามีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อ กระสอบข้าวสารมีน้ำหนักมากขึ้น แม้ว่าที่ 125 กิโลกรัมซึ่งเป็นทีระดับภาระงานสูงสุด ก็ยังมีค่าประมาณ 5.2% MVC

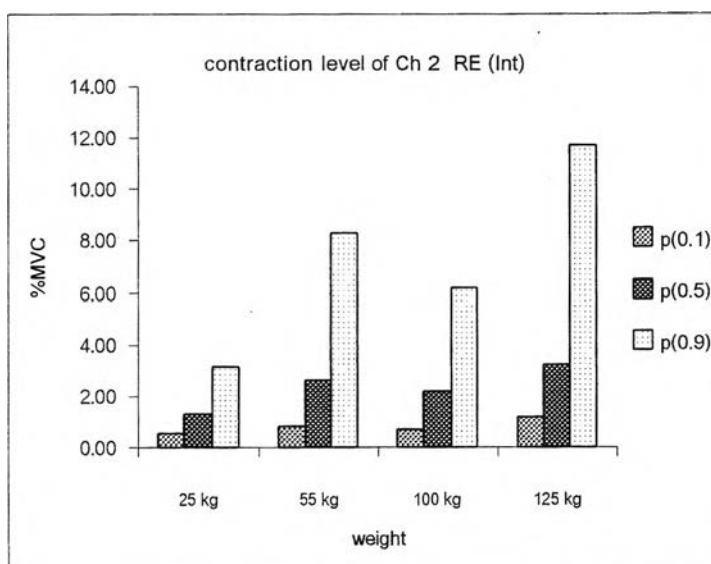


รูปที่ 34 แสดงระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อช่องด้านขวา (RG,Ch4) ที่น้ำหนักกระสอบข้าวสารต่างๆ

ตารางที่ 4.8 แสดงระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อช่องด้านขวา

Weight	25 kg	55 kg	100 kg	125 kg
%MVC	5.782	6.239	13.551	12.451

สำหรับงานแบกกระสอบข้าวสารอย่างต่อเนื่องพบว่า ระดับการหดตัวเฉลี่ยมีค่ามากขึ้นตามน้ำหนักกระสอบข้าวสารที่มากขึ้น เช่นกันแต่ พบว่าระดับการหดตัวเฉลี่ยมีค่าสูงกว่า แต่มีค่าไม่เกินขีดจำกัด 15 %MVC



รูปที่ 35 แสดงระดับการหดตัวสถิต (p(0.1)) ระดับการหดตัวมัธยฐาน (p(0.5)) และระดับการหดตัวสูงสุด (p(0.9)) ของการทำงานแบบรอบของกล้ามเนื้อหลังด้านขวา (RE)

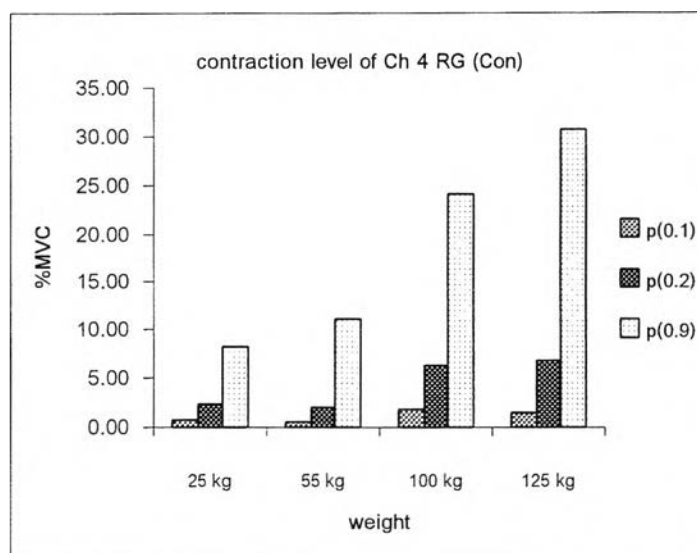
ตารางที่ 4.9 แสดงระดับการหดตัวสถิต (p(0.1)) ระดับการหดตัวมัธยฐาน (p(0.5)) และระดับการหดตัวสูงสุด (p(0.9)) ของการทำงานแบบรอบของกล้ามเนื้อหลังด้านขวา (RE )

%MVC	25 kg	55 kg	100 kg	125 kg
Static(p(0.1))	0.54	0.84	0.68	1.20
Median (p(0.5))	1.30	2.59	2.23	3.25
Peak (p(0.9))	3.14	8.32	6.17	11.75

หากพิจารณาการกระจายของ amplitude (Amplitude Probability Distribution Function) โดยจัดว่าระดับการหดตัวสถิต (Static) คือ ค่า amplitude ที่มีความน่าจะเป็นเท่ากับ 10 % ที่จะพบค่า amplitude ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่านี้นี้ และระดับการหดตัวมัธยฐาน (Median) คือ ค่า amplitude ที่มีความน่าจะเป็นเท่ากับ 50 % ที่จะพบค่า amplitude ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่านี้นี้

ระดับการหดตัวสูงสุด (Peak) คือค่า amplitude ที่มีความน่าจะเป็น 90 % ที่จะพบค่า amplitude ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่านี

ในการทำงานแบบรอบผลกระทบบของน้ำหนักที่มีต่อระดับการหดตัวต่างๆ นั้นใกล้เคียงกันเว้นแต่ในระดับการหดตัวสูงสุดคือผลของน้ำหนัก จะมีผลกับระดับการหดตัวสูงสุดมากกว่า ระดับการหดตัวอื่นๆ อาจเป็นได้ว่า ระดับการหดตัวสูงสุดเกี่ยวข้องกับการทำงานที่มีการติดตัวของกล้ามเนื้อหลังเพื่อการ นำกระสอบข้าวสารขึ้น หรือลงจากหลังและที่ระดับการหดตัวสูงสุดนั้นที่น้ำหนัก 125 กิโลกรัม ต้องใช้กำลังเกือบสองเท่าของการทำงานกับกระสอบขนาด 100 กิโลกรัม



รูปที่ 36 แสดงระดับการหดตัวสถิติ (p(0.1)) ระดับการหดตัวมัธยฐาน (p(0.5)) และระดับการหดตัวสูงสุด (p(0.9)) ของการทำงานแบบต่อเนื่องของกล้ามเนื้อช่องด้านขวา (RG)

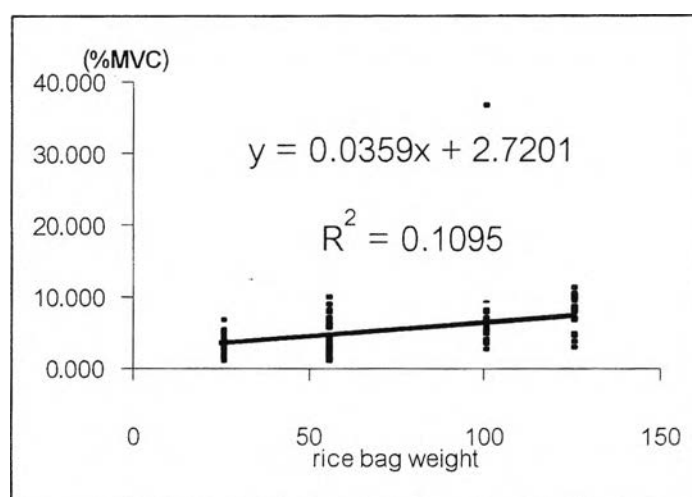
ตารางที่ 4.10 แสดงระดับการหดตัวสถิติ (p(0.1)) ระดับการหดตัวมัธยฐาน (p(0.5)) และระดับการหดตัวสูงสุด (p(0.9)) ของการทำงานแบบต่อเนื่องของกล้ามเนื้อช่องด้านขวา (RG)

%MVC	25 kg	55 kg	100 kg	125 kg
Static(p(0.1))	0.72	0.52	1.77	1.38
Median (p(0.5))	2.31	2.02	6.22	6.89
Peak (p(0.9))	8.19	11.17	24.10	30.61

สำหรับการทำงานแบบต่อเนื่องจะพบว่า ทุกระดับมีแนวโน้มที่จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อต้องแบกน้ำหนักกระสอบข้าวสารมากขึ้น แต่ระดับการหดตัวสูงสุด จะมีค่าใกล้เคียงกับขีดจำกัด 30 %MVC เมื่อแบกน้ำหนัก 100 และ 125 กิโลกรัม

#### 4.6 การพิจารณาน้ำหนักที่เหมาะสม

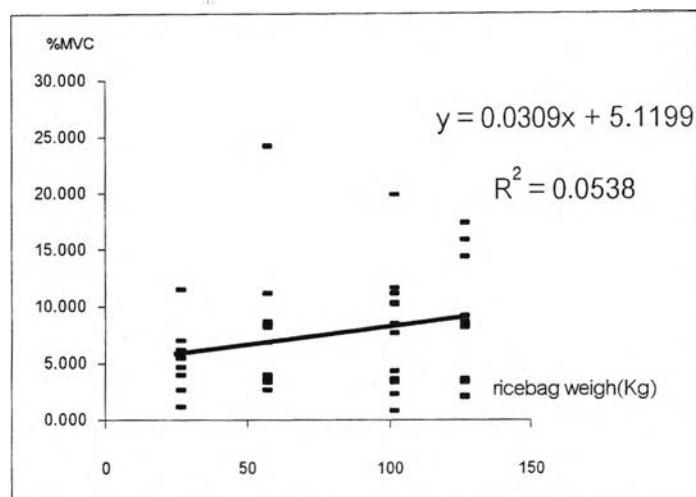
ในการพิจารณา น้ำหนักที่เหมาะสมในการทำงานนั้นจะพิจารณาในกรณีการทำงานสองประเภทที่ต่างกันและกรณีกล้ามเนื้อต่างๆ โดยทำการสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของกระสอบข้าวสารและระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อ หลังจากนั้นแทนค่าระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อที่เหมาะสมในการทำงานตามทฤษฎีลงไป ในสมการข้างต้นก็จะสามารถประมาณน้ำหนักที่เหมาะสมกับการทำงานนั้น ๆ ได้ แต่ในกรณีนี้ จะพิจารณาจากกล้ามเนื้อที่เกิดความล้าขึ้นมากที่สุดในการทำงานกล่าวคือกล้ามเนื้อหลังทางด้านขวาและกล้ามเนื้อน่องทางด้านขวา



รูปที่ 37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการหดตัวเฉลี่ยกับน้ำหนักกระสอบข้าวสารที่กล้ามเนื้อน่องด้านขวา จะสังเกตได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) มีค่าน้อย ( $= 0.1095$ ) ไม่ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างระดับการหดตัวเฉลี่ยที่กล้ามเนื้อน่องทางด้านขวากับน้ำหนักของกระสอบข้าวสาร

ในรูปที่ 37 นั้น จะพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างระดับการหดตัวเฉลี่ยกับน้ำหนักกระสอบข้าวสารที่กล้ามเนื้อน่องทางด้านขวา นั้นไม่ชัดเจน จากที่เห็นได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) มีค่าต่ำ อาจจะพิจารณาได้ว่าเนื่องจาก ข้อมูลมีความแปรปรวนสูง เนื่องจากความแตกต่างของกลุ่มผู้ถูกทดลอง หรือเนื่องจาก สภาพร่างกาย หรือสุขภาพที่ผู้ถูกทดลองแตกต่างกัน หรือ เนื่องจากการขาดทักษะ ในการใช้เครื่องมือที่ทำการทดลองของผู้วิจัย จึงทำให้ข้อมูลมีความแปรปรวนสูง





รูปที่ 38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการหดตัวเฉลี่ยกับน้ำหนักของกระสอบข้าวสารของกล้ามเนื้อหลังด้านขวาจะสังเกตได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการหดตัวเฉลี่ยที่กล้ามเนื้อหลังทางด้านขวากับน้ำหนักของกระสอบข้าวสาร ไม่ชัดเจนเช่นกัน โดยที่พิจารณาจากการที่สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) มีค่าน้อย ( $=0.0538$ )

ในรูปที่ 38 ก็เช่นกันที่จะพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อหลังขวาของน้ำหนักของกระสอบข้าวสาร ไม่ชัดเจน เนื่องจาก ข้อมูลมีความแปรปรวนสูง

จากการที่ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) ของสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างระดับการหดตัวของกล้ามเนื้อที่หลังทางด้านขวาและกล้ามเนื้อองทางด้านขวา มีค่าค่อนข้างต่ำ ( $R^2 < 10\%$ ) การใช้วิธีการนี้ เพื่อพิจารณาน้ำหนักกระสอบข้าวสารที่เหมาะสม จึงมีความน่าเชื่อถือต่ำ การที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากว่า เกิดความแปรปรวนอันเนื่องมาจากความแตกต่างระหว่างตัวผู้ถูกทดลองแต่ละคน จึงมีผลทำให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของทั้งสองสมการมีค่าต่ำ ในการพิจารณาจึงควรพิจารณา ในระดับตัวบุคคล กล่าวคือ น้ำหนักที่เหมาะสมในการทำงานน่าจะมีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล

### การพิจารณาน้ำหนักที่เหมาะสมในการทำงานของบุคคล

ในการทำงานแบบกระสอบข้าวสารในสภาวะปกติ นั้นจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักกระสอบข้าวสารกับ ระดับการหดตัวของกล้ามเนื้อแล้วหาน้ำหนักที่เหมาะสมในการทำงาน จากการ แทนค่าระดับการหดตัวสูงสุดที่สามารถทำงานได้โดย ไม่มีความล้า เกิดขึ้น หรือไม่มีอันตราย ในการทำงานมากนัก กลับลงไปในสมการ จะสามารถหาค่าน้ำหนัก ที่ทำงานได้โดยปลอดภัยของ บุคคล นั้นๆ ออกมา เนื่องจากในการทดสอบครั้งนี้บันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ จาก กล้ามเนื้อ 4 ที่ คือที่ หลังด้านซ้าย (LE, Left erectorspinae, Ch 1) หลังด้านขวา (RE, Right erectorspinae, Ch2 ) น่องด้านซ้าย (LG, Left gastrocnemius, Ch 3) น่องด้านขวา (RG, Right Gastrocnemius, Ch 4) ใน การพิจารณานั้นพิจารณาจากน้ำหนักที่ปลอดภัยจาก น้ำหนักที่มีค่าน้อยที่สุด มาเป็นค่าน้ำหนักที่ ปลอดภัย

ยกตัวอย่างเช่น ผู้ทดลองคนหนึ่งทำการทดสอบได้ผลระดับการหดตัวเฉลี่ยของในแต่ละกล้ามเนื้อ มีค่า ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดง ระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อต่างๆ ที่น้ำหนัก กระสอบข้าวสารต่างๆ

น้ำหนักกระสอบ ข้าวสาร( กิโลกรัม)	ch1	ch2	ch3	ch4
25	2.27	1.69	4.77	5.42
55	5.31	3.42	13.69	8.58
100	10.73	5.74	17.69	11.13
125	5.68	4.22	13.69	18.59

หาสมการถดถอยเชิงเส้น แทนความสัมพันธ์ระหว่างระดับการหดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อในแต่ละช่อง สัญญาณได้ดังนี้

$$\%MVC( Ch1) = 0.0503 (\text{rice bag weight}) + 2.1601$$

$$\%MVC( Ch2) = 0.0303 (\text{rice bag weight}) + 2.4533$$

$$\%MVC( Ch3) = 0.0917 (\text{rice bag weight}) + 5.4652$$

$$\%MVC(\text{Ch4}) = 0.118 (\text{rice bag weight}) + 1.982$$

แทนค่า 8 %MVC ลงไปในสมการของช่อง 1 และ 2 แทนค่า 15%MVC ลงไปในสมการของช่อง 3 และ 4 เนื่องจากว่าเป็นระดับการทดสอบที่ยอมรับได้ในการทำงานในแบบสถิติ และพลวัตตามลำดับจะได้ค่าน้ำหนักที่ปลอดภัยของแต่ละช่องสัญญาณออกมาตาม ตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 แสดงน้ำหนักที่ปลอดภัยของแต่ละช่องสัญญาณ

ch1	ch2	ch3	ch4
116.1	183.059	103.97	110.32

เพราะฉะนั้น น้ำหนักที่เหมาะสมในการทำงานสำหรับผู้ทดลองคนนี้คือ 103.97 กิโลกรัม พิจารณาเช่นนี้กับผู้ถูกทดลองอีก 9 คน จะได้ผลการคำนวณออกมาตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แสดงน้ำหนักที่ปลอดภัยที่ได้จากการคำนวณ

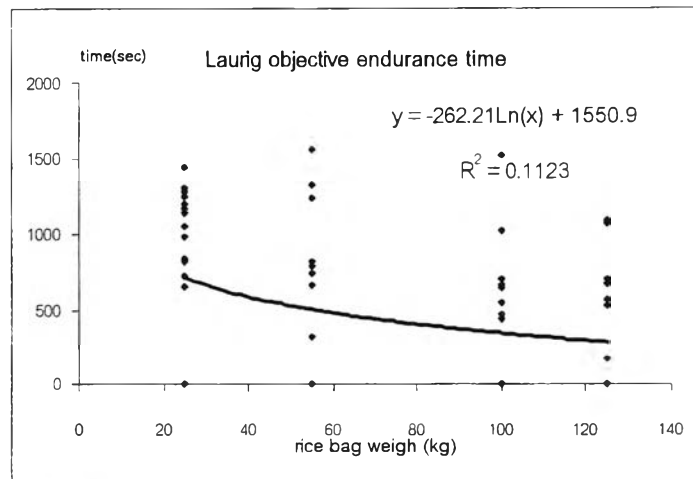
ผู้ถูกทดลองคนที่	น้ำหนักที่ได้จากการคำนวณ (Kg)
1	116.06
2	121.65
3	111.02
4	125.00
5	267.89
6	130.67
7	87.82
8	77.94
9	73.37
10	77.59

จะได้ว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่ปลอดภัยในการทำงานของกลุ่มผู้ถูกทดลองกลุ่มนี้มีค่าเท่ากับ 118.9 กิโลกรัม ช่วงความเชื่อมั่น 95 % คือ [78.38,159.41] และค่ามัธยฐาน 113.54 กิโลกรัม จึงเห็นควรว่า น้ำหนักที่ปลอดภัยในการทำงานของประชากรกลุ่มนี้มีค่าเท่ากับ 78.38 กิโลกรัม โดยที่ลักษณะทาง anthropometry ของกลุ่มของผู้ถูกทดลอง แสดงในภาคผนวก ข แต่จากการที่พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างระดับการหัดตัวเฉลี่ยของกล้ามเนื้อหลังและกล้ามเนื้ออก ไม่ชัดเจน (สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีค่าน้อย) ในการนำค่าน้ำหนักที่เหมาะสมไปใช้งานควรจะระวังในจุดนี้ไว้ด้วย



### การพิจารณาเวลาที่ทนได้ในการทำงานเชิงวัตถุวิสัย (objective time to fatigue)

การพิจารณาเวลาที่ทนได้ในการทำงานของการทำงานที่น้ำหนักต่างๆ จะพิจารณา จาก อัตราการเพิ่มของของ EA ของกล้ามเนื้อที่มีค่าสูงสุดในการทำงานครั้งนั้นๆ ต่อมาที่ นำมาเทียบกับ ค่าเฉลี่ยของ ค่า EA เริ่มแรกของการทำงานครั้งนั้นๆ แล้ว นำมาเข้าสมการของ Laurig (1974,1975) ก็ จะได้ค่าของ เวลาที่ทนได้เชิงวัตถุวิสัย (objective time to fatigue) ของการทำงานครั้งนั้น ที่น้ำหนัก นั้นๆ

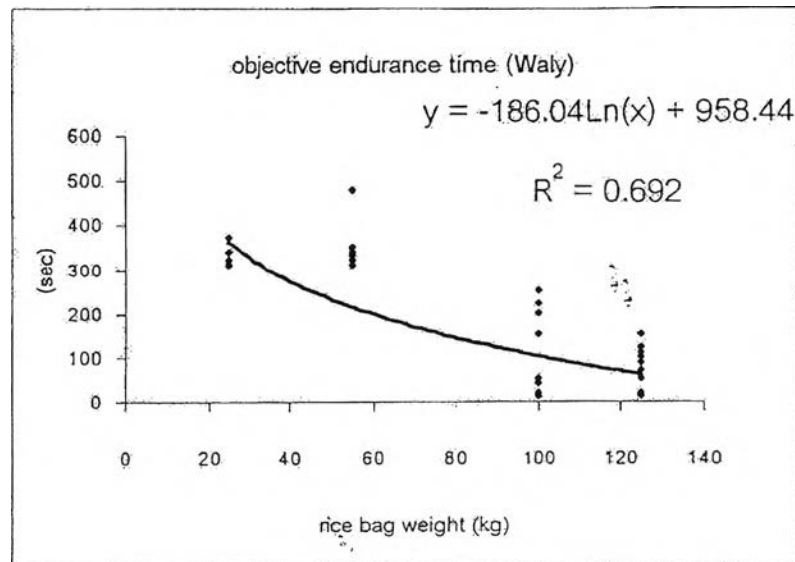


รูปที่ 39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ทนได้เชิงวัตถุวิสัยจากแนวทางของ Laurig กับน้ำหนักของกระสอบข้าวสาร

จาก นั้น นำมาหาสมการความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาที่ทนได้เชิงวัตถุวิสัย กับ ค่าน้ำหนักของ กระสอบข้าวสาร ดังที่ปรากฏในสมการ

$$\text{Endurance time (sec)} = -262.21 \ln(\text{weight}) + 1550.9$$

นอกจากนั้นพิจารณาเวลาเข้าสู่ความล้าของการทำงานครั้งนั้นๆ จากการที่ พิจารณา เวลาที่ ค่า EA มีค่า เพิ่มขึ้น 103 % อย่างมีนัยสำคัญ 5% โดยการทำ pair t test ( Waly, Khalil and Asfour , 1986) จะได้เวลาที่เข้าสู่ความล้าของกล้ามเนื้อที่มีค่า ต่ำสุดในกล้ามเนื้อทั้ง 4 ที่ได้ทำการบันทึกค่า EMG ที่ทำงานแบกข้าวสารที่น้ำหนักต่างๆ นำมาหาสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาเข้าสู่ ความล้า กับน้ำหนัก ดังที่ปรากฏในกราฟในรูปที่ 40



รูปที่ 40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ทนได้เชิงวัตถุวิสัยตามแนวทางของ Waly กับ น้ำหนักของกระสอบข้าวสาร

$$\text{Endurance time (sec)} = -186.04 \ln(\text{WEIGHT}) + 958.44$$

จากการพิจารณาค่า Endurance time จากทั้งสองวิธีจะพบว่า ค่าเวลาที่ทนได้เชิงวัตถุวิสัย (Objective endurance time) ของ Laurig จะมีค่าค่อนข้างสูงกว่าของ Waly และใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่า กล่าวคือ หากลองพิจารณาที่น้ำหนักกระสอบ 25 กิโลกรัม endurance time ของ Laurig จะมีค่าเท่ากับ 706.878 วินาที หรือมีค่าเท่ากับ 11.78 วินาที ของ Waly จะมีค่าเท่ากับ 5.99 นาทีเท่านั้น ในความเป็นจริงแล้ว ผู้ถูกทดลอง สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง นานถึง 20 นาทีเลยทีเดียว

หากลองพิจารณา สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมการถดถอยของ ระยะเวลาที่ทนได้เชิงวัตถุวิสัยตามแนวทางของ Laurig และตามแนวทาง Waly เปรียบเทียบกัน จะพบว่า ของ Waly มีค่าสูงกว่า แต่ก็ยังมีค่าต่ำ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก ความสัมพันธ์ อาจจะมีการแปรปรวนจากอันเกิดจากตัวบุคคล ผู้ถูกทดลอง และ จะพบว่า จะมีค่าของเวลา ค่อนข้างต่างจาก การทำงานจริง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การพิจารณา มุ่งไปที่ กล้ามเนื้อ แต่ในการทำงานจริง นั้น เป็นการใช้กล้ามเนื้อในลักษณะที่เป็นผลรวมการทำงาน การหดเกร็ง ตัว จาก หลายๆ กล้ามเนื้อ ที่เข้ามาช่วยกันทำงาน ดังนั้น การพิจารณาเวลาที่ทนได้ จึง ไม่ประสบความสำเร็จในการ ทำนาย เวลาที่ทนได้ในการทำงานอย่างแท้จริง