

ขีดจำกัดสูงสุดของการยกของที่ยอมรับได้ในแนวระนาบหน้า-หลัง



นายตรีฉัตร จำปาวัลย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

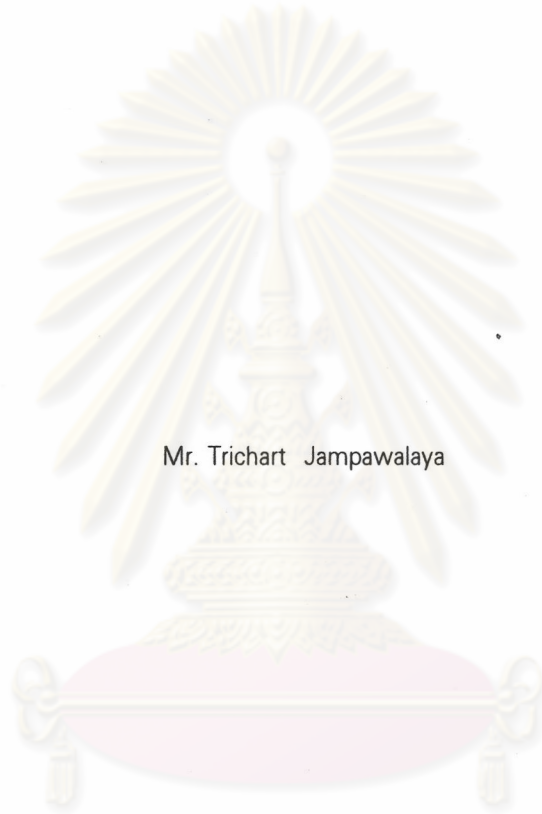
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-394-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MAXIMUM ACCEPTABLE WEIGHT TO LIFT IN A SAGITTAL PLANE



Mr. Trichart Jampawalaya

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering

Department of Industrial Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

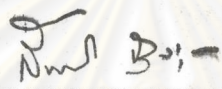
1995

ISBN 974-632-394-6


หัวข้อวิทยานิพนธ์      ชี้แจงจำกัดสูงสุดของการยกของที่ยอมรับได้ในแนวระนาบหน้า-หลัง  
โดย                              นายตรีจักร จำปาวัลย์  
ภาควิชา                              วิศวกรรมอุตสาหการ  
อาจารย์ที่ปรึกษา              รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติ อินทรานนท์

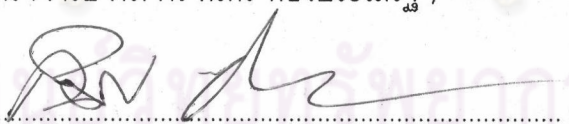
---

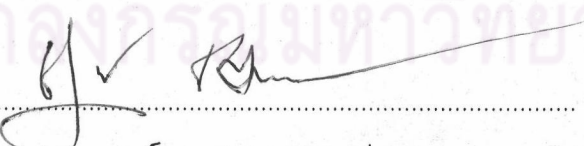
บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย    อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย    อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

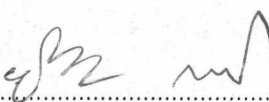
  
.....    คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ฤงสูววรรณ )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....    ประธานกรรมการ  
( ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ )

  
.....    อาจารย์ที่ปรึกษา  
( รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติ อินทรานนท์ )

  
.....    กรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ ดร. สุเวช ชฎาสง่าเวช )

  
.....    กรรมการ  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บรรเทงจิตร )



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

τριφιτρ จัปวาลัย : ซีดจำกัดสูงสุดของการยกของที่ยอมรับได้ในแนวระนาบหน้า-หลัง  
(MAXIMUM ACCEPTABLE WEIGHT TO LIFT IN A SAGITTAL PLANE) อ.ที่ปรึกษา  
: รศ. ดร. กิตติ อินทรานนท์, 154 หน้า. ISBN 974-632-394-6

ปัจจัยความถี่ของการยก ความสูงของการยก และน้ำหนักของภาระงานที่ยก ล้วนแล้วแต่เป็นปัจจัย  
อันเนื่องมาจากการยกของที่มีผลส่งเสริมให้เกิดอาการบาดเจ็บบริเวณหลังส่วนล่าง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์มุ่ง  
ที่จะ 1.) ศึกษาผลกระทบของความถี่ ความสูง และน้ำหนักของภาระงานที่ยกต่อการตอบสนองของบุคคลใน  
เชิงสรีรวิทยา 2.) หาขีดจำกัดการทำงานที่เหมาะสมของงานยกของในระนาบหน้า-หลังสำหรับงานยกของที่มีความสูง  
และความถี่ที่กำหนดไว้ในแบบแผนการทดลอง 3.) เปรียบเทียบขีดจำกัดการทำงานที่เหมาะสมของงานยกของกับ  
ผลงานวิจัยอื่นๆ

ระดับของปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ ความถี่การยก 3 ครั้งต่อนาที และ 6 ครั้งต่อนาที ความสูง  
การยก 75 ซม. และ 125 ซม. จากพื้น น้ำหนักภาระงาน 5 กก. 12 กก. และ 25 กก. ทดลองกับผู้ถูกทดสอบเพศ  
ชายจำนวน 8 คน ในสามแนวทางคือ 1.) การใช้การตอบสนองทางสรีรวิทยาเป็นเกณฑ์ (Physiological  
Approach) 2.) จิตฟิสิกส์ (Psychophysical Approach) และ 3.) ชีวกลศาสตร์ (Biomechanical  
Approach)

ผลการทดลองในแนวทางการใช้การตอบสนองทางสรีรวิทยาเป็นเกณฑ์พบว่าปัจจัยทั้งสามมีผลต่อ  
การตอบสนองทางสรีรวิทยาอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และพบว่าขีดจำกัดความปลอดภัยของการ  
ยกของเท่ากับ 6 กก. และ 11 กก. สำหรับความสูงของการยก 125 และ 75 ซม. ที่ความถี่การยก 6 ครั้งต่อนาที  
ตามลำดับ ส่วนที่ความถี่ของการยก 3 ครั้งต่อนาทีนั้น ขีดจำกัดความปลอดภัยควรเท่ากับ 13.5 กก. และ 6.5  
กก. สำหรับความสูงการยก 75 และ 125 ซม. ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยอื่นพบว่าให้ผลที่ใกล้เคียงกัน



ภาควิชา..... วิศวกรรมอุตสาหการ  
สาขาวิชา..... วิศวกรรมอุตสาหการ  
ปีการศึกษา..... 2537

ลายมือชื่อนิสิต..... ทริพิตร จัปวาลัย  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## C516452 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

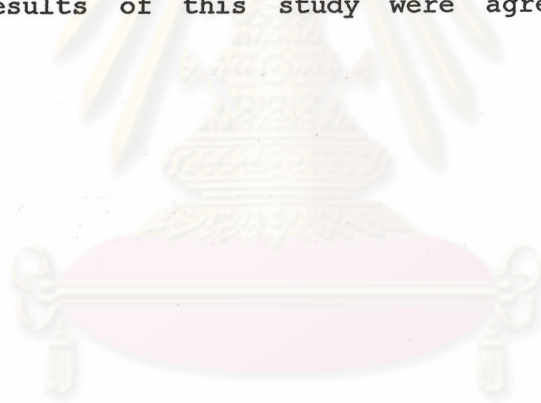
KEY WORD: BIOMECHANICS / PSYCHOPHYSICS / WORK PHYSIOLOGY / LIFTING

TRICHART JAMPAWALAYA: MAXIMUM ACCEPTABLE WEIGHT TO LIFT IN A SAGITTAL PLANE. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. KITTI INTARANONT, Ph.D., 154 pp. ISBN 974-632-394-6

Task factors contributing to low-back pain in lifting tasks includes frequency of lift, height of lift and weight to lift. This study was conducted 1.) to study the effects of task factors to physiological variables, 2.) to estimate the maximum acceptable weight to lift in a sagittal plane, and 3.) to compare the maximum acceptable weight to lift found in this experiment with previous studies.

In the experiment, the levels of factors were 3 lifts/min. and 6 lifts/min. for the frequencies of lift; 75 cm. and 125 cm. for the heights of lift from floor level; and the loads of 5 kg., 12 kg., and 25 kg. Eight male-subjects participated in the experiment using three approaches, i.e., 1) physiological 2) psychophysical and 3) biomechanical.

The experimental results using the physiological approach showed that all of the three factors gave strong physiological responses significantly at significant level 0.05. It was found that the maximum acceptable weights to lift were 11 kg. and 6 kg. at 75 and 125 cm. heights of lift, respectively, at 6 lifts/min. For 3 lifts/min., the maximum acceptable weights to lift were 13.5 kg. and 6.5 kg. at 75 and 125 cm. heights of lift, respectively. It was also shown that the results of this study were agreement with other studies.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา..... วิศวกรรมอุตสาหการ

สาขาวิชา..... วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา..... 2537

ลายมือชื่อนิสิต **ศิริมิตร จำปักลย์**

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....





## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลือให้คำปรึกษาและแนะนำอย่างใกล้ชิดจาก รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติ อินทรานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคำแนะนำจากคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อันมี ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเวช ชาญสง่าเวช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บรรเท็งจิตร ผู้วิจัยขอถือโอกาสกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้ง 3 ท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ.ที่นี้ และเนื่องจากการวิจัยนี้ต้องใช้เครื่องมือและสถานที่ทำการวิจัยของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ชัยพร วงศ์พิศาล หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยและอนุญาตให้ใช้เครื่องมือและสถานที่ทำการทดลอง ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้การทดลอง ขอขอบพระคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่านจากห้องปฏิบัติการการยศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โรงประลองภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และขอขอบคุณผู้ถูกทดสอบทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำงานวิจัยเป็นอย่างดี

ท้ายผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ผู้มีพระคุณทุกท่านและครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือในทุกด้านแก่ผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

ตรีฉัตร จำปาวัลย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ช
สารบัญรูปภาพ .....	ญ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา .....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	7
ขอบเขตของการวิจัย .....	8
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	9
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง .....	10
เกณฑ์การประเมินโดยใช้การตอบสนองทางสรีรวิทยา .....	12
เกณฑ์การประเมินโดยใช้หลักจิตฟิสิกส์ .....	17
เกณฑ์การประเมินโดยใช้วิธีทางชีวกลศาสตร์ .....	19
3. วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย.....	28
ผู้ถูกทดสอบ .....	28
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย .....	29
วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย .....	29
4. ผลการทดลอง .....	34
ลักษณะของภาระงานและสภาวะแวดล้อม .....	34
รายละเอียดของผู้ถูกทดสอบ .....	35
ผลการทดลองในแนวทางการใช้เกณฑ์ทางการตอบสนอง	
ทางสรีรวิทยา .....	39
ผลการทดลองในแนวจิตฟิสิกส์ .....	49
ผลการทดลองในแนวทางชีวกลศาสตร์ .....	53

	๗
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	73
สรุปผลการวิจัย .....	73
ข้อเสนอแนะ .....	75
บรรณานุกรม .....	77
ภาคผนวก ก .....	85
ภาคผนวก ข .....	97
ภาคผนวก ค .....	104
ภาคผนวก ง .....	108
ภาคผนวก จ .....	112
ภาคผนวก ฉ .....	123
ภาคผนวก ช .....	126
ภาคผนวก ซ .....	134
ภาคผนวก ฌ .....	150
ประวัติผู้เขียน .....	154


  
 ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 Compressive Strength ที่นักวิจัยท่านอื่นได้ทำการวิจัยไว้ .....	25
3.1 รูปแบบการทดลองที่ใช้ในงานวิจัยนี้ .....	31
4.1 ข้อมูลสภาวะแวดล้อมของการวิจัย .....	34
4.2 ค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของผู้ถูกทดสอบ.....	36
4.3 ค่ากำลังสถิติของกล้ามเนื้อของผู้ถูกทดสอบทุกคน .....	37
4.4 ค่ากำลังสถิติเปรียบเทียบระหว่างผู้ถูกทดสอบกับประชากรภาคเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.....	38
4.5 ค่า VO <sub>2</sub> max ที่ได้จากการทดลองแนวทางการใช้เกณฑ์ การตอบสนองทางสรีรวิทยา .....	40
4.6 ค่า VE ที่ได้จากการทดลองแนวทางการใช้เกณฑ์ การตอบสนองทางสรีรวิทยา .....	42
4.7 ค่า %WHR ที่ได้จากการทดลองแนวทางการใช้เกณฑ์ การตอบสนองทางสรีรวิทยา .....	43
4.8 แสดงค่า RPE ที่ได้จากการทดลองแนวทางการใช้เกณฑ์ การตอบสนองทางสรีรวิทยา .....	44
4.9 ผลการทดลองในแนวทางจิตฟิสิกส์เฉลี่ยและผลของการตอบสนองทาง สรีรวิทยาอันเนื่องมาจากการยกของที่น้ำหนัก MAW ที่ผู้ถูกทดสอบเลือก.....	50
4.10 ข้อมูลสัดส่วนของชิ้นส่วนต่างๆ ของร่างกาย .....	55
4.11 ค่าโมเมนต์สูงสุดและแรงกดอัดสูงสุดที่เกิดบริเวณ กระดูกสันหลังส่วนล่างอันเกิดจากการยกที่ระดับปัจจัยต่างๆ .....	66
4.12 ค่า Compressive Strength และค่าขีดจำกัดความปลอดภัยที่คำนวณ จากสมการที่นักวิจัยท่านอื่นได้กำหนดขึ้น.....	67
4.13 ผลการเปรียบเทียบผลการทดลองในแนวทางการใช้เกณฑ์การตอบสนอง ทางสรีรวิทยาและแนวทางชีวกลศาสตร์.....	69

4.14 ผลของการเลือกค่าน้ำหนัก MAW ที่ได้จากการทดลองแนวทางจิตฟิสิกส์และ  
ผลของค่าโมเมนต์และค่าแรงกดอัดที่เกิดขึ้นของผู้ถูกทดสอบหมายเลข 2.. 70



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญรูปภาพ

## รูปที่

## หน้า

1.1	แรงทั้งหมดที่กระทำต่อกระดูกสันหลังที่เกิดจากงานยกของ.....	21
1.2	แรงและโมเมนต์บนกระดูกสันหลัง .....	21
4.1	การหาค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการใช้ออกซิเจนและอัตราการเต้นหัวใจที่สภาวะคงตัวแต่ละ ระดับความหนักของภาระงาน .....	36
4.2	ค่า $VO_2max$ ที่ได้จากการทดลอง .....	41
4.3	ค่า VE ที่ได้จากการทดลอง .....	42
4.4	ค่า %WHR ที่ได้จากการทดลอง .....	43
4.5	ค่า RPE ที่ได้จากการทดลอง .....	44
4.6	ผลของปัจจัยร่วมระหว่างความถี่ของการยกและน้ำหนักของการยก ที่มีต่อ $\%VO_2max$ .....	46
4.7	ผลของปัจจัยร่วมระหว่างความถี่ของการยกและน้ำหนักของการยก ที่มีต่อ WHR .....	46
4.8	ขีดจำกัดสูงสุดของน้ำหนักที่ยอมรับได้ที่ได้จากการทดลองในแนวทาง การใช้เกณฑ์การตอบสนองทางสรีรวิทยา.....	48
4.9	ค่า MAW ของการยกที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	51
4.10	ผลการตอบสนองทางสรีรวิทยาเมื่อทำการยกของที่น้ำหนัก MAW.....	52
4.11	เกณฑ์ขีดจำกัดสูงสุดที่ยอมรับได้โดยใช้แนวทางจิตฟิสิกส์พิจารณา .....	53
4.12	ภาพการยกต่อเนื่องที่อัตราเร็ว 24 ภาพต่อนาที.....	54
4.13	รูปการทดลองในแนวทางชีวกลศาสตร์ชี้ให้เห็นถึงการติดจุดเครื่องหมาย กำหนดจุดพิกัดของข้อต่อต่างๆ .....	56
4.14	ภาพแบบจำลองคนอ้างอิงตามจุดตำแหน่งพิกัดของข้อต่อที่ได้จากภาพถ่าย....	57
4.15	โมเมนต์บริเวณกระดูกสันหลังส่วนล่างปัจจัยความถี่ของ การยก 3 ครั้งต่อนาที และปัจจัยความสูง 75 ซม. ....	60



4.16	โมเมนต์บริเวณกระดูกสันหลังส่วนล่างปัจจัยความถี่ของ การยก 3 ครั้งต่อนาที และปัจจัยความสูง 125 ซม. ....	61
4.17	โมเมนต์บริเวณกระดูกสันหลังส่วนล่างปัจจัยความถี่ของ การยก 6 ครั้งต่อนาที และปัจจัยความสูง 75 ซม. ....	61
4.18	โมเมนต์บริเวณกระดูกสันหลังส่วนล่างปัจจัยความถี่ของ การยก 3 ครั้งต่อนาที และปัจจัยความสูง 125 ซม. ....	61
4.19	แรงกดอัดบริเวณกระดูกสันหลังส่วนล่างที่เกิดจากงานยกของ ที่ความถี่ของการยก 3 ครั้งต่อนาทีและความสูง 75 ซม. ....	64
4.20	แรงกดอัดบริเวณกระดูกสันหลังส่วนล่างที่เกิดจากงานยกของ ที่ความถี่ของการยก 6 ครั้งต่อนาทีและความสูง 75 ซม. ....	64
4.21	แรงกดอัดบริเวณกระดูกสันหลังส่วนล่างที่เกิดจากงานยกของ ที่ความถี่ของการยก 6 ครั้งต่อนาทีและความสูง 75 ซม. ....	65
4.22	แรงกดอัดบริเวณกระดูกสันหลังส่วนล่างที่เกิดจากงานยกของ ที่ความถี่ของการยก 3 ครั้งต่อนาทีและความสูง 125 ซม. ....	65
4.23	ขีดจำกัดสูงสุดของน้ำหนักที่ยอมรับได้ที่ได้จากการทดลอง ในแนวทางชีวกลศาสตร์ที่ยอมรับได้.....	68
4.24	โมเมนต์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบแผนการคำนวณ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้และโมเมนต์ที่ได้จาก Force Plat Form .....	71

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ซม.	=	เซนติเมตร
กก.-ซม	=	กิโลกรัม-เซนติเมตร
AI	=	ดัชนีความไม่ปกติ
VO <sub>2</sub>	=	อัตราการใช้ออกซิเจน ( ลิตร/นาที )
VO <sub>2</sub> max	=	อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ( ลิตร/นาที )
VE	=	ปริมาณอากาศหายใจออกต่อนาที
HRR	=	อัตราการเต้นหัวใจขณะนั่งพัก
HRW	=	อัตราการเต้นหัวใจขณะทำงาน
%WHR	=	อัตราการเต้นหัวใจขณะทำงานเทียบกับอัตราการเต้นของหัวใจปกติขณะนั่งพัก
%VO <sub>2</sub> max	=	อัตราการใช้ออกซิเจนขณะทำงานเทียบกับอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด
RPE Scale	=	ค่าประเมินเชิงจิตพิสัย
REP	=	จำนวนการทำซ้ำ
SUB	=	ผู้ถูกทดสอบ
MAW	=	น้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับได้
FREQ	=	ปัจจัยความถี่ของการยก
WEIGHT	=	ปัจจัยน้ำหนักของการยก
HEIGHT	=	ปัจจัยความสูงของการยก
TW	=	อุณหภูมิกระเปาะเปียก
TD	=	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง
RH	=	เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์
F <sub>com</sub>	=	แรงกดอัด
M	=	โมเมนต์