ความสามารถในการทำงานสำหรับงานยกของ

โดย

จิตรา รู้กิจการพานิช

โครงการวิจัยเลขที่ 128-IR-2536

ทุนส่งเสริมการวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิจัยและพัฒนาคณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพฯ

ตุลาคม 2541

สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ไม่รับผิดชอบต่อผลเสียใด ๆ อันอาจเกิดจากการนำความคิดเห็นในเอกสารฉบับนี้ไปใช้ ความคิดเห็นที่ปรากฏในเอกสารเป็นความคิดเห็นของผู้เขียนซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นความคิดเห็นของสถาบัน ฯ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสามารถในการทำงานสำหรับงานยกของ

โดย

จิตรา รู้กิจการพานิช

Doctor of Engineering (Industrial Systems Engineering)

โครงการวิจัยเลขที่ 128-IR-2536

ทุนส่งเสริมคณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนาคณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพมหานคร

เดือน ตุลาคม ปี 2541

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I18256382 20 ต.ค. 2542

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลความสามารถในการทำงาน หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการทำงานยกของหรือผลตอบสนองของร่างกาย และทราบขีดความสามารถในการทำงานยกของและสามารถใช้ในการออกแบบงานได้ ผู้ถูกทดสอบได้แก่ นิสิตชายคณะวิศวกรรมศาสตร์จำนวน 2 คน และคนงานชายจากโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 1 คน จากการทดสอบหาความสามารถในการทำงานพบว่าปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2max) ของนิสิตเป็น 2 ลิตรต่อนาที ค่านี้ได้นำไปพิจารณาหาขีดจำกัดที่ยอมรับได้สำหรับงานยกของ พบว่าที่น้ำหนักของการยก 20 กิโลกรัมและความถี่ 4 ครั้งต่อนาที จะเป็นภาระงานที่หนัก ใช้พลังงานเกินกว่า 50%ของ VO2max ดังนั้นในการออกแบบงานควรหลีกเลี่ยงลักษณะงานที่มีภาระงานเท่ากับหรือมากกว่าที่น้ำหนักและความถี่ดังกล่าว ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้จะต้องจัดให้มีเวลาหยุดพักเพื่อให้ร่างกายฟื้นตัว ซึ่งพบว่าการยกกล่องที่มีขนาด 30 ซม. จะมีอัตราการฟื้นตัวดีกว่ากล่องขนาด 40 และ 50 ซม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Abstract

The objectives of this study were: 1) to develop the working capability of databases, 2) to study the relationship between relevant factors and the working capability in terms of physiological response, and 3) to evaluate the limits of lifting capability and then to be able to recommend task characteristics The subjects were 2 students and one industrial worker. It was concluded that the maximum amount of oxygen consumption (VO2max) of the students was 2 lit per minute. This value was considered to be an acceptable load and frequency for lifting. It was shown that the acceptable load and frequency of lifting could not be over 20 Kg and 4 cycles per minute. Less weight and frequency was also acceptable. These have provided guidelines for of manual lifting tasks. In any case where loads were over weight the frequency of lifting could not be avoided, a rest period was necessary for recovery. From this study, it also could be summarized that box sizes 30 cm. in width provided a higher percentage of recovery for manual lifting than ones of 40 to 50 cm. in width.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยนี้ ได้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่านทั้งภาคราชการและเอกชน ขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์โกวิท ศตวุฒิ ที่ให้คำแนะ ขอขอบคุณภาควิชาอุตสาหการที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทดสอบ ขอขอบคุณคุณมงคล ใบโพธิวงศ์ เจ้าของโรงงานทำไม้จิ้มฟัน บริษัท เฟริสแบมบู จำกัด ที่เอื้อเฟื้อคนงานและสถานที่ในการทดลองอย่างมาก

งานนี้จะสำเร็จลงไม่ได้เลยถ้าไม่ได้รับทุนวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบคุณฝ่ายวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในที่นี้ด้วย

ขอบคุณนิสิตภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการปี 4 ในขณะนั้น ได้แก่ นางสาวอังศุมาลิน เวชยากิจ นางสาวจินตนา โชคเหรียญสุชชัย นายอาทิพันธ์ กีพานิช นายสมชาย ฉันทมนตรี นายสุรสีห์ ปัญจสังข์ และนายชัชนุ เตมียสถิต ซึ่งเป็นกำลังสำคัญในการเก็บข้อมูล และสุดท้ายขอขอบเคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจสำคัญจนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

ตุลาคม 2541

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทที่		หน้า
ใบรองปก		ก
บทคัดย่อภาษาไทย		ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
กิตติกรรมประกาศ		ง
สารบัญตาราง		ช
สารบัญรูปภาพ		ฌ
1	บทนำ	1
	1.1 ที่มาแห่งปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย	2
	1.3 ขอบเขตของการศึกษา	3
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2	ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
	2.1 ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการทำงานยกของ	4
	2.2 แนวทางหาความสามารถในการทำงาน	5
	2.2.1 ไซโคฟิสิคัล แอพพรอช	5
	2.2.2 แนวทางเกี่ยวกับสรีรวิทยา	6
	2.2.2.1 ความต้องการใช้ออกซิเจนกับความสามารถในการทำงาน	7
	2.2.2.2 อัตราการเต้นของหัวใจกับความสามารถในการทำงาน	7
	2.2.3 แนวทางเกี่ยวกับชีวกลศาสตร์	7
	2.3 แนวคิดเกณฑ์ของต่างประเทศในการกำหนดความหนักเบาของการทำงาน	10
	2.3.1 สมมติฐานของการศึกษาแนวทางกำหนดระดับน้ำหนักวัตถุ	10
	2.3.2 เกณฑ์ในการกำหนด MPL	12
	2.3.3 เกณฑ์ในการกำหนด AL	12
	2.3.4 ผลการศึกษาวิจัยอื่นๆ ในต่างประเทศ	13

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	ระเบียบวิธีวิจัย	15
	3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	15
	3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	16
	3.2.1 คำอธิบายเพิ่มเติมของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	17
	3.3 การออกแบบและติดตั้งเครื่องมือบันทึกผลตอบสนองของร่างกาย	17
	3.4 การออกแบบและสร้างสถานีจำลองสำหรับงานยกของ	18
	3.5 การทดสอบปั่นจักรยาน	19
	3.6 การทดสอบการทำงานยกของ	20
	3.7 การกำหนดระดับตัวแปรต่างๆ	21
	3.6.1 ขนาดและรูปร่างของรูปร่างกล่องที่ใช้ในการทดสอบ	21
	3.7.2 ความถี่ของการยก	21
	3.7.3 ระดับการยก	21
4	ผลการทดลอง	25
	4.1 การปั่นจักรยานทดสอบ	25
	4.1.1 การหาความสามารถสูงสุดในการทำงาน	30
	4.2 การทดสอบการทำงานยกของ	31
	4.2.1 การคำนวณหาความต้องการใช้ออกซิเจนสำหรับงานยกของ (ลิตรต่อนาที)	46
5	สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ	48
	5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย	48
	5.1.1 ความสามารถสูงสุดในการทำงาน	48
	5.1.2 ขีดจำกัดที่ยอมรับได้ของการทำงานยกของ	48
	5.2 ข้อเสนอแนะ	50
บรรณานุกรม		51

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
ภาคผนวก ก.	รูปอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	55
ภาคผนวก ข.	รูปแสดงขั้นตอนต่างๆ ของการทดสอบหาความสามารถในการทำงานยกของ	66
ภาคผนวก ค.	ข้อมูลของการปั่นจักรยานทดสอบและการทำงานยกของ	71
ภาคผนวก ง.	ตารางเก็บข้อมูล	112

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลขหมู่ ๑๙
๑๙ 15
เลขทะเบียน 007328
วัน,เดือน,ปี 29 ก.ค. 42

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	การเปรียบเทียบระหว่างการทำงานยกของโดยใช้เครื่องจักรและแรงงานมนุษย์ซึ่งได้แสดงถึงแรงด้านชีวกลศาสตร์	8
2.2	แนวทางการกำหนดระดับน้ำหนักสูงสุดของวัตถุที่ยก	11
3.1	รถเครื่องมือบันทึกผลตอบสนองของร่างกาย	18
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลมหายใจออก (VE) หน่วยเป็นลิตรต่อนาที และอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) หน่วยเป็นครั้งต่อนาที กับเวลาในการปั่นจักรยานทดสอบ	26
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่าง HR กับ VE	27
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้ออกซิเจนและอัตราการเต้นของหัวใจเพื่อหาความสามารถสูงสุดในการทำงานของนิสิตชายคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	29
4.4	อัตราการเต้นของหัวใจของนิสิตคนที่ 1 ที่ภาระงานต่างๆ	34
4.5	ปริมาณลมหายใจออกของนิสิตคนที่ 1 ที่ภาระงานต่างๆ	35
4.6	อัตราการฟื้นตัวของนิสิตคนที่ 1 ที่ภาระงานต่างๆ	36
4.7	อัตราการเต้นของหัวใจของนิสิตคนที่ 2 ที่ภาระงานต่างๆ	37
4.8	ปริมาณลมหายใจออกของนิสิตคนที่ 2 ที่ภาระงานต่างๆ	38
4.9	อัตราการฟื้นตัวของนิสิตคนที่ 2 ที่ภาระงานต่างๆ	39
4.10	อัตราการเต้นของหัวใจของคนงาน (ยกจากระดับพื้นถึงเอว) ที่ภาระงานต่างๆ	40
4.11	ปริมาณลมหายใจออกของคนงาน (ยกจากระดับพื้นถึงเอว) ที่ภาระงานต่างๆ	41
4.12	อัตราการฟื้นตัวของคนงาน (ยกจากระดับพื้นถึงเอว) ที่ภาระงานต่างๆ	42
4.13	อัตราการเต้นของหัวใจของคนงาน (ยกจากระดับเอวถึงไหล่) ที่ภาระงานต่างๆ	43
4.14	ปริมาณลมหายใจออกของคนงาน (ยกจากระดับเอวถึงไหล่) ที่ภาระงานต่างๆ	44
4.15	อัตราการฟื้นตัวของคนงาน (ยกจากระดับเอวถึงไหล่) ที่ภาระงานต่างๆ	45

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตารางค่า Fmax	13
2.2	ผลการศึกษาวิจัยในต่างประเทศ	14
3.1	สัดส่วนร่างกายที่ใช้ในการออกแบบสถานีทำงานจำลองสำหรับงานยกของ	19
3.2	แผนการการทดสอบการทำงานยกของ	22
3.3	รายละเอียดของวิธีการเก็บข้อมูลการทดสอบการยกของ	23
4.1	ค่าเฉลี่ยของ VE, HR, %Recovery ของการทำงานยกของ : นิสิตคนที่ 1	31
4.2	ค่าเฉลี่ยของ VE, HR, %Recovery ของการทำงานยกของ : นิสิตคนที่ 2	32
4.3	ค่าเฉลี่ยของ VE, HR, %Recovery ของการทำงานยกของ : คนงาน จากพื้นถึงเอว	32
4.4	ค่าเฉลี่ยของ VE, HR, %Recovery ของการทำงานยกของ : คนงาน จากเอวถึงไหล่	33
4.5	ความต้องการใช้ออกซิเจนสำหรับงานยกของ (ลิตรต่อนาที)	46

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

โรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภทมีความต้องการแรงงานเพื่อช่วยในกิจกรรมการเคลื่อนย้ายในโรงงาน เช่นการยก การแบกหาม การลากจูง การผลักดัน เป็นต้น ในขณะเดียวกันจากสถิติผู้ประสบอันตรายจากการทำงานของสำนักงานกองทุนเงินทดแทน กระทรวงแรงงาน ของปีต่างๆ ที่ผ่านมาพบว่ามีผู้ประสบอันตรายหรือบาดเจ็บจากการทำงานเนื่องจากกิจกรรมการเคลื่อนย้ายเป็นจำนวนมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบาดเจ็บของหลังหรือที่เรียกกันอย่างง่ายว่าโรคปวดหลัง ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่เนื่องมาจากการยกของ โดยความเป็นจริงแล้วการบาดเจ็บดังกล่าวสามารถลดลงได้ด้วยหลายวิธีการ วิธีการหนึ่งที่สามารถป้องกันการเกิดปัญหาได้ดีคือการออกแบบการทำงานซึ่งต้องการผู้มีความรู้ความสามารถและเกี่ยวข้องทำการออกแบบการทำงาน ดังนั้นวิศวกรสาขาอุตสาหการซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดระบบคน เครื่องจักรและสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานจึงมีบทบาทสำคัญต่อการออกแบบงานโดยตรง

1.1 ที่มาแห่งปัญหา

โรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีกิจกรรมการขนถ่ายหรือเคลื่อนย้ายสิ่งของ เริ่มตั้งแต่การรับวัตถุดิบเข้ามาจนกระทั่งการส่งมอบสินค้าให้แก่ลูกค้า ซึ่งปัจจุบันยังมีความต้องการแรงงานในกิจกรรมดังกล่าวเป็นจำนวนมาก กิจกรรมการเคลื่อนย้ายมีหลายวิธี ได้แก่ การยกขึ้น-ลง การผลักดัน การลากจูง การแบกหาม จากสถิติการประสบอันตรายของกระทรวงแรงงานในปีต่างๆ พบว่าการเจ็บปวดบริเวณหลังและไหล่มีมากขึ้นทุกปี สาเหตุเกิดจากการยกของที่มีน้ำหนักมากเกินไปหรือเกิดจากท่าทางไม่ถูกต้อง จึงเกิดการเสียดสีบริเวณกระดูกสันหลังโดยเฉพาะบริเวณหมอนรองกระดูก จนกระทั่งเกิดการบาดเจ็บเกิดขึ้น

วิธีการแก้ไขปัญหา เช่น การคัดเลือกบุคคลที่มีสุขภาพดีและแข็งแรง การฝึกอบรม เป็นต้น เป็นวิธีการที่ใช้ทั่วไปแต่ยังคงเกิดปัญหาเช่นในปัจจุบัน การแก้ปัญหาโดยใช้การออกแบบงาน เป็นการแก้ปัญหาที่สาเหตุ ดังนั้นจึงน่าเชื่อว่าเป็นการป้องกันการเกิดปัญหาและเป็นการแก้ปัญหาอย่างถาวร แต่ผู้ออกแบบงานจำเป็นต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการทำงานของมนุษย์

ได้มีผู้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการทำงานยกของและปัจจัยต่างๆ โดยทั่วไปสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ลักษณะ ความสามารถ และขีดจำกัด ของคนงานแต่ละคนไม่เท่ากัน เนื่องมาจาก เพศ อายุ ทักษะในการทำงานยกของ เป็นต้น
2. ลักษณะงาน เช่น ระดับความสูง ระยะทาง น้ำหนัก รูปร่างสิ่งของ วิธีการยก อัตราความเร็วในการทำงาน

ผู้วิจัยหลายท่านได้สรุปไว้ว่า การหาความสามารถในการทำงานยกของไม่ใช่เป็นการหาน้ำหนักสูงสุดที่ร่างกายสามารถทำงานได้แต่หมายถึงน้ำหนักสูงสุดที่คนงานยังรู้สึกว่าสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย ข้อสรุปดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางได้ดีสำหรับการออกแบบงานโดยที่เกิดประสิทธิภาพการทำงานและป้องกันการบาดเจ็บ (Karwowski , 1993)

การศึกษานี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความสามารถในการทำงานของมนุษย์ประเภทงานยกของ โดยคำนึงถึงความสามารถที่ร่างกายทำงานได้อย่างปลอดภัย ส่วนแนวทางการหาความสามารถในการทำงานสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะประยุกต์จากแนวทางต่างๆ ตามความเหมาะสม เพื่อนำไปพิจารณาการออกแบบงานซึ่งเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมที่ใช้แรงงานในการเคลื่อนย้ายวัตถุต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

1. เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลลักษณะของมนุษย์ได้แก่ความสามารถในการทำงาน
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับความสามารถในการทำงานยกของหรือผลตอบสนองของร่างกาย
3. เพื่อทราบขีดความสามารถในการทำงานยกของและสามารถใช้ในการออกแบบงานได้

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

1. การศึกษานี้เป็นการจำลองสถานีทำงานโดยสร้างอุปกรณ์ช่วยในการทดลอง เรียกว่า สถานีทำงานยกของ ในการทดสอบจะแยกผู้ถูกทดสอบเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ นิสิตชาย คณะวิศวกรรมศาสตร์ และคนงานจากโรงงานอุตสาหกรรม
2. ท่าทางที่ทำการศึกษาเป็นท่าที่ปลอดภัยในการยกของ เป็นการยกแบบสมมาตร หลังตรง-เข่างอ ไม่มีการเอี้ยวตัวในการทำงาน
3. เนื่องจากขีดจำกัดในเรื่องเครื่องมือทดสอบและความปลอดภัยของผู้ถูกทดสอบ วิธีการหาความสามารถในการทำงานจะประยุกต์จาก 2 แนวทางหลัก ได้แก่ ไซโคฟิสิคัล แอพพรอช (Psychophysical Approach) และแนวทางที่เกี่ยวข้องกับสรีรวิทยา (Physiological Approach)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถออกแบบงานสำหรับการทำงานยกของได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัย
2. เป็นการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์
3. เพื่อเป็นการศึกษาวิจัยนำร่องไปสู่งานวิจัยในขั้นต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษานี้ประกอบไปด้วย ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการทำงานยกของ แนวทางการหาความสามารถในการทำงาน แนวคิดเกณฑ์ของต่างประเทศในการกำหนดความหนักเบาของการทำงาน ซึ่งรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

2.1 ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อการทำงานยกของ

NIOSH (1981) และ Randle et al. (1989) ได้สรุปปัจจัยสำคัญเกี่ยวกับการทำงานที่ควรพิจารณาเพื่อใช้ในการออกแบบงาน ได้แก่

1. ลักษณะของสิ่งของที่ยก ได้แก่
   - ความกว้าง ความยาว ความสูงหรือความลึก
   - ตำแหน่งมือจับและลักษณะที่จับ
   - ความแข็ง การคงรูปและการไหลของสิ่งของ น้ำหนักของ
   - น้ำหนักและจัดศูนย์ถ่วงของวัตถุ
   - สิ่งอันตรายทั้งทางกายภาพและทางเคมีของสิ่งของที่ยก
   - ข้อแนะนำหรือคำสั่งเฉพาะของการยกสิ่งนั้น

2. ลักษณะงาน
   - ตำแหน่งของสิ่งของที่ยก
   - ความถี่หรือความเร็วและความเร่ง ช่วงเวลาที่ใช้ยก ตารางเวลาการทำงานและการหยุดพัก การทำงานเป็นกะ
   - อุปกรณ์ช่วยยก
   - การทำงานตามความเร็วของเครื่องจักรหรือไม่ต้องทำตามความเร็วของเครื่องจักร
   - การทำงานคนเดียวหรือทำงานเป็นทีม
   - ความซับซ้อนของงาน ท่าทางการยกและระยะเอื้อม
   - การจูงใจหรือผลตอบแทน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. สภาพแวดล้อม
   - ผังและขนาดสถานที่บริเวณทำงาน
   - ลักษณะพื้นที่ ความลาดเอียง แสงสว่าง อุณหภูมิ เสียง ความสั่นสะเทือน ความสะอาด

4. ผู้ทำการยก
   - เพศ อายุ สัดส่วนร่างกาย สุขภาพทั่วไป ความแข็งแรงของร่างกายและความอดทน
   - ความพอใจในงาน ความรู้ ความชำนาญ ความเข้าใจ จิตสำนึก การปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อม

2.2 วิธีการหาความสามารถในการทำงาน

มีผู้วิจัยหลายท่านได้สรุปไว้ว่า การหาความสามารถในการทำงานและขีดจำกัดของมนุษย์สำหรับงานยกของไม่ใช่เป็นการหาน้ำหนักสูงสุดที่ร่างกายสามารถทำงานได้ เพราะการใช้ค่าดังกล่าวมาเป็นเกณฑ์ในการออกแบบงานจะทำให้เกิดผลเสียหายและเกิดการบาดเจ็บได้ แต่ให้หมายถึงน้ำหนักสูงสุดที่คนงานยังรู้สึกว่าสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย ซึ่งจะเป็นแนวทางที่สำคัญในการป้องกันการบาดเจ็บ ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพและเกิดความสบายในการทำงาน (Karwowski, 1993) วิธีการหาความสามารถในการทำงานและขีดจำกัดของมนุษย์สำหรับงานยกของ มี 3 วิธี (Ayoub, 1980) ได้แก่

1) ไซโคฟิสิคัล แอพพรอช (Psychophysical Approach)
2) แนวทางเกี่ยวกับสรีรวิทยา (Physiological Approach)
3) แนวทางเกี่ยวกับชีวกลศาสตร์ (Biomechanical Approach)

2.2.1 ไซโคฟิสิคัล แอพพรอช

แนวทางนี้หมายถึงการศึกษาการตอบสนองของร่างกายด้านจิตใจต่อสิ่งเร้าที่มากระทบ (Snook et al., 1970) ซึ่งในการศึกษานี้จะเกี่ยวข้องกับการยอมรับว่าเกิดการเจ็บปวดหรือความไม่

สบายเมื่อมีการออกแรงมากหรือหนักเกินไป การพัฒนาวิชาการด้านจิตกายภาพพบว่ามีการหาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้สึกของมนุษย์ที่มีต่อสิ่งเร้า ดังสมการต่อไปนี้ (Stevens 1960)

$$S = KI^{n}$$

เมื่อ S หมายถึง ระดับความรู้สึก

I " ความเข้มของสิ่งเร้าทางกายภาพ

K " ค่าคงที่

ความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้น แสดงลงบนกราฟสเกล log-log จะได้เส้นตรง โดยที่ n หมายถึง ค่าความชัน (slope) ของเส้นตรงนั้น ค่าของ n จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของสิ่งเร้า เช่น ความรู้สึกการรับรสเค็ม มีค่า n = 1.3 ความรู้สึกว่าเสียงนั้นดัง มีค่า n = 0.6 และ Steven (1975) ยังได้เสนอไว้ด้วยว่าค่า n สำหรับการใช้กำลังกล้ามเนื้อ มีค่า = 1.6 และสำหรับงานยกของ n = 1.45

2.2.2 แนวทางเกี่ยวกับสรีรวิทยา

แนวทางนี้เป็นการวัดผลตอบสนองของร่างกายอันเนื่องมาจากผลกระทบจากการทำงานและสิ่งแวดล้อม เช่น ความร้อน ความสั่นสะเทือน เสียง ความเร็ว เป็นต้น ดัชนีหรือผลตอบสนองของร่างกายที่ใช้วัดผลทางด้านสรีรวิทยา สามารถแบ่งออกได้ตามระบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

ระบบการไหลเวียนของโลหิต ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันเลือด

ระบบการหายใจ ได้แก่ อัตราการหายใจ ความต้องการใช้ออกซิเจน

ระบบประสาท ได้แก่ สัญญาณไฟฟ้าในสมองและกล้ามเนื้อ

ระบบรับความรู้สึก ได้แก่ การมองเห็น การได้ยิน

ระบบสารเคมีในเลือด

2.2.2.1 ความต้องการใช้ออกซิเจนกับความสามารถในการทำงาน

การหาความสามารถในการทำงานโดยใช้ความต้องการใช้ออกซิเจนแบ่งได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธีตรงและอ้อม (Kamon and Ayoub, 1976) วิธีแรกได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ออกซิเจนกับระดับความหนักเบาของการทำงาน โดยเพิ่มความหนักของงานขึ้นเรื่อยๆ จนผู้ถูกทดสอบไม่สามารถทำงานได้ ปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนที่จุดนั้นจะเป็นความสามารถสูงสุดในการทำงาน วิธีอ้อมจะหาจากสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความต้องการใช้ออกซิเจนกับอัตราการเต้นของหัวใจ โดยความสามารถในการทำงานสูงสุดจะได้จากที่อัตราการเต้นจองหัวใจมีค่าเท่ากับ 220 ลบด้วยอายุของผู้ถูกทดสอบ ค่าที่ได้จะน้อยกว่าวิธีตรงประมาณ 10-15 เปอร์เซ็นต์ (Astrand and Rodahl, 1977)

2.2.2.2 อัตราการเต้นของหัวใจกับความสามารถในการทำงาน

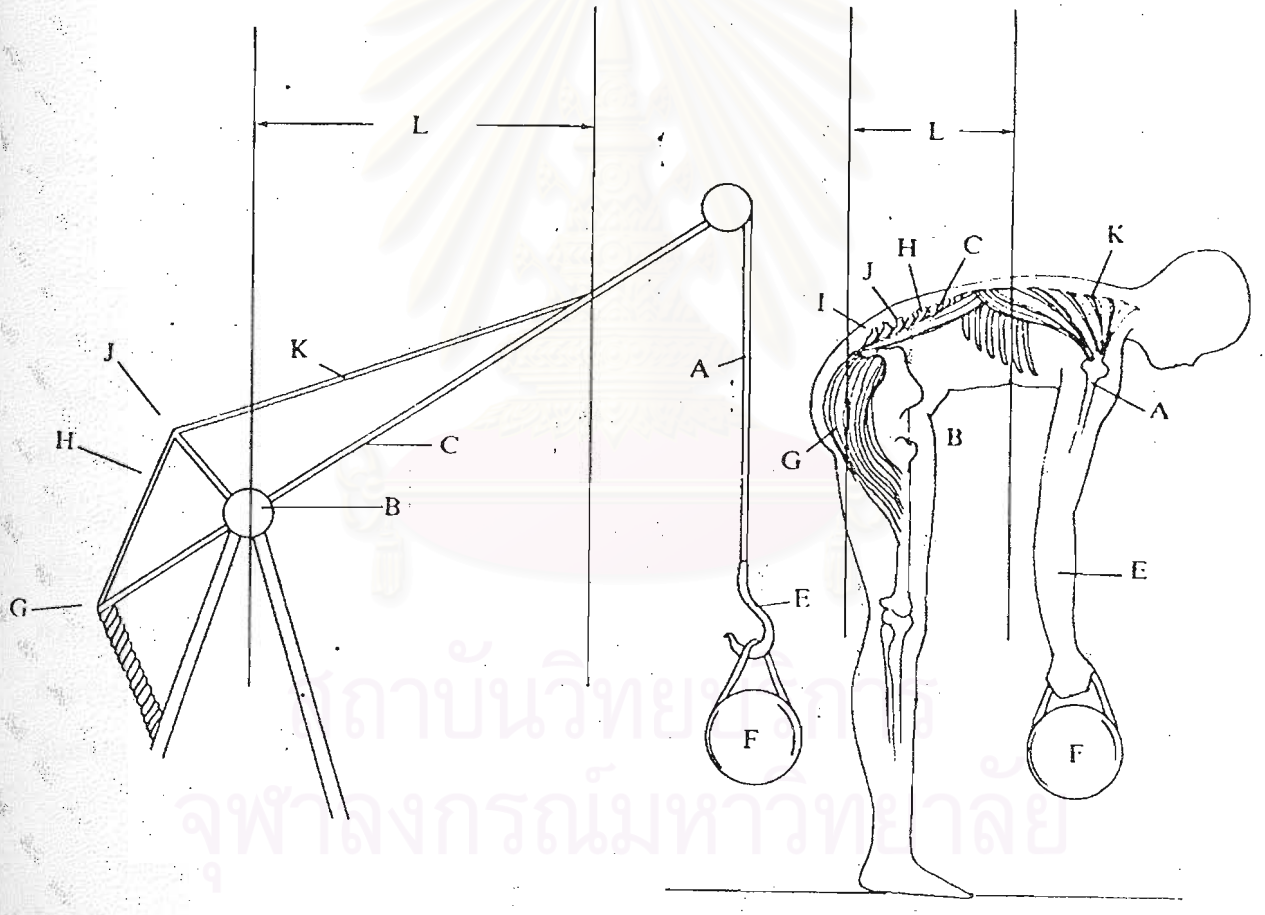
การใช้อัตราการเต้นของหัวใจกับความสามารถในการทำงานเป็นที่นิยมกันโดยทั่วไป เพราะอัตราการเต้นของหัวใจสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าอื่นๆ เช่น ความร้อน เสียง ความชื้น เป็นต้น (Brouha et al., 1963) และมีความสัมพันธ์กับความล้าทางจิตใจสูงกว่าการใช้ความต้องการใช้ออกซิเจน (Suggs and Splinter, 1961a, 1961b)

ได้มีผู้ทำการศึกษาวิจัยในกลุ่มผู้ใช้แรงงานต่างๆ เกี่ยวกับอัตราการเต้นของหัวใจกับการทำงานและสรุปดังนี้ Morris and Chevalier (1961) เสนอว่าขีดจำกัดบนของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดควรเป็น 100 ครั้งต่อนาที Astrand (1967) ศึกษาอัตราการเต้นของหัวใจของกรรมกรก่อสร้างอายุเฉลี่ย 48 ปี ขณะทำงานมีค่าประมาณ 100 ครั้งต่อนาที Snook and Irvire (1969) ศึกษาในงานยกของ พบว่าการยกของที่ใช้กล้ามเนื้อแขนเป็นส่วนใหญ่ จะมีอัตราการเต้นของหัวใจประมาณ 110 ครั้งต่อนาที ส่วนการยกของที่ต้องใช้กำลังขาเป็นส่วนใหญ่จะใช้อัตราการเต้นของหัวใจประมาณ 112 ครั้งต่อนาที

2.2.3 แนวทางเกี่ยวกับชีวกลศาสตร์

แนวทางนี้เป็นวิธีการที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับลักษณะการเคลื่อนไหว การออกแรง ท่าทางและจังหวะการทำงาน ความทนของร่างกายต่อความเครียดจากลักษณะงาน สภาพแวดล้อมและเครื่องจักร โดยรวมเอาวิชาการเกี่ยวกับสรีรวิทยา สถิติ และกลศาสตร์มาประยุกต์รวมกันเพื่อศึกษาเกี่ยวกับแรงที่กระทำต่อร่างกาย ซึ่งมีการนำเอาข้อมูลสัดส่วนร่างกาย แรงและน้ำหนัก

ที่ต้องจับหรือยก มาพิจารณาเพื่อเลือกหาวิธีหรือรูปแบบการทำงานอย่างเหมาะสมทั้งปลอดภัยต่อผู้ทำงานเองและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานด้วย โดยส่วนใหญ่การศึกษาทางด้านชีวกลศาสตร์เป็นการศึกษาแบบ 2 มิติ และเป็นการคำนวณจากภาพนิ่ง เช่น รูปถ่ายหรือจากสไลด์ โดยทำการวัดมุม แขน ขา หลัง เพื่อคำนวณหาแรงและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นกับร่างกายในการสร้างสมการหรือรูปแบบ (model) ต่างๆ ทางด้านชีวกลศาสตร์นั้น จะต้องสมมติให้ร่างกายมนุษย์มีโครงสร้างทางกลเพื่อคำนวณแรงและโมเมนต์ต่างๆ ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การเปรียบเทียบระหว่างการทำงานยกของโดยใช้เครื่องจักรและแรงงานมนุษย์ซึ่งได้แสดงถึงแนวทางเกี่ยวกับชีวกลศาสตร์ (สุโขทัยธรรมาธิราช, 2527)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อกำหนดให้ A : กระดูกต้นแขน

B : จุดหมุนของข้อต่อสะโพก

C : แนวกระดูกสันหลัง

E : แขน

F : น้ำหนักที่ยก

G : กล้ามเนื้อบริเวณสะโพกและก้น

H : กล้ามเนื้อหลัง

I : ข้อต่อระหว่างกระดูกก้นกบและกระดูกสันหลัง

J : จุดที่ทำงานของกระดูกสันหลังขณะยกน้ำหนัก

K : กล้ามเนื้อหลังตอนบน

L : ระยะทางระหว่างจุดหมุนที่ข้อต่อสะโพกกับจุดศูนย์กลางของลำตัวที่รับน้ำหนักทั้งหมด

อย่างไรก็ตามการศึกษาวิจัยด้วยแนวทางเกี่ยวกับสรีรวิทยาและชีวกลศาสตร์โดยตรงนั้นมีข้อจำกัดในการศึกษามาก เช่น การศึกษาด้วยแนวทางเกี่ยวกับสรีรวิทยานั้น ต้องให้ผู้เข้ารับการทดสอบทำงานโดยใช้พลังงานตามแคลอรี่ที่กำหนด และตัวอย่างข้อจำกัดทางการศึกษาด้วยแนวทางชีวกลศาสตร์ เช่น ต้องมีการหาแรงเฉือน (shearing force) และ แรงกดทับ (compressive forces) ในหลัง ซึ่งการจะทดสอบว่ามีค่าเป็นเท่าไรนั้น ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาด้านการแพทย์และทำการศึกษาในผู้ป่วยที่เป็นโรคปวดหลัง ส่วนการศึกษาด้วยไซโคฟิสิคัล แอพพรอช นั้น นักวิจัยหลายท่านได้ประสบความสำเร็จในการศึกษา หลักการจะเกี่ยวกับความรู้สึกและการทำงานของร่างกาย หรืออาจกล่าวได้ว่าความรู้สึกว่าสามารถทำงานได้หรือความรู้สึกหนักเบาของการทำงานจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มของการทำงาน และสามารถวัดผลตอบสนองของร่างกายได้จากความต้องการใช้ออกซิเจนในการหายใจ และอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งอาจแสดงออกด้วยความสัมพันธ์กันทางคณิตศาสตร์

Randle et al (1989) ได้สรุปแนวทางการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการทำงานเคลื่อนย้ายวัตถุโดยใช้แรงงานมนุษย์ 4 วิธี ได้แก่ ไซโคฟิสิคัล แอพพรอช วิธีการเกี่ยวกับสรีรวิทยา ,วิธีการเกี่ยวกับชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) และใช้ทั้ง 3 วิธีร่วมกันโดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาได้แก่ เพื่อพัฒนารูปแบบ (model) ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ เพื่อพัฒนาการทำงานยกของ เพื่อลดความเสียหายที่เกิดกับโครงสร้างของกระดูกและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบงาน

2.3 แนวคิดเกณฑ์ของต่างประเทศในการกำหนดความหนักเบาของการทำงาน

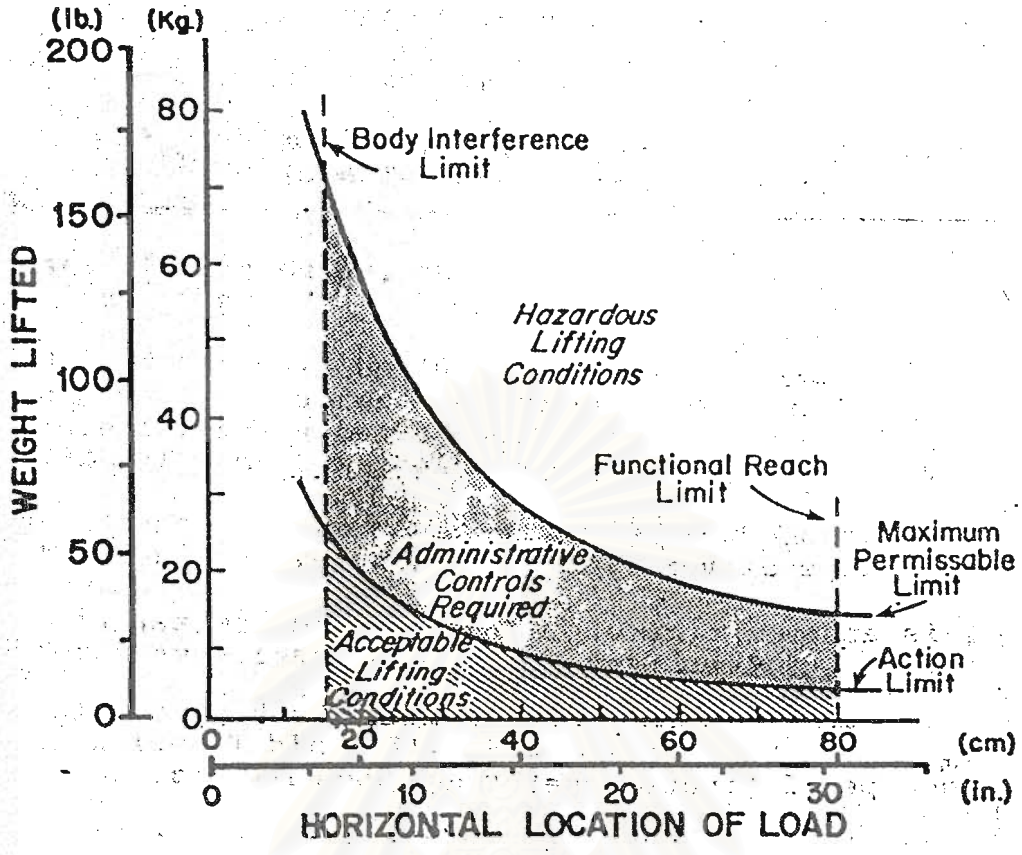
NIOSH ได้เสนอแนวความคิดในการหาขีดจำกัดหรือน้ำหนักสูงสุดของวัตถุที่ยกโดยใช้แรงงานมนุษย์ ได้แก่ 1) น้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับว่าสามารถยกได้ (acceptable limits) และ 2) น้ำหนักสูงสุดที่ยกได้อย่างปลอดภัย (safe limits) (NIOSH, 1981) พบว่าการศึกษาวิจัยด้วยวิธี ไซโคฟิสิคัล แอพพรอช จะใช้ในการหาน้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับว่าสามารถเคลื่อนย้ายได้ (หมายความรวมถึง การยกขึ้น-ลง การลากจูง การผลักดัน การแบกหาม) ส่วนการศึกษาวิจัยด้วยวิธีชีวกลศาสตร์จะใช้ในการหาน้ำหนักสูงสุดที่เคลื่อนย้ายได้อย่างปลอดภัย ซึ่ง Nicholson (1989) ได้สรุปว่าน้ำหนักสูงสุดที่ยกได้อย่างปลอดภัยจะมีค่าต่ำกว่าน้ำหนักสูงสุดที่ยอมรับหรือคิดว่าสามารถยกได้

2.3.1 สมมติฐานของการศึกษาแนวทางกำหนดระดับน้ำหนักวัตถุ

การศึกษาแนวทางในการกำหนดระดับน้ำหนักของวัตถุที่ยกโดยใช้แรงงานมนุษย์อย่างปลอดภัยของ NIOSH อยู่ภายใต้ข้อกำหนดหรือสมมติฐานดังต่อไปนี้

1) เป็นการยกด้วยมือทั้งสองข้าง
2) เป็นการยกที่ไม่มีการเอี้ยวตัว
3) วัตถุที่ยกมีที่สำหรับมือจับที่สามารถยกได้สะดวก
4) น้ำหนักของวัตถุที่ยกมีความสมดุลย์
5) ความกว้างของวัตถุที่ยกไม่ควรเกิน 30 นิ้ว หรือ 76 ซม.
6) มีที่วางเท้าซึ่งสามารถยืนได้อย่างสะดวก
7) ท่าทางการยกไม่ฝืนธรรมชาติ

NIOSH (1981) ได้แสดงแนวทางการกำหนดระดับน้ำหนักสูงสุดของวัตถุที่ยกดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยมีข้อกำหนดว่าความสูงหรือความกว้างของวัตถุที่ยกไม่เกินกว่า 30 นิ้ว หรือ 76 ซม. และความถี่ที่ใช้ในการยกน้อยกว่า 1 ครั้ง/ 5 นาที



รูปที่ 2.2 แนวทางการกำหนดระดับน้ำหนักสูงสุดของวัตถุที่ยก (NIOSH, 1981)

จากรูปที่ 2.2 จะพบว่า NIOSH ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของวัตถุที่ยก ระยะห่างจาก spine ในแนว Horizontal) กับน้ำหนักของวัตถุ โดยกำหนดไว้ 3 ขอบเขตด้วยกัน ได้แก่

ขอบเขตที่ 1 หมายถึง น้ำหนักของวัตถุที่คนงานทั่วไปยอมรับว่าสามารถยกได้ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าที่ใช้ปฏิบัติ Action Limit (AL)

ขอบเขตที่ 2 หมายถึง น้ำหนักของวัตถุที่คนงานเฉพาะที่ผ่านการคัดเลือก การฝึกอบรมในเรื่องการยกเป็นอย่างดีและมีการควบคุมทางด้านวิศวกรรมเท่านั้นที่สามารถยกได้ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง MPL และ AL

ขอบเขตที่ 3 หมายถึง น้ำหนักสูงสุดของวัตถุที่คนงานทั่วไปไม่สามารถทำได้ มีเพียงประมาณร้อยละ 25 ของประชากรคนงานชายเท่านั้นที่สามารถทำได้ ซึ่งมีค่าสูงกว่า ค่าสูงสุดที่ยอมได้ (Maximum Permissible Limit , MPL)

2.3.2 เกณฑ์ในการกำหนด MPL

1) เมื่อมีการทำงานยกของที่มีน้ำหนักมากเกินกว่าค่า MPL จะเกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อของกลุ่มประชากรที่ยกของเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

2) ค่าแรงกดทับ (Compressive forces) ที่เกิดขึ้นบน L5/S1ไม่เกินกว่า 650 กิโลกรัม หรือ 1430 ปอนด์

3) อัตราเมตาบอริค ของคนงานแต่ละคน จะมีค่าเกินกว่า 5.0 กิโลแคลอรี่ต่อนาที เมื่อมีการทำงานเกินค่า MPL

4) มีเพียง 25 เปอร์เซ็นต์ของคนงานชายและไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ของคนงานหญิงเท่านั้นที่จะสามารถทำงานเกินค่า MPL ได้

2.3.3 เกณฑ์ในการกำหนด AL

1) เมื่อมีการทำงานยกของที่มีน้ำหนักมากเกินกว่าค่า AL จะเกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อของกลุ่มประชากรที่ยกของเพิ่มขึ้นปานกลาง

2) ค่าแรงกดทับ (Compressive forces) ที่เกิดขึ้นบน L5/S1 ในคนงานที่มีสุขภาพแข็งแรงมีค่า 350 กิโลกรัม หรือ 770 ปอนด์

3) อัตราเมตาบอริค ของคนงานแต่ละคน จะมีค่าเกินกว่า 3.5 กิโลแคลอรี่ต่อนาที เมื่อมีการทำงานเกินค่า AL

4) มีจำนวนคนงานหญิงมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ และคนงานชายมากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ที่สามารถทำงานต่ำกว่าค่า AL ได้

NIOSH ได้เสนอสมการการคำนวณหาค่า AL และ MPL ดังนี้

AL =(constant) x (horizontal location) x (vertical location) x (distance traveled) x (frequency of lift) AL (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

= 40(15/H)(1-0.004[V-75])(0.7+7.5/D)(1-F/Fmax)

MPL = 3(AL)

เมื่อ H หมายถึง ระยะในแนวระดับวัดจาก Spine ถึงตำแหน่งกึ่งกลางของวัตถุหรือตำแหน่งที่มือจับ ถ้ากล่องที่ยกมีขนาดใหญ่ (หน่วยเป็นซม.)

V หมายถึง ระยะจากพื้นถึงตำแหน่งเริ่มต้นที่จะทำการยกในแนวตั้ง (หน่วยเป็นซม.)

D หมายถึง ระยะทางที่เคลื่อนที่ไปหรือเท่ากับผลต่างของตำแหน่งเริ่มต้นกับตำแหน่งสุดท้ายในแนวตั้ง (หน่วยเป็นซม.)

F หมายถึง ค่าเฉลี่ยของความถี่ในการยก (ครั้งต่อนาที)

Fmax หมายถึง ค่าความถี่ในการยกสูงสุด (ดูที่ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 ตารางค่า Fmax

		ระยะจากพื้นถึงตำแหน่งเริ่มต้นที่จะทำการยกในแนวตั้ง V (หน่วยเป็นซม.)	
		>75	<75
ระยะเวลาทำงาน	ไม่เกิน 1 ชั่วโมง	18	15
	ทำงานต่อเนื่อง	15	12

2.3.4 ผลการศึกษาวิจัยอื่นๆ ในต่างประเทศ

ผลงานวิจัยของต่างประเทศเกี่ยวกับความสามารถในการทำงานยกของสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.2 จากตารางดังกล่าว จะพบว่าเป็นการเปรียบเทียบภาระงานที่ขนาดของกล่องและความถี่ในการยกที่ระดับความสูงในการยกต่างๆ กัน ค่าของน้ำหนักที่แสดงในตารางดังกล่าวมีความหมายว่าเป็นน้ำหนักที่ยอมรับได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ผลการศึกษาวิจัยของต่างประเทศ

ผู้วิจัย	ระดับ	กล่อง (ซม.)	ความถี่ (ครั้ง/นาที)	น้ำหนัก (กก.)
Ayoub et al (1980)	พื้นถึงไหล่	30.48	2	27.54 ±9.37
			4	23.85 ± 9.37
		45.72	2	25.65 ±8.56
			4	23.62 ±9.46
	เอวถึงไหล่	30.48	2	23.07 ±5.39
			4	21.53 ±7.09
		45.72	2	25.86 ±7.06
			4	23.82 ±8.74
Snook (1978)	พื้นถึงเอว	45	2	14 (25%tile)
				17 (50%tile)
				20 (75%tile)
	เอวถึงไหล่	45	2	16 (25%tile)
				19 (50%tile)
				22 (75%tile)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้จำเป็นต้องการสร้างอุปกรณ์ช่วยเพิ่มเติม 2 อย่าง เพื่อสะดวกต่อการเก็บเครื่องมือ ได้แก่ รถขนเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลขณะทดสอบ และ สถานีทำงานจำลองสำหรับงานยกของ หลังจากที่อุปกรณ์ทั้งสองส่วนได้ออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานและสร้างเสร็จแล้วจึงดำเนินการทดลองเพื่อหาความสามารถในการทำงานต่อไป

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1) ทำการศึกษาปัญหาและทำการสำรวจข้อมูลของงานยกของ ทฤษฎีและผลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

2) การสำรวจข้อมูลสัดส่วนร่างกายของคนไทยเพื่อใช้ในการออกแบบสถานีทำงานสำหรับงานยกของ

3) ทำการสำรวจงานวิจัยต่างๆ รวบรวมและศึกษาตัวแปรต่างๆ และกำหนดระดับของตัวแปรต่างๆ เพื่อใช้ในการทดลอง ได้แก่ น้ำหนัก ขนาด รูปร่างของกล่อง ความถี่ในการยก (ครั้งต่อนาที) ระดับความสูงในการยก

4) ทำการออกแบบและสร้างรถเครื่องมือบันทึกผลการตอบสนองของร่างกาย ทำการติดตั้งระบบการบันทึกผลการตอบสนองของร่างกาย และทำการทดสอบระบบทำงาน

5) ทำการออกแบบและสร้างสถานีทำงานจำลองสำหรับงานยกของ

6) ทำการวางแผนการทดลองการทำงานยกของโดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

7) ทำการคัดเลือกผู้เข้ารับการทดสอบ โดยต้องเป็นผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรง ไม่เคยบาดเจ็บในส่วนของหลัง ผู้เข้ารับการทดสอบ ได้แก่ นิสิตชายคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และคนงานชายทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม

8) การทดสอบความสามารถในการทำงานสูงสุดของผู้เข้าทดสอบ โดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบทำการปั่นจักรยานทดสอบ

9) ทำการวัดผลตอบสนองต่างๆ ของร่างกายของผู้เข้ารับการทดสอบการทำงานยกของ พร้อมทั้งทำการทดสอบเชิงจิตวิสัยด้วย โดยการถามความหนักเบาของงานที่ทำ ผู้เข้ารับ

การทดสอบจะได้รับความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการทดสอบและวิธีการยกของก่อนการทดสอบ

10) ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการทำงานยกของเพื่อหาน้ำหนักที่ยกได้อย่างปลอดภัย

11) ทำการออกแบบการทำงานที่เหมาะสมโดยการกำหนดขีดจำกัดของการทำงานยกของและน้ำหนักที่ยกได้อย่างปลอดภัย

12) จัดทำรายงานและสรุปผล

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

1) เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ
2) Dry Gas Meter พร้อมชุดหายใจ (ประกอบด้วยหน้ากากและท่อหายใจ)
3) Data Logger เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล
4) Thermocouple และเครื่องวัดความชื้น
5) เครื่องวิเคราะห์ก๊าซออกซิเจน
6) ซิลิกาเจล
7) รถเครื่องมือบันทึกผลตอบสนองของร่างกาย*
8) สถานีทำงานจำลองการยกของ*
9) นาฬิกาจับเวลา
10) กล่องทดสอบ 3 ขนาด กว้างxยาวxสูง 30x25x25, 40x25x25, 50x25x25 ซม.
11) ตุ้มน้ำหนัก 10, 20 กิโลกรัม

หมายเหตุ 1) * หมายถึง ได้รับการออกแบบและทำการสร้างขึ้นใหม่เพื่อใช้ศึกษาวิจัยนี้

2) รูปของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้แสดงในภาคผนวก ก.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.1 คำอธิบายเพิ่มเติมของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

เครื่องบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ: ประกอบด้วย Polar Sport Tester (ทำหน้าที่รับสัญญาณการเต้นของหัวใจของผู้เข้ารับการทดสอบ) Polar Transmitter (ทำหน้าที่ถ่ายทอดสัญญาณจาก Polar Sport Tester ไปยังตัวบันทึกข้อมูล) และตัวบันทึกข้อมูลทำหน้าที่บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจซึ่งสามารถถ่ายทอดข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ได้ (หน่วยเป็นครั้งต่อนาที)

Dry Gas Meter: **พร้อมชุดหายใจ** (ประกอบด้วยหน้ากากและท่อหายใจ) ทำหน้าที่วัดปริมาณลมหายใจออกของผู้เข้ารับการทดสอบ (หน่วยเป็นลิตร)

Data Logger: อุปกรณ์นี้จะต้องใช้ร่วมกันกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น Dry Gas Meter, Thermocouple, Oxygen Analyzer และ เครื่องวัดความชื้น โดยที่อุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณข้อมูล บันทึกข้อมูล และถ่ายทอดสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์ได้

Thermocouple: ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิของลมหายใจออก (หน่วยเป็นองศาเซลเซียส)

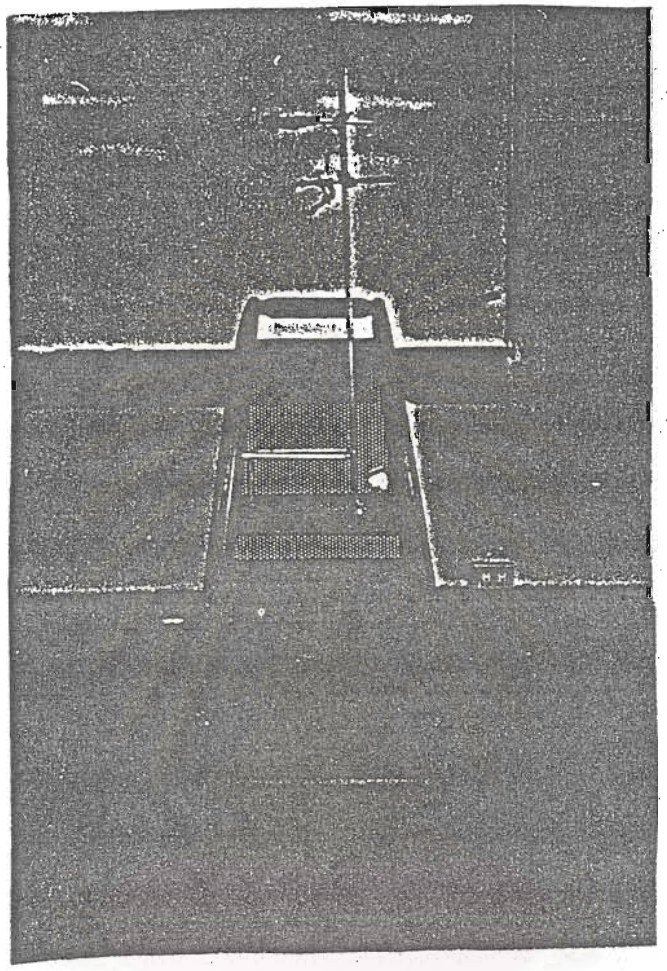
เครื่องวัดความชื้น: ทำหน้าที่วัดความชื้นของลมหายใจออก (หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์)

เครื่องวิเคราะห์ก๊าซออกซิเจน: ใช้วิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในลมหายใจออก (หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์)

ซิลิกาเจล: เพื่อใช้ดูดความชื้นของลมหายใจออกก่อนที่จะเข้า Dry Gas Meter เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องเนื่องจากความชื้นได้

3.3 การออกแบบและติดตั้งเครื่องมือบันทึกผลตอบสนองของร่างกาย

เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ จะได้รับการออกแบบและติดตั้งระบบการทำงานเพื่อใช้ในการบันทึกผลตอบสนองของร่างกายได้อย่างสะดวกและเหมาะสม เครื่องมือที่ได้รับการติดตั้งให้เป็นระบบการทำงานเดียวกันนั้น ได้แก่ Dry Gas Meter พร้อมชุดหายใจ, Data Logger, Thermocouple, เครื่องวัดความชื้น, เครื่องวิเคราะห์ก๊าซออกซิเจน, ซิลิกาเจล ทั้งนี้เครื่องมือบันทึกผลตอบสนองของร่างกายจะถูกติดตั้งบนรถเครื่องมือ เพื่อให้ทำการทดสอบได้สะดวกขึ้น รถเครื่องมือดังกล่าวแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 รถเครื่องมือบันทึกผลตอบสนองของร่างกาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 การออกแบบและสร้างสถานีทำงานจำลองสำหรับงานยกของ

จากการสำรวจข้อมูลสัดส่วนร่างกายของคนงานในอุตสาหกรรมต่างๆ ของ นิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และจากรายงานวิจัยต่างๆ โดยเลือกพิจารณาบางสัดส่วนเพื่อใช้ในการออกแบบสถานีทำงานจำลองสำหรับงานยกของ แสดงได้ตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนร่างกายที่ใช้ในการออกแบบสถานีทำงานจำลองสำหรับงานยกของ

สัดส่วนร่างกาย	ค่าสูงสุด (ซม.)	ค่าต่ำสุด (ซม.)
ความสูงยืน	175	145
ความสูงระดับหัวไหล่	146	118
ความสูงเอว	120	75
ระยะระหว่างศอกทั้งสองข้าง	48	30

เมื่อได้พิจารณาบางสัดส่วนร่างกายเพื่อใช้ในการออกแบบสถานีทำงานจำลองสำหรับงานยกของ สถานีดังกล่าวได้ถูกสร้างขึ้นโดยที่ระดับความสูงของการยกสามารถปรับระดับได้ตามต้องการ รูปที่ 3.2 แสดงสถานีทำงานจำลองสำหรับงานยกของที่ได้สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยนี้

3.5 การทดสอบการปั่นจักรยาน

1) ทำการทดสอบเครื่องมือต่างๆ ให้เรียบร้อย
2) ติดเครื่องบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจให้กับผู้เข้ารับการทดสอบ
3) ให้ผู้ถูกทดสอบนั่งพักจนกระทั่งอัตราการเต้นของหัวใจค่อนข้างคงที่
4) ให้ผู้ถูกทดสอบทำการใส่ชุดหายใจแล้วต่อเข้ากับเครื่องมือบันทึกผลตอบสนองของร่างกายและทดสอบดูอย่าให้มีการรั่วออกมา โดยให้หายใจทางปากเพียงอย่างเดียว
5) ปรับอานนั่งและที่ปั่นของจักรยานทดสอบให้เหมาะสมและสะดวกต่อผู้เข้ารับการทดสอบ
6) วัดความดันบรรยากาศด้วยบารอมิเตอร์ วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของสภาพแวดล้อม
7) เริ่มทำการทดสอบโดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบนั่งเฉยๆ บนอานจักรยานเป็นเวลา 3 นาที
8) ขณะทำการทดสอบระบบบันทึกผลตอบสนองของร่างกายจะทำการเก็บข้อมูลทุก 15 วินาที
9) หลังจากครบ 3 นาทีให้ผู้เข้ารับการทดสอบทำการปั่นจักรยานที่โหลด (load) 10 วัตต์ โดยปั่นด้วยความเร็ว 40 รอบต่อนาทีคงที่ตลอดการทดสอบ
10) ทำการเพิ่มโหลดทีละ 25 วัตต์ ทุกๆ 3 นาที โดยรักษาระดับความเร็วให้คงที่

11) ทำการทดสอบจนกระทั่งอัตราการเต้นของหัวใจของผู้เข้ารับการทสอบถึง 160 ครั้งต่อนาที หรือจนกว่าผู้เข้ารับการทดสอบทำการทดสอบต่อไปไม่ไหวก็ให้หยุดทำการทดสอบทันที

12) หลังจากหยุดปั่นจักรยานแล้วให้ผู้เข้ารับการทดสอบนั่งพักเฉยๆ 3 นาที โดยยังคงทำการเก็บข้อมูลต่อไปจนครบ 3 นาที จึงเลิกทำการทดสอบ

13) ทำการถ่ายข้อมูลต่างๆ จากเครื่องบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ และ Data Logger ลงเครื่องคอมพิวเตอร์ทันที เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหายเนื่องจากแบตเตอร์รี่หมด

14) ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปดำเนินการวิเคราะห์ต่อไป

15) ทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ พร้อมจัดเก็บ

3.6 การทดสอบการทำงานยกของ

1) ทำการทดสอบเครื่องมือต่างๆ ให้เรียบร้อย

2) ติดเครื่องบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจให้กับผู้เข้ารับการทดสอบ

3) ให้ผู้ถูกทดสอบนั่งพักจนกระทั่งอัตราการเต้นของหัวใจค่อนข้างคงที่

4) ให้ผู้ถูกทดสอบทำการใส่ชุดหายใจแล้วต่อเข้ากับเครื่องมือบันทึกผลตอบสนองของร่างกายและทดสอบดูอย่าให้มีการรั่วออกมา โดยให้หายใจทางปากเพียงอย่างเดียว

5) ปรับระดับการยกของสถานีทำงานจำลองในการยกของ ให้ตรงกับระดับความสูงของผู้เข้ารับการทดสอบ

6) วัดความดันบรรยากาศด้วยบารอมิเตอร์ วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาพแวดล้อม

7) เริ่มทำการทดสอบโดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบยืนนิ่งๆ เป็นเวลา 3 นาที

8) ขณะทำการทดสอบระบบบันทึกผลตอบสนองของร่างกายจะทำการเก็บข้อมูลทุก 15 วินาที

9) หลังจากครบ 3 นาที ให้ผู้เข้ารับการทดสอบทำการยกกล่องตามระดับที่กำหนด (ยกจากพื้นไปยังระดับเอว หรือยกจากระดับเอวไปยังระดับไหล่) ด้วยความถี่และน้ำหนักตามแผนการทดลอง เป็นเวลา 20 นาที แผนการทดลองแสดงดังตารางที่ 3.2

10) ถ้าผู้เข้ารับการทดสอบทำการทดสอบต่อไปไม่ไหวก็ให้หยุดทำการทดสอบทันที

11) หลังจากทำงานยกของครบ 20 นาทีแล้วให้ผู้เข้ารับการทดสอบยืนพัก 3 นาที โดยยังคงทำการเก็บข้อมูลต่อไปจนครบ 3 นาที จึงเลิกทำการทดสอบ

12) ทำการถ่ายข้อมูลต่างๆ จากเครื่องบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ และ Data Logger ลงเครื่องคอมพิวเตอร์ทันที เพื่อป้องกันข้อมูลสูญหายเนื่องจากแบตเตอร์รี่หมด

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

13) ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปดำเนินการวิเคราะห์ต่อไป

14) ทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ พร้อมจัดเก็บ

หมายเหตุ ก่อนทำการทดสอบยกของ จะต้องลองให้ผู้ถูกทดสอบทดลองก่อนและสอบถามความรู้สึก ถ้ารู้สึกว่าไม่ไหวหรือหนักเกินไปจะไม่ฝืนทำการทดลองนั้น

3.7 การกำหนดระดับของตัวแปรต่าง ๆ

3.7.1 ขนาดรูปร่างและน้ำหนักของกล่องที่ใช้ในการทดสอบ

ขนาดรูปร่างและน้ำหนักของกล่องพิจารณาจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ จากมาตรฐานอุตสาหกรรม จากงานวิจัยของต่างประเทศ (Ayoup et al, 1980; Snook, 1987) และจากการสำรวจขนาดของกล่องที่มีใช้ในตลาด ซึ่งสามารถกำหนดขนาดของกล่องที่ใช้ในการศึกษาวิจัยได้ดังนี้

รูปร่างของกล่องที่ใช้มีรูปทรงสี่เหลี่ยม

ขนาดของกล่อง (ความกว้าง) มี 3 ระดับ ได้แก่ 30,40 และ50 ซม.

น้ำหนักกล่องที่จะยก มี 2 ระดับ ได้แก่ 10 และ 20 กิโลกรัม

3.7.2 ความถี่ของการยก

ความถี่ที่ศึกษา จะพิจารณาจากงานวิจัยของต่างประเทศ (Ayoup et al, 1980; Snook, 1987) และจากการสังเกตความเร็วในการทำงานของคนงานในโรงงานอุตสาหกรรม และจากการลองทดลองประกอบกัน และสามารถสรุปได้ว่าความถี่ของการยกที่เลือกศึกษา มี 2 ระดับ ได้แก่ 15 วินาที/ครั้ง หรือ 4 ครั้ง/นาทีและ 30 วินาที/ครั้ง หรือ 2 ครั้ง/นาที

3.7.3 ระดับการยก

ระดับของการยก พิจารณาจากการสังเกตการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมและงานวิจัยต่างประเทศ (Ayoup et al, 1980; Snook, 1987) ในการศึกษานี้ศึกษาระดับการยก 2 ระดับ ได้แก่ ยกจากพื้นถึงเอว และยกจากเอวถึงหัวไหล่

ตารางที่ 3.2 แผนการการทดสอบการทำงานยกของ

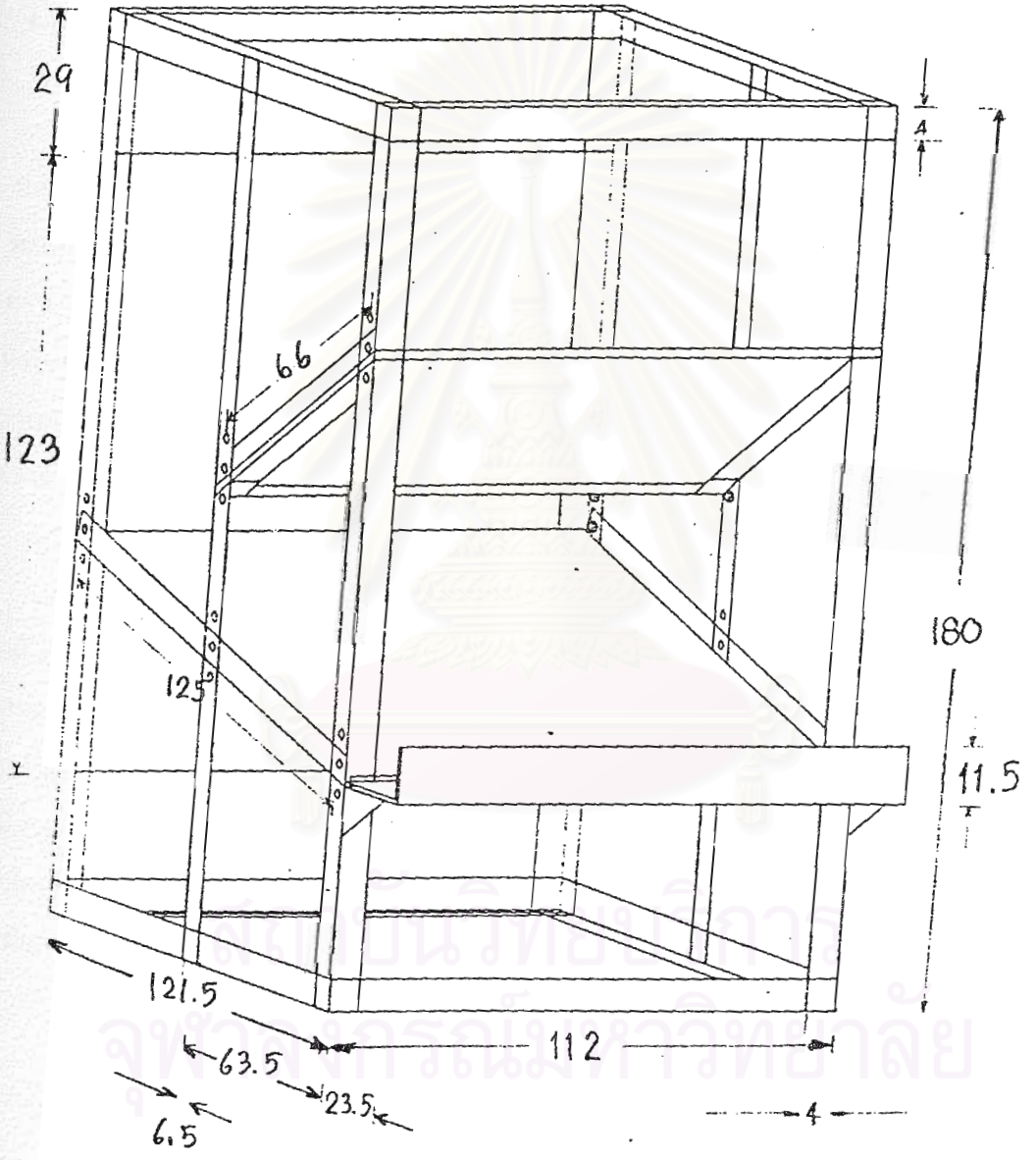
ระดับการยก													
	ขนาดของกล่อง (ซม.)	30				40				50			
	น้ำหนักกล่อง (กก.)	10		20		10		20		10		20	
	ความถี่ (วินาที/ครั้ง)	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30
พื้น-เอว													
เอว-หัวไหล่													

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของวิธีการเก็บข้อมูลการทดสอบการยกของ

นาทีที่	ผู้ถูกทดสอบ	ผู้ช่วยวิจัย
0-3	ยืนนิ่งๆ	- กดปุ่มอุปกรณ์ทุกอย่างให้เริ่มทำการวัดและ/หรือบันทึกผลพร้อมกัน อุปกรณ์ดังกล่าวได้แก่ นาฬิกาจับเวลา เครื่องวัดและบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ Data Logger, Dry Gas Meter พร้อมทั้งบันทึกลงในตารางเก็บข้อมูล (ภาคผนวก ง.)
3-23	ยกกล่องตามระดับและความถี่ตามที่กำหนด	- จดบันทึกข้อมูลทุกๆ 15 วินาที
23-26	ยืนนิ่งๆ	- กดปุ่มอุปกรณ์ต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นให้หยุดการทำงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 สถานีทำงานจำลองสำหรับงานยกของ

บทที่ 4

ผลการทดลอง

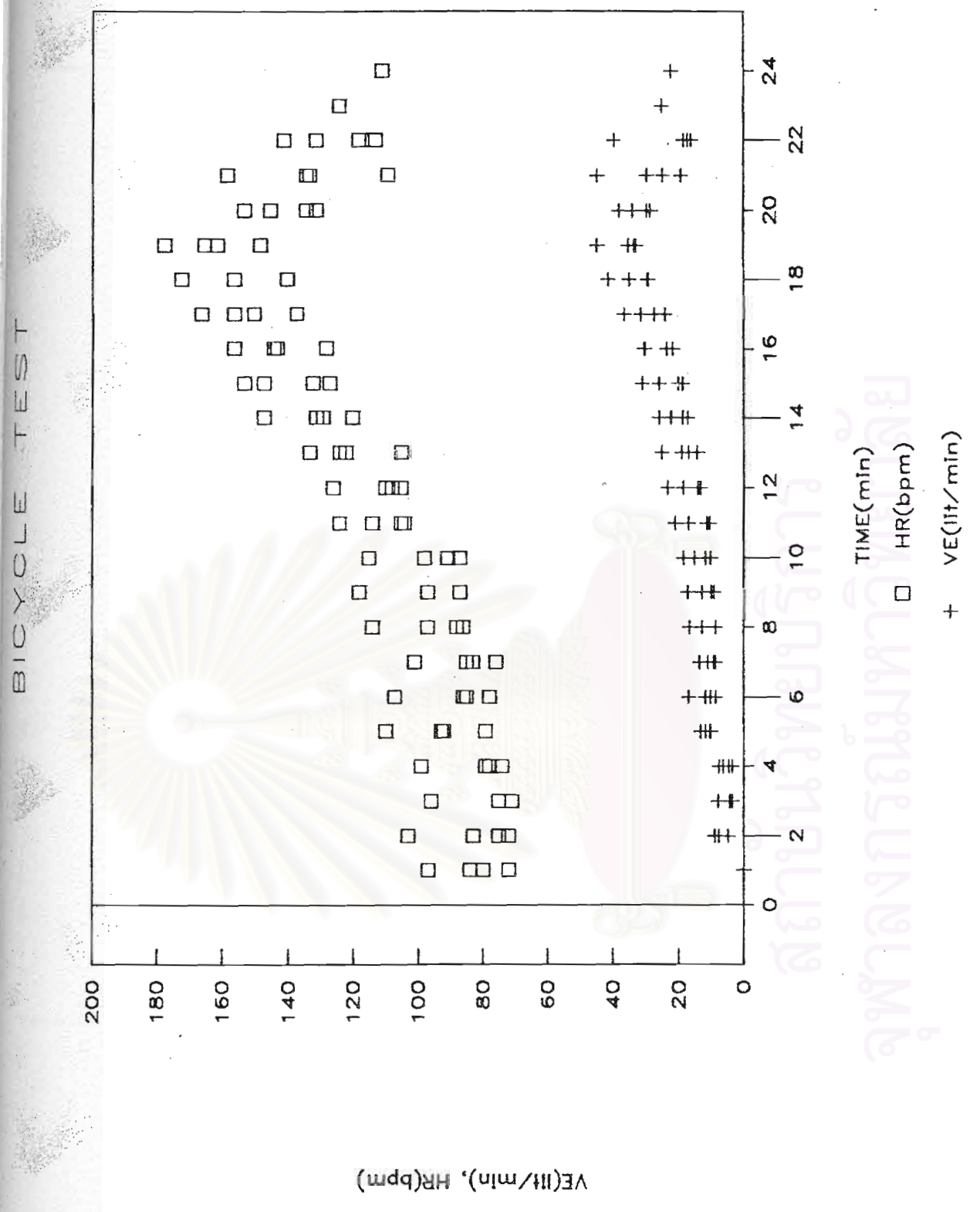
4.1 การปั่นจักรยานทดสอบ

ข้อมูลผลการปั่นจักรยานทดสอบของนิสิตชาย คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 20-23 ปี จำนวน 2 คน และกราฟแสดงผลการทดลองต่างๆ ของผู้เข้าทดสอบแต่ละการทดลองแสดงในภาคผนวก ค-1 และรูปที่ ค-1 ถึง รูปที่ ค-16 ส่วนรูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลมหายใจออก (VE) หน่วยเป็นลิตรต่อนาที** และอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) หน่วยเป็นครั้งต่อนาทีกับเวลาในการปั่นจักรยานทดสอบ โดยแกนนอนแสดงเวลา แกนตั้งแสดงค่า HR และ VE รูปที่ 4.2 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง HR กับ VE โดยแกนตั้งเป็นค่า VE และแกนนอนเป็นค่า HR

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าค่าเมื่อเริ่มต้นการทดลองในนาทีที่ 0-3 ค่า VE และ HR มีค่าปกติ แต่เมื่อมีการปั่นจักรยาน ค่าทั้งสองจะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป (ภาระงานเพิ่มขึ้น) เมื่อหยุดการทดลองและให้ผู้ถูกทดสอบนั่งพัก ค่า VE และ HR จะเริ่มลดต่ำลง จะเห็นได้ว่า ค่าทั้งสองแปรผันตามกัน มีผู้วิจัยหลายท่านได้ใช้อัตราการเต้นของหัวใจแสดงถึงการตอบสนองต่อภาระงาน แต่จะมีความไวมากต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้นเช่น อุณหภูมิ ความร้อน แสง เสียง เป็นต้น ดังนั้นในการทำการทดลองจึงต้องมีการสังเกตสภาพแวดล้อมด้วย ซึ่งจากการทดลองนี้สามารถยืนยันได้ว่าค่า VE แปรผันตามค่า HR ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าสามารถใช้ค่า VE เป็นดัชนีบ่งชี้ภาระงานได้อีกวิธีทางหนึ่ง

จากรูปที่ 4.2 ได้แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่า VE กับ HR เมื่อมีภาระงานปั่นจักรยาน และเมื่อทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์พบว่า $r = 0.9306$ ซึ่งมีค่าสูง (ค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง 100 เปอร์เซ็นต์) เมื่อนำมาสร้างสมการจะได้ดังสมการที่ 4.1

หมายุหตุ ** เป็นค่าที่อ่านได้จากเครื่องซึ่งวัดเป็นค่าสะสม



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลมหายใจออก (VE) หน่วยเป็นลิตรต่อนาทีและอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) หน่วยเป็นครั้งต่อนาทีกับเวลาในการปั่นจักรยานทดสอบ

รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง HR กับ VE

VE = 0.3573 X (HR) - 22.9117.....(4.1)

เมื่อ VE คือ ปริมาณลมหายใจออก (ลิตรต่อนาที)

HR คือ อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)

รังสิมา (2535) ได้ทำการทดลองหาความสามารถสูงสุดในการทำงานของนิสิตชายคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และได้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้ออกซิเจนและอัตราการเต้นของหัวใจ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 4.2 โดยที่ r = 0.8591

VO2 = 0.014925 X (HR) – 0.94839.....(4.2)

เมื่อ VO2 คือ ปริมาณลมหายใจออก (ลิตรต่อนาที)

HR คือ อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งต่อนาที)

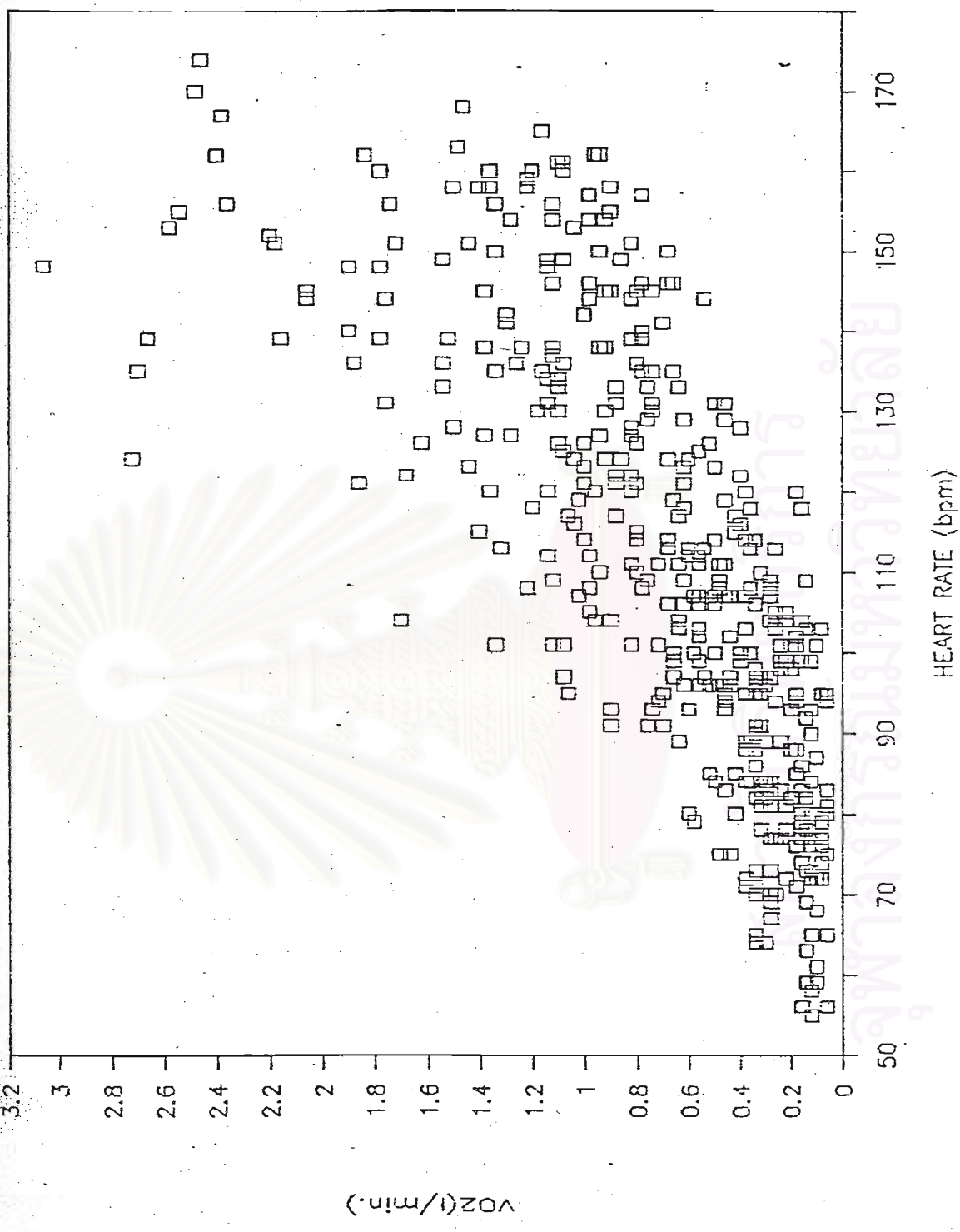
เมื่อคูณสมการที่ 4.2 ด้วย 24 จะได้ดังสมการที่ 4.3

24(VO2) = 0.35820 X (HR)- 22.76136.....(4.3)

จากสมการที่ 4.1 และ 4.3 จะสังเกตได้ว่า พจน์ทางขวามือทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจประมาณการได้ว่า

VE = 24(VO2).....(4.4).

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้ออกซิเจนและอัตราการเต้นของหัวใจเพื่อหาความสามารถสูงสุดในการทำงานของนิสิตชายคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (รังสิมา, 2535)

4.1.1 การหาความสามารถสูงสุดในการทำงาน

การหาค่าความสามารถสูงสุดในการทำงานหาได้ดังต่อไปนี้

Astrand and Rodahl (1977) สรุปไว้ว่าที่อัตราการเต้นของหัวใจมีค่าเท่ากับ 220-อายุ (ปี) จะให้ค่าปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2max) ในการศึกษาวิจัยนี้ ผู้ถูกทดสอบที่เป็นนิสิต 2 คน มีอายุ 21 และ 22 ตามลำดับ นำอายุดังกล่าวแทนค่าลงในสมการที่ 4.1 เมื่อได้ค่า VE แล้วนำไปแทนในสมการที่ 4.4 ดังต่อไปนี้

(1) ผู้ถูกทดสอบที่อายุ 21 ปี

1.1 220-21 = 199

1.2 VE = 0.3573 X (199) - 22.9117

1.3 VO2max = VE/24 = 2.0079 ลิตรต่อนาที

(2) ผู้ถูกทดสอบที่อายุ 22 ปี

1.1 220-21 = 198

1.2 VE = 0.3573 X (198) - 22.9117

1.3 VO2max = VE/24 = 1.9930 ลิตรต่อนาที

เพื่อความสะดวกในการนำค่าความต้องการใช้ออกซิเจนสูงสุดไปใช้ จึงอาจสรุปได้ว่าความสามารถสูงสุดในการทำงานของนิสิตผู้ถูกทดสอบเมื่อใช้ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นดัชนี มีค่าประมาณ 2 ลิตรต่อนาที ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาความต้องการใช้พลังงานได้ ตามปกติแล้วปริมาณการใช้ออกซิเจน 1 ลิตรมีค่าเท่ากับพลังงาน 5 กิโลแคลอรี่ ดังนั้นความสามารถสูงสุดในการทำงานโดยใช้พลังงานเป็นดัชนี มีค่าเท่ากับ 2 x 5 หรือ 10 กิโลแคลอรี่ต่อนาที เมื่อคิดเป็นเวลาทำงานแบบต่อเนื่อง 8 ชั่วโมง จะมีค่าเท่ากับ 10 x 8 x 60 หรือ 4800 กิโลแคลอรี่

4.2 การทดสอบการทำงานยกของ

ข้อมูลของผลการทดสอบการทำงานยกของของนิสิตชาย คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 20-23 ปี จำนวน 2 คน และผลการทดสอบการทำงานยกของของคนงานจากโรงงานผลิตไม้จิ้มฟันในกรุงเทพมหานคร จำนวน 1 คน ได้แสดงในภาคผนวก ค-2 เนื่องจากนิสิตไม่มีความคุ้นเคยกับการทำงานยกของ ดังนั้นเพื่อป้องกันการบาดเจ็บของร่างกายจึงให้ทำการทดสอบเฉพาะการยกของจากระดับพื้นถึงเอว ส่วนคนงานจะถูกทดสอบที่ 2 ระดับ ได้แก่ ระดับพื้นถึงเอว และระดับเอวถึงไหล่

จากข้อมูลในภาคผนวก ค-2 ได้มีการหาอัตราการฟื้นตัวจากการทำงาน (% of Recovery) และมีการหาค่าเฉลี่ยของ VE ** และ HR ดังแสดงในตารางที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของ VE**, HR, %Recovery ของการทำงานยกของจากพื้นถึงเอว : นิสิตคนที่ 1

ระดับการยก													
	ขนาดของกล่อง (ซม.)	30				40				50			
	น้ำหนักกล่อง (กก.)	10		20		10		20		10		20	
	ความถี่ (วินาที/ครั้ง)	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30
พื้น-เอว	HR	118	108	141	126	117	118	152	138	133	113	148	121
	VE**-	3.8	2.7	5.6	3.4	3.5	3.1	5.4	3.8	4.2	2.7	5.2	3.5
	% Recovery	63	58	28	36	57	10	20	20	29	22	29	17

หมายเหตุ ** หมายถึง เป็นค่าที่อ่านจากเครื่องโดยตรงที่นาทีที่ N – ค่าที่อ่านได้ที่นาทีที่ N-1

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของ VE**, HR, %Recovery ของการทำงานยกของจากพื้นถึงเอว: นิสิตคนที่ 2

ระดับการยก													
	ขนาดของกล่อง (ซม.)	30				40				50			
	น้ำหนักกล่อง (กก.)	10		20		10		20		10		20	
	ความถี่ (วินาที/ครั้ง)	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30
พื้น-เอว	HR	130	125	138	126	124	121	148	143	133	119	149	112
	VE**	4.7	3.2	6.5	4.5	4.6	3.4	6.3	4.1	5.2	3.2	7.0	4.3
	% Recovery	43	43	51	41	40	73	28	31	53	31	28	57

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของ VE**, HR, %Recovery ของการทำงานยกของจากพื้นถึงเอว : คนงาน

ระดับการยก													
	ขนาดของกล่อง (ซม.)	30				40				50			
	น้ำหนักกล่อง (กก.)	10		20		10		20		10		20	
	ความถี่ (วินาที/ครั้ง)	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30
พื้น-เอว	HR	101	93	***	***	***	88	***	***	102	90	117	109
	VE**	3.4	3.1	5.1	3.2	3.9	3.0	5.2	3.6	3.8	3.3	5.5	4.0
	% Recovery	20	21							53	50	27	14

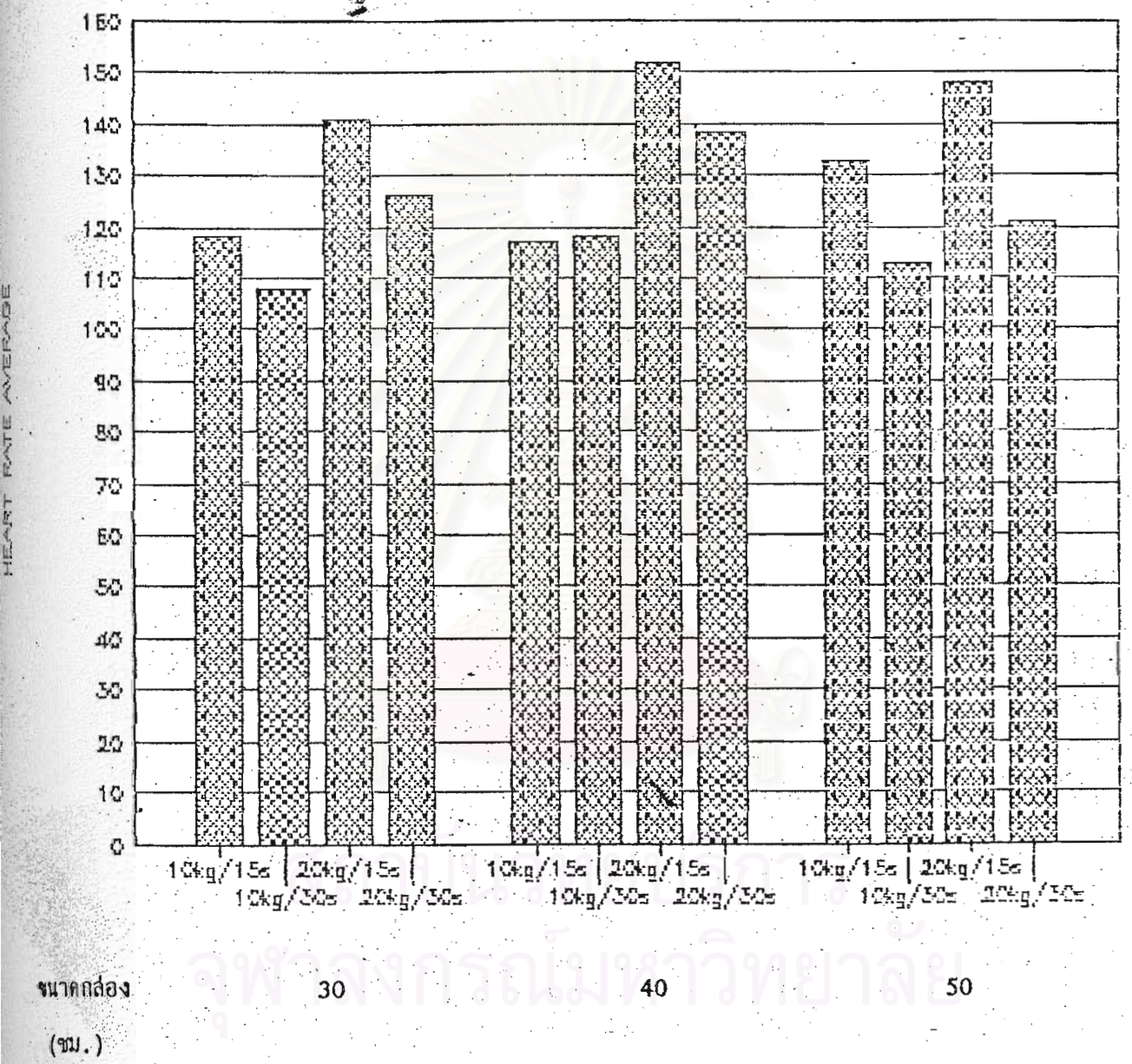
หมายเหตุ *** หมายถึง ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้เนื่องจากปัญหาของเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ แต่สามารถเก็บข้อมูลปริมาณลมหายใจออก จึงไม่ทำการทดลองใหม่

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยของ VE**, HR, %Recovery ของการทำงานยกของจากเอวถึงไหล่ : คนงาน

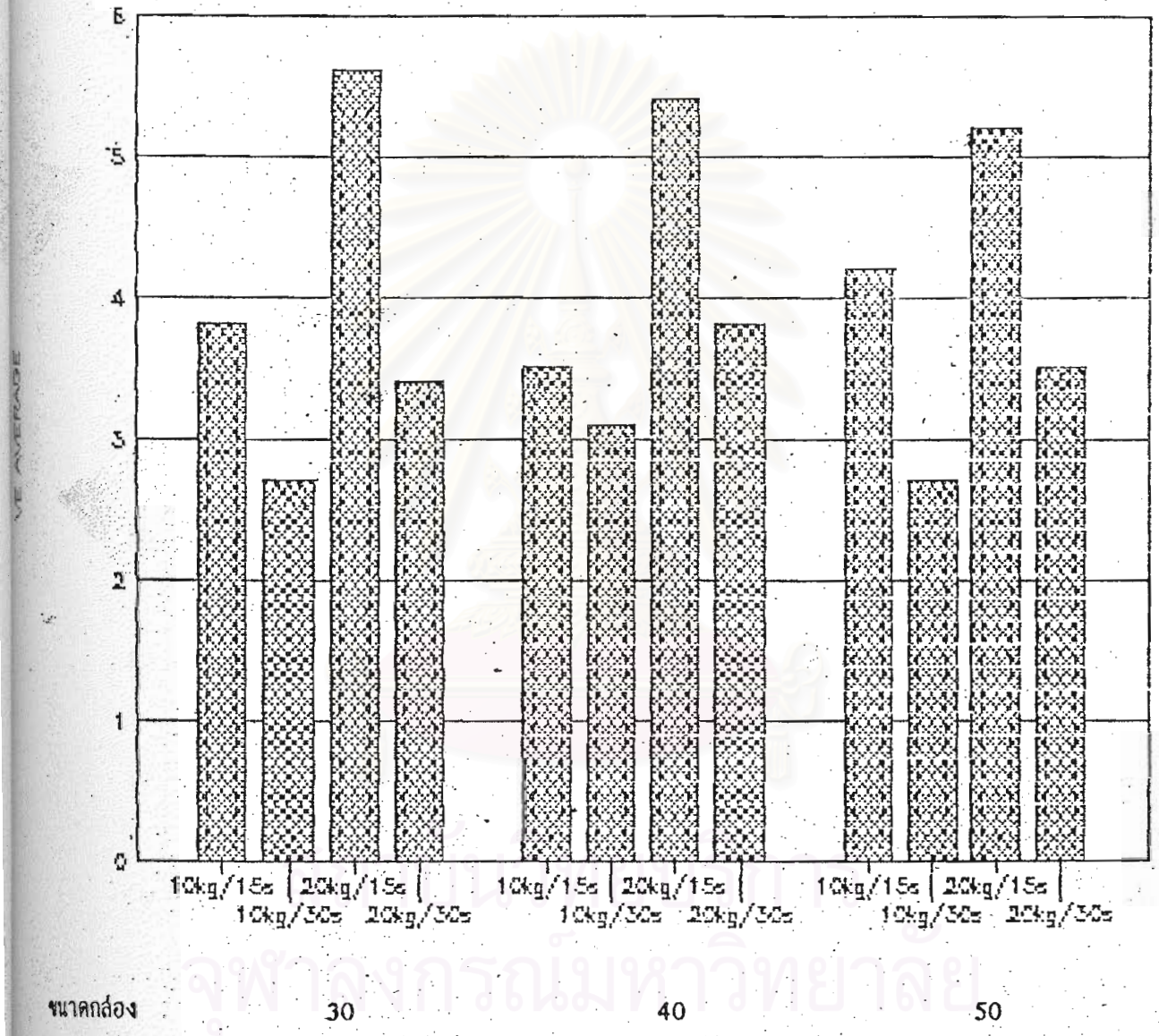
ระดับการยก	ขนาดของกล่อง (ซม.)	30				40				50			
	น้ำหนักกล่อง (กก.)	10		20		10		20		10		20	
	ความถี่ (วินาที/ครั้ง)	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30
เอว-ไหล่	HR	93	88	109	90	96	88	104	89	87	87	97	91
	VE**	3.2	2.4	4.0	3.2	2.8	2.4	4.3	2.8	2.5	2.5	4.1	2.8
	% Recovery	18	20	28	38	25	73	54	23	41	80	65	17

จากตารางที่ 4.1 สามารถแสดงได้ด้วยกราฟดังรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ รูปที่ 4.1 แสดงอัตราการเต้นของหัวใจของนิสิตคนที่ 1 ที่ภาระงานต่างๆ รูปที่ 4.2 แสดงปริมาณลมหายใจออกของนิสิตคนที่ 1 ที่ภาระงานต่างๆ รูปที่ 4.3 แสดงอัตราการฟื้นตัวเมื่อทำงานที่ภาระงานต่างๆ ทำนองเดียวกัน ตารางที่ 4.2 สามารถแสดงได้ด้วยกราฟดังรูปที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 แสดงอัตราการเต้นของหัวใจของนิสิตคนที่ 2 ที่ภาระงานต่างๆ แสดงปริมาณลมหายใจออกของนิสิตคนที่ 2 ที่ภาระงานต่างๆ และแสดงอัตราการฟื้นตัวเมื่อทำงานที่ภาระงานต่างๆ ตามลำดับ

สำหรับรูปที่ 4.7, 4.8 และ 4.9 ได้จากตารางที่ 4.3 ซึ่งเป็นผลการทดสอบของคนงาน ทำการยกจากที่ความสูงระดับพื้นมาที่ระดับเอว ส่วนรูปที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 เป็นผลการทดสอบของคนงาน คนเดิมแต่ทำการยกจากระดับเอวมาที่ความสูงระดับไหล่

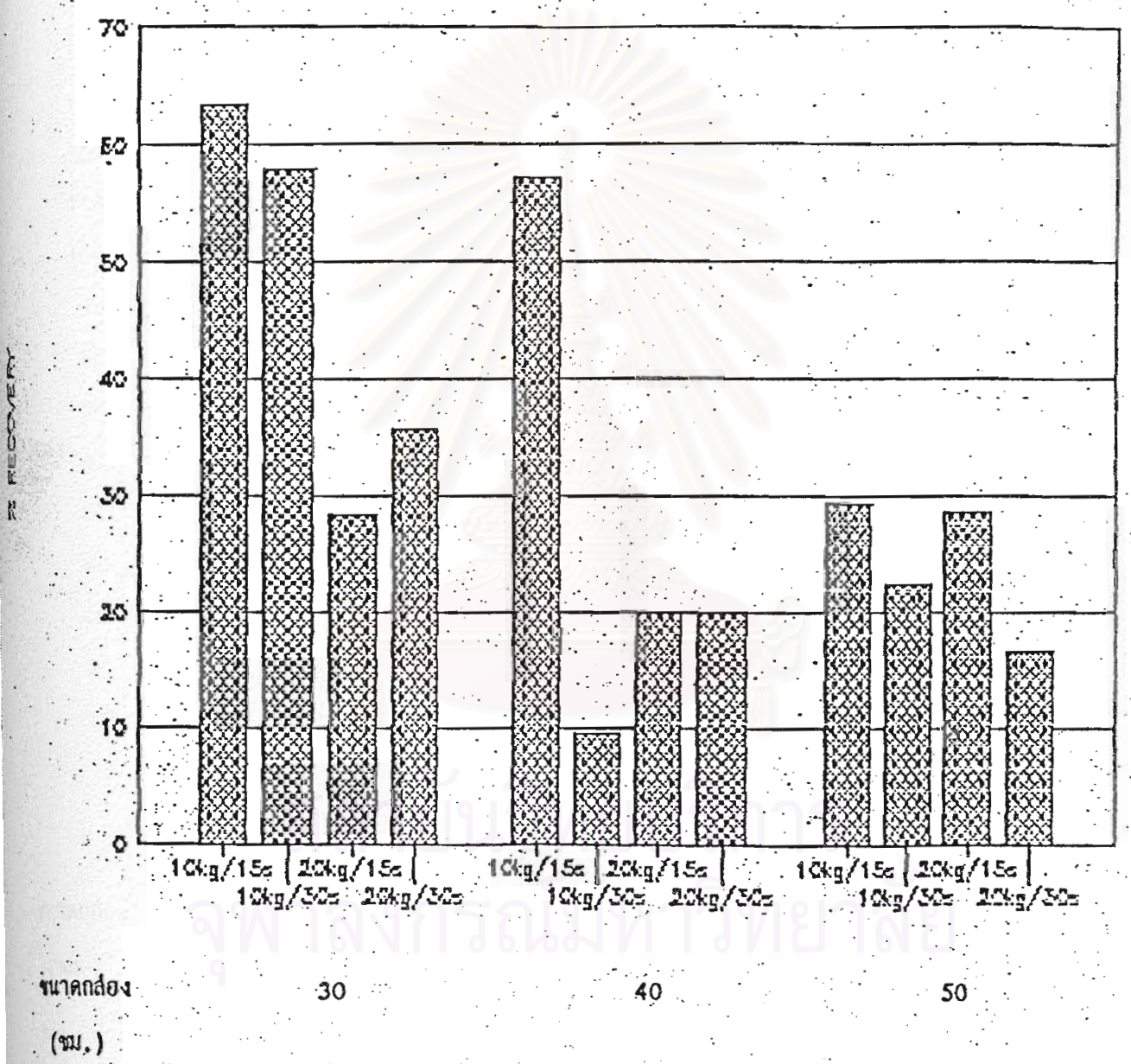


รูปที่ 4.4 อัตราการเต้นของหัวใจของนิสิตคนที่ 1 ที่ภาระงานต่างๆ

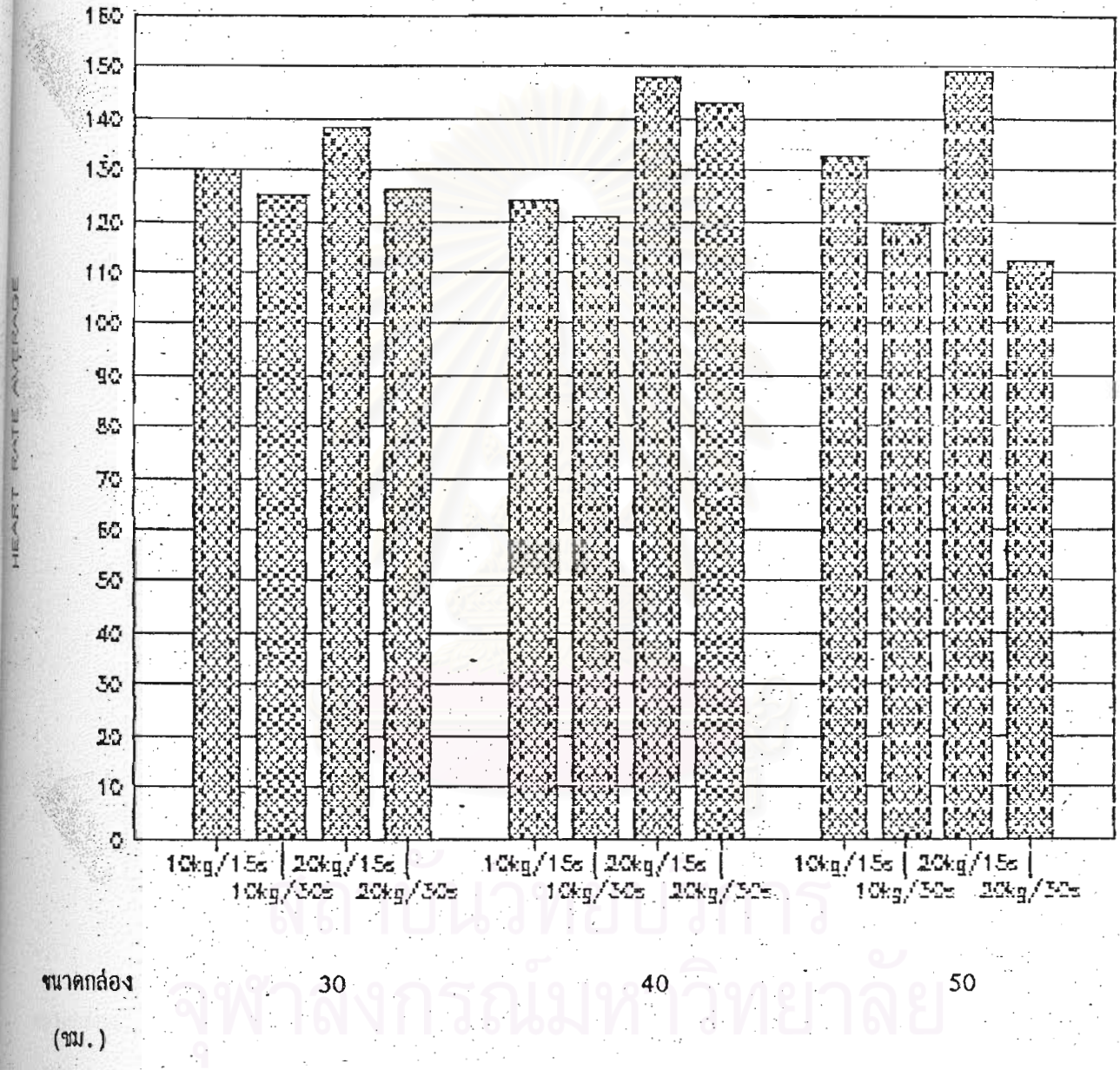


รูปที่ 4.5 ปริมาณลมหายใจออกของนิสิตคนที่ 1 ที่ภาระงานต่างๆ

I18351387

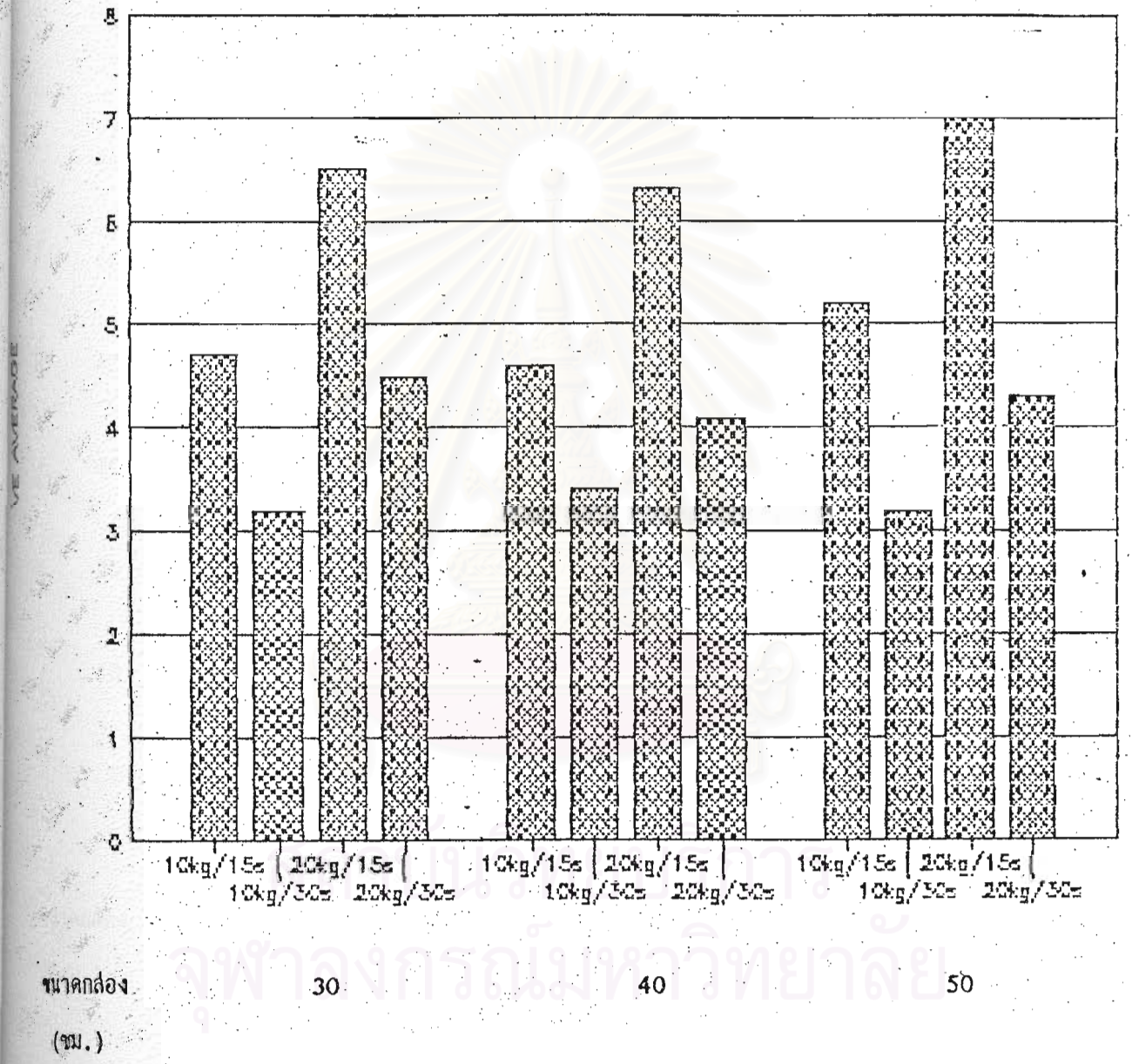


รูปที่ 4.6 อัตราการฟื้นตัวของนิสิตคนที่ 1 เมื่อทำงานที่ภาระงานต่างๆ

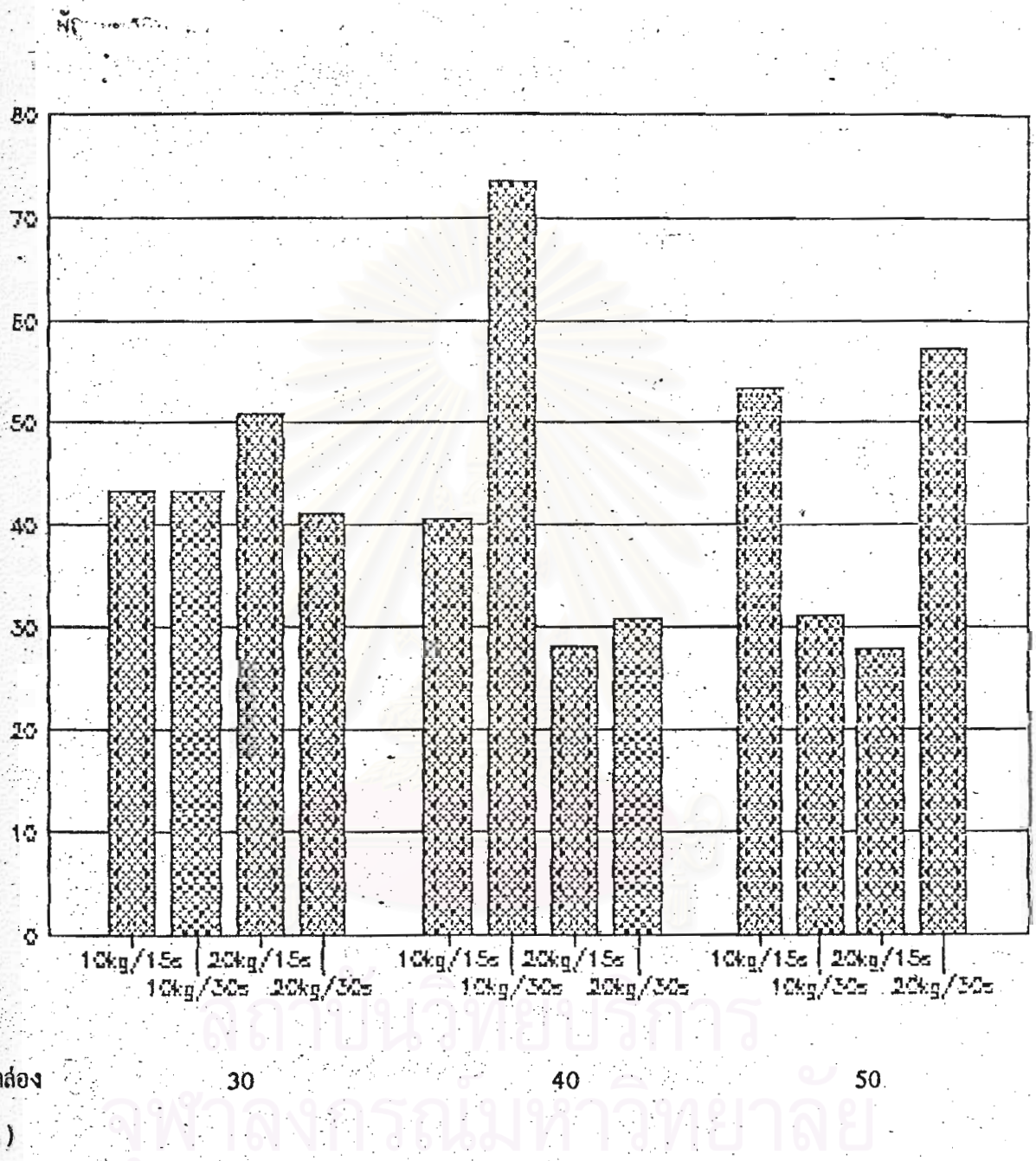


รูปที่ 4.7 อัตราการเต้นของหัวใจของนิสิตคนที่ 2 ที่ภาระงานต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

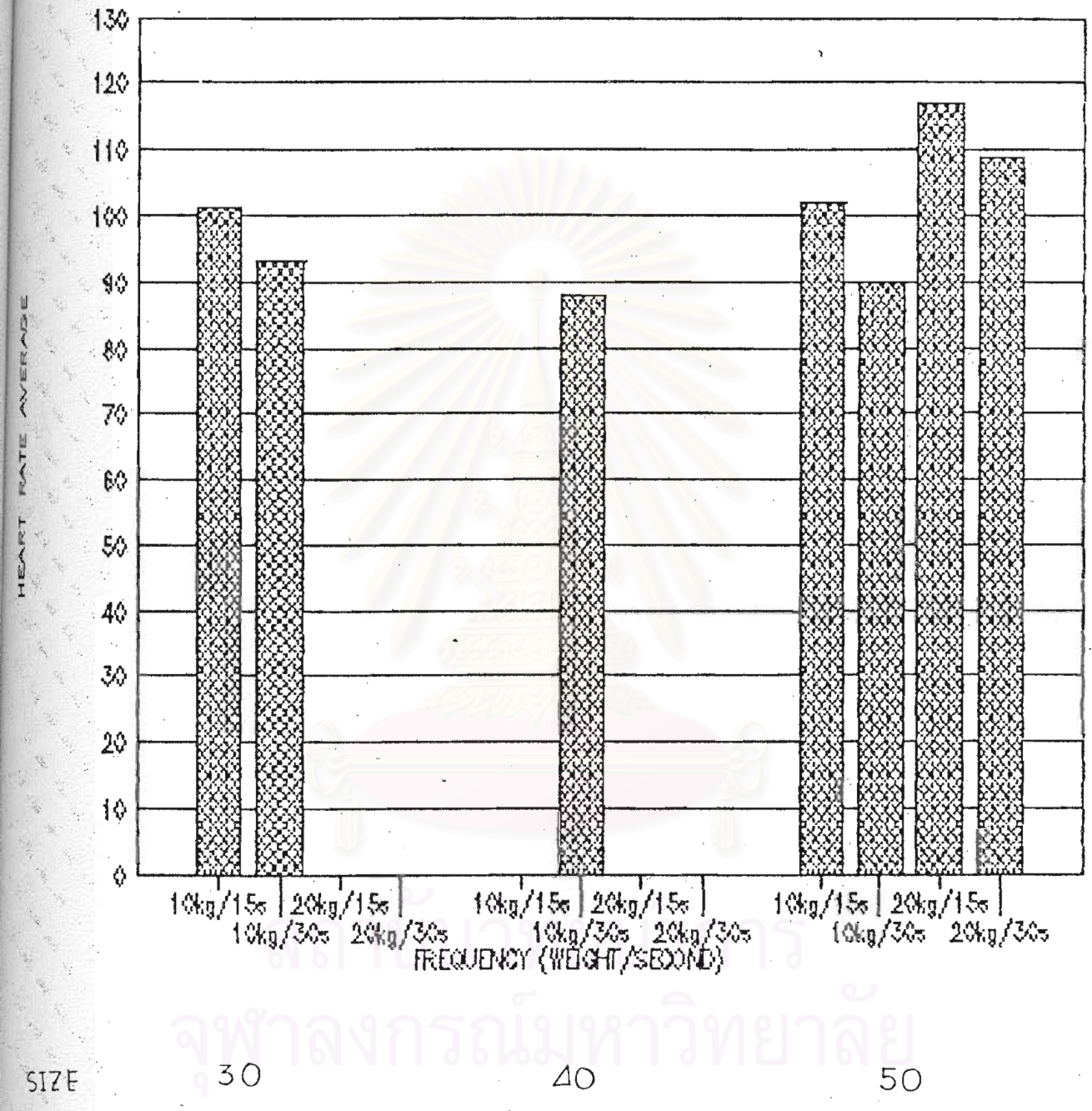


รูปที่ 4.8 ปริมาณลมหายใจออกของนิสิตคนที่ 2 ที่ภาระงานต่างๆ

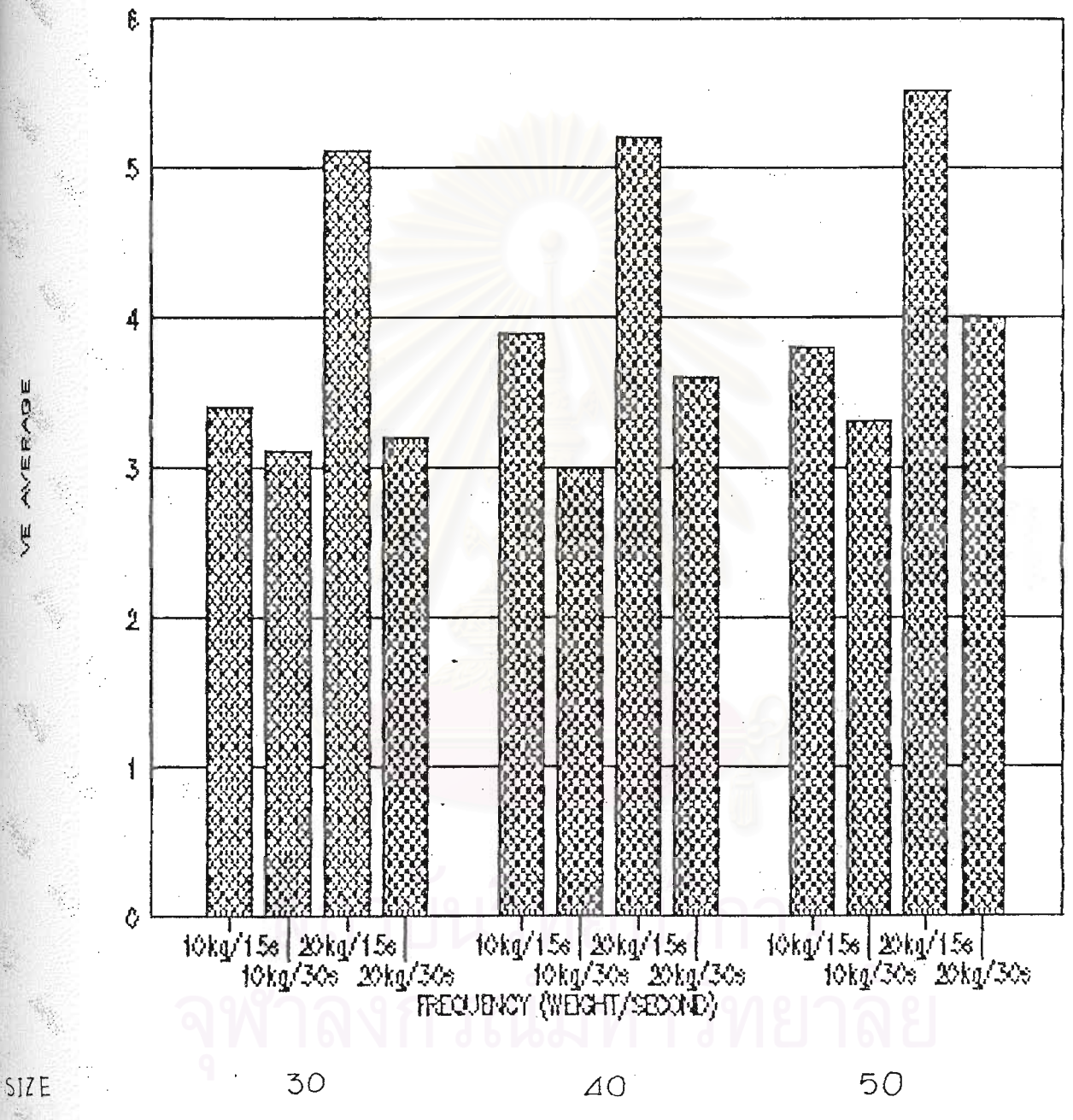


รูปที่ 4.9 อัตราการฟื้นตัวของนิสิตคนที่ 2 เมื่อทำงานที่ภาระงานต่างๆ

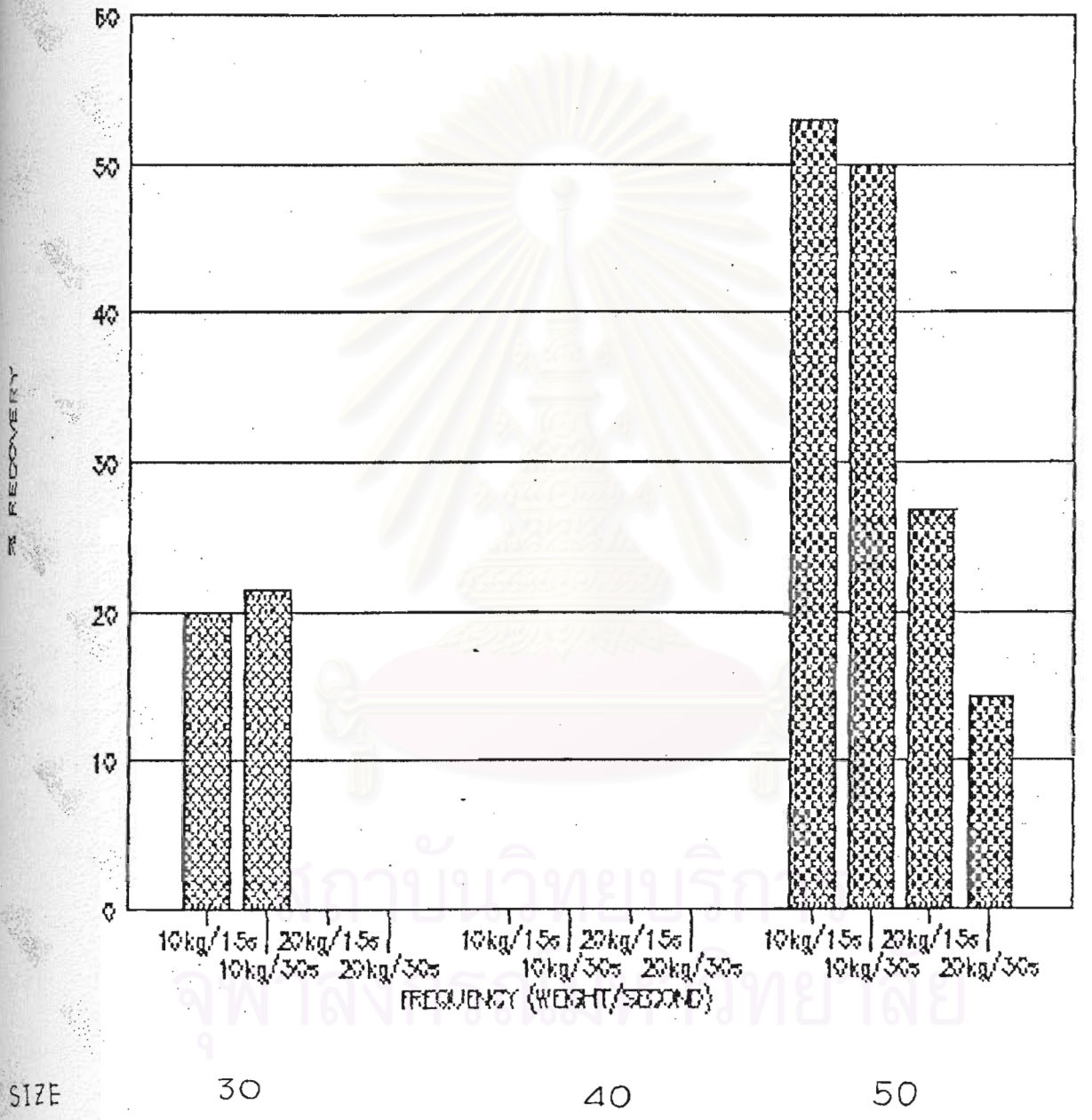
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



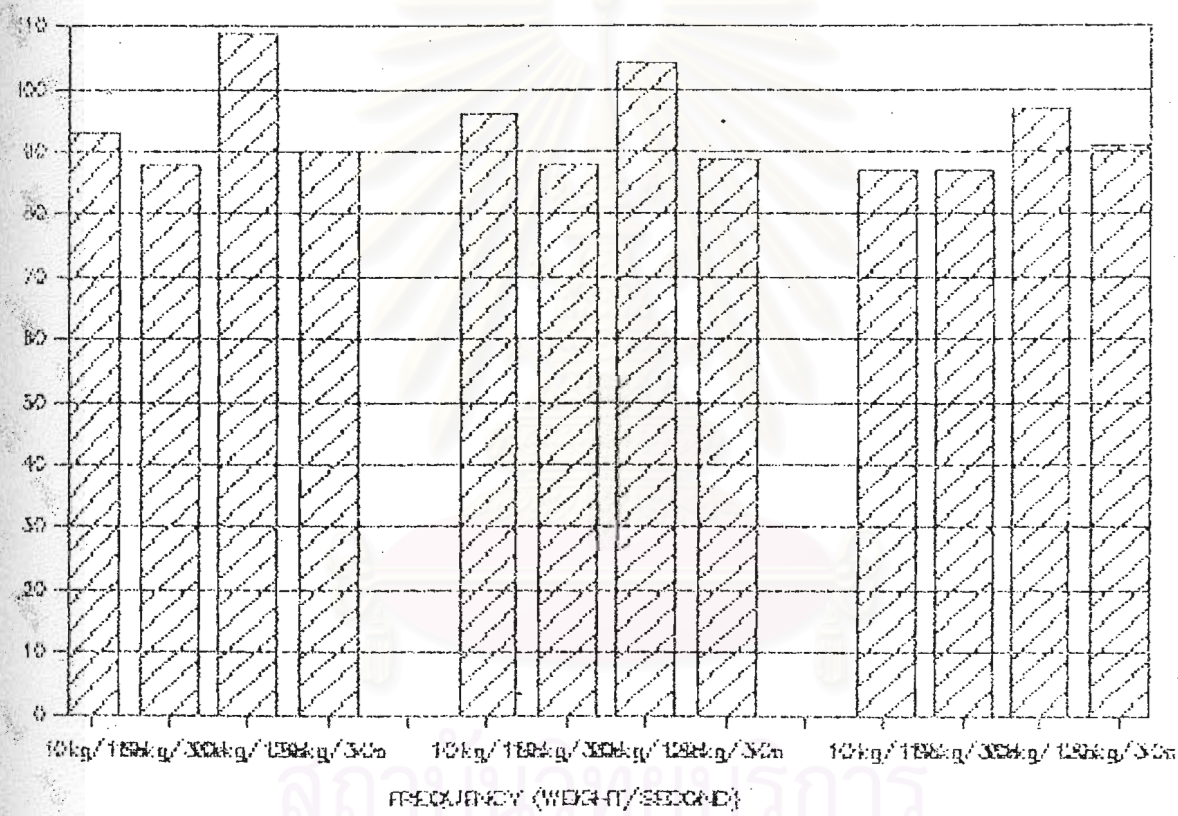
รูปที่ 4.10 อัตราการเต้นของหัวใจของคนงาน (ยกจากระดับพื้นถึงเอว) ที่ภาระงานต่างๆ



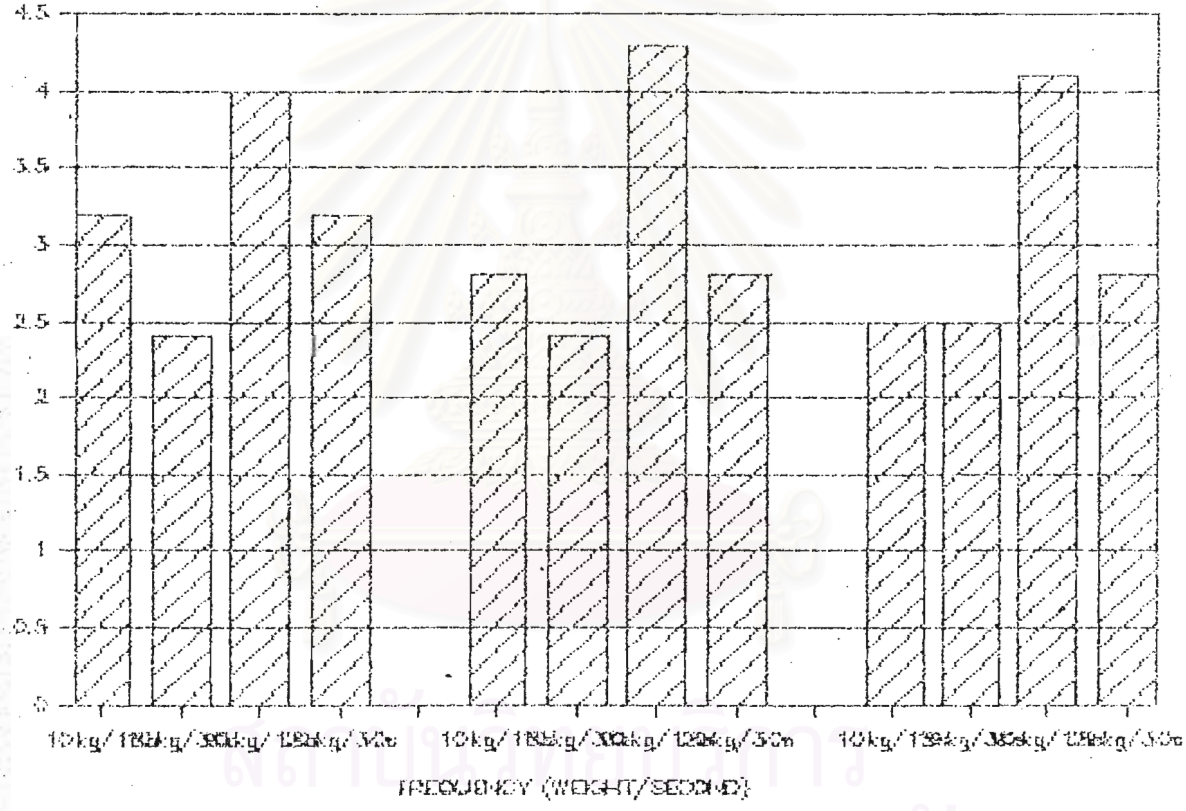
รูปที่ 4.11 ปริมาณลมหายใจออกของคนงาน (ยกจากระดับพื้นถึงเอว) ที่ภาระงานต่างๆ



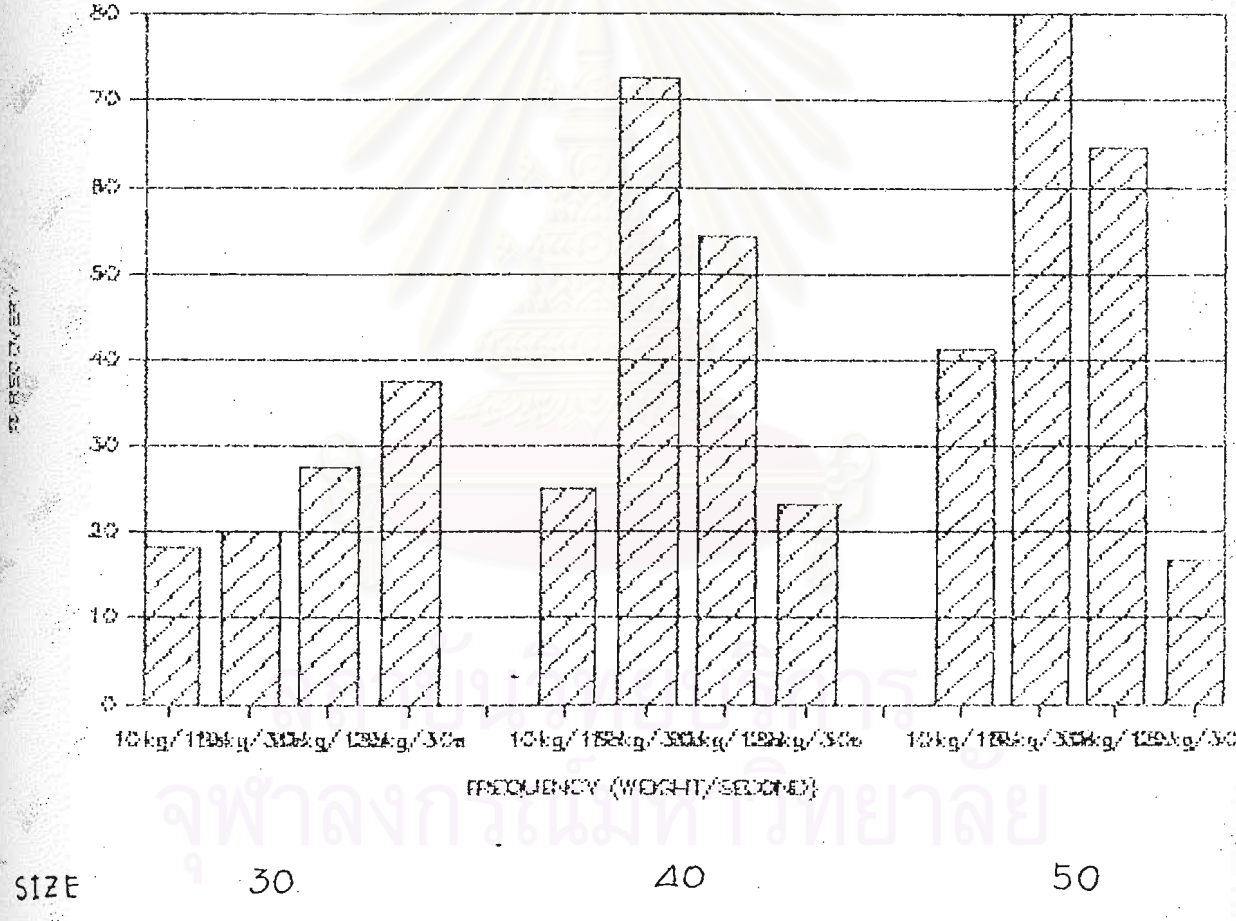
รูปที่ 4.12 อัตราการฟื้นตัวของคนงาน (ยกจากระดับพื้นถึงเอว) ที่ภาระงานต่างๆ



รูปที่ 4.13 อัตราการเต้นของหัวใจของคนงาน (ยกจากระดับเอวถึงไหล่) ที่ภาระงานต่างๆ



รูปที่ 4.14 ปริมาณลมหายใจออกของคนงาน (ยกจากระดับเอวถึงไหล่) ที่ภาระงานต่างๆ



รูปที่ 4.15 อัตราการฟื้นตัวของคนงาน (ยกจากระดับเอวถึงไหล่) ที่ภาระงานต่างๆ

จากรูปที่ 4.1 ถึง 4.12 ดังกล่าว พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจและปริมาณลมหายใจออก สามารถแสดงแนวโน้มว่าที่ภาระงาน 20 กิโลกรัมและความถี่ 4 ครั้งต่อนาที (15วินาทีต่อการยก 1 ครั้ง) เป็นภาระที่หนักที่สุด ส่วนภาระงาน 10 กิโลกรัมและความถี่ 2 ครั้งต่อนาที (30 วินาทีต่อการยก 1 ครั้ง) เป็นภาระงานที่เบาที่สุด ส่วนภาระงานที่น้ำหนัก 10 กิโลกรัมและมีความถี่ในการยก 4 ครั้งต่อนาทีมีค่าใกล้เคียงกันกับภาระงานที่มีน้ำหนัก 20 กิโลกรัมและมีความถี่ในการยก 2 ครั้งต่อนาที โดยที่ไม่ได้แสดงผลในเรื่องขนาดของกล่องกับภาระงานอย่างชัดเจน เมื่อทำการพิจารณาถึงอัตราการฟื้นตัวหลังการทำงานที่ภาระงานต่างๆ กันนั้นก็ยังไม่สามารถให้ผลได้ชัดเจนเกี่ยวกับน้ำหนักและความถี่ของการยก แต่แสดงแนวโน้มว่าเมื่ออัตราการฟื้นตัวมีค่าต่ำลงเมื่อกล่องที่ยกมีขนาดใหญ่ขึ้น

4.2.1 การคำนวณหาความต้องการใช้ออกซิเจนสำหรับงานยกของ

การคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความต้องการใช้ออกซิเจนของการทำงานยกของนาน 20 นาที ในการศึกษานี้จะแทนค่าอัตราการเต้นของหัวใจแฉลี่ยจากการทำงานยกของนาน 20 นาที ในสมการที่ 4.3 เนื่องจากว่าไม่มีการหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้ออกซิเจนกับอัตราการเต้นของหัวใจโดยการปั่นจักรยานทดสอบของคนงาน ดังนั้นจะทำการคำนวณเฉพาะผลที่ได้จากนิสิต

จากสมการที่ 4.2 จะได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ความต้องการใช้ออกซิเจนสำหรับงานยกของ (ลิตรต่อนาที)

ขนาดของกล่อง (ซม.)	30				40				50			
น้ำหนักกล่อง (กก.)	10		20		10		20		10		20	
ความถี่ (วินาที/ครั้ง)	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30
นิสิตคนที่ 1	0.81	0.66	1.16	0.93	0.80	0.81	1.32	1.11	1.04	0.74	1.26	0.86
นิสิตคนที่ 2	1.03	0.92	1.11	.093	0.91	0.86	1.26	1.04	1.19	0.82	1.27	0.81

จากค่า VO2max ที่คำนวณได้ประมาณ 2 ลิตรต่อนาทีนั้น เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า VO2max นี้กับค่าที่คำนวณได้ดังตารางที่ 4.5 จะพบว่าค่าที่คำนวณได้ในตารางดังกล่าวมีค่าต่ำกว่า VO2max และจะพบว่าที่น้ำหนัก 20 กิโลกรัมและความถี่ของการยกเท่ากับ 4 ครั้งต่อนาทีนั้น จะต้องมีความต้องการใช้ออกซิเจนสูง โดยที่ขนาดของกล่อง 40 ซม. ให้ผลใกล้เคียงกับที่ขนาดกล่อง 50 ซม. ส่วนที่ขนาด 30 ซม. จะใช้ปริมาณออกซิเจนต่ำกว่าเล็กน้อย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาวิจัย อุปสรรคและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย

5.1.1 ความสามารถสูงสุดในการทำงาน

ความสามารถในการทำงานสูงสุดของร่างกายของแต่ละคนเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถสูงสุดที่ร่างกายของคนๆ นั้นสามารถทำงานได้โดยแสดงในรูปของปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2max) ค่าดังกล่าวหาได้จากสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนกับอัตราการเต้นของหัวใจของคนๆ นั้น โดยที่สมการสร้างขึ้นจากการที่บุคคลนั้นได้ปั่นจักรยานทดสอบ เมื่อได้สมการดังกล่าวแล้วให้แทนค่า (220-อายุ (หน่วยเป็นปี)) ที่ตัวแปร: อัตราการเต้นของหัวใจ ค่าที่คำนวณได้จากสมการจะเป็นปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนสูงสุดของคนๆ นั้น ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ได้ VO2max ของนิสิตทั้งสองคนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าประมาณ 2 ลิตรต่อนาที ซึ่งค่าความสามารถสูงสุดนี้ไม่สามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์ของการออกแบบการทำงานได้โดยตรง แต่ต้องถูกนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการพิจารณาหาขีดจำกัดที่ยอมรับได้ของการทำงานยกของซึ่งอยู่ในหัวข้อถัดไป

5.1.2 ขีดจำกัดที่ยอมรับได้ของการทำงานยกของ

ขีดความสามารถในการทำงาน (Limit) นั้น พิจารณาได้จากความสามารถในการทำงานสูงสุด ผนวกกับปัจจัยอื่นๆ เช่น ค่าเผื่อต่างๆ (Safety Factors) และระยะเวลาในการทำงานจริง มีผู้วิจัยหลายท่านได้เสนอแนวทางของการหาขีดจำกัดที่ยอมรับได้ของการทำงานไว้ดังต่อไปนี้

Blink and Bonjer (1962) และ Lehman (1977) ได้เสนอไว้ว่า สำหรับการทำงาน 8 ชั่วโมง ขีดจำกัดในการทำงานควรมีความต้องการใช้ออกซิเจนไม่เกินกว่า 1/3 ของปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนสูงสุด

Vanwonterghem (1991) และ Michiels (1989) ได้เสนอไว้ดังนี้

ถ้าในการทำงานใช้ปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนน้อยกว่า 50%ของ VO2max จะสามารถยอมรับได้

ถ้าในการทำงานใช้ปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนอยู่ระหว่าง 50% และ 65% ของ VO2max ควรจัดให้มีการหยุดพักระหว่างการทำงาน

ถ้าในการทำงานใช้ปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนมากกว่า 65% ของ VO2max จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขการทำงาน

ถ้าในการทำงานใช้ปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนมากกว่า 100% ของ VO2max ไม่สามารถยอมรับได้

จากงานวิจัยอื่นๆ โดยส่วนใหญ่ ได้กล่าวถึงการกำหนดขีดจำกัดของการทำงานอย่างปลอดภัยไว้ควรมีค่าการใช้พลังงานในการทำงานไม่เกินกว่าร้อยละ 50 ของความสามารถสูงสุดในการทำงาน (Physical Work Capacity, PWC) พลังงานในการทำงานดังกล่าวสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้ออกซิเจนกับพลังงานที่ต้องการใช้ โดยที่ความต้องการใช้ออกซิเจน 1 ลิตรมีค่าเทียบเท่ากับความต้องการใช้พลังงาน 5 กิโลแคลอรี่ ส่วนค่า PWC หาได้จากพลังงานที่ต้องการใช้สูงสุดเทียบเท่าปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งโดยสรุปแล้ว งานวิจัยอื่นๆ ส่วนใหญ่จะสอดคล้องกับความคิดเห็นของ Vanwonterghem (1991) และ Michiels (1989)

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีค่า VO2max ประมาณ 2 ลิตรต่อนาที ดังนั้นตามข้อเสนอแนะของ Blink and Bonjer (1962) และ Lehman (1977) จะได้ว่า ปริมาณการใช้ออกซิเจนไม่ควรเกินกว่า 0.667 ลิตรต่อนาที (หนึ่งในสามของค่า VO2max) สำหรับการทำงาน 8 ชั่วโมง แต่จากงานวิจัยนี้พบว่าค่าความต้องการใช้ออกซิเจนสำหรับงานยกของที่ระดับปัจจัยต่างๆ กันนั้นจะเกินกว่า 0.667 ลิตรต่อนาที ดังนั้นถ้าจะทำตามข้อเสนอแนะของ Blink and Bonjer (1962) และ Lehman (1977) จำเป็นต้องมีการออกแบบการทำงานใหม่ อาจกระทำโดยเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานให้ใช้แรงงานคนน้อยลง หรืออาจจัดให้มีการหยุดพัก เนื่องจากระยะเวลาทำงานที่ให้ผู้ถูกทดสอบยกของในการทำการทดสอบนั้น ใช้เวลาประมาณ 20 นาทีต่อเนื่อง ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าให้ลดระยะเวลาทำงานอย่างต่อเนื่องลงน้อยกว่า 20 นาที เพื่อให้ร่างกายได้ฟื้นตัว

จากตารางที่ 4.5 เมื่อพิจารณาความต้องการใช้ออกซิเจนที่ระดับปัจจัยต่างๆ พบว่าการทำงานที่ใช้พลังงานเกินกว่า 50% ของ VO2maxซึ่งถือว่าเป็นภาระงานที่หนัก ได้แก่

1) น้ำหนักกล่อง 20 กิโลกรัมและความถี่ในการยก 4 ครั้งต่อนาที ของกล่องขนาด 30 40 และ 50 ซม.
2) น้ำหนักกล่อง 10 กิโลกรัม และความถี่ในการยก 4 ครั้งต่อนาที ที่ขนาดของกล่อง 50 ซม.

การทำงานดังกล่าวข้างต้น ควรได้รับการออกแบบงานให้มีการหยุดพักเมื่อมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง อย่างน้อยทุก 20 นาทีของการทำงานอย่างต่อเนื่อง สำหรับลักษณะงานที่ต้องใช้ความถี่ในการยกสูง ควรออกแบบงานให้มีความถี่ในการยกน้อยลง เพื่อให้ร่างกายได้ฟื้นตัว ถ้าไม่สามารถเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและระยะเวลาหยุดพักได้ หรืออาจให้ทำการยกที่น้ำหนักน้อยลงกว่า 20 กิโลกรัม ถ้าสามารถเปลี่ยนแปลงน้ำหนักกล่องที่ยกได้ และจากการทดลองยังสามารถสรุปได้ว่า ขนาดของกล่องที่ยกเมื่อมีขนาดเล็กลง (30 ซม.) จะทำให้อัตราการฟื้นตัวเร็วกว่ากล่องที่มีขนาดใหญ่ แต่อัตราการฟื้นตัวของการยกกล่องขนาด 40 และ 50 ซม. จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

สำหรับเรื่องดัชนีที่ใช้ในการกำหนดขีดจำกัดในการทำงานยกของนั้น นอกจากจะใช้ปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนหรือพลังงานที่ใช้ในการทำงานเป็นดัชนีบ่งบอกถึงขีดจำกัดที่ยอมรับได้ของการยกของแล้วนั้น ยังมีความเป็นไปได้ที่อาจใช้ปริมาณลมหายใจออกหรืออัตราการเต้นของหัวใจเป็นตัวกำหนด เพราะจากการทดลองพบว่าตัวแปรทั้งสองนี้สามารถใช้เป็นผลตอบสนองของร่างกายต่อภาระงานได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวัดอัตราการเต้นของหัวใจสามารถกระทำได้ง่ายและสะดวกในการเก็บข้อมูลเมื่อปฏิบัติจริง สามารถใช้ได้ทั้งกรณีที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลาและหยุดนิ่ง แม้ว่าจะมีข้อโต้แย้งอยู่ว่าอัตราการเต้นของหัวใจมีความไวต่อสิ่งเร้าอื่นๆ ด้วย เช่น เสียง ความร้อน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ความไวของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจต่อสิ่งเร้าได้ง่ายนี้จะมีประโยชน์ในการศึกษาระดับลึกต่อไป เช่นการศึกษาการทำงานยกของในสภาพที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน เป็นต้น

5.2 อุปสรรค

1) ข้อจำกัดในเรื่องงบประมาณ เนื่องจากในการทดลองนี้จะต้องมีการสร้าง และซื้ออุปกรณ์ต่างๆ ขึ้นมา สำหรับการศึกษาวิจัย เดิมได้มีการวางแผนเกี่ยวกับงานวิจัยนี้ว่าส่วนหนึ่งจะได้รับการสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์จากห้องปฏิบัติการวิจัยการยศาตร์ ของภาควิชาวิศวกรรม

อุตสาหการ ตามที่ได้เสนอไว้ในโครงร่างวิจัยเพื่อขอรับทุนวิจัย แต่เมื่อเซ็นสัญญากับฝ่ายวิจัยของคณะฯ และเริ่มดำเนินการวิจัย จึงพบว่าไม่ได้รับการสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นเท่าที่ควรจากห้องปฏิบัติการดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยเกิดความท้อแท้ และได้ปรึกษาท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์โกวิท ศตวุฒิ ซึ่งมีความเชี่ยวชาญในด้านนี้ ท่านได้ให้กำลังใจและอุปมาอุปมัยให้ฟังว่า สมัยก่อนที่คนเราจะมีเครื่องคิดเลขใช้เราทำอย่างไร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นแม้ว่ามีความยากลำบากกว่าปกติหลายเท่า

2) สืบเนื่องจากข้อ1) การทดลองนี้ดำเนินไปอย่างมีอุปสรรคมาก ไม่ว่าจะเป็นผู้ถูกทดสอบต้องเสียเวลามาก ไม่สะดวกและอาจก่อให้เกิดความอึดอัดหรือเจ็บปวดแก่ผู้ถูกทดสอบ การเก็บข้อมูลต้องใช้คนจำนวนมากและพร้อมเพียง ทำให้บางครั้งการทดลองใช้ไม่ได้ต้องเริ่มต้นใหม่ เหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้ไม่สามารถมีผู้ถูกทดสอบเป็นจำนวนมากเช่นในงานวิจัยอื่นๆ อย่างไรก็ตามค่าที่ได้จากการทดลองเป็นค่าที่เชื่อถือได้ เพราะมีผู้ถูกทดสอบทั้งหมด 3 คน เป็นนิสิต 2 คน และคนงาน 1 คน นิสิต 2 คน ได้รับการทดสอบอย่างเดียวกันตามแผนการทดลอง ซึ่งจากผลการทดลองได้ค่าใกล้เคียงกัน ตลอดจนได้มีการทดลองซ้ำในแต่ละคน

3) การทดลองนี้ได้รับงบประมาณปี 2536 ซึ่งควรเสร็จสิ้นภายในเดือนตุลาคม ปี 2537 การทดลองนี้ได้เร่งดำเนินการเก็บข้อมูลเสร็จเรียบร้อยเมื่อเดือนพฤษภาคม 2537 แต่เนื่องจากผู้ดำเนินการวิจัยได้รับทุนไปเรียนต่อระดับปริญญาเอก และได้ลาเรียนเมื่อเดือน พฤษภาคม 2537 และได้จบการศึกษาและกลับเข้ารับราชการเมื่อเดือนพฤษภาคม 2541 รวมเวลา 4 ปีเต็ม และได้ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์เมื่อเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2541 จึงทำให้งานนี้ล่าช้ากว่ากำหนด

5.3 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยนี้มีผู้ถูกทดสอบเป็นนิสิตจำนวน 2 คน และคนงานจำนวน 1 คน ดังนั้นตัวเลขที่เสนอแนะอาจต่ำกว่าที่ควรเป็นเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยด้านอื่นๆ เพราะแม้ว่าผู้ถูกทดสอบจะมีสุขภาพร่างกายแข็งแรงแต่ไม่ได้เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการทำงานหนัก ดังนั้นในการศึกษาต่อไปเน้นกลุ่มผู้ถูกทดสอบเป็นผู้ใช้แรงงาน ประสบการณ์และผลจากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางได้ดีเพราะได้รวบรวมวิธีการหลายวิธีเข้าด้วยกัน แต่ถ้ามีการเสริมด้วยวิธีการต่างๆ เมื่อมีอุปกรณ์สนับสนุนจะสามารถทำให้การศึกษาวิจัยในอนาคตสะดวกและมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

บรรณานุกรม

รังสิมา มาลีวัฒน์ สัดส่วนร่างกายและความสามารถในการทำงาน รายงาน Senoir Project ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2535

สุโขทัยธรรมาธิราช, มหาวิทยาลัย. เอกสารการสอนชุดวิชา อาชีวอนามัย (Occupational Health) หน่วยที่ 8-16 สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2. 2527.

Astrand, L., Degree of Strain During Building Work as Relates to Individual Aerobic Work Capacity. Ergonomics 1967. 10(3) pp. 293-303.

—— and Rodahl, K., Text Book of Work Physiology, McGraw-Hill, New York, 1977.

Ayoub, M.M. et al., Development of Strength and Capacity Norms for Manual Materials Handling Activities: The State of the Art. Human Factors. 1980 pp. 271-283.

Bink and Bonjer, The physiological Working Capacity in Relation to Working Time and Age. Ergonomics 1962, 5, pp. 25-29.

Brouha. L., Maxifield, M.E. Smith, P.E., Jr., and Stopps, G.J., Discrepancy between Heart Rate and Oxygen Consumption During Work in the Warmth Journal of Applied Physical 1962 (18) pp.1095-1098.

Karwowski, W., Maximum Comfortable weight of Lift : A New Design Paradigm for Setting Limits in Manual Lifting Tasks". Proceeding of the M.M. Ayoup Occupational Ergonomics Symposium. April 16-17, 1993. pp.57.

Kroemer, K.H.E., Ergonomics of Manual Materials Handling 1988.

Lehman, Praktische Atbeitphysiologie, Stuttgart, 1977.

Mital, A. and Ilango, M., Load Characteristics and Manual Carrying Capacities Human Factors Society Conference 1983 pp. 274-278.

Michiel, W., Assessment of Workload and Workstation for Occupational Physicians, November 1989

Morris, W. H.M. and Chevalier, R.B., Physiological Approach to Evaluation of Physical Capacity, AMA Arch,. Envir. Health 1961 (2) pp. 327-334.

Nicholson, A.S., A Comparative Study of Methods for Establishing Load Handling Capabilities. Ergonomics, 1989 (32) pp.1125-1144.

NIOSH, Work Practice Guide for Manual Lifting. Technical Report, Ohio, 1981

Randle, L.P.M., Nicholson, A.S., Buckle, P.W., and Stubbs, D.A., Limitations in the Application of Materials Handling Guidelines" Work Design in Practice Proceedings of the Third International Occupational Ergonomics Symposium (edited by Haslegrave, C.M., Wilson, J.R., Corlett, E.N., and Manenica I.) Yugoslavia,18-20 April 1989. pp. 90-97.

Snook, S. H., Irvine, C.H., Psychophysical Studies of Physiological Fatigue Criteria Human Factors 1969. 11(3) pp. 291-300.

Snook, S. H., Irvine, C.H. and Bass, S. F.,Maximum Weights and Work Loads Acceptable to Male Industrial Workers American Industrial Hygine Association Journal. 1970 (31) pp.579-586.

Stevens, S.S., Psychophysics: Introduction to Its Perceptual, Neural, and Social Prospects. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1975.

Suggs, C. W., and Splinter, W. E., Some Physiological Response of Man to Workload and Environment J. Appl. Physiol 1961 (16) pp.413-420(a).

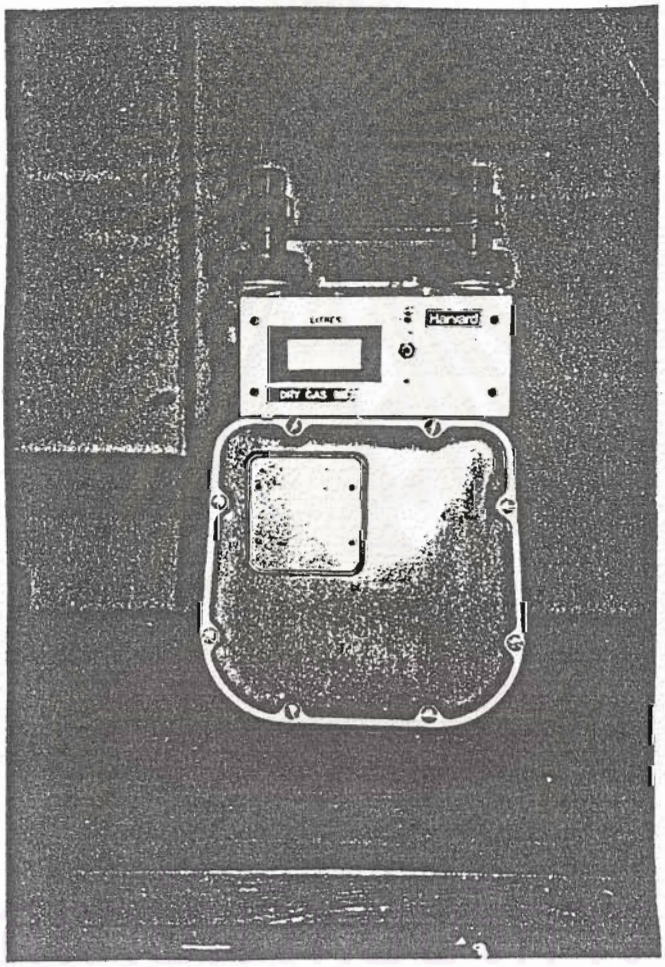
_____Effect of Environment on the Allowable Workload of Man Trans. Amer. Soc. Agri. Eng. 1961 (4) pp. 48-51(b).

Vanwonterghem, K., Assessment of Workload and Workstrain for Physical Work in Industry, Seminar of Validation of Heat Stress Italy, September, 1991.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

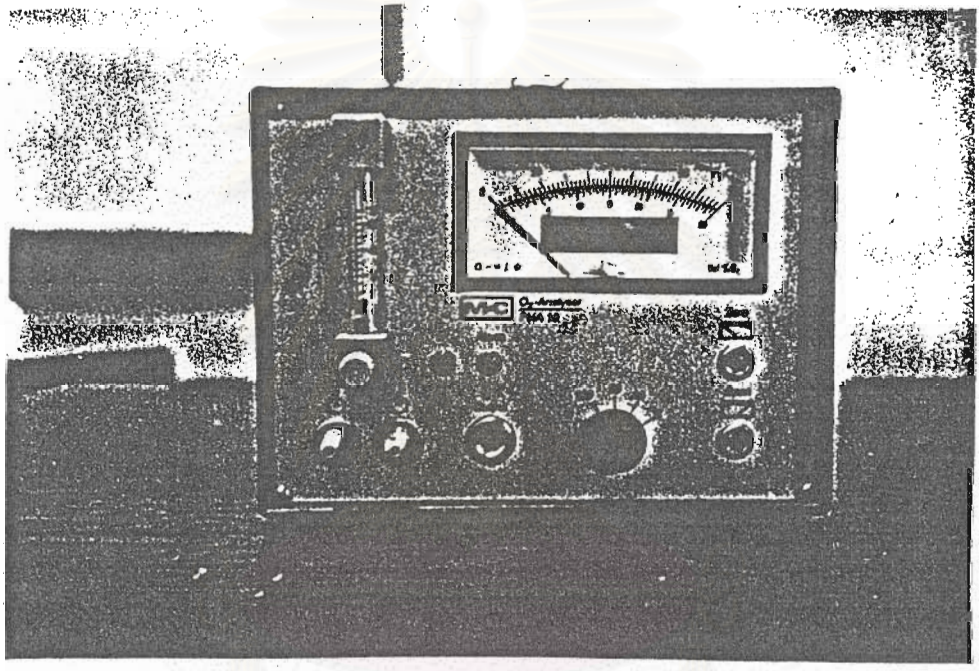
ภาคผนวก ก.
รูปอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ก-1 Dry Gas Meter

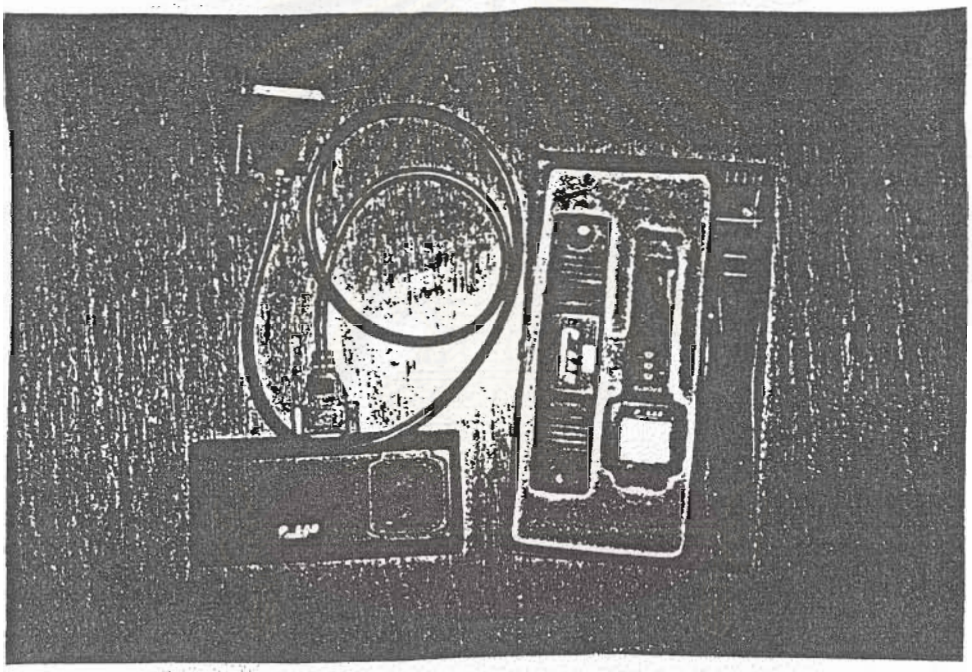


รูปที่ ก-2 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซออกซิเจน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

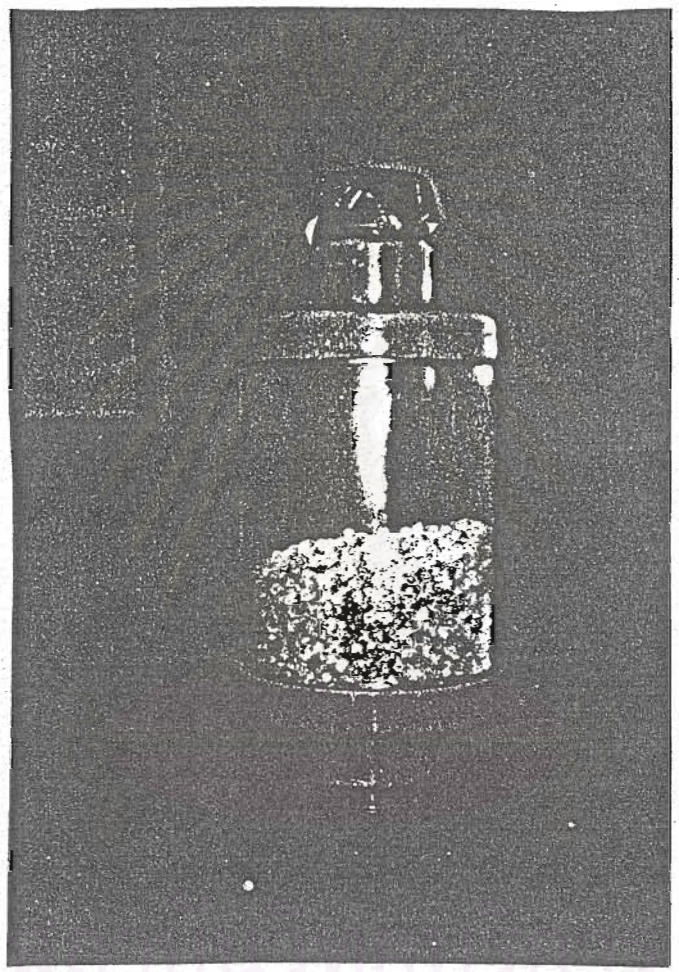
รูปที่ ก-3 Data Logger

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



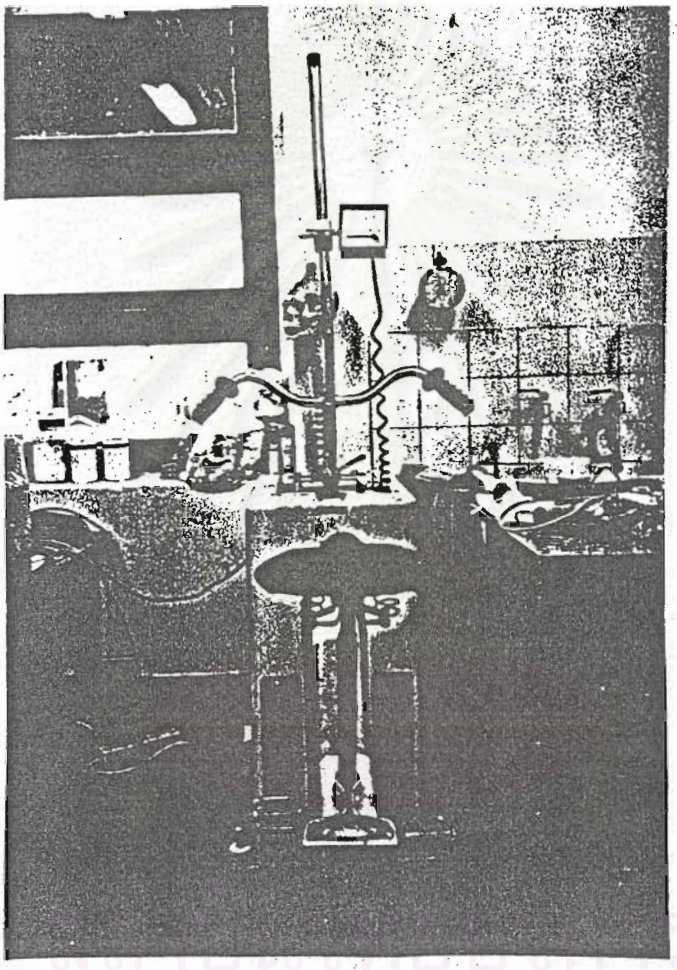
รูปที่ ก-4 เครื่องบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



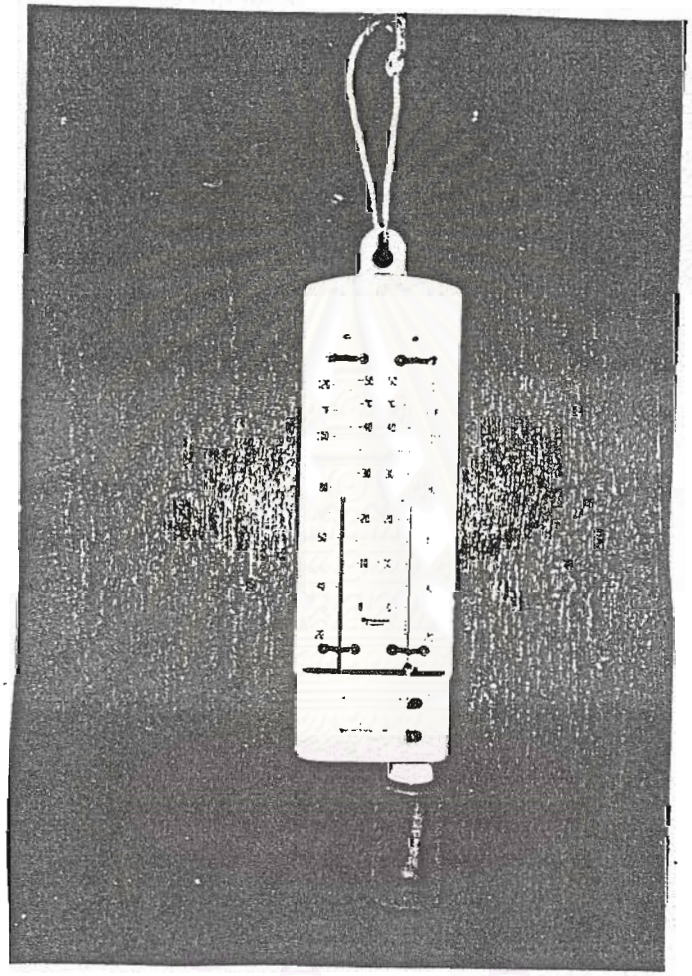
รูปที่ ก-5 ซิลิกาเจล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



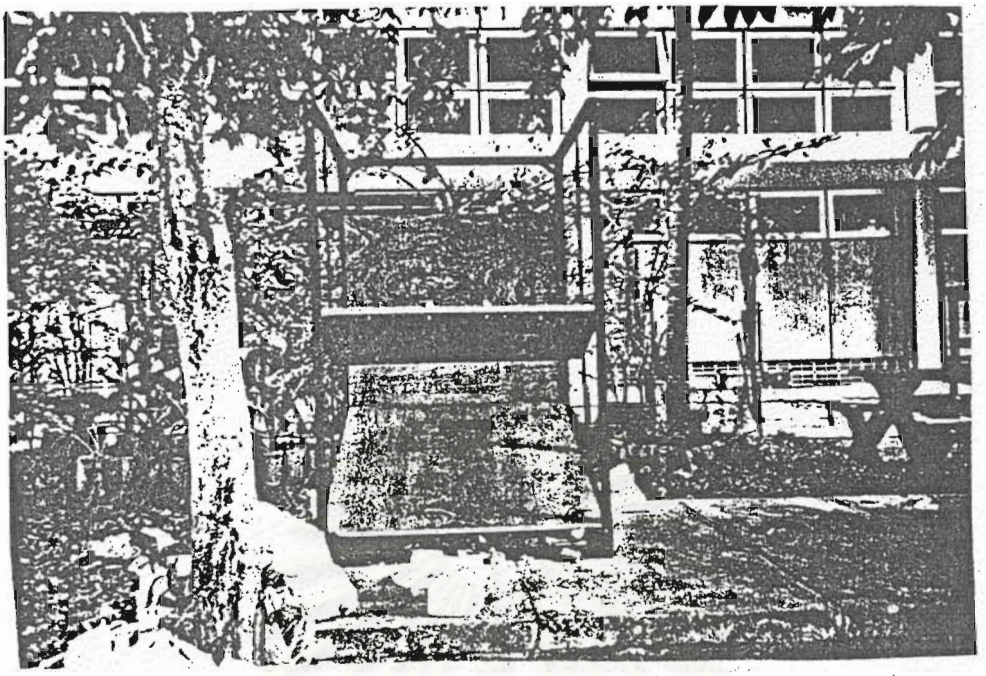
รูปที่ ก-6 จักรยานที่ใช้ทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

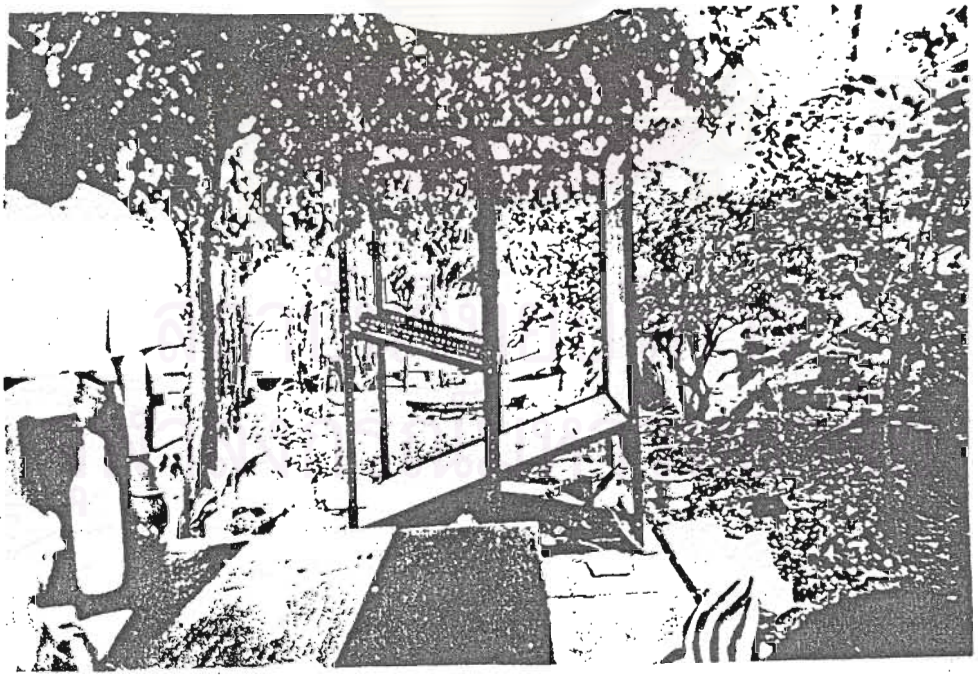


รูปที่ ก-7 เครื่องวัดความชื้นของสภาพแวดล้อม

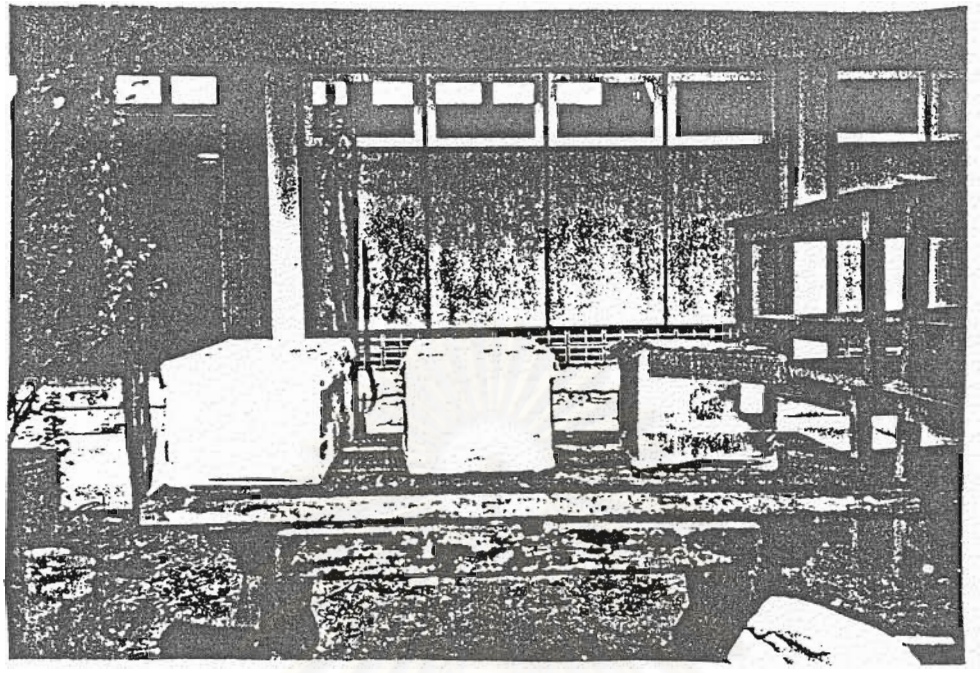
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



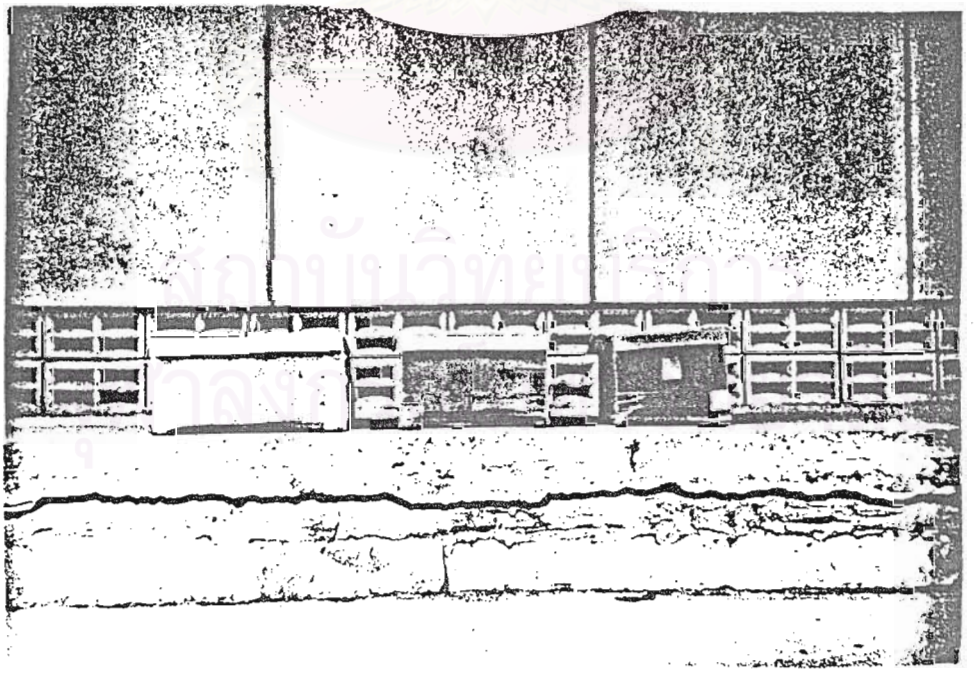
รูปที่ ก-8 สถานีทำงานจำลองสำหรับงานยกของ: ด้านหน้า



รูปที่ ก-9 สถานีทำงานจำลองสำหรับงานยกของ: ด้านข้าง



รูปที่ ก-10 กล่องที่ใช้ในการทดสอบ: ด้านกว้าง



รูปที่ ก-11 กล่องที่ใช้ในการทดสอบ: ด้านยาว

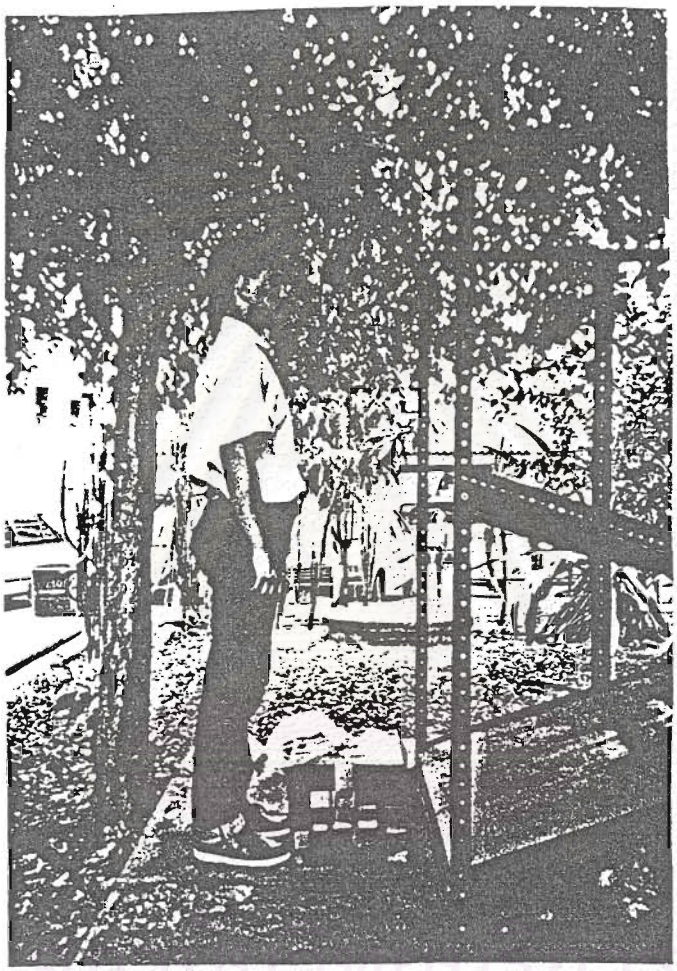
รูปที่ ก-12 เครื่องมือที่เตรียมพร้อมสำหรับการทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

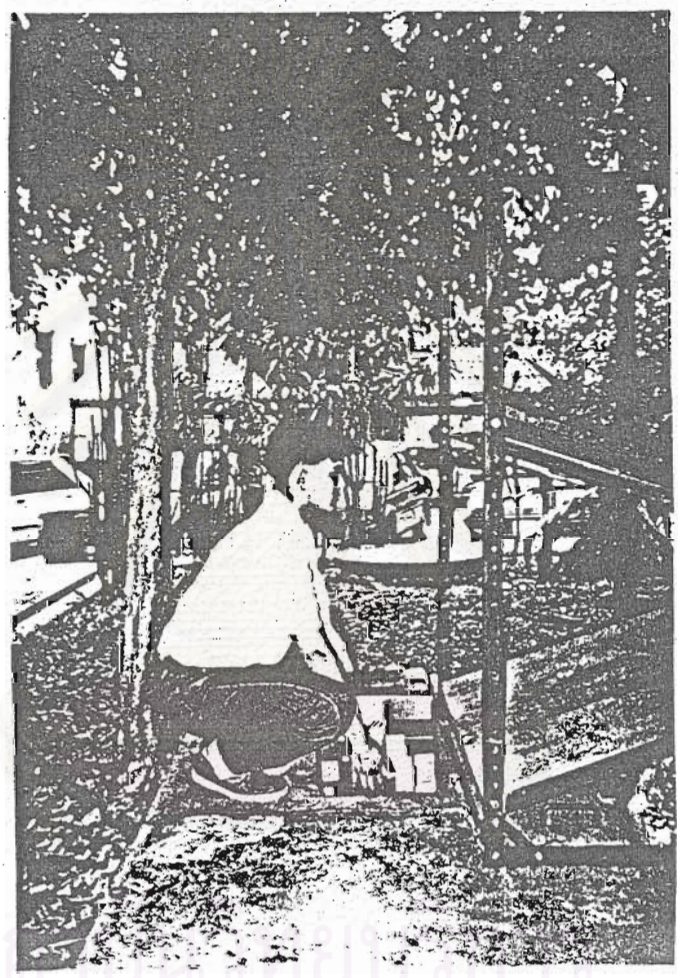
รูปแสดงขั้นตอนต่างๆ ของการทดสอบหาความสามารถในการทำงานยกของ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



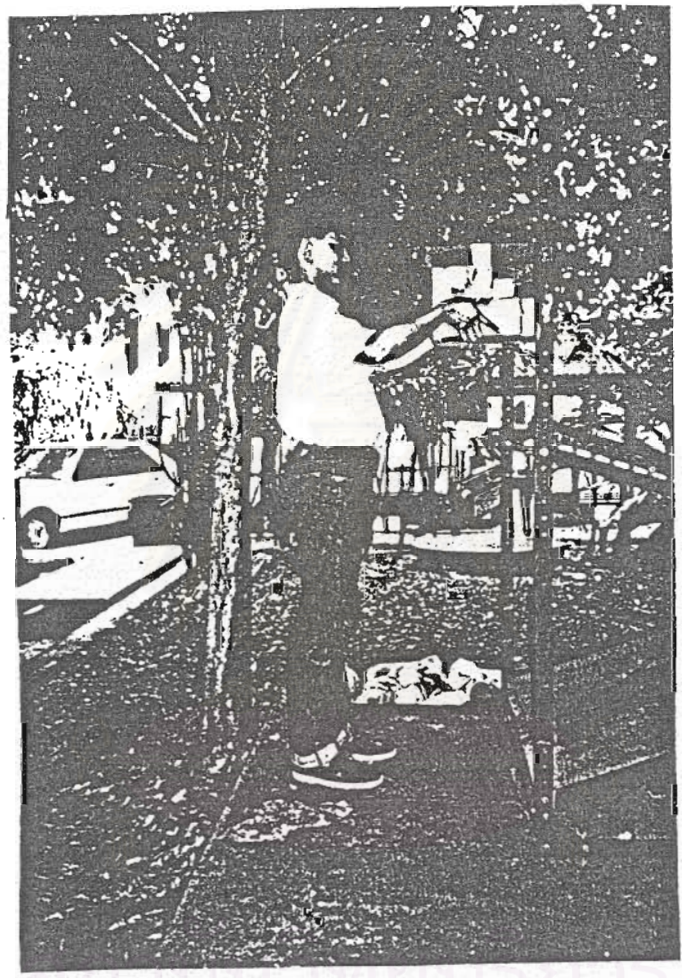
รูปที่ ข-1 ผู้เข้าทดสอบยืนชิดกล่อง แยกเท้าออกเล็กน้อยเพื่อการทรงตัวที่มั่นคง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



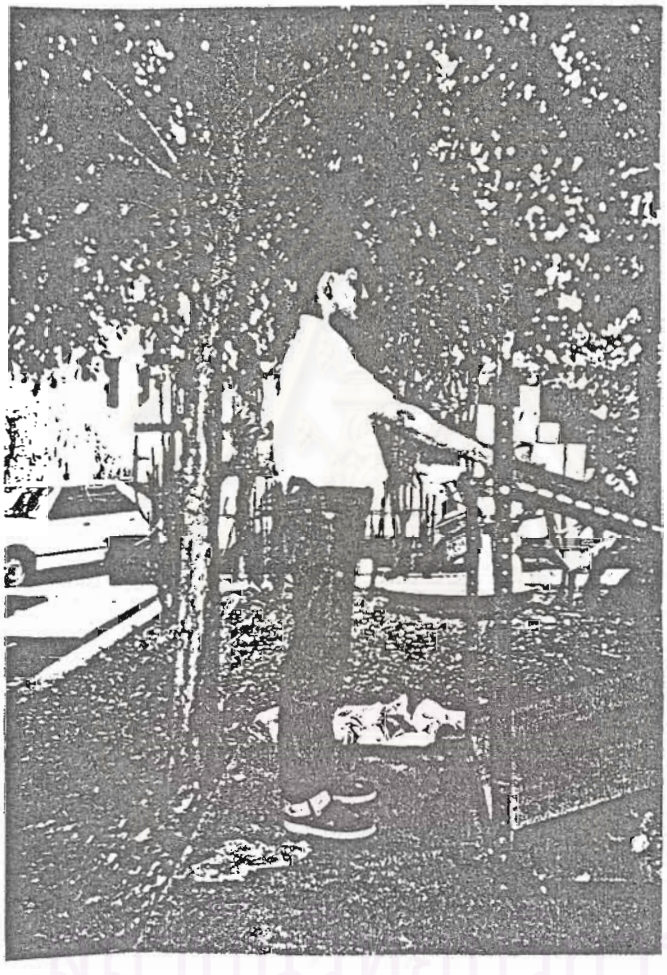
รูปที่ ข-2 ผู้เข้ารับการทดสอบงอเข่าให้หลังเป็นแนวตรง จับยึดกล่องอย่างแข็งแรงลักษณะอุ้มกล่อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข-3 ผู้เข้ารับการทดสอบยืดเข่าขึ้น โดยให้หลังอยู่ในแนวตรง: ตัวอย่างในภาพเป็นการยกจากพื้น-ไหล่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข-4 ผู้เข้ารับการทดสอบยืดเข่าขึ้น โดยให้หลังอยู่ในแนวตรง: ตัวอย่างในภาพเป็นการยกจากพื้น-เอว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

ข้อมูลของการปั่นจักรยานทดสอบและการทำงานยกของ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค-1 ข้อมูลของการปั่นจักรยานทดสอบ

Subject #1 และ #2 หมายถึงนิสิต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงผลการปั่นจักรยานเออร์กอมิเตอร์

SUBJECT#1

TEST#1

TIME(min)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	97	0
2	103	9.1
3	96	8
4	99	7.7
5	110	13.4
6	107	16.8
7	101	13.7
8	114	16.5
9	118	17.2
10	115	18.3
11	124	20.9
12	126	23.2
13	133	25
14	147	25.8
15	153	30.8
16	156	30.3
17	166	36.3
18	172	41.3
19	177	44.7
20	145	33.8
21	134	24.6
22	141	18.4

TEST#2

TIME(min)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	72	0
2	83	7.7
3	75	4.3
4	79	6.4
5	92	10.6
6	85	11.8
7	83	11.1
8	97	12.8
9	97	12.9
10	98	15.2
11	114	16.8
12	110	18.4
13	122	18.9
14	131	22.2
15	147	25.7
16	143	30.1
17	156	31.2
18	156	35
19	165	35.3
20	134	29.4
21	133	19
22	118	17

SUBJECT#2

TEST#1

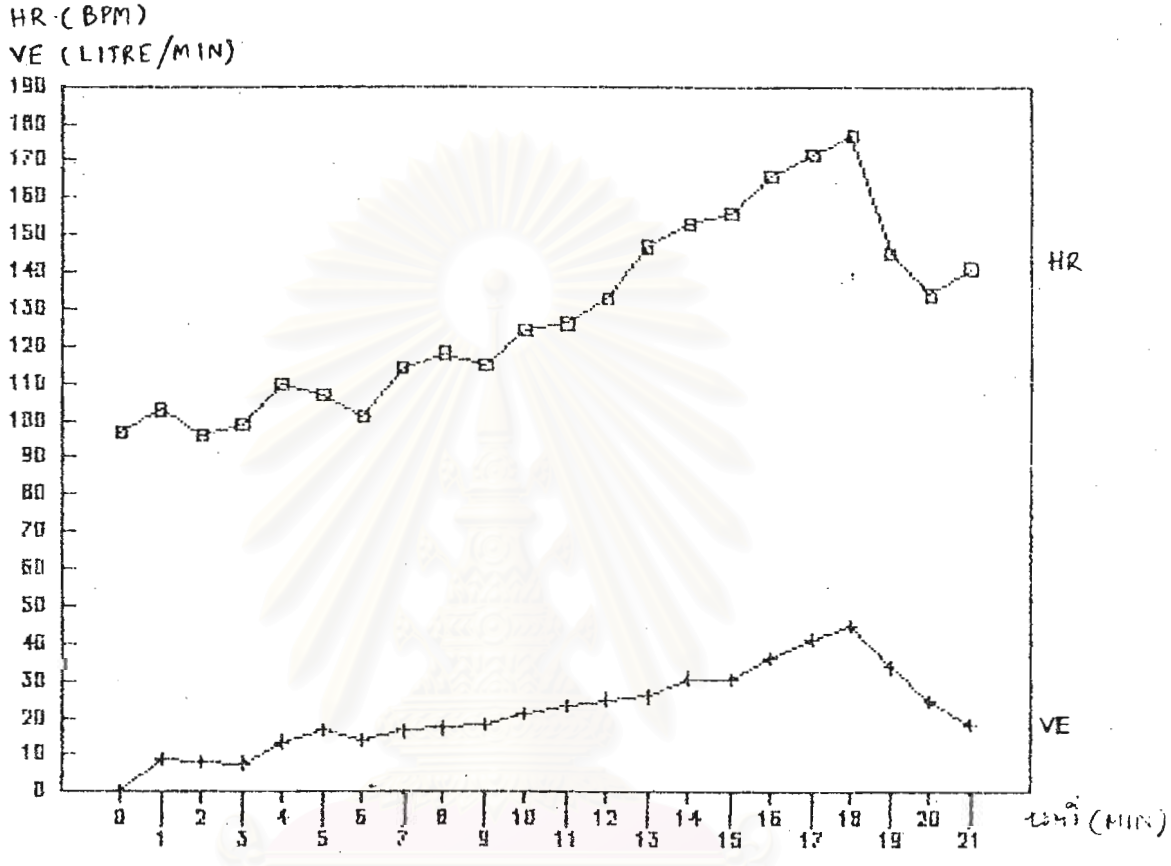
TIME(min)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	84	0
2	72	5
3	75	4
4	78	4.6
5	93	11.7
6	86	10.3
7	76	9.2
8	88	8.8
9	97	10
10	91	10.2
11	104	10.4
12	105	13.4
13	124	14.2
14	129	18.5
15	132	18.7
16	144	23.5
17	150	23.9
18	156	29.1
19	161	32.8
20	131	28.6
21	109	29.5
22	113	16

TEST#2

TIME(min)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	80	0
2	75	4.9
3	71	3.5
4	74	3.6
5	79	10.3
6	78	8.8
7	85	8.8
8	86	8.8
9	87	9.2
10	87	11.6
11	105	11.4
12	108	13.9
13	105	16.9
14	120	17.1
15	127	19.9
16	128	21.8
17	137	27.2
18	140	29.2
19	148	33.4
20	153	37.9
21	158	44.8
22	131	39.6
23	124	25
24	111	22.2

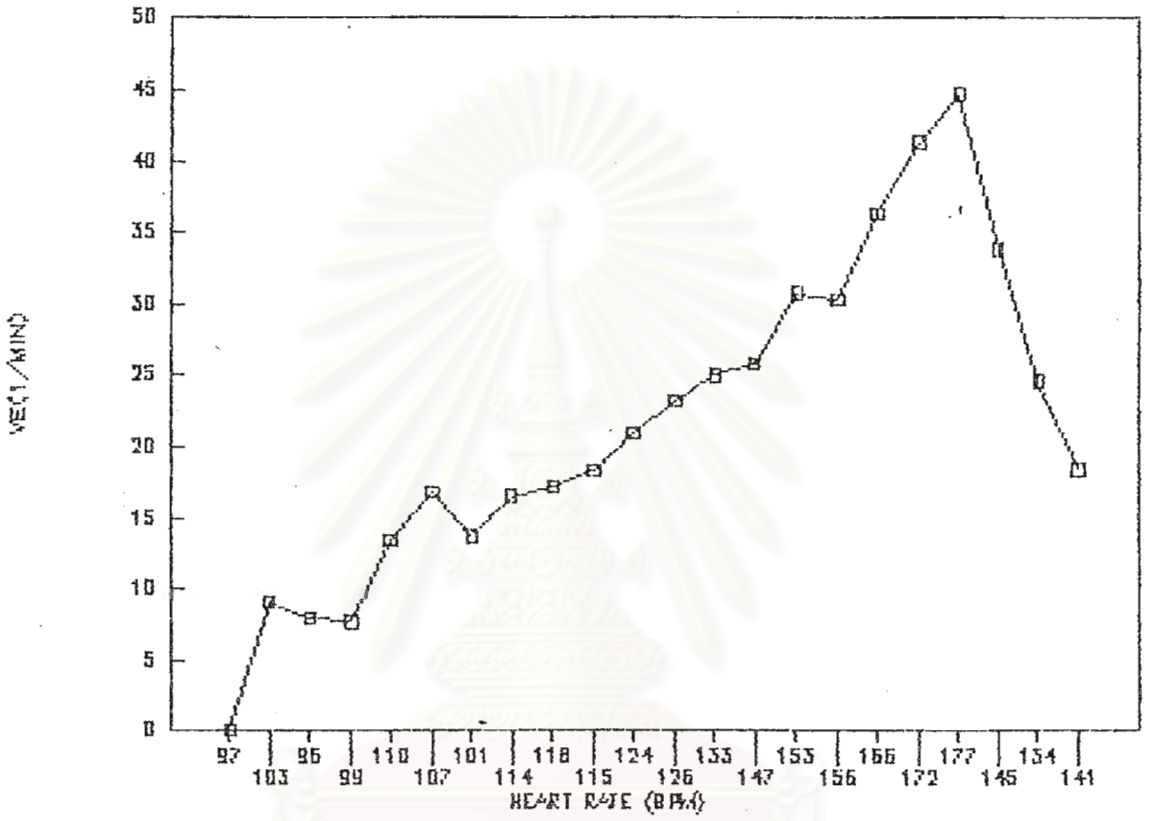
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค-1 ตัวอย่างกราฟแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ 1 นาทีของผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจด้วยวิธีการ 1-9 เมตร



รูปที่ ค-2 เปรียบเทียบค่า VE กับ HR เทียบกับเวลา ของนิสิตคนที่ 1 ในงานปั่นจักรยานทดสอบ

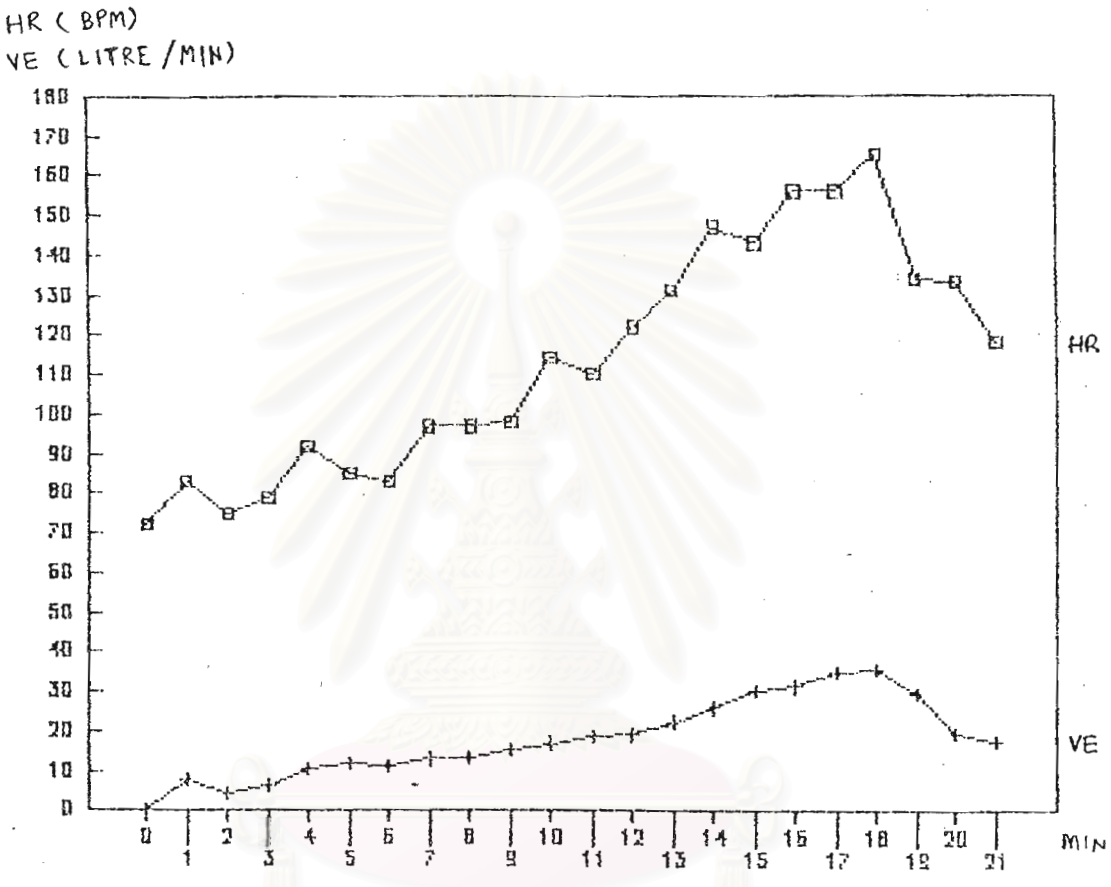
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ค-3 ความสัมพันธ์ระหว่าง HR กับ VE ของนิสิตคนที่ 1 ในงานปั่นจักรยานทดสอบ

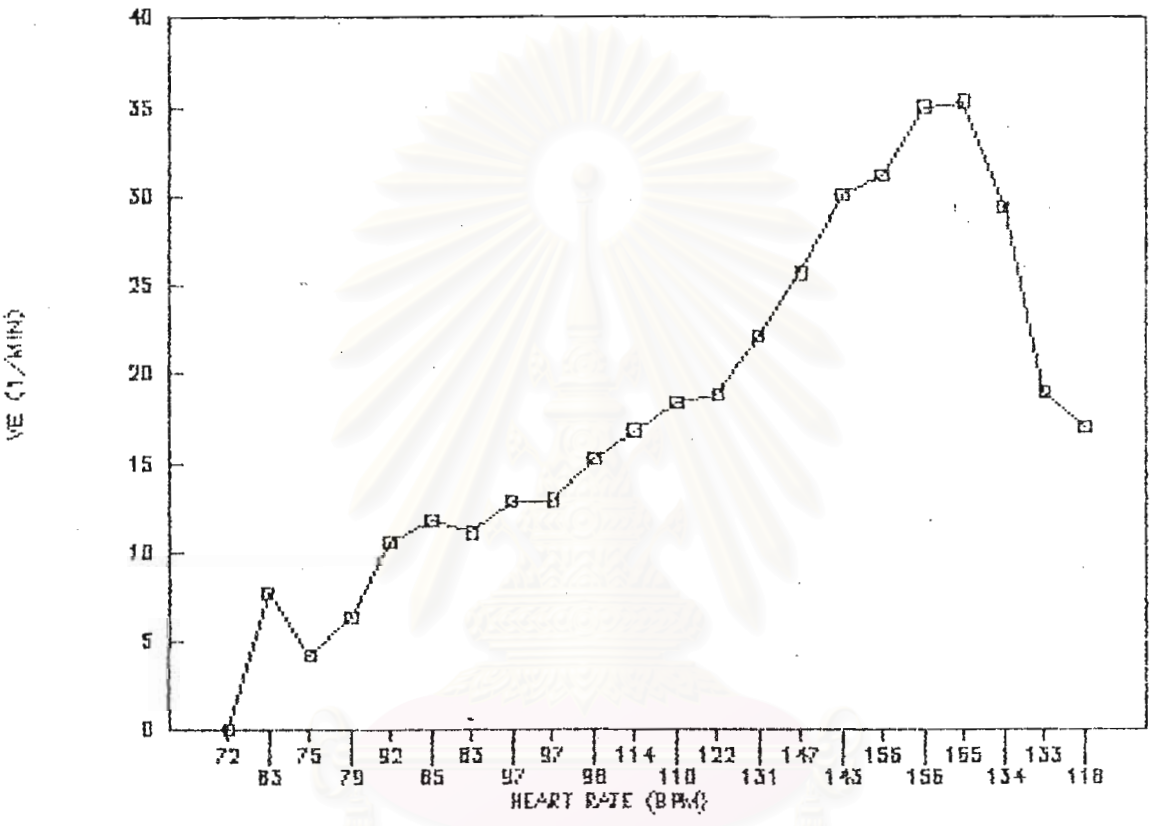
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค-4 ตัวอย่างกราฟอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ป่วยคนที่ 2 ที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนที่ 2



รูปที่ ค-5 เปรียบเทียบค่า VE กับ HR เทียบกับเวลา ของนิสิตคนที่ 2 ในงานปั่นจักรยานทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ค-6 ความสัมพันธ์ระหว่าง HR กับ VE ของนิสิตคนที่ 2 ในงานปั่นจักรยานทดสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค-2 ข้อมูลของการทำงานยกของ

Subject #1 และ #2 หมายถึงนิสิต

Subject #3 หมายถึงคนงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

aaaaaaa

SUBJECT#1 ยกจากพื้นถึงเอว
น้ำหนัก 10 Kg ความถี่ 15 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 30 ซม.
อุณหภูมิกระเปาะเปียก 32 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 27.2 c ความดันบรรยากาศ 758 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)		ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.17	29.3	13.64	103	9.7	
2	0.169	30.4	13.66	102	8.5	
3	0.165	30.4	15.62	105	8.9	
4	0.16	30.3	16.33	117	10.4	
5	0.159	30.8	16.9	120	11.6	
6	0.158	30.9	17	125	11.6	
7	0.157	31.15	19.5	136	12.6	
8	0.15	31.6	22.68	130	13.4	
9	0.151	31.8	25.69	135	13.8	
10	0.151	32.4	34.65	130	13.5	
11	0.153	32.9	36	128	13.9	
12	0.15	33.58	37.6	135	14.2	
13	0.15	34.26	38.54	131	14.1	
14	0.155	34.56	38.91	132	14.3	
15	0.155	35.11	39.17	132	14.6	
16	0.155	35.64	39	132	15.8	
17	0.158	35.66	39.16	125	15.6	
18	0.156	36.3	38.44	124	15.9	
19	0.157	36.63	38.35	125	16	
20	0.155	36.3	38.87	133	15.7	
21	0.16	36.7	39	134	15.5	
22	0.158	36.72	38.74	126	15.4	
23	0.157	36.63	39.19	132	15.7	
24	0.158	36.54	39	120	14.3	
25	0.158	36.45	38.67	115	13.2	
26	0.158	36.2	38.67	112	10.4	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#1 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 10 Kg ความถี่ 30 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 30 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 32 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 27.2 c ความดันบรรยากาศ 758 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)	ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.172	30.3	8.38	117	9.7
2	0.173	30.39	8.96	106	7.5
3	0.169	30.4	9.55	108	8.6
4	0.16	30.5	11.18	124	9.2
5	0.159	30.69	13.66	125	11.4
6	0.161	30.9	17	110	11
7	0.191	31.14	20.95	132	11.2
8	0.159	31.6	25.73	130	12.4
9	0.161	32.32	30.2	126	12.9
10	0.151	32.58	33.12	126	11.9
11	0.153	33.25	36.03	128	13.6
12	0.159	33.74	37.5	113	13.4
13	0.15	34.26	38.34	124	11.4
14	0.155	34.59	38.91	132	13.8
15	0.157	35.11	39.17	120	14
16	0.155	35.53	38.95	132	12.7
17	0.158	35.66	39.16	120	12.7
18	0.158	36.3	38.44	124	13.8
19	0.157	36.65	38.35	125	13.1
20	0.154	36.45	38.87	133	12.8
21	0.16	36.58	39.08	123	14.2
22	0.158	36.82	38.74	124	13.1
23	0.157	36.63	39.19	121	12.3
24	0.158	36.68	39	112	11.7
25	0.158	36.55	38.9	109	9.8
26	0.163	36.2	38.87	102	7.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#1 ยกจากพื้นถึงเอว
น้ำหนัก 20 Kg ความถี่ 15 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 30 ซม.
อุณหภูมิกระเปาะเปียก 24.9 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30 c ความดันบรรยากาศ 756 ม

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)		ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.185	29.04	4.48	95	10.9	
2	0.175	29	5.37	101	9.6	
3	0.181	29.09	7.78	99	9.5	
4	0.174	29.33	12.83	128	18.8	
5	0.175	29.76	18.74	123	21.4	
6	0.159	30.49	24.13	125	20.4	
7	0.158	31.41	28.99	125	23.7	
8	0.157	32.46	31.11	128	24	
9	0.156	33.49	31.48	134	22.8	
10	0.155	34.37	30.99	132	24.4	
11	0.154	35.06	30.58	130	24.8	
12	0.159	35.97	30.01	133	24.7	
13	0.158	36.59	29.58	137	26.7	
14	0.161	37.22	29.65	135	27.3	
15	0.159	37.51	29.12	136	25.9	
16	0.1599	37.66	29.18	142	25.1	
17	0.158	38.02	29.22	142	27.3	
18	0.159	38.22	29.47	142	29.3	
19	0.162	38.42	29.71	146	28	
20	0.159	38.62	29.7	143	27.3	
21	0.158	38.64	29.73	143	26.1	
22	0.157	38.64	29.87	147	26.4	
23	0.158	38.46	30.07	145	28.5	
24	0.161	38.78	29.83	124	18.6	
25	0.161	37.3	29.43	115	15.4	
26	0.163	36.84	29.14	115	11.5	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#1 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 20 Kg ความถี่ 30 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 30 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 31.8 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 24.5 c ความดันบรรยากาศ 756 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)		ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.169	33.41	32.08	107	13	
2	0.171	33.62	32.77	111	11.6	
3	0.164	33.93	33.3	110	9.4	
4	0.164	34.88	33.99	127	16.9	
5	0.165	35.36	34.49	121	18.7	
6	0.156	35.96	34.43	116	17.7	
7	0.157	36.5	34.36	124	19	
8	0.161	36.63	34.59	126	19.2	
9	0.158	37	34.36	115	17.6	
10	0.162	37.34	34.15	129	17.8	
11	0.16	37.5	34.23	124	18.6	
12	0.158	37.72	34.13	127	18	
13	0.159	37.98	33.95	120	17.9	
14	0.156	38.01	34.11	122	18.8	
15	0.16	38.1	34.09	128	17.4	
16	0.16	38.26	33.9	124	16.6	
17	0.162	38.36	34.02	122	20.1	
18	0.161	38.38	33.96	114	16.2	
19	0.158	38.39	33.93	125	16.7	
20	0.16	38.44	34	117	17.7	
21	0.156	38.44	34.02	125	18.9	
22	0.16	38.72	33.92	125	18.2	
23	0.162	38.62	34.14	125	19.8	
24	0.161	38.62	34.1	106	15.9	
25	0.16	38.35	34.28	114	14.3	
26	0.159	38.13	34.33	114	10.8	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#1 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 10 Kg ความถี่ 15 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 40 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 30 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 22.5 c ความดันบรรยากาศ 758 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)		ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.175	28.91	22.7	85		8.4
2	0.171	29.23	23.85	85		8.1
3	0.172	29.59	26.68	88		8.2
4	0.159	30.38	30	110		12.1
5	0.157	31.54	31.31	111		14.8
6	0.153	32.56	32.35	108		16
7	0.154	33.66	32.93	113		16
8	0.159	34.93	33.56	116		16.5
9	0.161	35.73	33.7	119		18.6
10	0.155	35.86	33.69	122		18
11	0.153	36.86	33.69	121		16.1
12	0.163	37.62	33.66	126		19.5
13	0.158	37.79	33.38	121		18.5
14	0.16	38.12	33.04	127		20.4
15	0.154	38.39	33.12	121		17.5
16	0.158	39.05	33.15	123		17.2
17	0.156	39.03	33.38	124		20.2
18	0.16	39.17	33.1	123		20.8
19	0.162	39.3	32.98	123		18.6
20	0.156	39.55	32.75	129		20.7
21	0.161	39.84	32	139		19.9
22	0.148	39.5	32.38	139		16.9
23	0.157	39.47	32.79	138		20.1
24	0.164	39.25	33.36	116		16.5
25	0.172	38.86	33.9	108		15.2
26	0.172	38.53	34.22	108		11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#1 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 10 Kg ความถี่ 30 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 40 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 32 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 25.8 c ความดันบรรยากาศ 758 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)		ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.156	32.25	27.38	103	10.9	
2	0.164	32.41	28.03	100	9.6	
3	0.167	32.69	29.67	105	11.1	
4	0.162	32.86	31.98	123	10.6	
5	0.157	33.13	34.8	120	11.2	
6	0.155	33.4	37.81	115	13.1	
7	0.154	33.7	40.56	119	12.1	
8	0.16	34.1	43.36	126	14	
9	0.157	34.6	44.73	116	14.2	
10	0.16	34.75	46.22	128	12.9	
11	0.152	35.04	46.37	107	13.1	
12	0.155	35.23	47	125	13.2	
13	0.164	35.49	47.28	123	16.5	
14	0.16	35.55	47.28	122	10.2	
15	0.156	35.98	46.67	119	12.8	
16	0.153	35.87	46.95	116	13.4	
17	0.156	36.03	46.71	118	12.1	
18	0.159	36.38	46.23	121	15.2	
19	0.155	36.15	46.86	132	12.6	
20	0.155	36.33	46.49	112	14.3	
21	0.155	36.36	46.48	121	12.8	
22	0.161	36.47	46.4	126	15.3	
23	0.154	36.54	46.4	123	11.9	
24	0.162	36.25	46.87	108	13.6	
25	0.16	35.86	47.11	102	10.3	
26	0.164	35.85	47.11	113	9.7	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#1 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 20 Kg ความถี่ 15 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 40 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 31.8 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 24 c ความดันบรรยากาศ 758 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)	ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.167	31.5	1.93	105	8.8
2	0.17	31.02	1.83	92	8.9
3	0.167	31.6	1.66	104	8.4
4	0.159	32.03	2.96	132	15.4
5	0.157	32.3	7.06	138	19.9
6	0.159	32.8	15.54	138	22.5
7	0.16	33.4	26.46	141	22.6
8	0.16	33.68	32.26	142	25.4
9	0.159	33.82	34.09	141	25.5
10	0.16	34.25	33.35	147	23.6
11	0.163	34.32	32.6	152	26.8
12	0.16	34.68	32.01	148	26.1
13	0.16	34.72	30.6	148	26.9
14	0.162	34.87	29.9	148	27.4
15	0.159	35.05	29.33	147	23.8
16	0.158	35.23	28.84	143	25.8
17	0.161	35.4	28.65	155	26.2
18	0.158	35.56	28.53	153	23.2
19	0.159	35.7	28.19	152	25.7
20	0.158	35.89	28.32	154	25.6
21	0.157	35.87	28.14	150	22.2
22	0.158	35.75	28.19	158	24.4
23	0.159	35.81	27.82	150	25.8
24	0.163	35.88	27.8	141	24.1
25	0.167	35.69	27.32	132	16.3
26	0.166	35.58	27.12	126	11.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#1 ยกจากพื้นถังเอว

น้ำหนัก 20 Kg ความถี่ 30 วินาที/ครั้ง ขนาดถุงลม 40 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 30.5 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 21 c ความดันบรรยากาศ 758 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)		ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.153	28.78	13.89	103	8.6	
2	0.2	28.9	14.58	106	8.6	
3	0.168	28.98	16.88	109	7.8	
4	0.15	29.13	20.99	119	12.4	
5	0.138	29.48	27.73	119	13.3	
6	0.147	29.86	35.46	133	16.1	
7	0.153	30.48	42.4	133	16	
8	0.144	31.26	46.26	136	14.9	
9	0.142	31.87	47.91	135	13.8	
10	0.147	32.57	48.63	141	15.4	
11	0.141	33.01	48.45	140	15.5	
12	0.146	33.83	47.43	139	16.7	
13	0.145	34.04	47.33	150	16.8	
14	0.134	34.35	46.78	152	15.1	
15	0.147	34.66	46.33	147	16.5	
16	0.147	35.06	45.67	149	16.4	
17	0.145	35.44	45.16	148	17.9	
18	0.144	35.73	44.39	141	16.2	
19	0.152	35.64	44.69	151	19.4	
20	0.154	35.92	44.16	144	18.6	
21	0.145	35.96	44.08	148	16.4	
22	0.145	35.94	44.14	148	16.4	
23	0.149	36.18	43.86	154	4.6	
24	0.149	35.92	44.47	131	16.6	
25	0.154	35.85	44.31	126	13.9	
26	0.154	35.79	44.22	130	11.2	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#1 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 10 Kg ความถี่ 15 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 50 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 31.5 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 24 c ความดันบรรยากาศ 758 ม

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)		ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.165	31.35	16.12	105	9.7	
2	0.171	31.5	16.37	111	9.4	
3	0.169	31.59	17.39	105	10.2	
4	0.158	32.82	19.85	128	15	
5	0.16	32.32	25.15	129	18.4	
6	0.159	32.79	29.49	132	17.8	
7	0.152	33.5	33.22	128	20.2	
8	0.16	34.31	34.8	133	20.7	
9	0.157	34.83	35.38	131	20.4	
10	0.156	35.4	35.35	137	21.5	
11	0.161	35.91	35.04	138	22.4	
12	0.158	36.34	35.64	134	20.1	
13	0.158	36.6	34.44	136	21	
14	0.155	36.84	34.11	135	19.2	
15	0.16	37.3	33.68	132	20.7	
16	0.158	37.43	33.59	132	19.6	
17	0.162	37.76	33.37	138	21.7	
18	0.16	37.87	33.28	133	18.99	
19	0.156	38.04	33.25	134	21.3	
20	0.154	38.32	32.88	132	20.8	
21	0.157	38.37	33.11	131	24	
22	0.156	38.42	33.03	134	21.3	
23	0.162	38.51	32.88	140	23.3	
24	0.163	38.35	32.9	124	18.8	
25	0.169	38.14	32.6	116	13.6	
26	0.167	38	32.45	119	10.1	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#1 ยกจากพื้นถึงเอว
น้ำหนัก 10 Kg ความถี่ 30 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 50 ซม.
อุณหภูมิกระเปาะเปียก 31 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 24.8 c ความดันบรรยากาศ 759 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)	ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.175	29.9	10.2	105	8.5
2	0.174	29.38	12.5	111	7.9
3	0.189	29.8	15.9	106	8.7
4	0.179	29.6	19.54	111	10.3
5	0.169	29.39	19.61	104	11.4
6	0.17	29.11	20.94	112	12.4
7	0.17	28.68	23.68	115	12.6
8	0.164	28.07	27.89	115	12.9
9	0.193	27.47	36	116	13
10	0.167	26.64	43.56	119	13.9
11	0.161	26.04	48.57	118	13.2
12	0.156	25.48	51.23	116	11.8
13	0.157	24.96	51.63	114	13.5
14	0.158	24.32	53	121	11.7
15	0.164	24.09	53.16	115	12.1
16	0.159	23.63	52.69	119	12.8
17	0.16	23.11	52.36	118	13.3
18	0.162	22.76	52.65	119	13.8
19	0.162	22.26	52.3	118	13.1
20	0.157	22.04	52.34	120	13.5
21	0.161	21.72	51.97	108	13
22	0.16	21.66	51.56	113	12.3
23	0.154	21.51	51.36	127	12
24	0.161	21.63	51.24	111	12.4
25	0.159	21.66	51.26	112	9.9
26	0.165	21.78	51.32	106	9.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#1 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 20 Kg ความถี่ 15 วินาที ขนาดกล่อง 50 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 32.5 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 24 c ความดันบรรยากาศ 758 ม

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)	ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.167	30.5	2.03	104	11.1
2	0.171	30.65	2.13	91	9.3
3	0.175	31.4	2.56	92	9.9
4	0.155	32.1	5.13	121	14.3
5	0.166	32.65	11.59	129	20.4
6	0.17	33.63	20.49	133	23.7
7	0.158	33.74	27.75	137	22.9
8	0.157	34.27	31.79	143	22.9
9	0.155	35.6	33.64	132	26.2
10	0.157	34.99	33.52	145	26.5
11	0.16	35.37	32.91	147	29.5
12	0.163	35.59	32.09	149	27.9
13	0.16	35.21	31.04	150	28.7
14	0.162	35.89	30.52	152	28.7
15	0.158	36.05	29.86	151	28.4
16	0.159	36.88	29.41	154	29.4
17	0.163	36.13	29.01	154	29.8
18	0.162	35.69	28.61	155	27.2
19	0.157	35.87	28.56	156	28.8
20	0.161	35.37	28.84	156	28.4
21	0.158	35.89	28.76	154	29
22	0.154	36.05	28.87	157	27
23	0.157	36.25	29.12	142	32.6
24	0.152	35.89	28.9	134	20.1
25	0.17	35.7	28.74	129	17.5
26	0.172	35.8	28.67	134	13.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#1 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 20 Kg ความถี่ 30 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 50 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 32.2 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 22.5 c ความดันบรรยากาศ 758 ม

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)		ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.17	31.1	15.29	84	11.4	
2	0.176	31.1	166.6	86	99.2	
3	0.165	31.1	18.5	88	8.4	
4	0.149	31.25	23.86	100	13.7	
5	0.149	31.56	31.03	123	19.5	
6	0.156	31.53	36.97	104	17.6	
7	0.158	31.67	41.27	102	17	
8	0.158	31.78	43.19	98	16.7	
9	0.161	32.07	44.44	111	18.1	
10	0.158	32.18	44.73	104	16.4	
11	0.155	32.4	44.42	105	16	
12	0.16	32.67	44.18	110	18	
13	0.157	32.67	43.78	104	15.5	
14	0.157	32.8	43.64	109	16.8	
15	0.158	32.47	43.57	112	17	
16	0.159	33.26	43.18	112	17	
17	0.161	33.78	43.18	113	18.5	
18	0.161	34.27	42.79	107	15.2	
19	0.159	34.67	42.66	112	17.5	
20	0.154	34.99	41.81	112	16.5	
21	0.156	35.37	42.04	111	19.5	
22	0.155	35.89	42.2	115	18.3	
23	0.152	36.05	42.28	120	17.5	
24	0.158	36.25	42.88	108	15	
25	0.161	36.1	43.15	93	11.8	
26	0.168	35.08	43.8	106	11.5	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#2 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 10 Kg ความถี่ 15 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 30 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 32.1 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 25.6 c ความดันบรรยากาศ 758 mmHg

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)	ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.18	31.58	4.58	87	5.4
2	0.174	31.6	3.59	83	5.3
3	0.175	31.6	2.23	94	6.7
4	0.174	31.5	1.88	110	10.9
5	0.171	31.5	2.08	113	13.1
6	0.17	31.51	2.96	113	14.1
7	0.169	31.56	4.81	114	13.2
8	0.171	31.8	8.28	112	13.7
9	0.171	32.27	13.12	109	14.4
10	0.172	32.79	18	114	15.4
11	0.17	33.56	21.34	109	13.9
12	0.171	34.37	24.23	120	15
13	0.171	35.22	25.84	115	14.4
14	0.172	36.17	26.8	120	16
15	0.169	36.79	26.96	123	14.7
16	0.171	37.4	27.03	122	16.7
17	0.172	38.03	26.91	118	14.8
18	0.171	38.38	26.76	121	15.1
19	0.172	39.01	26.59	121	15.7
20	0.17	39.27	26.57	120	16
21	0.173	39.66	26.48	120	16.1
22	0.171	39.85	26.49	125	15.8
23	0.172	40.37	26.22	126	16.7
24	0.173	40.06	26.13	109	13.1
25	0.177	39.78	25.78	96	11.1
26	0.178	39.74	25.31	103	9.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#2 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 10 Kg ความถี่ 30 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 30 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 32 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 25.2 c ความดันบรรยากาศ 758 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)		ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.161	31.77	9.35	85		4.9
2	0.15	31.94	9.17	85		5.2
3	0.158	32.04	8.8	98		6
4	0.149	32.2	9.38	97		7.4
5	0.148	32.37	10.04	104		8.1
6	0.146	32.41	11.37	104		8.4
7	0.15	32.6	13.11	105		8.6
8	0.164	32.79	15.6	111		9.8
9	0.177	33.05	18.13	104		8.7
10	0.151	33.3	21.06	107		10.8
11	0.153	33.57	22.85	106		9.1
12	0.153	33.92	25.21	107		10.7
13	0.153	34.27	26.92	104		9.5
14	0.156	34.67	28.51	104		11.3
15	0.158	35	29.55	105		11.3
16	0.157	35.36	30.17	106		10.5
17	0.158	35.57	30.83	118		12.6
18	0.157	35.78	30.88	108		11.2
19	0.156	35.96	30.92	108		11.3
20	0.158	36.09	31.03	109		11
21	0.16	36.22	31.1	110		12.1
22	0.16	36.45	31.19	112		12
23	0.159	36.69	31.22	114		12.2
24	0.16	36.52	31.34	105		11.3
25	0.16	36.43	31.01	92		8.9
26	0.161	36.26	30.63	113		8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#2 ยกจากพื้นถีบเอว

น้ำหนัก 20 Kg ความถี่ 15 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 30 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 30.5 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 24.5 c ความดันบรรยากาศ 758 ม

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)	ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.187	28.9	4.47	92	4.2
2	0.17	28.99	3.73	89	4.6
3	0.161	29.02	2.46	87	5.5
4	0.159	29.1	2.16	117	11.6
5	0.15	29.27	3.33	125	15.2
6	0.153	29.52	5.78	121	15.1
7	0.156	30.01	10.25	121	18.8
8	0.149	30.84	15.64	125	19.3
9	0.155	32.1	20.46	129	18.3
10	0.152	33.37	23.95	131	19.4
11	0.151	34.63	26.23	133	20.8
12	0.152	36.18	26.91	134	19.7
13	0.153	37.24	27.08	137	21.5
14	0.155	38.67	26.52	143	22
15	0.154	40.13	25.75	143	25.1
16	0.154	41.63	24.81	150	25.6
17	1.57	42.27	24.41	151	25.3
18	0.158	42.81	24.07	147	27.2
19	0.156	43	23.86	153	24.7
20	0.155	43.56	23.51	154	24.2
21	0.156	43.6	23.61	154	25.5
22	0.156	43.95	23.38	156	24.1
23	0.158	44.27	23.31	154	24.5
24	0.157	43.5	23.77	143	21.7
25	0.163	42.55	24.12	129	15.4
26	0.166	52.05	24.27	125	13.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#2 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 20 Kg ความถี่ 30 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 30 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 30.5 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 24.5 c ความดันบรรยากาศ 758 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)		ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.153	30.5	30.28	96		5.1
2	0.148	30.58	30.37	94		6.1
3	0.15	30.7	30.48	97		6.1
4	0.148	30.87	30.51	103		8.8
5	0.149	31.17	30.52	114		11.4
6	0.148	31.58	30.54	111		12.1
7	0.152	32	30.58	111		11.9
8	0.15	32.38	30.6	124		13.4
9	0.15	32.79	30.61	128		15.9
10	0.152	33.36	30.68	118		15.1
11	0.148	33.9	30.67	125		12.8
12	0.149	34.22	30.61	121		12.8
13	0.153	34.51	30.61	126		12.4
14	0.151	34.7	30.6	126		12.9
15	0.149	35	30.6	127		14
16	0.149	35.18	30.6	123		14.1
17	0.152	35.29	30.55	131		14.1
18	0.147	35.36	31	134		13.8
19	0.147	35.5	30.6	131		13.7
20	0.151	35.6	30.67	135		14.8
21	0.153	35.57	30.7	128		12.3
22	0.159	35.75	30.7	131		12.4
23	0.162	35.81	30.8	135		14.4
24	0.162	35.88	31	120		14.3
25	0.163	35.69	31.2	113		11.5
26	0.163	35.58	31.2	113		10.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#2 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 10 Kg ความถี่ 15 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 40 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 28 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 20.3 c ความดันบรรยากาศ 758 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)		ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.172	27.5	4.49	76	5.3	
2	0.17	28	5.28	95	5.4	
3	0.165	28.9	6.19	83	5.6	
4	0.155	29.3	9.5	106	9.4	
5	0.148	29.5	13.03	108	10.5	
6	0.148	30.2	16.84	103	11	
7	0.145	30.2	20.34	107	11.9	
8	0.149	31	23.85	114	12.4	
9	0.165	32.5	26.68	111	11.8	
10	0.154	32.6	30	116	13.2	
11	0.149	33.2	31.31	113	13	
12	0.149	33.8	32.35	117	12.4	
13	0.152	34	32.93	120	12.4	
14	0.153	34.6	33.566	124	13.3	
15	0.151	34.9	33.7	122	13.4	
16	0.154	34.6	33.69	116	13.9	
17	0.157	35.1	33.69	122	16.8	
18	0.158	35.4	33.66	120	16.2	
19	0.153	35.5	33.38	120	15.1	
20	0.152	35.9	33.04	119	13.67	
21	0.16	35.8	33.12	127	16	
22	0.156	36.1	33.15	120	16	
23	0.156	36	33.38	127	17	
24	0.159	35.9	33.1	112	12.3	
25	0.17	35.9	32.98	105	11.2	
26	0.168	36.2	32.75	105	9.2	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#2 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 10 Kg ความถี่ 30 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 40 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 31 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 25 c ความดันบรรยากาศ 758 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)		ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.185	30.5	19.3	98		5.1
2	0.18	30.6	19.3	98		5
3	0.184	30.7	19.3	106		7.2
4	0.182	30.9	20.34	109		8.8
5	0.18	31.17	23.85	113		10
6	0.179	31.58	26.68	113		11.1
7	0.177	32	30	111		10.4
8	0.177	32.38	31.31	114		11.2
9	0.179	32.79	32.35	113		11.7
10	0.179	33.36	32.93	112		12.3
11	0.18	33.9	33.56	117		13.3
12	0.18	34.22	33.7	114		10.6
13	0.178	34.51	33.69	108		13.4
14	0.179	34.7	33.69	120		12.2
15	0.18	35	33.66	119		13
16	0.182	35.18	33.38	117		12.9
17	0.181	35.29	33.04	124		12.6
18	0.18	35.36	33.12	119		12.5
19	0.181	35.5	33.15	118		13.5
20	0.18	35.6	30.6	119		12.1
21	0.181	35.57	30.67	124		12.2
22	0.182	35.75	30.7	116		13.4
23	0.179	35.81	30.7	118		12.1
24	0.182	35.88	30.7	122		14.6
25	0.18	35.69	30.7	118		10.5
26	0.184	35.58	30.7	115		10.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#2 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 20 Kg ความถี่ 15 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 40 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 30.5 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 24 c ความดันบรรยากาศ 758 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)	ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.16	29.9	21.74	104	4.9
2	0.153	30	22.19	112	5.5
3	0.155	30.1	23.85	109	6.8
4	0.15	30.2	25.98	123	10.7
5	0.143	30.48	30.47	134	13.9
6	0.147	30.67	36.18	136	16.4
7	0.147	31.02	41.76	141	17.8
8	0.148	31.55	46.16	141	19.1
9	0.151	32.03	49.23	143	20.7
10	0.152	32.4	50.39	142	18.1
11	0.151	32.79	51.01	148	20.2
12	0.152	33.2	51.14	145	21.5
13	0.148	33.54	50.93	151	20.1
14	0.151	33.82	50.73	151	20.9
15	0.154	34.22	50.52	150	22.1
16	0.154	34.32	50.38	157	23.3
17	0.152	34.53	50.13	159	20.9
18	0.151	34.7	49.85	161	21.8
19	0.152	34.89	49.65	160	22.7
20	0.151	35.05	49.53	162	23.2
21	0.154	35.23	49.28	161	23.7
22	0.152	35.4	49.08	160	24
23	0.153	35.56	48.88	163	28.1
24	0.156	35.43	48.83	154	19.8
25	0.165	35.34	48.69	141	15.1
26	0.165	35.14	48.55	131	12.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#2 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 20 Kg ความถี่ 30 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 40 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 31.8 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 25.5 c ความดันบรรยากาศ 758 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)	ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.156	31.9	19.53	97	4.2
2	0.152	31.9	19.71	99	3.8
3	0.157	31.9	20.94	115	7
4	0.155	31.9	24.07	121	10.2
5	0.145	31.7	29.13	129	11.3
6	0.145	31.61	35.9	130	13.6
7	0.155	31.42	42.43	128	14.6
8	0.15	31.21	47.39	125	14.3
9	0.154	31.01	50.23	132	13.4
10	0.15	30.8	51.91	131	14.8
11	0.153	30.46	52.92	133	16.2
12	0.151	30.28	53.15	135	16
13	0.153	30.08	52.98	137	15.6
14	0.153	29.9	52.74	140	15.7
15	0.15	29.8	52.44	140	14.6
16	0.155	29.69	52.3	137	115
17	0.154	29.57	52.14	142	16.3
18	0.154	29.45	51.97	141	16.1
19	0.155	29.38	51.56	140	16
20	0.153	29.36	51.35	136	14.2
21	0.157	29.29	51.27	144	15.7
22	0.157	29.22	51.39	146	16.1
23	0.157	29.15	51.52	145	16.6
24	0.156	29.19	51.59	141	15
25	0.16	29.3	51.31	131	10.3
26	0.164	29.32	51.22	127	8.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#2 ยกจากพื้นถังเอว

น้ำหนัก 10 Kg ความถี่ 15 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 50 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 31.5 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 24.6 c ความดันบรรยากาศ 758 ม

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)		ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.179	30.9	8.85	89	6.3	
2	0.177	30.96	8.97	91	5.8	
3	0.174	31	9.6	96	6.4	
4	0.171	31.13	11.74	112	11.5	
5	0.166	31.48	15.93	118	13.4	
6	0.159	31.73	20.47	118	12.9	
7	0.152	32.24	25.58	120	14.9	
8	0.152	32.76	29.77	126	15.1	
9	0.154	33.49	33.11	127	16.3	
10	0.153	34.18	35.11	125	16.5	
11	0.155	34.88	36.22	129	16.8	
12	0.154	35.52	36.65	126	17.6	
13	0.154	36.17	36.03	135	18.1	
14	0.155	36.55	35.99	134	16.2	
15	0.156	36.98	35.71	133	17.2	
16	0.153	37.44	35.08	133	17.2	
17	0.155	37.74	35.03	137	17.4	
18	0.156	38.13	34.41	139	17.8	
19	0.157	38.5	33.96	139	18	
20	0.158	38.75	33.67	146	18.7	
21	0.155	38.91	33.56	139	17.1	
22	0.152	38.98	33.49	143	16.9	
23	0.155	39.2	33.22	146	18	
24	0.16	38.96	33.88	120	15.7	
25	0.167	38.8	33.93	119	12.3	
26	0.167	38.56	33.95	116	9.1	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#2 ยกจากพื้นถังเอว

น้ำหนัก 10 Kg ความถี่ 30 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 50 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 31 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 25 c ความดันบรรยากาศ 758 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)		ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.161	31	30.32	92		6
2	0.157	31.1	30.59	93		5.3
3	0.161	31.1	31.37	97		7.2
4	0.156	31.2	32.44	101		7.2
5	0.157	31.3	34.05	102		9.4
6	0.154	31.53	35.84	103		9.5
7	0.152	31.6	37.52	101		10.3
8	0.152	31.78	39.05	104		8.8
9	0.153	32.06	40.77	108		10.4
10	0.154	32.18	41.96	106		10.4
11	0.157	32.4	42.8	108		10.3
12	0.156	32.5	43.49	109		11
13	0.156	32.67	43.87	111		10.1
14	0.159	32.8	44.21	113		10.7
15	0.157	32.89	44.34	114		11.1
16	0.156	33.1	44.29	114		11.2
17	0.159	33.2	44.33	116		11.5
18	0.159	33.23	44.37	117		11.3
19	0.16	33.33	44.39	115		11.9
20	0.155	33.39	44.26	116		10.7
21	0.156	33.41	44.33	115		10.9
22	0.158	33.48	44.34	120		11.7
23	0.156	33.53	44.26	124		11
24	0.158	33.51	44.26	108		12.1
25	0.16	33.44	44.2	110		8.7
26	0.162	33.38	44.16	109		8.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#2 ยกจากพื้นถึงเอว
น้ำหนัก 20 Kg ความถี่ 15 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 50 ซม.
อุณหภูมิกระเปาะเปียก 30.5 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 23.5 c ความดันบรรยากาศ 759 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)	ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.175	28.3	9.03	104	5.7
2	0.173	28.4	8.82	103	6.3
3	0.177	28.5	8.78	107	7.99
4	0.1663	28.6	9.92	134	13.7
5	0.156	28.75	13.07	131	15
6	0.148	29.01	18.59	142	18.9
7	0.148	29.42	24.35	144	17.66
8	0.147	29.92	29.28	139	18.5
9	0.151	30.65	34.38	146	19.3
10	0.143	31.38	36.8	141	19.2
11	0.152	32.08	37.82	147	21.1
12	0.154	32.71	38.08	146	20.9
13	0.153	33.26	37.93	149	19.7
14	0.153	33.74	37.62	146	20
15	0.153	34.27	37.31	147	21.5
16	0.154	34.67	36.95	149	22.6
17	0.155	34.99	36.57	153	21.9
18	0.156	35.37	36.29	155	21.7
19	0.155	35.59	36.05	154	22.5
20	0.154	35.83	35.71	153	22.7
21	0.151	35.89	35.56	156	21.7
22	0.146	36.05	35.33	159	18.1
23	0.154	36.25	35.26	158	24.3
24	0.156	36.13	35	139	16.9
25	0.165	35.96	34.71	135	13.3
26	0.165	35.87	34.56	127	12.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUBJECT#2 ยกจากพื้นถึงเอว

น้ำหนัก 20 Kg ความถี่ 30 วินาที/ครั้ง ขนาดกล่อง 50 ซม.

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 32 c อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 24.5 c ความดันบรรยากาศ 759 m

นาทีที่	ออกซิเจน(%)	อุณหภูมิ(c)		ความชื้น(%)	HR(bpm)	VE(lit/min)
1	0.167	30.9	25.7	97		3.9
2	0.156	30.9	25.7	91		3.9
3	0.156	31	25.58	91		5.4
4	0.157	31.1	29.77	108		9.7
5	0.151	31.1	33.11	115		9.9
6	0.154	31.2	35.11	109		11
7	0.153	31.3	36.22	113		12.5
8	0.153	31.53	36.65	111		12
9	0.152	31.6	36.03	109		12.99
10	0.152	31.78	35.99	114		12.4
11	0.155	32.06	35.71	120		13.8
12	0.156	32.18	35.08	113		14.1
13	0.156	32.4	35.03	119		16.2
14	0.155	32.5	34.41	117		14.2
15	0.155	32.67	33.96	126		14.1
16	0.155	32.8	34.59	119		14.4
17	0.153	32.71	35	117		14.2
18	0.156	33.26	35.5	127		13.6
19	0.159	33.74	35.26	128		15.7
20	0.155	34.27	35.33	129		15.2
21	0.158	34.67	35.56	123		16
22	0.156	34.99	35.71	129		14.5
23	0.159	35.37	34.2	130		15.6
24	0.155	35.89	34	119		13.5
25	0.167	36.05	33.5	112		11.5
26	0.159	36.25	33.5	110		6.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ถูกทดสอบ นาย สมพร เทพโสภา

การทดลอง	เวลา (นาที)	% OXYGEN			HEART RATE			VE			% REC
		AVG	MAX	MIN	AVG	MAX	MIN	AVG	MAX	MIN	
10kg/15sec size 30 cm	0-3	0.178	0.196	0.167	93	99	89	1.7	2.2	1.0	20
	6-23	0.161	0.165	0.156	101	106	95	3.4	4.6	2.2	
	25-26	0.169	0.169	0.168	96	98	95	2.1	2.7	1.6	
10kg/30sec size 30 cm	0-3	0.189	0.208	0.184	83	88	78	1.7	2.9	0.8	21.43
	6-23	0.178	0.184	0.174	93	100	86	3.1	4.3	2.0	
	25-26	0.184	0.187	0.183	90	93	89	2.2	2.9	1.7	
20kg/15sec size 30 cm	0-3	0.181	0.199	0.177	96	101	92	1.9	2.9	0.8	
	6-23	0.178	0.183	0.170	138	150	124	5.1	6.8	3.8	
	25-26	0.186	0.187	0.186	114	120	108	2.8	3.0	2.7	
20kg/30sec size 30 cm	0-3	0.189	0.206	0.183				1.6	3.1	0.5	
	6-23	0.178	0.184	0.169				3.2	4.5	2.0	
	25-26	0.189	0.191	0.188				2.5	2.9	2.1	

การทดลอง	เวลา	% OXYGEN			HEART RATE			VE			%
		AVG	MAX	MIN	AVG	MAX	MIN	AVG	MAX	MIN	REC
10kg/15sec size 40 cm	0-3	0.179	0.185	0.171				2.3	3.3	1.6	
	6-23	0.172	0.199	0.163				3.9	5.4	2.4	
	25-26	0.176	0.178	0.171				2.4	2.8	2.0	
10kg/30sec size 40 cm	0-3	0.180	0.209	0.170	74	79	72	2.2	3.0	1.5	
	6-23	0.170	0.178	0.153	88	99	78	3.0	4.8	1.2	-
	25-26	0.176	0.179	0.175	81	85	78	2.3	2.9	1.5	
20kg/15sec size 40 cm	0-3	0.179	0.201	0.174				2.2	2.7	1.3	
	6-23	0.167	0.172	0.157				5.2	6.7	3.1	
	25-26	0.182	0.184	0.179				4.2	5.0	3.2	
20kg/30sec size 40 cm	0-3	0.177	0.188	0.172				2.5	4.1	1.5	
	6-23	0.168	0.175	0.161				3.6	5.3	2.3	
	25-26	0.180	0.184	0.177				3.1	4.2	2.2	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทำการทดลองที่ระดับความสูง เอว–ไหล่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลอง	เวลา	% OXYGEN			HEART RATE			VE			%
		AVG	MAX	MIN	AVG	MAX	MIN	AVG	MAX	MIN	REC
10kg/15sec size 50 cm	0-3	0.182	0.209	0.173	91	99	87	2.6	3.6	1.6	52.94
	6-23	0.167	0.172	0.162	102	108	93	3.8	5.6	1.4	
	25-26	0.176	0.180	0.174	93	95	92	3.1	4.0	2.3	
10kg/30sec size 50 cm	0-3	0.181	0.206	0.172	84	92	80	2.3	3.1	1.8	50
	6-23	0.174	0.181	0.165	90	97	85	3.3	5.7	2.1	
	25-26	0.180	0.182	0.179	85	88	81	2.6	3.7	1.5	
20kg/15sec size 50 cm	0-3	0.195	0.209	0.184	92	98	87	2.1	3.4	1.0	26.67
	6-23	0.169	0.179	0.162	117	126	108	5.5	7.2	3.8	
	25-26	0.174	0.175	0.173	109	111	106	2.5	2.9	2.0	
20kg/30sec size 50 cm	0-3	0.177	0.188	0.171	96	98	94	2.3	3.6	1.6	14.29
	6-23	0.169	0.178	0.165	109	115	103	4.0	7.4	1.0	
	25-26	0.174	0.175	0.173	106	107	105	2.4	2.8	2.0	

ผู้ถูกทดสอบ นาย สมพร เทพวิสภา

การทดลอง	เวลา (นาที)	% OXYGEN			HEART RATE			VE			% REC
		AVG	MAX	MIN	AVG	MAX	MIN	AVG	MAX	MIN	
10kg/15sec size 30 cm	0-3	0.176	0.197	0.169	88	92	82	2.1	2.9	1.3	18.18
	6-23	0.165	0.168	0.161	93	113	87	3.2	4.2	2.2	
	25-26	0.171	0.172	0.171	91	99	88	1.9	2.1	1.7	
10kg/30sec size 30 cm	0-3	0.178	0.207	0.166	84	89	70	1.5	2.0	0.8	20.00
	6-23	0.165	0.173	0.161	88	92	84	2.4	4.0	1.2	
	25-26	0.167	0.168	0.166	86	88	85	1.8	2.2	1.6	
20kg/15sec size 30 cm	0-3	0.181	0.205	0.174	94	105	87	2.2	3.4	1.1	27.59
	6-23	0.164	0.168	0.161	109	113	93	4.0	5.6	2.2	
	25-26	0.169	0.171	0.168	101	102	101	2.4	2.7	2.1	
20kg/30sec size 30 cm	0-3	0.177	0.198	0.170	83	88	79	2.1	2.5	1.4	37.50
	6-23	0.164	0.173	0.158	90	97	82	3.2	5.5	1.9	
	25-26	0.168	0.169	0.166	87	88	86	1.9	2.4	1.5	

การทดลอง	เวลา	% OXYGEN			HEART RATE			VE			%
		AVG	MAX	MIN	AVG	MAX	MIN	AVG	MAX	MIN	REC
10kg/15sec size 40 cm	0-3	0.179	0.205	0.167	89	91	87	1.7	3.2	0.9	
	6-23	0.163	0.167	0.159	96	100	90	2.8	3.8	1.4	25.00
	25-26	0.170	0.172	0.167	92	94	90	1.9	2.5	1.7	
10kg/30sec size 40 cm	0-3	0.183	0.205	0.170	82	87	77	2.4	4.0	1.5	
	6-23	0.170	0.175	0.164	88	94	80	2.4	3.7	1.4	72.73
	25-26	0.178	0.180	0.176	80	81	79	2.5	3.6	1.8	
20kg/15sec size 40 cm	0-3	0.180	0.210	0.170	84	93	79	2.3	4.0	0.9	
	6-23	0.165	0.170	0.160	104	113	95	4.3	5.6	3.2	54.16
	25-26	0.169	0.171	0.167	91	93	88	2.3	2.9	2.0	
20kg/30sec size 40 cm	0-3	0.179	0.206	0.168	83	88	77	1.9	3.3	1.0	
	6-23	0.163	0.169	0.158	89	95	84	2.8	4.4	1.7	23.08
	25-26	0.169	0.170	0.167	86	87	85	2.2	3.8	0.5	

การทดลอง	เวลา	% OXYGEN			HEART RATE			VE			%
		AVG	MAX	MIN	AVG	MAX	MIN	AVG	MAX	MIN	REC
10kg/15sec size 50 cm	0-3	0.182	0.190	0.178	81	89	76	3.1	4.5	2.1	41.12
	6-23	0.167	0.178	0.162	87	94	82	2.5	5.0	1.4	
	25-26	0.172	0.175	0.167	80	84	77	2.2	3.0	1.1	
10kg/30sec size 50 cm	0-3	0.180	0.201	0.172	84	90	80	2.3	3.1	1.4	80.00
	6-23	0.170	0.175	0.165	87	94	81	2.5	3.7	1.6	
	25-26	0.171	0.173	0.169	83	84	82	2.3	2.8	2.0	
20kg/15sec size 50 cm	0-3	0.179	0.200	0.171	84	88	79	2.4	3.3	1.8	64.71
	6-23	0.165	0.171	0.160	97	116	71	4.1	5.2	3.0	
	25-26	0.172	0.174	0.170	86	89	83	3.1	3.8	2.0	
20kg/30sec size 50 cm	0-3	0.181	0.206	0.171	80	89	74	2.0	2.8	1.7	16.67
	6-23	0.165	0.170	0.162	91	99	86	2.8	4.3	0.6	
	25-26	0.169	0.171	0.165	88	90	85	2.8	3.5	1.8	

ภาคผนวก ง.

ตารางเก็บข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-1 แบบฟอร์มข้อมูลการทดสอบปั่นจักรยาน (แผ่นที่ 1)

หน่วยงาน.....วันที่.....เวลา.....

ชื่อ.....นามสกุล.....เพศ.....อายุ.....หน้าที่.....

อัตราการเต้นของหัวใจปกติ..... อุณหภูมิร่างกาย.....

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม.....

หมายเหตุ ให้หยุดการทดลองทันที เมื่ออัตราการเต้นของหัวใจเกิน 160 ครั้งต่อนาทีหรือเมื่อผู้ถูกทดสอบไม่ไหว.

ระดับงาน	นาที	0 sec	15 sec	30 sec	45 sec
		VE	VE	VE	VE
REST	0				
	1				
	2				
0 watt	3				
	4				
	5				
25 watt	6				
	7				
	8				
50 watt	9				
	10				
	11				
75 watt	12				
	13				
	14				
100 watt	15				
	16				
	17				
125 watt	18				
	19				
	20				

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระดับงาน	นาที	0 sec	15 sec	30 sec	45 sec
		VE	VE	VE	VE
150 watt	21				
	22				
	23				
150 watt	24				
	25				
	26				
175 watt	27				
	28				
	29				
200 watt	30				
	31				
	32				
REST	33				
	34				
	35				

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-2 แบบฟอร์มข้อมูลการทดสอบการทำงานยกของ (แผ่นที่ 1)

หน่วยงาน.....วันที่.....เวลา.....

ชื่อ.....นามสกุล.....เพศ.....อายุ.....หน้าที่.....

อัตราการเต้นของหัวใจปกติ..... อุณหภูมิร่างกาย.....

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม.....

น้ำหนักที่ยก.....ความถี่ในการยก.....ขนาดกล่อง.....ระดับการยก.....

หมายเหตุ ให้หยุดการทดลองทันที เมื่ออัตราการเต้นของหัวใจเกิน 160 ครั้งต่อนาทีหรือเมื่อผู้ถูกทดสอบไม่ไหว.

	นาที	0 sec	15 sec	30 sec	45 sec
		VE	VE	VE	VE
REST	0				
	1				
	2				
เริ่มยกของ	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
	11				
	12				
	13				
	14				
	15				
	16				
	17				
	18				
	19				
	20				

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(แผ่นที่ 2)

ระดับงาน	นาที	0 sec	15 sec	30 sec	45 sec
		VE	VE	VE	VE
	21				
	22				
	23				
	24				
	25				
	26				
	27				
	28				
	29				
	30				
	31				
	32				
REST	33				
	34				
	35				

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-3 ตัวอย่างตารางข้อมูลส่วนที่ได้มีการบันทึกโดย Data Logger แล้วอ่านข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์

TIME	%OXYGEN	TEMP	HUMID	HR	VE
00:00:00					
00:00:15					
00:00:30					
00:00:45					
00:01:00					
00:01:15					
00:01:30					
00:01:45					
00:02:00					
00:02:15					
00:02:30					
00:02:45					
.....					

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย