



การพัฒนาเครื่องมือนำใช้ในการทดสอบ
ลักษณะมนุษย์ของนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EQUIPMENT DEVELOPMENT FOR TESTING HUMAN
CHARACTERISTICS OF CHULALONGKORN UNIVERSITY STUDENTS

โดย

กิตติ อภิธรรมานนท์
พิษณุ โทษารมิก
ภาณุพงศ์ อัสวเกียรติ

โครงการวิจัย เลขที่ 107 - IR - 2530

ทุนส่งเสริมการวิจัยวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จพ
วค 15
005598

สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพฯ ๑

สิงหาคม 2532

สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ไม่รับผิดชอบ
ต่อผลเสียใด ๆ อันอาจเกิดจากการนำความคิดเห็นในเอกสาร
ฉบับนี้ไปใช้ ความคิดเห็นที่ปรากฏในเอกสารเป็นความคิดเห็น
ของผู้เขียนซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นความคิดเห็นของสถาบัน ฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การพัฒนาเครื่องมือ
เพื่อ
ใช้ในการทดสอบลักษณะมนุษย์
ของ
นิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



EQUIPMENT DEVELOPMENT
FOR
TESTING HUMAN CHARACTERISTICS
OF
CHULALONGKORN UNIVERSITY STUDENTS

โดย
รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติ อินทรานนท์
วุฒิ าศ.บ. เกียรตินิยม (จุฬาฯ), M.S. in IE (Houston)
Ph.D. (Texas Tech)
รองศาสตราจารย์ ดร.พิชณี โพธารามิก
วุฒิ าศ.บ. (จุฬาฯ), M.S. in EE (Hawaii)
Ph.D. (Maryland)
นายแพทย์กาญจพงศ์ อัสวเกียรติ
วุฒิ MB., BS. (London)

โครงการวิจัย เลขที่ 107-IR-2530

ทุนส่งเสริมการวิจัยวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะ วิศวกรรมศาสตร์
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพฯ

สิงหาคม 2532

ก
บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องมือ
เพื่อ
ใช้ในการทดสอบลักษณะมนุษย์
ของ
นิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ผู้วิจัย : กิตติ อินทรานนท์ , พิชณี โพธารามิก , ภาณุพงศ์ อัสวเกียรติ

สัดส่วนร่างกาย กำลัง และความแข็งแรงของประชากรที่แตกต่างกันย่อมแตกต่างกัน และการที่จะออกแบบให้เครื่องจักรอุปกรณ์มีความเหมาะสมกับผู้ใช้งานนั้นต้องให้ความสำคัญต่อข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ ทั้งนี้ เพื่อที่จะได้ใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการออกแบบกำหนดขนาด และปรับระยะต่างๆ ของเครื่องจักรอุปกรณ์ แต่ในความเป็นจริงนั้น การให้ความสำคัญต่อการพิจารณาลักษณะสมบัติของผู้ใช้เครื่องจักรอุปกรณ์นั้นมีน้อยมาก ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะผู้ออกแบบไม่ทราบถึงความสำคัญ ไม่ให้ความสนใจ หรือที่เป็นไปได้มากที่สุดสำหรับประเทศที่กำลังพัฒนา รวมทั้งประเทศไทยด้วย ก็คือการขาดข้อมูลทางเออร์โกโนมิกส์

การวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและทดสอบเครื่องวัดความแข็งแรง และกำลังของบุคคล โดยใช้ Load Cell และ Digital Display เป็นเครื่องมือหลัก 2) สร้างฐานข้อมูลลักษณะมนุษย์ในเรื่องเกี่ยวกับ สัดส่วนร่างกาย กำลังสปีดของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ สำหรับกลุ่มนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้เข้าทดสอบทั้งหมดเป็นชายล้วนจำนวน 100 คน อายุระหว่าง 17 - 25 ปี ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการวิจัยเออร์โกโนมิกส์ ของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้เข้าทดสอบทั้งหมด เป็นนิสิตของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีสุขภาพดี ร่างกายแข็งแรง

ผลการทดสอบได้ถูกวิเคราะห์หาเชิงสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS เพื่อวิเคราะห์หา สหสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนร่างกายแต่ละส่วน สหสัมพันธ์ระหว่างกำลังสปีดของกล้ามเนื้อแต่ละส่วน รวมทั้งค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละอย่างด้วย

ผลจากการวิจัย ทำให้สามารถพัฒนา และสร้างเครื่องวัดความแข็งแรง และกำลังของบุคคลขึ้นมาได้ สามารถใช้งานได้โดยมีประสิทธิภาพ โดยเสียค่าใช้จ่ายในการสร้างต่ำ นอกจากนั้นยังสามารถสร้างฐานข้อมูลลักษณะมนุษย์ ในเรื่องเกี่ยวกับสัดส่วนร่างกาย กำลังสปีดของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของกลุ่มนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอีกด้วย

ABSTRACT



EQUIPMENT DEVELOPMENT
FOR
TESTING HUMAN CHARACTERISTICS
OF
CHULALONGKORN UNIVERSITY STUDENTS

by

Kitti INTARANONT, Phichani, BODHARAMIK and Panupong ASVAKIAT.

Different populations differ anthropometrically and physically. These human data are vital to equipment design process as criteria for dimensioning and adjustability of equipment. In fact, priority given to user characteristic data is very low. This is probably because designers do not know the significance of these criteria or, as it is the most probable cause in developing countries like Thailand, insufficient human data are available.

The objectives of this research were: 1) to develop and test static strength device, i.e., a load cell with digital display, 2) to develop human characteristic database such as anthropometry and static muscle strength of various muscle groups using a group of Chulalongkorn University students.

One-hundred males, age between 17-25 years, volunteered to be subjects for the experiment at Ergonomic Research Laboratory, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University. All subjects were Chulalongkorn University student and they were strong and healthy.

Results were statistically analyzed using SAS Programming Package to determine correlation between body dimensions and correlation between static strength of various muscle groups. The means and standard deviation of each data group were also reported.

Benefit of this research brings the development of static strength test device for human. The device is efficiently workable with low-construction costs. Furthermore, human characteristic database of Chulalongkorn University student group is developed in terms of anthropometric and strength data.

สารบัญ



	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
รายชื่อตาราง	ง
รายชื่อรูป	จ
รายชื่อภาคผนวก	ฉ
บทที่	หน้า
1. บทนำ	
1.1 ที่มาแห่งปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. สืบรวจงานวิจัย และ วิธีการดำเนินการวิจัย	
2.1 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 วิธีดำเนินการวิจัย	6
2.2.1 การพัฒนา Load Cell	6
2.2.2 การพัฒนา Indicator	8
2.2.3 การเตรียมเครื่องมือและใช้งาน	9
3. การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง	
3.1 การวิเคราะห์เครื่องมือ	11
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลกำลังสกดของกล้ามเนื้อ	13
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนร่างกาย	15
4. สรุปและข้อเสนอแนะ	
4.1 ปัญหาในการสร้าง	18
4.2 สรุปผลการวิเคราะห์	20
4.3 ข้อเสนอแนะ	20
บรรณานุกรม	22

เลขหมึ ๓๓
 เลขทะเบียน ๐๐๕๕๙๘
 วันที่ เดือน ปี 30 พ.ค. ๖3



ค

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือด้านทุนวิจัยทั้งหมด ขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ แห่งภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือต่างๆ เพื่อใช้ในการทดสอบเครื่องมือที่สร้างขึ้น และขอขอบคุณ นิสิตที่เข้าทำการทดสอบทุกท่าน ที่ช่วยทำหงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กิตติ อินทรานนท์
พิษณี โพธารามิก
ภาณุพงศ์ อัสวเกียรติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง
รายชื่อตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
3.1	ตารางแสดงผลการทดสอบ Load Cell เมื่อใช้ Load ต่าง ๆ กัน	11
3.2	ตารางแสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของกำลังสกดของกล้ามเนื้อทั้ง 5 ตำแหน่ง	14
3.3	ตารางแสดงค่า Correlation Coefficient ระหว่างกำลังสกดของกล้ามเนื้อ 5 ตำแหน่ง และระดับนัยสำคัญของการทดสอบ	15
3.4	ตารางแสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของสัดส่วนร่างกายทั้ง 36 ส่วน	16
4.1	ตาราง เปรียบเทียบสถิติสัดส่วนร่างกายจากผลงานวิจัย 2 แห่ง	21

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่	จ รายชื่อรูป ชื่อรูป	หน้า
2.1	Load Cell ที่ประกอบเสร็จแล้ว	7
2.2	Digital Indicator	8
3.1	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Increase Load, Decrease Load กับขนาดของ Load ที่มากกระทำ	12
4.1	กราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบสถิติกำลังสติกของ 2 กลุ่มประชากร	20



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฉ
รายชื่อภาคผนวก
ชื่อภาคผนวก

ภาคผนวกที่		หน้า
ก.	รายละเอียดการออกแบบและสร้าง Load Cell	24
ข.	หลักการเบื้องต้นของ Strain Gage	41
ค.	ภาพแสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการทดลอง	43
ง.	รายละเอียดของการทดสอบกำลังสกดของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ	45
จ.	ภาพแสดงการทดสอบกำลังสกดของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ	47
ฉ.	ภาพวงจรการทำงานของ Indicator	50
ช.	ภาพประกอบการวัดสัดส่วนร่างกายตำแหน่งต่าง ๆ 36 ตำแหน่ง	51
ซ.	แบบฟอร์มที่ใช้ในการเก็บข้อมูลสัดส่วนร่างกายและกำลังสกด	55
ฅ.	ข้อมูลกำลังสกดของกล้ามเนื้อ 5 ส่วน	57
ฉ.	ข้อมูลสัดส่วนร่างกาย 36 ส่วน	61
ญ.	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติและ Correlation ของข้อมูลกำลังสกด ของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ	71
ฎ.	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติและ Correlation ของข้อมูลสัดส่วน ร่างกาย	72
ฏ.	การกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล	90

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



1.1 ที่มาแห่งปัญหา

บุคคลย่อมมีความแตกต่างกันในด้าน สัดส่วนร่างกาย กำลังและความแข็งแรง ตลอดจนความสามารถในการทำงาน องค์ประกอบที่ทำให้แตกต่างกัน อาจจำแนกได้เป็น อายุ เพศ เชื้อชาติ พันธุกรรม อาชีพ อาหาร สภาพแวดล้อม การฝึกฝน และสุขภาพอนามัย เป็นต้น (Van Cott และ Kinkade, 1972) ในการออกแบบสร้าง เครื่องมือ เครื่องจักรกล เครื่องใช้ ตลอดจนการออกแบบจัดสถานีทำงานต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะให้ผู้ใช้งานได้ใช้อุปกรณ์ดังกล่าวอย่างสะดวก มีประสิทธิภาพและความปลอดภัยสูง จะต้องยึดเอาลักษณะสมบัติเฉพาะตัวของผู้ใช้ เป็นเกณฑ์ในการออกแบบ เพื่อกำหนดขนาด กำลัง น้ำหนักและการปรับแต่งอุปกรณ์ ให้มีความเหมาะสมสอดคล้องกับผู้ใช้มากที่สุด ซึ่งข้อมูลเช่นนี้ยังไม่มีการพัฒนาสร้างขึ้นมาอย่างถูกต้องในประเทศไทย อันอาจเนื่องมาจาก ยังมองไม่เห็นความสำคัญในเรื่องนี้เพียงพอ หรือเครื่องที่ใช้ในการทดสอบมีราคาสูงมาก ไม่สามารถจัดหามาใช้ได้

ตามข้อเท็จจริงแล้ว เครื่องมือและอุปกรณ์ทางเออร์โกโนมิก เพื่อใช้ในการทดสอบ ทา และเก็บข้อมูล ลักษณะเฉพาะตัวของกลุ่มประชากรผู้ใช้เครื่องจักร เครื่องมือ นั้น มีราคาสูงจริงๆ และต้องสั่งซื้อเอาจากต่างประเทศ แต่ก็ไม่ได้หมายความว่า จะนำเอาอุปกรณ์ที่มี และใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์อื่นอยู่แล้ว มาทำการดัดแปลงและพัฒนาเพื่อวัตถุประสงค์นี้ไม่ได้

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เคยสร้าง Loadcell กับ Digital Display Unit เพื่อใช้ในกิจการชั่งน้ำหนักสิ่งของอื่นได้ในราคาไม่เกินกว่า 40% ของสินค้าต่างประเทศ ที่ใช้งานได้ในลักษณะเดียวกัน ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้ สามารถนำมาดัดแปลงเพื่อใช้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ ในการพัฒนา สร้างข้อมูลลักษณะของมนุษย์ได้ดี

ส่วนการใช้นิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็น Subject ในการทดสอบก็เพื่อที่จะสนอง วัตถุประสงค์อย่างน้อย 2 ประการ คือ สะดวกต่อการชักจูงให้มาร่วมทำการทดลองเป็นประการหนึ่ง และอีกประการหนึ่งก็คือเป็นการสร้างฐานข้อมูลลักษณะมนุษย์ของประชากร กลุ่มนี้

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเรื่องนี้ มีดังนี้

1.2.1 พัฒนาและทดสอบเครื่องวัดความแข็งแรง และ กำลังของบุคคล โดยใช้ Loadcell และ Digital Indicator เป็นเครื่องมือหลัก

1.2.2 สร้างฐานข้อมูลลักษณะมนุษย์ งานเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ สัดส่วนร่างกาย กำลังสถิติของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ สำหรับกลุ่มนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประมาณ 100 คน โดยการอาสาสมัคร การทดลองนี้กระทำเพื่อ ทดสอบการทำงานของข้อ 1.2.1

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ กระทำภายในห้องปฏิบัติการวิจัยเออร์โกโนมิก ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นส่วนใหญ่ ทั้งในเรื่องการสร้างเครื่องมือ การทดสอบเครื่องมือ การวัดกำลังสถิติ และการวัดสัดส่วนร่างกาย มีน้อยมากที่ไปทำการวิจัยที่อื่น คือไปทำการทดสอบเครื่องมือ ที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 จะได้เครื่องมือที่ทันสมัย คุณภาพเทียบเท่ากับของต่างประเทศ ในราคาที่ต่ำกว่า ไว้ทำการวิจัยในด้านเออร์โกโนมิก

1.4.2 วางรากฐานในการวิจัยเออร์โกโนมิก ให้ก้าวไปสู่ขั้นประยุกต์ใช้ในระบบ คน - เครื่องจักร - สิ่งแวดล้อม

1.4.3 เออร์โกโนมิก เป็นรากฐานของ ความปลอดภัยในการทำงาน อันเป็นนโยบายสำคัญประการหนึ่งของรัฐบาล การวิจัยในลักษณะนี้ ย่อมกระตุ้นให้ทุกฝ่ายมีความรู้และสนใจในเรื่องความปลอดภัยในการทำงานมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำรวจงานวิจัยและวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำงาน โดยใช้แรงมากเกินไปเกินกว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนที่ทำงานนั้น จะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ การประเมินค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ จะช่วยให้ทราบถึงขีดความสามารถในการทำงานโดยใช้แรงที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย ข้อออกแบบสร้าง เครื่องมือและ เครื่องจักรที่เหมาะสมกับความแข็งแรงของคนกลุ่มนั้น ๆ และสามารถใช้ออกแบบการทำงานเพื่อลดการใช้แรงมากเกินไปเกินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนที่ใช้ทำงานได้ ถ้าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไม่เพียงพอต่อความหนักของงานจะทำให้เกิดอันตรายได้หลายแบบ เช่น กล้ามเนื้อส่วนที่ใช้ทำงานฉีกขาด ของที่ยกหรือผล็อยอยู่นั้นหล่นทับ หรือได้รับอันตรายจากเครื่องจักรและ เครื่องมือที่ควบคุมหรือใช้งานขณะนั้น (Chaffin & Park, 1973)

Rodahl (1961) ได้ให้เหตุผลเกี่ยวกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นนั้น ก็เนื่องจากขนาดของกล้ามเนื้อโตขึ้น และประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อของชายและหญิงจะไม่แตกต่างกันมากนัก ถ้าหากว่าหน่วยที่วัดความแข็งแรงนั้นวัดเป็นหน่วยต่อพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ (ก็โลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ หลังอายุ 30 ปี แต่หลังอายุ 50 ปีไปแล้วจะลดลงอย่างรวดเร็ว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ลดลงนี้เป็นเพียง 10 - 20 เปอร์เซ็นต์ ของความแข็งแรงที่สูงสุด และอัตราการลดในหญิงจะสูงกว่าชาย

สิ่งหนึ่งที่แสดงถึงความสามารถในการทำงานโดยใช้แรงของคนก็คือกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ (Static Muscle Strength) ซึ่งเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อในการสร้างแรงหรือกำลังบิด (Torque) สูงสุด ในช่วงเวลาสั้น ๆ โดยร่างกายไม่เคลื่อนที่ และเนื่องจากแรงหรือกำลังบิดมีขนาดและทิศทาง ดังนั้นกำลังสถิตของกล้ามเนื้อจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ ถ้าขณะที่กล้ามเนื้อออกแรงทำให้ส่วนของร่างกายเกิดการเคลื่อนไหวที่วัดได้นี้จะเป็นกำลังพลวัตของกล้ามเนื้อ (Dynamic Muscle Strength) (Chaffin, 1975)

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อเทคนิคการวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ และเป็นสาเหตุให้ข้อมูลมีความแปรปรวนสูงมีดังนี้คือ ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ การแนะนำการใช้เครื่องวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อให้แก่ผู้ถูกทดสอบ ท่าทาง (Posture) ของผู้ถูกทดสอบระหว่างการทดสอบ ช่วงระยะเวลาในการออกแรง ระยะเวลาพักผ่อน

ระหว่างการทดสอบและรายงานการทดสอบและการวิเคราะห์ทางสถิติ (Kroemer, 1970) Roebuck et al. (1975) กล่าวถึงตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อซึ่งตัวแปรต่างๆ มีดังนี้คือ เครื่องมือวัดลักษณะของเวกเตอร์ของแรง เพศ อายุและลักษณะงานประจำของผู้ถูกทดสอบ ท่าทางของผู้ถูกทดสอบระหว่างการทดสอบ วิธีออกแรงรวมถึงช่วงระยะเวลาในการออกแรง สิ่งจูงใจผู้ถูกทดสอบและสภาพแวดล้อมขณะทดสอบ

กิตติ อินทรานนท์และคณะ (2531) ได้ทำการวิจัยวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อของผู้ใช้แรงงานในภาคกลกรรมและอุตสาหกรรม สรุปได้ว่า กำลังสถิติของประชากรทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน และยังพบว่ากำลังสถิติของกล้ามเนื้อในตำแหน่งต่าง ๆ ที่ทำการวัด 6 ตำแหน่ง คือ บริเวณ หลัง แขน ขา ไหล่ ส่วนต่าง ๆ และมีมือ มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือถ้ากำลังสถิติของกล้ามเนื้อชุดใดสูง ชุดอื่นก็จะสูงตามไปด้วย นอกจากนี้ ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยังแสดงให้เห็นว่า กำลังสถิติของแต่ละท่าที่วัดกล้ามเนื้อชุดเดียวกัน หรือส่วนใหญ่เป็นชุดเดียวกัน ย่อมมีความสัมพันธ์โดยตรงซึ่งกันและกัน

ขนาดสัดส่วนร่างกาย จะเป็นเกณฑ์ที่สำคัญอย่างหนึ่ง ในการออกแบบสร้างเครื่องมือเครื่องจักรและเครื่องใช้ต่าง ๆ ซึ่งข้อมูลด้านสัดส่วนร่างกายนี้จะเหมาะสม มีความถูกต้องและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานออกแบบทางด้านวิศวกรรมได้ดีเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับเทคนิคที่วัดข้อมูล Rudolf Martin (Hertzberg, 1968) พัฒนาเทคนิคการวัดข้อมูลด้านสัดส่วนร่างกาย โดยพิจารณาถึงตำแหน่งที่หมาย (landmark) ต่าง ๆ ของร่างกายที่เป็นจุดหลักเริ่มต้นและสิ้นสุดในการวัดสัดส่วนร่างกายแต่ละสัดส่วน Kroemer (1970) แสดงให้เห็นว่าความเที่ยงตรงและประสิทธิภาพในการวัดสัดส่วนร่างกายจะเป็นสิ่งสำคัญต่อการวัดมาก Roebuck et al. (1975) ได้เสนอแนะไว้ว่าการใช้เครื่องมือวัดที่ไม่ยืดหยุ่น (Rigid Instrument) ควรทำให้ถูกต้องและระมัดระวังในเรื่องตำแหน่งที่ทำการวัด โดยฝึกหัดให้ผู้วัดสามารถใช้เครื่องมือวัดภายใต้เงื่อนไขสภาพแวดล้อมที่ควบคุมอย่างถูกต้องและมีทักษะ เกิดความชำนาญ ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าเทคนิคหรือวิธีในการวัดเครื่องมือวัด ตำแหน่งของร่างกายที่ทำการวัดและการวัดสัดส่วนร่างกายในลักษณะที่ผู้ถูกวัดสวมเสื้อผ้าหรือไม่สวมนั้น จะทำให้ข้อมูลสัดส่วนร่างกายในตำแหน่งเดียวกันมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Roebuck et al. (1975) ได้เสนอเทคนิคการวัดสัดส่วนร่างกายซึ่งเป็นที่ยอมรับไว้ 2 แบบ คือวิธีโดยตรงและโดยอ้อม วิธีโดยตรงนั้นจะใช้เครื่องมือวัด เช่น เทปวัดและแอนโทรโปมิเตอร์ (Anthropometer) โดยขณะทำการวัดนั้นเครื่องมือวัดจะสัมผัสกับร่างกายของผู้ถูกวัดในตำแหน่งที่ทำการวัด ส่วนวิธีโดยอ้อมจะใช้การถ่ายภาพเพื่อบันทึกรายละเอียดที่สามารถวัดและแปลความหมายได้

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย (2515) ได้ส่งแบบสอบถาม

เรื่องอายุความสูงและน้ำหนักของชายและหญิงไปยังสถาบันการศึกษาและหน่วยงานราชการทั่วประเทศ เพื่อรวบรวมข้อมูลด้านอายุ ความสูงและน้ำหนักของทั้งชายและหญิง ส่วนสัดส่วนร่างกายตำแหน่งอื่น ๆ ได้คำนวณโดยเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ จากความสูงของแต่ละบุคคล เช่น ความสูงระดับตาในขณะยืนจะเท่ากับ 93.3% ของความสูงยืน ซึ่งข้อมูลที่ได้ด้วยวิธีการข้างต้นนี้ จะไม่เหมาะสม สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้กับด้านวิศวกรรมมนุษย์ (Human Engineering)

Kovit Satavuthi (1979) ได้เสนอข้อมูลสัดส่วนร่างกายของคนงานในกรุงเทพฯ และจังหวัดใกล้เคียง โดยทำการวัดสัดส่วนร่างกายเพียงบางสัดส่วนของคนงานชาย 1,265 คน และคนงานหญิง 858 คน แล้วหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2528) ได้เสนอข้อมูลสัดส่วนร่างกายของคนไทย โดยสุ่มตัวอย่างชาย 9,442 คน หญิง 6,965 คน จากทุกภาคของประเทศไทย แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุดต่ำสุด ของแต่ละสัดส่วน ตามช่วงอายุต่าง ๆ โดยที่ข้อมูลเหล่านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำไปใช้กับอุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูป อย่างไรก็ตามก็ตีในรายงานทั้ง 2 ฉบับ มิได้มีการอธิบายรายละเอียดของการวัดและเครื่องมือวัดที่ใช้วัดสัดส่วนร่างกาย ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ข้อมูลเหล่านี้มีความเชื่อมั่นและเป็นที่ยอมรับมากยิ่งขึ้น

ขนาดสัดส่วนร่างกายของคนมีความแตกต่างกันก็เนื่องจากพันธุกรรม เชื้อชาติ สภาพแวดล้อมด้านภูมิอากาศและภูมิประเทศของแต่ละกลุ่มชน (Van Cott & Kinkade, 1972) การเปลี่ยนแปลงด้านความเจริญเติบโตในแต่ละปีจะเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่าอายุเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ทำให้สัดส่วนร่างกายมีความแตกต่างกัน ส่วนเรื่องเพศชายหญิง ก็มีอิทธิพลต่อความแตกต่างด้านสัดส่วนร่างกายเช่นกัน โดยเฉลี่ยแล้วชายไทยจะมีความสูงและน้ำหนักมากกว่าหญิงไทยประมาณ 10-12 ซม. และ 6-7.8 กก. ตามลำดับ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2515 ; Kovit Satavuthi, 1979 ; สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2528)

กิตติ อินทรานนท์ และคณะ (2531) ได้ทำการวิจัย วัดสัดส่วนร่างกายของผู้ใช้แรงงานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า ความสัมพันธ์กันระหว่างสัดส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย มีน้อยมากที่เห็นชัดว่ามีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง คือ ความสูงยืนกับความสูงปุ่มหัวไหล่ และความสูงยืนกับความสูงคอ นอกจากนั้น ยังพบว่าความสูงและน้ำหนักจะแปรผันตามอายุ โดยทั้งความสูงและน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นจนถึงช่วงอายุหนึ่งจึงจะลดลง

จะเห็นได้ว่า ความจำเป็นที่จะต้องสร้างฐานข้อมูลของกลุ่มประชากรไทยมีอยู่มาก การวิจัยครั้งนี้จึงถูกริเริ่มขึ้นจากการสร้างเครื่องมือ (Load Cell และ Indicator) ที่มีราคาต่ำแต่มีความเชื่อถือได้สูง ในการวัดกำลังสกดของกล้ามเนื้อเมื่อออก

แรงดึง ทั้งนี้ เพื่อที่จะได้ใช้ เป็นเครื่องมือในการทดสอบกำลังสกดของกล้ามเนื้อของ
ประชากรไทย เป็นการสร้างฐานข้อมูลของกลุ่มประชากรไทยให้เพิ่มมากขึ้นต่อไป

2.2 วิธีดำเนินการวิจัย

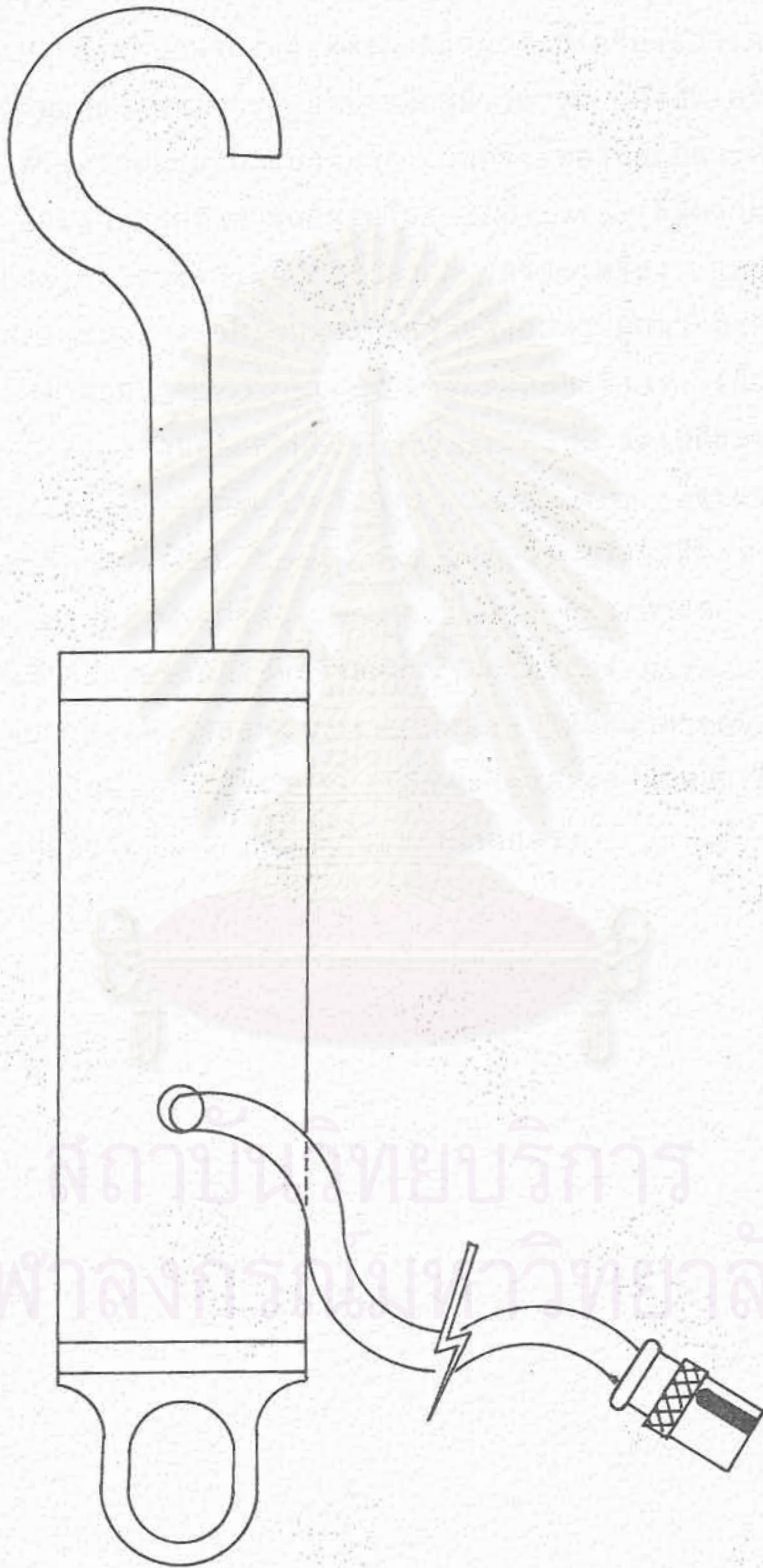
2.2.1 การพัฒนา Load Cell

Load Cell เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้ในการวัดปริมาณของแรง โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุเมื่อมีแรงภายนอกกระทำ คือ ภายใน Load Cell จะมีอุปกรณ์ตรวจจับที่เป็นความต้านทานแปรค่าได้ที่เรียกว่า Strain Gage อยู่ภายใน และจะทำหน้าที่แปรค่าของแรงภายนอกที่มากระทำต่อ Load Cell ว่าเป็นปริมาณของกระแสไฟฟ้า ปริมาณของแรงภายนอกที่มากระทำ กับ ปริมาณของกระแสไฟฟ้า จะแปรผันกันโดยตรงเสมอ หากแรงนั้นมีค่าไม่เกิน Limit of Proportionality จากคุณสมบัติในข้อนี้ ทำให้สามารถนำ Load Cell มาประยุกต์ใช้ในการวัดขนาดของแรงได้ โดยมีข้อแม้ว่า แรงนั้นต้องไม่เกิน Limit of Proportionality

Load Cell ที่จะสร้าง มีชิ้นส่วนใหญ่ ๆ อยู่ 8 ส่วน ทุก ๆ ส่วนที่จะนำมาประกอบเป็น Load Cell นั้น จะต้องเอื้ออำนวยต่อการวางตำแหน่งของ Strain Gage บนโลหะแกนกลาง และต้องสามารถ ป้องกันการรบกวน จากแรงภายนอกได้เป็นอย่างดี ดังนั้น ในการออกแบบส่วนประกอบต่าง ๆ เหล่านี้ จึงต้องกระทำอย่างระมัดระวัง ต้องศึกษาจากหนังสืออ้างอิง และต้องศึกษาจาก Load Cell ตัวจริงที่มีใช้อยู่ก่อนแล้วด้วย ซึ่งส่วนประกอบสำคัญ ๆ 8 ส่วนดังกล่าว คือ

1. หูยึดฝาปิดด้านบน
2. ฝาปิดด้านบน
3. แกนเหล็กภายใน
4. ครอบเหล็กกล้าไร้สนิมด้านนอก
5. ฝาปิดครอบด้านล่าง
6. ตะขอยึดฝาปิดครอบด้านล่าง
7. สายไฟชนิด 4 ไร่
8. Strain Gage ที่ติดบนแกนเหล็กภายใน

รายละเอียดในการสร้าง Load Cell ได้แสดงไว้ในภาคผนวก



รูปที่ 2.1 Load Cell ที่ประกอบเสร็จแล้ว

2.2.2. เครื่องแสดงค่าน้ำหนักแบบเป็นตัวเลข (Digital Indicator)

เครื่องแสดงค่าน้ำหนักที่เพิ่งได้รับการพัฒนามาเมื่อไม่นานมานี้ โดยที่แต่เดิม การแสดงค่าน้ำหนักยังใช้ระบบกลไกและแสดงผลออกมาโดยเครื่องแสดงค่าน้ำหนักที่ใช้เข็ม แสดงแต่ในปัจจุบันวิวัฒนาการทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มีราคาถูกลง ดังนั้นเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก แบบเป็นตัวเลขจึงได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ในประเทศไทยก็มีการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับ เรื่องนี้มานานแล้ว และสามารถทำการผลิตเครื่อง Indicator ที่มีความแม่นยำ เชื่อถือได้ และมีราคาถูกลง (กฤษฎา วิศวธรานนท์, 2528) การสร้างเครื่อง Indicator สำหรับการวิจัยนี้จะยึดหลักและแนวทางจากเอกสารการวิจัยดังกล่าว ผู้สนใจพึงศึกษาเพิ่มเติม

การทำงานของ Indicator อาศัยหลักการที่ว่า เมื่อมีแรงภายนอกมา กระทำกับ Load Cell ความต้านทานของ Strain Gage จะเปลี่ยนไป ทำให้กระแส ไฟฟ้าที่ส่งไปยัง Indicator เปลี่ยนตามไปด้วย Indicator ก็จะแปลงค่ากระแสเป็น น้ำหนักหรือ Load ที่มากกระทำต่อ Load Cell อีกทีหนึ่ง โดยวิธีนี้เราสามารถทราบได้ เลยว่าขนาด Load ที่มากกระทำต่อ Load Cell มีค่าเท่าใด กล่าวโดยสรุป Indicator จะมีหน้าที่ป้อนแรงดันไฟคงที่ให้กับวงจรบริดจ์ของ Strain Gage ใน Load Cell และทำการขยายแรงดันขาออกจาก Load Cell ให้มีขนาดใหญ่อขึ้น หลังจากนั้นก็ทำ การแปลงแรงดันนี้ให้เป็นสัญญาณเชิงเลข เพื่อจะได้แสดงค่าน้ำหนักเป็นตัวเลข ทำให้ สามารถอ่านค่าน้ำหนักที่กระทำต่อ Load Cell ได้โดยตรง

2.2.3 การเตรียมเครื่องมือและใช้งาน

2.2.3.1 การเตรียมเครื่อง

ก่อนที่จะทำการใช้งาน จะต้องทำการ Set (Calibration) ให้ Indicator มีค่าเริ่มต้นและมีอัตราการเพิ่มของ Load ที่ถูกต้องเสียก่อน โดยมีวิธีการเป็นขั้นตอนดังนี้

- ก. นำ Load Cell มาต่อกับ Indicator
- ข. เปิดฝาเครื่อง Indicator
- ค. ปรับ Dip S.W. Gain ไว้ที่ตำแหน่งต่ำสุด คือ 6 On
- ง. ปรับ Dip S.W. Tare ตำแหน่ง 1-5 ให้อ่านค่าตัวเลขได้ใกล้ 0 มากที่สุด
- จ. ปรับ Volume Zero ให้ตัวเลขอ่านได้เป็น 000.0
- ฉ. เอนน้ำหนักมาตรฐาน มาแขวน
- ช. ปรับที่ Gain Pot (Coarse และ Fine) ให้ค่าเท่ากับ น้ำหนักมาตรฐานที่แขวน
- ซ. หากยังปรับไม่ได้ ให้ปรับที่ Dip S.W. Gain (6-10) จนค่าที่อ่านได้ใกล้เคียงน้ำหนักมาตรฐาน
- ฌ. ปรับปุ่ม Gain Coarse และ Fine อีกครั้ง จนค่าที่อ่านได้ตรงกับน้ำหนักของน้ำหนักมาตรฐานที่แขวน

2.2.3.2 การใช้งานเครื่องมือ

การใช้งานครั้งนี้ เป็นการทดสอบเครื่องมือโดยการเก็บข้อมูล ความสามารถในการใช้กำลังสถิติสูงสุดของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของ กลุ่มนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำนวน 100 ตัวอย่าง สำหรับการวัดสัดส่วนร่างกายนั้น เป็นการเพิ่มฐานข้อมูลให้มากขึ้น เพื่อจะได้นำเอาข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ต่อไป

รายการอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดสอบ

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดกำลังสถิติ
 - Load Cell และ Indicator
 - แท่นยึด Load Cell
 - อุปกรณ์เหนี่ยวรั้งร่างกาย
2. อุปกรณ์ในการวัดสัดส่วนของร่างกาย
 - แอนโทรโพมิเตอร์
 - เครื่องชั่งน้ำหนัก

ภาพอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดสอบ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก

การดำเนินการทดสอบ

การทดสอบทั้งหมด กระทำภายในห้องปฏิบัติการวิจัยเออร์โกโนมิก แห่งภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้ถูกทดสอบทั้งหมดเป็นชาย อายุระหว่าง 17 ถึง 25 ปี ได้มาโดยการสุ่มจากนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิธีการดำเนินการทดสอบนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกจะให้ผู้ถูกทดสอบกรอกแบบสอบถามเสียก่อน เพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐานและเป็นการตรวจสอบด้วยว่ามีผู้ถูกทดสอบรายใดที่มีอาการเกี่ยวกับกระดูก หัวใจ หลัง และกล้ามเนื้อมาก่อนหรือไม่ ถ้าผู้ใดมีอาการเหล่านี้ ก็จะไม่นำมาทดสอบ เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายแก่ผู้ถูกทดสอบ หลังจากนั้นก็จะเป็นการทดสอบกำลังสปีดของกล้ามเนื้อ และการวัดสัดส่วนของร่างกาย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การทดสอบกำลังสปีดของกล้ามเนื้อ

การทดสอบกำลังสปีด ของกล้ามเนื้อ จะทำการวัดกล้ามเนื้อหลัง แขน ขา ไหล่ และส่วนต่างๆ โดยใช้หลักการของ Ayoub et al. (1978) โดยก่อนที่จะทำการทดสอบ จะต้องอธิบายวิธีการทดสอบเพื่อวัดกำลังสปีด และ แสดงตัวอย่างให้ผู้ถูกทดสอบเข้าใจ ขณะทำการทดสอบ หากผู้ถูกทดสอบรู้สึกเจ็บกล้ามเนื้อ จะต้องหยุดทดสอบทันทีเพื่อป้องกันการบาดเจ็บ ในการวัดค่ากำลังสปีดนี้ จะทำการวัด 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งห่างกันพอสมควรเพื่อให้ค่าที่ได้มีความเชื่อถือได้

สำหรับรายละเอียดของการวัดกำลังสปีด ของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ และภาพประกอบได้แสดงไว้ในภาคผนวก

2. การวัดสัดส่วนของร่างกาย

ในการวัดสัดส่วนของร่างกายในการทดสอบจะใช้หลักการวัดสัดส่วนร่างกายของ Ayoub et al. (1984) ซึ่งมีการกำหนดรายละเอียดของตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดของการวัด เครื่องมือที่ใช้วัด วิธีการดำเนินการ และ แบบฟอร์มข้อมูล ทั้งหมด ซึ่งเมื่อทำการวัดสัดส่วนร่างกายตามนี้ ก็จะสามารถทำการเก็บข้อมูลของสัดส่วนร่างกายส่วนต่าง ๆ ของนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำนวน 100 ตัวอย่างได้

สำหรับภาพประกอบที่แสดงถึงระยะต่าง ๆ ที่ทำการวัดได้แสดงไว้ในภาคผนวก

บทที่ 3

การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง

3.1 การวิเคราะห์เครื่องมือ

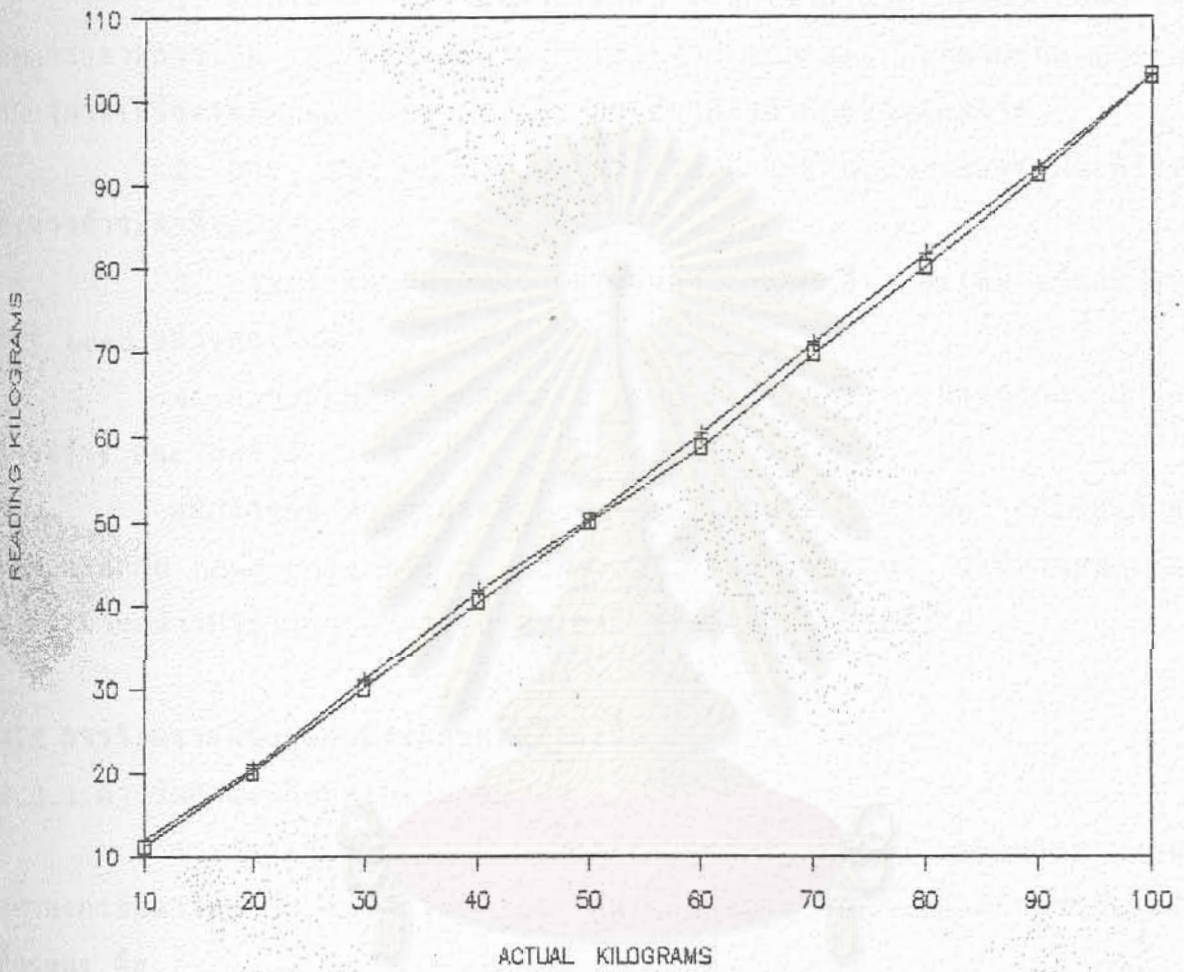
เพื่อทดสอบสมรรถภาพ และ ความถูกต้องแม่นยำของ Load Cell ที่สร้างขึ้น จึงมีการนำ Load Cell ไปทดสอบการใช้งาน โดยการใช้เครื่องทดสอบ Load ของแผนกโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการทดสอบ เมื่อ Set เครื่องเรียบร้อยแล้ว ได้ทำการทดสอบการใช้งานของ Load Cell 5 ครั้ง ใน 1 สัปดาห์ ปรากฏว่าได้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการทดสอบ Load Cell เมื่อใช้ Load ต่างๆ กัน

Load (Kg.)	Increase Load	Decrease Load
10	11.2	11.9
20	20.1	20.5
30	30.1	31.1
40	40.4	41.7
50	50.0	50.2
60	58.8	60.4
70	69.9	71.1
80	80.1	81.8
90	91.2	92.1
100	103.0	103.0

ในหน้าต่อไป คือกราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Increase Load, Decrease Load กับ ขนาดของ Load ที่แท้จริงหรือ hysteresis characteristics



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่าง
Increase Load, Decrease Load กับ ขนาดของ Load ที่มากกระทำ

จากผลการทดสอบและกราฟแสดงการเปรียบเทียบ จะเห็นว่าค่าที่อ่านได้จาก Load Cell มีความผิดพลาดไปบ้าง แต่ไม่มากนัก สำหรับสาเหตุของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้น อาจสรุปได้ดังนี้

1. ค่าที่วัดได้ มีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากเครื่องทดสอบ Load ของแผนกโยธามีการเพิ่ม Load ครั้งละมาก ๆ เช่น จาก 100 Kg. เพิ่มไปเป็น 200 Kg. การจัดทำให้เครื่องเพิ่ม Load ทีละ 10 Kg. อาจทำให้ค่าที่ได้มีความผิดพลาด

2. การ Set Dip S.W. ของ Tare และ Gain ต้องทำบนเครื่องตั้ง ซึ่งอาจทำให้ค่าที่ได้ผิดพลาด

3. ความผิดพลาดที่เกิดจากการอ่านค่า ในขณะที่เครื่องเพิ่ม หรือลด ขนาดของ Load อย่างต่อเนื่อง

4. ความผิดพลาดจากตัวของ Load Cell เอง เนื่องจากการประกอบ การสร้าง และวัสดุที่ใช้

อย่างไรก็ดี ค่าของแรงที่ Load Cell อ่านได้ นับว่ามีค่าใกล้เคียงกับแรงที่มากกระทำกับ Load Cell จริง ๆ Load Cell ที่สร้างขึ้นมานี้ จึงมีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้ในการอ่านค่าของแรงต่าง ๆ ที่ต้องการทราบค่าได้

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ

3.2.1 การวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ

การวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อได้ทำการวัดจากนิสิตชายคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 100 คน ตำแหน่งของกล้ามเนื้อที่ทำการวัด มี 5 ตำแหน่ง คือ

1. กำลังสถิตของกล้ามเนื้อหลัง (Back Static Strength)
2. กำลังสถิตของกล้ามเนื้อแขน (Arm Static Strength)
3. กำลังสถิตของกล้ามเนื้อขา (Leg Static Strength)
4. กำลังสถิตของกล้ามเนื้อไหล่ (Shoulder Static Strength)
5. กำลังสถิตของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ (Composite Static Strength)

เครื่องมือหลักที่ใช้ในการวัดกำลังสถิตก็คือ Load Cell ที่ได้พัฒนาและสร้างขึ้นมาเอง เมื่อได้วัดกำลังสถิตทั้ง 5 ตำแหน่ง ของนิสิตตัวอย่างจำนวน 100 คน เรียบร้อยแล้ว จึงนำผลที่ได้ ไปทำการวิเคราะห์ เพื่อหาว่า กำลังสถิตแต่ละตำแหน่งมีแนวโน้มเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร ซึ่งจะได้แสดงการวิเคราะห์ต่อไป

3.2.2 การวัดผลทางสถิติ

ใช้โปรแกรม SAS/PC เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ และ Correlation ของข้อมูล ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมดังกล่าว สรุปออกมาได้ดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด ของกำลังสีกของกล้ามเนื้อทั้ง 5 ตำแหน่ง

กล้ามเนื้อ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
หลัง	49.06830	8.91072	20.77000	68.20000
แขน	38.87060	5.42072	28.13000	50.73000
ขา	111.93110	9.59136	93.66000	138.20000
ไหล่	47.67687	8.25392	33.40000	69.54000
ส่วนต่าง ๆ	122.45037	10.96813	98.23000	148.33000

จากตาราง จะเห็นได้ว่า ตำแหน่งของกล้ามเนื้อที่มีค่าเฉลี่ยของกำลังสีกสูงที่สุดก็คือ กำลังสีกของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ มีค่าเท่ากับ 122.45 กิโลกรัม รองลงมาคือ กำลังสีกของกล้ามเนื้อขา มีค่าเท่ากับ 111.93 กิโลกรัม อันดับที่ 3 คือ กำลังสีกของกล้ามเนื้อหลัง เท่ากับ 49.07 อันดับที่ 4 คือ กำลังสีกของกล้ามเนื้อไหล่ และอันดับสุดท้าย กล้ามเนื้อที่มีค่ากำลังสีกน้อยที่สุด ก็คือ กล้ามเนื้อแขน มีค่าเท่ากับ 38.87 กิโลกรัม

3.2.3 การทดสอบค่า Correlation

ในการทดสอบค่า Correlation ระหว่างค่าของกำลังสีกของกล้ามเนื้อ เพื่อที่จะทราบว่า ค่ากำลังสีกของกล้ามเนื้อแต่ละตำแหน่ง มีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด อย่างไร พบว่า กำลังสีกของกล้ามเนื้อหลัง มีความสัมพันธ์สูงสุดกับกำลังสีกของกล้ามเนื้อแขน ($R = 0.53370$) และ กำลังสีกของกล้ามเนื้อขามีความสัมพันธ์สูงสุดกับกำลังสีกของกล้ามเนื้อแขน ($R = 0.43082$) และรองลงมา กับกำลังสีกของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ($R = 0.3999$) ดังแสดงในตารางที่ 3.3



ตารางที่ 3.3 แสดงว่า Correlation Coefficient ระหว่างกำลังสกดของกล้ามเนื้อ 5 ตำแหน่ง และระดับนัยสำคัญของการทดสอบ

กำลังสกด ของกล้ามเนื้อ	หลัง	แขน	ขา	ไหล่	ส่วนต่าง ๆ
หลัง	1.00000	0.53370	0.32669	0.25126	0.28191
	0.0000*	0.0001	0.0009	0.0117	0.0045
แขน		1.00000	0.43082	0.10014	0.28284
		0.0000	0.0001	0.3215	0.0044
ขา			1.00000	0.21485	0.39999
			0.0000	0.0318	0.0001
ไหล่				1.00000	0.23254
				0.0000	0.0199
ส่วนต่าง ๆ					1.00000
					0.0000

* ตัวเลขใต้ค่า Correlation Coefficient คือ ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนร่างกาย

3.3.1 การวัดสัดส่วนร่างกาย

การวัดสัดส่วนร่างกาย ได้ทำการวัดจาก นิสิตชาย คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 100 คน ตำแหน่งของสัดส่วนที่ทำการวัด มี 36 สัดส่วน ดังที่ได้แสดงรายละเอียดและภาพประกอบไว้แล้วในภาคผนวก เครื่องมือหลักที่ใช้ในการวัดสัดส่วนร่างกาย คือ แอนโทรโปมิเตอร์ เมื่อได้ข้อมูลจากการวัดสัดส่วนร่างกายทั้งหมด มาเรียบร้อยแล้ว จึงนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ เพื่อหาว่า สัดส่วนร่างกายแต่ละส่วนมีแนวโน้ม เหมือนกัน หรือต่างกันอย่างไร ซึ่งจะแสดงการวิเคราะห์ต่อไป

3.3.2 การวัดผลทางสถิติ

ใช้โปรแกรม SAS/PC เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ และ Correlation ของข้อมูล ผลการวิเคราะห์ด้วย โปรแกรมดังกล่าว สรุปออกมาได้ดังนี้

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของสัดส่วนร่างกายทั้ง 36 ส่วน

สัดส่วนร่างกาย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
1. STATURE	169.89	5.31	160.00	184.00
2. SHOULDER H.	141.20	5.14	132.10	154.00
3. EYE HEIGHT	157.79	5.30	150.00	172.10
4. ELBOW H.	106.51	4.16	97.70	119.00
5. ARM REACH	82.42	4.68	72.00	90.40
6. MAX. BODY B.	20.18	1.84	15.00	24.00
7. KNUCKLE H.	73.10	3.48	65.90	79.40
8. CHEST B.	30.44	2.77	23.40	36.50
9. HIP B.	31.15	1.67	27.00	36.50
10. MAX. BODY D.	44.94	2.60	39.10	51.70
11. CHEST DEAPTH	19.79	1.57	15.10	22.70
12. BUTTOCK D.	21.05	1.58	18.10	24.60
13. WAIST DEAPTH	16.90	1.55	13.10	20.80
14. BOTTOCK-LEG L.	101.06	5.97	88.90	118.50
15. BUTTOCK-KNEE L.	56.12	2.49	50.00	62.00
16. FOREARM-HAND L.	46.26	2.16	41.10	51.70
17. SHOULDER-ELBOW L.	35.80	2.03	31.50	41.00
18. B.-P. L.	43.77	3.57	34.10	53.30
19. SITTING H.	86.20	3.78	75.40	95.70
20. EYE H. , SIT.	74.25	3.99	65.10	83.00
21. S. H. , SIT.	56.86	3.40	49.30	65.40
22. E. H. , SIT.	21.11	2.81	15.40	27.40
23. KNEE H. , SIT.	51.84	2.73	46.70	58.40
24. P. H. , SIT.	41.45	1.87	37.50	46.00
25. THIGH C. H.	13.17	1.26	10.90	16.30
26. SHOULDER B.	42.04	2.25	36.20	45.80

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

27. E.-TO-E. B.	39.64	2.28	34.40	43.70
28. HIP B. , SIT.	32.90	2.43	28.00	37.30
29. KNEE-TO-KNEE B.	21.80	2.95	16.50	28.10
30. HEAD B.	15.05	0.85	13.30	16.80
31. HEAD LENGTH	18.06	0.70	16.50	19.90
32. INTERP. D.	6.48	0.53	5.40	7.60
33. HAND LENGTH	18.44	1.12	15.20	21.80
34. HAND B. AT T.	9.76	0.63	8.50	11.50
35. HAND B. AT M.	8.02	0.46	7.00	9.10
36. HAND THICKNESS	2.44	0.21	2.00	2.90

3.3.3 การวัดค่า Correlation ของข้อมูลสัดส่วนร่างกาย

วิเคราะห์เพื่อที่จะหาว่า สัดส่วนร่างกายแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด ผลการวิเคราะห์ได้แสดงไว้แล้วในตารางแสดงค่า Correlation ในภาคผนวก จากตารางจะทำให้ทราบได้ว่า สัดส่วนร่างกายแต่ละส่วน มีความสัมพันธ์ต่อกันมากน้อยเพียงใด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปปัญหา

ปัญหาที่เกิดขึ้นมีเฉพาะในการสร้าง Load Cell ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น

1. ปัญหาการจัดหาอุปกรณ์

ก. เนื่องจาก Strain Gage ที่นำมาทำ Load Cell มีราคาสูงจึงต้องขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญและศึกษาจากคู่มือของ Strain Gage ด้วยเพื่อให้ได้ Strain Gage ที่เหมาะสมกับงานที่จะนำไปใช้

ข. ชิ้นส่วนที่หุ้ม Strain Gage ซึ่งเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม ทำได้ยาก เพราะร้านค้าส่วนใหญ่จะไม่ยอมตัดขายปลีกให้

ค. ชิ้นส่วนที่ได้มาอาจมีคุณสมบัติไม่ตรงกับที่ออกแบบไว้ เพราะไม่มีของที่ต้องการ เช่น กระจกสวมรอบนอกที่มีจำหน่ายจะมีความหนาเพียง 2 มิลลิเมตร ในขณะที่ต้องการความหนาถึง 4 มิลลิเมตร เป็นต้น

2. ปัญหาในการสร้างและการประกอบ

ในการสร้างและประกอบชิ้นงานมีปัญหาต่าง ๆ เกิดขึ้น ซึ่งแยก พิจารณาได้เป็น

ก. ปัญหาในการสร้าง

- ปัญหาในการกลึงชิ้นงาน ชิ้นงานส่วนใหญ่ ที่นำมาขึ้นรูปด้วยการกลึงเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม ที่มีความเหนียวสูงมาก การกลึงชิ้นงานจึงทำได้ยาก หรือได้ผิวงานไม่เรียบ ควรใช้มีดกลึงประเภท Carbide Cutting Tool

- ปัญหาในการทำเกลียว มีเช่นเดียวกับสาเหตุของข้อข้างต้น การทำเกลียวของโลหะเหล็กกล้าไร้สนิมทำได้ยากกว่าเหล็ก เนื่องจากความเหนียวที่มีมากกว่า ยกตัวอย่างเช่น ในการทำตะขอ จะต้องงอตะขอเสียก่อนทำเกลียว ไม่เช่นนั้นปากกาจะจับเพลลาเหล็กกล้าไร้สนิมไม่ได้ ทำให้ผิวงานเป็นรอย ดูไม่สวยงาม

- ปัญหาในการทำตะขอ การทำตะขอจากเพลลาเหล็กกล้าไร้สนิม ขนาดใหญ่ไม่ควรใช้แรงในการขึ้นรูปควรใช้ไฟเผาให้เหล็กอ่อนตัวเสียก่อน แล้วจึงใช้คีมตัด (ในขั้นนี้เหล็กกล้าไร้สนิมอาจเป็นรอยคีมตัดบ้าง)

- ปัญหาในการเจาะชิ้นงาน ชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมที่จะถูกเจาะ มีความหนาถึง 1 นิ้ว หากจะเจาะให้ได้ขนาดในครั้งเดียวอาจทำได้แต่ไม่ถนัดต้องค่อยๆ เจาะ จากรูเล็กไปหาใหญ่ และในบางครั้งต้องใช้น้ำช่วยระบายความร้อนออกไปด้วย

ข. ปัญหาในการประกอบ

- ในการติด Strain Gage กับแกนกลางทำได้ค่อนข้างยากลำบาก ต้องรักษาความสะอาดเป็นอย่างดี และจะต้องทำตามขั้นตอนของคู่มือตลอด อาจจะต้องติดใหม่หลายครั้งบ้างในช่วงแรก

- การต่อ Strain Gage กับสายไฟ เป็นจุดที่ทำได้ยากที่สุด เนื่องจากสายไฟที่ออกจากตัว Strain Gage มีขนาดเล็กมาก ขณะบัดกรีกับสายไฟถ้ามีการกระตุกจะมีผลทำให้ Strain Gage เสีย และต้องทำการติดตั้ง Strain Gage ใหม่

- การร้อยสายไฟออกจากรูกระบอก ขั้นนี้ควรกระทำช้า ๆ ไม่กระตุกสายไฟ ไม่เช่นนั้นสายไฟจะไปดึงเอาขา Strain Gage หลุดได้ หลังจากนั้นควร Tape มาพันสายไฟด้านในกระบอกไว้ เพื่อไม่ให้เวลาสายไฟถูกกระชากแล้วกระทบไปถึงตัว Strain Gage ได้

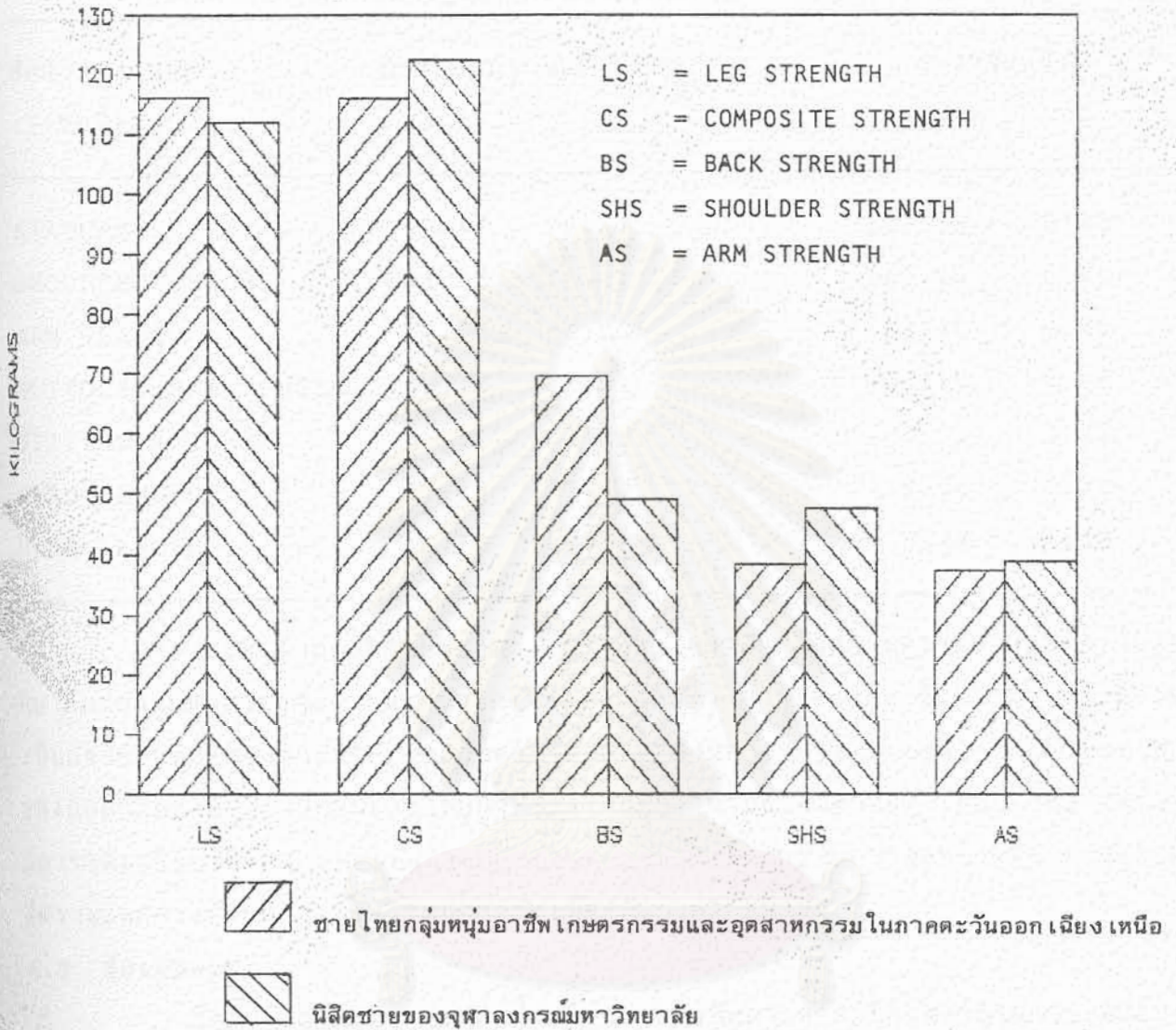
- การขันเกลียว การขันเกลียวทุกครั้งจะต้องค้ำไว้เสมอว่า แกนเหล็กภายในจะต้องอยู่หนึ่ง และให้ผ้านั้นเป็นตัวหมุนบิดเท่านั้น ส่วนเกลียวตะขอนั้น หมุนลงไปง่าย ๆ ไม่มีขั้นตอนซับซ้อนแต่อย่างใด

- การเชื่อมหุ้ยิดกับฝาปิดด้านบน ขั้นตอนนี้ควรเลือกวิธีการเชื่อมจะดีที่สุด หากจะใช้ไฟเป่าแล้วเชื่อมด้วยโลหะประสาน อาจทำให้ชิ้นงานผิดรูปไม่สวยงาม

4.2 สรุปผลการวิเคราะห์

วิธีการทดสอบเพื่อรับรองความเชื่อมั่นของ Load Cell และ Indicator อาจทำได้ 3 วิธี คือ 1) การเทียบค่าน้ำหนักที่อ่านได้จาก Indicator กับค่าน้ำหนักลูกตุ้มมาตรฐาน (Standard Dead Weight) 2) การทดสอบสมบัติทาง hysteresis ของ Load Cell 3) การทำการวัดกำลังสถิติของประชากรกลุ่มหนึ่ง แล้วเปรียบเทียบกับค่าที่ได้กับค่าของประชากรอีกกลุ่มหนึ่งที่มีลักษณะสมบัติ (Characteristics) ที่ใกล้เคียงกัน

การดำเนินการตามวิธีที่ 1 นั้นจำเป็นที่จะต้องกระทำก่อนการใช้เครื่องมือทุกครั้งอยู่แล้ว ถือเป็น การเตรียมเครื่องมือ (Calibration) ซึ่งมีวิธีการโดยละเอียดเป็นขั้นตอนตามหัวข้อ 2.2.3.1 ส่วนวิธีที่ 2 อาจตรวจสอบสมบัติของ hysteresis ของ Load Cell ได้จากรูปที่ 3.1 อันมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะการใช้งานเครื่องมือ (แรงดึงที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงแรงสูงสุด) แล้วน่าจะเป็นที่ยอมรับได้ สำหรับวิธีที่ 3 การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวัดกำลังสถิติ 5 ท่า (Postures) ของกลุ่มประชากรนิสิตชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 17-24 ปี จำนวน 100 คน และได้นำเอาค่าสถิติของกำลังสถิติดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยของ กิตติ อินทรานนท์ และ คณะ (2531) ซึ่งทำการวัดกำลังสถิติของชายไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในกลุ่มอายุเดียวกัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1

จะสังเกตเห็นได้ว่าค่ากำลังสถิติทั้ง 2 กลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งก็สอดคล้องกับบทสรุปของงานวิจัยอื่นๆ ที่ว่า ปัจจัยสำคัญที่ทำให้กำลังสถิติของบุคคลแตกต่างกันก็คือ อายุ สำหรับการฝึกฝน (Training) และอาชีพที่จัดเป็นปัจจัยสำคัญด้วยเช่นเดียวกัน อันจะเห็นได้จากกำลังสถิติของกล้ามเนื้อหลัง (Back Strength) ของชายผู้มีอาชีพใช้กำลังงานเป็นประจำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือสูงกว่าค่าเฉลี่ยของนิสิตชายอย่างมีนัยสำคัญ เป็นต้น

เนื่องจากว่ากลุ่มประชากรที่ใช้วัดมีอยู่เพียงกลุ่มเดียว ซึ่งอาจเรียกว่ากลุ่มหนุ่ม จึงเป็นการยากที่จะ เปรียบเทียบข้อมูลกับของกลุ่มอื่นได้ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลสัดส่วนร่างกายที่น่าสนใจเมื่อเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นสำหรับกลุ่มหนุ่มเช่นเดียวกัน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

สัดส่วนร่างกาย (เซนติเมตร)	กิตติ อินทรานนท์ (2531)		การวิจัยครั้งนี้	
	Mean	SD	Mean	SD
STATURE	160.47	5.94	169.89	5.31
SHOULDER HEIGHT	132.22	5.37	141.20	5.14
ARM REACH	71.55	6.20	82.42	4.68
BUTTOCK-KNEE LENGTH	53.13	2.91	56.12	2.49
SITTING HEIGHT	83.11	3.32	86.20	3.78
HEAD LENGTH	17.80	0.52	18.06	0.70
HAND LENGTH	17.50	1.05	18.44	1.12

จะเห็นว่ากลุ่มนิสิตชายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีสัดส่วนความยาวและความสูงที่มากกว่ากลุ่มชายไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีช่วงอายุเดียวกัน ซึ่งความจริงข้อนี้อาจเป็นปัจจัยข้อหนึ่งที่ช่วยทำให้ค่ากำลังสกดของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ (Composite Strength) ของกลุ่มนิสิตชายสูงกว่ากลุ่มชายไทยผู้ใช้แรงงานทำงานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพราะมีการได้เปรียบเชิงกล (Mechanical Leverage) เล็กน้อยในการออกแรงดึง อย่างไรก็ตามก็ตีความแตกต่างดังกล่าวเป็นความแตกต่างเพียงสังเกตได้เท่านั้น

4.3 ข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ก็คือ การพัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้ในการทดสอบลักษณะมนุษย์ของนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แม้ว่าการวิจัยนี้จะสำเร็จลุล่วงไปแล้ว แต่ยังมีสิ่งที่จะต้องดำเนินการ หรือแก้ไขอีกมาก คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบลักษณะมนุษย์ ในปัจจุบันนี้ เป็นเครื่องมือที่ผลิตกันต่างประเทศ มีราคาสูงมาก เป็นสาเหตุให้มีการใช้เครื่องมือเหล่านี้ไม่มากนัก ซึ่งผลที่ตามมาก็คือ ฐานข้อมูลในเรื่องเกี่ยวกับลักษณะมนุษย์ของประชากรไทยมีไม่เพียงพอ ฉะนั้น การสร้างและพัฒนาเครื่องมือต่าง ๆ เหล่านี้ขึ้นเอง จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรจะได้มีการค้นคว้าวิจัยต่อไป

2. ข้อมูลในเรื่องเกี่ยวกับลักษณะมนุษย์ทั้งหลาย เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญมากเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับประชากรผู้ใช้นั้น ควรให้ความสำคัญในเรื่องนี้ และเร่งสร้างฐานข้อมูลเหล่านี้ให้มีเพิ่มมากยิ่งขึ้น อยู่ตลอดเวลา

บรรณานุกรม

- กฤษฎา วิชาธีรานนท์ ; "การพัฒนาระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุก ควบคุมโดยไมโครคอมพิวเตอร์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม" , สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2528
- กิตติ อินทรานนท์, เสรี สมณาแซง, พรเทพ ขอบฉายเกียรติ, นิธิ เจริญใจ และ วราวุธ วรพุทธพร; "สัดส่วนร่างกายและความสามารถสูงสุดในการทำงานของกลุ่มประชากรอาชีพเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย" , องค์การเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศแห่งสหรัฐอเมริกา (USAID) และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2531 , 194 หน้า
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม , สำนักงาน ; "รายงานผลการวิจัยโครงสร้างร่างกายของคนไทยระยะที่ 1 พ.ศ.2524-2528, กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพมหานคร, 2528, 95 หน้า
- วิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, สถาบัน; "สัดส่วนของคนไทย" โรงพิมพ์วิทยาลัยเทคนิคกรุงเทพ, กรุงเทพมหานคร, 2521, 34 หน้า
- Ayoub, M.M.; Bethea, N.J.; Deivanayagam, S.; Asfour, S.S.; and M. Sherif; "Determination and Modeling of Lifting Capacity," Final Report to DHEW (NIOSH), Grant No. SR010H-00545-02, September 1978.
- Ayoub, M.M.; Selan, J.L.; Burford, C.L.; Intaranont, K.; Rao, H.P.R.; Smith, J.L.; Caddel, D.K.; Bobo, W.M.; Bethea, N.J.; and H. Chang; "Biomechanical and Work Physiology Study in Underground Mining Excluding Low Coal, "Final Report to US Bureau of Mines, Contract No. J0308058, July 1984.
- Chaffin, D.B.; and K.S. Park; "A Longitudinal Study of Low-Back Pains Associated with Occupational Weight Lifting Factors, "American Industrial Hygiene Association Journal, V.43, 1973, pp. 513-525.

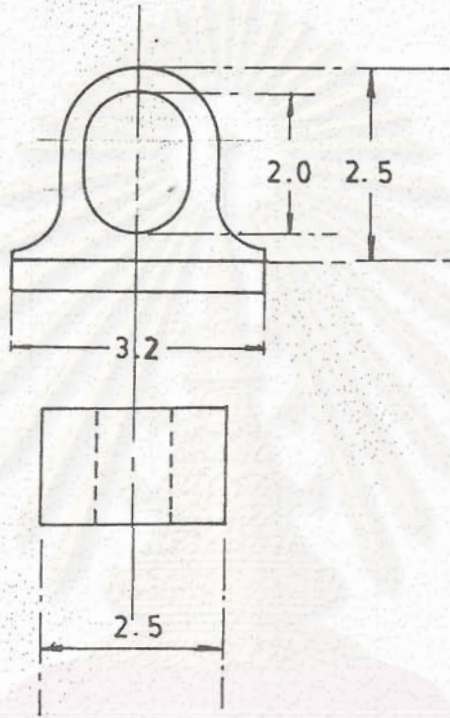
- Hertzberg, H.T.E.; "The Conference on Standardization of Anthropometric Techniques and Terminology, "American Journal of Physical Anthropology, V.28, no.1, 1968, pp. 1-16.
- Kroemer, K.H.E.; "Human Strength; Terminology, Measurement and Interpretation of Data, "Human Factors, V.12, No.3, 1970, pp. 297-313.
- Roebuck, J.A.; Kroemer, K.H.E.; and W.G. Thomson; Engineering Anthropometry Methods, John Wiley & Sons, New York, 1975.
- Satavuthi, Kovit; "Some Anthropometrical Data of the Workers in Central Thailand," Final Report to Engineering Research Institute, Chulalongkorn University, Bangkok, 1979.
- Van Cott, H.P.; and R.G. Kinkade, eds.; Human Engineering Guide to Equipment Design, 2nd edition, Superintendent of Documents, US Government Printing Office, Washington, D.C., 1972.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

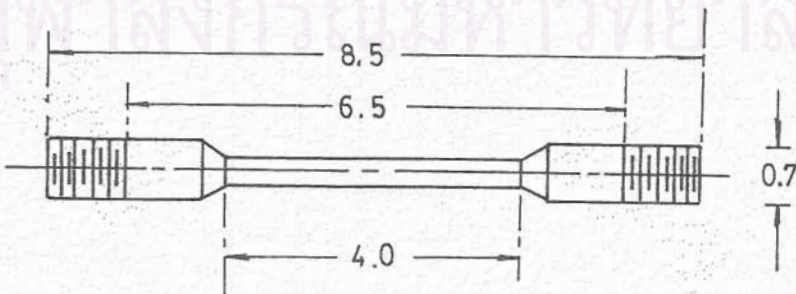
ภาคผนวก ก.

รายละเอียดการออกแบบและสร้าง Load Cell

1. ส่วนประกอบภายนอกของ Load Cell ที่ออกแบบขึ้น

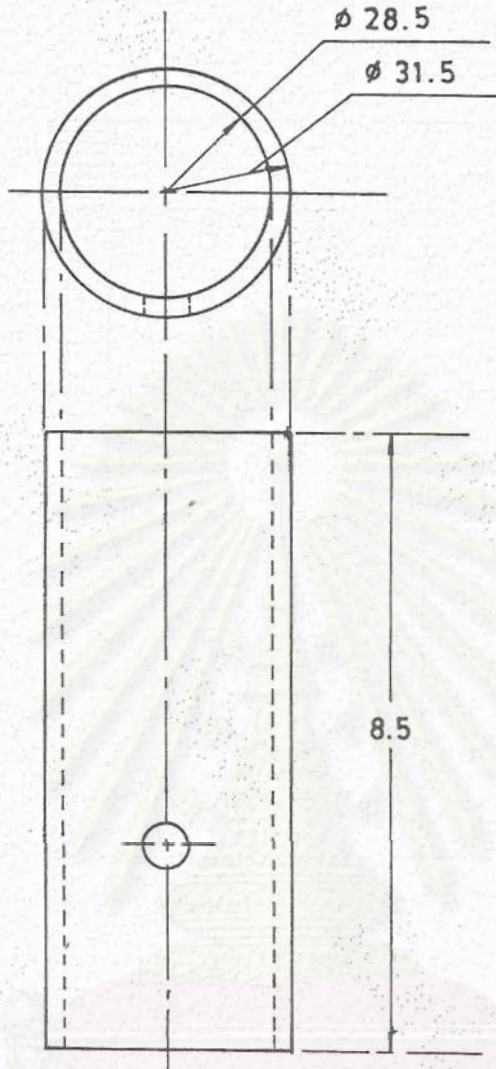


แบบของฝาปิดด้านบนพร้อมหูยึด

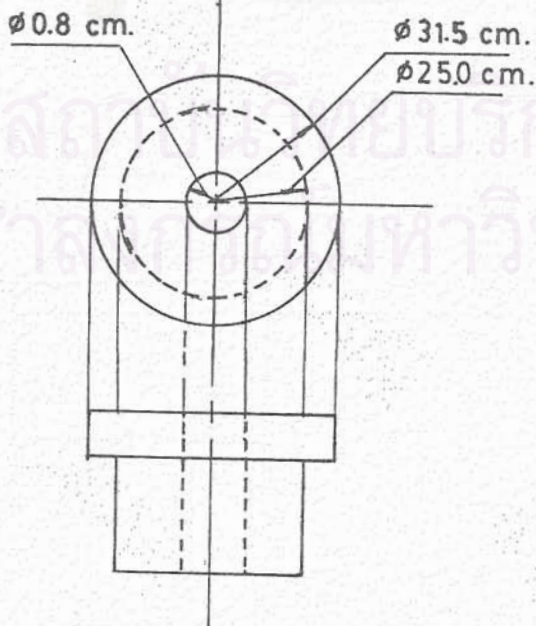


แบบของตัวแกนกลาง

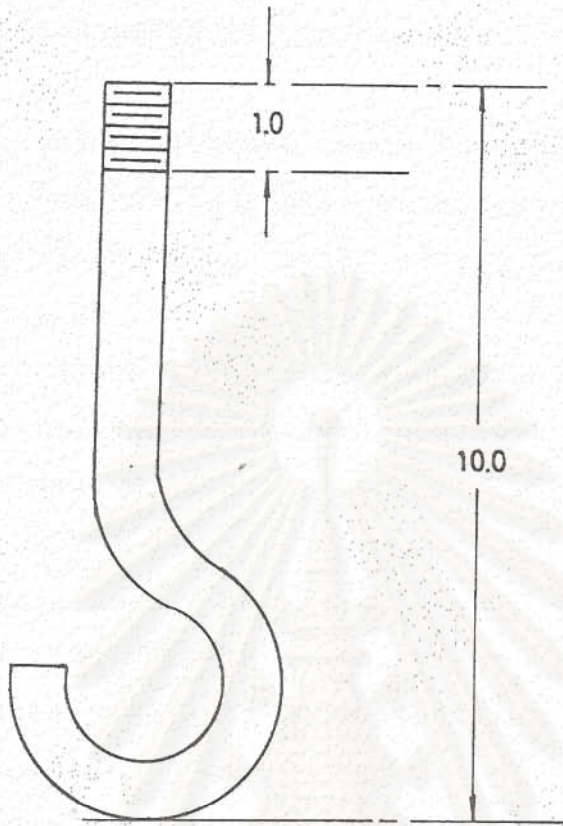
25



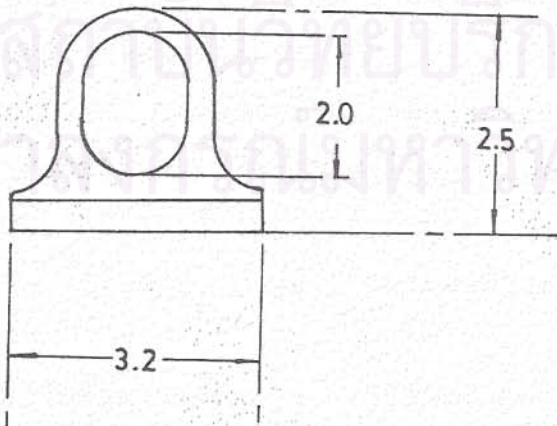
แบบของกระบอกสวมด้านนอก



แบบของฝาปิดด้านล่าง



แบบของตะขอ



แบบของหูยึดติดด้านบน

2. การจัดหาชิ้นส่วน

เพื่อจะสร้างส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้ออกแบบไว้ จะต้องมีการจัดเตรียม วัสดุที่จำเป็นทำดังนี้คือ

1. เหล็กเส้นกลม 1 นิ้ว 2 หุน
2. เหล็กเส้นกลม 1 นิ้ว 2 หุน
3. แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม ขนาด กว้าง 1 นิ้ว 2 หุน ยาว 1 นิ้ว หนา 2 หุน
4. เหล็กเส้นกลม 3 หุน ยาว 1 ฟุต
5. เหล็กหล่อ 3 หุน ยาว 5 นิ้ว
6. สายไฟชนิด 4 ไลน์ ยาว 2 เมตร
7. หัว Jack ชนิด 7 รู
8. Strain Gage 1 ชุด (4 ตัว)

3. เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ต้องใช้

เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นส่วน ที่จะประกอบเข้าเป็น Load Cell มีหลายเครื่องดังนี้

1. เครื่องกลึง เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดตัวหนึ่ง ใช้สำหรับขึ้นรูปชิ้นส่วนต่าง ๆ ของ Load Cell เกือบทั้งหมด อันได้แก่ ฝาปิดด้านบนและด้านล่าง ครอบอกด้านนอก และ ตัวแกนกลาง

2. เครื่องเจาะ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เจาะรู และ ใช้ในการทำเกลียว ตัวอย่างเช่น การเจาะรูสำหรับไว้ร้อยสายไฟ และ การเจาะรูก่อนทำเกลียวของฝาครอบด้านล่าง เพื่อใช้ยึดให้ตะขอดัดกับฝาครอบชิ้นล่าง ถ้าจะเจาะเหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อให้ง่ายขึ้น ควรใช้สว่านดอกเล็กเจาะนำไปก่อน ด้วยความเร็วรอบสูง ๆ หลังจากนั้นจึงเจาะตามด้วย ดอกสว่านที่มีขนาดตามต้องการ

3. ที่ตีฟเกลียว ใช้สำหรับขึ้นรูปเกลียวของตะขอ เกลียวด้านในของฝาปิดด้านล่าง และ เกลียวนอกของแกนเหล็กที่ติด Strain Gage ในขั้นนี้ ต้องทำด้วยความระมัดระวังมาก มิฉะนั้น ถ้ามีการเอียงของศูนย์ขณะตีฟ จะทำให้ตะขอไม่อยู่ในแนวเดียวกับเหล็กแกนกลางที่ติด Strain Gage และมีผลทำให้ การอ่านค่าของแรงคลาดเคลื่อนได้

4. ปากกาจับชิ้นงานและตะใบ ใช้สำหรับตักแต่งส่วนต่างๆ ของชิ้นงาน หลังการขึ้นรูปให้เรียบร้อย

5. น้ำมันหล่อลื่น ใช้ช่วยในการเจาะรู และ ทำเกลียว เพื่อลดแรงเสียดทานและความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำการเจาะ นอกจากนั้นยังช่วยพาเอาเศษโลหะที่

เจาะแล้วออกมาด้วย

6. เลื่อยตัดโลหะ ใช้ในการตัดชิ้นงานให้ได้ขนาดตามต้องการก่อนที่จะนำไปขึ้นรูป
7. กระดาษทรายน้ำ ใช้ตกแต่งผิวงานที่จะติด Strain Gage ให้เรียบ ควรใช้เบอร์สูงๆ เพื่อความเรียบของผิวงาน
8. หัวแรงบิดกรีและตะกั่ว ใช้ในการเชื่อมตะกั่วให้ติดกับ Strain Gage, Lead Wire และ หัว Jack ที่ต่อกับอุปกรณ์แสดงผล
9. กาวไซยาโนอะครีเลต ใช้ในการติด Strain Gage กับชิ้นงาน
10. เครื่องเชื่อมและลวดเชื่อม ใช้ติดหุ้ยึดด้านบนกับฝาปิดด้านบนของ Load Cell

4. การสร้างชิ้นส่วนของ Load Cell

1. ฝาปิดด้านบน

ก. ตัดเพลลาเหล็กกล้าไร้สนิมต้น ด้วยเครื่องตัดโลหะ ให้มีขนาดความยาวเท่ากับ 2.0 เซนติเมตร และควรจะเผื่อไว้เล็กน้อยเพราะต้องกลึงปาดหน้าให้เรียบ เพื่อให้ผิวงานที่ได้มีความเรียบร้อยสวยงาม

ข. ทำการกลึง โดยขั้นแรกให้นำโลหะที่ตัดมาแล้ว มากลึงปาดหน้าทั้งสองด้าน ให้มีความเรียบ และมีความยาวตามต้องการ หลังจากนั้นก็กลึงข้างๆ ให้ได้ตามที่ออกแบบเอาไว้

ค. ทำการเจาะรู โดยการใช้น้ำขนาด 7/8 นิ้ว เจาะลึกลงไปประมาณ 1.0 เซนติเมตร ในด้านหนึ่งตามแบบ โดยการใช้นเหล็กเจาะนำศูนย์เจาะนำเข้าไปก่อน กระบวนการนี้ ทำบนเครื่องกลึงทั้งหมด

ง. การทำเกลียวใน หลังจากเจาะเรียบร้อยแล้ว นำชิ้นงานมาจับบนปากกา แล้วใช้ที่ตีพเกลียวในการตีพจนสุดรูที่เจาะ ในขั้นนี้ควรหยอดน้ำมันหล่อลื่นมาก ๆ เพราะเหล็กกล้าไร้สนิมเหนียวกว่าเหล็กหล่อมาก

ในขณะที่ทำงานควรหากระดาษห่อผิวชิ้นงานหลาย ๆ ชั้น เพื่อไม่ให้ผิวชิ้นงานเป็นรอย

2. ตัวแกนกลาง

ก. นำเหล็กเส้นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว มาตัดให้มีความยาวเท่ากับ 8.5 เซนติเมตร โดยควรเผื่อไว้ประมาณ 1 เซนติเมตร

ข. ทำเกลียวที่ปลายเหล็กเส้น โดยใช้ที่ตีพเกลียวขนาด 4 หุน ทำเกลียวทั้งสองด้านให้มีความยาวข้างละ 1.0 เซนติเมตรหรือน้อยกว่าเล็กน้อย ในขั้นนี้ข้อควรระวังคือ ต้องตีพเกลียวให้ตรง ไม่เอียงไปด้านใดด้านหนึ่งและระยะห่างระหว่าง

เกลียวด้านในทั้งสองข้างต้องมีความยาว 6.5 เซนติเมตร

ค. กลึงลดขนาดของแกนเหล็กด้านใน ที่ห่างจากเกลียวด้านในข้างละ 1.0 เซนติเมตรให้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตรและยาว 4.5 เซนติเมตร ในช่วงนี้ควรจะกลึงให้ละเอียดและเรียบที่สุด เพราะจะต้องนำไปติดกับตัว Strain Gage สำหรับตัวชิ้นงานที่เป็นเกลียว ก่อนจะจับกับเครื่องกลึง ควรหาเนื้อตัวเมียมมาใส่ เพื่อมิให้หัวจับชิ้นงานของเครื่องกลึงกดเกลียวที่ทำไว้ ซึ่งอาจทำให้เกลียวเสียรูปได้

3. กระทบสวมรอบนอก

ก. นำเพลากลึงแล้วใส่สนิมกลวงมาตัดด้วยเครื่องตัดโลหะ ให้มีความยาวเผื่อไว้จาก 8.2 เซนติเมตร เป็น 8.5 เซนติเมตร

ข. นำกระทบที่ตัดมากลึงบาด โดยใช้เครื่องกลึงบาด จนมีความยาว และได้ศูนย์กลางตามต้องการ เพื่อให้กระทบที่ได้ปิดสนิทกับฝาปิดกระทบหลังจากนั้นก็กลึงลบคมข้าง ๆ ออกเล็กน้อย

ค. ทำการเจาะรูร้อยสาย โดยการนำกระทบโลหะไปยึดกับจิกให้แน่น ทำเครื่องหมายเจาะเหล็กนำศูนย์กลางแล้วใช้สว่านขนาด 0.8 เซนติเมตรเจาะลงไปโดยห่างจากรูปลายกระทบ เป็นระยะทาง 2.7 เซนติเมตร

ในการเจาะ ควรใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อน มิฉะนั้นสว่านจะเจาะสแตนเลสได้ช้า

4. ฝาปิดด้านล่าง

ก. ตัดเพลากลึงแล้วใส่สนิม โดยใช้เครื่องเลื่อยไฟฟ้า โดยให้เพลานี้ถูกตัด มีความยาว 2.0 เซนติเมตร อาจเผื่อไว้ 3-5 มิลลิเมตร เพื่อทำการกลึงบาดหน้าชิ้นงานที่ถูกตัดให้เรียบ

ข. ทำการกลึง โดยใช้หน้าโลหะที่ตัดแล้วมาทำการกลึงบาดหน้าให้เรียบ และมีความยาวตามที่ต้องการ หลังจากนั้นก็ทำการกลึงกินด้านข้าง ให้ได้ตามแบบที่ออกไว้ และทำการกลึงขอบชิ้นงานเพื่อลบคมออกอีกเล็กน้อย

ค. ทำการเจาะรู โดยเจาะบนแท่นกลึง ใช้สว่านนำศูนย์กลางเจาะทำเครื่องหมาย และใช้สว่านดอกเล็กเจาะไปส่วนหนึ่งก่อน หลังจากนั้นก็ตามด้วยสว่านที่มีขนาด $1/4$ นิ้ว เจาะทะลุชิ้นงานโดยตลอด

ง. การทำเกลียวใน หลังจากเจาะเรียบร้อยแล้ว นำชิ้นงานมาจับบนปากกา แล้วใช้ที่ตีพเกลียวทำเกลียวด้านในตลอดรูเจาะ โดยควรหยอดน้ำมันหล่อลื่นมาก ๆ เนื่องจากสแตนเลสเหนียวมาก

5. การทำตะขอ

ก. ใช้เลื่อยมือตัดเพลาลเหล็กกล้าไร้สนิม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว 1ที่มีความยาวขนาด 1/2 ฟุต

ข. การทำตัวตะขอโดยวิธีใช้แรงตีไม่เหมาะกับโลหะเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 3/8 นิ้วหรือโตกว่า ดังนั้นจึงควรใช้ความร้อนจากแก๊สเป่าให้เพลาลเหล็กกล้าไร้สนิมอ่อนตัวแล้วค่อยใช้คีมอัดให้ได้รูปตามต้องการ แต่ผิวงานที่ได้จะดำ จึงต้องทำการขัดผิว 1ให้มันวาวเหมือนเดิม ด้วยกระดาษทรายน้ำ

ค. นำเหล็กกล้าไร้สนิมไปทำเกลียว โดยการใช้อุปกรณ์ขึ้นงาน หลังจากนั้น ทำเกลียวนอก 1ให้มีเกลียวยาวประมาณ 1/2 นิ้ว

6. การทำหุ้ยติดด้านบน

ก. นำเหล็กกล้าไร้สนิมแผ่นมาเจาะรู โดยการใช้อุปกรณ์ ขนาด 1/2 นิ้ว เจาะลงบนแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมซึ่งหนา 1/4 นิ้ว การเจาะจะต้องเจาะจาก รูเล็กไปหารูใหญ่ เพื่อป้องกันมิให้แผ่นเหล็กงอ หรือคดเสียรูปทรงได้

ข. นำมาตกแต่งรูปร่างภายนอกที่เจาะ โดยใช้ตะไบกลม ค่อย ๆ ขัดให้เป็นวงรี หลังจากนั้น ก็จะตกแต่งด้านนอกทำให้เรียบสวยงาม และลบคมด้านข้างออก เล็กน้อย

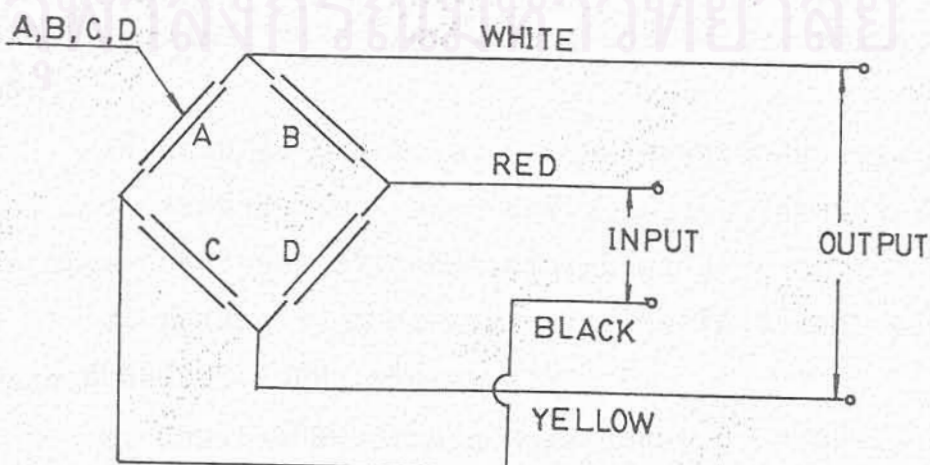
ค. นำมาตกแต่งผิว โดยใช้กระดาษทรายน้ำ ขัดตกแต่งให้มัน เรียบ และลบคมด้านข้างให้หมด

5. การประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าเป็น Load Cell

การประกอบ Load Cell นั้น เราจะแบ่งออกเป็น สองส่วนคือ

1. การติด Strain Gage กับโลหะแกนกลาง

การติด Strain Gage และการ Wiring สายไฟจาก Strain Gage ไปยังอุปกรณ์แสดงผล จะใช้ Strain Gage ต่อเป็นวงจรบริจด์ ซึ่งวงจรนี้ประกอบด้วย Strain Gage 4 ตัว โดยมี Input และ Output ดังรูป



ขั้นตอนในการติด Strain Gage กับโลหะแกนกลางเป็นดังนี้คือ

ก. การเตรียมพื้นผิวของชิ้นงานเพื่อติด Strain Gage ทำโดยการชำระบริเวณผิวของชิ้นงานด้วยน้ำยา Chlorothene Nu หรือ Freon ถ้า Chlorothene Nu จะทำหน้าที่ทำความสะอาดชิ้นงาน แต่มีโลหะบางชนิด เช่น Titanium หรือ Plastic ที่มีปฏิกิริยากับ Chlorothene Nu จึงใช้ Freon แทน

ข. พื้นผิวที่จะติดจะต้องขัดด้วยกระดาษทรายให้สะอาด เพื่อป้องกันพวก Oxide ที่จะเกาะบนโลหะ โดยขัดให้ถึงบริเวณเนื้อของเหล็ก แล้วใช้น้ำยา M - Prep. Conditioner A ทาลงไป ถูเบาๆ ให้สะอาดด้วยฟองน้ำอีกครั้งหนึ่ง แล้วทำเครื่องหมายบนบริเวณที่จะติด Strain Gage ไว้

ค. ใช้น้ำยา M - Prep. Neutralizer 5 ในบริเวณที่จะติด Strain Gage แล้วขัดด้วย Cotton - Tipped Applicators ขณะเปียก แล้วเช็ดออกโดยถูเบาๆ พอที่จะให้ฟองน้ำดูดซึม Neutralizer ออก (เวลาทำอย่าขัดไปขัดมา)

ง. เอา Strain Gage ออกมาจาก Acetate Envelope และวางบนกระจกที่สะอาดหรือ วางบน Gage Box โดยใช้ด้านที่เป็น Bond Side อยู่ด้านล่าง เอาแผ่น Cellophane Tape แปะทับ Strain Gage ไว้ แล้วค่อยดึง Tape ขึ้นมา Strain Gage จะติดแผ่น Tape ขึ้นมาด้วย

จ. นำแผ่น Tape ที่มี Strain Gage ติดอยู่ มาวางตรงตำแหน่งที่เราทำเครื่องหมายไว้บนชิ้นงาน โดยให้ส่วนที่เป็นมุมแคบของ Strain Gage อยู่บนเส้นต่อของชิ้นงาน

ฉ. ยกด้านปลายของ Gage Tape ขึ้นทำมุมประมาณ 30 องศา กับชิ้นงาน จนกระทั่ง Gage หลุดจากชิ้นงาน แล้วค่อยดึง Tape ออก จน Strain Gage หายออกอยู่ในแนวราบ

ช. ใช้น้ำยา M - Bond Catalyst ที่บริเวณ Bond Surface ของ Strain Gage ใช้ปริมาณน้อยๆ ทาบางๆ ด้วยแปรง โดยทาที่ Gage Surface ก่อน แล้วค่อยทาที่ Terminal ทิ้งให้แห้งอย่างน้อย 1 นาที (ที่ 75 องศาฟาเรนไฮด์ , 30-65% ความชื้น)

(ขั้นตอนต่อไป คือ ขั้นที่ ซ., ฅ. และ ญ. จะต้องทำอย่างรวดเร็ว)

ซ. หยดน้ำยา M - Bond ของ Adhesive ใต้แผ่น Tape ณ จุดที่จะติด Strain Gage กับชิ้นงาน (บริเวณที่ทำเครื่องหมายไว้)

ฅ. พับแผ่น Tape กลับลงมา โดยอาจใช้ผ้าช่วยกด ค่อยๆ รูดให้ Strain Gage ทับติดกับบริเวณที่ทำเครื่องหมายไว้

ญ. กดบริเวณที่ติด Strain Gage กับชิ้นงาน นานประมาณ 1 นาที

๓. ค่อยๆ ลอกแผ่น Tape ออก Strain Gage จะติดกับชิ้นงาน

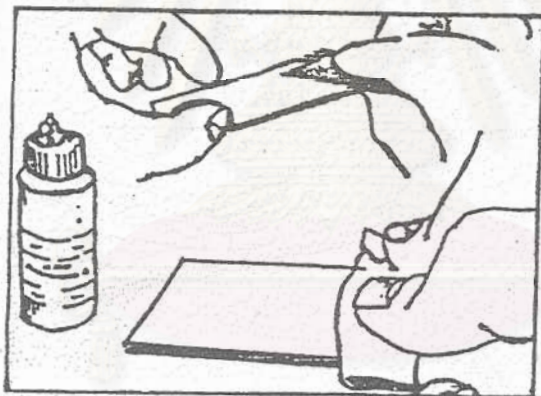
ตรงตำแหน่งที่ต้องการ

ต่อไปเป็นภาพแสดงขั้นตอนการติด Strain Gage เข้ากับโลหะ

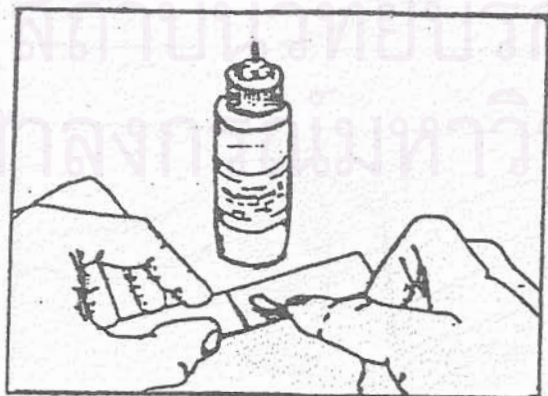
แกนกลาง



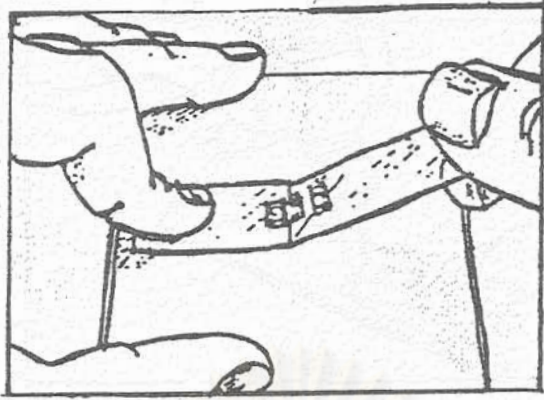
ขั้นตอน ก.



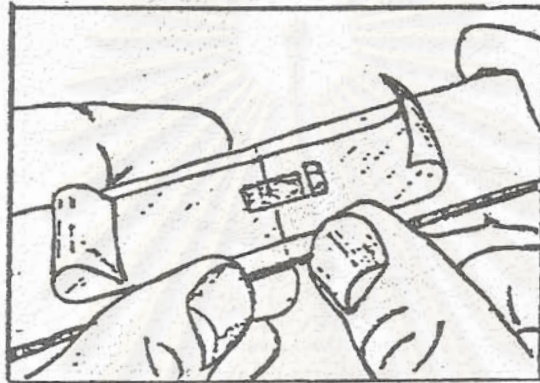
ขั้นตอน ข.



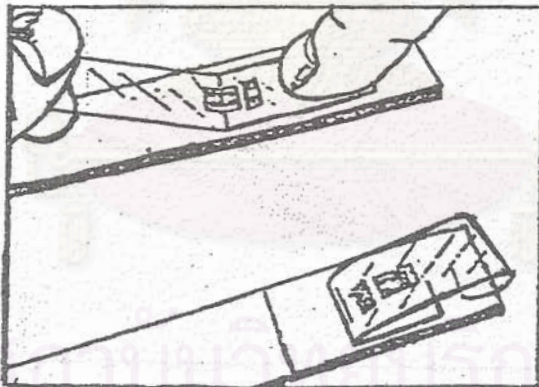
ขั้นตอน ค.



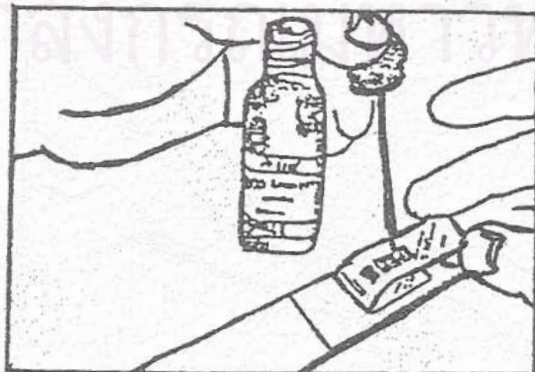
ขั้นตอน ก .



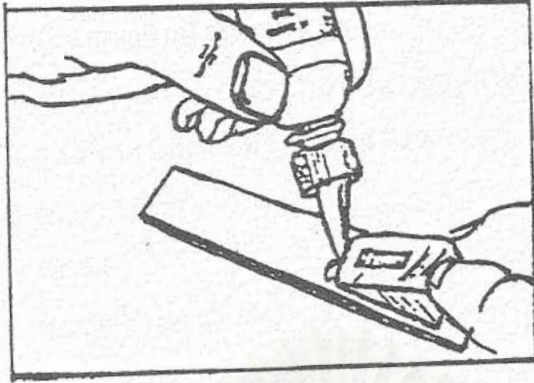
ขั้นตอน จ .



ขั้นตอน ฉ .



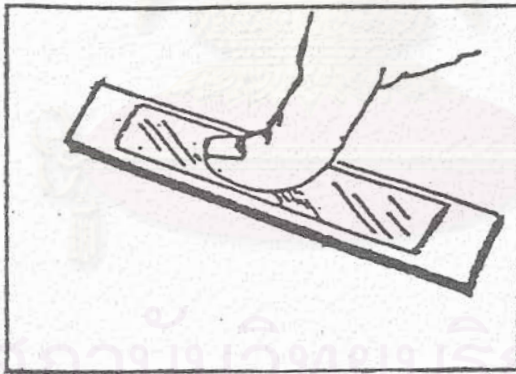
ขั้นตอน ช .



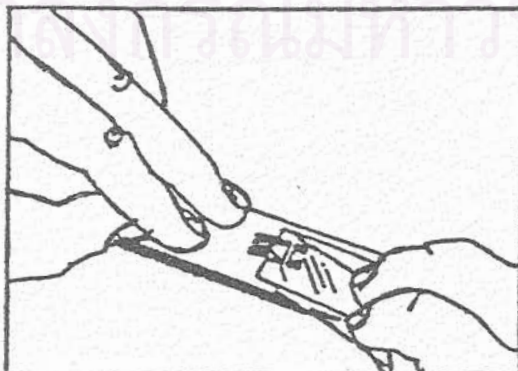
ขั้นตอน ช.



ขั้นตอน ฉ.



ขั้นตอน ฅ.



ขั้นตอน ฉ.



2. การประกอบชิ้นส่วนภายนอก

ชิ้นส่วนภายนอก ที่ประกอบกันเป็นส่วนหุ้มแกนภายใน ทำด้วยโลหะ เหล็กกล้าไร้สนิม เพื่อป้องกันการกระทบกระทั่ง ของสิ่งต่าง ๆ รอบตัว Strain Gage และจุดต่อสายไฟ ชิ้นส่วนดังกล่าวได้แก่

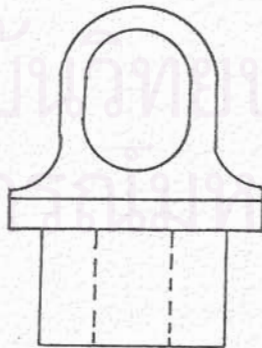
1. ตะขอ
2. ฝาปิดด้านล่าง
3. ครอบอกสวมด้านนอก
4. ฝาปิดด้านบน
5. หัวยึดฝาปิดด้านบน
6. สายไฟชนิด 4 ไลน์
7. หัวแจ๊ค

ชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ ส่วนใหญ่ ถูกออกแบบมาให้ใช้เกลียวเป็นตัวยึด ติดกันอย่างง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน แต่การประกอบควรเรียงลำดับดังที่จะอธิบายต่อไป รวมทั้ง การป้องกันการขยับตัวของสายไฟ ที่จะไปมีผลต่อ Strain Gage ซึ่งจะมีผลคือไปทำให้ขา ของ Strain Gage เสียหาย หรือวางจรวดได้

ก. นำเอาฝาปิดด้านบนเชื่อมกับ หัวยึดฝาปิดด้านบน

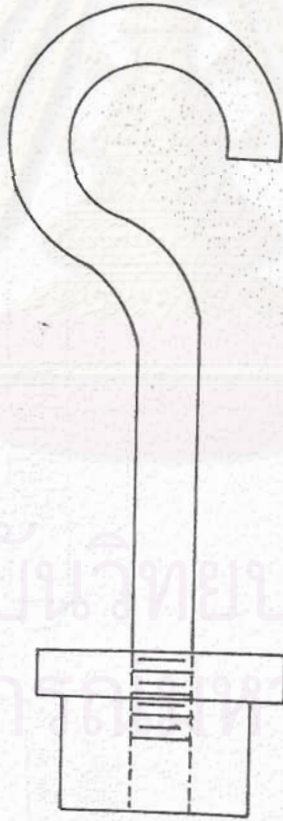
ในขั้นนี้ ควรใช้วิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้า เพราะจะทำให้ชิ้นงาน

ทั้งสอง ติดกันแน่นสนิท และทนแรงดึงได้มาก



ข. การประกอบตะขอกับฝาปิดตัวล่าง

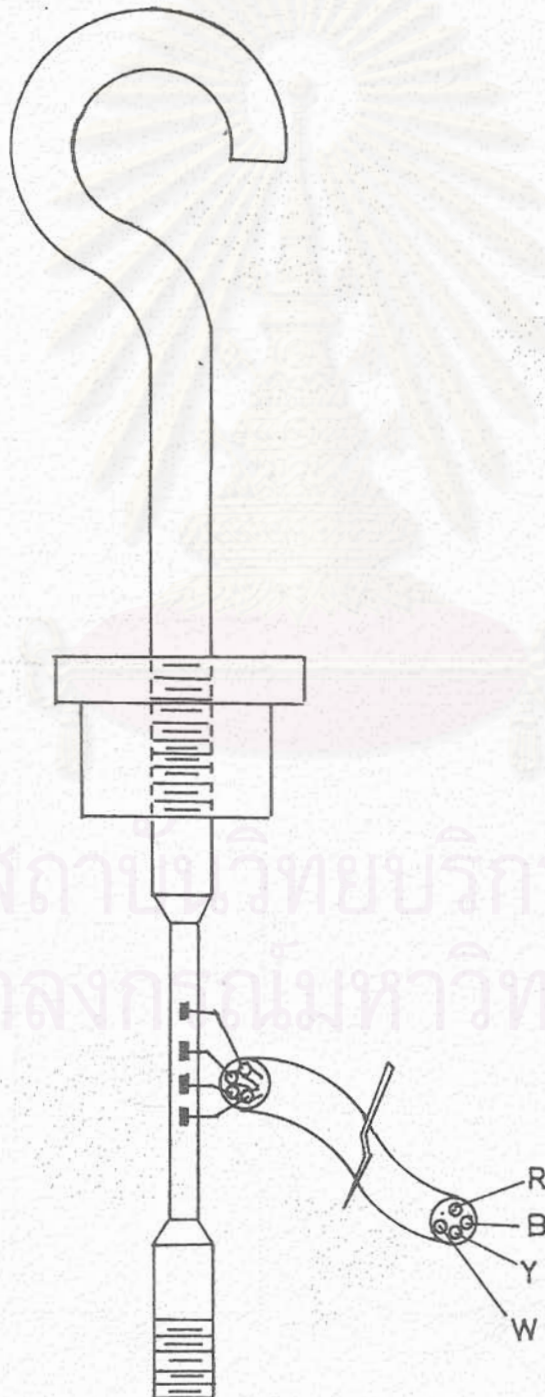
การประกอบตะขอ กับฝาปิดตัวล่าง ทำได้โดยวิธีการง่าย ๆ
คือ การนำฝาปิดมาตั้งไว้ให้ด้านที่มี เส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าอยู่ด้านบน หลังจากนั้น ก็นำ
เอาตะขอ ที่มีเกลียวอยู่ด้านล่าง หมุนลงไปที่แน่นเท่านั้น



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

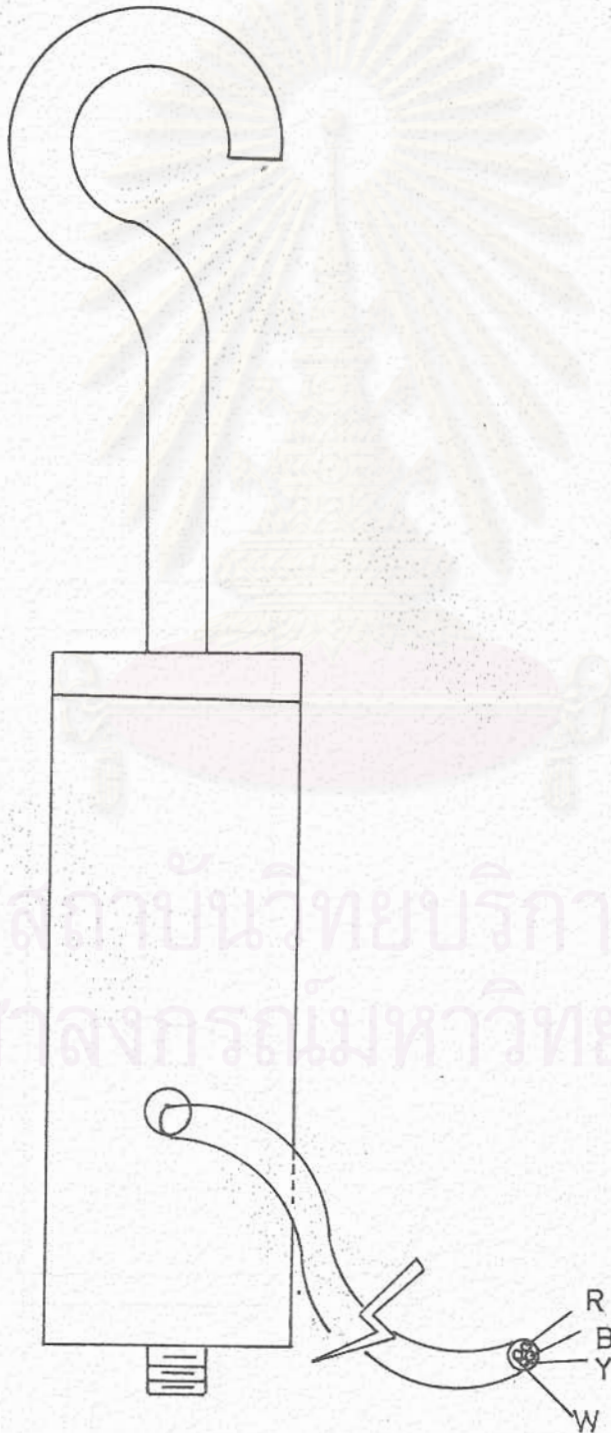
ค. การติดโลหะแกนกลางกับฝาปิดกระบอกตัวล่าง

การติดตั้งชิ้นส่วนสองตัวนี้ ก็ใช้เกลียวเช่นกัน โดยการจับโลหะแกนกลางในแนวตั้ง หลังจากนั้นก็นำเอาฝาปิดตัวบน มาหมุนครอบลงไปในขั้นนี้ ควรจะจับโลหะแกนกลางให้แน่น และหมุนแต่ฝาปิดตัวล่างในแน้น เพื่อป้องกันมิให้สายไฟที่ติดกับ Strain Gage หลุด ซึ่งก่อให้เกิดการเสียหายได้



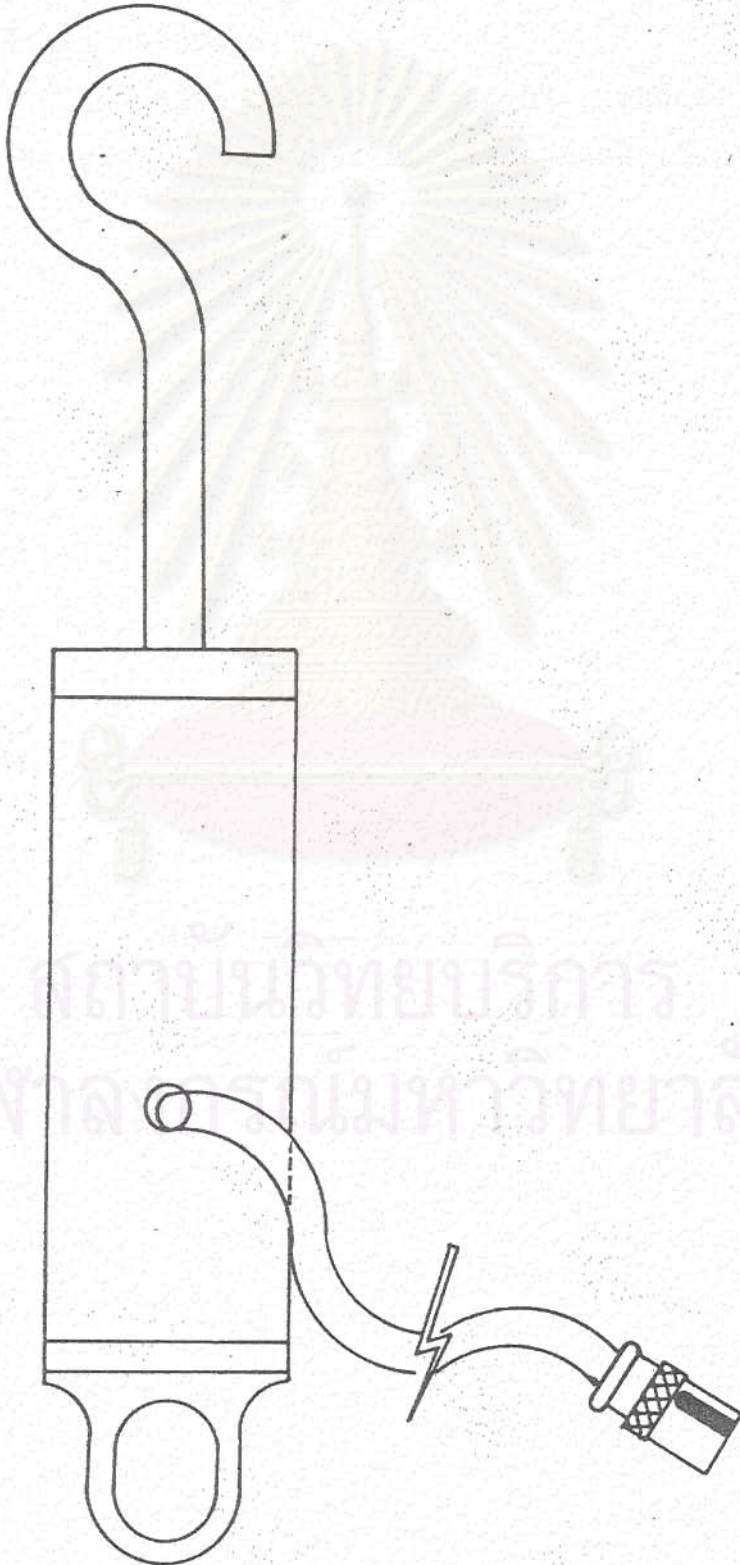
ง. การสวมกระบอกหุ้มด้านนอก

ขั้นแรก ให้เอาปลายสายไฟที่ออกจาก Strain Gage มาร้อยเข้าที่กระบอกหุ้ม โดยร้อยจากด้านในไปด้านนอก และร้อยให้สุด หลังจากนั้นจึงนำกระบอกหุ้มด้านนอกมาครอบโลหะแกนกลางที่ติด Gage



จ. การติดฝาปิดตัวบน

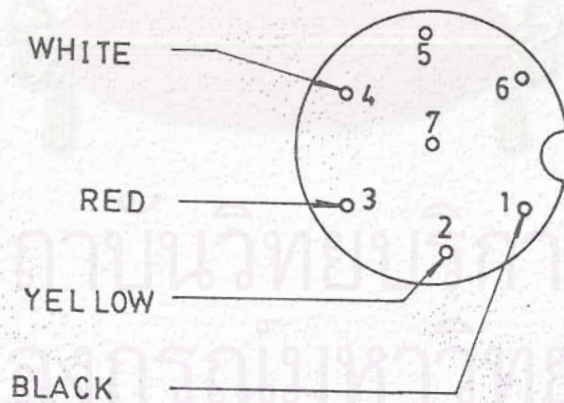
นำเอาฝาปิดตัวบน ที่ได้เชื่อมกับหุ้ยัดตัวบนเป็นที่เรียบร้อยแล้ว มา และนำใบครอบลงบนกระบอกหุ้มด้านนอก และหมุนเกลียวระหว่าง โลหะแกนกลางที่ติด Gage กับฝาปิดตัวบนให้แน่น โดยหมุนเฉพาะตัวฝาปิดเท่านั้น



จ. การต่อสายไฟ

การต่อสายไฟ ชนิด 4 ไลน์กับแจ๊ค ควรบอกสายไฟขนาดยาว 1.5 เซนติเมตร โดยบอกให้เห็นสายทองแดง เบื้องมีขนาดยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร หลังจากนั้นนำตะกั่วมาใส่ที่สายทองแดงนั้น และที่ขั้วจะ เชื่อม หลังจากนั้นนำทองแดงไปแตะที่ขั้วเชื่อม โดยการใช้หัวแร้งกดเข้าไว้จนกระทั่งตะกั่วที่ใส่ละลายติดกัน จึงนำเอาหัวแร้งออก และปล่อยให้ตะกั่วค่อย ๆ เย็นตัวลง

ตำแหน่งการต่อสายไฟ (ดังรูป) จะมีสีแดง และสีดำเป็น Input และสีขาวเหลือง เป็น Output ซึ่งจะเป็นการต่อที่สอดคล้องกับมาตรฐานสากล



ภาคผนวก ข .

หลักการเบื้องต้นของ Strain Gage

เนื่องจากวัตถุมีการตอบสนองทั้งแรงกระทำที่ผิว และแรงภายในวัตถุ ผลรวมของแรงภายในเป็น Stress และเป็นแรงที่กระทำต่อ 1 หน่วยพื้นที่หน้าตัดของวัตถุนั้น ดังนั้น

$$\sigma = P/A$$

โดยที่ σ = Normal Stress

P = แรงกระทำจากภายนอก

A = พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ

และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัตถุยังขึ้นกับ Stress ที่กระทำ โดยมีขนาดที่เปลี่ยนแปลงไปขึ้นกับ Elastic Property ของวัตถุ โดยการเปลี่ยนแปลงใด ๆ นั้น เรียกว่า Strain ดังนั้นในที่นี้ Strain คือ การเปลี่ยนแปลงความยาวต่อหนึ่งหน่วยความยาว ที่เกิดจากการกระทำจากแรงภายนอก

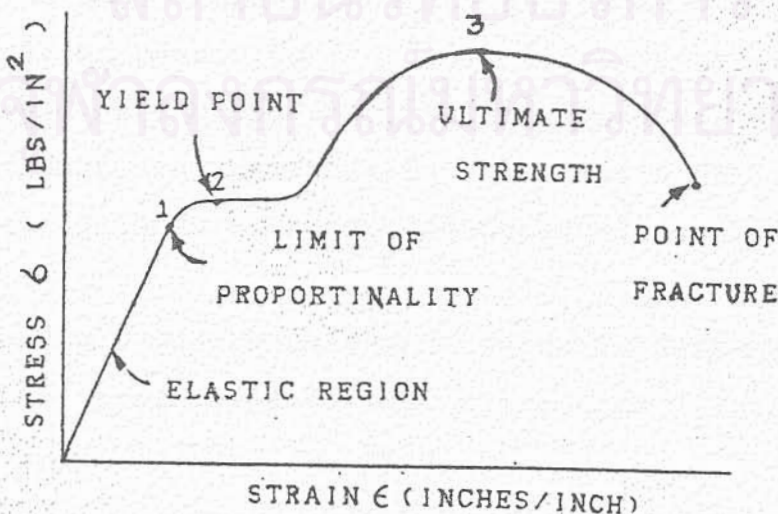
$$\epsilon = \Delta L/L$$

โดยที่ ϵ = Strain ที่เกิดขึ้น

L = ความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปของวัตถุ

L = ความยาวของวัตถุ

ความสัมพันธ์ระหว่าง Stress กับ Strain ของวัตถุใด ๆ สามารถแสดงเป็นกราฟได้ ดังนี้



ดังนั้นค่า Young's Modulus (E) จะหาได้จากสูตร

$$= E$$

โดย $E = \text{Young's Modulus}$

เพราะว่า $= L/L$

และ $= P/A$

ดังนั้น $= (P/A)/E$

และจากคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ว่ารูปทรงของวัตถุตัวนำมีผลต่อความต้านทาน ดัง

สูตร

โดยที่ $R = \text{ความต้านทาน}$

$= \text{สัมประสิทธิ์ของความต้านทาน}$

$L = \text{ความยาว}$

$A = \text{พื้นที่หน้าตัด}$

ดังนั้นจะคำนวณค่า Gage Factor ได้เป็น

$$G.F. = (R/R)/(L/L)$$

โดยที่ค่า Gage Factor มีค่าระหว่าง 2.0 - 4.0

ค่า G.F. = ค่าการเปลี่ยนความต้านทานของตัว Strain Gage

ยกตัวอย่าง $G.F. = 2.0$

$$R = 350$$

$$R = 0.7$$

$$L/L = (R/R)/G.F.$$

$$= (0.7/350)/(2.0)$$

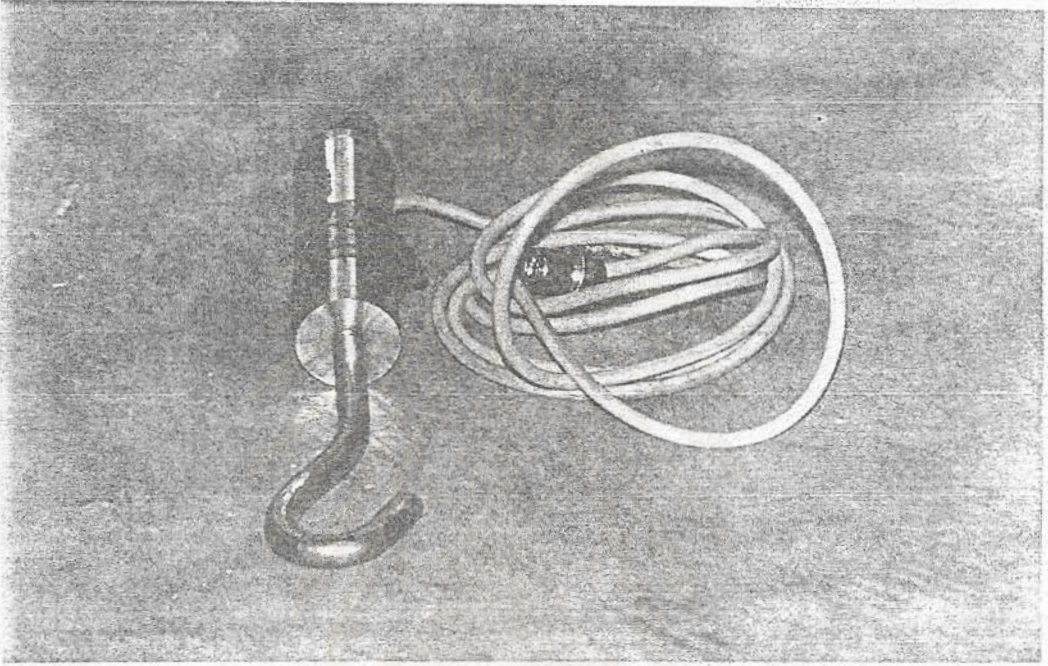
$$= 1000 \text{ (Microinch / Inch)}$$

จะเห็นได้ว่า เมื่อมีแรงมากกระทำที่วัตถุจนเกิด Stress () จะให้ค่าความยาว L ของวัตถุเปลี่ยนไปเป็น $L + L$ ซึ่งยังผลให้ค่าของความต้านทานของ Strain Gage (R) เปลี่ยนไปเป็น $(R + R)$ ดังนั้นปริมาณกระแสที่ได้จาก Strain Gage จะแปรไปตามแรงภายนอกที่มากกระทำ ซึ่งจะต้องไม่เกิน Limit Of Proportinality ของวัตถุนั้น ๆ และกระแสที่ได้จะแทนปริมาณของแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้นนั่นเอง

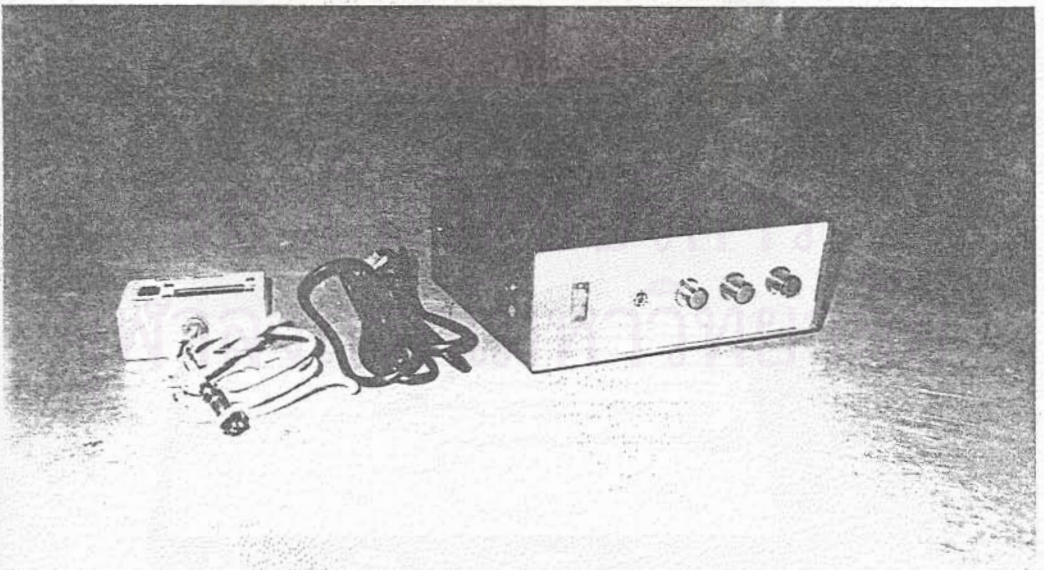
ส่วนค่า G.F. นั้นจะเป็นปัจจัยที่จะกำหนดชนิดของโลหะที่จะใช้รับแรง จากตัวอย่างหากใช้โลหะที่มี Strain สูงสุดเป็น 1000 Microinches / Inch แล้วค่า G.F. ของ Strain Gage ควรมีค่าเป็น 2.0 เป็นต้น

ภาคผนวก ค.

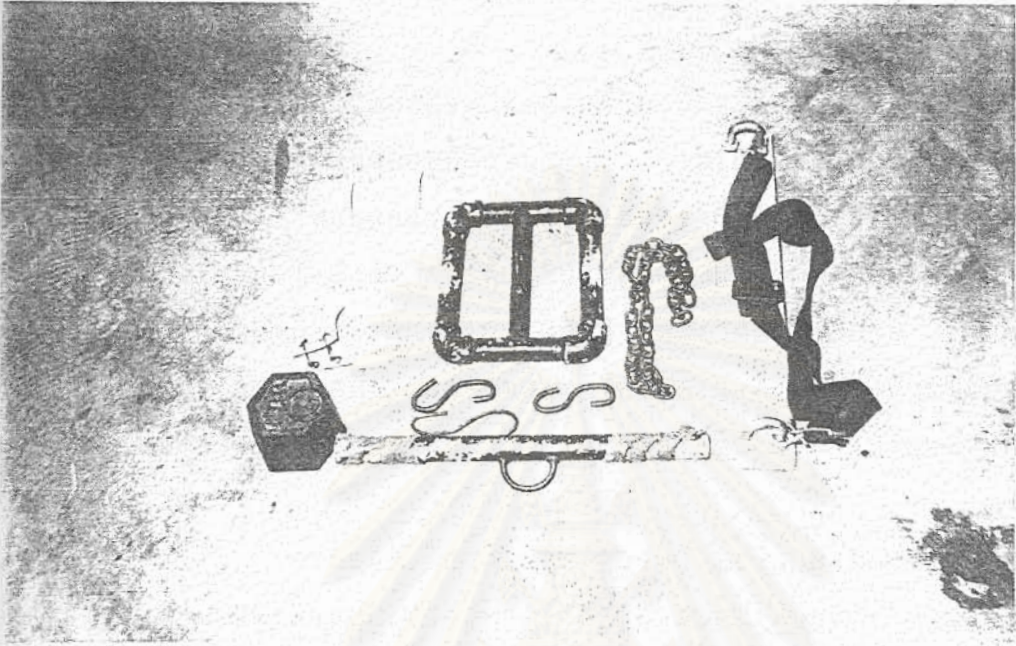
ภาพแสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการทดลอง



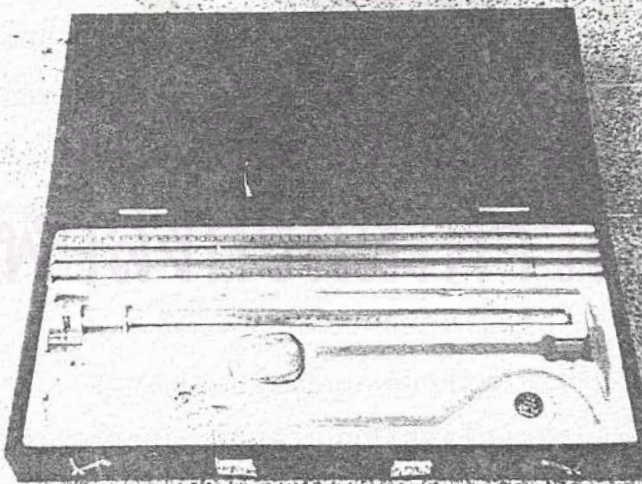
ภาพของ Load Cell



ภาพของ Indicator



ภาพแสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัดกำลังสกด



ภาพแอนโทรโปมิเตอร์

ภาคผนวก ง .



รายละเอียดของการทดสอบกำลังสถิตของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ

- การวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อหลัง

ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรง ไม่เกร็งกล้ามเนื้อช่องท้อง และกล้ามเนื้อกระดูกเชิงกราน เพื่อออกแรงดันท่างหนึ่งของเครื่องเหนี่ยวรั้งลำตัว ก่อนการทดสอบต้องปรับเครื่องเหนี่ยวรั้งลำตัว ให้อยู่ในระดับความสูงที่ผู้ถูกทดสอบสามารถเกร็งกล้ามเนื้อช่องท้องและกล้ามเนื้อกระดูกเชิงกรานดันท่างหนึ่งได้อย่างสบาย โดยท่างหนึ่งจะอยู่ด้านหลังในระดับ กระดูกสับก บลายของเครื่องวัดแรงดึงทั้งสองด้านจะมีท่างต่อกับท่างหนึ่งและเสาเหนี่ยวรั้งลำตัวที่อยู่ด้านหน้า เครื่องวัดแรงดึงและท่างทั้งสองจะต้องอยู่ในระนาบที่ตั้งฉากกับลำตัว

การทดสอบกำลังสถิต ของกล้ามเนื้อหลังนี้ จะให้ผู้ถูกทดสอบใช้หลังออกแรงในแนวนอนดันท่างหนึ่งของเครื่องรั้งลำตัวไปทางด้านหลัง โดยที่ลำตัวและเข้าทั้งสองข้างของผู้ถูกทดสอบต้องเหยียดตรง แขนและขาของผู้ถูกทดสอบขนานกับลำตัว และเท้าทั้งสองข้างต้องยืนราบอยู่บนพื้น (ไม่เขย่งเท้า)

- การวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อแขน

ก่อนการทดสอบ ต้องปรับความสูงของด้ามเครื่องมือทดสอบให้อยู่ในระดับที่แขน ส่วนล่างของผู้ถูกทดสอบงอเป็นมุม 90 องศา กับแขนส่วนบน ในขณะที่มือทั้งสองข้างจับด้ามเครื่องมือทดสอบ (ด้ามเครื่องมือทดสอบตั้งฉากกับลำตัวของผู้ถูกทดสอบ แขนส่วนบนทั้งสองข้างของผู้ถูกทดสอบจะอยู่ในแนวตรง ขนานและติดกับลำตัว) การทดสอบผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรง ขาและหลังตั้งตรงไม่งอและเท้าทั้งสองสัมผัสกับพื้น (ไม่เขย่งเท้า) บลายของเครื่องวัดแรงดึงด้านหนึ่งต่อกับด้ามเครื่องมือทดสอบ ส่วนบลายอีกด้านหนึ่งต่อกับพื้นกระดานที่ผู้ถูกทดสอบยืนอยู่ จากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบใช้มือทั้งสองข้างออกแรงในแนวตั้งยกด้ามเครื่องมือทดสอบขึ้น โดยที่ไหล่ทั้งสองข้างไม่เคลื่อนที่

- การวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อขา

ผู้ถูกทดสอบต้องยืนบนพื้นกระดานเครื่องมือทดสอบ หลังและก้นสัมผัสและอยู่ในระนาบที่ขนานกับผนัง แขนส่วนบนทั้งสองข้างอยู่ในแนวตั้งติดกับลำตัว มือทั้งสองข้างจับด้ามเครื่องมือทดสอบ (บลายของเครื่องวัดแรงดึงด้านหนึ่งต่อกับด้ามเครื่องมือทดสอบ ส่วนบลายอีกด้านหนึ่งต่อกับพื้นกระดานที่ผู้ถูกทดสอบยืนอยู่ ท่างกันประมาณ 15 นิ้ว) จากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงในแนวตั้งยกด้ามเครื่องมือทดสอบขึ้น โดยที่ใช้แรงดันจากส้นเท้าทั้งสองและขณะออกแรงเท้าทั้งสองข้างต้องสัมผัสกับพื้น (ไม่เขย่งเท้า) หลังและ

กันอยู่ในระนาบที่ขนานกับผนัง

- การวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อไหล่

ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงบนพื้นกระดานเครื่องมือทดสอบ แขนส่วนบนทั้งสองข้างสอดเข้าไป ในห่วงหนึ่งซึ่งต่อจากเครื่องวัดแรงดึง (ปลายอีกข้างหนึ่งของเครื่องวัดแรงดึงต่อกับพื้นกระดานที่ผู้ถูกทดสอบยืนอยู่) และห่วงหนึ่งนี้จะอยู่สูงจากพื้นกระดานในระดับที่ทำให้แขนส่วนบนทั้งสองข้างขนานกับพื้นกระดาน ส่วนแขนส่วนล่างนั้นงอห้ามุมฉากกับแขนส่วนบน เท้าทั้งสองข้างสัมผัสกับพื้นกระดานเครื่องมือทดสอบ (ไม่ยื่นเขย่งเท้า) ขาและหลังตั้งตรง จากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบใช้ไหล่ออกแรงในแนวตั้งยกห่วงหนึ่งขึ้น ขณะออกแรงต้องไม่ยื่นเขย่งเท้า ขาและหลังต้องตั้งตรงตลอดเวลาที่ทดสอบ

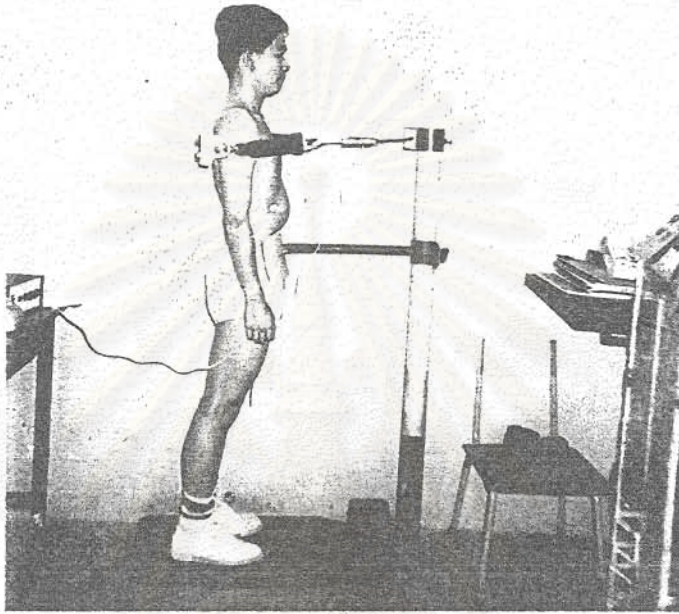
- การวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ

ปรับด้ามเครื่องมือทดสอบ ให้สูงขึ้นจากพื้นกระดานเครื่องมือทดสอบ 15 นิ้ว (ความสูงจากพื้นกระดานเครื่องมือทดสอบ ไปยังระนาบที่ต่ำที่สุดของด้ามเครื่องมือทดสอบ) ให้ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่าหนึ่งกึ่งยืน (Semi-Squat Position) โดยมีด้ามเครื่องมือทดสอบอยู่ระหว่างขาทั้งสองข้าง ข้อศอกเหยียดตรง มือทั้งสองข้างจับด้ามเครื่องมือทดสอบ เท้าทั้งสองข้างอยู่บนพื้นกระดานเครื่องมือทดสอบโดยไม่เขย่งเท้า ปลายของเครื่องวัดแรงดึงด้านหนึ่งต่อกับด้ามของเครื่องมือทดสอบ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งต่อกับพื้นกระดานเครื่องมือทดสอบ จากนั้น ให้ผู้ถูกทดสอบใช้เข้าทั้งสองข้างและลำตัวออกแรงในแนวตั้งยกด้ามเครื่องมือทดสอบขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

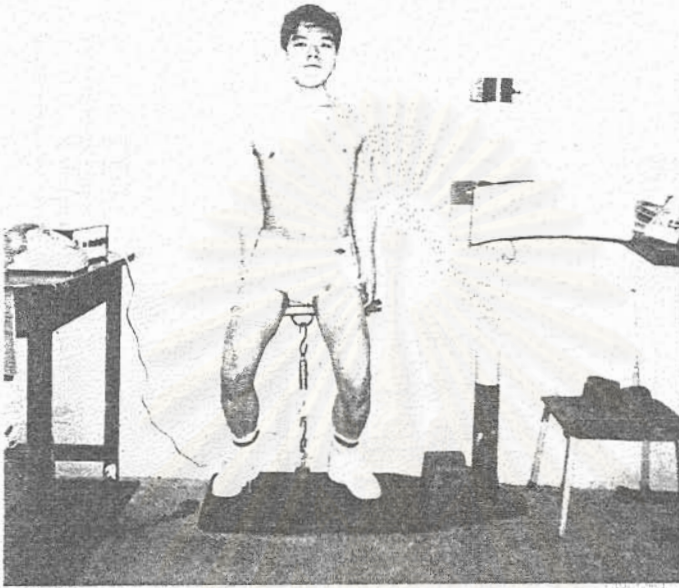
ภาพแสดงการทดสอบกำลังสถิติของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ



ภาพการวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อหลัง



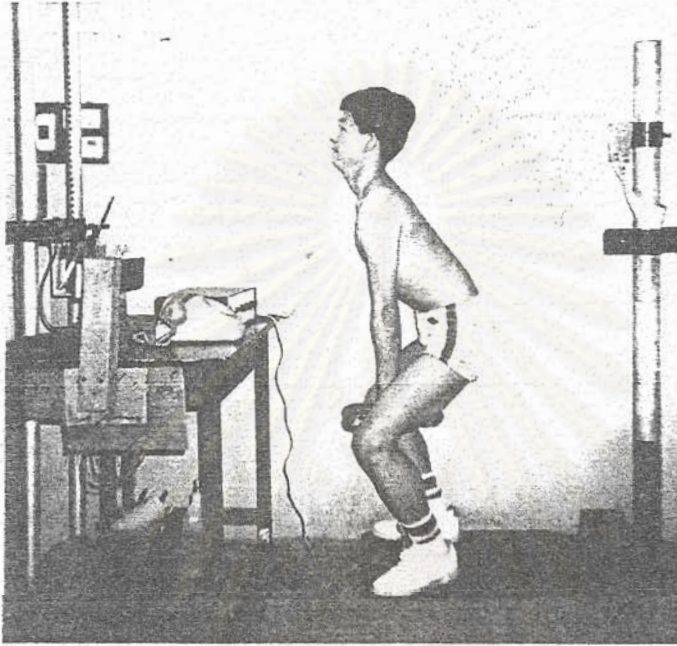
ภาพการวัดกำลังสถิติของกล้ามเนื้อแขน



ภาพการวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อขา



ภาพการวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อไหล่

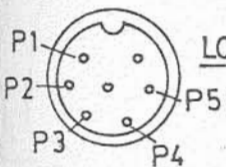
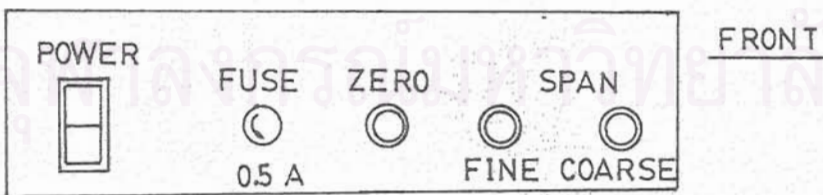
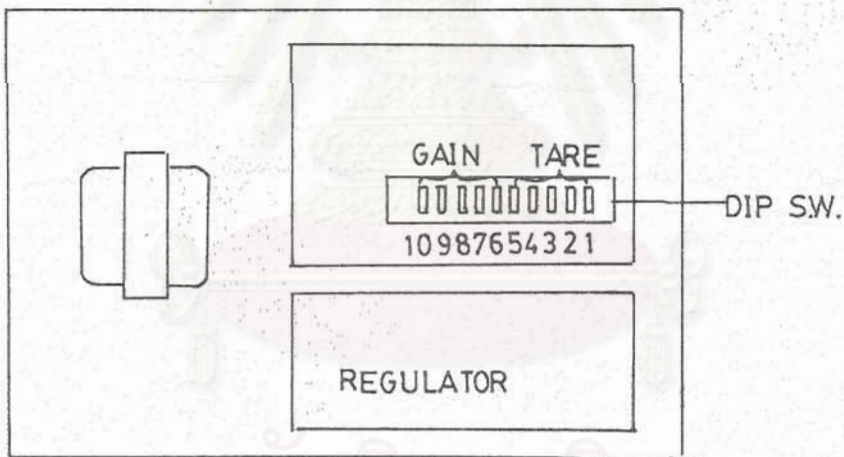
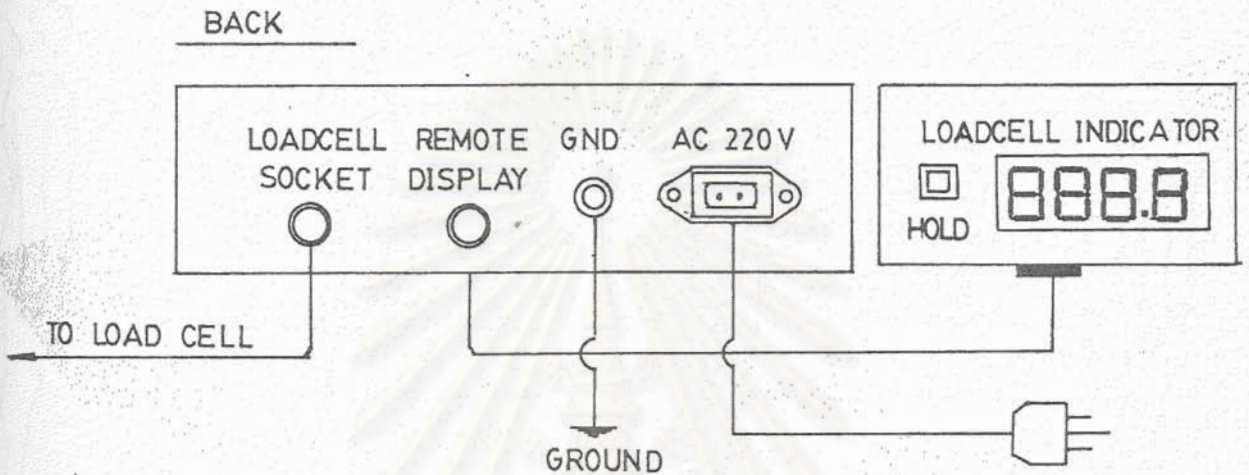


ภาพการวัดกำลังสปีดของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

พจนานุกรมการทำงานของเครื่อง Indicator



LOADCELL SOCKET

EXCITE VOLTAGE 5 V.

- P1 + EXCITE
- P2 - SIGNAL
- P3 - EXCITE
- P4 + SIGNAL
- P5 SHIELD

ภาคผนวก ช.

ภาพประกอบการวัดสัดส่วนร่างกายตำแหน่งต่าง ๆ 36 ตำแหน่ง



FIGURE 1 Stature.



FIGURE 2 Shoulder height.



FIGURE 3 Eye height.

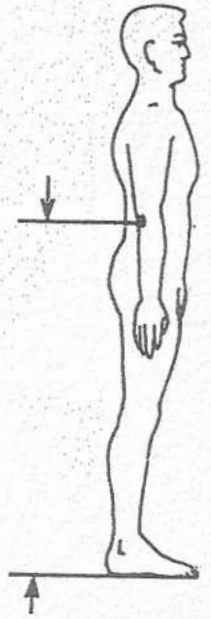


FIGURE 4 Elbow height.

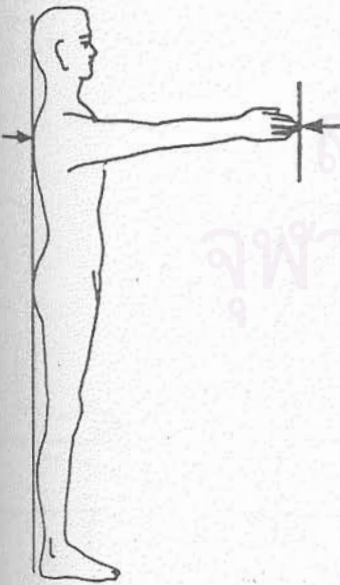


FIGURE 5 Arm reach.

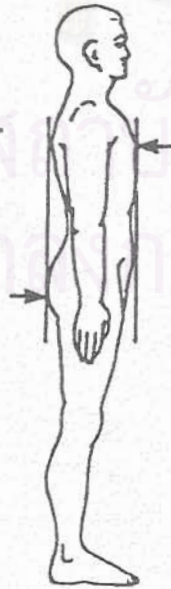


FIGURE 6 Maximum body breadth.

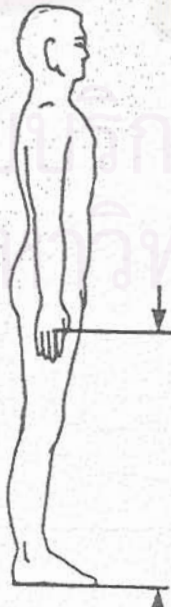


FIGURE 7 Knuckle height.

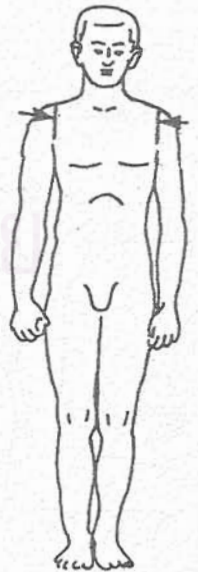


FIGURE 8 Chest breadth.

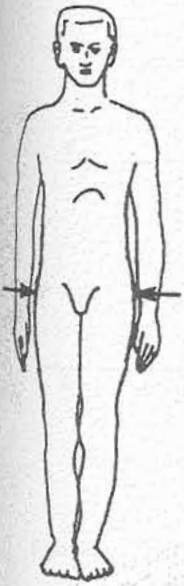


FIGURE 9 Hip breadth.

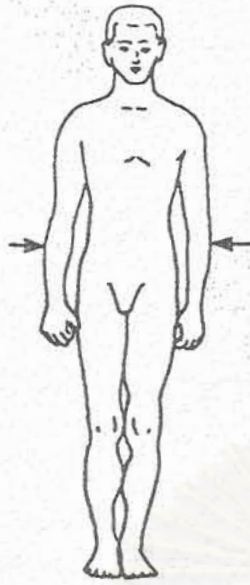


FIGURE 10 Maximum body depth.

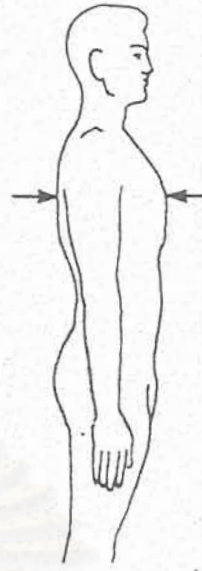


FIGURE 11 Chest depth.

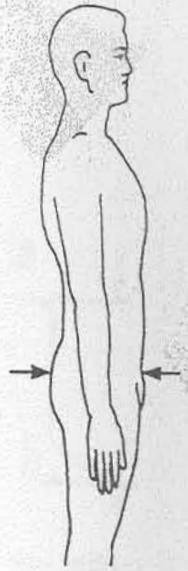


FIGURE 12 Buttock depth.

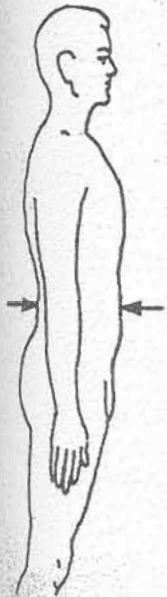


FIGURE 13 Waist depth.

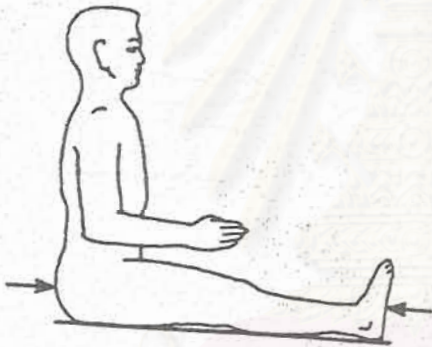


FIGURE 14 Buttock-leg length.



FIGURE 15 Buttock-knee length.

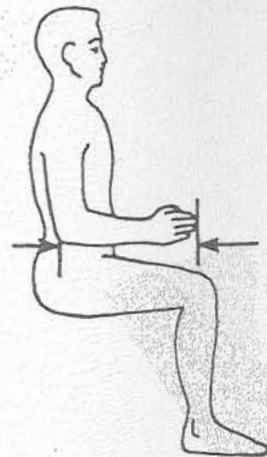


FIGURE 16 Forearm-hand length.



17 Shoulder-elbow length.

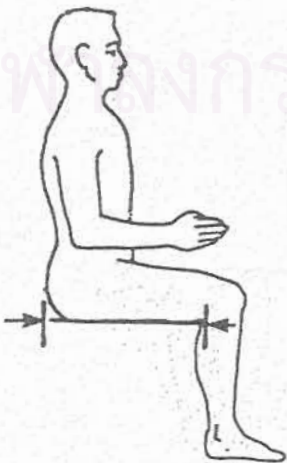


FIGURE 18 Buttock-popliteal length.

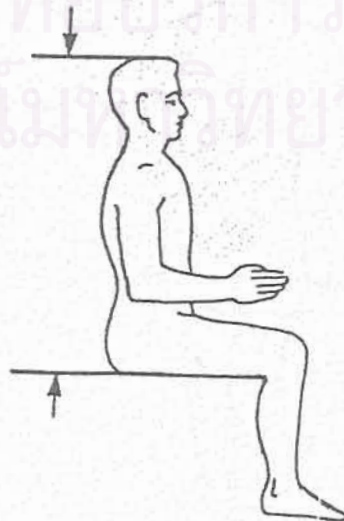


FIGURE 19 Sitting height.



FIGURE 20 Eye height, sitting.

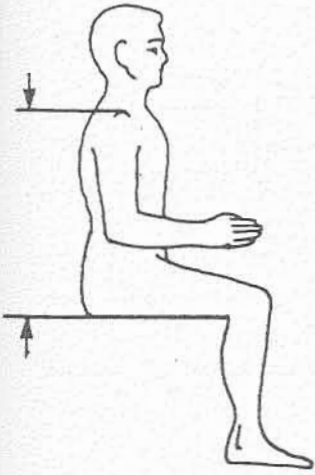


FIGURE 21 Shoulder height, sitting.

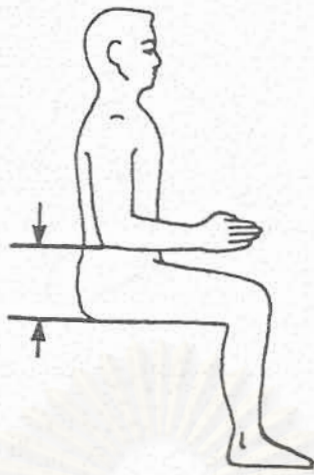


FIGURE 22 Elbow height, sitting.

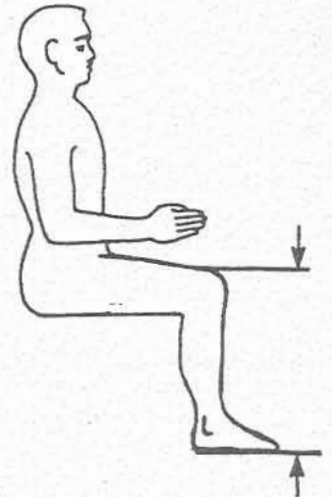


FIGURE 23 Knee height, sitting.



FIGURE 24 Popliteal height, sitting.



FIGURE 25 Thigh clearance height, sitting.

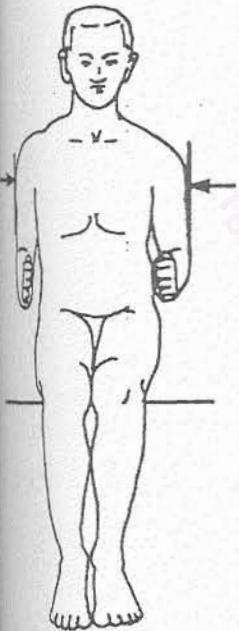


FIGURE 26 Shoulder breadth.

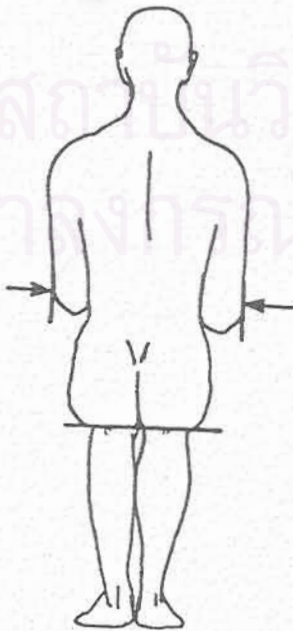


FIGURE 27 Elbow-to-elbow breadth.

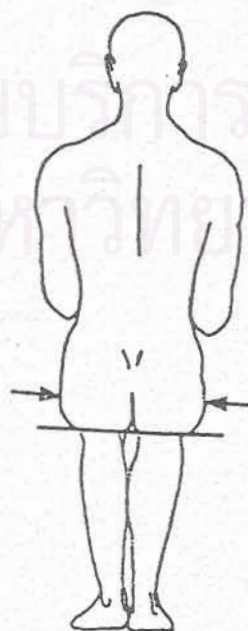


FIGURE 28 Hip breadth, sitting.

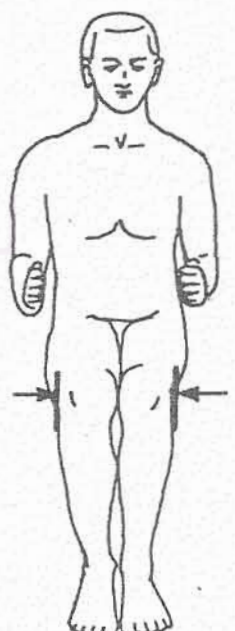


FIGURE 29 Knee-to-knee breadth.

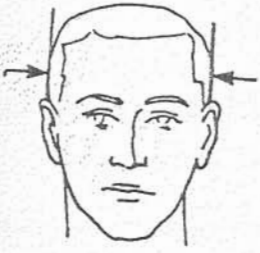


FIGURE 30 Head breadth.

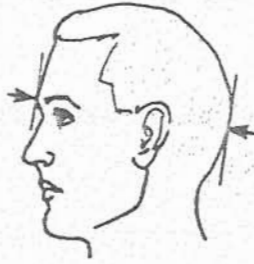


FIGURE 31 Head length.



FIGURE 32 Interpupillary distance.



FIGURE 33 Hand length.



FIGURE 34 Hand breadth at thumb.

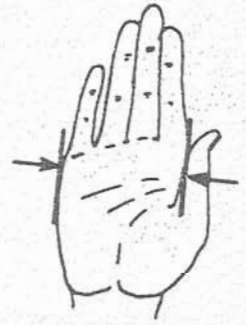


FIGURE 35 Hand breadth at metacarpal.

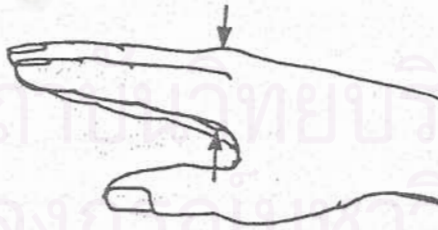


FIGURE 36 Hand thickness.

ภาคผนวก ช.

แบบฟอร์มที่ใช้ในการเก็บข้อมูลสัดส่วนร่างกายและกำลังสปีด

แบบฟอร์มข้อมูลสัดส่วนร่างกายและกำลังสปีดของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ

วัน/เดือน/ปี เวลา น .
อุณหภูมิห้องทดสอบ ความดันบรรยากาศ มม .ปรอท
ชื่อ นามสกุล
เพศ อายุ ปี น้ำหนัก กก .
อัตราการเต้นของหัวใจ ครั้ง / นาที ภูมิสำเนา
สูบบุหรี่ มาน / วัน
ได้รับบาดเจ็บที่กระดูก
.....

ตารางเก็บข้อมูลกำลังสปีดของกล้ามเนื้อ

ลำดับที่	กำลังสปีดของกล้ามเนื้อ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1	กำลังสปีดของกล้ามเนื้อหลัง				
2	กำลังสปีดของกล้ามเนื้อแขน				
3	กำลังสปีดของกล้ามเนื้อขา				
4	กำลังสปีดของกล้ามเนื้อไหล่				
5	กำลังสปีดของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ				

ตารางเก็บข้อมูลสัดส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

1. STATURE.....
2. SHOULDER HEIGHT.....
3. EYE HEIGHT.....
4. ELBOW HEIGHT.....
5. ARM REACH.....
6. MAX. BODY BREADTH.....
7. KNUCKLE HEIGHT.....

8. CHEST BREADTH.....
 9. HIP BREADTH.....
 10. MAX. BODY DEAPTH.....
 11. CHEST DEAPTH.....
 12. BUTTOCK DEAPTH.....
 13. WAIST DEAPTH.....
 14. BOTTOCK-LEG LENGTH.....
 15. BUTTOCK-KNEE LENGTH.....
 16. FOREARM-HAND LENGTH.....
 17. SHOULDER-ELBOW LENGTH.....
 18. BUTTOCK-POPLITEAL LENGTH.....
 19. SITTING HEIGTH.....
 20. EYE HEIGTH, SITTING.....
 21. SHOULDER HEIGTH, SITTING.....
 22. ELBOW HEIGHT, SITTING.....
 23. KNEE HEIGHT, SITTING.....
 24. POPLITEAL HEIGHT, SITTING.....
 25. THIGH CLEARANCE HEIGHT.....
 26. SHOULDER BREADTH.....
 27. ELBOW-TO-ELBOW BREADTH.....
 28. HIP BREADTH, SITTING.....
 29. KNEE-TO-KNEE BREADTH.....
 30. HEAD BREADTH.....
 31. HEAD LENGTH.....
 32. INTERPUPILLARY DISTANCE.....
 33. HAND LENGTH.....
 34. HAND BREADTH AT THUMB.....
 35. HAND BREADTH AT MATACARPAL.....
 36. HAND THICKNESS.....
- =====

ภาคผนวก ๓.

ข้อมูลกำลังสกดของกล้ามเนื้อ 5 ส่วน ของนิสิตตัวอย่าง จำนวน 100 คน

1.	58.94	42.27	96.13	52.43	120.4
2.	40.27	32.83	105.83	57.13	114.77
3.	36.43	29.43	99.63	39.13	98.23
4.	55.8	42.5	118.8	45.0	136.5
5.	49.37	37.7	103.66	43.16	113.53
6.	48.3	43.0	108.25	58.87	120.0
7.	61.4	38.06	115.53	63.17	100
8.	49.6	42.9	135.13	48.43	128.8
9.	48.23	41.23	105.23	33.43	101.86
10.	67.77	38.53	138.2	55.37	124.83
11.	66.8	37.03	111.87	68.47	138.2
12.	35.23	30.97	109.9	38.93	109.77
13.	45.63	36.73	113.77	51.83	128.07
14.	45.43	39.73	104.97	43.63	115.37
15.	54.07	43.07	117.73	42.97	148.33
16.	52.03	49.33	114.6	47.03	128.3
17.	45	38.31	107	46.23	117.27
18.	47.4	33.9	122.06	40.16	104.8
19.	49.7	38.53	124.6	43.43	129.5
20.	49.87	48.4	112.43	54.8	123.93
21.	49.17	37.13	119.6	43.37	125.93
22.	43.87	38.17	102.53	41.77	114.93
23.	43.51	39.4	102.83	40.86	113.13
24.	46.6	38.43	107.27	45.47	118.6
25.	44.23	35.4	108.33	43.43	107.21
26.	52.83	39.17	103.27	51.37	122.17
27.	39.64	32	113	62.63	143.67
28.	49.43	48.93	106.87	46	117.3

29.	45.9	36.13	106.3	45.0	118.5
30.	52.8	46.1	114.9	39.5	113.1
31.	42.1	34.42	102.5	41.3	125.1
32.	43.1	34.17	112.6	40.7	126.5
33.	51.37	46.57	123.49	42.77	128.2
34.	46.7	38.3	114.9	51.37	122.1
35.	49.67	36.33	98.76	46.17	117.63
36.	48.94	33.27	101.7	38.43	107.9
37.	37	28.40	115.27	47.57	120.8
38.	44	30.3	112.4	38.33	138.57
39.	62.3	47.47	107.77	46.54	128.23
40.	46.7	44.2	108.6	56.8	127.8
41.	40.23	38.33	108.1	33.4	108.07
42.	37.17	36.23	104.07	43	110.2
43.	55.33	44.53	104.57	50.93	119.35
44.	44.67	34.13	112.77	58.97	126.5
45.	48.37	43.53	111.3	50.9	116.2
46.	39.1	36.73	109.63	54.1	117.9
47.	50.7	40.5	111.17	34.9	130.9
48.	57.2	46.13	115.3	47.57	133.87
49.	55.26	48.63	129.76	46.77	120.97
50.	51.27	42.27	114.53	39.57	127.67
51.	53.10	41.10	102.5	47.07	127.5
52.	47.7	41.6	109.4	43.76	116.70
53.	45.1	37.1	109.3	39.3	137.8
54.	61.33	48.03	118.67	62.4	98.97
55.	48.03	47.33	130.23	48.36	131.66
56.	40.53	36.8	118.8	43.8	122.03
57.	39.86	35.33	115.13	36.6	119.37
58.	61.4	37.5	103.7	43.4	116.9
59.	37.5	30.84	95.84	44.07	107.97
60.	68.2	50.73	134.36	58.53	136.5

61. 43.57 36.73 109.7 52.87 112.67
62. 43 33.8 102.3 42.3 130.36
63. 63.83 29.9 98.6 52.13 131.17
64. 43.78 32.23 113.47 55.03 121.467
65. 54.03 43.43 118.13 45.7 134.66
66. 46.4 28.13 94 41.83 105.27
67. 62.5 43.12 134.45 47.6 128.74
68. 65.4 44.67 136.33 46.8 122.63
69. 67.33 44.03 124.07 69.43 138.5
70. 49.13 36.83 125.87 41.8 131.67
71. 41.7 35.4 113 41.1 133.3
72. 47 35.57 124.6 39.57 106.37
73. 46.7 32.23 100.53 37.9 117.27
74. 45.07 43.73 122.13 37.93 141.93
75. 46 32 99.73 41.7 118.87
76. 44.52 35.74 118.77 69.54 124.6
77. 45.73 38.83 115.53 68.17 123.3
78. 45.77 35.97 114.5 58.1 142.67
79. 42.47 34.95 115.6 57.3 141.82
80. 43.83 36.16 108.6 53.63 116.4
81. 42.43 37.27 107.1 52.13 115.8
82. 51.63 48.23 127.83 51.13 144.97
83. 53.36 50.4 103 38.2 121.03
84. 57.5 43.2 106.1 44.7 122.5
85. 50 36.07 98.83 45 118.27
86. 55.7 43.26 118.1 45 128.4
87. 53.3 41.7 110.9 35.43 128.1
88. 64.43 39.97 114.73 59.47 141.5
89. 44.3 42.71 107.3 49.21 117.67
90. 49.37 32.02 114.7 48.167 111.2
91. 38.5 28.7 93.66 52.4 115.53
92. 43.43 34.70 103.53 40.43 106.30

ภาคผนวก ๗.

ข้อมูลสัดส่วนร่างกายเรียงตามลำดับ 36 ส่วน ของนิสิตตัวอย่าง จำนวน 100 คน

1. 181 152 170 115 88 18.3 77.1 28.8 32.9 49.5 20 20.5 17.6
117.5 59 49.7 38.8 46 91.6 79.5 63.1 23.7 57.3 45 13.7 44.2
39.7 32.2 20.8 14 18 6.6 18.7 10.6 8.2 2.7
2. 166 135.5 153.2 109.2 81.2 23.6 79 33.0 31.2 44.8 22.1 23.8
20.8 97.6 54.6 45.0 32.6 41.6 85.0 72.4 54.6 20.6 50.6 41.7
13.8 43.1 42.7 33.1 24.0 15.8 18.2 7.0 18.1 9.5 8 2.3
3. 164 136 154 105 80.3 21 70 28.3 30.6 42.5 19.2 19.2 15.7 98
55.2 43.5 33.9 43.0 82.2 70.9 53.4 18.4 51.9 41.1 12 40.2
35.9 30.5 16.7 15.9 18 6.9 16.8 9 7 2.4
4. 166 138 157 106 82.8 21.6 69.9 29.5 30.3 43.1 19.3 21.2 16.8
96.2 52.2 45.0 34.2 42.8 87.2 73.2 54.9 21.4 54 44 12.2 40.2
34.6 30.5 18.4 15.8 19.7 6.0 19 9.5 8 2.6
5. 168 138.1 153.1 104.7 77.1 19.1 68.9 28.6 29.1 44.4 19.1
19.1 14.2 98.3 55.4 46.0 37.1 46.2 83.3 72.1 55 18.8 51.2
41.3 11.9 38.9 37.7 31.0 19.1 14.4 17.7 6.8 20.2 11.4 8 2.1
6. 170 144 160 107 85.9 22 79 27 30.9 47.2 19 18.6 14.5 101.1
54.5 45 34.6 40.7 81.6 73.7 58 25 54.3 42.5 14.5 44.9 36.5
32.6 21 15.4 18.5 7.1 19.5 9.5 8.2 2.4
7. 171 144.5 161 111.5 85.5 21.7 71.1 27.3 30.8 45.8 21.1 20.9
13.9 101.5 58.4 49.3 37.3 45.4 85.1 72.7 56.4 17.2 53.5 43.3
11.7 42 40.5 32 19.3 16.0 17.9 6.9 17.9 9.8 8.2 2.4
8. 170.5 143 159 106.5 88.1 21 75 29.4 31.4 44.7 21.9 23.4 19.5
102 60.2 47.6 35.7 42.3 83.4 69.4 51.2 20.4 49.1 40 14 44 41
36 28 13.7 18.5 6 19.3 10.4 9 2.5
9. 172 146 159.7 108.8 86.7 22.3 74.5 30.4 33.6 50.3 21.6 21.6
17.3 104 59.4 45.8 37.6 45.5 82.3 66.4 53.7 16.1 50.5 40.6
12.7 42.6 40.5 36.6 23.9 15.5 19 6.7 18 8.7 7.2 2.2
10. 168 135 156 101 74 21.4 69 31 30 43 20.6 21.8 18.8 98 52.9

- 44.0 32.8 42.1 88.2 77.6 56.1 25.1 48.9 38.7 14.6 40.1 38.4
33.5 22.8 16.1 19.0 7.1 18.5 9 8.1 2.1
11. 168 137.0 154.3 104.3 81.2 19.5 72.7 35.1 30.7 47.2 19.9 20
18.9 93.3 56.3 47.4 35.9 43.7 86.0 78.2 57.6 23.1 51.8 40.1
11.4 43.5 43.1 32.7 23.0 16.3 19.9 6.1 19 9.6 8.2 2.7
12. 168.0 137.2 153.4 104.6 76.7 19.2 69.9 28.2 29.0 45.2 17.7
19.8 14.2 98.1 55.6 46.7 36.3 46.2 84.4 71.55 19.0 50.7 41.3
12.0 39.5 37.1 30.4 19.0 14.3 18 6.9 19.1 10.0 7.6 2.2
13. 174 145 162 108 82.8 23.2 78 28.5 32 45.8 22.6 21.7 18.5 105
59.1 46.5 37 41.6 85 73.7 58.7 22 53.3 40.6 13.5 45.7 43.3
34.3 21.5 16.4 18.0 7.1 18.2 9.5 8.3 2.6
14. 160 134 152.8 104.7 81.4 22.1 70.3 24.8 31.2 41.9 18.9 19
14.3 99 56.1 42.4 31.7 42 83.1 71.2 54.2 17.9 52.1 42.5 12.4
39.8 34.7 29.3 17.3 16.4 19.1 6.5 16.7 8.7 8.3 2.6
15. 173 145 161 108 84.9 19.4 74 32 31.8 42.7 20 19.1 17.5 101.9
57.8 47.4 35.8 47.6 90 76.2 57 20 51.7 39.2 15.7 42.1 41
30.8 18.6 15.1 17.3 6.4 19.1 9.5 8 2.8
16. 168 139 158 100 79 16.2 70.5 28.5 29.4 43.5 20.9 19.8 17.1
96 55.8 46 35 53 88.5 79.1 58.8 24.5 49.3 42.3 14.3 38.7
41.3 35.5 20.2 15.2 18 6.4 15.2 9.8 8.4 2.9
17. 175 147 163 109 85.6 21.7 74 33 30.5 43.2 21 20.1 18.1 102
57.8 48.1 37.5 47 93 75.9 58 22 52.1 40.1 16.3 43.2 42 31.3
18.7 14.3 18.1 6.7 19 8.5 9 2.2
18. 168 138.2 153.4 104.5 77.3 17.6 68.5 28.5 29.1 44 19.3 19.3
14.2 98.1 55.7 46 37.5 42.3 83.3 72 55.1 18.5 57.3 41.2 11.8
38.6 37.6 31.1 19 14.4 17.6 6.8 20 11.4 8.1 2.2
19. 174 143.3 161.1 100.3 78.2 20 77.8 26.2 31.5 47.5 17 22.4
16.9 105 59.3 48.4 37.5 45.8 82.7 66.3 53.3 16.4 49.9 41.5
12.6 43.0 39.9 37 24.3 15.6 18 5.4 18.6 9.6 8.3 2.5
20. 167 143 153.5 99.2 72 17.1 67.9 28 29.1 43.2 19.1 18.7 14
97.3 55.2 45.6 37.1 41.3 82.1 72 54.9 18.5 51.3 41.1 11.2
37.5 37.6 31.7 19.2 14.6 17.5 7.1 19.2 11.1 8.4 2.4

21. 184 154 172.1 118.2 87.5 19.7 78.3 28.1 31.4 46.5 20.2 21.5
 18.4 116.5 59 48.2 38.5 45 93.5 78.4 64.1 24.2 58.4 45 13.5
 44.2 38.7 32.1 20.4 15 18 6.6 18.7 10.5 9.1 2.5
22. 165 132.1 151.1 100 74.5 20 65.9 34.7 30.4 44.7 19.8 24.1
 17.5 99.4 56.3 45.1 37.7 34.1 78.9 72.8 49.5 19.4 51.1 40.7
 10.9 42.4 37.5 33.7 21 15.7 17.2 7.0 17.8 9 7.5 2.7
23. 175 148 162 107 85.9 21.1 74.1 29.2 33.1 44.1 21.7 21.5 19.7
 103 57.2 47.1 37.33 45.1 87.5 78.4 57.1 23.2 57.1 40.3 12.6
 40.3 38 31.7 18.8 13.7 18.2 5.8 19 10 8.2 2.4
24. 167 137.9 152 104.5 76.2 18.7 68.11 27.5 28.7 43.1 18.7 19.2
 13.1 98.4 54.7 45.1 37.2 45.3 84.1 72 54.7 18.7 51.4 41.1
 10.9 37.1 37.7 31 18.2 14.3 16.5 6.7 21.2 11.3 7.8 2.5
25. 171 139.8 155.3 107.9 82.7 22.3 73.9 34.1 33.0 46.1 19.9
 21.6 17.8 100.9 53.4 45.8 33.3 42.0 87.3 77.2 58.6 23.1 48.9
 40.2 14.9 43.3 42.7 33.3 21.7 15.9 18.3 7.2 20 10.3 8.2 2.3
26. 172 142 160 110 86 19.7 78.4 35 34.3 44 19.5 19.4 16.6 100
 56.8 44.4 33.7 46.2 88.2 74.2 59.6 24.2 52.7 43 11 42 37.5
 33.73 19.1 14.5 19.6 5.8 17.4 9.3 8.2 2.6
27. 170 140.1 156.7 109.9 83.1 21.4 73.9 34 32 46.9 19.9 21.8
 17.9 100.1 53.5 45.8 33.3 42.5 88.2 77.7 58.7 23.1 49.8 40.1
 14.9 43.1 42.7 33.7 22.5 16.0 18.3 7.1 20.6 10 8.1 2.5
28. 171 144 160 108 86.3 21.7 70.2 28 31.1 46.2 20.2 21.2 14.5
 102 58.1 49 37.6 46.4 84.5 73.4 55.5 16.9 53.3 43.3 11.5
 41.5 40.5 33.4 18.9 16.2 18.3 7 18.2 9.9 8.1 2.5
29. 160 133.2 150.1 100.3 73 16.7 72.1 31.9 28 51.3 18 18.9 15.3
 92.3 50.4 43.3 39.9 38.0 82.1 72.5 56.1 25.1 52.3 40.1 13.5
 39.3 40.1 28.4 19.3 14.7 17.2 7.1 17.5 9.1 7.1 2.3
30. 168.5 137 155 104 80.4 18.9 69.9 28.9 30.4 43.7 16.2 21 15.2
 96.5 53.1 43.5 32.1 44.0 86.2 74.3 55.7 22.2 56.4 43.2 11.9
 39.5 38.5 30.4 18.2 15.9 17.2 6.0 18.4 9.6 7.2 2.7
31. 172 144 160 110 89.3 20.6 75.3 31 31.2 47.7 20.1 21 17.6
 104.8 58.8 48.1 36 45.9 87.2 75.1 57 19.2 47.9 43.2 14.2

- 43.3 43.6 37.3 27.3 15.2 17.8 7 19.9 10.2 8.6 2.4
32. 172 144 160.3 110.1 89.6 20.8 75 31.1 31.5 47.7 20.3 21.4
17.6 105 58.6 48.5 36.2 45.6 87 75 57.2 19.2 49.9 43.1 14.2
43.6 43.2 37 27.7 15.4 17.3 7.1 19.6 10.1 8.6 2.4
33. 172 143.9 160.3 110.5 89.3 20.8 75.2 31.3 31.5 47.6 20.1
21.4 17.5 105 58.3 48.1 36 45.2 87.5 75.1 57 19.6 49.7 43.4
14.5 43.2 43.7 37 27.7 15.4 17.3 7.1 19.6 10.1 8.6 2.3
34. 170 139 154 106 82.8 20 77.8 35 34.3 46.9 18.7 23 16.3 99.4
57.8 42.4 36.4 47 87.5 76.9 55.5 21.4 53.3 41.1 12.6 39.4
41.3 30.8 18.2 16 17.6 5.8 17.5 10.3 7.9 2.8
35. 164 135 153 103 80.2 16.4 74.3 29.8 30.4 39.1 15.1 18.5 14.1
95 54.1 41.1 35.1 38.1 80.2 72.1 54.3 17.4 47.3 42.4 11.4
39.1 38 28 24.1 15.7 16.6 5.8 18.9 8.7 7.8 2.4
36. 181 152 171 119 90.4 19.7 76.7 28.9 35 45.4 22.7 23 18.6 110
60 49.8 38.9 47.4 95.7 83 65.4 27.4 56.2 46 10.9 44.8 39.8
36.1 23 15.6 17.5 6.5 19.4 10.2 8.1 2.6
37. 170 142 157.6 108.8 85.3 20.6 75.7 29.2 31.6 46.1 20 22.1
17.6 98.3 54.5 45.4 35.2 43 86.8 73.4 51.3 20.6 51 38.1 13.6
43.2 40.3 33 26.6 13.9 17.6 5.8 18.5 9.4 7.6 2.2
38. 173.5 145.5 159.5 109.5 86.7 21.7 74 29.6 33.3 46.7 21.5
22.1 17 104 59.6 48.7 37.7 45 82.3 66.8 53.1 16.2 50.9 41
12.2 43.2 40.4 36.7 24 15.1 17.7 5.8 18.8 10 8.5 2.5
39. 174 145 163 108 85.1 19.4 76 29.3 32.3 43.2 20 22.5 17 104.4
58.5 47.1 36.6 46.6 86.3 79.6 58.2 20.3 54.8 40.6 14.6 42
38.2 30.6 20.5 16 18.5 6.5 20 10.1 7.9 2.5
40. 174 145.1 165.8 105.4 87.1 18.7 79.4 36.5 36 46 21.9 23 17.9
107 58.4 47.1 37.4 49.1 89.3 73 57.7 19 54 45.1 13.3 43.8
41.2 31.8 20.8 16 17.9 6.4 18 9.7 8.1 2.5
41. 168 140 157.5 104 82 21 73 30.8 31.5 47.5 20.5 23.5 15.8
98.5 55.3 48.3 34.6 49.2 90.1 76.9 56.1 20 54.3 42.3 14.2
45.8 41.5 34.2 22.1 13.9 17.3 5.6 19.6 10.5 8.3 2.8
42. 170 143 160 106 81.7 18.4 72.5 34.8 29.5 43 15.3 21.3 16.3

105 54.6 44.8 36.4 48 88.8 76.9 55.2 18.6 50.5 42.4 12 41.2
40.5 33.1 23.5 15.7 17.5 6.2 18.5 9.5 8.5 2.1

43. 172 145 161 108.2 87.5 23 74.7 31.4 31.4 44.5 20.8 23.1 19.1
108 61.3 45.8 36.3 43.7 84.2 69.7 52.1 21.4 48.3 42 13.7 42
41 35.3 27.8 14.2 17.5 5.8 19.4 11 8.3 2.4

44. 169 133.7 152.3 104.4 81.5 22.5 70 24.7 31.5 41.6 18.9 18.8
14.4 99 56.8 42.4 31.7 41.6 83.5 71.6 54.3 17.7 52.3 42.7
12.1 39.6 34.4 29 16.5 16.3 19.7 6.3 16.4 8.7 8.3 2.6

45. 160 134 152.8 104.3 81.1 22.7 70.1 24.9 31 41.7 18.7 18.7
14.3 99.1 56.3 42 31.6 41.7 85.3 71.5 54.1 17.6 52 42.3 12.6
39.4 34.6 29.3 17 16.5 19.2 6.1 16.2 8.7 7.2 2.7

46. 171 138.9 154.9 107.6 82.6 22.7 73.4 34.2 33.2 46 15.7 21.6
17.7 100.2 53.45 45.7 33 42.3 87.1 77 58.4 23.1 48.6 40.3
14.7 43 42.7 33.6 23.7 15.3 18.4 7.1 19.6 10.3 8.3 2.3

47. 171 134.6 154.7 107.6 82.6 22.7 73.4 34.2 33.2 46 15.7 21.6
17.7 100.2 53.4 49.7 33 42.3 87.1 77 61 23.4 48.3 40.1 14.7
43.2 42.7 33.1 23.7 15.7 18.3 7.6 19.5 10.3 8.3 2.3

48. 171 133.3 155 107.8 82.7 22.4 73.7 34.3 33.4 46.1 15.6 21.7
17.7 100.7 53.4 45.6 33.3 42.1 87.3 77.3 58.1 23.5 48.5 40.2
14.9 43.1 42.6 33.5 23.5 15.5 18 7.3 19.7 10.4 8.3 2.4

49. 170 142.3 157.5 109.3 85.1 20.4 75.8 29.5 31.6 46.1 20.7
22.7 17.9 97.6 55.3 45.4 35 43.6 87 73.6 57.3 21 51.3 38.5
13.3 43.2 40.3 33 26.6 13.9 17.6 5.8 18.2 9.3 7.6 2.1

50. 165 138 151.5 106.3 75.4 18.3 70 30.9 29.5 44.2 20.1 20.5
17.5 96.5 53.4 45.8 33.7 39.5 85 68.4 55.5 20.7 50.6 42.9
12.5 43.8 40 34.3 22.2 15.1 18.6 6.2 18.1 9.4 8.1 2.3

51. 166 137 153.8 106.1 82.6 19.3 76.8 30.5 29.4 43.0 19.7 21.6
17.6 98.9 55.2 43.3 34.7 41.7 85.4 79.3 56.8 20.1 50.2 39.5
12.7 43.4 35.8 31.7 23.6 13.8 17.9 5.6 17.2 9.2 7.6 2.4

52. 168 139 156 104.7 81 15.8 71.1 29.1 29.3 43.1 21.1 19.1 17.2
95.7 56.2 47.1 34.9 51.7 88.7 79.3 59.1 21.7 53.0 41.5 11.9
38.5 42.1 35.7 20.8 15.8 17.2 6.3 15.9 10.3 8.9 2.7

53. 163 142.5 156.7 98 80 19 69.2 34.4 29.4 42.1 19 20.16 16.4
97.5 56 51 36 44 89.2 68.2 53.2 20.2 52.1 43.5 12.2 38.9
38.2 30 17.3 15.2 19.7 7.1 18.1 10.1 7.8 2.4
54. 170 143 160 105 86.62 19.3 73.5 29.3 31.4 45.3 20.8 21.6 18.9
101 56.6 47.1 36.9 43.4 90 80 59.9 23.1 57.4 41.0 12.6 41.8
39 33.5 19 14.6 18.1 5.9 18.1 10.1 7.9 2.6
55. 182 146 159.8 109 86.9 22 74.8 30 33.1 50 21.3 21.9 17.3
104.4 59.1 49 37.8 45.7 82.6 66.9 53.7 16 50.2 40.6 12.4
42.9 40.7 36.9 23.8 15.3 17.6 6 18.1 8.6 7.3 2.2
56. 172 144 160 111 89.2 20.9 75 31.5 31.5 47.7 20.5 21.4 17.8
105 58.4 48 36.2 45.4 87.2 75.3 57.7 19.1 49.5 43.6 14.2
43.9 43 37 27.5 15.4 17.8 7.1 19.3 10.1 8.6 2.4
57. 163 134.5 151.5 101.5 85 21.8 67 28.4 30.6 40.2 19.8 24.2
15.9 97 54.6 43.9 34.7 43.7 83.5 69 57 20.5 46.8 37.5 13.3
42.4 38.3 31 23.8 13.8 17.3 5.8 17.9 9.6 8.2 2.4
58. 170 142.3 157.2 109.1 85.1 20.1 76 29.3 31.6 46.5 20.6 22.1
17.6 98.5 55.1 45.7 35.2 43 87.2 73.4 57.1 21.3 50.5 38.2 13
43.2 40.2 33 26.3 13.3 17.1 5.5 18.4 9.2 7.6 2.1
59. 174 145 166 106 87.4 19.9 78.5 36.1 36.5 45.8 21.7 22.5 17.6
98.5 55.1 45.7 35.2 43 87.2 74.3 57.1 21.3 50.5 38.2 13 43.2
40.2 33 26.3 13.3 18 6.3 18.2 9.5 7.9 2.7
60. 171 143.8 159 107 85.8 21.5 69.8 27.9 32.1 45.8 20.8 21.1
14.7 103 56.9 48 37.1 46.1 83.9 72.9 55 17.2 52.1 43.1 11.4
40.9 39 31.4 18.7 16.8 18.4 6.8 18.4 9.7 8.2 2.3
61. 183 149.5 160.6 105.5 85.3 20 69 28.7 30.2 43.7 18.8 20.1
17.1 98 51.7 46.2 34.2 39.9 80.6 73.3 58.1 19.8 53.7 42.5
14.5 44.4 37.1 33.1 20.0 14.3 18.7 6.8 18.7 9 7.8 2.8
62. 168 138.2 153 104.6 77.5 19.3 68.7 28.9 29.5 44.7 19.3 19.2
14.3 98.5 55.5 45.9 37 46 83.1 72 55.3 18.7 57.5 41 11.1
38.6 37.5 31 19.5 14.6 17.3 6.7 20 11.5 8 2.2
63. 170 142 159 110 79.1 19.8 74 28.1 32.9 43.9 19.5 21.2 17.3
99 54.6 44.8 35.1 44.3 87.6 76.7 60.5 24 53.6 42.5 11 43.4

- 40 33.2 21.4 15.4 17.6 6 18 10.3 8 2.7
64. 175 146.1 165 108 87.9 19.7 75.8 31.4 31.8 42.9 21 21.4 18.1
103.9 58.4 47 36.1 45.8 87 78 59.1 21.1 54.1 41.3 14.1 41.8
38.1 29.83 21.1 15.8 18.4 6.5 21.8 10.3 8.1 2.3
65. 180 151 169 114 89 23.4 78.4 28.4 33.4 47.6 22 21.4 18.3
116.4 61 49.1 39.1 46.8 90.8 79.5 64.2 23.4 57.4 43.3 14.2
43.8 39.1 31.8 21 15 17.5 6.8 18.1 10.7 8 2.5
66. 164 134 153 102 75 19.9 68.5 23.4 28.5 43.1 20.2 18.7 16.9
95.9 52.7 41.9 32.3 35.4 88.1 76.7 60.7 21.1 48.8 37.6 13.0
45.5 40.8 36.9 25.6 15.1 18.3 6.4 17.6 10 8.7 2.8
67. 168 140.2 153.8 104.1 84.3 19.3 73.2 33.1 33.7 48.2 19.2 21
17.1 96.3 55.5 46.7 36.3 41.5 86.7 73.2 60.7 21.1 48.8 37.6
13.0 45.5 40.8 36.9 25.6 15.1 16.6 6.3 18.2 9.7 7.6 2.6
68. 163 136 153 102 73 15 74 33 27 51.7 17.6 18.9 15.5 95.4 52.0
44 38 38.2 88.3 73.5 57.2 25.8 52 40.2 14.1 37.5 40.5 28.3
19.2 14.3 17.8 6.3 18.2 9.7 7.6 2.6
69. 174 146 162 106 87.0 21 75.6 33.3 31.7 40.5 20.7 22.2 19.0
107.4 58.6 47.5 37.4 46.5 91.3 82.5 63.4 23.5 50.5 41.4 13.3
43.7 43 34.9 22.3 15.8 18.0 7.0 19.8 9.0 8.0 2.1
70. 173 144 162 106.5 77.5 20.1 78 33 29 39.5 20.1 18.7 16.2
108.8 51.35 45.5 35.7 43.8 87.4 75.1 59.1 26.7 53.6 39.3
13.1 42.4 35.7 31.3 19.7 16 18.6 7 18.8 8.8 7.4 2.4
71. 168.5 140 155 105 83.9 18.9 70 32.7 33.6 48.3 19.4 22.2 17
96 55.5 46.7 36.5 41.5 87.7 73.7 60 21 48.7 38.7 13 45.6
40.8 37.2 25 13.9 17.4 6.2 17.5 9.9 7.8 2.4
72. 171 141.7 151.7 109.4 85 20.6 76.3 29.4 31.6 46.1 20.3 22.9
17.5 98.3 54.6 45.6 34.5 43.3 87.1 73.6 57.9 20.8 51.3 38.4
13.2 43.1 40.3 33.6 26.7 13.4 17.5 5.9 18.3 9.2 8.1 2.2
73. 167 134.2 153.5 103.3 75.7 20.9 67.5 35 31.5 45 20 24.5 18.3
99.5 56.2 46 33.7 34.8 79.5 73.1 49.4 19.3 50.1 40.6 11.8
42.5 38 33.9 21 15.6 18.6 7.3 17.5 9.3 7.8 2.0
74. 167 134.4 153.3 100 75.7 20.5 67.3 35 31.7 45.3 20.1 24.6

18.4 99.7 56.3 46 33.6 34.7 75.4 73.3 49.3 15.4 50.1 40.6
 11.8 43.5 38.1 33.9 21.1 16.5 18.7 7.4 17.3 9.3 7.7 2.0
 75. 165 138.7 152 106.2 75.9 18.8 70.6 31.3 29.7 44.8 20.9 20.5
 17.6 92.5 54 45.6 33.8 39.5 85 68.5 55.6 20.9 50.9 42.7 12.6
 43.8 40 35.5 22.2 15.1 18.6 6.5 18.5 9.5 8 2.3
 76. 164 138 153 105.7 75.9 20.1 70 32.8 30 44.7 22.3 18.1 14 104
 53.6 44.6 33.3 41.2 82.4 74.5 58 25 55.5 42.3 14.7 44.7 36.1
 32.3 22 15.3 18.7 7.1 19.3 9.4 8.7 2.4
 77. 171 141.7 151.7 109.4 85 20.6 76.3 29.4 31.6 46.1 20.3 22.9
 17.5 98.3 54.6 45.6 34.5 43.3 87.1 73.6 57.9 20.8 51.3 38.4
 13.2 43.1 40.3 33.6 26.7 13.4 18.5 6.3 18.5 9.4 8.7 2.4
 78. 163 143.8 157 98.3 80.4 19.3 69.3 33.4 29.7 43.7 18.8 21.3
 17.1 98.5 55.7 51.7 37.7 45.1 88.7 68.6 56.4 25.7 51.3 42
 13.7 37.5 43 28.2 18.7 14.9 17.6 6.7 17.7 9.8 7.2 2.7
 79. 179 149.3 168 113.3 87.2 18.1 76 27.3 30.4 48.2 19.5 22.1
 18.3 118.5 57.7 48.1 37.4 37.6 91.5 78.9 63.5 24.1 57 44.5
 14.1 44.4 40.2 32.8 20.8 14.6 17.6 6.7 17.7 9.8 7.2 2.7
 80. 177 148 168 111 87.1 21 76.2 27.3 30.5 41.4 19.7 20.3 17.3
 106.4 58 47.5 38.8 46.5 91.4 79.3 63.5 24.1 57 44.5 14.1
 44.4 40.2 32.8 20.8 14.6 18.7 6 18.5 10 7.3 2.6
 81. 170 142 157.5 109 85.3 20.4 76 29.2 31.4 46.5 19 20.2 17.3
 106.4 58 47.5 38.8 46.5 91.4 79.3 61 20.8 54.2 42.8 13 41.7
 37.8 31.8 20.8 14.8 17.4 5.9 18.5 10 7.3 2.6
 82. 172 144.2 160 110.2 89.7 20.9 75.2 31.1 31.1 47.5 20 21.4
 17.5 107 58.7 48.2 36.1 45.6 87.3 75.2 57.2 19.4 49.6 43.5
 14.2 43.9 43 37.3 27.7 15.4 18.6 7.1 19.5 10.2 8.5 2.2
 83. 178 148 168 110 87 21 76.8 27.3 30.8 41.9 19.6 20.1 17 106.1
 57.3 47.3 38.9 46.5 91.3 79.1 61 20.9 54.1 42.9 12 41.2 37.9
 31.8 20.7 14.8 18.8 6 18.3 10 7.6 2.7
 84. 160 133 150 100.1 72.5 16.2 72 31.8 28 51.2 18 18.6 15.3
 92.3 50 43 40 38.5 82.1 72.3 50.5 25.4 52.2 40.3 13.2 39.5
 40 28.8 19.3 14.5 17.6 7.1 17.8 9 7.2 2.4

85. 164 137 153.1 105.5 76.7 20.2 70 32.3 30.1 44.2 22.1 18.3
 14.4 103.3 53.9 44.8 33.9 41.2 82.1 74.1 58 25 55.6 42 14.4
 45.2 36.6 32.6 22.1 15.6 18.8 7.1 19.2 9.5 8.8 2.4
86. 162.5 143.1 156.3 97.7 81.4 19.1 68.8 35.2 29.3 43.3 18.9
 21.3 17.1 98.2 55.5 51.1 37.3 44.2 89.2 68.6 56.1 25.2 51.5
 40.5 13.2 44.4 40.1 28.2 18.8 14.7 17.8 6.3 17.6 9.8 7.2 2.7
87. 180 152 168.5 115.4 87.3 18.1 77 27.1 30.1 48.2 19.3 22.1
 18.1 118.4 57.9 48.1 37.4 47.1 91.4 78.7 63.4 24.2 56.5 43.8
 14.1 44.3 40.4 32.7 20.8 13.7 19.1 7.2 18 9.8 8.3 2.7
88. 165 138 152 106.5 75.5 18.2 70.5 31.2 29.6 44.3 20.4 20.0
 17.5 97.3 53.3 45.7 33.5 39 85.2 68.4 55.7 20.8 50.8 42.2
 12.3 44 40 35 22.2 15.1 18.6 6 18.6 9.5 8 2.2
89. 173 146 162 109 85.6 24 73.1 32.4 31.4 45 21.2 23.2 20 107
 62 46 36 44 85.1 68.7 52.1 21.6 48.1 41.9 12.5 41.9 40.8
 35.7 28.1 13.9 18.1 5.9 19.1 10.3 8.1 2.7
90. 161 133 153 104 82.1 21.9 67.3 30.2 32 41.2 20.4 21.7 17.1
 93.2 51.2 46.5 34.9 42.1 77 65.1 50 18 50.9 41.1 12.5 40.2
 36.8 30.1 21.9 13.9 18.7 6.0 18.1 9.6 7.7 2.5
91. 166 139 154 104 83.9 22.8 68 28.3 30.5 42.5 18.4 19.9 15.4
 94.1 57 45 36.5 43.5 78.5 67.2 54.0 15.9 52.1 42.3 12.5 41.9
 36.9 30.7 22.3 14.8 17.8 7.3 17.7 9.7 8 2.8
92. 167 138 154.5 104 83.9 22.8 68 28.3 30.5 42.5 18.4 19.9 15.4
 94.4 57 45 36.5 43.5 78.5 67.2 50.5 15.9 52.1 42.3 12.5 41.9
 36.9 30.7 22.3 14.8 18.7 6.5 15.8 9.9 8.4 2.6
93. 166 139 154.5 106.3 82.9 19.6 77.1 30.6 29.3 43.3 20.9 19.9
 17.8 96 55.7 46.9 35.2 53.3 87.5 79.3 59 21.7 49.9 41.6 14.9
 38.7 41.3 34.2 20.3 15.7 17.5 5.5 16.9 9.2 7.5 2.3
94. 168.5 137 158 101 76 23.1 69 33 31 42 22.1 21.7 18.1 97 53
 43.2 34.1 42 87.5 77 55.4 25.7 49.1 39.3 15.3 42.4 39.7 32.1
 22.7 15.1 18 7.2 18.5 9 8.2 2.4
95. 180 151.4 169.7 116.1 86 18.4 77.3 28.3 31.1 47.9 19.7 21.1
 17.7 117.5 58.8 49.7 37.5 46.3 90 78.7 57.7 23.3 50.2 43.7

- 13.5 44.4 40.1 32.8 21.6 14.1 18.7 6.3 18.1 9.6 8.1 2.2
96. 177.5 149 167.5 111.5 80 19 75 30 32.9 47.0 20.4 22.3 16.4
112 59.4 50.3 37.2 47.4 95.2 80.5 60.1 22.3 55 43.7 16 40.1
41.5 36 21.8 15.6 17.8 6.5 20 10.2 8.3 2.2
97. 166 138 152 105 74 17.5 72 30.8 31.5 43 20.1 23.3 16 88.9
55.5 44.8 31.5 44.7 89.2 77.4 59.3 26.4 49 39.2 15 36.2 42
36 20.6 16.2 18.9 6.0 17.6 9.6 7.8 2.4
98. 166 137.8 154.5 102 82.1 20.9 71 26.9 29.9 42 20.7 22.7 16.2
99 59.9 44.3 41 45.5 86 73.5 55.6 19.9 46.7 38 12 41.5 38 32
20 13.6 18.6 5.8 18.4 9.5 7.7 2.4
99. 165 137 155 105 80 17.5 76 31 32 39.6 17 19.4 16.6 95.7 55.9
42.8 35.2 39.8 82.2 74.5 56.6 19 49.6 43.3 15.2 40.2 37.4 32
19.2 14.6 17.3 5.8 17.3 9.6 8 2.3
100. 168 137 154.6 104.2 81.3 19.5 76 29.1 29.6 43.2 21.1 19.1
17.3 95.2 56.5 47 34.7 51.7 88.6 79.9 59.3 21.6 50.3 42.1
14.6 38 42.3 35.6 20.1 15.2 17.1 6.3 15.7 10.3 8.8 2.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ๑.

การวิเคราะห์ทางสถิติและ Correlation ของข้อมูลกำลังสกด

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
OSI1	100	49.06830	8.91072	4907	20.77000	68.20000
OSI2	100	38.87060	5.42072	3887	28.13000	50.73000
OSI3	100	111.93110	9.59136	11193	93.66000	138.20000
OSI4	100	47.67687	8.25392	4768	33.40000	69.54000
OSI5	100	122.45037	10.96813	12245	98.23000	148.33000

Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 100

	OSI1	OSI2	OSI3	OSI4	OSI5
OSI1	1.00000	0.53370	0.32669	0.25126	0.28194
OSI2	0.0000	1.00000	0.43082	0.10014	0.28284
OSI3	0.0009	0.0001	1.00000	0.21485	0.39999
OSI4	0.0117	0.3215	0.0318	1.00000	0.23254
OSI5	0.0045	0.0044	0.0001	0.0199	1.00000

ภาคผนวก ๓.

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติและ Correlation ของข้อมูลสัดส่วนร่างกาย

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
A1	100	169.89500	5.31688	16989	160.00000	184.00000
A2	100	141.20600	5.14033	14121	132.10000	154.00000
A3	100	157.79800	5.30734	15780	150.00000	172.10000
A4	100	106.51100	4.16668	10651	97.70000	119.00000
A5	100	82.42520	4.68304	8243	72.00000	90.40000
A6	100	20.18000	1.84987	2018	15.00000	24.00000
A7	100	73.10410	3.48358	7310	65.90000	79.40000
A8	100	30.44400	2.77188	3044	23.40000	36.50000
A9	100	31.15400	1.67979	3115	27.00000	36.50000
A0	100	44.94400	2.60180	4494	39.10000	51.70000
B1	100	19.79500	1.57969	1979	15.10000	22.70000
B2	100	21.05760	1.58042	2106	18.10000	24.60000
B3	100	16.90400	1.55186	1690	13.10000	20.80000
B4	100	101.06500	5.97720	10106	88.90000	118.50000
B5	100	56.12100	2.49632	5612	50.00000	62.00000
B6	100	46.26500	2.16372	4626	41.10000	51.70000
B7	100	35.80530	2.03950	3581	31.50000	41.00000
B8	100	43.77400	3.57219	4377	34.10000	53.30000
B9	100	86.20600	3.78884	8621	75.40000	95.70000
B0	100	74.25200	3.99078	7425	65.10000	83.00000
C1	100	56.86300	3.40842	5686	49.30000	65.40000
C2	100	21.11800	2.81742	2112	15.40000	27.40000
C3	100	51.84900	2.73538	5185	46.70000	58.40000
C4	100	41.45400	1.87619	4145	37.50000	46.00000
C5	100	13.17300	1.26402	1317	10.90000	16.30000
C6	100	42.04300	2.25994	4204	36.20000	45.80000

Variable	N	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
C7	100	39.64600	2.28289	3965	34.40000	43.70000
C8	100	32.90560	2.43068	3291	28.00000	37.30000
C9	100	21.80200	2.95290	2180	16.50000	28.10000
C0	100	15.05600	0.85379	1506	13.30000	16.80000
D1	100	18.06400	0.70000	1806	16.50000	19.90000
D2	100	6.48700	0.53779	648.70000	5.40000	7.60000
D3	100	18.44600	1.12989	1845	15.20000	21.80000
D4	100	9.76300	0.63384	976.30000	8.50000	11.50000
D5	100	8.02100	0.46478	802.10000	7.00000	9.10000
D6	100	2.44100	0.21182	244.10000	2.00000	2.90000

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Correlation Coefficients / Prob $> |R|$ under $H_0: \rho=0$ / $N = 100$

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
B5	0.55550	0.61886	0.60410	0.46926	0.62867	0.26958
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0067
B6	0.52210	0.65590	0.57568	0.36051	0.46463	0.04772
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.6373
B7	0.36255	0.51498	0.45751	0.18552	0.26013	-0.21250
	0.0002	0.0001	0.0001	0.0646	0.0090	0.0338
B8	0.36597	0.44674	0.42256	0.29728	0.44720	-0.00236
	0.0002	0.0001	0.0001	0.0027	0.0001	0.9814
B9	0.48368	0.55622	0.59991	0.49090	0.36862	-0.14416
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.1524
B0	0.42297	0.30137	0.44271	0.41285	0.22237	-0.16984
	0.0001	0.0023	0.0001	0.0001	0.0262	0.0912
C1	0.52409	0.51498	0.54203	0.54226	0.35999	-0.14908
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.1388
C2	0.10947	0.15876	0.22379	0.13575	-0.10563	-0.23097
	0.2783	0.1146	0.0252	0.1781	0.2956	0.0208
C3	0.36294	0.43138	0.44228	0.34368	0.13526	-0.14706
	0.0002	0.0001	0.0001	0.0005	0.1797	0.1443
C4	0.33088	0.41466	0.48333	0.41829	0.28308	-0.06846
	0.0008	0.0001	0.0001	0.0001	0.0043	0.4986
C5	0.19406	0.17344	0.21371	0.17744	0.16958	0.10737
	0.0530	0.0844	0.0328	0.0774	0.0917	0.2876
C6	0.41683	0.36662	0.37280	0.44429	0.44398	0.34567
	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0004
C7	0.25023	0.24235	0.19208	0.23295	0.27297	-0.00420
	0.0120	0.0151	0.0556	0.0197	0.0060	0.9669
C8	0.34743	0.24882	0.19211	0.32100	0.27981	0.14438
	0.0004	0.0125	0.0555	0.0011	0.0048	0.1518

Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 100

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
C9	0.18920	0.13527	0.08481	0.27493	0.36689	0.24659
	0.0594	0.1796	0.4015	0.0056	0.0002	0.0134
C0	-0.10083	-0.19481	-0.06157	-0.08703	-0.15423	0.15159
	0.3182	0.0521	0.5429	0.3892	0.1255	0.1322
D1	-0.00415	-0.02082	0.04887	0.01728	-0.01830	0.27012
	0.9673	0.8371	0.6292	0.8645	0.8566	0.0066
D2	0.01382	-0.05452	-0.01091	-0.01337	-0.15365	0.14493
	0.8914	0.5900	0.9142	0.8950	0.1270	0.1502
D3	0.29985	0.27307	0.21126	0.27607	0.16092	0.11827
	0.0024	0.0060	0.0349	0.0054	0.1097	0.2412
D4	0.18782	0.21454	0.16897	0.17449	0.09742	-0.09497
	0.0613	0.0321	0.0928	0.0825	0.3349	0.3473
D5	0.21672	0.15811	0.15325	0.25176	0.19582	0.13995
	0.0303	0.1161	0.1280	0.0115	0.0509	0.1649
D6	0.05229	0.11722	0.17268	-0.03691	0.13483	-0.04841
	0.6054	0.2455	0.0858	0.7154	0.1811	0.6324
	A7	A8	A9	A0	B1	B2
A1	0.58120	-0.10688	0.47361	0.27766	0.24588	0.27983
	0.0001	0.2899	0.0001	0.0052	0.0137	0.0048
A2	0.56274	-0.12643	0.34522	0.25123	0.34269	0.18681
	0.0001	0.2100	0.0004	0.0117	0.0005	0.0627
A3	0.59726	-0.10342	0.41639	0.17529	0.30413	0.21134
	0.0001	0.3059	0.0001	0.0811	0.0021	0.0348
A4	0.63265	-0.18160	0.43972	0.31483	0.27386	0.18565
	0.0001	0.0706	0.0001	0.0014	0.0058	0.0644

Correlation Coefficients / Prob $> |R|$ under H_0 : $Rho=0$ / $N = 100$

	A7	A8	A9	A0	B1	B2
A5	0.56965	-0.08785	0.57162	0.17190	0.26134	0.32063
	0.0001	0.3848	0.0001	0.0872	0.0086	0.0011
A6	0.04505	-0.04896	0.39400	-0.09711	0.24169	0.32820
	0.6562	0.6286	0.0001	0.3365	0.0154	0.0009
A7	1.00000	0.06907	0.45259	0.31011	0.17662	0.17317
	0.0000	0.4947	0.0001	0.0017	0.0788	0.0849
A8	0.06907	1.00000	0.25777	0.14342	-0.02966	0.28854
	0.4947	0.0000	0.0096	0.1546	0.7696	0.0036
A9	0.45259	0.25777	1.00000	0.19847	0.22127	0.49295
	0.0001	0.0096	0.0000	0.0478	0.0269	0.0001
A0	0.31011	0.14342	0.19847	1.00000	0.06769	0.18610
	0.0017	0.1546	0.0478	0.0000	0.5034	0.0638
B1	0.17662	-0.02966	0.22127	0.06769	1.00000	0.26449
	0.0788	0.7696	0.0269	0.5034	0.0000	0.0078
B2	0.17317	0.28854	0.49295	0.18610	0.26449	1.00000
	0.0849	0.0036	0.0001	0.0638	0.0078	0.0000
B3	0.43948	0.34900	0.36818	0.15149	0.38316	0.59796
	0.0001	0.0004	0.0002	0.1325	0.0001	0.0001
B4	0.52073	-0.12778	0.30262	0.27320	0.22650	0.20708
	0.0001	0.2052	0.0022	0.0060	0.0235	0.0387
B5	0.37564	-0.17718	0.39931	0.12955	0.37628	0.34018
	0.0001	0.0778	0.0001	0.1989	0.0001	0.0005
B6	0.21376	0.11411	0.21168	0.30925	0.25383	0.26485
	0.0327	0.2583	0.0345	0.0017	0.0108	0.0077
B7	0.22016	-0.07706	-0.03328	0.34129	0.11130	0.02954
	0.0277	0.4460	0.7424	0.0005	0.2703	0.7705
B8	0.35319	-0.11429	0.17025	-0.03859	0.21199	-0.01682
	0.0003	0.2575	0.0904	0.7031	0.0342	0.8681

Correlation Coefficients / Prob $> |R|$ under $H_0: \rho=0$ / $N = 100$

	A7	A8	A9	A0	B1	B2
B9	0.50683	0.03419	0.19186	0.12815	0.16489	0.10365
	0.0001	0.7356	0.0558	0.2039	0.1011	0.3048
B0	0.42856	0.02882	0.14780	0.03115	0.09983	0.03495
	0.0001	0.7759	0.1422	0.7583	0.3230	0.7300
C1	0.50164	-0.11358	0.20774	0.10026	0.12134	-0.08787
	0.0001	0.2605	0.0381	0.3209	0.2291	0.3847
C2	0.26818	0.24747	-0.06483	0.10321	0.09811	-0.05421
	0.0070	0.0131	0.5216	0.3068	0.3315	0.5922
C3	0.16742	-0.25791	0.01393	0.10009	0.16608	-0.20707
	0.0959	0.0096	0.8906	0.3218	0.0987	0.0387
C4	0.16901	-0.17608	0.05076	0.04704	-0.01017	-0.16599
	0.0928	0.0797	0.6160	0.6421	0.9200	0.0989
C5	0.34099	0.19341	0.07767	0.13437	0.09554	0.05590
	0.0005	0.0538	0.4425	0.1826	0.3444	0.5807
C6	0.33079	0.12608	0.38746	0.28807	0.30023	0.33653
	0.0008	0.2113	0.0001	0.0037	0.0024	0.0006
C7	0.35460	0.37070	0.22630	0.44170	0.13515	0.35649
	0.0003	0.0001	0.0236	0.0001	0.1800	0.0003
C8	0.23960	0.05748	0.32155	0.30797	0.36650	0.37385
	0.0164	0.5700	0.0011	0.0018	0.0002	0.0001
C9	0.29724	0.17274	0.27809	0.28900	0.18729	0.44453
	0.0027	0.0857	0.0051	0.0035	0.0621	0.0001
C0	-0.09387	0.09532	0.07879	-0.12494	-0.05529	-0.11274
	0.3529	0.3455	0.4358	0.2155	0.5848	0.2641
D1	-0.08268	-0.01786	0.01748	-0.15475	0.11767	-0.05530
	0.4134	0.8600	0.8630	0.1242	0.2436	0.5847
D2	-0.23363	0.21424	-0.10656	0.16941	-0.03646	-0.12929
	0.0193	0.0323	0.2913	0.0920	0.7187	0.1998

Correlation Coefficients / Prob $> |R|$ under $H_0: \rho=0 / N = 100$

	A7	A8	A9	A0	B1	B2
D3	0.13424	0.17015	0.11539	0.14520	-0.00174	0.11181
	0.1830	0.0905	0.2530	0.1495	0.9863	0.2680
D4	-0.00800	-0.08105	0.02153	0.12681	-0.02410	0.02189
	0.9370	0.4228	0.8316	0.2087	0.8119	0.8288
D5	0.10399	-0.04534	0.11070	-0.02516	0.22811	0.00697
	0.3032	0.6542	0.2729	0.8037	0.0225	0.9451
D6	-0.00487	-0.17600	0.06525	-0.05829	-0.03047	-0.12601
	0.9616	0.0798	0.5189	0.5646	0.7634	0.2116
	B3	B4	B5	B6	B7	B8
A1	0.41237	0.77167	0.55550	0.52210	0.36255	0.36597
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
A2	0.34134	0.77677	0.61886	0.65590	0.51498	0.44674
	0.0005	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
A3	0.39345	0.83554	0.60410	0.57568	0.45751	0.42256
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
A4	0.33047	0.71539	0.46926	0.36051	0.18552	0.29728
	0.0008	0.0001	0.0001	0.0002	0.0646	0.0027
A5	0.40026	0.56114	0.62867	0.46463	0.26013	0.44720
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0090	0.0001
A6	0.24623	0.15383	0.26958	0.04772	-0.21250	-0.00236
	0.0135	0.1265	0.0067	0.6373	0.0338	0.9814
A7	0.43948	0.52073	0.37564	0.21376	0.22016	0.35319
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0327	0.0277	0.0003
A8	0.34900	-0.12778	-0.17718	0.11411	-0.07706	-0.11429
	0.0004	0.2052	0.0778	0.2583	0.4460	0.2575

Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 100

	B3	B4	B5	B6	B7	B8
A9	0.36818	0.30262	0.39931	0.21168	-0.03328	0.17025
	0.0002	0.0022	0.0001	0.0345	0.7424	0.0904
A0	0.15149	0.27320	0.12955	0.30925	0.34129	-0.03859
	0.1325	0.0060	0.1989	0.0017	0.0005	0.7031
B1	0.38316	0.22650	0.37628	0.25383	0.11130	0.21199
	0.0001	0.0235	0.0001	0.0108	0.2703	0.0342
B2	0.59796	0.20708	0.34018	0.26485	0.02954	-0.01682
	0.0001	0.0387	0.0005	0.0077	0.7705	0.8681
B3	1.00000	0.30229	0.29497	0.31275	0.01868	0.04255
	0.0000	0.0022	0.0029	0.0015	0.8537	0.6743
B4	0.30229	1.00000	0.61421	0.50884	0.41410	0.26477
	0.0022	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0078
B5	0.29497	0.61421	1.00000	0.49453	0.44427	0.44674
	0.0029	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001
B6	0.31275	0.50884	0.49453	1.00000	0.45308	0.44315
	0.0015	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001
B7	0.01868	0.41410	0.44427	0.45308	1.00000	0.27088
	0.8537	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0064
B8	0.04255	0.26477	0.44674	0.44315	0.27088	1.00000
	0.6743	0.0078	0.0001	0.0001	0.0064	0.0000
B9	0.36016	0.47738	0.26268	0.43390	0.21284	0.51190
	0.0002	0.0001	0.0083	0.0001	0.0335	0.0001
B0	0.29074	0.37211	0.10293	0.13061	0.06694	0.32693
	0.0033	0.0001	0.3082	0.1952	0.5082	0.0009
C1	0.21596	0.46872	0.14356	0.30061	0.16192	0.34965
	0.0309	0.0001	0.1542	0.0024	0.1075	0.0004
C2	0.27539	0.15421	-0.25502	0.07021	0.01588	0.02648
	0.0056	0.1256	0.0104	0.4876	0.8754	0.7937

Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 100

	B3	B4	B5	B6	B7	B8
C3	-0.12918	0.41042	0.11498	0.22091	0.30620	0.16412
	0.2002	0.0001	0.2547	0.0272	0.0019	0.1027
C4	-0.07591	0.49437	0.35843	0.34563	0.20315	0.27064
	0.4529	0.0001	0.0003	0.0004	0.0426	0.0065
C5	0.31396	0.18437	-0.02095	0.15022	-0.14777	0.13626
	0.0015	0.0663	0.8361	0.1357	0.1423	0.1764
C6	0.44902	0.42151	0.19147	0.25379	0.00630	-0.17523
	0.0001	0.0001	0.0563	0.0108	0.9504	0.0812
C7	0.50555	0.11875	0.21960	0.43670	0.11480	0.27662
	0.0001	0.2393	0.0281	0.0001	0.2554	0.0053
C8	0.44933	0.19377	0.35956	0.27878	-0.08069	0.15204
	0.0001	0.0534	0.0002	0.0050	0.4248	0.1310
C9	0.46587	0.11581	0.18562	0.09607	-0.07789	-0.06973
	0.0001	0.2512	0.0645	0.3417	0.4411	0.4906
C0	-0.12238	-0.02402	0.01203	-0.05574	-0.29311	-0.00280
	0.2251	0.8125	0.9055	0.5818	0.0031	0.9780
D1	0.07434	0.02686	-0.03760	-0.03519	-0.31519	-0.12564
	0.4623	0.7908	0.7103	0.7282	0.0014	0.2129
D2	-0.09749	0.13611	-0.14896	0.14006	-0.03024	-0.24325
	0.3346	0.1769	0.1391	0.1646	0.7652	0.0147
D3	0.04293	0.27160	0.07522	0.24964	0.14769	0.00831
	0.6715	0.0063	0.4570	0.0123	0.1425	0.9346
D4	-0.04811	0.20135	0.25442	0.34286	0.25204	0.28152
	0.6345	0.0446	0.0106	0.0005	0.0114	0.0045
D5	0.12060	0.17828	0.23385	0.13352	-0.16895	0.22227
	0.2320	0.0760	0.0192	0.1854	0.0929	0.0262
D6	-0.03492	0.03210	0.07276	-0.01271	0.05935	0.09033
	0.7302	0.7512	0.4719	0.9002	0.5575	0.3714

Correlation Coefficients / Prob $> |R|$ under $H_0: \rho=0$ / $N = 100$

	B9	B0	C1	C2	C3	C4
A1	0.48368	0.42297	0.52409	0.10947	0.36294	0.33088
	0.0001	0.0001	0.0001	0.2783	0.0002	0.0008
A2	0.55622	0.30137	0.51498	0.15876	0.43138	0.41466
	0.0001	0.0023	0.0001	0.1146	0.0001	0.0001
A3	0.59991	0.44271	0.54203	0.22379	0.44228	0.48333
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0252	0.0001	0.0001
A4	0.49090	0.41285	0.54226	0.13575	0.34368	0.41829
	0.0001	0.0001	0.0001	0.1781	0.0005	0.0001
A5	0.36862	0.22237	0.35999	-0.10563	0.13526	0.28308
	0.0002	0.0262	0.0002	0.2956	0.1797	0.0043
A6	-0.14416	-0.16984	-0.14908	-0.23097	-0.14706	-0.06846
	0.1524	0.0912	0.1388	0.0208	0.1443	0.4986
A7	0.50683	0.42856	0.50164	0.26818	0.16742	0.16901
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0070	0.0959	0.0928
A8	0.03419	0.02882	-0.11358	0.24747	-0.25791	-0.17608
	0.7356	0.7759	0.2605	0.0131	0.0096	0.0797
A9	0.19186	0.14780	0.20774	-0.06483	0.01393	0.05076
	0.0558	0.1422	0.0381	0.5216	0.8906	0.6160
A0	0.12815	0.03115	0.10026	0.10321	0.10009	0.04704
	0.2039	0.7583	0.3209	0.3068	0.3218	0.6421
B1	0.16489	0.09983	0.12134	0.09811	0.16608	-0.01017
	0.1011	0.3230	0.2291	0.3315	0.0987	0.9200
B2	0.10365	0.03495	-0.08787	-0.05421	-0.20707	-0.16599
	0.3048	0.7300	0.3847	0.5922	0.0387	0.0989
B3	0.36016	0.29074	0.21596	0.27539	-0.12918	-0.07591
	0.0002	0.0033	0.0309	0.0056	0.2002	0.4529
B4	0.47738	0.37211	0.46872	0.15421	0.41042	0.49437
	0.0001	0.0001	0.0001	0.1256	0.0001	0.0001

Correlation Coefficients / Prob $> |R|$ under $H_0: \text{Rho}=0$ / $N = 100$

	B9	B0	C1	C2	C3	C4
B5	0.26268	0.10293	0.14356	-0.25502	0.11498	0.35843
	0.0083	0.3082	0.1542	0.0104	0.2547	0.0003
B6	0.43390	0.13061	0.30061	0.07021	0.22091	0.34563
	0.0001	0.1952	0.0024	0.4876	0.0272	0.0004
B7	0.21284	0.06694	0.16192	0.01588	0.30620	0.20315
	0.0335	0.5082	0.1075	0.8754	0.0019	0.0426
B8	0.51190	0.32693	0.34965	0.02648	0.16412	0.27064
	0.0001	0.0009	0.0004	0.7937	0.1027	0.0065
B9	1.00000	0.68205	0.76359	0.56054	0.28233	0.21213
	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0044	0.0341
B0	0.68205	1.00000	0.73180	0.52966	0.30375	0.14084
	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0021	0.1622
C1	0.76359	0.73180	1.00000	0.57197	0.38486	0.22905
	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0219
C2	0.56054	0.52966	0.57197	1.00000	0.22674	-0.03011
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0233	0.7662
C3	0.28233	0.30375	0.38486	0.22674	1.00000	0.47821
	0.0044	0.0021	0.0001	0.0233	0.0000	0.0001
C4	0.21213	0.14084	0.22905	-0.03011	0.47821	1.00000
	0.0341	0.1622	0.0219	0.7662	0.0001	0.0000
C5	0.35376	0.34752	0.33006	0.39791	-0.10598	-0.08001
	0.0003	0.0004	0.0008	0.0001	0.2940	0.4288
C6	0.14581	0.10887	0.29704	0.09904	0.03387	0.01786
	0.1477	0.2809	0.0027	0.3269	0.7380	0.8600
C7	0.41611	0.24944	0.26828	0.20920	-0.31005	-0.06582
	0.0001	0.0123	0.0070	0.0367	0.0017	0.5153
C8	0.15939	0.12943	0.17041	-0.06889	-0.30181	-0.00661
	0.1132	0.1993	0.0901	0.4958	0.0023	0.9479

Correlation Coefficients / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 100

	B9	B0	C1	C2	C3	C4
C9	0.00486	-0.05890	-0.00938	-0.07214	-0.47057	-0.24814
	0.9618	0.5605	0.9262	0.4757	0.0001	0.0128
C0	-0.08429	0.11250	-0.02226	-0.09209	0.01144	0.27574
	0.4044	0.2651	0.8260	0.3622	0.9100	0.0055
D1	-0.05198	-0.07016	-0.06394	0.06195	0.07763	0.13209
	0.6075	0.4879	0.5274	0.5404	0.4426	0.1902
D2	-0.14030	0.06338	0.02123	0.09495	0.03477	0.12934
	0.1638	0.5310	0.8340	0.3474	0.7313	0.1996
D3	0.13563	0.11902	0.12970	0.07875	0.07845	0.00806
	0.1785	0.2382	0.1984	0.4361	0.4378	0.9366
D4	0.19240	0.16038	0.19344	0.01853	0.22495	0.21651
	0.0551	0.1109	0.0538	0.8548	0.0244	0.0305
D5	0.13530	0.17835	0.15321	-0.02451	-0.04952	0.14406
	0.1795	0.0758	0.1281	0.8087	0.6246	0.1527
D6	0.15525	0.06353	0.20065	0.15904	0.26950	0.18703
	0.1230	0.5300	0.0453	0.1140	0.0067	0.0624
	C5	C6	C7	C8	C9	C0
A1	0.19406	0.41683	0.25023	0.34743	0.18920	-0.10083
	0.0530	0.0001	0.0120	0.0004	0.0594	0.3182
A2	0.17344	0.36662	0.24235	0.24882	0.13527	-0.19481
	0.0844	0.0002	0.0151	0.0125	0.1796	0.0521
A3	0.21371	0.37280	0.19208	0.19211	0.08481	-0.06157
	0.0328	0.0001	0.0556	0.0555	0.4015	0.5429
A4	0.17744	0.44429	0.23295	0.32100	0.27493	-0.08703
	0.0774	0.0001	0.0197	0.0011	0.0056	0.3892

Correlation Coefficients / Prob $> |R|$ under $H_0: \text{Rho}=0$ / $N = 100$

	C5	C6	C7	C8	C9	C0
A5	0.16958	0.44398	0.27297	0.27981	0.36689	-0.15423
	0.0917	0.0001	0.0060	0.0048	0.0002	0.1255
A6	0.10737	0.34567	-0.00420	0.14438	0.24659	0.15159
	0.2876	0.0004	0.9669	0.1518	0.0134	0.1322
A7	0.34099	0.33079	0.35460	0.23960	0.29724	-0.09387
	0.0005	0.0008	0.0003	0.0164	0.0027	0.3529
A8	0.19341	0.12608	0.37070	0.05748	0.17274	0.09532
	0.0538	0.2113	0.0001	0.5700	0.0857	0.3455
A9	0.07767	0.38746	0.22630	0.32155	0.27809	0.07879
	0.4425	0.0001	0.0236	0.0011	0.0051	0.4358
A0	0.13437	0.28807	0.44170	0.30797	0.28900	-0.12494
	0.1826	0.0037	0.0001	0.0018	0.0035	0.2155
B1	0.09554	0.30023	0.13515	0.36650	0.18729	-0.05529
	0.3444	0.0024	0.1800	0.0002	0.0621	0.5848
B2	0.05590	0.33653	0.35649	0.37385	0.44453	-0.11274
	0.5807	0.0006	0.0003	0.0001	0.0001	0.2641
B3	0.31396	0.44902	0.50555	0.44933	0.46587	-0.12238
	0.0015	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.2251
B4	0.18437	0.42151	0.11875	0.19377	0.11581	-0.02402
	0.0663	0.0001	0.2393	0.0534	0.2512	0.8125
B5	-0.02095	0.19147	0.21960	0.35956	0.18562	0.01203
	0.8361	0.0563	0.0281	0.0002	0.0645	0.9055
B6	0.15022	0.25379	0.43670	0.27878	0.09607	-0.05574
	0.1357	0.0108	0.0001	0.0050	0.3417	0.5818
B7	-0.14777	0.00630	0.11480	-0.08069	-0.07789	-0.29311
	0.1423	0.9504	0.2554	0.4248	0.4411	0.0031
B8	0.13626	-0.17523	0.27662	0.15204	-0.06973	-0.00280
	0.1764	0.0812	0.0053	0.1310	0.4906	0.9780

Correlation Coefficients / Prob $> |R|$ under H_0 : $Rho=0$ / $N = 100$

	C5	C6	C7	C8	C9	C0
B9	0.35376	0.14581	0.41611	0.15939	0.00486	-0.08429
	0.0003	0.1477	0.0001	0.1132	0.9618	0.4044
B0	0.34752	0.10887	0.24944	0.12943	-0.05890	0.11250
	0.0004	0.2809	0.0123	0.1993	0.5605	0.2651
C1	0.33006	0.29704	0.26828	0.17041	-0.00938	-0.02226
	0.0008	0.0027	0.0070	0.0901	0.9262	0.8260
C2	0.39791	0.09904	0.20920	-0.06889	-0.07214	-0.09209
	0.0001	0.3269	0.0367	0.4958	0.4757	0.3622
C3	-0.10598	0.03387	-0.31005	-0.30181	-0.47057	0.01144
	0.2940	0.7380	0.0017	0.0023	0.0001	0.9100
C4	-0.08001	0.01786	-0.06582	-0.00661	-0.24814	0.27574
	0.4288	0.8600	0.5153	0.9479	0.0128	0.0055
C5	1.00000	0.21384	0.40754	0.15963	0.20907	-0.04697
	0.0000	0.0327	0.0001	0.1126	0.0368	0.6426
C6	0.21384	1.00000	0.24192	0.43850	0.51527	-0.11863
	0.0327	0.0000	0.0153	0.0001	0.0001	0.2398
C7	0.40754	0.24192	1.00000	0.54795	0.49448	0.03448
	0.0001	0.0153	0.0000	0.0001	0.0001	0.7335
C8	0.15963	0.43850	0.54795	1.00000	0.65499	0.02929
	0.1126	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.7724
C9	0.20907	0.51527	0.49448	0.65499	1.00000	-0.28331
	0.0368	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0043
C0	-0.04697	-0.11863	0.03448	0.02929	-0.28331	1.00000
	0.6426	0.2398	0.7335	0.7724	0.0043	0.0000
D1	-0.01435	0.09817	-0.27625	-0.08000	-0.19724	0.23850
	0.8873	0.3312	0.0054	0.4288	0.0492	0.0169
D2	0.18433	0.08549	0.10638	-0.03720	-0.09240	0.35402
	0.0664	0.3977	0.2922	0.7133	0.3605	0.0003

Correlation Coefficients / Prob $> |R|$ under $H_0: \rho=0$ / $N = 100$

	C5	C6	C7	C8	C9	C0
D3	0.16638	0.19788	0.17833	0.09116	0.25640	-0.06793
	0.0980	0.0484	0.0759	0.3670	0.0100	0.5019
D4	-0.06304	-0.11509	0.19909	0.12018	0.05460	-0.18633
	0.5332	0.2542	0.0471	0.2336	0.5895	0.0634
D5	0.23567	0.22358	0.26097	0.38829	0.31159	0.02882
	0.0183	0.0253	0.0087	0.0001	0.0016	0.7759
D6	-0.07958	0.05030	-0.07997	-0.15303	-0.20070	-0.01171
	0.4313	0.6192	0.4290	0.1285	0.0453	0.9080
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
A1	-0.00415	0.01382	0.29985	0.18782	0.21672	0.05229
	0.9673	0.8914	0.0024	0.0613	0.0303	0.6054
A2	-0.02082	-0.05452	0.27307	0.21454	0.15811	0.11722
	0.8371	0.5900	0.0060	0.0321	0.1161	0.2455
A3	0.04887	-0.01091	0.21126	0.16897	0.15325	0.17268
	0.6292	0.9142	0.0349	0.0928	0.1280	0.0858
A4	0.01728	-0.01337	0.27607	0.17449	0.25176	-0.03691
	0.8645	0.8950	0.0054	0.0825	0.0115	0.7154
A5	-0.01830	-0.15365	0.16092	0.09742	0.19582	0.13483
	0.8566	0.1270	0.1097	0.3349	0.0509	0.1811
A6	0.27012	0.14493	0.11827	-0.09497	0.13995	-0.04841
	0.0066	0.1502	0.2412	0.3473	0.1649	0.6324
A7	-0.08268	-0.23363	0.13424	-0.00800	0.10399	-0.00487
	0.4134	0.0193	0.1830	0.9370	0.3032	0.9616
A8	-0.01786	0.21424	0.17015	-0.08105	-0.04534	-0.17600
	0.8600	0.0323	0.0905	0.4228	0.6542	0.0798

Correlation Coefficients / Prob $> |R|$ under $H_0: \rho=0$ / $N = 100$

	D1	D2	D3	D4	D5	D6
A9	0.01748	-0.10656	0.11539	0.02153	0.11070	0.06525
	0.8630	0.2913	0.2530	0.8316	0.2729	0.5189
A0	-0.15475	0.16941	0.14520	0.12681	-0.02516	-0.05829
	0.1242	0.0920	0.1495	0.2087	0.8037	0.5646
B1	0.11767	-0.03646	-0.00174	-0.02410	0.22811	-0.03047
	0.2436	0.7187	0.9863	0.8119	0.0225	0.7634
B2	-0.05530	-0.12929	0.11181	0.02189	0.00697	-0.12601
	0.5847	0.1998	0.2680	0.8288	0.9451	0.2116
B3	0.07434	-0.09749	0.04293	-0.04811	0.12060	-0.03492
	0.4623	0.3346	0.6715	0.6345	0.2320	0.7302
B4	0.02686	0.13611	0.27160	0.20135	0.17828	0.03210
	0.7908	0.1769	0.0063	0.0446	0.0760	0.7512
B5	-0.03760	-0.14896	0.07522	0.25442	0.23385	0.07276
	0.7103	0.1391	0.4570	0.0106	0.0192	0.4719
B6	-0.03519	0.14006	0.24964	0.34286	0.13352	-0.01271
	0.7282	0.1646	0.0123	0.0005	0.1854	0.9002
B7	-0.31519	-0.03024	0.14769	0.25204	-0.16895	0.05935
	0.0014	0.7652	0.1425	0.0114	0.0929	0.5575
B8	-0.12564	-0.24325	0.00831	0.28152	0.22227	0.09033
	0.2129	0.0147	0.9346	0.0045	0.0262	0.3714
B9	-0.05198	-0.14030	0.13563	0.19240	0.13530	0.15525
	0.6075	0.1638	0.1785	0.0551	0.1795	0.1230
B0	-0.07016	0.06338	0.11902	0.16038	0.17835	0.06353
	0.4879	0.5310	0.2382	0.1109	0.0758	0.5300
C1	-0.06394	0.02123	0.12970	0.19344	0.15321	0.20065
	0.5274	0.8340	0.1984	0.0538	0.1281	0.0453
C2	0.06195	0.09495	0.07875	0.01853	-0.02451	0.15904
	0.5404	0.3474	0.4361	0.8548	0.8087	0.1140

Correlation Coefficients / Prob $> |R|$ under $H_0: \rho=0$ / $N = 100$

	D1	D2	D3	D4	D5	D6
C3	0.07763	0.03477	0.07845	0.22495	-0.04952	0.26950
	0.4426	0.7313	0.4378	0.0244	0.6246	0.0067
C4	0.13209	0.12934	0.00806	0.21651	0.14406	0.18703
	0.1902	0.1996	0.9366	0.0305	0.1527	0.0624
C5	-0.01435	0.18433	0.16638	-0.06304	0.23567	-0.07958
	0.8873	0.0664	0.0980	0.5332	0.0183	0.4313
C6	0.09817	0.08549	0.19788	-0.11509	0.22358	0.05030
	0.3312	0.3977	0.0484	0.2542	0.0253	0.6192
C7	-0.27625	0.10638	0.17833	0.19909	0.26097	-0.07997
	0.0054	0.2922	0.0759	0.0471	0.0087	0.4290
C8	-0.08000	-0.03720	0.09116	0.12018	0.38829	-0.15303
	0.4288	0.7133	0.3670	0.2336	0.0001	0.1285
C9	-0.19724	-0.09240	0.25640	0.05460	0.31159	-0.20070
	0.0492	0.3605	0.0100	0.5895	0.0016	0.0453
C0	0.23850	0.35402	-0.06793	-0.18633	0.02882	-0.01171
	0.0169	0.0003	0.5019	0.0634	0.7759	0.9080
D1	1.00000	0.12968	-0.10044	-0.28123	0.09766	0.04412
	0.0000	0.1985	0.3201	0.0046	0.3337	0.6630
D2	0.12968	1.00000	0.23056	0.08718	0.14739	-0.18414
	0.1985	0.0000	0.0210	0.3884	0.1434	0.0667
D3	-0.10044	0.23056	1.00000	0.43851	0.19837	-0.23671
	0.3201	0.0210	0.0000	0.0001	0.0479	0.0177
D4	-0.28123	0.08718	0.43851	1.00000	0.31400	0.07536
	0.0046	0.3884	0.0001	0.0000	0.0015	0.4561
D5	0.09766	0.14739	0.19837	0.31400	1.00000	-0.04680
	0.3337	0.1434	0.0479	0.0015	0.0000	0.6438
D6	0.04412	-0.18414	-0.23671	0.07536	-0.04680	1.00000
	0.6630	0.0667	0.0177	0.4561	0.6438	0.0000

ภาคผนวก ๕.

การกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล

1. การกำหนดตัวแปรของกำลังสถิติ

กำลังสถิติของกล้ามเนื้อหลัง	=	POSI1
กำลังสถิติของกล้ามเนื้อแขน	=	POSI2
กำลังสถิติของกล้ามเนื้อขา	=	POSI3
กำลังสถิติของกล้ามเนื้อไหล่	=	POSI4
กำลังสถิติของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ	=	POSI5

2. การกำหนดตัวแปรของสัดส่วนร่างกาย

- รหัส A มีค่าเป็น 0 เมื่อนำหน้าตัวเลขตัวใด เช่น A1 คือสัดส่วนที่ 1
รหัส B มีค่าเป็น 1 เมื่อนำหน้าตัวเลขตัวใด เช่น B1 คือสัดส่วนที่ 11
รหัส C มีค่าเป็น 2 เมื่อนำหน้าตัวเลขตัวใด เช่น C1 คือสัดส่วนที่ 21
รหัส D มีค่าเป็น 3 เมื่อนำหน้าตัวเลขตัวใด เช่น D1 คือสัดส่วนที่ 31
กำหนดให้ A0 B0 C0 เป็นค่าของสัดส่วนที่ 10 20 30 ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

