การหามวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายและจุดศูนย์กลางมวล

โดย

กิตติ อินทรานนท์

โครงการวิจัยเลขที่ 146-1R-2543
ทุนส่งเสริมการวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพฯ

พฤศจิกายน 2543

จฬ
วท 15
010347

สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ไม่รับผิดชอบต่อผลเสียใด ๆ อันอาจเกิดจากการนำความคิดเห็นในเอกสารฉบับนี้ไปใช้ ความคิดเห็นที่ปรากฏในเอกสารเป็นความคิดเห็นของผู้เขียนซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นความคิดเห็นของสถาบัน ฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหามวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายและจุดศูนย์กลางมวล

โดย

กิตติ อินทรานนท์

โครงการวิจัยเลขที่ 146-1R-2543
ทุนส่งเสริมการวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพฯ

พฤศจิกายน 2543

I19546749 -5 ก.ย. 2544

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
บทคัดย่อ	ง
Abstract	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
ขอบเขตของงานวิจัย	2
ระเบียบและวิธีวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	14
การเลือกกลุ่มตัวอย่าง	14
เครื่องมือที่ใช้	14
วิธีดำเนินงานวิจัย	15
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล	19
ผลการทดลองในผู้ทดสอบชาย	19
ผลการทดลองในผู้ทดสอบหญิง	31
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	38
ความหนาแน่นของร่างกาย	38
มวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย	40
จุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย	40
ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป	43
บรรณานุกรม	44
ภาคผนวก ก. เครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีการที่ใช้ในการศึกษา	45
ภาคผนวก ข. ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ของผู้ทดสอบชาย	50
ภาคผนวก ค. ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ของผู้ทดสอบหญิง	68
ภาคผนวก ง. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้ทดสอบชาย	79
ภาคผนวก จ. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้ทดสอบหญิง	94

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาตรส่วนต่างๆ ของร่างกาย 3

2.1 ความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่แสดงไว้เป็นสัดส่วนกับความสูง 5

2.2 ความหนาแน่นของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่สัมพันธ์กับความหนาแน่นของร่างกาย 8

2.3 ระบบถังสองใบที่ถูกพัฒนาโดย Drills และ Contini 9

2.4 เทคนิคการใช้เครื่องชั่งเพื่อคำนวณมวลหรือน้ำหนักของส่วนของร่างกาย 9

2.5 วิธีการหาจุดศูนย์กลางมวลโดยใช้เครื่องชั่ง 2 เครื่อง 11

2.6 การกระจายมวลที่สัมพันธ์กับการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล 12

3.1 ลำดับขั้นตอนของการทดลองและการคำนวณหาความหนาแน่นมวลและ
ศูนย์กลางมวลของร่างกายและส่วนต่างๆ 18

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความสูง (ผู้ทดสอบชาย) 21

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับมวลทั้งหมดของร่างกาย (ผู้ทดสอบชาย) 21

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับมวลของร่างกาย (ผู้ทดสอบชาย) 21

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับปริมาตรของร่างกาย (ผู้ทดสอบชาย) 22

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับมวลของส่วนต่างๆ (ผู้ทดสอบชาย) 23-25

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับมวลของส่วนต่างๆ (ผู้ทดสอบชาย) 26-27

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับความยาวของส่วนต่างๆ (ผู้ทดสอบชาย) 28-31

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความสูง (ผู้ทดสอบหญิง) 32

4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับมวลทั้งหมดของร่างกาย (ผู้ทดสอบหญิง) 33

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับมวลของร่างกาย (ผู้ทดสอบหญิง) 33

4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับปริมาตรของร่างกาย (ผู้ทดสอบหญิง) 33

4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับมวลของส่วนต่างๆ (ผู้ทดสอบหญิง) 35

4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับมวลของส่วนต่างๆ (ผู้ทดสอบหญิง) 36

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าความหนาแน่นของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่หาจากศพ	6
4.1	ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด-สูงสุด และ ค่าที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 5, 10, 50, 90 และ 95 ของน้ำหนัก ความสูง ปริมาตร และความหนาแน่นของร่างกาย (ผู้ทดสอบชาย)	20
4.2	ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด-สูงสุด และ ค่าที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 5, 10, 50, 90 และ 95 ของน้ำหนัก ความสูง ปริมาตร และความหนาแน่นของร่างกาย (ผู้ทดสอบหญิง)	32
4.3	เปรียบเทียบระยะของจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ที่ได้จากการศึกษาในผู้ทดสอบหญิงและ ผู้ทดสอบชาย	37
5.1	การเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของร่างกาย	39
5.2	เปรียบเทียบมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ที่ได้จากการศึกษา ครั้งนี้กับงานวิจัยอื่น	41
5.3	เปรียบเทียบระยะของจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้กับงานวิจัยอื่น	42

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การศึกษาการเคลื่อนไหวของคนในขณะทำงานหรือทำกิจกรรมต่างๆ จำเป็นที่จะต้องทราบมวลของส่วนที่เคลื่อนไหวได้ของร่างกายและศูนย์กลางมวล จึงจะสามารถคำนวณขนาดของแรงและขนาดของโมเมนต์ที่กระทำต่อข้อต่อ (joints) ต่างๆ ได้ ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ จึงต้องสร้างเครื่องมือต่างๆ ขึ้นมาเพื่อทำการวัดและ

1. คำนวณค่าความหนาแน่นของร่างกาย
2. ประเมินค่าของมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย
3. ประเมินตำแหน่งของศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย

การทดลองใช้ผู้ทดสอบเพศชาย 12 คน (อายุระหว่าง 19-35 ปี) และใช้ผู้ทดสอบเพศหญิง 10 คน (อายุระหว่าง 24-43 ปี) การประเมินค่าปริมาตรของร่างกายกระทำได้โดยใช้กฎการแทนที่ในน้ำของอาคีเมดีส ค่าความหนาแน่นของร่างกายคำนวณได้จากคำจำกัดความคือ มวล/ปริมาตร ในการคำนวณหาค่ามวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายในขณะยังมีชีวิตจำเป็นต้องใช้สมมติฐานว่า ทุกส่วนของร่างกายมีความหนาแน่นเท่ากันหมด การประเมินค่าปริมาตรของส่วนต่างๆ ของร่างกายทำได้โดยการจุ่มส่วนนั้นๆ ลงไปในน้ำจนได้ระดับจุดที่ทำเครื่องหมายไว้และวัดปริมาตรของน้ำที่ถูกส่วนนั้นแทนที่ การทำเครื่องหมายจะแบ่งส่วนต่างๆ เป็นระยะเท่าๆ กัน $\{ r_i \}$ เมื่อวัดปริมาตรของส่วนเล็กๆ $\{ v_i \}$ ได้แล้ว เอามารวมกันทั้งหมดก็จะได้ปริมาตรของส่วนใหญ่ $\{ V_i \}$ ในขณะเดียวกัน ก็จะสามารถคำนวณค่ามวลของส่วนเล็ก $\{ m_i \}$ ได้ โดยใช้ผลคูณของความหนาแน่น $\{ D \}$ กับ ปริมาตร $\{ v_i \}$ ของส่วนเล็กนั้น สำหรับมวลของส่วนเต็ม $\{ M \}$ จะได้มาจากผลรวมของมวลส่วนเล็กๆ $\{ m_i \}$ และตำแหน่งของศูนย์กลางมวล $\{ R \}$ จะคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของ $\sum[m_i r_i/2] = MR$

จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของร่างกายของผู้เข้าทดสอบชาย 12 คน เป็น 1.064 กก/ลิตร ($\pm$0.026) ซึ่งอยู่ในช่วง 1.021-1.091 กก/ลิตร และของผู้เข้าทดสอบหญิง 10 คน เป็น 1.041 กก/ลิตร ($\pm$0.003) ซึ่งอยู่ในช่วง 1.035-1.046 กก/ลิตร ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นของร่างกายแปรผกผันกับความสูง สรุปได้ว่าผลลัพธ์การทดลองสอดคล้องหรือเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลลัพธ์ของการวิจัยในซีกโลกตะวันตก และมีความแตกต่างกันเล็กน้อยอันเนื่องมาจากโครงสร้างและสัดส่วนของร่างกายที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังได้พบว่าสูตรการทำนายความหนาแน่นของร่างกายที่เสนอโดย Drillis และ Contini (1966) นั้น ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทำนายความหนาแน่นของร่างกายคนไทย

ABSTRACT

An experiment was designed and set up to accomplish the following objectives:

1. Calculation of body density,
2. Determination of various body segment masses,
3. Determination of center of mass of various body segments.

Twelve male subjects (age 19-35 years) and 10 female subjects (age 24-43 years) participated in the experiment. Body volume using the actual water displacement technique was determined using a so-called body volumeter. Body density was then calculated from its definition (volume/mass). To determine a body segment mass *in vivo*, it was necessary to assume the same value of density for the whole body. Body-segment volumes were measured by immersion of the segment with reference to anthropometrically defined palpable reference marks. The segment was immersed in known discrete small intervals r_i, while the volume V_i was measured, then the mass m_i was calculated by the multiplication of V_i and the density. The mass of the body segment M, was the summation of the mass m_i. The location R, of the center of mass of the segment, was determined from the relationship of $\sum[m_i r_i/2] = MR$.

The results showed an average value of the body density of 12 male subjects 1.064 (±0.026) within a range of 1.021 to 1.091, and of 10 female subjects 1.041 (±0.003) within a range of 1.035 to 1.046. The center of mass location was also determined. It was found out that body density varied inversely with the statue. It was also concluded that the findings were in agreeable with the results from other research work. It was also found out that the predictive formula proposed by Drillis and Contini (1966) was not suitable to predict body density of Thai people.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้การสนับสนุนช่วยเหลือด้านทุนวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือต่างๆ เพื่อใช้ในการทดสอบ เก็บข้อมูล และขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัยหลายท่านทั้งหญิงและชายที่ช่วยกันทำงานอย่างต่อเนื่องโดยไม่เห็นแก่เหนื่อยยาก แม้ว่าจะมีเงื่อนไขของวัฒนธรรมและประเพณีมาขวางกั้นในขณะทำการวัดสัดส่วนอยู่ก็ตาม

ผู้วิจัยขอบันทึกไว้ด้วยว่า งานวิจัยนี้จะสำเร็จเป็นรูปร่างอย่างที่เห็นนี้ไม่ได้ ถ้าไม่ได้รับความร่วมมืออย่างแข็งขันจาก นายนริศ เจริญพร และนายดริฉัตร จำปาวัลย์ ผู้เป็นศิษย์ที่มีกตัญญูกตเวทิตาเป็นเลิศอย่างยิ่ง ในจำนวนที่มีไม่มากนักที่ผู้วิจัยมีอยู่ จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ ด้วย

กิตติ อินทรานนท์

กันยายน 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

<u>บทนำ</u> การที่บุคคลจะสามารถปฏิบัติงานในสภาวะหนึ่งๆ หรือในสิ่งแวดล้อมใดๆ ได้ดีนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่องค์ประกอบในสภาวะนั้นๆ ต้องถูกออกแบบหรือสร้างหรือผลิตขึ้นมาได้อย่างเหมาะสมกับบุคคลที่จะใช้งานหรือทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือสวัสดิภาพในการทำงาน ความสะดวกในการทำงาน และ ประสิทธิภาพในการทำงาน (Pulat, 1992)

ดังนั้นการที่จะออกแบบระบบการทำงานร่วมกันระหว่างบุคคลกับเครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ภายใต้สภาวะแวดล้อมใดๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่กล่าวมา จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้เรื่องคุณลักษณะหรือลักษณะสมบัติของบุคคลที่จะเข้ามาทำงานในระบบเป็นอย่างดี Tichauer (1978) สรุปว่าระบบการทำงานร่วมกันของบุคคลและเครื่องจักรอุปกรณ์ จะมีประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงไปและมีแนวโน้มว่าจะลดลง เพราะในระหว่างการทำงาน บุคคลอยู่ภายใต้กฎ 2 ข้อ คือ (1) กฎของนิวตันที่ว่าด้วยกลศาสตร์และ (2) กฎเกี่ยวกับชีววิทยาของชีวิต ด้วยเหตุนี้วิศวกรผู้ออกแบบจึงต้องมีความรู้ในกฎต่างๆที่กล่าวถึงนี้เป็นอย่างดีศาสตร์หรือความรู้ที่เกิดจากการนำเอาความรู้ทางกลศาสตร์มาผสมผสานกับความรู้ทางชีววิทยา เพื่อใช้ศึกษาถึงผลกระทบที่มีต่อคนอันเกิดมาจากการทำงานและใช้ผลที่ได้มาทำการออกแบบเครื่องมือ เครื่องจักรอุปกรณ์ที่จะทำให้คนสามารถใช้งานได้สะดวกมีประสิทธิภาพและปลอดภัยหรือที่เราเรียกว่า การศึกษาทางชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) การออกแบบที่อาศัยการวิเคราะห์ทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanical Analysis) สำหรับบุคคลที่กำลังทำงานซึ่งจะพิจารณาว่าร่างกายมนุษย์เป็นเสมือนระบบที่มีการเคลื่อนไหวของชิ้นส่วนต่างๆที่ต่อโยงกันอยู่ด้วยข้อต่อมากมาย ดังจะเห็นได้ชัดจากบริเวณแขน ขา มือ และ เท้า ข้อมูลสำคัญที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาจึงได้แก่ ความยาว น้ำหนัก และจุดศูนย์กลางมวลของชิ้นส่วนเหล่านั้นซึ่งยังเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากที่จะวัดข้อมูลเหล่านี้มาให้มีความถูกต้องเพราะโดยปกติข้อต่อของชิ้นส่วนร่างกายมนุษย์จะถูกหุ้มหรือครอบคลุมด้วยส่วนประกอบต่างๆ เช่น กล้ามเนื้อ ไขมัน และผิวหนัง การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและรวบรวมทฤษฎีต่างๆ มาใช้ในการออกแบบและจัดสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดหาคุณลักษณะของมนุษย์ที่จำเป็นต่อการศึกษาทางชีวกลศาสตร์

<u>วัตถุประสงค์</u> การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์พอสรุปได้ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบหามวล และจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายและส่วนต่างๆ ของร่างกาย
2. เพื่อทำการวัด รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูล มวล ปริมาตร และความหนาแน่นของร่างกายและส่วนต่างๆ ของร่างกาย

3. เพื่อคำนวณหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลของร่างกาย และส่วนต่างๆ โดยอาศัยข้อมูลที่วัดได้จากข้อ 1.
4. เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลมวล และจุดศูนย์กลางมวลของร่างกาย และส่วนต่างๆ ที่ได้จากงานวิจัยนี้กับผลงานการวิจัยอื่นๆ

ขอบเขตของงานวิจัย งานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การจัดสร้างเครื่องมือ และการทดลองโดยใช้เครื่องมือที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้หา ปริมาตรความหนาแน่นมวลและจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายและส่วนต่างๆ ของร่างกายของทั้งผู้ถูกทดสอบเพศชายและผู้ถูกทดสอบเพศหญิง

ระเบียบและวิธีวิจัย จะมีการออกแบบและสร้างเครื่องมือบางส่วนเพื่อใช้วัดหาปริมาตรของร่างกายและส่วนต่างๆ ได้แก่ แขน ขาลำตัว เป็นต้น จากนั้นจะนำค่าปริมาตรที่วัดได้ไปใช้ในการคำนวณหามวลและจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยใช้ผู้ถูกทดสอบเพศชายจำนวน 12 คน และผู้ถูกทดสอบเพศหญิงจำนวน 10 คน การทดสอบกระทำภายในห้องปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังนี้

1. การวัดปริมาตรของร่างกาย (whole body volume)
2. การวัดมวลของร่างกาย (whole body mass)
3. การวัดความยาวและปริมาตรของส่วนต่างๆ ของร่างกาย (segment length and segment volume) โดยแบ่งออกเป็น 8 ส่วน ดังนี้
   - แขนส่วนบน (upper arm)
   - แขนส่วนล่าง (lower arm)
   - มือ (hand)
   - ขาส่วนบน (upper leg)
   - ขาส่วนล่าง (lower leg)
   - เท้า (foot)
   - ศีรษะ (head)
   - ลำตัว (trunk)

ผลการทดสอบที่ได้จะนำไปใช้ในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย และจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ เหล่านั้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ อาจสรุปประโยชน์ของผลการศึกษาครั้งนี้ ได้ดังนี้

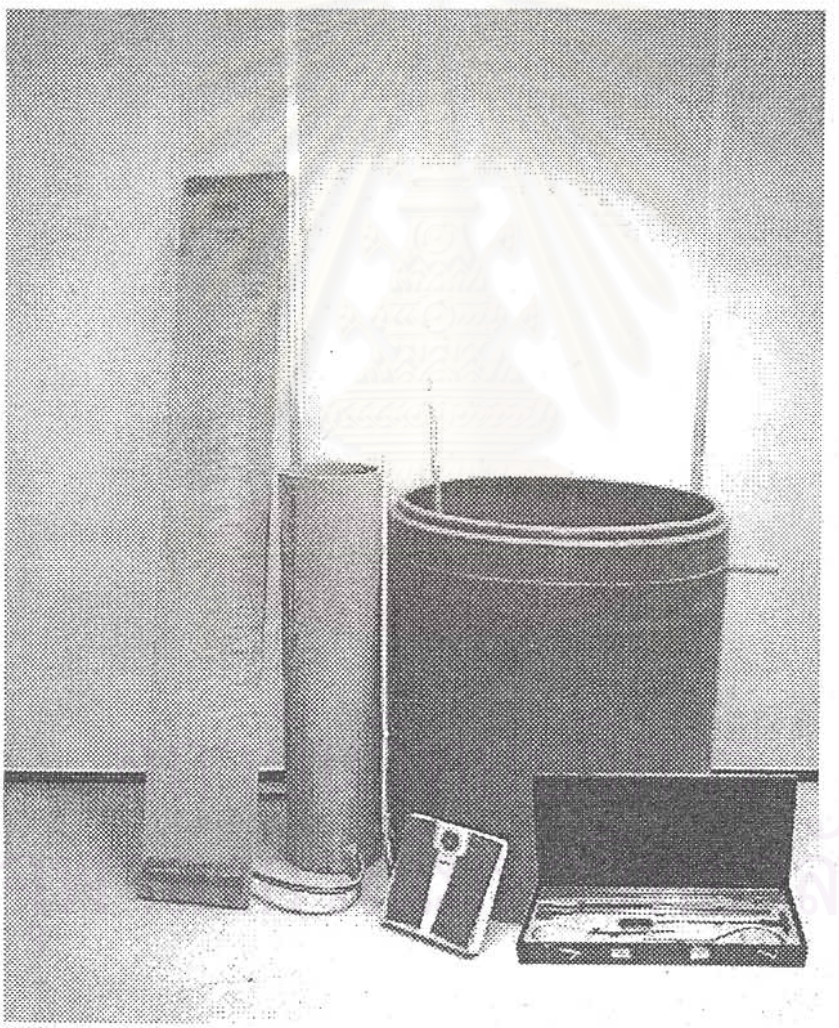
1. เป็นการสร้างฐานข้อมูล ลักษณะสมบัติของกลุ่มประชากร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อวิศวกรผู้ออกแบบและสร้างเครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ให้เหมาะสมกับคนไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. เป็นการพัฒนาเครื่องมือที่จะใช้ในการวัดลักษณะสมบัติของสมบัติที่สำคัญของมนุษย์ โดยใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ภายในประเทศ

3. เป็นแนวทางหรือหลักการเบื้องต้นในการหาคุณสมบัติของมนุษย์ อันได้แก่ การหาน้ำหนัก ความยาว และจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย

4. ข้อมูลที่ได้รับจากการวัดโดยเครื่องมือที่พัฒนาได้นี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการนำไปวิเคราะห์เชิงชีวกลศาสตร์ของท่าทรงตัวในการทำงาน ทำให้เป็นแนวทางการแก้ไขปรับปรุงวิธีการทำงานและการออกแบบเครื่องจักรอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับคนทำงาน



รูปที่ 1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาตรส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวัดขนาดและสัดส่วนร่างกาย เช่น น้ำหนัก ความสูง ฯลฯ จัดว่าเป็นส่วนสำคัญต่อวิศวกรผู้ออกแบบสร้างเครื่องมือเครื่องจักร และเครื่องใช้ต่างๆ การออกแบบทางด้านวิศวกรรมจะทำได้ดีหรือไม่นั้น ส่วนหนึ่งก็คงขึ้นอยู่กับว่าข้อมูลขนาดและสัดส่วนร่างกายที่ได้มานั้นมีความเหมาะสมหรือถูกต้องเพียงใด

ข้อมูลสำคัญที่นำมาใช้สำหรับการออกแบบที่อาศัยการวิเคราะห์ทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanical Analysis) ได้แก่ ความยาว น้ำหนักและจุดศูนย์กลางมวลของชิ้นส่วนต่างๆ ของร่างกายซึ่งได้มีผู้ทำการศึกษาและวัดหาข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ โดยอาศัยทฤษฎีและวิธีการที่แตกต่างกัน

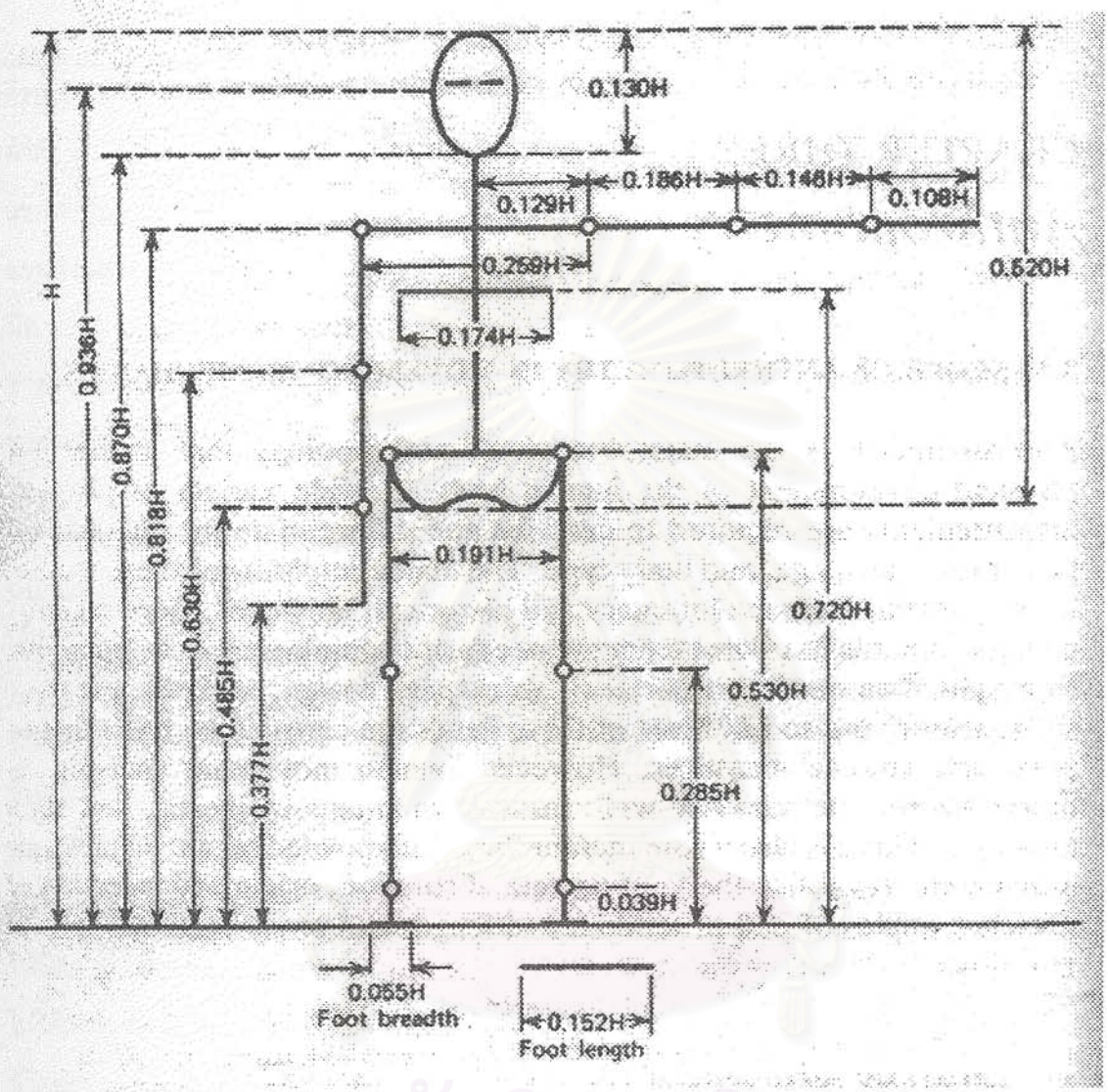
Dempster (1955), Chaffin Schultz และ Synder (1972) และ Braune และ Fischer (1889), ได้ทำการผ่าชำแหละศพและประมาณตำแหน่งศูนย์กลางการหมุนของข้อต่อ (Jointcenter-of-rotation) สำหรับข้อต่อที่สามารถสังเกตได้ง่าย (เช่น นิ้วมือ ข้อศอกและหัวเข่า) สามารถประมาณตำแหน่งศูนย์กลางการหมุนของข้อต่อได้อย่างง่ายๆ โดยการขยับชิ้นส่วนของร่างกายที่อยู่ข้างเคียงข้อต่อไปตามแนวการเคลื่อนไหวของข้อต่อนั้นๆ แล้วบันทึกภาพไว้ด้วยการฉายรังสี ทำให้เห็นการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องของแกนกลางของชิ้นส่วนเหล่านั้น ซึ่งจุดตัดระหว่างแกนศูนย์กลางของชิ้นส่วนเหล่านั้น จะเป็นตำแหน่งโดยประมาณของจุดศูนย์กลางการหมุน เมื่อทราบตำแหน่งศูนย์กลางการหมุนของข้อต่อแล้วจะสามารถหาความยาวของกระดูกข้อต่อแต่ละชิ้นส่วน โดยวัดระยะระหว่างจุดศูนย์กลางการหมุนของข้อต่อ ทั้งสองด้าน

Drillis และ Contini (1966) ได้ทำการวัดความยาวของช่วงต่อต่างๆ สำหรับคนที่ยังมีชีวิตโดยการอ้างอิงจากการวัดที่บริเวณผิวหนังที่ได้ทำเครื่องหมายไว้แล้ว (Surface Landmark) ซึ่งการวัดด้วยวิธีนี้จะมีความสอดคล้องกับรูปร่างของบุคคลนั้นๆ ดังนั้นค่าต่างๆ เหล่านี้จึงสามารถแสดงในรูปของเปอร์เซ็นไตล์ของประชากร และความสัมพันธ์กับสัดส่วนของรูปร่าง Roebuck, Koremer และ Thomson (1975) ได้นำเสนอข้อมูลความยาวของชิ้นส่วนต่างๆ ของร่างกายเหล่านี้ในรูปที่มีความสัมพันธ์กับความสูงของร่างกาย ดังแสดงในรูปที่ 2.1

การวัดคุณสมบัติขั้นต้นของมนุษย์นอกจากที่ได้กล่าวไว้นั้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น ซึ่งยังไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้เพื่อการศึกษาทางด้านชีวกลศาสตร์ที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหว ซึ่งจะต้องรวมถึง น้ำหนักรวม หรือมวลจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายทั้งหมด และการกระจายมวลในร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนของแขนขา รวมถึงประโยชน์อย่างอื่นๆ คือ โมเมนต์ของความเฉื่อยของร่างกายทั้งหมดในแกนต่างๆ และส่วนของแขน ขา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เกี่ยวกับ จุดศูนย์กลางการ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมุนของข้อต่อ การวัดค่าต่างๆ เหล่านี้ได้มีผู้ศึกษาและทำวิจัยไว้บ้าง ซึ่งบางส่วนก็เป็นการวัดโดยตรงจากศพ บางค่าเป็นการวัดค่าปริมาตรของชิ้นส่วนก่อนและใช้ร่วมกับตารางความหนาแน่น ถึงจะสามารถหาการกระจายของมวลได้



รูปที่ 2.1 ความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่แสดงไว้เป็นสัดส่วนกับความสูง ของ Drillis & Contini (1966) (ที่มา Roebuck, Kroemer and Thomson, 1975)

Harless (1860) และ Dempster (1955) ได้ใช้ศพ 5 และ 8 ศพ ตามลำดับ มาแยกชิ้นส่วนต่างๆของร่างกายออกตามหลักกายวิภาคแล้วชั่งมวลได้โดยตรงและหาปริมาตรของชิ้นส่วนเหล่านั้นโดยการแทนที่น้ำ ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกาย (ตารางที่ 2.1) ได้จาก

ความหนาแน่น = มวล / ปริมาตร

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความหนาแน่นของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่หาจากซากศพ (g/cm^3)

ส่วนของร่างกาย	ความหนาแน่นของร่างกาย (กรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร)	
	Harless[a]	Dempster[b]
ศีรษะและคอ	1.11	1.11
ลำตัว	-	1.03
แขนส่วนบน	1.08	1.07
แขนส่วนล่าง	1.10	1.13
มือ	1.11	1.16
ขาส่วนบน	1.07	1.05
ขาส่วนล่าง	1.10	1.09
เท้า	1.09	1.10

หมายเหตุ (a) ข้อมูลจากศพ 5 ศพ (b) ข้อมูลจากศพ 8 ศพ

ความยุ่งยากที่เกิดขึ้นกับการคาดคะเนน้ำหนักของศพก็คือ การสูญเสียของเหลวก่อนทำการทดลอง ซึ่งมีความสำคัญมาก ในทางกลับกันถ้าเก็บศพไว้ในที่มีอากาศที่เย็นชื้น หรือการใช้ผ้าเปียกชื้นคลุมศพเพื่อลดการสูญเสียของเหลวหรือลดความแห้งการกระทำเช่นนี้จะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ เพราะจะมีการแทนที่ของเหลวภายในร่างกายด้วยของเหลวที่ใช้ในการเก็บรักษาศพ หลักเกณฑ์ที่ดีที่สุดสำหรับการพัฒนาประสิทธิภาพในการเก็บรักษาส่วนของร่างกาย คือ จะต้องทำให้มีสภาพตามธรรมชาติที่สุดไม่แห้งเหี่ยวหรือถูกแทนที่ด้วยของเหลวใดๆ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วเป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงได้มีผู้ที่พัฒนาการหาความหนาแน่นของร่างกายและส่วนต่างๆ ของมนุษย์ที่ยังมีชีวิตอยู่

Drillis และ Contini (1966) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาความหนาแน่นของร่างกายโดยทำกับคนที่มีชีวิต โดยวิธีการชั่งน้ำหนักร่างกายบนพื้นดินกับน้ำหนักร่างกายในน้ำ แต่ปัญหาก็ยังคงมีอยู่นั่นคือ อากาศที่อยู่ในปอดจะมีผลต่อการชั่งน้ำหนักของร่างกายในน้ำ เพราะฉะนั้นในขณะชั่งน้ำหนักในน้ำปอดควรจะต้องถูกทำให้แฟบมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ (หายใจออกมากที่สุด) แต่ถึงกระนั้นก็ยังคงมีอากาศบางส่วนเหลืออยู่ Fox และ Matthews (1981 หน้า 526) ได้เสนอให้ประมาณค่าปริมาตรอากาศที่เหลืออยู่ในปอดเมื่อหายใจออกมากที่สุดแล้วเท่ากับค่าของ vital capacity (BTPS) คูณด้วยค่าคงที่ 0.24 สำหรับชาย และ 0.28 สำหรับหญิง ซึ่งเมื่อคูณกันแล้วปริมาตรอากาศคงเหลือในปอดจะประมาณได้เป็น 1300 มิลลิลิตร สำหรับชาย และ 1000 มิลลิลิตร สำหรับหญิง

เมื่อได้น้ำหนักของร่างกายในอากาศ, น้ำหนักของร่างกายเมื่อชั่งในน้ำทั้งตัวและ อากาศส่วนที่เหลือ ก็สามารถคำนวณหา ความหนาแน่นของร่างกายได้จากสมการต่อไปนี้

D_b = W_a / K-RV

D_b คือ ความหนาแน่นของร่างกาย

W_a คือ มวล เมื่อชั่งในอากาศ

K = มวลเมื่อชั่งในอากาศ - มวลเมื่อชั่งในน้ำ / ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิขณะทำการชั่งน้ำหนัก

RV คือ อากาศส่วนเหลือ (residual volume)

เนื่องจากร่างกายของมนุษย์ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่มีความหนาแน่นแตกต่างกันกระดูก Cortical มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.8 กล้ามเนื้อมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่า 1 เล็กน้อย ไขมันมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1 และเนื้อเยื่อบริเวณปอดที่ทำหน้าที่บรรจุก๊าซเพื่อใช้ในการหายใจจะมีความถ่วงจำเพาะน้อยด้วยเช่นกัน คนที่มีขนาดร่างกายต่างกันจะมีส่วนประกอบต่างๆในสัดส่วนที่ไม่เท่ากัน Drillis และ Contini (1966) ได้สร้างสมการความหนาแน่นของร่างกายโดยเฉลี่ยเป็นฟังก์ชันกับขนาดของร่างกายเรียกว่า Somatotype เพื่อช่วยหาค่าความหนาแน่นของร่างกาย (d) ในรูปฟังก์ชันของ Ponderal Index (c)

$d = 0.69 + 0.9\ c$ กิโลกรัม/ลิตร

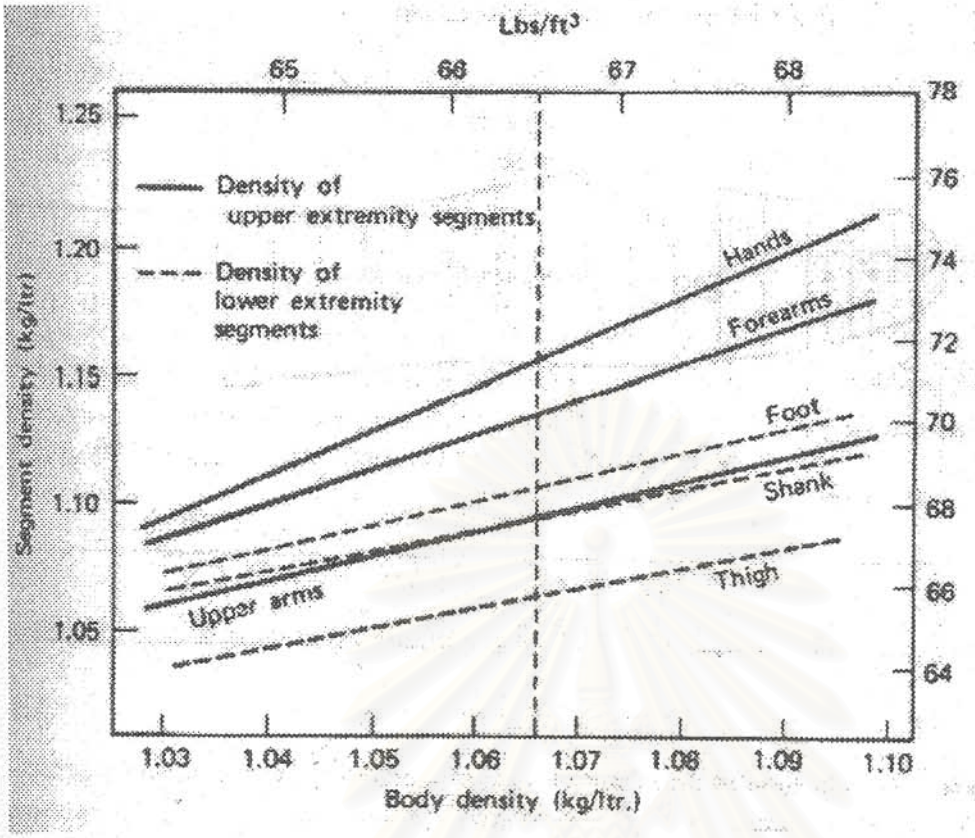
$c = (h/w)^{1/3}$

w คือ มวลของร่างกาย (กิโลกรัม)

h คือ ความสูงของร่างกาย (เมตร)

จากสมการจะเห็นได้ว่าในคนที่อ้วนเตี้ยจะมี ponderal index ต่ำกว่า คนผอมสูง ดังนั้นความหนาแน่นของร่างกายก็จะต่ำกว่า

สำหรับส่วนต่างๆ ของร่างกายประกอบด้วย กระดูก กล้ามเนื้อ ไขมัน และเนื้อเยื่อต่างๆ ที่มีสัดส่วนไม่เท่ากันหรือเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันโดยตลอด เพราะฉะนั้นความหนาแน่นของร่างกายส่วนต่างๆ ก็จะไม่เท่ากัน บริเวณส่วนปลายของร่างกาย (distal segment) ได้แก่ เท้า มือ จะมีความหนาแน่นสูงกว่าบริเวณส่วนในของร่างกาย (proximal segments) ได้แก่ ต้นขา แขนช่วงบน รูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นความแตกต่างของความหนาแน่นของส่วนต่างๆ ของร่างกาย 6 ส่วน ในรูปฟังก์ชันของความหนาแน่นของร่างกายโดยการคำนวณจากสมการข้างต้นหรือการวัดโดยตรง (Winter, 1979)

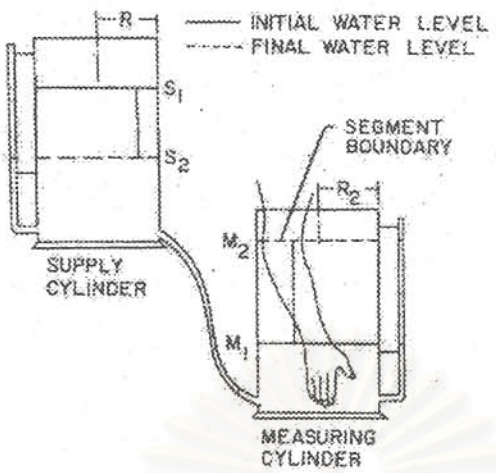


รูปที่ 2.2 ความหนาแน่นของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่สัมพันธ์กับความหนาแน่นของร่างกาย

Drillis และ Contini (1966) ได้พัฒนาวิธีวัดหาปริมาตรของส่วนต่างๆ ของร่างกายโดยเรียกวิธีการนี้ว่าระบบถัง 2 ใบ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 วิธีการนี้สามารถใช้หาปริมาตรของชิ้นส่วนร่างกายของมนุษย์ที่ยังมีชีวิตได้ โดยการจุ่มส่วนของร่างกายที่มีการทำเครื่องหมายจุดอ้างอิงแล้วลงในถังทำการวัดระดับน้ำที่เปลี่ยนไปทำให้สามารถคำนวณหาปริมาตรของส่วนร่างกายที่จุ่มอยู่ในน้ำได้ จากวิธีการนี้เมื่อรู้ความหนาแน่นของส่วนต่างๆ ของร่างกายก็จะสามารถหามวลของส่วนต่างๆของร่างกายได้ หรือเมื่อรู้มวลก็สามารถหาความหนาแน่นของส่วนต่างๆ ของร่างกายได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่าง มวล ปริมาตร และความหนาแน่น ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น Webb และคณะ (1978) ได้ทำการศึกษาและพบว่า น้ำหนักของส่วนต่างๆ ของร่างกายมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficients) ประมาณ 0.8 ถึง 0.9

Winter (1979) ได้นำเสนอเทคนิคที่ใช้เพื่อหามวลหรือน้ำหนักของส่วนของร่างกายดังแสดงในรูปที่ 2.4 ซึ่งอาศัยหลักสมดุลย์ของโมเมนต์มาช่วยคำนวณหามวลของส่วนของร่างกาย มวลของส่วนของร่างกายที่คำนวณหาในที่นี้คือขาและเท้า จากรูป 2.4 (a) เมื่อนอนราบกับพื้นกระดานค่าน้ำหนักที่อ่านได้บนเครื่องชั่งสปริงเป็น S สมการของสมดุลย์ของโมเมนต์ คือ

$$S(X_3) + W_4(X_4) = W_1(X_1) + W_2(X_2)$$



SEGMENT VOLUME = Δ MEASURING CYLINDER VOLUME - Δ SUPPLY CYLINDER VOLUME

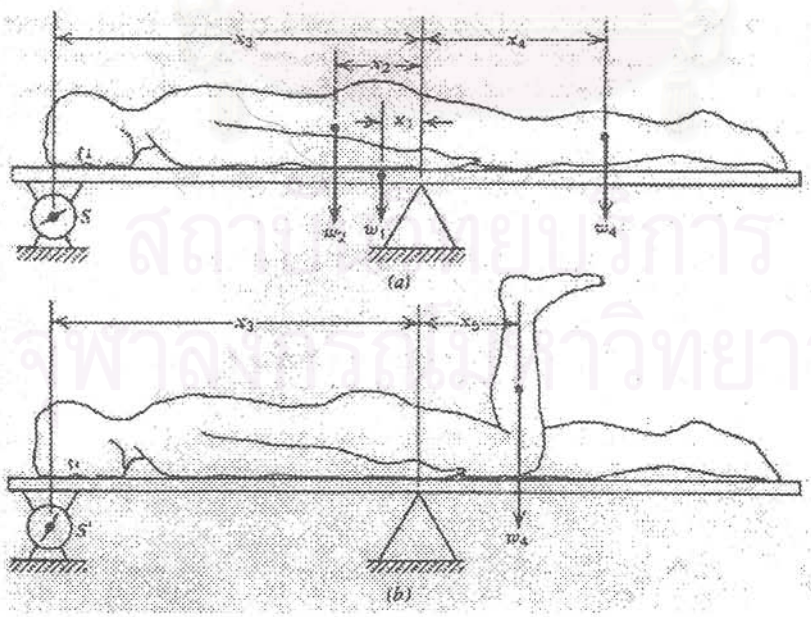
SEGMENT VOLUME (CC) = $(M_2 - M_1)^* \pi R_2^2 - (S_2 - S_1)^* \pi R_1^2$

SEGMENT MASS (GM) = SEGMENT VOLUME (CC)* SEGMENT DENSITY (GM/CC)

รูปที่ 2.3 ระบบถังสองใบที่ถูกพัฒนาโดย Drillis และ Contini (1966)

เมื่อนอนยกขาและเท้าในแนวตั้งขึ้นดังในรูป 2.4 (b) จะทำให้จุดศูนย์กลางมวลของขาและเท้าอยู่ในอยู่ในตำแหน่งที่ผ่านจุดศูนย์กลางของข้อต่อ (หัวเข่า) ค่าน้ำหนักที่อ่านได้จากเครื่องชั่งจะได้ค่าใหม่คือ S' สมการสมดุลย์ของโมเมนต์คือ

$$S'(X_3) + W_4 (X_5) = W_1 (X_1) + W_2 (X_2)$$



รูปที่ 2.4 เทคนิคการใช้เครื่องชั่งเพื่อคำนวณมวลหรือน้ำหนักของส่วนของร่างกาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จะเห็นว่าเมื่อยกขาขึ้นในแนวตั้ง ระยะห่างของจุดศูนย์กลางมวลของขาและเท้าเมื่อวัดในแนวระดับจะอยู่ห่างจากจุดหมุน X_5 ซึ่งก่อนที่จะทำการยกขาขึ้นจุดศูนย์กลางของขารวมกับเท้าจะอยู่ห่างจากจุดหมุนของกระดานเป็นระยะ X_4 จากสมการของโมเมนต์กับระยะของจุดศูนย์กลางมวลที่เปลี่ยนไปทำให้กล่าวได้ว่าโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกาที่ลดลงอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของขานั้นจะมีค่าเท่ากับ แรงปฏิกิริยาโมเมนต์ที่เพิ่มขึ้นรอบจุดหมุน ซึ่งจะทำให้สามารถหามวลของส่วนของร่างกายนี้ได้ ตามสมการนี้

$$W_4 = \frac{(S - S') X_3}{(X_4 - X_5)}$$

ความผิดพลาดประการสำคัญในการคำนวณนี้ก็คือ ความผิดพลาดที่มาจากค่า X_4 ซึ่งยังต้องอาศัยค่าจากตารางที่เป็นข้อมูลจากวิธีการอื่นมาใช้ในการคำนวณ วิธีการนี้สามารถจะใช้หามวลของขาทั้งขาได้โดยดำเนินการในลักษณะเดียวกันนี้คือให้ผู้ถูกทดสอบนอนหงายแล้วยกขาขึ้นเป็นมุม 90 องศา กับแนวระดับ ซึ่งเมื่อได้มวลของขาทั้งหมดแล้วจะทำให้ทราบมวลของต้นขาด้านบนโดยนำมวลของขาด้านล่างและเท้าไปหักออก ซึ่งวิธีการนี้ก็ยังเป็นเรื่องยากที่จะหามวลของศีรษะและลำตัว

Winter (1979) ยังได้นำวิธีการของกระดานสมดุลย์ (balance board) มาใช้ในการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายโดยอาศัยสมการสมดุลย์ของโมเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (a) สมมุติให้แผ่นกระดานมีน้ำหนักเท่ากับ W1 ระยะจากจุดศูนย์กลางมวลของแผ่นกระดานมาถึงจุดหมุนเท่ากับ X1 น้ำหนักของร่างกายเท่ากับ W2 น้ำหนักที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง S ซึ่งเป็นแรงกริยากระทำที่ระยะX3ห่างจากจุดหมุน ดังนั้นเมื่อกระดานอยู่นิ่งเราสามารถเขียนสมการสมดุลย์ของโมเมนต์ได้ดังนี้

$$W1\ (X1) + W2\ (X2) = S\ (X3)$$

$$X2 = [S\ (X3) - W1\ (X1)]/\ W2$$

วิธีการนี้จะให้ค่าถูกต้องมากขึ้นถ้าสามารถกำหนดให้จุดหมุนอยู่ใกล้ศูนย์กลางมวลที่สุดเพราะจะทำให้ค่า S มีค่าน้อย สามารถใช้เครื่องชั่งที่ละเอียดวัดหาค่า S ได้ เช่น การใช้เครื่องชั่งที่มีสเกล 0-5 กิโลกรัม แทนเครื่องชั่งที่มีสเกล 50 หรือ 100 กิโลกรัมได้

นอกจากนี้ยังมีวิธีการอื่นๆอีกที่สามารถใช้หาจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายได้ Roebuck, Kroemer และ Thomson (1975) ได้เสนอวิธีการหาจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายในลักษณะคล้ายกับวิธีการใช้กระดานสมดุลย์ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ซึ่งจะใช้เครื่องชั่ง 2 เครื่อง ตำแหน่งในแนวนอนของจุดศูนย์กลางมวล สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการของโมเมนต์ ต่อไปนี้

$$m_1\ (L) - m_m\ (Y_2) - m_b\ (d) = 0$$

$$Y_2 = [m_1(L) - m_b(d)]/\ m_m$$

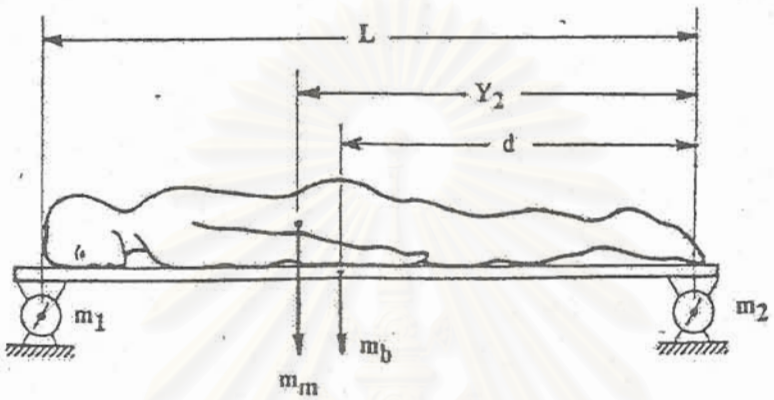
เมื่อ $m_m = m_1 + m_2 - m_b$

m_m คือ มวลของร่างกาย

m_1 คือ มวลที่อ่านได้จากเครื่องชั่งทางซ้ายมือ

m_2 คือ มวลที่อ่านได้จากเครื่องชั่งทางขวามือ

m_b คือ มวลของแผ่นกระดาน



รูปที่ 2.5 วิธีการหาจุดศูนย์กลางมวลโดยใช้เครื่องชั่ง 2 เครื่อง

ในการคำนวณหาจุดศูนย์กลางมวลโดยอาศัยเส้นรอบนอกของพื้นที่รูปตัด และความยาวดังแสดงในรูปที่ 2.6 ส่วนของร่างกายถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆ n ส่วน แต่ละส่วนจะมีมวลเฉพาะของส่วนนั้น ๆ (m_i) ดังนั้นมวลของส่วนของร่างกาย (M) จะหาได้จาก

$$M = \sum m_i$$

$$m_i = d_i V_i$$

เมื่อ m_i คือมวลของส่วนที่ i (i=1,2,3,....,n)

d_i คือความหนาแน่นของส่วนที่ i

v_i คือความหนาแน่นของส่วนที่ i

ถ้ากำหนดให้ความหนาแน่นของทุกๆ ส่วนมีค่าเท่ากัน คือ d จะได้ว่า

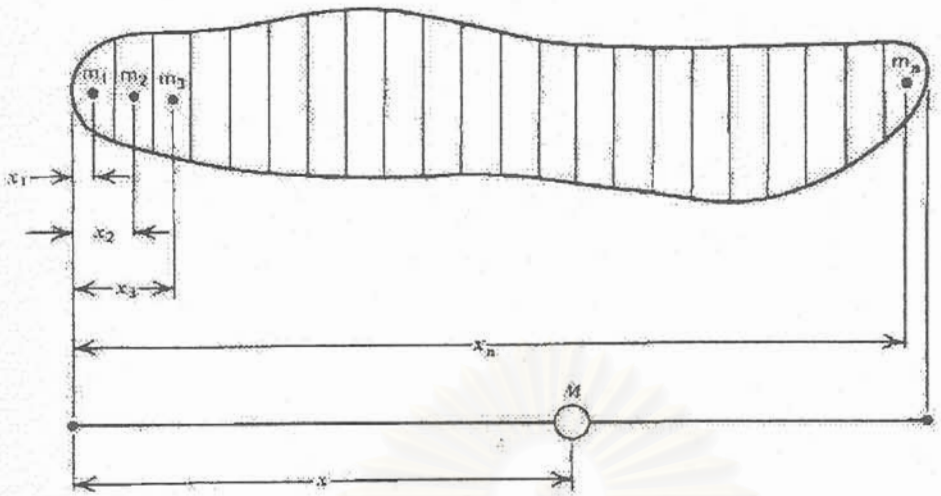
$$m_i = d V_i$$

$$M = d \sum V_i$$

โดยทฤษฎีแล้วจุดศูนย์กลางมวลก็คือ จุดที่มีแรงโมเมนต์สุทธิเท่ากันตลอดความยาวถ้าให้จุดศูนย์กลางมวลมีตำแหน่งที่ระยะทาง X จากจุดเริ่มต้นทางด้านซ้าย จะได้ว่า

$$M X = m_i x_i$$

$$X = \frac{\sum m_i x_i}{M}$$



Location of the center of mass of a body segment, relative to the distributed mass.

รูปที่ 2.6 การกระจายมวลที่สัมพันธ์กับการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล

วิธีการหรือทฤษฎีนี้ได้ถูกนำมาใช้ เพื่อการคำนวณหาจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายสำหรับการหาจุดศูนย์กลางมวลของแต่ละส่วนของร่างกายได้มีการศึกษามาเป็นเวลานานแล้ว โดยเริ่มแรกเป็นการศึกษาจากซากศพ เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกและง่ายต่อการทดลอง การหาจุดศูนย์กลางมวลโดยการศึกษาจากซากศพนี้จะทำได้โดยการนำศพไปแช่แข็ง และนำไปตัดเป็นส่วนโดยใช้หลักกายวิภาคแล้วนำไปหาจุดศูนย์กลางมวลซึ่งก็คือ จุดที่ทำให้ส่วนของร่างกายนั้นสมดุลย์ โดยอาศัยทฤษฎีที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นถึงแม้ว่าผลที่ได้จากการทดลองนี้จะยอมรับและนำมาใช้เป็นมาตรฐานมากกว่า 50ปี ก็ตาม แต่ในปัจจุบันได้มี ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์ต่างๆ โต้แย้งกับวิธีการนี้ โดยเหตุผลหลักก็คือ ความสูง น้ำหนัก หรืออายุของซากศพนั้น ไม่สามารถเป็นตัวแทนของคนทำงานจริงๆ ได้ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นเหตุให้มีผู้พยายามหาวิธีที่ใช้ในการหาลักษณะสมบัติต่างๆ ของชิ้นส่วนร่างกายของคนที่ยังมีชีวิตอยู่ ซึ่งในจำนวนนี้บางส่วนก็ประสบความสำเร็จ

วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการหาจุดศูนย์กลางมวลแขนหรือขา คือการวัดจุดศูนย์ถ่วงร่างกายที่เปลี่ยนไปเมื่อมีการเคลื่อนไหวของแขนหรือขาส่วนที่ต้องการวัด ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ซึ่งจะอาศัยทฤษฎีของโมเมนต์และความรู้เกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงจุดศูนย์ถ่วงของแขน ขา และของร่างกายทั้งหมดที่เปลี่ยนไปทำให้สามารถหาน้ำหนักของแขนขาได้และเมื่อทราบน้ำหนักของแขนขา ก็จะสามารถหาจุดศูนย์กลางมวลของแขนขานั้นๆ ได้ แต่เนื่องจากวิธีการนี้ต้องใช้ตาชั่งที่มีความไวสูงและเป็นวิธีที่ไม่สามารถหาค่าที่ถูกต้องแม่นยำได้วิธีการนี้จึงไม่ถูกนำมาใช้บ่อยนัก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของชิ้นส่วนต่างๆ ที่หาจากคนที่มีชีวิตอยู่ค่อนข้างน้อย จะมีก็เฉพาะข้อมูลที่ได้จากศพ ได้แก่ ข้อมูลที่ได้จากศพชายจำนวน 8 ศพ ที่ Dempster (1955) ทำการผ่าไว้ยังคงเป็นข้อมูลที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาทางชีวกลศาสตร์มากที่สุด นอกจากนี้ก็มีข้อมูล จาก

ศพ 3 ศพของ Braune & Fischer (1889) และ Clauser, นอกจากนี้ McConville & Young (1969) ก็ได้ทำการผ่าศพเพื่อวัตถุประสงค์เดียวกันนี้ซึ่งผลของการศึกษาได้มีการปรับปรุงไปจากผลของ Dempster เล็กน้อย

จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาเป็นผลการวิจัยที่ทำการศึกษากับซากศพ ซึ่งถ้าหากการเก็บรักษาทำได้ไม่ดี ผลการศึกษาที่ได้เมื่อนำไปใช้วิเคราะห์เพื่อออกแบบให้กับบุคคลที่มีชีวิต อาจทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาดได้ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จะได้รวบรวมเอาเทคนิค และวิธีการต่างๆ มาประยุกต์ เพื่อทำการศึกษากับบุคคลที่มีชีวิต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

ในการหาความหนาแน่นมวลและจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายและส่วนต่างๆ สามารถดำเนินการได้หลายวิธีดังที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้นแล้ว สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ใช้หลักการ การหาปริมาตรร่างกายและชิ้นส่วนต่างๆ ของร่างกายโดยการแทนที่น้ำ การหามวลของร่างกายโดยใช้เครื่องชั่งหลังจากนั้นก็จะอาศัยการคำนวณเพื่อหาความหนาแน่นและจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายและส่วนต่างๆ

1. การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองกับผู้ถูกทดสอบเพศชาย 12 คน และเพศหญิง 10 คนโดยผู้ถูกทดสอบเพศชายมีสถานภาพเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีจำนวน 5 คน และคนงานจากภาคอุตสาหกรรมจำนวน 7 คน มีส่วนสูงระหว่าง 148.1 ถึง 180 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ย 165.24 เซนติเมตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.62 เซนติเมตร น้ำหนักอยู่ในช่วง 42.5 ถึง 75 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ย 55.67 กิโลกรัม และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 9.08 กิโลกรัม ส่วนผู้ถูกทดสอบเพศหญิงเป็นบุคคลทั่วไปจำนวน 10 คน อายุระหว่าง 24 ถึง 43 ปี ส่วนสูงระหว่าง 147.00 ถึง 161.10 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ย 153.98 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.20 เซนติเมตร น้ำหนักอยู่ในช่วง 42.0 ถึง 61.5 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ย 50.85 กิโลกรัม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.90 กิโลกรัม

2. เครื่องมือที่ใช้

เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือที่ใช้วัดและศึกษาได้โดยตรง การวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการสร้างชุดของเครื่องมือที่จะใช้ศึกษา ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก
2. ถังพลาสติกกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร สูง 1 เมตร
3. ท่อ พีวีซี ปลายปิด 1 ด้าน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 80 เซนติเมตร บริเวณด้านข้างส่วนล่างเจาะรูและใส่ท่อพลาสติกขนาด 4 หุน 2 ท่อ ท่อหนึ่งใช้ต่อกับก๊อกน้ำ ส่วนอีกท่อใช้ต่อเข้ากับหลอดวัดระดับน้ำ
4. ท่อพีวีซี ปลายปิด 1 ด้าน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 24.5 เซนติเมตร สูง 110 เซนติเมตร 1 ท่อน บริเวณด้านข้างส่วนล่างเจาะรูและดำเนินการ เช่นเดียวกับข้อ 2
5. หลอดแก้วกลมปลายเปิด 2 ด้าน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร พร้อมขาตั้ง

6. เทปสำหรับวัดความสูง และความยาว

7. วาวล์ควบคุมการปิดเปิดน้ำขนาด 4 หุน (ควรมีระบบการควบคุมการปิด-เปิดที่สะดวกและแน่นอน)

8. สายยาง 2 เส้น

9. บีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร

10. กระบอกตวงขนาด 25, 100 และ 250 มิลลิลิตร

อุปกรณ์ต่างๆ ข้างต้นจะถูกนำมาประกอบขึ้นเป็นชุดเครื่องมือที่จะใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ก.

วิธีดำเนินงานวิจัย

ก่อนการทดสอบควรทำการตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่การตรวจสอบรอยรั่ว และฟองอากาศที่อาจเกิดขึ้นตามอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งนี้เพื่อป้องกันความผิดพลาด

1. **การหามวลของร่างกาย** (WHOLE BODY WEIGHT)

การหามวลของร่างกายสามารถทำได้โดยการชั่งบนเครื่องชั่ง ถ้าเครื่องชั่งมีความละเอียดมากเท่าใด ค่าที่วัดได้ก็ย่อมจะมีความถูกต้องมากขึ้นเท่านั้น

2. **การหาปริมาตรของร่างกาย** (WHOLE BODY VOLUME)

เราสามารถดำเนินการหาปริมาตรทั้งหมดของร่างกายได้โดยทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดเตรียมเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ ก.1 ภาคผนวก ก.

ขั้นตอนที่ 2 เติมน้ำลงในถังพลาสติกจนเต็ม

ขั้นตอนที่ 3 ให้ผู้ถูกทดสอบลงไปในถัง ดำลงจนศีรษะมิดนิ่งประมาณ 5-10 วินาที รูปที่ ก.2 แล้วจึงลุกขึ้นยืนค่อยๆ สะบัดน้ำออกจากตัวลงถังจนกระทั่งไม่มีน้ำหยดลงมาอีก (เพื่อให้ร่างกายของผู้ถูกทดสอบเปียกโดยตลอด และยังเป็นการฝึกให้ผู้ถูกทดสอบปฏิบัติตัวได้ถูกต้องด้วย)

ขั้นตอนที่ 4 เติมน้ำลงในถังใหม่จนเต็ม (ในขณะที่ผู้ถูกทดสอบยังคงยืนอยู่ในถัง) ให้ผู้ถูกทดสอบค่อยๆ ดำน้ำลง (เพื่อลดการกระเพื่อมของผิวน้ำ) จนศีรษะมิด เป่าลมออกจากปอดให้มากที่สุด ระหว่างนี้ถ้าระดับไม่เต็มก็ให้เติมจนเต็ม จากนั้นรอจนผิวน้ำนิ่งจึงค่อยๆ ลุกขึ้นมาช้าๆ แล้วสะบัดน้ำที่ติดตามตัวลงในถัง แล้วก้าวออกจากถัง ต้องระวังอย่าให้น้ำติดตัวออกมา

ขั้นตอนที่ 5 ตวงน้ำด้วยบีกเกอร์ ขนาด 1000 มิลลิลิตร ใส่ถังจนน้ำเต็มพอดี ทำการบันทึกค่าปริมาตรน้ำทั้งหมดที่เติมลงไป ปริมาตรน้ำทั้งหมดนี้ก็คือปริมาตรของร่างกายทั้งหมด

3. **การหาความหนาแน่นของร่างกาย** (Whole Body Density)

เนื่องจากยังไม่มีเครื่องมือที่จะวัดหาความหนาแน่นของร่างกายได้โดยตรงดังนั้นการหาความหนาแน่นของร่างกายจึงจำเป็นต้องอาศัยการคำนวณซึ่งสามารถคำนวณหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ความหนาแน่นของร่างกาย} = \frac{\text{มวลของผู้ถูกทดสอบ (กรัม)}}{\text{ปริมาตรร่างกายของผู้ถูกทดสอบ (ลูกบาศก์เซ็นติเมตร)}}$$

4. **การหาปริมาตรของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย** (Segmental Weight)

การหาปริมาตรของส่วนต่างๆของร่างกายสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แบ่งส่วนต่างๆ ของร่างกายออกเป็น 8 ส่วน ดังนี้

- แขนตอนบน (upper arm)
- แขนตอนล่าง (lowerarm)
- มือ (hand)
- ขาท่อนบน (upper leg)
- ขาท่อนล่าง (lower leg)
- เท้า (foot)
- ศีรษะ (head)
- ลำตัว (trunk)

ข้อมูลปริมาตรของส่วนต่างๆ ของร่างกาย จะใช้ในการคำนวณหามวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ขั้นตอนรายละเอียดในการทดลองเพื่อหาปริมาตรของส่วนต่างๆ ของร่างกาย มีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดเตรียมเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ ก.3

ขั้นตอนที่ 2 ทำการกำหนดตำแหน่งหรือทำเครื่องหมายลงบนส่วนต่างๆ ของร่างกายที่จะทำการวัด

ขั้นตอนที่ 3 ใช้เทปวัดวัดความยาวส่วนของร่างกายที่ต้องการหาปริมาตร บันทึกไว้

ขั้นตอนที่ 4 เติมน้ำลงในท่อพีวีซีจนเต็ม เปิดวาวล์ให้น้ำไหลออกเพื่อไม่ให้มีอากาศอยู่ภายในวาวล์

ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบรอยต่อและภายในสายยางและหลอดแก้ววัดระดับ เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีรอยรั่วและฟองอากาศอยู่ภายใน

ขั้นตอนที่ 6 ให้ผู้ถูกทดสอบจุ่มร่างกายส่วนที่ต้องการหาปริมาตรลงในท่อ พีวีซี ให้ระดับของผิวน้ำอยู่ระดับเดียวกับตำแหน่งของร่างกายที่ทำเครื่องหมายไว้ (ดังแสดงในรูปที่ ก.4) (ถ้าระดับน้ำน้อยไปให้เติมลงไปจนได้ระดับเดียวกับตำแหน่งของร่างกายที่ทำเครื่องหมายไว้) ให้สังเกตระดับน้ำในหลอดจะอยู่ในระดับเดียวกับระดับน้ำในท่อพีวีซี

ขั้นตอนที่ 7 ทำการวัดหาปริมาตรของน้ำภายในท่อพีวีซีในส่วนที่มีสัดส่วนร่างจุ่มอยู่ โดยแบ่งออกเป็นส่วน แต่ละส่วนยาว 4 เซนติเมตร

ขั้นตอนที่ 8 ค่อยๆ เปิดวาวล์ด้านล่างของท่อให้น้ำไหลลงในบีกเกอร์ จนระดับน้ำในหลอดแก้วลดลงจากตำแหน่งแรก 4 เซนติเมตร ปิดวาวล์ แล้วนำน้ำที่ได้ไปตวงหาปริมาตร

ขั้นตอนที่ 9 นำผลที่ได้ไปคำนวณหาปริมาตรของแขนในช่วงความยาวนั้นๆ ได้ดังนี้

$$V_i = [d^2/4] (X_i) - [\text{ปริมาตรน้ำที่วัดได้ในช่วงความยาว } X_i]$$

เมื่อ V_i คือ ปริมาตรของแขนที่ช่วงความยาว X_i

d คือ เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ

X_i คือ ความยาวส่วนย่อยที่แบ่งไว้

ขั้นตอนที่10 ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 8 และ 9 ไปเรื่อยๆ จนระดับน้ำลดลงถึงส่วนปลายสุดของส่วนของร่างกายที่ทำการวัด (บันทึกผลการทดลอง) ปริมาตรของแขนคือผลรวมของปริมาตรที่คำนวณได้ในขั้นตอนที่ 9 (V_{total}) กล่าวคือ $V_{total} = V_i$

5. การหามวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการหามวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายโดยการคำนวณจากปริมาตรและความหนาแน่นการหามวลของส่วนต่างๆด้วยวิธีการนี้จะเริ่มจากการหาปริมาตรของร่างกายแต่ละส่วนโดยใช้วิธีการแทนที่น้ำ จากนั้นก็จะอาศัยการคำนวณโดยนำค่าความหนาแน่นของร่างกายที่หาได้มาคูณกับปริมาตรของส่วนนั้นๆ ค่าที่ได้จะเป็นน้ำหนักของแต่ละส่วนของร่างกาย (segment weight) ดังความสัมพันธ์

มวล = ปริมาตร / ความหนาแน่น

6. การหา ศูนย์กลางมวลของส่วนต่าง ๆ

เนื่องจากเครื่องมือที่สร้างขึ้นยังไม่สามารถวัดหาจุดศูนย์กลางมวลได้โดยตรงจึงต้องอาศัยข้อมูลที่ได้จากการทดลองบางส่วนมาใช้คำนวณหา ข้อมูลที่นำมาใช้มีดังนี้

- ความหนาแน่นของร่างกาย ที่หาได้นี้ถือว่าร่างกายทุกส่วนมีลักษณะเป็นอันเดียวกันตลอดคือ มีความหนาแน่นเท่ากัน

- ปริมาตรในแต่ละส่วนย่อยๆ ที่ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 9 (ในหัวข้อย่อยที่4) และความยาวของส่วนย่อยๆ เหล่านั้น

จากข้อมูลดังกล่าวจะหาจุดศูนย์กลางมวลของแขนส่วนบน โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

จากค่าปริมาตรในแต่ละส่วนย่อย V_i เมื่อคูณด้วยความหนาแน่นจะได้มวลของส่วนย่อยเหล่านั้น (m_i) ซึ่งผลรวมของมวลย่อยคือมวลของส่วนของร่างกายนั้น (M) หรือเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$M = \sum m_i$$

โดยอาศัยทฤษฎีของโมเมนต์ เมื่อให้ปลายของแขนข้างใดข้างหนึ่งเป็นจุดหมุน เราสามารถกล่าวได้ว่า โมเมนต์ที่เกิดจากมวลรวมคูณกับระยะห่างจากปลายนั้นถึงจุดศูนย์กลางมวล เท่ากับ ผลรวมของโมเมนต์ที่เกิดจากมวลแต่ละส่วนย่อยจากปลายนั้นๆ นั่นคือ

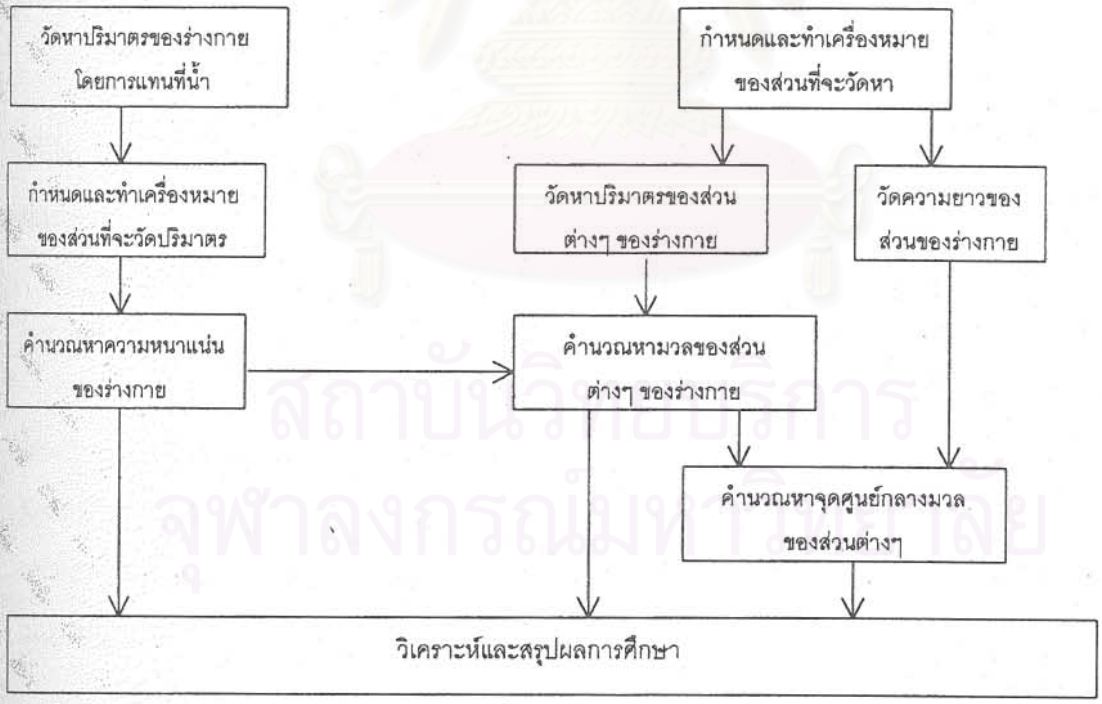
$$M(X_C) = \sum (X_i)(m_i)$$

$$X_C = [\sum (X_i)(m_i)]/M$$

เมื่อ X_C คือ ระยะของจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายด้านหนึ่ง

X_i คือ ระยะของจุดศูนย์กลางมวลย่อยเมื่อวัดจากปลายด้านเดียวกัน

ดังนั้นการหาค่าต่างๆ เหล่านี้จึงมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน ดังลำดับขั้นตอนของการทดลองและการคำนวณไว้ในแผนภาพที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนของการทดลองและการคำนวณหาความหนาแน่น
และจุดศูนย์กลางมวล ของร่างกายและส่วนต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

งานวิจัยนี้ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้นักวิจัยต่างชุดกันในการทดลองกับผู้ถูกทดสอบเพศชายและผู้ถูกทดสอบเพศหญิง เพราะต้องใช้นักวิจัยเพศเดียวกันกับผู้ถูกทดสอบทำการทดลอง นอกจากนี้การแบ่งส่วนของร่างกายในการทดลองก็มีความแตกต่างกันด้วย ซึ่งในผู้ถูกทดสอบเพศชายสามารถที่จะทำการทดลองได้ทั้งร่างกายส่วนซ้ายและร่างกายส่วนขวา แต่ในผู้ถูกทดสอบเพศหญิงจะยอมให้ทำการทดลองเพียงแค่ร่างกายซีกใดซีกหนึ่งเท่านั้นเพื่อเป็นการกระชับเวลา เนื่องจากผู้ถูกทดสอบเพศหญิงมีความไม่คุ้นเคยต่อการที่ต้องสวมชุดว่ายน้ำต่อหน้าผู้อื่นเป็นระยะเวลานานๆ อันเนื่องมาจากเหตุผลทางวัฒนธรรมและประเพณี ดังนั้น จึงมีความแตกต่างกันในรายละเอียดของข้อมูลในบางส่วน ดังนั้นจึงได้นำเสนอผลการทดลองและวิเคราะห์ผลแยกเป็น 2 กรณี เป็นของเพศชายและเพศหญิง ดังนี้

ผลการทดลองในผู้ถูกทดสอบเพศชาย

1. <u>ความหนาแน่นของร่างกาย</u>

จากที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้นว่า ร่างกายประกอบด้วยส่วนต่างๆ เช่น กระดูก กล้ามเนื้อ ไขมัน เป็นต้น ส่วนประกอบเหล่านี้มีองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีไม่เหมือนกัน ดังนั้นความหนาแน่นของร่างกายแต่ละคนน่าจะแตกต่างกัน

จากการทดลองวัดหาความหนาแน่นของร่างกายของชาย 12 คน พบว่าค่าความหนาแน่นของร่างกายที่หาได้ในแต่ละคนไม่เท่ากัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ ข. 2 (ภาคผนวก ข.)

จากผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของร่างกาย ความสูง น้ำหนัก และปริมาตรของร่างกาย ดังแสดงไว้ในตารางที่ ง. 1 พบว่าความหนาแน่นของร่างกายมีความสัมพันธ์กับความสูงของร่างกายที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น –0.5835 จากกราฟรูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความสูงของร่างกาย และจะเห็นแนวโน้มว่าคนที่มีความสูงมากจะมีความหนาแน่นของร่างกายน้อยลง

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นยังพบว่า ความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆ ของร่างกายที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด คือความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับปริมาตรของร่างกาย (R=0.9901) จากกราฟรูปที่ 4.2 จะเห็นแนวโน้มว่าคนที่มีน้ำหนักมากจะมีปริมาตรของร่างกายมาก และนอกจากนี้ยังพบว่า น้ำหนักของร่างกายมีความสัมพันธ์กับความสูงของร่างกายด้วย ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดย

ตารางที่ 4.1

ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด-ต่ำสุด และค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 5, 10, 50, 90, และ 95 ของน้ำหนัก ความสูง ปริมาตร และความหนาแน่นของร่างกาย

รายการ	จำนวน (คน)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	เปอร์เซ็นไทล์ที่			
						5	10	90	95
ความหนาแน่น, กก/ซม^3	12	1.0640	0.0261	1.0212	1.0912	1.0212	1.0269	1.0898	1.091
ปริมาตร, ลบ.ซม	12	52772	8943	39740	71934	39740	42208	62318	7193
น้ำหนัก, กก	12	55.75	9.06	42.50	75.0	42.5	46.0	66.5	75.0
ความสูง, ซม	12	165.2	10.6	148.1	180.0	148.1	154.2	180.0	180.

มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.6951 และจากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าคนที่มีความสูงมากก็จะมีน้ำหนักมากด้วย สำหรับปริมาตรของร่างกาย นอกจากจะมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของร่างกายแล้ว ยังมีความสัมพันธ์กับความสูงของร่างกายด้วย ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.7446 รูปที่ 4.4 ยืนยันว่าคนที่มีความสูงมาก มีแนวโน้มว่าจะมีปริมาตรมากเช่นกัน

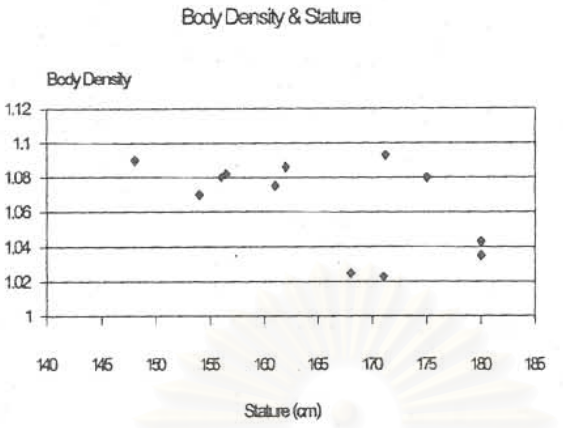
2. <u>มวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย</u>

คนที่มีขนาดร่างกายต่างกัน เช่นความสูงต่างกัน น้ำหนักต่างกัน น่าจะมีขนาดของส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น แขน ขา มือ และเท้า ที่ต่างกัน ซึ่งก็หมายความว่า น้ำหนักและความยาวของส่วนต่างๆ เหล่านั้น จะมีค่าแตกต่างกัน

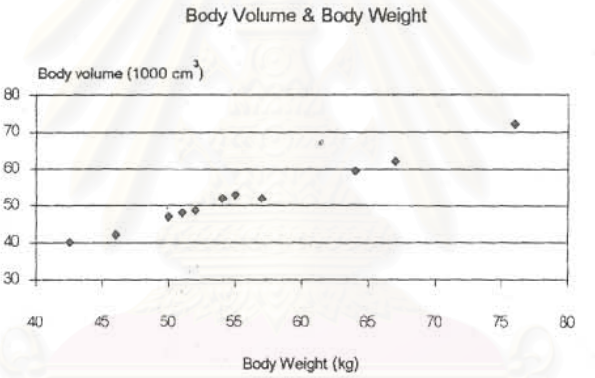
การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดลองหามวลของร่างกายกับบุคคลที่ยังมีชีวิต ดังนั้น การที่จะตัดเอาส่วนต่างๆ ออกมาชั่งหาน้ำหนักและหาศูนย์กลางมวลคงไม่ได้อย่างแน่นอน จึงเป็นเหตุให้ต้องอาศัยเทคนิคบางประการ หรือการหาโดยทางอ้อม ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ผลลัพธ์ได้แสดงไว้ในตาราง ข. 2 ภาคผนวก ข. โดยอาศัยวิธีการนี้ ทำให้สามารถหามวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ ดังนี้

- แขนขวาส่วนบน
- แขนขวาส่วนล่าง
- มือขวา
- แขนซ้ายส่วนบน
- แขนซ้ายส่วนล่าง
- มือซ้าย
- ขาขวาส่วนบน
- ขาขวาส่วนล่าง
- เท้าขวา
- ขาซ้ายส่วนบน
- ขาซ้ายส่วนล่าง
- เท้าซ้าย
- ลำตัว
- ศีรษะและคอ

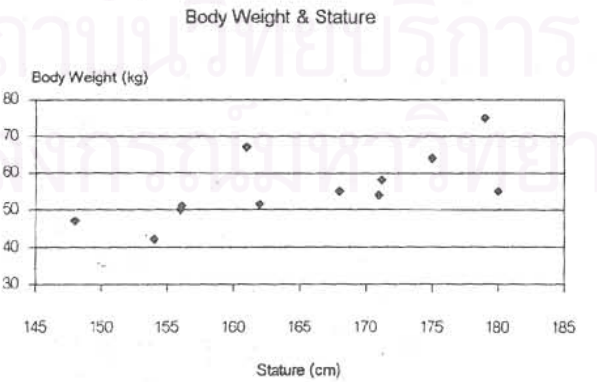
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



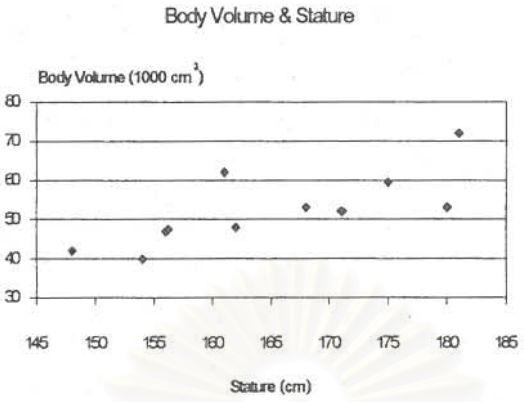
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความสูงของร่างกาย



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับมวลทั้งหมดของร่างกาย



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับมวลของร่างกาย



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับปริมาตรของร่างกาย

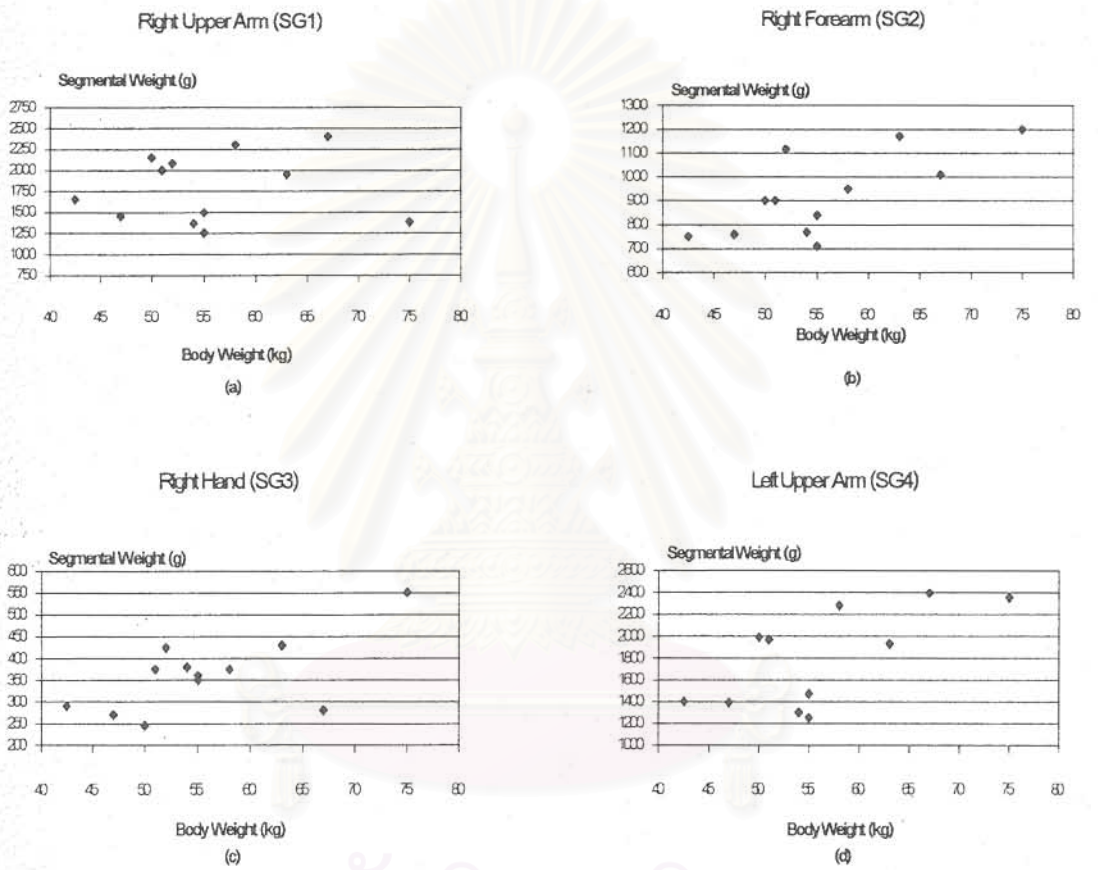
จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายกับมวลของร่างกายดังแสดงผลไว้ในตารางที่ ง. 2 ภาคผนวก ง. พบว่า มวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายเกือบทุกส่วนมีความสัมพันธ์กับมวลของร่างกายที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ยกเว้นมวลของแขนขวาส่วนบน มือซ้าย) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมวลของศีรษะและคอกับมวลของร่างกายมีค่าสูงสุด คือ 0.8879

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายกับความสูงของร่างกาย แสดงในตารางที่ ง. 3 ภาคผนวก ง. พบว่ามวลในหลายๆ ส่วนของร่างกายมีความสัมพันธ์กับความสูงของร่างกายที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ มวลของมือขวา, แขนซ้ายส่วนล่าง, ขาส่วนบน-ส่วนล่างทั้งสองข้าง และเท้าขวา

จากกราฟรูปที่ 4.5 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายทำให้เห็นลักษณะแนวโน้มของข้อมูลระหว่างมวลหรือน้ำหนักของร่างกายกับมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายว่า คนที่มีมวลหรือน้ำหนักมาก มวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายก็จะมีค่ามากด้วยและเช่นเดียวกัน กราฟของข้อมูลระหว่างความสูงและมวลส่วนต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน ดังแสดงในรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นถึงลักษณะแนวโน้มของข้อมูลที่เหมือนกันคือ คนที่มีความสูงมากจะมีมวลของส่วนต่างๆ มากด้วย (ยกเว้นในบางสัดส่วนเท่านั้น)

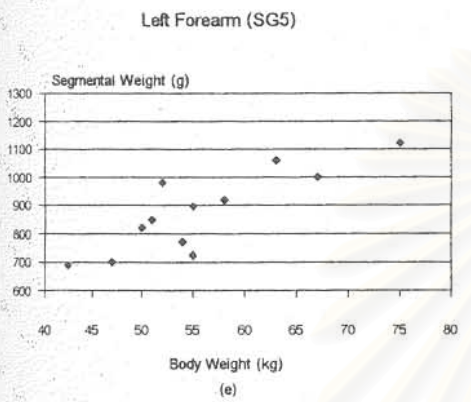
นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายกับความสูงของร่างกาย ผลการวิเคราะห์แสดงได้ในตารางที่ ง. 3 ภาคผนวก ง. ซึ่งก็พบว่าส่วนของร่างกายเกือบทุกส่วนมีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ยกเว้นส่วนของศีรษะและคอ) โดยพบว่า ความยาวของส่วนของร่างกายที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับความสูงของร่างกายคือความยาวของมือทั้งซ้ายและขวา มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9262 ผลของการวิเคราะห์ยังแสดงได้ในรูป

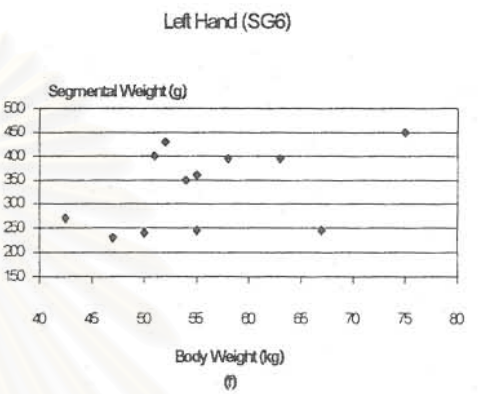
ที่ 4.7 แสดงให้เห็นแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับความยาวของส่วนต่างๆ สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความยาวของส่วนต่างๆ กับมวลของร่างกาย ดังแสดงในตารางที่ ง. 2 นั้น พบว่ามีเพียงความยาวของส่วนของร่างกายบางส่วนเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กับมวลของร่างกาย ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ ส่วนของมือขวาและลำตัว

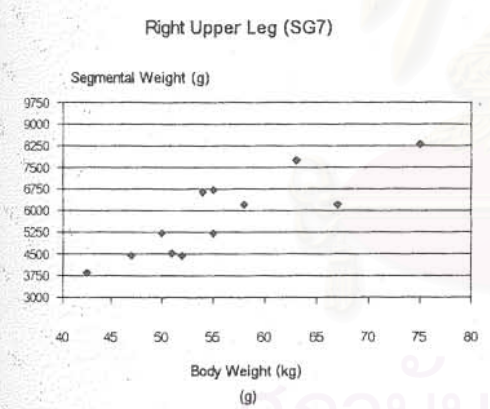


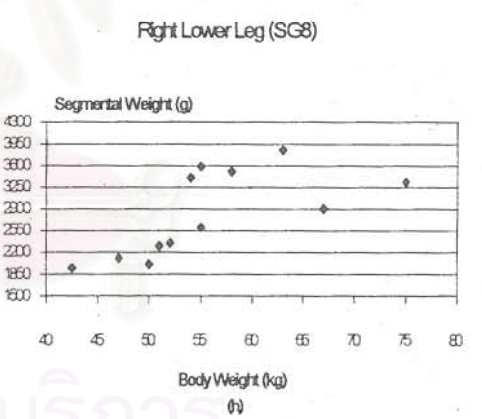
รูปที่ 4.5 (a-d) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับมวลของส่วนต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





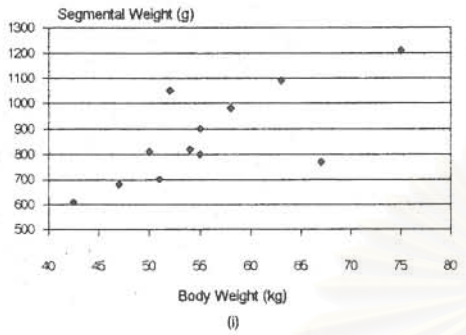




รูปที่ 4.5 (e-h) (ต่อ)

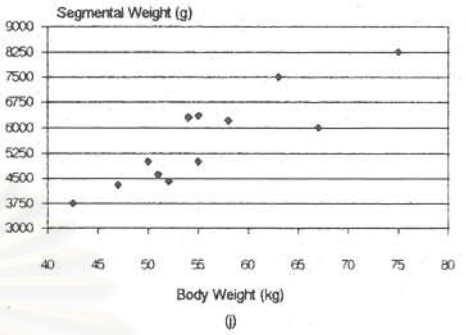
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Right Foot (SG9)



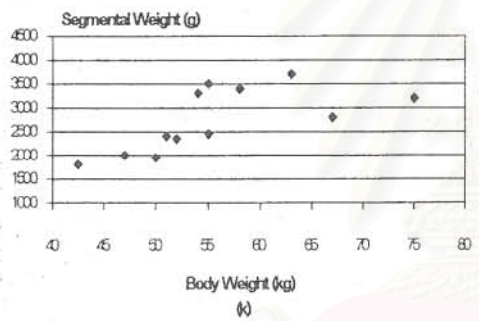
(i)

Left Upper Leg (SG10)



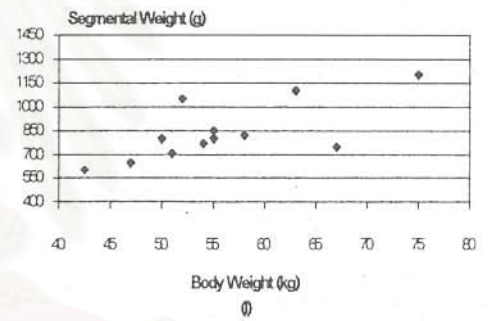
(j)

Left Lower Leg (SG11)



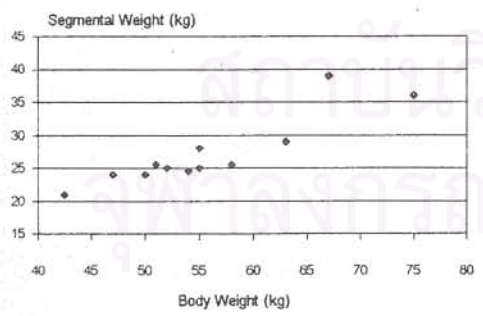
(k)

Left Foot (SG12)



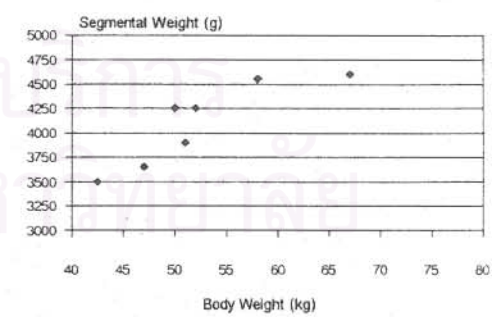
(l)

Trunk (SG13)



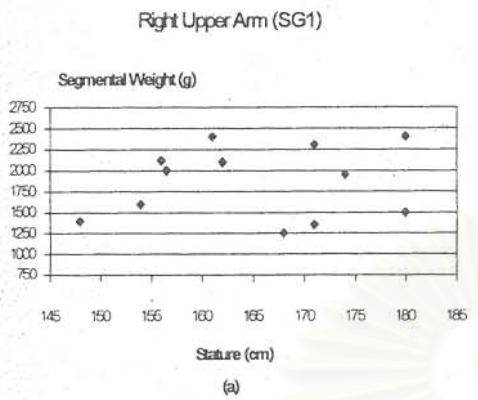
(m)

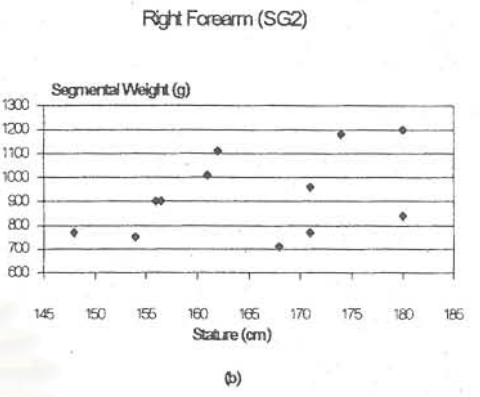
Head and Neck (SG14)

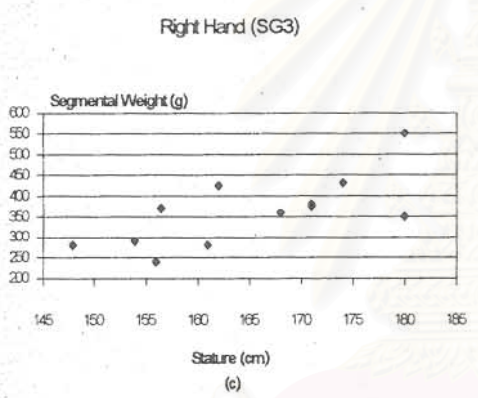


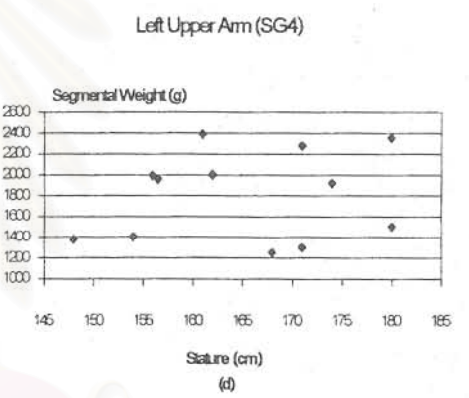
(n)

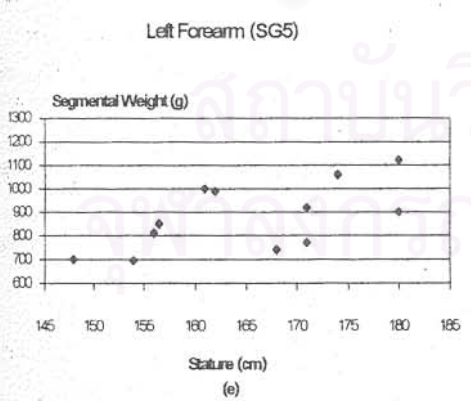
รูปที่ 4.5 (i-n) (ต่อ)

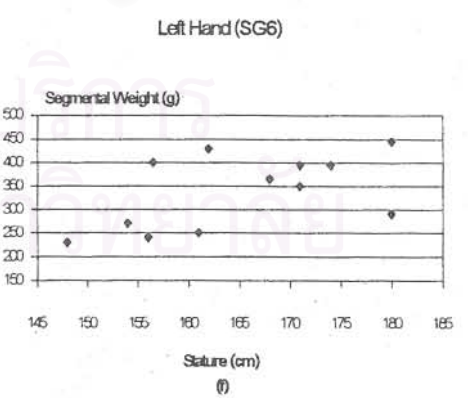




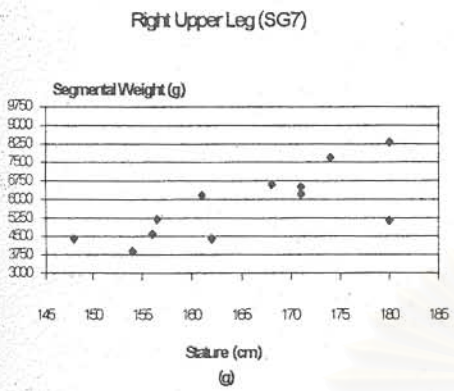


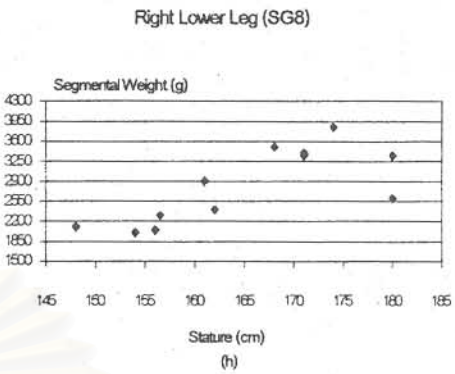


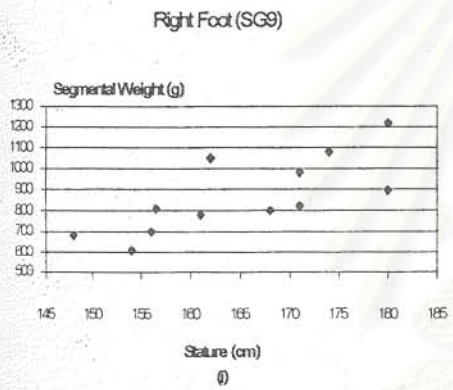


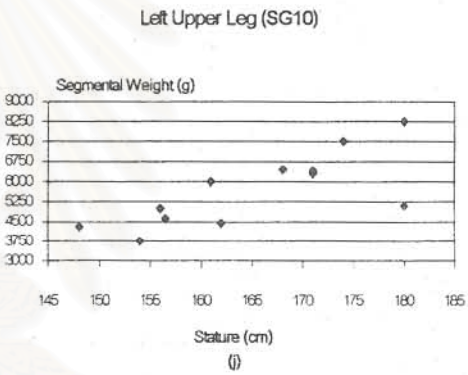


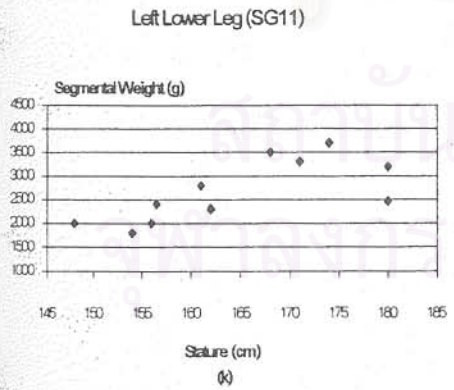
รูปที่ 4.6 (a-f) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับมวลของส่วนต่างๆ

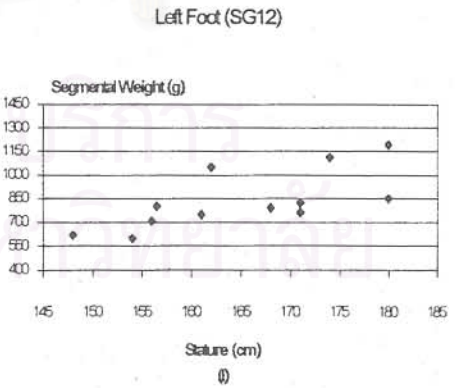

Right Upper Leg (SG7)
Segmental Weight (g)
9750
9000
8250
7500
6750
6000
5250
4500
3750
3000
145 150 155 160 165 170 175 180 185
Stature (cm)
(g)


Right Lower Leg (SG8)
Segmental Weight (g)
4300
3950
3600
3250
2900
2550
2200
1850
1500
145 150 155 160 165 170 175 180 185
Stature (cm)
(h)

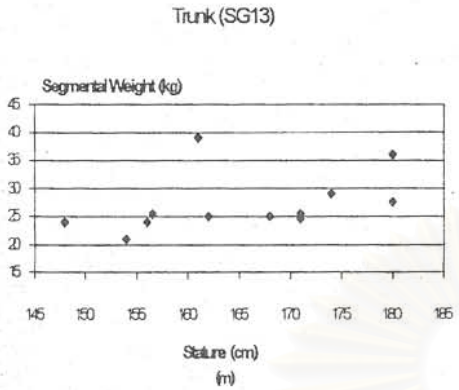

Right Foot (SG9)
Segmental Weight (g)
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
145 150 155 160 165 170 175 180 185
Stature (cm)
(i)

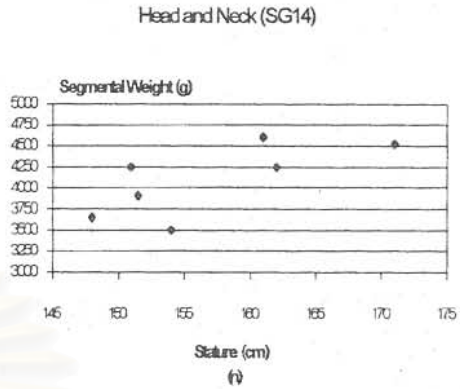

Left Upper Leg (SG10)
Segmental Weight (g)
9000
8250
7500
6750
6000
5250
4500
3750
3000
145 150 155 160 165 170 175 180 185
Stature (cm)
(j)


Left Lower Leg (SG11)
Segmental Weight (g)
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
145 150 155 160 165 170 175 180 185
Stature (cm)
(k)

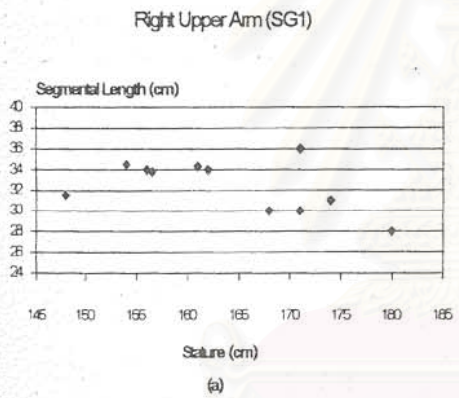

Left Foot (SG12)
Segmental Weight (g)
1450
1300
1150
1000
850
700
550
400
145 150 155 160 165 170 175 180 185
Stature (cm)
(l)

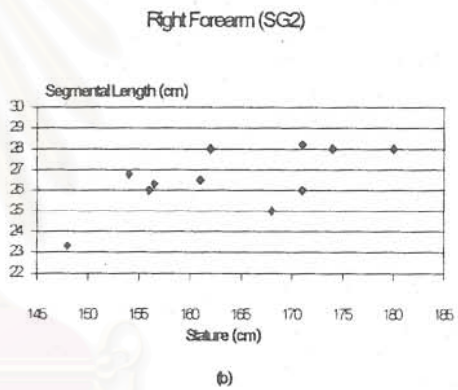
รูปที่ 4.6 (g-l) (ต่อ)

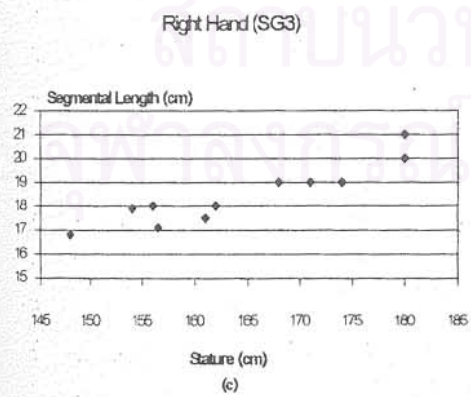


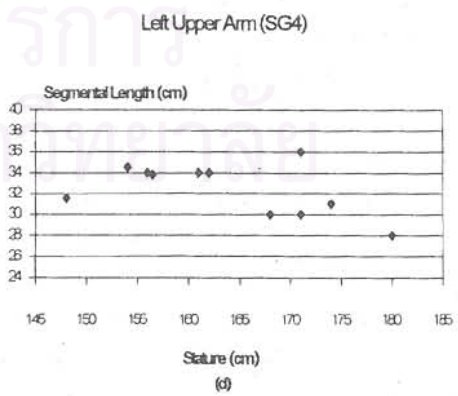


รูปที่ 4.6 (i-n) (ต่อ)





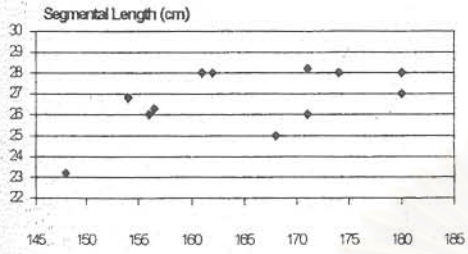




รูปที่ 4.7(a-d) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับความยาวของส่วนต่างๆ

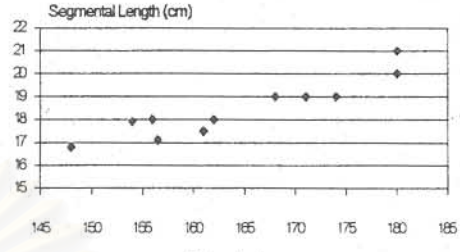
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Left Forearm (SG5)



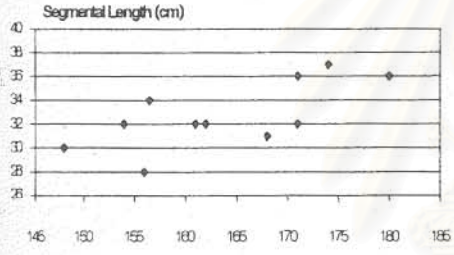
(e)

Left Hand (SG6)



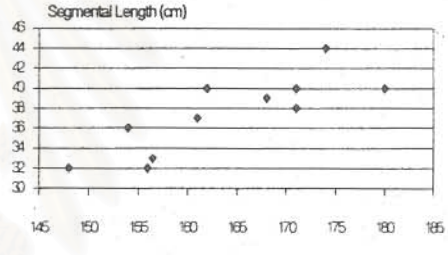
(f)

Right Upper Leg (SG7)



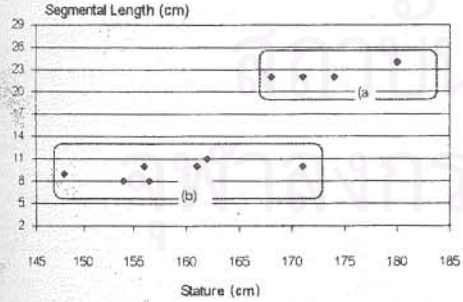
(g)

Right Lower Leg (SG8)



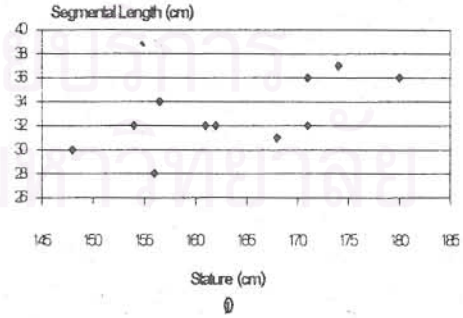
(h)

Right Foot (SG9)



(i)

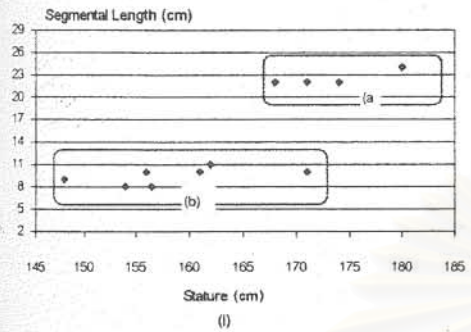
Left Upper Leg (SG10)



(j)

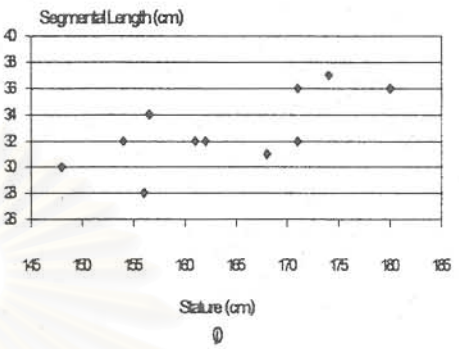
รูปที่ 4.7 (e-j) (ต่อ)

Right Foot (SG9)



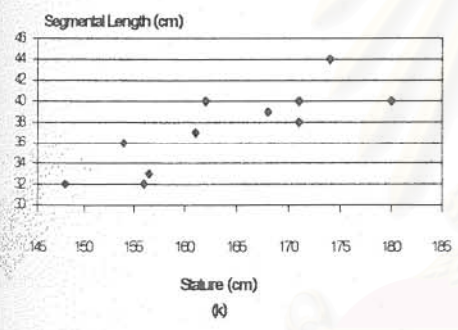
(l)

Left Upper Leg (SG10)



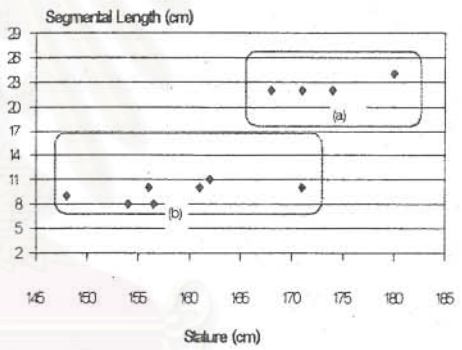
(m)

Left Lower Leg (SG11)



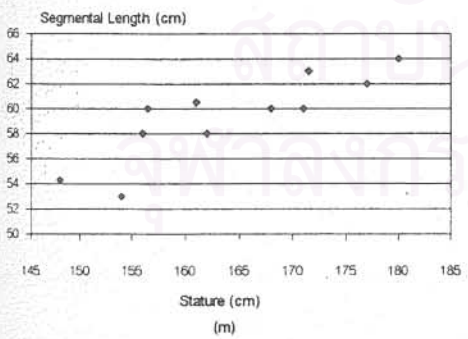
(k)

Left Foot (SG12)



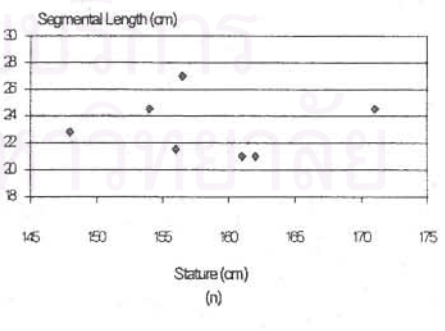
(l)

Trunk (SG13)



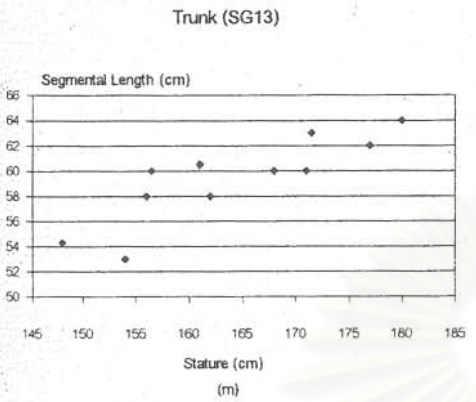
(m)

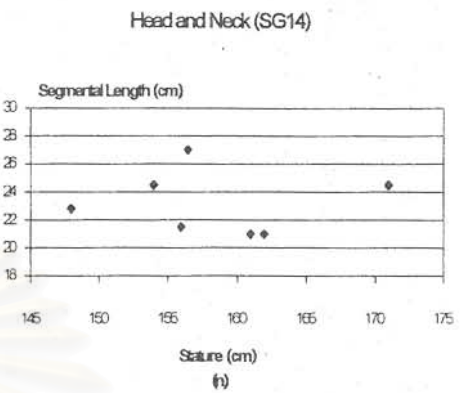
Head and Neck (SG14)



(n)

รูปที่ 4.7 (i-n) (ต่อ)





รูปที่ 4.7 (m-n) (ต่อ)

3. **จุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย**

จากผลการทดลองในบทที่ 4 เพื่อหาปริมาตรของส่วนของร่างกายด้วยการแบ่งเป็นส่วนย่อยๆ ตามความยาวจะทำให้เราสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรที่เกิดตามความยาวของส่วนของร่างกายนั้นๆและเมื่อคูณด้วยค่าความหนาแน่นของร่างกายจะได้ค่าของมวลในแต่ละส่วนย่อยๆ นั้น ดังแสดงไว้ในตารางผลการทดลอง ตารางที่ ข.1 ภาคผนวก ข.และโดยอาศัยทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 เราสามารถคำนวณหาจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ได้ และผลการคำนวณแสดงไว้ในตารางที่ ข.3 (ภาคผนวก ข)

ตารางที่ ง.4 ภาคผนวก ง แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ต่ำสุด และค่าที่เปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ ของระยะจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายวัดจากวัดจากปลายข้างหนึ่งของผู้ถูกทดสอบชายจำนวน 12 คน

จากค่าระยะห่างของจุดศูนย์กลางมวลที่ได้ สามารถที่จะพิจารณาอยู่ในรูปของสัดส่วนเมื่อเทียบกับความยาวของชิ้นส่วนนั้นๆ

ผลการทดลองในผู้ถูกทดสอบเพศหญิง

1. **ความหนาแน่นของร่างกาย**

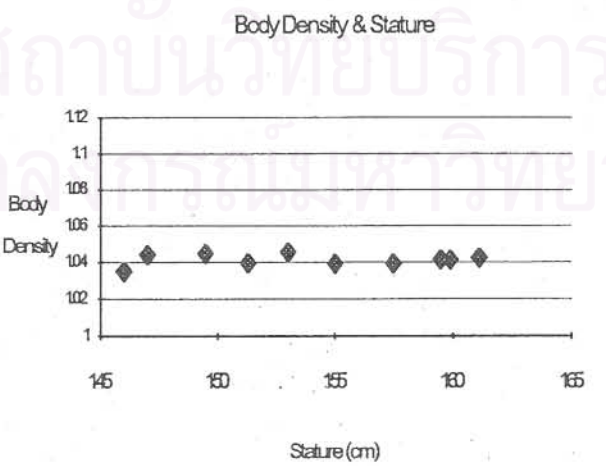
ผลการทดลองในผู้ถูกทดสอบเพศหญิงจำนวน 10 คน พบว่าค่าความหนาแน่นที่ได้อยู่ในช่วงระหว่าง 1.0349 ถึง 1.0452 กก/ลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.0411 กก/ลิตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.0030 กก/ลิตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ถูกทดสอบเพศชายแล้วพบว่า โดยเฉลี่ยแล้วผู้ถูกทดสอบเพศ

หญิงจะมีความหนาแน่นของร่างกายที่น้อยกว่าผู้ถูกทดสอบเพศชาย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลที่ว่าโดยทางสรีระแล้วเพศชายจะมีกล้ามเนื้อที่มากกว่าเพศหญิงในขณะที่เพศหญิงร่างกายจะประกอบด้วยไขมันเป็นร้อยละของร่างกายมากกว่าในเพศชายเป็นผลให้ความหนาแน่นของร่างกายน้อยกว่าในเพศชายดังกล่าว ซึ่งค่าเฉลี่ยความหนาแน่น ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ แสดงได้ในตารางที่ 4.2 (ผลการทดลองโดยละเอียดแสดงได้ในภาคผนวก ค.2)

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด-ต่ำสุด และที่เปอร์เซ็นไทล์ ต่างๆ ข้อมูลร่างกาย

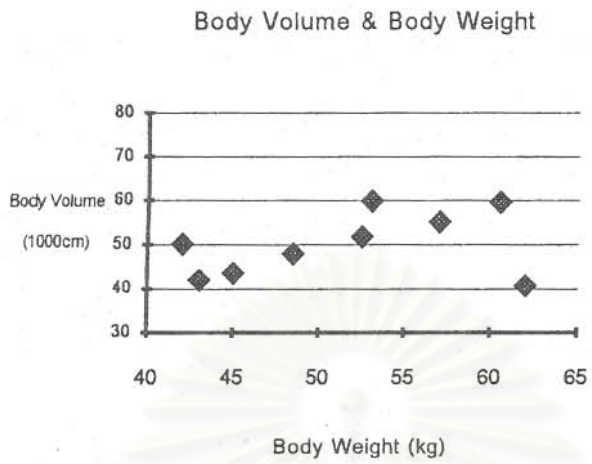
ข้อมูลของร่างกาย	จำนวน (คน)	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	เปอร์เซ็นไทล์ที่			
						5	10	90	95
ความหนาแน่น, กก/ลิตร	10	1.0411	0.0030	1.0349	1.0447	1.0362	1.0373	1.0449	1.0459
ปริมาตร, ลิตร	10	49.498	6.757	40.680	59.980	38.382	40.828	58.167	60.613
น้ำหนัก, กก	10	50.85	6.90	42.00	62.00	39.49	41.99	59.71	62..21
ความสูง, ซม	10	153.98	5.20	146.00	161.10	145.43	147.31	160.65	162.53

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับความหนาแน่นของร่างกายของผู้ถูกทดสอบเพศหญิงนั้นจะพบว่าค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก โดยมีค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.0867 โดยที่ค่าความหนาแน่นของผู้ถูกทดสอบทั้ง 10 คนมีค่าใกล้เคียงกันไม่ว่าจะมีความสูงต่างกันเพียงใดก็ตาม ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายและความหนาแน่นของร่างกายของผู้ถูกทดสอบเพศหญิงแสดงไว้ในรูปที่ 4.8

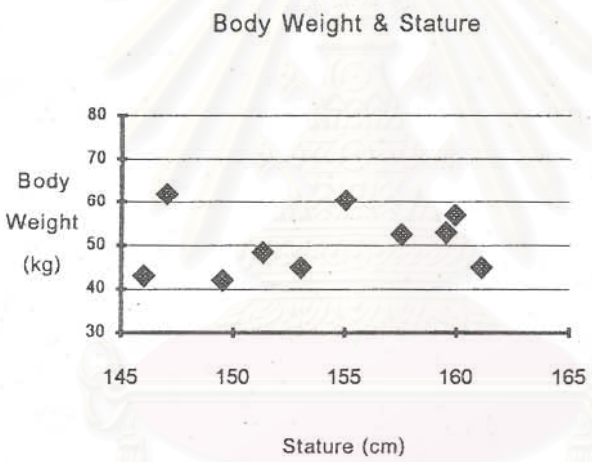


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับความสูงของร่างกาย

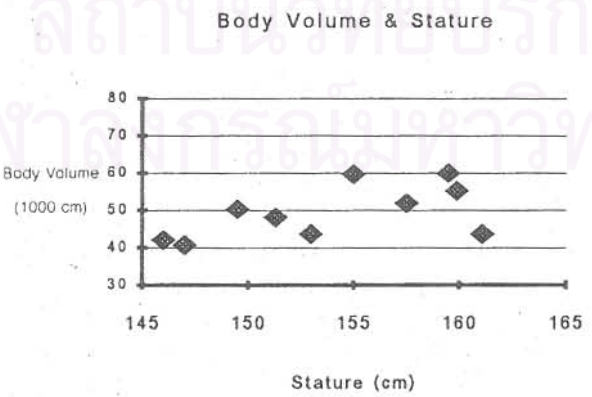
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับมวลทั้งหมดของร่างกาย



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับมวลของร่างกาย



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับปริมาตรของร่างกาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ยังพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาตรของร่างกายรวมทั้งมวลของร่างกายมีความสัมพันธ์กันในลักษณะผกผัน (r=-.1359 และ -.0132 ตามลำดับ) กล่าวคือ ความหนาแน่นของร่างกายจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาตรของร่างกายหรือมวลมีค่ามากขึ้น สอดคล้องกับความจริงที่ว่าคนที่มีร่างกายอ้วนจะมีร้อยละของไขมันในร่างกายมาก ซึ่งไขมันนี้มีความหนาแน่นน้อยกว่ามัดกล้ามเนื้อ จึงเป็นผลให้ความหนาแน่นของร่างกายมีค่าน้อย (รายละเอียดของผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในภาคผนวก จ.)

ผลของความสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกาย ความสูงของร่างกาย ปริมาตรของร่างกายและความหนาแน่นของร่างกาย แสดงไว้ในรูปที่ 4.8 ถึงรูปที่ 4.11

2. มวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

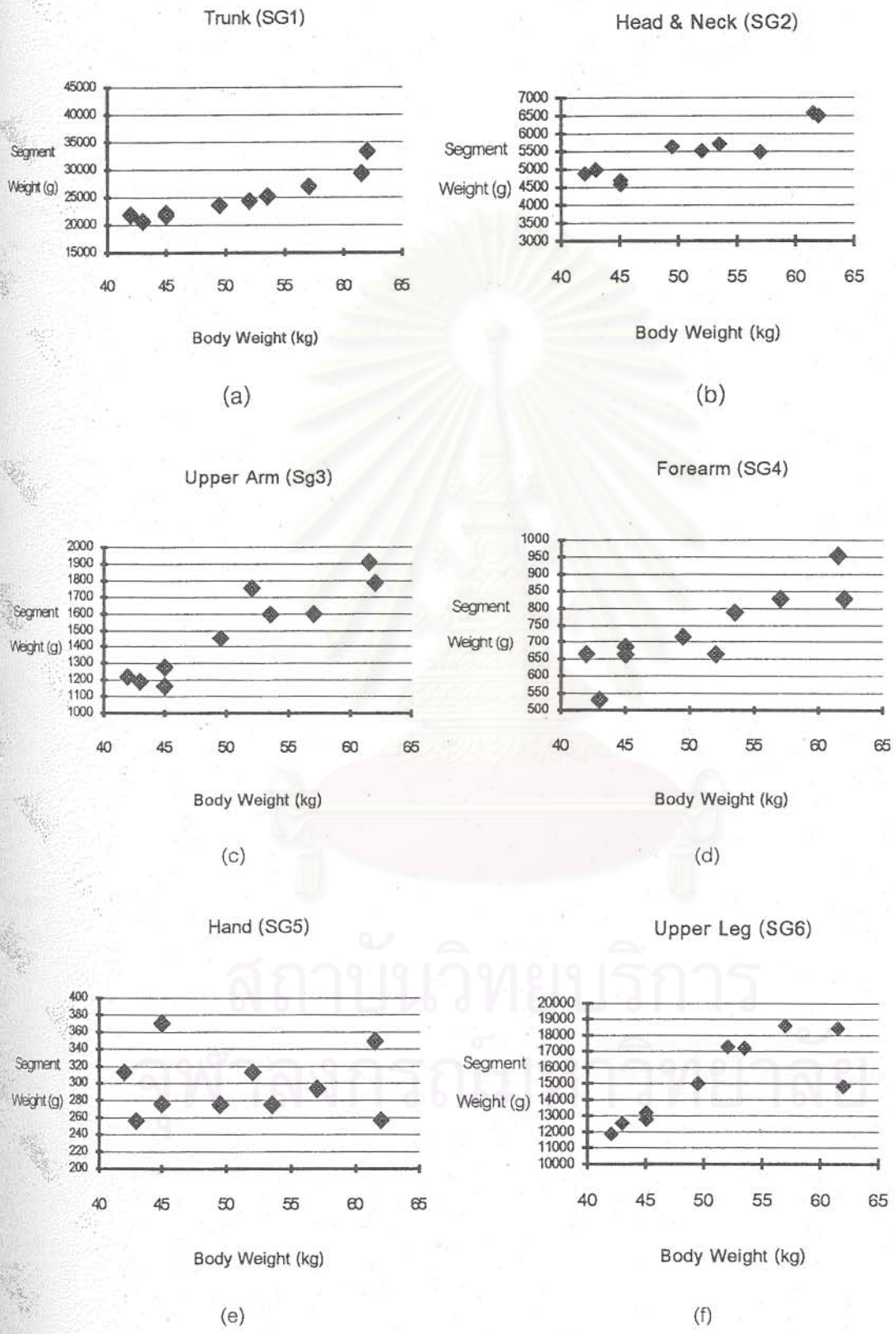
มวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายของผู้ทดสอบหญิง แสดงได้ดังตารางที่ จ. 2 ถึงตารางที่ จ. 9 ในภาคผนวก จ. ข้อมูลที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับมวลของส่วนต่างๆ ของผู้ทดสอบหญิง แล้วพบว่ามวลของส่วนต่างๆ ทุกส่วนมีค่าน้อยกว่าของผู้ทดสอบชาย ยกเว้นขาท่อนบนเท่านั้นที่มวลมีค่ามากกว่าของผู้ทดสอบชาย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลงานวิจัยของกิตติ อินทรานนท์ (2538) ที่ได้ศึกษาถึงสัดส่วนร่างกายของกลุ่มประชากรหญิงและชายในภาคกลางของประเทศไทย ที่แสดงให้เห็นว่าข้อมูลเส้นรอบโคนขาโดยเฉลี่ยของกลุ่มประชากรหญิงมีค่ามากกว่าเส้นรอบโคนขาของกลุ่มประชากรชายแล้ว อาจกล่าวได้ว่าเหตุผลที่มวลของขาท่อนบนของผู้ทดสอบหญิงมีค่าสูงกว่าของชายนั้น มีสาเหตุมาจากข้อเท็จจริงทางด้านสรีรวิทยาที่ผู้หญิงจะมีต้นขาที่ใหญ่กว่าของผู้ชายนั่นเอง

สำหรับการวิเคราะห์เมื่อแยกส่วนของร่างกายเป็นส่วนต่างๆ พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับมวลของส่วนต่างๆ มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกัน นั่นคือ เมื่อมวลของร่างกายมากขึ้น มวลของส่วนต่างๆ ก็จะมีค่ามากขึ้นด้วย นอกจากนี้ ยังพบว่าความสูงของร่างกายและมวลของส่วนต่างๆ ก็มีสหสัมพันธ์ค่อนข้างสูงเช่นกัน ซึ่งรายละเอียดของการวิเคราะห์แสดงไว้ในภาคผนวก จ. และรูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13

3. จุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

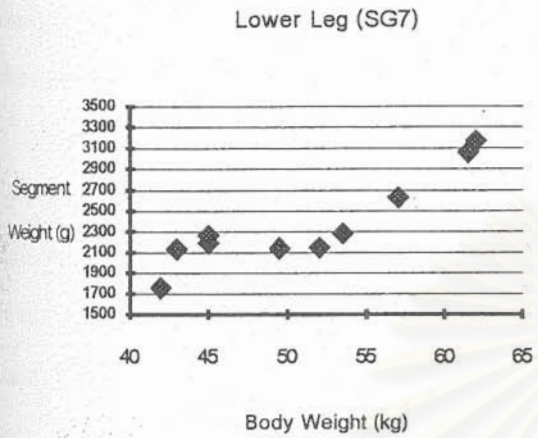
การหาจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายของผู้ทดสอบหญิงกระทำได้โดยใช้หลักการเดียวกันกับของผู้ทดสอบชาย นั่นคือการใช้วิธีแบ่งส่วนของร่างกายออกเป็นส่วนย่อยๆ จากนั้นก็ทำการคำนวณโดยหลักการสมดุลย์โมเมนต์เพื่อหาจุดศูนย์กลางมวล

ผลของการหาจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายโดยคิดเป็นตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลโดยเทียบกับความยาวของของส่วนนั้นทั้งจากส่วนใน (proximal point) และจากส่วนนอก (distal point) แสดงไว้ในตารางที่ จ. 2 ถึงตารางที่ จ. 9 ในภาคผนวก จ.

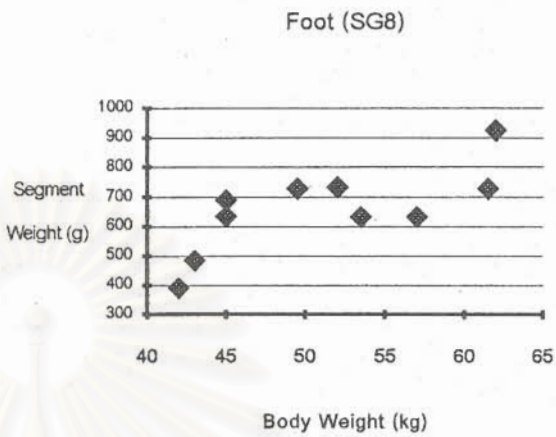


รูปที่ 4.12 (a-f) ความสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย

I19546749

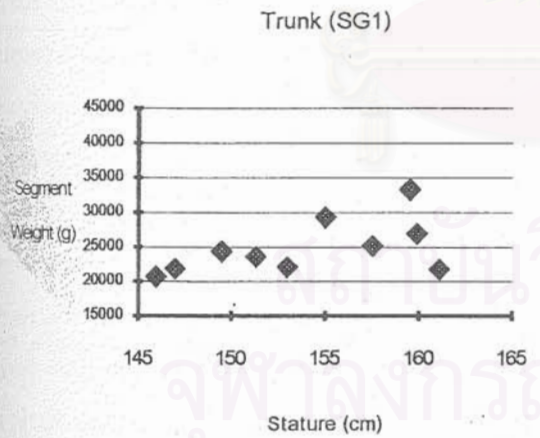


(g)

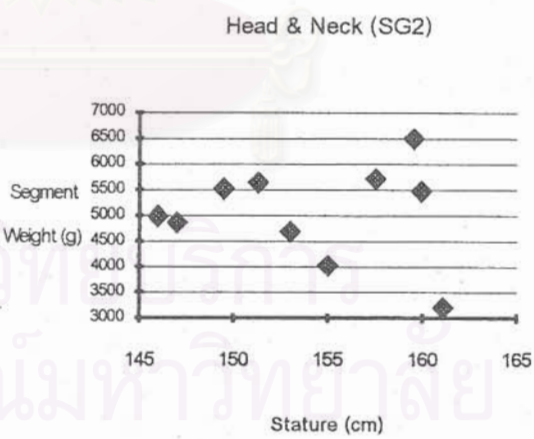


(h)

รูปที่ 4.12 (g-h) (ต่อ)



(a)



(b)

รูปที่ 4.13 (a-b) ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อเปรียบเทียบผลของการหาจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายของผู้ทดสอบหญิงกับของผู้ทดสอบชายแล้วพบว่าส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกัน มีเพียงส่วนเท้าและขาส่วนบนเท่านั้นที่มีความแตกต่างกันบ้าง ซึ่งอาจเนื่องมาจากความแตกต่างในด้านสรีรวิทยารวมถึงการที่ต้องใช้คณะผู้ทำการทดลองต่างคณะกัน เนื่องจากความจำเป็นทางธรรมเนียมปฏิบัติและด้านวัฒนธรรมดังที่ได้กล่าวแล้ว

ตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายระหว่างของผู้ทดสอบหญิงและของชาย เป็นร้อยละของความยาวของส่วนนั้น เช่น 45.83 ในแถวของแขนขวาส่วนบน (สมมติวัดได้ยาว 24.3 ซม) หมายความว่า ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลของแขนขวาส่วนบนอยู่ที่ระยะ 0.4584X 24.3 = 11.4 ซม เมื่อวัดจากหัวไหล่ (ถือเป็นส่วนใน proximal point) เป็นต้น

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลระหว่างผู้ทดสอบหญิงและชาย

ส่วนของร่างกาย	ผู้ทดสอบ เพศชาย ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลเทียบกับความยาวของส่วนนั้น (%) วัดจาก		ผู้ทดสอบ เพศหญิง ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลเทียบกับความยาวของส่วนนั้น (%) วัดจาก	
	ส่วนใน	ส่วนนอก	ส่วนใน	ส่วนนอก
แขนขวาส่วนบน	45.83	54.17	46.62	53.38
แขนซ้ายส่วนบน	45.62	54.38		
แขนขวาส่วนล่าง	42.22	57.78	45.37	54.63
แขนซ้ายส่วนล่าง	42.28	57.72		
มือขวา	42.82	57.18	37.31	62.69
มือซ้าย	42.77	57.23		
ขาขวาส่วนบน	44.07	55.93	39.79	60.21
ขาขวาส่วนบน	44.12	55.88		
ขาขวาส่วนล่าง	42.76	57.24	41.15	58.85
ขาซ้ายส่วนล่าง	42.55	57.45		
เท้าขวา	40.54	59.46	33.90	66.10
เท้าซ้าย	40.90	59.10		
ลำตัว	47.83	52.17	48.85	51.15
ศีรษะและคอ	42.91	58.09	49.33	50.67

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

ความหนาแน่นของร่างกาย

การหาความหนาแน่นของร่างกายด้วยวิธีการที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ เป็นการประยุกต์จากวิธีการของ Drillis & Contini (1966) โดยวัดหามวลของร่างกายในอากาศแล้วหารด้วยปริมาตรของร่างกายทั้งหมดซึ่งหาได้จากการแทนที่น้ำปัญหาที่อาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดของวิธีการนี้คือ ปริมาตรของร่างกายทั้งหมดที่วัดได้จะมีค่ามากกว่าความเป็นจริง ซึ่งเป็นผลมาจากอากาศที่อยู่ภายในปอดที่ไม่สามารถนำออกมาได้หมดขณะที่ทำการวัดอันจะทำให้ผลที่ได้มากกว่าความเป็นจริง สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้ประมาณอากาศส่วนเหลือในปอดของผู้ถูกทดสอบแต่ละคนไว้เท่ากัน คือ 1.30 ลิตร

จากผลการวิเคราะห์พอที่จะสรุปได้ว่า ความหนาแน่นของร่างกายของผู้ถูกทดสอบชายทั้ง 12 คน ที่มีอายุระหว่าง 18-21 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.064 กก/ลิตร และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.0261 กก/ลิตร โดยความหนาแน่นของผู้ถูกทดสอบที่มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.0912 กก/ลิตร และต่ำสุด 1.0212 กก/ลิตร เมื่อเปรียบเทียบจากกราฟของ Winter (1979) ความหนาแน่นของร่างกายของผู้ทดสอบหญิง 10 คน ที่มีอายุระหว่าง 24-43 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.041 กก/ลิตร และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.003 กก/ลิตร โดยความหนาแน่นของผู้ทดสอบหญิงมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.045 กก/ลิตร และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.035 กก/ลิตร ดังแสดงในรูปที่ 2.2 พบว่าช่วงของค่าความแน่นโดยรวมของร่างกาย (Whole Body Density) ที่ปรากฏจะอยู่ระหว่าง 1.03 กก/ลิตร และ 1.09 กก/ลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นที่หาโดยอาศัยวิธีการที่ใช้ในครั้งนี้มีค่าอยู่ในช่วงเดียวนี้เช่นกัน

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า ความหนาแน่นของร่างกายมีความสัมพันธ์กับส่วนสูงของร่างกาย โดยมีลักษณะที่แปรผกผันกัน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือคนสูงมีแนวโน้มว่าจะมีความหนาแน่นของร่างกายน้อยกว่าคนเตี้ยจากการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของร่างกายกับน้ำหนักของร่างกาย

จากหน้า 7 บทที่ 2 Drillis และ Contini (1966) ได้สร้างสมการเพื่อคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกาย ดังนี้

$$d = 0.69 + 0.9\,c \quad \text{กก/ลิตร}$$

$$c = [h/w]^{1/3}$$

เมื่อ W คือ มวลของร่างกาย (กิโลกรัม)

h คือ ความสูงของร่างกาย (เมตร)

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของร่างกายที่คำนวณได้จากสมการของ Drillis และ Contini (1966) และความหนาแน่นของร่างกายที่หาได้จากการทดลองครั้งนี้ ทั้งของผู้ทดสอบหญิง (จำนวน 10 คน) และผู้ทดสอบชาย (จำนวน 12 คน)

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของร่างกาย

ผู้ทดสอบชาย	สมการของ Drillis และ Contini (1966)	การทดสอบครั้งนี้ของผู้ทดสอบชาย	ผู้ทดสอบหญิง	สมการของ Drillis และ Contini (1966)	การทดสอบครั้งนี้ของผู้ทดสอบหญิง
หมายเลข	ความหนาแน่น กก/ลิตร	ความหนาแน่น กก/ลิตร	หมายเลข	ความหนาแน่น กก/ลิตร	ความหนาแน่น กก/ลิตร
1	0.9496	1.0426	1	0.9731	1.0395
2	0.9747	1.0212	2	0.9629	1.0411
3	0.9718	1.0269	3	0.9693	1.0389
4	0.9778	1.0316	4	0.9865	1.0422
5	0.9611	1.0798	5	0.9553	1.0391
6	0.9503	1.0671	6	0.9814	1.0349
7	0.9680	1.0912	7	0.9815	1.0452
8	0.9762	1.0898	8	0.9485	1.0438
9	0.9727	1.0797	9	0.9696	1.0412
10	0.9878	1.0694	10	0.9857	1.0447
11	0.9708	1.0825	-	-	-
12	0.9731	1.0863	-	-	-
ค่าเฉลี่ย	0.9695	1.0640	ค่าเฉลี่ย	0.9714	1.0411
T value สำหรับ paired t-test = -11.61			T value สำหรับ paired t-test = -16.79		

ได้ทำการทดสอบเชิงสถิติ หาค่า $|t|$ ที่คำนวณได้ จะมีค่าสูงเกินกว่าค่า t_0 ในตารางการกระจายแบบ t กล่าวคือ $t_{.025,\ n-1}$ = 2.262 และ 2.201 เมื่อ n = 10 และ 12 ตามลำดับ ดังนั้นจึงน่าจะสรุปได้ว่า สมการของ Drillis และ Contini จะนำมาใช้ทำนายความหนาแน่นของคนไทยไม่น่าจะเหมาะสมนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโครงสร้างร่างกายและอาหารที่บริโภคแตกต่างกัน ค่าตัวเลขความหนาแน่นของร่างกายที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 1 หมายความว่าร่างกายของคนเบากว่าน้ำ จะไม่มีคนจมน้ำ ซึ่งเป็นเรื่องที่ไม่น่าเป็นไปได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาตรของร่างกายมีแนวโน้มว่าจะผันแปรตามน้ำหนักและส่วนสูงของร่างกาย หรืออาจกล่าวได้ว่า ผู้ที่มีน้ำหนักและความสูงมากจะมีปริมาตรของร่างกายมาก หรือจะกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ คนสูงและอ้วน (สูงใหญ่) จะมีปริมาตรมากกว่าคนผอมและเตี้ย

มวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

การวัดหามวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายของการศึกษาครั้งนี้กระทำโดยการคำนวณจากปริมาตรซึ่งวัดโดยการแทนที่น้ำและความหนาแน่นของร่างกายโดยรวม จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมวลของส่วนต่างๆกับน้ำหนักและความสูงของร่างกายพบว่ามีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก โดยมีลักษณะที่แปรผันตามกัน คือคนที่มีน้ำหนักมากและมีความสูงมากก็จะมีแนวโน้มว่าจะมีมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายมากด้วย

เมื่อเปรียบเทียบค่ามวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้กับกลุ่มอื่นๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.2 เป็นการเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Braune & Fischer(1889), Braune & Fischer (1893) และ Dempster (1893) ซึ่งเป็นการศึกษาจากศพทั้งสิ้น เมื่อดูจากค่าสัดส่วนของมวลส่วนต่างๆ เทียบกับมวลทั้งหมดของร่างกายแล้ว พบว่าผลการศึกษาแต่ละครั้งมีค่าที่แตกต่างๆ กันไป ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า การเก็บรักษาศพก่อนนำมาศึกษาจะมีผลต่อค่ามวลที่วัดได้และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งนี้ก็จะเห็นว่ายังมีค่าแตกต่างกันอยู่

จุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

การศึกษาและวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นวิธีการหาจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายโดยอาศัยข้อมูลจากการหาปริมาตรในแต่ละส่วนตามวิธีการในบทที่ 2. หัวข้อ 2.3.4 มาทำการคำนวณหา ซึ่งผลที่ได้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการศึกษาของบุคคลต่างๆ ในช่วงเวลาที่ผ่านมา คือ Braune & Fischer (1889), Braune & Fischer (1893) และ Dempster (1955) (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.3) ซึ่งเป็นผลการศึกษาที่กระทำจากศพ และจากการสังเกตุจะพบว่ามีค่าที่แตกต่างกัน แต่เป็นที่น่าเสียดายว่าไม่สามารถทดสอบทางสถิติได้เนื่องจากผลการศึกษาของนักวิจัยท่านอื่นของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเอาไว้ อย่างไรก็ตามมีปัจจัยหลายประการที่อาจส่งผลต่อความแตกต่างดังกล่าว ดังเช่นความแตกต่างกันของวิธีในการศึกษา ซึ่งงานวิจัยจากนักวิจัยท่านอื่นที่ได้นำมาเปรียบเทียบนั้นศึกษาจากศพ ในขณะที่ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาในผู้ที่ยังมีชีวิตอยู่ ดังนั้นสภาพของของเหลวภายในร่างกายย่อมแตกต่างกัน ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลอาจมีความแตกต่างกันได้ นอกจากนี้รูปพรรณสัณฐานของกลุ่มประชากรที่ต่างเชื้อชาติกันย่อมให้ผลต่างกันไปด้วย

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้กับงานวิจัยอื่น

ส่วนของร่างกาย	Braune & Fischer (1889)*		Braune & Fischer (1893)**		Dempster (1855)***		การศึกษาในครั้งนี้*****			
							เพศชาย		เพศหญิง	
	มวล (กก.)	% เมื่อเทียบกับมวลของร่างกาย	มวล (กก.)	% เมื่อเทียบกับมวลของร่างกาย	มวล (กก.)	% เมื่อเทียบกับมวลของร่างกาย	มวล (กก.)	% เมื่อเทียบกับมวลของร่างกาย	มวล (กก.)	% เมื่อเทียบกับมวลของร่างกาย
แขนขวาส่วนบน	2.127	3.30	1.51	2.93	1.61	2.77	1.87	3.37	1.49	2.63
แขนซ้ายส่วนบน					1.53	2.63	1.80	3.24		
แขนขวาส่วนล่าง	1.34	2.10	1.30	2.54	0.95	1.64	0.92	1.67	0.73	1.29
แขนซ้ายส่วนล่าง					0.91	1.57	0.88	1.58		
มือขวา	0.53	0.85	-	-	0.39	0.67	0.36	0.65	0.29	0.51
มือซ้าย					0.38	0.66	0.39	0.61		
ขาขวาส่วนบน	6.79	10.75	5.78	11.23	5.76	9.86	5.75	10.23	7.59	13.41
ขาซ้ายส่วนบน					5.81	9.95	5.65	10.06		
ขาขวาส่วนล่าง	3.03	4.80	2.32	4.53	2.71	4.69	2.83	5.06	2.37	4.19
ขาซ้ายส่วนล่าง					2.732	4.68	2.728	4.88		
เท้าขวา	1.067	1.70	0.950	1.88	0.832	1.42	0.866	1.56	0.65	1.15
เท้าซ้าย					0.87	1.49	0.84	1.50		
ลำตัว	29.55	46.30	-	-	-		27.18	48.72	24.92	44.03
ศีรษะและคอ	-	-	-	-	4.610	7.90	4.096	7.88	5.44	9.61
มวลของร่างกาย	63.85	100.00	51.28	100.00	58.36	100.00	55.75	100.00	50.85	100.00

หมายเหตุ

* ทำการศึกษาจากศพจำนวน 3 ศพ เมื่อปี ค.ศ. 1889

** ทำการศึกษาจากศพจำนวน 2 ศพ เมื่อปี ค.ศ. 1893

*** ทำการศึกษาจากศพจำนวน 7 ศพ เมื่อปี ค.ศ. 1955

***** การศึกษาครั้งนี้กับบุคคลที่มีชีวิต เพศชายจำนวน 12 คน และเพศหญิงจำนวน 10 คน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 การเปรียบเทียบระยะของจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้กับงานวิจัยอื่น

ส่วนของร่างกาย	Braune and Fischer (1889)		Braune and Fischer (1893)		Dempster (1955)		การศึกษาครั้งนี้			
							ผู้ทดสอบชาย		ผู้ทดสอบหญิง	
	ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลเทียบกับความยาวของส่วนนั้นวัดจาก		ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลเทียบกับความยาวของส่วนนั้นวัดจาก		ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลเทียบกับความยาวของส่วนนั้นวัดจาก		ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลเทียบกับความยาวของส่วนนั้นวัดจาก		ตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลเทียบกับความยาวของส่วนนั้นวัดจาก	
	ส่วนใน	ส่วนนอก	ส่วนใน	ส่วนนอก	ส่วนใน	ส่วนนอก	ส่วนใน	ส่วนนอก	ส่วนใน	ส่วนนอก
แขนขาส่วนบน	47.00	53.00	45.90	54.10	43.60	56.40	45.83	54.17	46.62	53.38
แขนซ้ายส่วนบน							45.62	54.38		
แขนขาส่วนล่าง	42.10	57.90	-	-	43.00	57.00	42.22	57.78	4537	54.63
แขนซ้ายส่วนล่าง							42.28	57.72		
มือขวา	-	-	-	-	50.60	49.40	42.82	57.18	39.22	60.88
มือซ้าย							42.77	57.23		
ขาขวาส่วนบน	43.90	56.10	43.40	56.60	43.30	56.70	44.07	55.93	39.79	60.21
ขาซ้ายส่วนบน							44.12	55.88		
ขาขวาส่วนล่าง	41.95	58.05	42.40	57.60	43.30	56.70	42.76	57.24	41.15	58.85
ขาซ้ายส่วนล่าง							42.55	57.45		
เท้าขวา	43.40[c]	56.60[c]	41.70	58.30	d	d	40.54[a] 61.55[b]	59.46[a] 38.45[b]	33.90	66.10
เท้าซ้าย							40.90[a] 60.57[b]	59.10[a] 39.43[b]		
ลำตัว	29.55	46.30	-	-	-	-	47.83	52.17	48.85	51.15
ศีรษะและคอ	-	-	-	-	-	-	42.91	58.09	49.33	50.67

หมายเหตุ (a) Per cent of length from front to rear of foot II

(b) Percent of length from ankle to rear of foot

(c) Percent of length from front to rear of foot.

(d) 24.9 % of foot link dimension to ankle axis (oblique); 43.8 % of foot link dimension to heel (oblique); 59.4 % of foot link dimension to toe II (oblique). Alternately, a ratio of 42.9 to 57.1 along the heel to toe distance establishes a point above which the center of gravity lies on a line between ankle axis and ball of foot.

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไป

1. การศึกษาการวัดปริมาตรร่างกายในถังน้ำโดยใช้ระบบน้ำล้นนั้น พบว่าหากใช้ถังที่มีขนาดใหญ่จะมีปัจจัยของแรงตึงผิวของน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เป็นผลให้ปริมาณน้ำที่ล้นมีความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง ดังนั้นจึงควรพิจารณาถึงขนาดของถังที่ส่งผลถึงผลการทดลองที่ได้ด้วย

2. ควรจะได้มีการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำยารักษาสภาพศพ และระบบของเหลวภายในร่างกาย เช่นความหนาแน่น ความหนืด ที่อาจส่งผลให้แนวทางการศึกษาจากศพแตกต่างไปจากการศึกษาในบุคคลที่มีชีวิต

3. ควรได้มีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป เนื่องจากจำนวนกลุ่มประชาการที่ถูกทดสอบที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้อิทธิพลของความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากเครื่องมือที่ทำการทดลองรวมถึงวิธีการทดลองมีค่าน้อยลง และจะทำให้งานวิจัยมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

4. ควรมีการศึกษาถึงสัดส่วนมวลและจุดศูนย์กลางมวลในกลุ่มประชากรในภาคต่างๆ รวมถึงในกลุ่มอายุต่างๆ ให้ครอบคลุมขอบเขตที่กว้างขึ้น เพื่อศึกษาถึงผลของปัจจัยดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากข้อเท็จจริงประการหนึ่งที่ว่ากลุ่มประชากรที่ต่างภาคกัน และกลุ่มประชากรที่ต่างอายุกันจะมีสัดส่วนร่างกายที่แตกต่างกัน ดังเช่นผลสรุปของงานวิจัยที่ศึกษาสัดส่วนร่างกายของกลุ่มประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กิตติ อินทรานนท์ และคณะ, 2531) และสัดส่วนร่างกายของกลุ่มประชากรภาคกลาง (กิตติ อินทรานนท์ และคณะ, 2538)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

1. กิตติ อินทรานนท์, เสรี สมนาแซง, พรเทพ ขอขจายเกียรติ และนิวิท เจริญใจ, สัดส่วนร่างกายและความสามารถสูงสุดในการทำงานของกลุ่มประชากรอาชีพเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร: ฟันนี่การพิมพ์, 2531.

2. กิตติ อินทรานนท์, สัดส่วนร่างกายของกลุ่มประชากรภาคกลาง, รายงานฝ่ายวิจัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

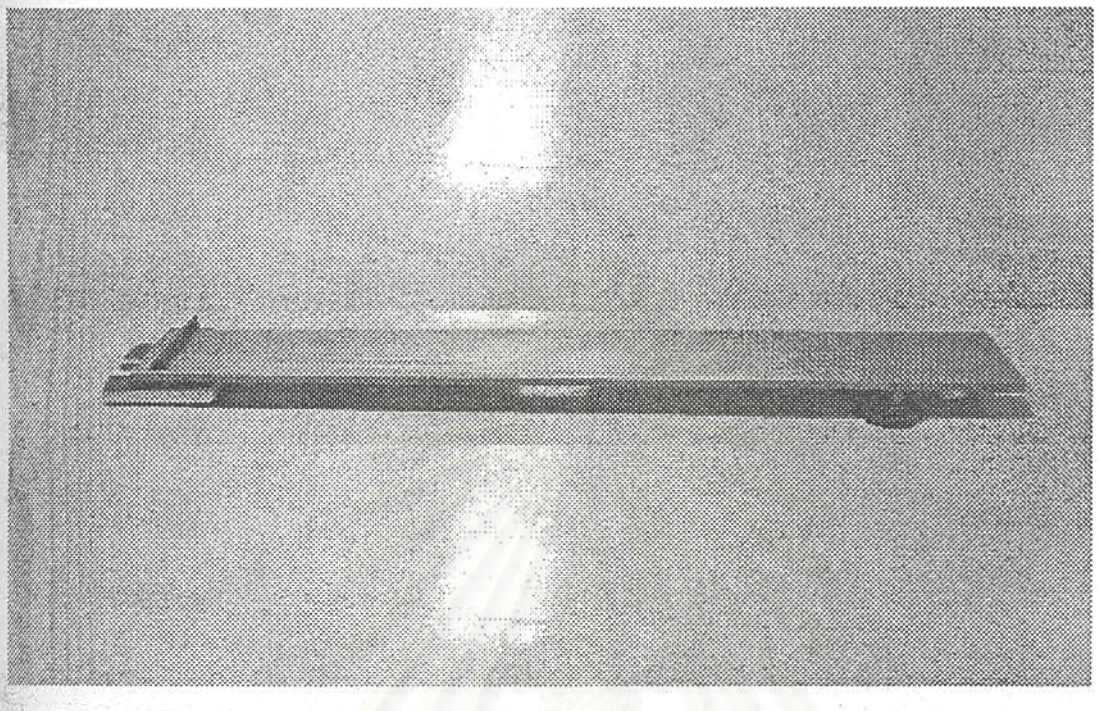
ภาษาอังกฤษ

1. Braune, W. and O. Fischer, The center of gravity of the human body as related to the german infantryman, German (ATI 138, 452, Available from U.S. National Technical Information Office), 1889.
2. Chaffin, D.B., R.K. Schultz and R.G. Snyder, A prediction model of human volitional mobility, SAE Paper 720002, Society of Automotive Engineering, Detroit, MI, 1972.
3. Clauser, C.E., J.T. McConville, and J.W. Young, Weight, volume and center of mass of the human body, AMRL-TR-74-137, Aerospace Medical Research Laboratories, Ohio, 1969.
4. Contini, R. Body segment parameters, Part II. Artificial Limbs, **16:** 1-19, 1972.
5. David A. Winter, Biomechanics of human movement, John Willey & Sons, USA., 1979.
6. Don B. Chaffin and Gunnar B.J. Anderson, Occupational Biomechanics, John Willey & Sons, USA, 1984.
7. Dempster, W.T., Gabel, W.C. and Felts, W.J.L. The anthropometry of manual work space for the seatd subject. Amer. J. Phys. Anthrop. **17:** 289-317, 1959.
8. Dempster, W.T. Space requirements of the seated operator, Wright Patterson Air Force Base, WADC-TR-55-159 (1955).
9. Drillis, R. and Contini, R. Body segment parameters. Report No. 1163-03, office of Vocational Rehabilitation, Department Health, Education and Welfare, New York, 1966.
10. Edward L. Fox and Donald K. Mathenes, The Physiological basic of physical education and athletics, Saun Collage Publishing, 1981.
11. Roebuck J.A. Kroemer K.H.E. and Thomson W.G., Engineering Anthropometry Methods, John Willey & Sons USA., 1975.
12. Tichauer, E.R., The Biomecanical Basic of Ergonomics, New York, Willey-Interscience. 1978.
13. Webb Associates, Anthrometric Source Book, vol. 1, NASA 1024, National Aeronuatics and Space Administration, Washington, D.C., 1978, pp IV-1 to IV-76.
14. Winter, D.A., Biomechanics of Human Movement, New York John Wiley, 1979.

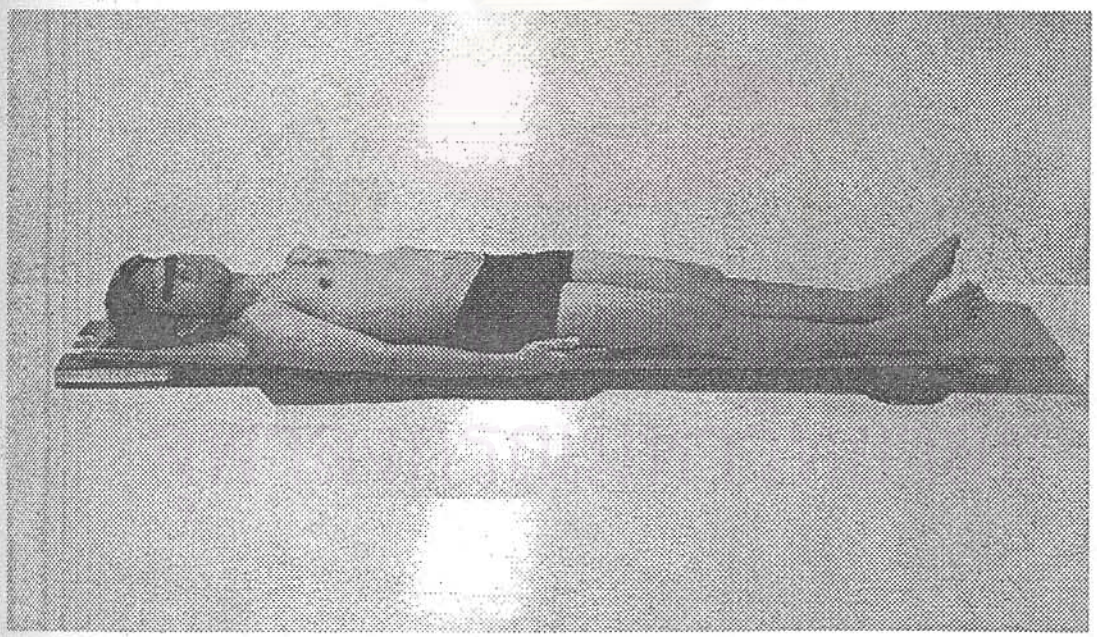
ภาคผนวก ก.

เครื่องมือ อุปกรณ์และวิธีการที่ใช้ในการศึกษา

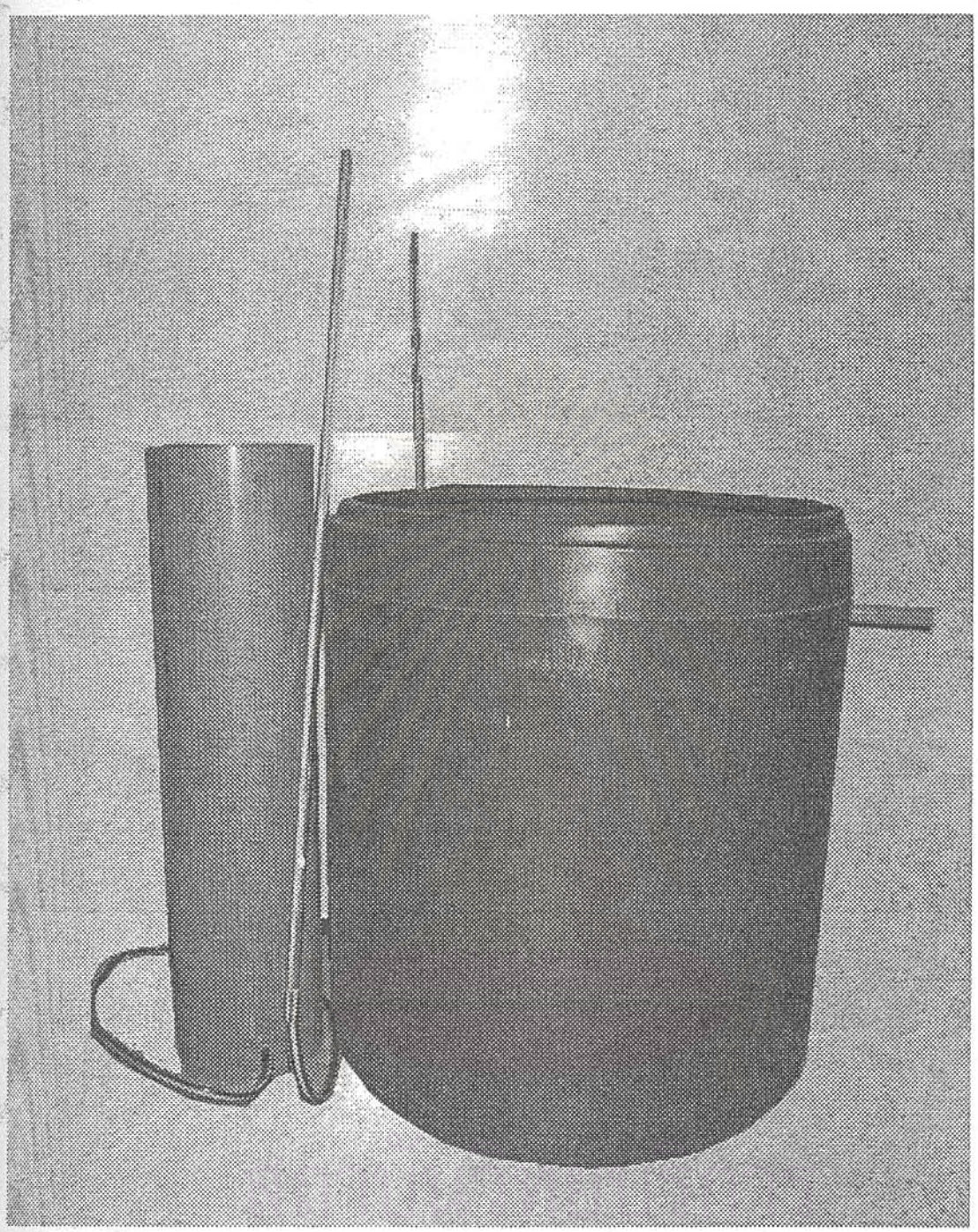
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.1 ไม้กระดานวางบนตาชั่งเพื่อใช้คำนวณหาศูนย์กลางมวลของร่างกาย

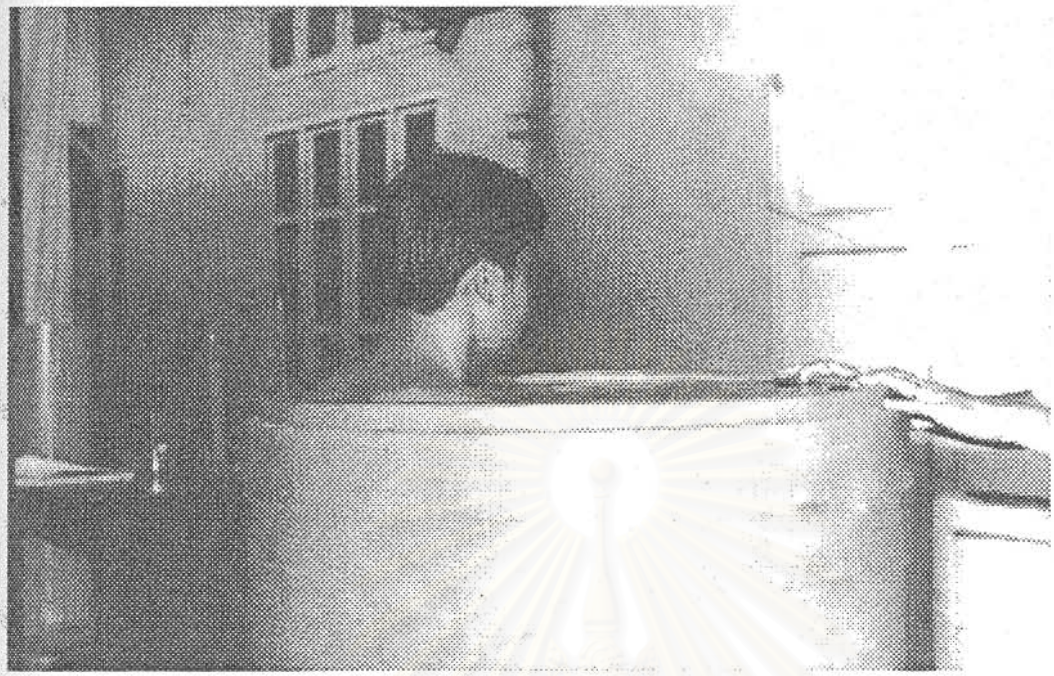


รูปที่ ก.2 ผู้ถูกทดสอบนอนบนไม้กระดานเพื่อหาศูนย์กลางมวลของร่างกาย

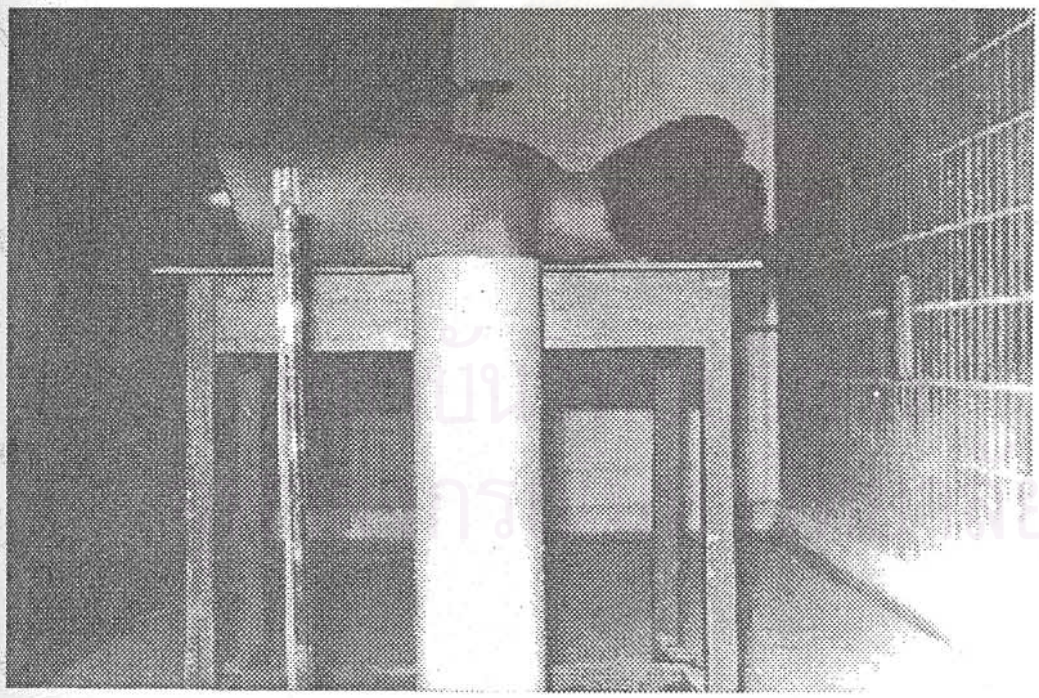


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

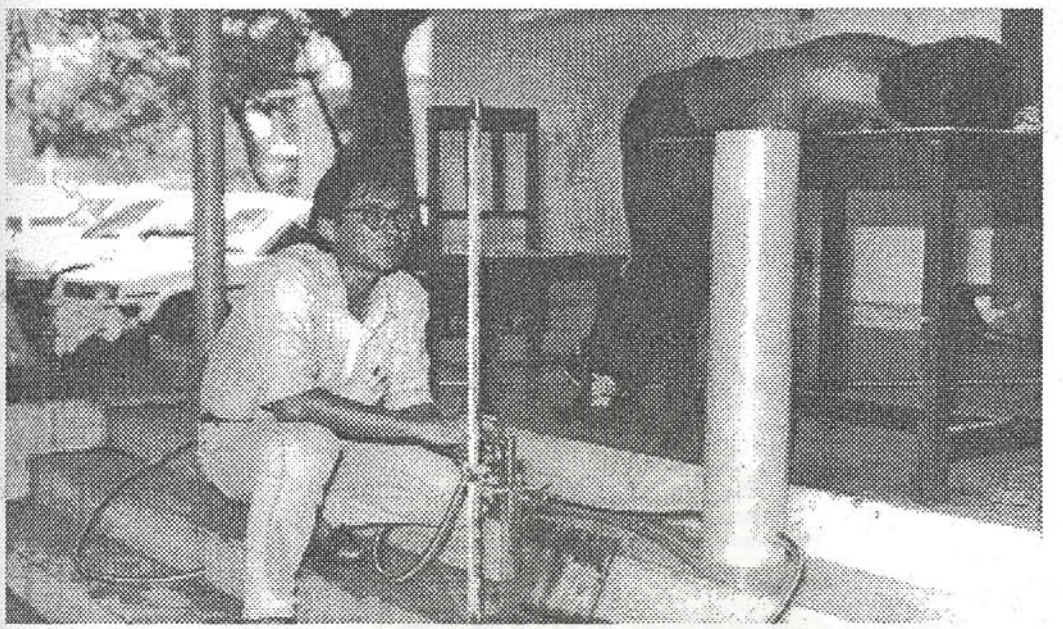
รูปที่ ก.3 ชุดเครื่องมืออุปกรณ์วัดหาปริมาตรของร่างกาย



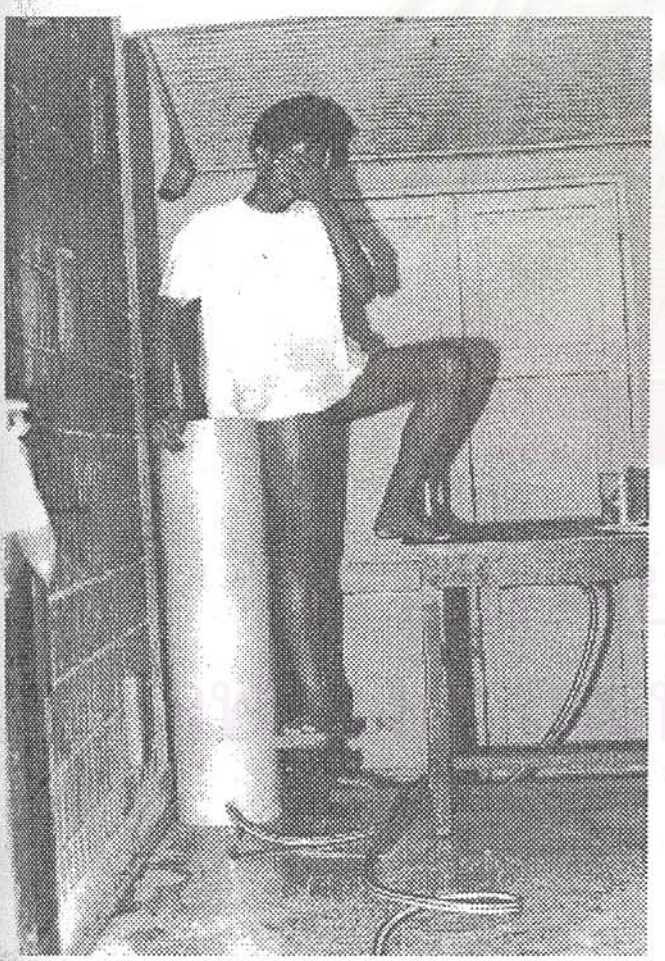
รูปที่ ก.4 ผู้ถูกทดสอบแช่อยู่ในถังเพื่อหาปริมาตรน้ำที่หายไปเมื่อถูกแทนที่โดยร่างกาย



รูปที่ ก.5 ผู้ถูกทดสอบแช่แขนลงในถังสูงเพื่อหาปริมาตรน้ำที่หายไปเมื่อถูกแขนแทนที่



รูปที่ ก.6 ผู้ทดสอบกำลังตรวจดูระดับความสูงของน้ำที่ถูกแทนที่โดยแขน



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ก.7 ผู้ถูกทดสอบกำลังเตรียมแช่ขาลงไปในถังสูง

ภาคผนวก ข

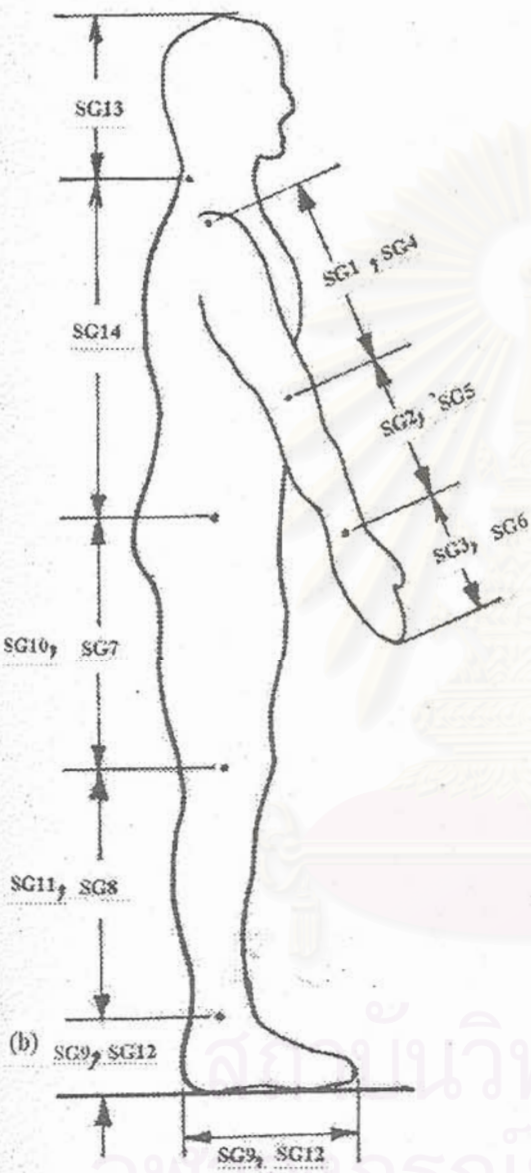
ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ของผู้ทดสอบชาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 สัญญลักษณ์และตำแหน่งจุดอ้างอิงในการแบ่งส่วนของร่างกาย

สัญญลักษณ์ย่อ	ส่วนใน / ส่วนนอก (Prox / Dist)	ส่วนของร่างกาย
SG1	หัวไหล่ / ข้อศอก	แขนขวาส่วนบน (right upper arm)
SG2	ข้อศอก / ข้อมือ	แขนขวาส่วนล่าง (right forearm)
SG3	ข้อมือ / ปลายนิ้ว (ปลายสุด)	มือขวา (right hand)
SG4	หัวไหล่ / ข้อศอก	แขนซ้ายส่วนบน (left upper arm)
SG5	ข้อศอก / ข้อมือ	แขนซ้ายส่วนล่าง (left lower arm)
SG6	ข้อมือ / ปลายนิ้ว (ปลายสุด)	มือซ้าย (left hand)
SG7	สะโพก / หัวเข่า	ขาขวาส่วนบน (right upper leg)
SG8	หัวเข่า / ข้อเท้า	ขาขวาส่วนล่าง (right lower leg)
SG9(a)	ส้นเท้า / ปลายนิ้ว (ปลายสุด)	เท้าขวา (right foot)
SG9(b)	ข้อเท้า / ฝ่าเท้า	เท้าขวา (right foot)
SG10	สะโพก / หัวเข่า	ขาซ้ายส่วนบน (left upper leg)
SG11	หัวเข่า / ข้อเท้า	ขาซ้ายส่วนล่าง (left lower leg)
SG12(a)	ส้นเท้า / ปลายนิ้ว (ปลายสุด)	เท้าซ้าย (left foot)
SG12(b)	ข้อเท้า / ฝ่าเท้า	เท้าซ้าย (left foot)
SG13	ต้นคอ / ศีรษะ (ปลายสุด)	ศีรษะและคอ (head and neck)
SG14	สะโพก / ต้นคอ	ลำตัว (trunk)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.1 แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงในการแบ่งส่วนของร่างกาย
(a) วัดจากส้นเท้าถึงปลายนิ้ว, (b) วัดจากข้อเท้าถึงฝ่าเท้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 ปริมาตร มวล ความสูง และความหนาแน่นของร่างกาย ผู้ทดสอบชาย 12 คน

หมายเลขผู้ถูกทดสอบ	มวล กก	ความสูง ซม	ปริมาตร ลิตร	ความหนาแน่น กก/ลิตร
1	75.0	180.0	71.934	1.0426
2	54.0	171.0	52.879	1.0212
3	55.0	169.0	53.560	1.0269
4	55.0	180.0	53.314	1.0316
5	64.0	175.0	59.272	1.0798
6	66.5	161.1	62.318	1.0671
7	58.0	171.2	53.152	1.0912
8	46.0	148.1	42.208	1.0898
9	50.0	155.6	46.311	1.0797
10	42.5	154.2	39.740	1.0694
11	51.0	155.8	47.111	1.0825
12	52.0	161.9	47.870	1.0863

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกายมวลและความยาวของส่วนต่างๆของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบชาย

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวล ของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) [a] (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) [b] (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG1	75.0	2.37	3.16	28.0	15.84	43.43	56.57	180.0
2	SG1	54.0	1.36	2.52	30.0	16.81	43.95	56.05	171.0
3	SG1	55.0	1.26	2.30	30.0	17.67	41.11	58.89	169.0
4	SG1	55.0	1.51	2.74	28.0	15.67	44.04	55.96	180.0
5	SG1	64.0	1.95	3.05	31.0	18.05	41.78	58.22	175.0
6	SG1	66.5	2.42	3.64	34.3	17.73	48.23	51.77	161.1
7	SG1	58.0	2.31	3.98	36.0	19.47	45.92	54.08	171.2
8	SG1	46.0	1.42	3.09	31.3	16.34	47.80	52.20	148.1
9	SG1	50.0	2.13	4.26	34.0	17.38	48.89	51.11	155.6
10	SG1	42.5	1.61	3.78	34.4	17.30	49.72	50.28	154.2
11	SG1	51.0	1.99	3.92	33.8	18.99	43.78	56.22	155.8
12	SG1	52.0	2.08	4.00	34.0	16.55	51.32	48.68	161.9

[a] ศูนย์กลางมวลของคอลัมน์ (2) วัดจาก Dist หมายความว่าวัดจากส่วนนอก (distal) ของ segment นั้น

[b] ศูนย์กลางมวลของคอลัมน์ (2) วัดจาก Prox หมายความว่าวัดจากส่วนใน (proximal) ของ segment นั้น

ตารางที่ข.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกายมวลและความยาวของส่วนต่างๆของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบชาย

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวลของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG2	75.0	1.20	1.60	28.0	15.70	41.85	58.15	180.0
2	SG2	54.0	0.76	1.45	26.0	15.07	42.04	57.96	171.0
3	SG2	55.0	0.72	1.30	25.0	14.87	40.51	59.49	169.0
4	SG2	55.0	0.84	1.53	28.0	16.63	40.59	59.41	180.0
5	SG2	64.0	1.16	1.81	28.0	15.76	43.70	56.30	175.0
6	SG2	66.5	1.01	1.51	26.5	15.27	42.38	57.62	161.1
7	SG2	58.0	0.95	1.64	28.2	16.82	40.35	59.65	171.2
8	SG2	46.0	0.76	1.65	23.2	13.47	41.94	58.06	148.1
9	SG2	50.0	0.90	1.81	26.0	14.29	45.04	54.96	155.6
10	SG2	42.5	0.75	1.77	26.7	15.30	42.71	57.29	154.2
11	SG2	51.0	0.90	1.77	26.3	15.04	42.72	57.28	155.8
12	SG2	52.0	1.12	2.15	28.0	16.02	42.80	57.20	161.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกายมวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบชาย

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวลของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG3	75.0	0.55	0.73	21.0	12.09	42.41	57.59	180.0
2	SG3	54.0	0.38	0.71	19.0	10.69	43.72	56.29	171.0
3	SG3	55.0	0.36	0.66	19.0	10.10	46.83	53.17	169.0
4	SG3	55.0	0.35	0.64	20.0	10.43	47.84	52.16	180.0
5	SG3	64.0	0.43	0.67	19.0	10.59	44.28	55.72	175.0
6	SG3	66.5	0.28	0.42	17.5	10.10	42.28	57.72	161.1
7	SG3	58.0	0.37	0.64	19.0	11.35	40.28	59.72	171.2
8	SG3	46.0	0.28	0.60	16.8	9.91	40.82	59.18	148.1
9	SG3	50.0	0.24	0.49	18.0	10.75	40.27	59.73	155.6
10	SG3	42.5	0.29	0.64	17.9	11.04	38.31	61.69	154.2
11	SG3	51.0	0.37	0.73	17.1	9.91	42.04	57.96	155.8
12	SG3	52.0	0.42	0.82	18.0	9.94	44.77	55.23	161.9

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกายมวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบชาย

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวลของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG4	75.0	2.33	3.11	28.0	15.94	43.07	56.93	180.0
2	SG4	54.0	1.31	2.41	30.0	17.01	43.32	56.68	171.0
3	SG4	55.0	1.26	2.29	30.0	17.63	41.24	58.76	169.0
4	SG4	55.0	1.49	2.71	28.0	15.17	45.82	54.18	180.0
5	SG4	64.0	1.91	2.98	31.0	18.11	41.57	58.43	175.0
6	SG4	66.5	2.38	3.58	34.0	17.69	47.98	52.02	161.1
7	SG4	58.0	2.28	3.93	36.0	19.50	45.84	54.16	171.2
8	SG4	46.0	1.38	2.99	31.3	16.52	47.22	52.78	148.1
9	SG4	50.0	1.98	3.97	34.0	17.64	48.13	51.87	155.6
10	SG4	42.5	1.40	3.30	34.4	17.54	49.00	51.00	154.2
11	SG4	51.0	1.94	3.80	33.7	18.97	43.71	56.29	155.8
12	SG4	52.0	1.99	3.83	34.0	16.82	50.53	49.47	161.9

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกายมวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบชาย

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวลของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG5	75.0	1.13	1.50	27.0	15.91	41.09	58.91	180.0
2	SG5	54.0	0.76	1.41	26.0	15.24	41.37	58.63	171.0
3	SG5	55.0	0.73	1.33	25.0	14.36	42.57	57.43	169.0
4	SG5	55.0	0.89	1.62	28.0	16.20	42.15	57.85	180.0
5	SG5	64.0	1.05	1.65	28.0	15.74	43.78	56.22	175.0
6	SG5	66.5	1.01	1.51	28.0	16.75	40.17	59.83	161.1
7	SG5	58.0	0.93	1.60	28.2	16.49	41.52	58.48	171.2
8	SG5	46.0	0.69	1.51	23.2	13.56	41.55	58.45	148.1
9	SG5	50.0	0.81	1.63	26.0	14.56	43.99	56.01	155.6
10	SG5	42.5	0.69	1.63	26.7	15.36	42.47	57.53	154.2
11	SG5	51.0	0.85	1.66	26.3	15.09	42.51	57.49	155.8
12	SG5	52.0	0.99	1.90	28.0	15.63	44.19	55.81	161.9

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกายมวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบชาย

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวลของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG6	75.0	0.45	0.60	21.0	12.11	42.31	57.69	180.0
2	SG6	54.0	0.35	0.64	19.0	10.61	44.15	55.85	171.0
3	SG6	55.0	0.37	0.66	19.0	10.21	46.24	53.76	169.0
4	SG6	55.0	0.29	0.53	20.0	10.48	47.61	52.39	180.0
5	SG6	64.0	0.39	0.62	19.0	10.52	44.61	55.39	175.0
6	SG6	66.5	0.25	0.37	17.5	10.08	42.39	57.61	161.1
7	SG6	58.0	0.39	0.68	19.0	11.19	41.12	58.88	171.2
8	SG6	46.0	0.23	0.50	16.8	10.13	39.51	60.49	148.1
9	SG6	50.0	0.24	0.47	18.0	10.88	39.58	60.42	155.6
10	SG6	42.5	0.27	0.63	17.9	11.43	36.12	63.88	154.2
11	SG6	51.0	0.39	0.78	17.1	9.85	42.41	57.59	155.8
12	SG6	52.0	0.43	0.82	18.0	9.49	47.26	52.74	161.9

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกายมวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบชาย

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวลของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG7	75.0	8.33	11.10	36.0	20.68	42.55	57.45	180.0
2	SG7	54.0	6.44	11.93	32.0	16.97	46.95	53.05	171.0
3	SG7	55.0	6.56	11.92	31.0	17.75	42.75	57.25	169.0
4	SG7	55.0	5.08	9.24	36.0	20.81	42.20	57.80	180.0
5	SG7	64.0	7.77	12.13	37.0	20.58	44.39	55.61	175.0
6	SG7	66.5	6.15	9.25	32.0	18.20	43.11	56.89	161.1
7	SG7	58.0	6.18	10.65	36.0	19.70	45.28	54.72	171.2
8	SG7	46.0	4.37	9.51	30.0	16.59	44.71	55.29	148.1
9	SG7	50.0	5.17	10.34	34.0	18.96	44.23	55.77	155.6
10	SG7	42.5	3.96	9.33	32.0	17.49	45.34	54.66	154.2
11	SG7	51.0	4.58	8.98	28.0	16.17	42.23	57.77	155.8
12	SG7	52.0	4.35	8.37	32.0	17.59	45.04	54.96	161.9

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกายมวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบชาย

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวลของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG8	75.0	3.34	4.45	40.0	22.93	42.67	57.33	180.0
2	SG8	54.0	3.39	6.30	40.0	23.24	41.90	58.10	171.0
3	SG8	55.0	3.55	6.46	39.0	23.70	39.24	60.76	169.0
4	SG8	55.0	2.61	4.73	40.0	21.81	45.47	54.53	180.0
5	SG8	64.0	3.87	6.05	44.0	25.72	41.56	58.44	175.0
6	SG8	66.5	2.89	4.36	37.0	21.78	41.13	58.87	161.1
7	SG8	58.0	3.45	5.95	38.0	21.63	43.07	56.93	171.2
8	SG8	46.0	2.07	4.51	32.0	18.66	41.70	58.31	148.1
9	SG8	50.0	2.01	4.02	32.0	17.89	44.09	55.91	155.6
10	SG8	42.5	1.99	4.69	36.0	18.91	47.46	52.54	154.2
11	SG8	51.0	2.34	4.58	33.0	19.04	42.31	57.69	155.8
12	SG8	52.0	2.38	4.58	40.0	22.98	42.54	57.46	161.9

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกายมวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบชาย

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวลของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG9	75.0	1.22	1.63	24.0	14.01	41.64	58.36	180.0
2	SG9	54.0	0.83	1.54	22.0	13.58	38.29	61.71	171.0
3	SG9	55.0	0.79	1.45	22.0 (a)	12.98	41.00	59.00	169.0
4	SG9	55.0	0.89	1.62	24.0	13.83	42.36	57.64	180.0
5	SG9	64.0	1.08	1.69	22.0	13.33	39.43	60.57	175.0
6	SG9	66.5	0.76	1.15	10.0	3.53	64.68	35.32	161.1
7	SG9	58.0	0.97	1.68	10.0	4.54	54.62	45.38	171.2
8	SG9	46.0	0.67	1.45	9.0	3.57	60.29	39.71	148.1
9	SG9	50.0	0.82	1.64	10.0 (b)	3.96	60.41	39.59	155.
10	SG9	42.5	0.61	1.44	8.0	2.99	62.65	37.35	154.2
11	SG9	51.0	0.70	1.38	8.0	2.77	65.39	34.62	155.8
12	SG9	52.0	1.05	2.02	11.0	4.09	62.83	37.17	161.9

หมายเหตุ (a) ความยาวของเท้าวัดจาก ส้นเท้าถึงปลายนิ้ว ดูรูปที่ ข.1

(b) ความยาวของเท้าวัดจาก ข้อเท้าถึงฝ่าเท้า ดูรูปที่ ข.1

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกายมวลและความยาวของส่วนต่างๆของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบชาย

...สอบ ...ยเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวลของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG10	75.0	8.27	11.03	36.0	20.44	43.22	56.78	180.0
2	SG10	54.0	6.34	11.74	32.0	16.94	47.07	52.93	171.0
3	SG10	55.0	6.39	11.62	31.0	17.71	42.88	57.12	169.0
4	SG10	55.0	5.03	9.15	36.0	20.96	41.79	58.21	180.0
5	SG10	64.0	7.55	11.80	37.0	20.72	43.99	56.01	175.0
6	SG10	66.5	6.01	9.03	32.0	18.31	42.78	57.22	161.1
7	SG10	58.0	6.22	10.72	36.0	19.75	45.13	54.87	171.2
8	SG10	46.0	4.27	9.29	30.0	16.48	45.06	54.94	148.1
9	SG10	50.0	4.99	9.99	34.0	18.96	44.25	55.75	155.6
10	SG10	42.5	3.77	8.87	32.0	17.54	45.20	54.80	154.2
11	SG10	51.0	4.60	9.02	28.0	16.25	41.98	58.02	155.8
12	SG10	52.0	4.38	8.42	32.0	17.24	46.14	53.86	161.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกายมวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบชาย

ลำดับที่ของผู้ทดสอบ (1)	ส่วนต่างๆ ของร่างกาย (2)	มวลของร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความยาวของคอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลางมวลของคอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลางมวลของคอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หารด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูงของ (1) ซม (10)
1	SG11	75.0	3.19	4.25	40.0	22.32	44.19	55.81	180.0
2	SG11	54.0	3.32	6.15	40.0	23.19	42.01	57.99	171.0
3	SG11	55.0	3.49	6.35	39.0	23.90	38.73	61.27	169.0
4	SG11	55.0	2.44	4.44	40.0	22.18	44.55	55.45	180.0
5	SG11	64.0	3.71	5.79	44.0	25.84	41.27	58.73	175.0
6	SG11	66.5	2.79	4.21	37.0	21.79	41.11	58.89	161.1
7	SG11	58.0	3.34	5.76	38.0	21.80	42.62	57.38	171.2
8	SG11	46.0	1.98	4.31	32.0	18.69	41.60	58.40	148.1
9	SG11	50.0	1.97	3.95	32.0	18.00	43.74	56.26	155.6
10	SG11	42.5	1.80	4.24	36.0	18.90	47.50	52.50	154.2
11	SG11	51.0	2.37	4.65	33.0	19.11	42.09	57.91	155.8
12	SG11	52.0	2.31	4.45	40.0	23.48	41.30	58.70	161.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกายมวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบชาย

ลำดับ ที่ผู้ทดสอบ (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวลของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG12	75.0	1.18	1.58	24.0	13.97	41.80	58.20	180.0
2	SG12	54.0	0.76	1.42	22.0	13.66	37.92	62.08	171.0
3	SG12	55.0	0.79	1.45	22.0(a)	12.98	41.00	59.00	169.0
4	SG12	55.0	0.85	1.54	24.0	13.77	42.62	57.38	180.0
5	SG12	64.0	1.11	1.73	22.0	12.95	41.14	58.86	175.0
6	SG12	66.5	0.75	1.12	10.0	3.62	63.79	36.21	161.1
7	SG12	58.0	0.82	1.41	10.0	4.59	54.06	45.94	171.2
8	SG12	46.0	0.62	1.35	9.0	3.52	60.84	39.16	148.1
9	SG12	50.0	0.79	1.58	10.0(b)	4.13	58.68	41.32	155.6
10	SG12	42.5	0.59	1.40	8.0	3.17	60.41	39.60	154.2
11	SG12	51.0	0.71	1.39	8.0	2.86	64.27	35.73	155.8
12	SG12	52.0	1.06	2.03	11.0	4.19	61.94	38.06	161.9

หมายเหตุ (a) ความยาวของเท้าวัดจาก ส้นเท้าถึงปลายนิ้ว ดูรูปที่ ข.1

(b) ความยาวของเท้าวัดจาก ข้อเท้าถึงฝ่าเท้า ดูรูปที่ ข.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกายมวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบชาย

...สอบ	ส่วนต่างๆ ของ	มวลของ ร่างกาย	มวลของ (2)	คอลัมน์ (4) หารด้วย	ความยาวของ คอลัมน์ (2)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์	ความสูง ของ (1)
...อบเลข (1)	ร่างกาย (2)	กก (3)	กก (4)	คอลัมน์ (3) (%)	ซม (6)	Dist (ซม) (7)	Prox (ซม) (8)	(6) (%)	ซม (10)
6	SG13	66.5	4.58	6.88	21.0	12.39	41.01	58.99	161.1
7	SG13	58.0	4.53	7.80	24.4	13.72	43.67	56.33	171.2
8	SG13	46.0	3.63	7.88	22.8	13.06	42.60	57.40	148.1
9	SG13	50.0	4.26	8.51	21.5	12.45	42.11	57.89	155.6
10	SG13	42.5	3.48	8.20	24.6	13.77	43.91	56.09	154.2
11	SG13	51.0	3.93	7.70	26.9	14.76	45.12	54.88	155.8
12	SG13	52.0	4.27	8.21	21.0	12.20	41.92	58.08	161.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกายมวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ถูกทดสอบเพศชาย

ลำดับที่ (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวลของร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลางมวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลางมวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หารด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูงของ (1) ซม (10)
1	SG14	75.0	35.63	47.51	64.0	34.24	46.51	53.49	180.0
2	SG14	54.0	24.41	45.20	60.0	32.51	45.82	54.18	171.0
3	SG14	55.0	24.99	45.44	60.0	32.10	46.50	53.50	169.0
4	SG14	55.0	27.99	50.89	64.0	32.66	48.96	51.04	180.0
5	SG14	64.0	29.33	45.83	62.0	31.76	48.77	51.23	175.0
6	SG14	66.5	39.49	59.39	60.5	32.63	46.06	53.94	161.1
7	SG14	58.0	25.26	43.55	63.0	31.94	49.31	50.69	171.2
8	SG14	46.0	23.62	51.34	54.3	27.95	48.53	51.47	148.1
9	SG14	50.0	23.67	47.34	58.0	29.65	48.87	51.13	155.6
10	SG14	42.5	21.27	50.05	53.0	27.61	47.90	52.10	154.2
11	SG14	51.0	25.31	49.63	60.0	31.91	46.82	53.18	155.8
12	SG14	52.0	25.17	48.41	57.9	28.99	49.88	50.12	161.9

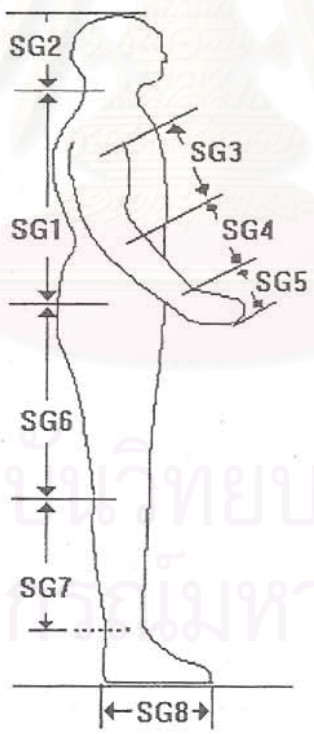
ภาคผนวก ค

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ของผู้ทดสอบหญิง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 สัญญลักษณ์ตัวย่อ และจุดอ้างอิงในการแบ่งส่วนของร่างกายที่ใช้ในตาราง

สัญญลักษณ์ย่อ	ส่วนใน / ส่วนนอก (Proximal / Distal)	ส่วนของร่างกาย
SG1	สะโพก / ต้นคอ	ลำตัว (trunk)
SG2	ต้นคอ / ศีรษะ (ปลายสุด)	ศีรษะและคอ (head and neck)
SG3	หัวไหล่ / ข้อศอก	แขนส่วนบน (upper arm)
SG4	ข้อศอก / ข้อมือ	แขนส่วนล่าง (lower arm)
SG5	ข้อมือ / ปลายนิ้ว (ปลายสุด)	มือ (hand)
SG6	สะโพก / หัวเข่า	ขาส่วนบน (upper leg)
SG7	หัวเข่า / ข้อเท้า	ขาส่วนล่าง (lower leg)
SG8	ส้นเท้า / ปลายนิ้ว (ปลายสุด)	เท้า (foot)



รูปที่ ค.1 แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงในการแบ่งส่วนของร่างกาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.2 ปริมาตร มวล ความสูง และความหนาแน่นของร่างกาย ผู้ทดสอบหญิงจำนวน 10 คน

หมายเลขผู้ทดสอบ	มวล กก	ความสูง ซม	ปริมาตร ลิตร	ความหนาแน่น กก/ลิตร
1	48.50	151.30	48.04	1.039
2	57.00	159.90	55.24	1.041
3	52.50	157.50	51.88	1.039
4	45.00	161.10	43.68	1.042
5	60.50	155.00	59.62	1.039
6	43.00	146.00	41.98	1.035
7	45.00	153.00	43.60	1.045
8	62.00	147.00	40.68	1.044
9	53.00	159.50	59.98	1.041
10	42.00	149.50	50.28	1.045

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.3 แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกาย มวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบหญิง

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวล ของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) [a] (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) [b] (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG1	49.50	23.65	47.77	40.00	21.63	45.94	54.06	151.30
2	SG1	57.00	26.94	47.26	52.00	24.69	52.52	47.48	159.90
3	SG1	53.50	25.23	47.15	44.00	20.05	54.43	45.57	157.50
4	SG1	45.00	21.72	48.26	48.00	26.43	44.95	55.05	161.10
5	SG1	61.50	29.35	47.73	48.00	25.70	46.47	53.53	155.00
6	SG1	43.00	20.74	48.23	52.00	26.84	48.39	51.61	146.00
7	SG1	45.00	22.14	49.19	44.00	23.70	46.13	53.87	153.00
8	SG1	42.00	21.83	51.96	44.00	22.92	47.92	52.08	147.00
9	SG1	62.00	33.33	53.75	52.00	25.75	50.48	49.52	159.50
10	SG1	52.00	24.37	46.87	50.00	24.39	51.23	48.77	149.50

[a] ศูนย์กลางมวลของคอลัมน์ (2) วัดจาก Dist หมายความว่าวัดจากส่วนนอก (distal) ของ segment นั้น

[b] ศูนย์กลางมวลของคอลัมน์ (2) วัดจาก Prox หมายความว่าวัดจากส่วนใน (proximal) ของ segment นั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกาย มวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวล ของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG2	49.50	5.63	11.38	28.00	15.00	46.44	53.56	151.30
2	SG2	57.00	5.48	9.60	28.00	13.73	50.97	49.03	159.90
3	SG2	53.50	5.71	10.68	27.00	14.78	45.26	54.74	157.50
4	SG2	45.00	4.56	10.13	23.00	10.95	52.39	47.61	161.10
5	SG2	61.50	6.56	10.67	28.00	12.97	53.68	46.32	155.00
6	SG2	43.00	4.98	11.57	28.00	14.72	47.43	52.57	146.00
7	SG2	45.00	4.69	10.41	28.00	13.03	53.46	46.54	153.00
8	SG2	42.00	4.86	11.58	28.00	14.36	48.71	51.29	147.00
9	SG2	62.00	6.49	10.47	27.00	14.52	48.25	53.75	159.50
10	SG2	52.00	5.52	10.60	27.00	13.85	48.70	51.30	149.50

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกาย มวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบหญิง

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวล ของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG3	49.50	1.45	2.93	29.00	15.37	46.97	53.03	151.30
2	SG3	57.00	1.60	2.80	32.00	17.91	44.03	55.97	159.90
3	SG3	53.50	1.59	2.98	29.00	18.02	37.86	62.14	157.50
4	SG3	45.00	1.16	2.57	28.00	13.94	50.22	49.78	161.10
5	SG3	61.50	1.91	3.10	31.00	15.15	48.89	51.11	155.00
6	SG3	43.00	1.19	2.76	28.00	14.62	47.80	52.20	146.00
7	SG3	45.00	1.28	2.83	28.00	15.04	46.27	53.73	153.00
8	SG3	42.00	1.22	2.89	28.00	13.82	50.64	49.36	147.00
9	SG3	62.00	1.79	2.87	29.00	15.62	46.13	53.87	159.50
10	SG3	52.00	1.75	3.37	32.00	16.83	47.43	52.57	149.50

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกาย มวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบหญิง

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวล ของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG4	49.50	0.72	1.44	22.00	11.64	47.09	52.91	151.30
2	SG4	57.00	0.83	1.45	20.00	10.63	46.88	53.12	159.90
3	SG4	53.50	0.79	1.47	24.00	13.91	42.05	57.95	157.50
4	SG4	45.00	0.66	1.47	24.00	10.00	58.33	41.67	161.10
5	SG4	61.50	0.96	1.55	25.00	13.92	44.31	55.69	155.00
6	SG4	43.00	0.53	1.23	20.00	10.83	45.86	54.14	146.00
7	SG4	45.00	0.68	1.52	23.00	13.57	41.01	58.99	153.00
8	SG4	42.00	0.66	1.58	22.00	12.72	42.18	57.82	147.00
9	SG4	62.00	0.83	1.33	22.00	12.44	43.44	56.56	159.50
10	SG4	52.00	0.66	1.27	24.00	13.78	42.59	57.41	149.50

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกาย มวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบหญิง

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวล ของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG5	49.50	0.28	0.55	17.00	10.70	37.06	62.94	151.30
2	SG5	57.00	0.29	0.51	18.00	11.31	37.16	62.84	159.90
3	SG5	53.50	0.28	0.51	17.00	10.40	38.83	61.17	157.50
4	SG5	45.00	0.28	0.61	18.00	11.78	34.56	65.44	161.10
5	SG5	61.50	0.35	0.56	19.00	11.50	39.48	60.52	155.00
6	SG5	43.00	0.26	0.59	17.00	10.67	37.19	62.81	146.00
7	SG5	45.00	0.37	0.82	19.00	10.63	44.08	55.92	153.00
8	SG5	42.00	0.31	0.74	18.00	10.47	41.84	58.16	147.00
9	SG5	62.00	0.26	0.41	18.00	13.07	27.39	72.61	159.50
10	SG5	52.00	0.31	0.60	18.00	11.64	35.50	64.70	149.50

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกาย มวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบหญิง

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวล ของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG6	49.50	15.00	30.30	40.00	24.04	39.92	60.08	151.30
2	SG6	57.00	18.60	32.63	40.00	24.11	39.73	60.27	159.90
3	SG6	53.50	17.23	32.19	40.00	24.82	37.95	62.05	157.50
4	SG6	45.00	12.79	28.41	40.00	22.74	43.17	56.83	161.10
5	SG6	61.50	18.43	29.97	40.00	24.31	39.24	60.75	155.00
6	SG6	43.00	12.50	29.07	36.00	22.91	36.36	63.64	146.00
7	SG6	45.00	13.21	29.36	40.00	23.39	41.53	58.47	153.00
8	SG6	42.00	11.88	28.28	40.00	23.03	42.43	57.57	147.00
9	SG6	62.00	14.82	23.89	36.00	22.45	37.64	62.36	159.50
10	SG6	52.00	17.32	33.30	44.00	26.45	39.89	60.11	149.50

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกาย มวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบหญิง

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวล ของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG7	49.50	2.14	4.32	34.00	19.63	42.25	57.75	151.30
2	SG7	57.00	2.63	4.61	36.00	20.75	42.38	57.62	159.90
3	SG7	53.50	2.28	4.26	36.00	21.75	39.59	60.41	157.50
4	SG7	45.00	2.19	4.87	36.00	22.18	38.39	61.61	161.10
5	SG7	61.50	3.06	4.97	37.00	22.91	38.10	61.90	155.00
6	SG7	43.00	2.13	4.95	32.00	19.00	40.62	59.38	146.00
7	SG7	45.00	2.27	5.04	34.00	18.85	44.57	55.43	153.00
8	SG7	42.00	1.76	4.18	35.00	20.69	40.88	59.12	147.00
9	SG7	62.00	3.16	5.10	31.00	18.38	40.70	59.30	159.50
10	SG7	52.00	2.15	4.13	32.00	17.91	44.03	55.97	149.50

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.3 (ต่อ) แสดงค่าความสูงและมวลของร่างกาย มวลและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่งและเมื่อเทียบกับความยาวของส่วนนั้นๆ ของผู้ทดสอบหญิง

ผู้ทดสอบ หมายเลข (1)	ส่วนต่างๆ ของ ร่างกาย (2)	มวล ของ ร่างกาย กก (3)	มวลของ (2) กก (4)	คอลัมน์ (4) หารด้วย คอลัมน์ (3) (%)	ความ ยาวของ คอลัมน์ (2) ซม (6)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Dist (ซม) (7)	ศูนย์กลาง มวลของ คอลัมน์ (2) วัดจาก Prox (ซม) (8)	คอลัมน์ (7) หาร ด้วย คอลัมน์ (6) (%)	ความสูง ของ (1) ซม (10)
1	SG8	49.50	0.73	1.47	6.50	4.58	29.54	70.46	151.30
2	SG8	57.00	0.63	1.11	7.00	4.70	32.96	67.04	159.90
3	SG8	53.50	0.63	1.18	7.50	4.88	34.93	65.07	157.50
4	SG8	45.00	0.63	1.40	9.00	5.89	34.56	65.44	161.10
5	SG8	61.50	0.73	1.18	6.00	4.00	33.33	66.67	155.00
6	SG8	43.00	0.48	1.12	6.50	3.63	44.23	55.77	146.00
7	SG8	45.00	0.69	1.53	6.50	3.84	32.42	67.58	153.00
8	SG8	42.00	0.39	0.93	5.50	3.04	44.79	55.12	147.00
9	SG8	62.00	0.93	1.49	5.50	4.18	24.16	75.84	159.50
10	SG8	52.00	0.73	1.40	7.00	5.04	28.09	71.91	149.50

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้ถูกทดสอบเพศชาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญลักษณ์ย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

BW คือ น้ำหนักของร่างกาย

HT คือ ความสูงของร่างกาย

SG-WV คือ น้ำหนักของส่วนของร่างกายที่ได้โดยการคำนวณจากปริมาตรและความหนาแน่น

SG-L คือ ความยาวของส่วนของร่างกาย

SG-C คือ ระยะของจุดศูนย์กลางมวลของส่วนของร่างกายเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่ง

P-SG-CD คือ ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อเทียบเป็นสัดส่วนกับความยาวของส่วนของร่างกายเมื่อวัดจากส่วนใน (Dist)

P-SG-CP คือ ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อเทียบเป็นสัดส่วนกับความยาวของส่วนของร่างกายเมื่อวัดจากส่วนนอก (Prox)

ตารางที่ ง.1 ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก ปริมาตร ความสูง และความหนาแน่นของร่างกายของผู้ทดสอบชาย

Correlation Coefficients Table / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 12

	น้ำหนัก	ความสูง	ปริมาตร	ความหนาแน่น
น้ำหนัก	1.0000(1)	0.6951	0.9901	-0.2478
	0.0000(2)	0.0121	0.0001	0.4375
ความสูง	0.6951	1.0000	0.7446	-.5835
	0.0121	0.0000	0.0055	0.0464
ปริมาตร	0.9901	0.7446	1.0000	-0.3805
	0.0001	0.0055	0.0000	0.2224
ความหนาแน่น	-0.2478	-.5835	-0.3805	1.0000
	0.4375	0.0464	0.2224	0.0000

หมายเหตุ (1) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

(2) ระดับนัยสำคัญ

ตารางที่ ง.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของร่างกายกับน้ำหนักและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายของผู้ทดสอบชาย

CORRELATION COEFFICIENCT TABLE / Prob >: R : under Ho : Rho=0

ส่วนของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับมวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับความยาวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
แขนขวาส่วนบน	0.5739(1) 0.051(2) 12(3)	-0.3578 0.2535 12
แขนขวาส่วนล่าง	0.7206 0.0082 12	0.4871 0.1082 12
มือขวา	0.6520 0.0216 12	0.6295 0.0283 12
แขนซ้ายส่วนบน	0.6460 0.0232 12	-0.3718 0.2340 12
แขนซ้ายส่วนล่าง	0.8562 0.0004 12	0.4658 0.1269 12
มือซ้าย	0.4651 0.1276 12	0.6295 0.0283 12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.2 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของร่างกายกับน้ำหนักและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายของผู้ทดสอบชาย

CORRELATION COEFFICIENCT TABLE / Prob >|R|under Ho: Rho=0

ส่วนของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับมวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับความยาวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
ขาขวาส่วนบน	0.8737 0.0002 12	0.5452 0.0668 12
ขาขวาส่วนล่าง	0.6880 0.0134 12	0.5575 0.0597 12
เท้าขวา	0.7393(1) 0.0060(2) 12(3)	0.4455 0.4522 (a) 5
เท้าขวา	0.7393 0.0060 12	0.5219 0.2296 (b) 7
ขาซ้ายส่วนบน	0.8859 0.0001 12	0.5452 0.0668 12
ขาซ้ายส่วนล่าง	0.6771 0.0156 12	0.5575 0.0597 12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.2 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของร่างกายกับน้ำหนักและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายของผู้ทดสอบชาย

CORRELATION COEFFICIENCT TABLE / Prob >|R|under Ho: Rho=0

ส่วนของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับมวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับความยาวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
เท้าซ้าย	0.7233 0.0079 12	0.4455 0.4522 (a) 5
เท้าซ้าย	0.7233 0.0079 12	0.5219 0.2296 (b) 7
ลำตัว	0.8740 0.0002 12	0.7761 0.0030 12
ศีรษะและคอ	0.8879 0.0076 7	-0.3381 0.4582 7

หมายเหตุ (a) ความยาวเท้าวัดจากส้นเท้าถึงปลายนิ้ว ดูรูปที่ ข.1

(b) ความยาวเท้าวัดจากข้อเท้าถึงผ่าเท้า ดูรูปที่ ข.1

(1) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

(2) ระดับนัยสำคัญ

(3) จำนวนข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.3 ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับน้ำหนักและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายของผู้ทดสอบชาย

CORRELATION COEFFICIENCT TABLE / Prob >|R|under Ho: Rho=0

ส่วนของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับมวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับความยาวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
แขนขวาส่วนบน	0.0857(1) 0.7912(2) 12(3)	-0.6044 0.0374 12
แขนขวาส่วนล่าง	0.3930 0.2063 12	0.6581 0.0200 12
มือขวา	0.7008 0.0111 12	0.9262 0.0001 12
แขนซ้ายส่วนบน	0.1605 0.6182 12	-0.6035 0.0377 12
แขนซ้ายส่วนล่าง	0.5867 0.0449 12	0.5390 0.0706 12
มือซ้าย	0.5549 0.0611 12	0.9262 0.0001 12

ตารางที่ ง.3 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับน้ำหนักและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายของผู้ถูกทดสอบเพศชาย

CORRELATION COEFFICIENCT TABLE / Prob >|R|under Ho: Rho=0

ส่วนของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับมวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับความยาวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
ขาขวาส่วนบน	0.7396 0.0060 12	0.7341 0.0066 12
ขาขวาส่วนล่าง	0.7604 0.0041 12	0.8275 0.0009 12
เท้าขวา	0.7448 0.0055 12	0.9038 0.0353 (a) 5
เท้าขวา	0.7448 0.0055 12	0.5398 0.2111 (b) 7
ขาซ้ายส่วนบน	0.7550 0.0045 12	0.7341 0.0066 12
ขาซ้ายส่วนล่าง	0.7332 0.0067 12	0.8275 0.0009 12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.3 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับน้ำหนักและความยาวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายของผู้ถูกทดสอบเพศชาย

CORRELATION COEFFICIENCT TABLE / Prob >|R|under Ho: Rho=0

ส่วนของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับมวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับความยาวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
เท้าซ้าย	0.6831 0.0143 12	0.9039 0.0353 (a) 5
เท้าซ้าย	0.6831 0.0143 12	0.8455 0.0166 (b) 7
ลำตัว	0.4110 0.1844 12	0.8694 0.0002 12
ศีรษะและคอ	0.7885 0.0351 7	-0.0503 0.9147 7

หมายเหตุ (a) ความยาวเท้าวัดจากส้นเท้าถึงปลายนิ้ว ดูรูปที่ ข.1

(b) ความยาวเท้าวัดจากข้าเท้าถึงผ่าเท้า ดูรูปที่ ข.1

(1) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

(2) ระดับนัยสำคัญ

(3) จำนวนข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.4 ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าสูงสุด, ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 10, 90, 95 ของน้ำหนักของส่วนต่างๆของร่างกายที่ได้โดยคำนวณจากปริมาตรและความหนาแน่น,ความยาวและจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของผู้ทดสอบชาย

RIGHT UPPER ARM (SG1)

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	12	1.87	0.42	1.27	2.42	1.26	1.36	2.37	2.42
SG-L	ซม	12	32.1	2.7	28.0	36.0	28.0	28.0	34.4	36.0
SG-C	ซม	12	17.3	1.2	15.7	19.5	15.7	15.8	19.0	19.5
P-SG-CD	ซม	12	45.8	3.3	41.1	51.2	41.1	41.8	49.7	51.2
P-SG-CP	ซม	12	54.2	3.3	48.7	58.9	48.7	50.3	58.2	58.9

RIGHT FOREARM (SG2)

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	12	0.92	0.17	0.72	1.20	0.72	0. 75	1.16	1.20
SG-L	ซม	12	26.7	1.5	23.2	28.2	23.2	25.0	28.0	28.2
SG-C	ซม	12	15.4	0.9	13.5	16.8	13.5	14.3	16.6	16.8
P-SG-CD	ซม	12	42.2	1.4	40.4	45.0	40.4	40.5	43.7	45.0
P-SG-CP	ซม	12	57.8	1.4	55.0	59.7	55.0	56.3	59.5	59.7

RIGHT HAND (SG3)

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	12	0.36	0.09	0.24	0.55	0. 24	0.28	0.43	0.55
SG-L	ซม	12	18.5	1.2	16.8	21.0	16.8	17.1	20.0	21.0
SG-C	ซม	12	10.6	0.7	9.9	12.1	9.9	9.9	11.4	12.1
P-SG-CD	ซม	12	42.8	2.8	38.3	47.8	38.3	40.3	46.8	47.8
P-SG-CP	ซม	12	57.2	2.8	52.2	61.7	52.2	53.2	59.7	61.7

ตารางที่ ง.4 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าสูงสุด, ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 10,90, 95 ของน้ำหนักของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ได้โดยคำนวณจากปริมาตรและความหนาแน่น, ความยาวและจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของผู้ทดสอบชาย

LEFT UPPER ARM (SG4)

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	12	1.80	0.42	1.26	2.38	1.26	1.30	2.33	2.37
SG-L	ซม	12	32.0	2.7	28.0	36.0	28.0	28.0	34.4	36.0
SG-C	ซม	12	17.4	1.2	15.2	19.5	15.2	15.9	19.0	19.5
P-SG-CD	ซม	12	45.6	3.0	41.2	50.5	41.2	41.6	49.0	50.5
P-SG-CP	ซม	12	54.4	3.0	49.5	58.8	49.5	51.0	58.4	58.8

LEFT FOREARM(SG5)

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	12	0.88	0.14	0.69	1.13	0.65	0.69	1.05	1.13
SG-L	ซม	12	26.7	1.5	23.2	28.2	23.2	25.0	28.0	28.2
SG-C	ซม	12	15.4	0.9	13.7	16.8	13.6	14.4	16.5	16.8
P-SG-CD	ซม	12	42.3	1.2	40.2	44.2	40.2	41.1	44.0	44.2
P-SG-CP	ซม	12	57.7	1.2	55.8	59.8	55.8	56.0	58.9	59.8

LEFT HAND (G6)

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	12	0.34	0.08	0.23	0.45	0.23	0.24	0.43	0.45
SG-L	ซม	12	18.5	1.2	16.8	21.0	16.8	17.1	20.0	21.0
SG-C	ซม	12	10.6	0.7	9.5	12.1	9.5	9.9	11.4	12.1
P-SG-CD	ซม	12	42.8	3.4	36.1	47.6	36.1	39.5	47.3	47.6
P-SG-CP	ซม	12	57.2	3.4	52.4	63.9	52.4	52.7	60.5	63.9

ตารางที่ ง.4 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าสูงสุด, ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 10,90, 95 ของน้ำหนักของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ได้โดยคำนวณจากปริมาตรและความหนาแน่น, ความยาวและจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของผู้ทดสอบชาย

RIGHT UPPER LEG (SG7)

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	12	5.75	1.39	3.96	8.33	3.96	4.35	7.77	8.33
SG-L	ซม	12	33.0	2.8	28.0	37.0	28.0	30.0	36.0	37.0
SG-C	ซม	12	18.5	1.7	16.2	20.8	16.2	16.6	20.7	20.8
P-SG-CD	ซม	12	44.1	1.5	42.2	47.0	42.2	42.2	45.3	47.0
P-SG-CP	ซม	12	55.9	1.5	53.1	57.8	53.1	54.7	57.8	57.8

RIGHT LOWERLEG (SG8)

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	12	2.83	0.68	1.99	3.87	1.99	2.01	3.55	3.87
SG-L	ซม	12	37.6	3.7	32.0	44.0	32.0	32.0	40.0	44.0
SG-C	ซม	12	21.5	2.4	17.9	25.7	17.9	18.7	23.7	25.7
P-SG-CD	ซม	12	42.8	2.1	39.2	47.5	39.2	41.1	45.5	47.5
P-SG-CP	ซม	12	57.2	2.1	52.5	60.8	52.5	54.5	58.9	60.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.4 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าสูงสุด, ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 10,90, 95 ของน้ำหนักของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ได้โดยคำนวณจากปริมาตรและความหนาแน่น, ความยาวและจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของผู้ทดสอบชาย

RIGHT FOOT (SG9)

Variable	N	Unit	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	12	กก	0.87	0.18	0.61	1.22	0.61	0.67	1.08	1.22
SG-L	5	ซม	22.8	1.1	22.0	24.0	22.0	22.0	24.0	24.0
SG-C	5	ซม	13.5	0.4	13.0	14.0	13.0	13.0	14.0	14.0
P-SG-CD	5	ซม	40.5	1.7	38.3	42.4	38.3	38.3	42.4	42.4 (a)
P-SG-CP	5	ซม	59.5	1.7	57.6	61.7	57.6	57.6	61.7	61.7
SG-L	7	ซม	9.4	1.1	8.0	11.0	8.0	8.0	11.0	11.0
SG-C	7	ซม	3.6	0.6	2.8	4.5	2.8	2.8	4.5	4.5
P-SG-CD	7	ซม	61.6	3.6	54.6	65.4	54.6	54.6	65.4	65.4 (b)
P-SG-CP	7	ซม	38.4	3.6	34.6	45.4	34.6	34.6	45.4	45.4

หมายเหตุ (a) ความยาวเท้าวัดจากข้อเท้าถึงฝ่าเท้า, (b) ความยาวเท้าวัดจากส้นเท้าถึงปลายนิ้ว ดูรูปที่ ข.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.4 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าสูงสุด, ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 10, 90, 95 ของน้ำหนักของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ได้โดยคำนวณจากปริมาตรและความหนาแน่น, ความยาวและจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของผู้ทดสอบชาย

LEFT UPPER LEG (SG10)

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	12	5.65	1.38	3.77	8.27	3.77	4.27	7.55	8.27
SG-L	ซม	12	33.0	2.8	28.0	37.0	28.0	30.0	36.0	37.0
SG-C	ซม	12	18.4	1.7	16.3	21.0	16.3	16.5	20.7	21.0
P-SG-CD	ซม	12	44.1	1.7	41.8	47.1	41.8	42.0	46.1	47.1
P-SG-CP	ซม	12	55.9	1.7	52.9	58.2	52.9	53.9	58.0	58.2

LEFT LOWER LEG (SG11)

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-L	ซม	12	37.6	3.7	32.0	44.0	32.0	32.0	40.0	44.0
SG-C	ซม	12	21.6	2.4	18.0	25.8	18.0	18.7	23.9	25.8
P-SG-CD	ซม	12	42.6	2.2	38.7	47.5	38.7	41.1	44.6	47.5
P-SG-CP	ซม	12	57.4	2.2	52.5	61.3	52.5	55.5	58.9	61.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.4 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าสูงสุด, ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 10, 90, 95 ของน้ำหนักของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ได้โดยคำนวณจากปริมาตรและความหนาแน่น, ความยาวและจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของผู้ทดสอบชาย

LEFT FOOT (G12)

Variable	N	Unit	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	12	กก	0.84	0.18	0.59	1.18	0.59	0.62	1.11	1.18
SG-L	5	ซม	22.8	1.1	22.0	24.0	22.0	22.0	24.0	24.0
SG-C	5	ซม	13.5	0.5	13.0	14.0	13.0	13.0	14.0	14.0
P-SG-CD	5	ซม	40.9	1.8	37.9	42.6	37.9	37.9	42.6	42.6 (a)
P-SG-CP	5	ซม	59.1	1.8	57.4	62.1	57.4	57.4	62.1	62.1
SG-L	7	ซม	9.4	1.1	8.0	11.0	8.0	8.0	11.0	11.0
SG-C	7	ซม	3.7	0.6	2.9	5.0	2.9	2.9	5.0	5.0
P-SG-CD	7	ซม	60.6	3.5	54.1	64.3	54.1	54.1	64.3	64.3 (b)
P-SG-CP	7	ซม	39.4	3.5	35.7	46.0	35.7	35.7	45.9	45.9

หมายเหตุ (a) ความยาวเท้าวัดจากข้อเท้าถึงฝ่าเท้า, (b) ความยาวเท้าวัดจากส้นเท้าถึงปลายนิ้ว

LEFT UPPER EG (SG13)

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	12	27.18	5.33	21.27	39.49	21.27	23.67	35.63	39.49
SG-L	ซม	12	59.7	3.5	53.0	64.0	53.0	54.3	64.0	64.0
SG-C	ซม	12	31.2	2.1	27.6	34.2	27.6	28.0	32.7	34.2
P-SG-CD	ซม	12	47.8	1.4	45.8	49.9	45.8	46.1	49.3	49.9
P-SG-CP	ซม	12	52.2	1.4	50.1	54.2	50.1	50.7	53.9	54.2

ตารางที่ ง.4 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าสูงสุด, ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์ไตล์ที่ 5, 10, 90, 95 ของน้ำหนักของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ได้โดยคำนวณจากปริมาตรและความหนาแน่น, ความยาวและจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของผู้ถูกทดสอบเพศชาย

HEAD & NECK (SG14)

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	7	4.09	0.43	3.48	4.58	3.48	3.48	4.58	4.58
SG-L	ซม	7	23.2	2.2	21.0	26.9	21.0	21.0	26.9	26.9
SG-C	ซม	7	13.2	0.9	12.2	14.8	12.2	12.2	14.8	14.8
P-SG-CD	ซม	7	42.9	1.4	41.0	45.1	41.0	41.0	45.1	45.1
P-SG-CP	ซม	7	57.1	1.4	54.9	59.0	54.9	54.9	59.0	59.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้ทดสอบหญิง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญญลักษณ์ย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

BW	คือ น้ำหนักของร่างกาย
HT	คือ ความสูงของร่างกาย
SG-WV	คือ น้ำหนักของส่วนของร่างกายที่ได้โดยการคำนวณจากปริมาตรและความหนาแน่น
SG-L	คือ ความยาวของส่วนของร่างกาย
SG-C	คือ ระยะของจุดศูนย์กลางมวลของส่วนของร่างกายเมื่อวัดจากปลายข้างหนึ่ง
P-SG-CD	คือ ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อเทียบเป็นสัดส่วนกับความยาวของส่วนของร่างกายเมื่อวัดจากส่วนใน (Dist)
P-SG-CP	คือ ระยะจุดศูนย์กลางมวลเมื่อเทียบเป็นสัดส่วนกับความยาวของส่วนของร่างกายเมื่อวัดจากส่วนนอก (Prox)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่จ.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก ปริมาตร ความสูง และความหนาแน่นของร่างกาย

Correlation Coefficients Table / Prob > |R| under Ho: Rho=0 / N = 10

	น้ำหนัก	ความสูง	ปริมาตร	ความหนาแน่น
น้ำหนัก	1.0000(1)	0.1638	0.3970	-0.0132
	0.0000(2)	0.6512	0.2560	0.9712
ความสูง	0.1638	1.0000	0.5604	0.0851
	0.6512	0.0000	0.0920	0.8153
ปริมาตร	0.3970	0.5604	1.0000	-0.1359
	0.2560	0.0920	0.0000	0.7081
ความหนาแน่น	-0.0132	0.0851	-0.1359	1.0000
	0.9712	0.8153	0.7081	0.0000

หมายเหตุ (1) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

(2) ระดับนัยสำคัญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของร่างกายกับน้ำหนักและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายของผู้ถูกทดสอบเพศหญิง

CORRELATION COEFFICIENCT TABLE / Prob >: R : under Ho : Rho=0

ส่วนของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับมวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับความยาวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
แขนส่วนบน	0.9312(1) 0.0001(2) 10(3)	-0.6451 0.0440 10
แขนส่วนล่าง	0.8781 0.0008 10	0.2120 0.5566 10
มือ	-.0173 0.9621 10	0.2348 0.5137 10
เท้า(a)	0.7388 0.0147 10	0.7388 0.0147 10
ขาส่วนบน	0.7947 0.0060 10	-.0515 0.8876 10
ขาส่วนล่าง	0.9014 0.0004 10	0.0609 0.8673 10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.2 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของร่างกายกับน้ำหนักและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย

CORRELATION COEFFICIENCT TABLE / Prob >|R|under Ho: Rho=0

ส่วนของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับมวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างมวลของร่างกายกับความยาวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
ลำตัว	0.9478(1) 0.0000(2) 10(3)	0.3564 0.3121 10
ศีรษะและคอ	0.9195 0.0002 10	0.1540 0.6711 10

หมายเหตุ (a) ความยาวเท้าวัดจากส้นเท้าถึงปลายนิ้ว ดูรูปที่ ค. 1

(1) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

(2) ระดับนัยสำคัญ

(3) จำนวนข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับน้ำหนักและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย

CORRELATION COEFFICIENCT TABLE / Prob >|R|under Ho: Rho=0

ส่วนของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับมวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับความยาวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
แขนส่วนบน	0.3088(1) 0.3853(2) 10(3)	0.1869 0.6051 10
แขนส่วนล่าง	0.5928 0.0709 10	0.2193 0.5428 10
มือ	-.1497 0.6798 10	0.1973 0.5848 10
เท้า (a)	0.5320 0.1135 10	0.4514 0.1904 10
ขาส่วนบน	0.3883 0.2675 10	-.0722 0.8430 10
ขาส่วนล่าง	0.5944 0.0700 10	0.3701 0.2924 10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.3 (ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับน้ำหนักและความยาวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

CORRELATION COEFFICIENCT TABLE / Prob >|R|under Ho: Rho=0

ส่วนของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับมวลของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	สปส.สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของร่างกายกับความยาวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
ลำตัว	0.5357(1) 0.1105(2) 10(3)	0.2117 0.2117 10
ศีรษะและคอ	0.2755 0.4411 10	-.5256 0.1187 10

หมายเหตุ (a) ความยาวเท้าวัดจากส้นเท้าถึงปลายนิ้ว ดูรูปที่ ค. 1

(1) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

(2) ระดับนัยสำคัญ

(3) จำนวนข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.4 ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าสูงสุด, ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 10, 90, 95 ของน้ำหนักของส่วนต่างๆของร่างกายที่ได้โดยคำนวณจากปริมาตรและความหนาแน่น,ความยาวและจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของผู้ทดสอบหญิง

UPPER ARM

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	10	1.49	0.26	1.16	1.91	1.07	1.16	1.83	1.92
SG-L	ซม	10	29.4	1.6	28.0	32.0	26.8	27.4	31.4	32.0
SG-C	ซม	10	15.6	1.4	13.8	18.0	13.3	13.8	17.5	18.0
P-SG-CD	ซม	10	53.4	3.5	49.4	62.1	47.7	48.9	57.8	59.1
P-SG-CP	ซม	10	46.6	3.5	37.9	50.6	40.9	42.2	51.1	52.3

FORE ARM

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	10	0.73	0.11	0.53	0.96	0.55	0.59	0.88	0.92
SG-L	ซม	10	22.6	1.6	20.0	25.0	19.9	20.5	24.7	25.3
SG-C	ซม	10	12.3	1.4	10.0	13.9	10.0	10.5	14.2	14.7
P-SG-CD	ซม	10	54.6	4.8	41.7	59.0	46.8	48.5	60.7	62.5
P-SG-CP	ซม	10	45.4	4.8	41.0	58.3	37.5	39.3	51.5	53.2

HAND

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	10	0.29	0.036	0.26	0.37	0.24	0.25	0.34	0.36
SG-L	ซม	10	17.9	0.7	17.0	19.0	16.7	17.0	18.8	19.1
SG-C	ซม	10	10.9	1.1	8.3	13.1	9.0	9.4	12.3	12.7
P-SG-CD	ซม	10	60.8	6.4	46.3	72.6	50.3	52.6	69.0	71.3
P-SG-CP	ซม	10	39.2	6.4	27.4	53.7	28.7	31.0	47.4	49.7

ตารางที่ ค.4 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าสูงสุด, ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 10,90, 95 ของน้ำหนักของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ได้โดยคำนวณจากปริมาตรและความหนาแน่น, ความยาวและจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของผู้ทดสอบหญิง

UPPER LEG

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	10	15.18	24.27	11.88	18.61	11.19	12.06	18.29	19.17
SG-L	ซม	10	39.6	2.2	36.0	44.0	36.1	36.8	42.4	43.1
SG-C	ซม	10	23.8	1.1	22.5	26.5	22.0	22.4	25.3	25.7
P-SG-CD	ซม	10	60.2	2.0	56.8	63.6	56.9	57.6	62.8	63.6
P-SG-CP	ซม	10	39.8	2.0	36.4	43.2	36.4	37.2	42.4	43.1

LOWER LEG

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	10	2.38	0.42	1.76	3.17	1.69	1.84	2.92	3.07
SG-L	ซม	10	34.3	2.0	31.0	37.0	31.1	31.8	36.8	37.5
SG-C	ซม	10	20.2	1.6	17.9	22.9	17.5	18.1	22.3	22.9
P-SG-CD	ซม	10	58.8	2.1	55.4	61.9	55.5	56.2	61.5	62.2
P-SG-CP	ซม	10	41.2	2.1	38.1	44.6	37.8	38.5	43.8	44.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.4 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าสูงสุด, ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 10,90, 95 ของน้ำหนักของส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ได้โดยคำนวณจากปริมาตรและความหนาแน่น, ความยาวและจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆ ของผู้ทดสอบหญิง

FOOT

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	10	0.66	0.14	0.39	0.93	0.43	0.48	0.84	0.89
SG-L	ซม	10	6.7	1.0	5.5	9.0	5.1	5.4	8.0	8.3
SG-C	ซม	10	4.4	0.8	3.0	5.9	3.1	3.4	5.4	5.6
P-SG-CD	ซม	10	66.1	6.2	55.1	75.8	56.0	58.2	74.0	76.2
P-SG-CP	ซม	10	33.9	6.2	24.2	44.9	23.8	26.0	41.8	44.0

TRUNK

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	10	24.93	3.76	20.74	33.33	18.74	20.10	29.76	31.12
SG-L	ซม	10	47.4	4.0	40.0	52.0	26.8	20.8	21.6	26.9
SG-C	ซม	10	24.2	2.1	20.1	26.8	20.8	21.6	26.9	27.6
P-SG-CD	ซม	10	51.2	3.0	45.6	55.1	46.2	47.3	55.0	56.1
P-SG-CP	ซม	10	48.8	3.0	45.0	54.4	43.9	45.0	52.7	53.8

HEAD & NECK

Variable	Unit	N	Mean	SD	Min	Max	5	10	90	95
SG-WV	กก	10	5.45	6.62	4.56	6.56	4.36	4.59	6.29	6.54
SG-L	ซม	10	27.2	1.5	23.0	28.0	24.8	25.3	29.1	29.6
SG-C	ซม	10	13.8	1.2	11.0	15.0	11.9	12.3	15.3	15.7
P-SG-CD	ซม	10	50.7	2.9	46.3	54.7	45.8	46.9	54.4	55.5
P-SG-CP	ซม	10	49.3	2.9	45.3	53.7	44.5	45.6	53.1	54.2

ประวัติผู้วิจัย

กิตติ อินทรานนท์ สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับสอง สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2509 เริ่มรับราชการที่สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท ได้รับทุน AID ลาไปศึกษาต่อที่ University of Houston จนได้รับปริญญา MS in IE เมื่อเดือนพฤษภาคม 2516 และในเดือนเมษายน 2521 ได้โอนมารับราชการเป็นอาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ต่อมาได้ลาไปศึกษาต่อที่ Texas Tech University โดยทุนของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ทำวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง Evaluation of Anaerobic Threshold for Lifting Tasks จนได้รับปริญญา Ph.D. เมื่อเดือนธันวาคม 2526 เคยเป็นเลขาธิการสมาคมซีเอส (Southeast Asian Ergonomics Society) ในระหว่างปี 2534-2537 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ หัวหน้าหน่วยปฏิบัติการวิจัยการยศาสตร์ ขณะเดียวกันก็ได้ไปช่วยทำหน้าที่ประธานโครงการจัดตั้งคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และเป็นสมาชิกสมาคมวิชาชีพ ดังนี้

สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
สมาคมวิศวกรความปลอดภัยไทย
สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยในการทำงาน
สมาคมอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงาน
Southeast Asian Ergonomics Society
Society of Fire Protection Engineers
International Association of Arson Investigators

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย