การวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนร่างกายและแรงกดอัดที่หลังส่วนล่าง
ของประชากรอายุ 13 – 18 ปี

นางสาวณัฐชา เมฆเจริญ

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ANALYSIS OF ANTHROPOMETRIC DATA AND LOW BACK COMPRESSIVE FORCE OF 13 – 18 YEAR-OLD POPULATION

Miss Nutcha Mekcharoen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนร่างกายและแรงกดอัดที่หลังส่วนล่างของประชากรอายุ 13 – 18 ปี
โดย	นางสาวณัฐชา เมฆเจริญ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……. ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

……... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล)

……. กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

……. กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ นพ.อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์)

ณัฐชา เมฆเจริญ : การวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนร่างกายและแรงกดอัดที่หลังส่วนล่างของประชากรอายุ 13 – 18 ปี. (ANALYSIS OF ANTHROPOMETRIC DATA AND LOW BACK COMPRESSIVE FORCE OF 13 – 18 YEAR-OLD POPULATION)
อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ.ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล, 95 หน้า.

การวิเคราะห์ขนาดสัดส่วนร่างกายของวัยรุ่นตามแนวทางการยศาสตร์นั้น จำเป็นต้องรู้ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของผู้ใช้งาน ซึ่งการหาข้อมูลดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธีตั้งแต่การวัดโดยตรงจากกลุ่มประชากร การใช้ค่ามาตรฐานสัดส่วนร่างกาย รวมถึงการใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาส ตร์ การหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ใช้กับข้อมูลพื้นฐานที่มี คือ น้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนจะช่วยให้การการวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนร่างกาย ซึ่งการหาความสัมพันธ์เหล่านี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในท่ายืนและท่านั่งจำนวน 20 สัดส่วน และการวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ท่ารวมทั้งคำนวณค่าแรงกดอัดที่หลังส่วนล่าง จากจำนวนนักเรียน 420 คน

สมการถดถอยเชิงเส้นและสมการความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณ ถูกนำมาใช้หาความสัมพันธ์ดังกล่าว ถูกสร้างขึ้นจากตัวแปรต้น คือ ข้อมูลด้านความสูงและน้ำหนักของร่างกาย โดยแต่ละสัดส่วนแสดงเป็นสมการ 3 สมการ คือ 1. สมการที่ใช้ข้อมูลเฉพาะความสูง 2. สมการที่ใช้ข้อมูลเฉพาะน้ำหนัก และ 3. สมการที่ใช้ข้อมูลทั้งความสูงและน้ำหนักร่ว มกัน ซึ่งแต่ละสมการให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่แตกต่างกัน โดยส่วนมากสมการที่ใช้ข้อมูลด้านความสูงและน้ำหนักร่วมกันจะให้ค่า R^2 สูงกว่าการใช้ตัวแปรต้นเพียงตัวแปรใดตัวแปรหนึ่ง ดังนั้นการนำสมการไปใช้งานจึงขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานว่าต้องการความแม่นยำมากน้อยเพียงใด และในส่วนของการวัดกำลังสถิตกล้ามเนื้อทำให้เราทราบค่าน้ำหนักยกหรือภาระงานที่เหมาะสมและยอมรับได้ซึ่งไม่เกิดอันตรายต่อแรงงานในแต่ละช่วงอายุและเพศ ซึ่งพิจารณาทั้งส่วนของกำลังสถิตของกล้ามเนื้อและแรงกดอัดที่หลังส่วนล่าง

ภาควิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก…….

ปีการศึกษา 2554

5271532821 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS : ANTHROPOMETRIC DATA / BODY PROPORTION / TEENS

NUTCHA MEKCHAROEN: ANALYSIS OF ANTHROPOMETRIC DATA AND LOW BACK COMPRESSIVE FORCE OF 13 – 18 YEAR-OLD POPULATION.
ADVISOR : PHAIROAT LADAVICHITKUL, Ph.D., 95 pp.

To design a workstation to suit the body proportion of the teens to follows the requirement of ergonomic; we need to know the anthropometric data of users. In terms to get this information; there is several approaches i.e. direct measurement from the target group, use standard value of anthropometric data or use mathematical for counting body proportion. To find the relationship of body proportion to invent the workstation to suit the teens; we could obtain the basic information such as weight and height of the teens in the high school. To get relevant information of body proportion, it has been conducted the data collection of 20 types of body proportion of the teens in the high school in the form of sitting and standing with the total of 420 students. These data collections have been done with using of digital camera to capture the types of body proportion.

The Equation of linear regression and Equation of Multiple Regression has been used to find the relationship; these equations in this analysis of the weight and height relationship has been found that the appendage of body such as legs and arms tends to increase in the same direction of body height increase. For the proportion in the area of body fat accumulation such as thigh and hip; it is tends to increase in the same direction of the increasing of body weight.

Department : Industrial Engineering Student's Signature .....
Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year : 2011

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้ข้อแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ รวมทั้งแนวทางในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร .นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร . วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ และ รองศาสตราจารย์ นพ .อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ และได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและชัดเจน

ขอขอบพระคุณผู้ปกครองและนักเรียนจากโรงเรียนสตรีอ่างทอง ที่เสียสละเวลาให้กับผู้วิจัยในการเก็บข้อมูล ขอบคุณสำหรับการให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีจาก ท่านผู้อำนวยการ , ฝ่ายบริหาร และคุณครู อาจารย์ทุกท่านของโรงเรียนสตรีอ่างทอง

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงแก่ บิดามารดา ครอบครัว และเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่ช่วยผลักดัน ส่งเสริมการทำงาน การสนับสนุนช่วยเหลือและกำลังใจ แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 7

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย..... 7

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 7

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 8

1.6 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย..... 9

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 10

2.1 พัฒนาการทางด้านสรีระ..... 10

2.2 คุณลักษณะต่างๆของมนุษย์ที่ใช้เป็นข้อมูล..... 12

2.3 การวัดสัดส่วนร่างกาย..... 13

2.4 การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์..... 18

2.5 การคำนวณแรงกระทำและโมเมนต์บนส่วนต่อของร่างกาย..... 19

2.6 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง..... 22

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 24

หน้า

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 28

3.1 ผู้เข้าร่วมงานวิจัย..... 28

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย..... 28

3.3 ขั้นตอนการวัดสัดส่วน 33

3.4 การติดตั้งและการจัดวางอุปกรณ์..... 35

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการถ่ายรูป..... 36

3.6 ขั้นตอนการวัดกำลังสถิต..... 37

3.7 การวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ..... 38

บทที่ 4 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล..... 42

4.1 ผลการสุ่มตัวอย่างของเด็กนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 6..... 42

4.2 วิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 5 และ 95..... 43

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของวัยรุ่นชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไป..... 48

4.4 เปรียบเทียบอัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูง..... 51

4.5 สมการสัดส่วนร่างกายจากข้อมูลส่วนสูงและน้ำหนักในรูปแบบ สมการความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นและสมการความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณ..... 53

4.6 การทดสอบกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ..... 57

4.7 แรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่าง..... 62

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 62

5.1 การวิจัยขนาดสัดส่วนร่างกายวัยรุ่นชายและวัยรุ่นหญิง..... 62

5.2 สมการที่ใช้หาขนาดสัดส่วนร่างกายจากข้อมูลส่วนสูงและน้ำหนัก..... 62

5.3 การทดสอบกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ..... 63

5.4 แรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่าง..... 64

5.5 เปรียบเทียบกำลังสถิตในแต่ละช่วงอายุ..... 65

5.6 ปัญหาและข้อจำกัดที่พบในงานวิจัย..... 66

5.7 ข้อเสนอแนะ..... 66

รายการอ้างอิง..... 67

ภาคผนวก..... 69

ภาคผนวก ก..... 70

ภาคผนวก ข..... 84

ภาคผนวก ค..... 86

ภาคผนวก ง..... 88

ภาคผนวก จ..... 93

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 95

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย.....	9
2.1	ตำแหน่งการวัดสัดส่วนร่างกาย 19 ค่ากับการนำไปใช้งาน.....	13
3.1	ตำแหน่งการวัดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียน.....	33
4.1	จำนวนนักเรียนเข้าร่วมวิจัยจำแนกตามอายุ.....	42
4.2	ขนาดสัดส่วนร่างกายของวัยรุ่นชายและหญิงอายุ 13 – 18 ปี ในสัดส่วนท่ายืน จำนวน 8 สัดส่วน.....	44
4.3	ขนาดสัดส่วนร่างกายของวัยรุ่นชายและหญิงอายุ 13 – 18 ปี ในสัดส่วนท่านั่ง จำนวน 12 สัดส่วน.....	46
4.4	สมการถดถอยเชิงเส้น, ค่าความคลาดเคลื่อน, ค่า R^2 และขอบเขตของสมการ.....	54
4.5	แสดงอายุ, เพศ, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของกำลังสถิตกล้ามเนื้อมือ.....	57
4.6	แสดงอายุ, เพศ, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของกำลังสถิตกล้ามเนื้อแขน.....	58
4.7	แสดงอายุ, เพศ, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของกำลังสถิตกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ.....	59
4.8	แสดงอายุ, เพศ, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของกำลังสถิตกล้ามเนื้อไหล่.....	61
4.9	แสดงอายุ, เพศ, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่าง.....	62
5.1	คำแนะนำน้ำหนักยกที่เหมาะสมในการยกแต่ละช่วงอายุจากร้อยละ 15	

(หน่วยเป็นกิโลกรัม)..... 63
5.2 คำแนะนำน้ำหนักยกที่เหมาะสมในการยกแต่ละช่วงอายุจาก 3400 นิวตัน (หน่วยเป็นกิโลกรัม)..... 64

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับส่วนสูงของปีพ .ศ. 2543 – 2544 กับปี พ.ศ.2553 - 2554..... 1
1.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับส่วนสูงของปีพ .ศ. 2543 – 2544 กับปี พ.ศ.2553 - 2554..... 1
1.3 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของผู้ชายในช่วงอายุ 2 – 20 ปี..... 3
1.4 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของผู้หญิงในช่วงอายุ 2 – 20 ปี..... 4
1.5 การเปลี่ยนแปลงของความสูงของผู้ชายในช่วงอายุ 2 – 20 ปี..... 5
1.6 การเปลี่ยนแปลงของความสูงของผู้หญิงในช่วงอายุ 2 – 20 ปี..... 6
2.1 ตัวอย่างสัดส่วนร่างกายของคนอเมริกันขณะอยู่นิ่งกับที่แสดงค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 5,10, 90, 95..... 12
2.2 สัดส่วนร่างกายของมนุษย์เมื่อมีการเคลื่อนที่..... 15
2.3 ลักษณะท่าทางของร่างกายเมื่อทำการยกของ..... 19
2.4 แผนภาพแรงแสดงตำแหน่งและทิศทางเมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนของมือ..... 20
2.5 แผนภาพแรงและโมเมนต์ของแขนส่วนล่าง..... 20
2.6 แผนภาพแรงและโมเมนต์ของแขนส่วนบนเพื่อวิเคราะห์หาแรงและโมเมนต์ที่กระทำต่อหัวไหล่..... 21
2.7 แผนภาพแรงและโมเมนต์ของลำตัวเพื่อวิเคราะห์หาแรงและโมเมนต์ที่กระทำต่อข้อต่อสันหลังที่ L5/S1..... 22

3.1 ชุดเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายพื้นฐาน Anthropometer..... 28
3.2 เก้าอี้นั่งปรับระดับได้..... 29
3.3 เครื่องชั่งน้ำหนักร่างกาย..... 29
3.4 กล้องถ่ายรูปดิจิตอล..... 30
3.5 ฉากหลังและพื้นปูยืนสีเขียว..... 30
3.6 อุปกรณ์อ้างอิงระยะ..... 31
3.7 เครื่องวัดแรงดึง Load cell พร้อม Digital Display..... 32
3.8 เครื่องวัดกำลังกล้ามเนื้อมือ Grip Dynamometer (G100) Biometrics E-LINK .. 32
3.9 กล้องถ่ายรูป CANON DIGITAL IXAS 120 IS..... 32

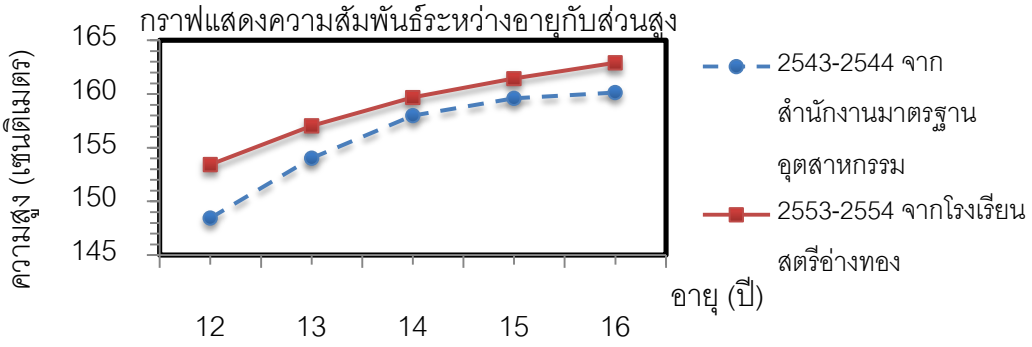
ภาพที่ หน้า

3.10 ขั้นตอนในกระบวนการเก็บข้อมูลโดยวิธีการถ่ายรูป..... 36
3.11 ท่าทางในการวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อแขน..... 38
3.12 ท่าทางในการวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อไหล่..... 39
3.13 ท่าทางในการวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ..... 40
3.14 ท่าทางในการวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือ..... 41
4.1 Probability Plot of ความสูงวัยรุ่นชายอายุ 13 ปี..... 43
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของวัยรุ่นชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกาย H, VR, EY, SD, EL, FG, CDในท่ายืน..... 48
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของวัยรุ่นชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกาย SI, EE, SE ER, KN, PO ในท่านั่ง..... 49
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของวัยรุ่นชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วน TH, BK, UL, BH, EB, HB ในท่านั่ง..... 50
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของวัยรุ่นชายและหญิง..... 51
4.6 อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงในท่ายืน..... 52
4.7 อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงในท่านั่ง..... 51
4.8 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อมือของวัยรุ่นชายและหญิง..... 57
4.9 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อแขนของวัยรุ่นชายและหญิง..... 59
4.10 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อส่วนต่างๆของวัยรุ่นชายและหญิง..... 60

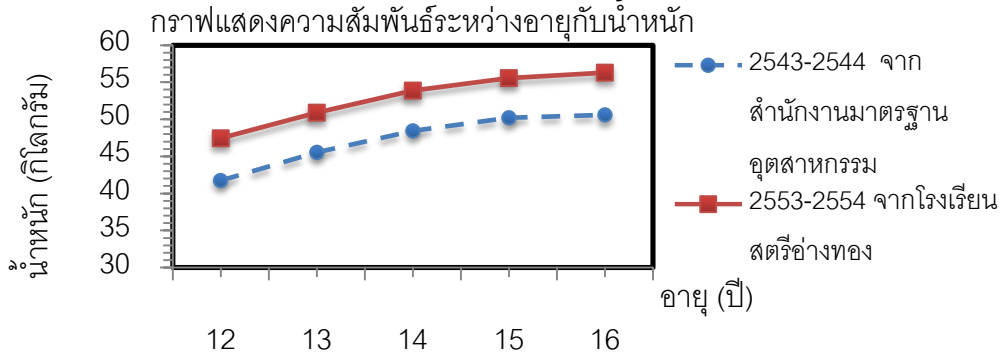
4.11 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อไหล่ของวัยรุ่นชายและหญิง..... 61
4.12 แสดงค่าเฉลี่ยแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่างของวัยรุ่นชายและหญิงกำลัง 63
5.1 สถิตกล้ามเนื้อเฉลี่ยทั้ง 4 ท่าของนักเรียนชั้นประถมศึกษาอายุระหว่าง 6 - 12 ปี, วัยรุ่นอายุ 13 – 18 ปี และกลุ่มประชากรภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยอายุระหว่าง 17 – 55 ปี..... 65

บทที่ 1
บทนำ

ในประเทศไทยมีนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 33.2 ซึ่งมีจำนวนถึง 4,740,910 คน ประชากรกลุ่มนี้จึงถือว่ามีความสำคัญที่เราจะต้องดูแลและพัฒนาคุณภาพชีวิต ดังที่ นพ.สุริยเดว (2551) กล่าวว่า วัยนี้เป็นวัยที่กำลังจะเติ บโตจากวัยเด็กไปสู่วัยผู้ใหญ่ และมีการเปลี่ยนแปลง ทางด้านฮอร์โมน ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต ทางด้านร่างกาย แต่จากที่ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการเจริญเติบโตทั้งส่วนสูงและน้ำหนักนั้น พบว่ามีข้อมูลจากอดีตมาแล้ว 10 ปี จึงนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลในปัจจุบันซึ่งเป็นข้อมูลเฉลี่ยของนักเรียนชั้นม .1 – ม.5 จำนวน 567, 609, 616, 478 และ 376 คนตามลำดับ



ภาพที่ 1.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับส่วนสูง ของปีพ.ศ.2543-2544 กับปีพ.ศ.2553-2554



ภาพที่ 1.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับน้ำหนัก ของปีพ.ศ.2543-2544 กับปีพ.ศ.2553-2554

จากกราฟภาพที่ 1.1 และ 1.2 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับส่วนสูงและน้ำหนักของปี พ.ศ.2543-2544 ซึ่งเป็นข้อมูลจากสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมเปรียบเทียบกับข้อมูลเฉลี่ยของนักเรียนมัธยมศึกษาของโรงเรียนสตรีอ่างทองในปีพ .ศ. 2553-2554 พบว่าข้อมูลของปี พ.ศ.2543-2544 ในอดีตแตกต่างกับข้ อมูลของปีพ .ศ. 2553-2554 ในปัจจุบัน แสดงว่าการเจริญเติบโตทางด้านร่างกายของนักเรียนมัธยมศึกษาเปลี่ยนไปจากอดีตเมื่อ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆที่สำคัญ ได้แก่ อาหาร, การพักผ่อน, สังคม, สภาพแวดล้อมตลอดจนการเจ็บป่วยจากโรคภัยไข้เจ็บ(พรรณลักษณ์ ศรีธนเศวต)

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

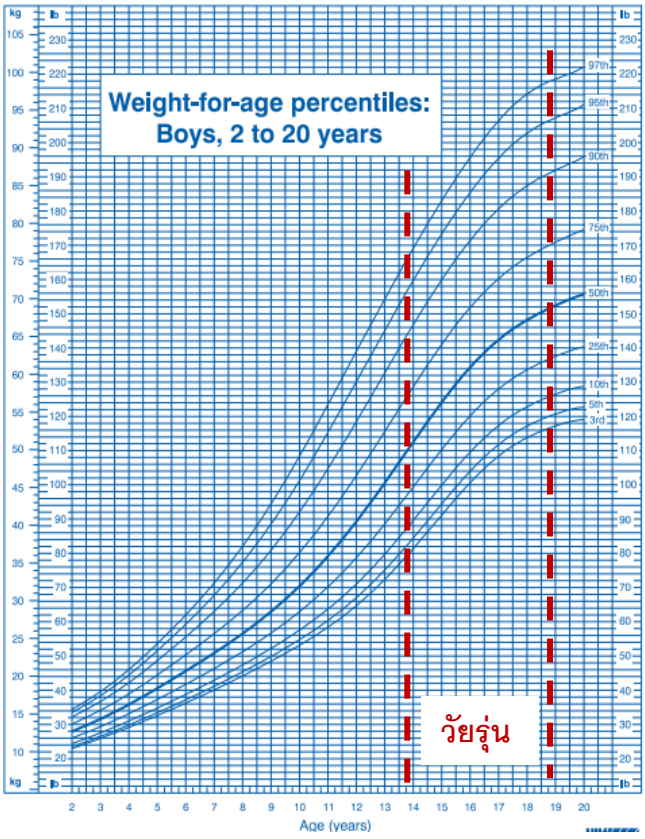
ในปัจจุบัน มีแรงงานเด็กกว่า 218 ล้านคนทั่วโลก ซึ่งหลายคนไม่ได้รับโอกาสทางการศึกษาที่จะช่วยให้พวกเขามีอนาคตที่ดีขึ้น และในจำนวนนี้มีถึง 126 ล้านคนที่ต้องทำงานที่เสี่ยงอันตราย สำหรับในประเทศไทยนั้นเผชิญกับปัญ หาการใช้แรงงานเด็กมาเป็นเวลานานแต่ในช่วงแผนพัฒน าเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (2540-2544) จำนวนแรงงานเด็กไทยมีแนวโน้มที่จะลดลง โดยสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทยได้ศึกษาสภาพปัญหาแล ะแนวโน้มของแรงงานเด็กในประเทศไท ยพบว่า ตั้งแต่ปี 2527-2543 จำนวนแรงงา นเด็กในระบบเศรษฐกิจไทยลดลงอย่างมาก (กิต กลุ่มเด็กยิ้ม เยาวชนพิทักษ์สิทธิ)

มูลนิธิเพื่อการพัฒนาเด็ก (มพด.) ได้นำเสนอประเด็น คือทางออกของการแก้ไขปัญหาแรงงานเด็ก โดยระบุว่าตามสถิติของกระทรวงแรงงานพบว่ามีเด็กกว่า 104,253 คน อายุระหว่าง 15-17 ปี ขึ้นทะเบียนเป็นแรงงานเด็กเมื่อปี 2550 ขณะที่สถิติของสำนักงานสถิติแห่งชาติเมื่อปี 2549 มีแรงงานผู้เยาว์อายุ 15-19 ปี จำนวน 1.5 ล้านคน และ 2 ใน 3 ของจำนวนนี้ทำงานในเศรษฐกิจนอกระบบ เช่น ทำงานกับครอบครัว ประกอบอาชีพอิสระ หรือทำงานเป็นลูกจ้างในกิจการขนาดเล็ ก (สถิติของกระทรวงแรงงาน) ดังนั้นการทำงานเพื่อป้องกันปัญหาการ ใช้แรงงานเด็กในรูปแบบที่เลวร้าย จึงควรเน้นให้ทั้งหน่วยงานภาครัฐและองค์กรพัฒนาเอกชน ภาคธุรกิจ สื่อมวลชน นายจ้าง กลุ่มเด็กและเยาวชน ต้องร่วมกันรณรงค์เผยแพร่ ผลักดันนโยบายและกลไกต่างๆ เพื่อให้การปกป้องเด็กจากสภาพเลวร้ายดังกล่าวหมดไปจากสังคมไทย

ดร.ยงยุทธ แฉล้มวงษ์ ผู้อำนวยการวิจัยด้านการพัฒนาแรงงาน สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย เปิดเผยว่า ขณะนี้ทีดีอาร์ไอกำลังศึกษาการใช้แรงงานเด็กในอุตสาหกรรมการแปรรูปกุ้งและอาหารทะเลซึ่งเป็นอุตสาหกรรมสำคัญและมีมูลค่ามากกว่า 9 หมื่นล้านบาท แต่จากในการสำรวจแรงง านต่างด้าวใน 5 จังหวัด พบว่าในจำนวนแรงงานต่างด้าว 600 คน ที่ตอบแบบสอบถาม เป็นแรงงานเด็กกว่า 20 ราย โดยในจำนวนนี้ครึ่งหนึ่งเป็นเยาวชนอายุระหว่าง 15 -

18 ปี อีกครึ่งอายุต่ำกว่า 15 ปี ในกลุ่มอายุ 15-18 ปี บางคนทำงานถึงวันละ 10 -12 ชั่วโมง ซึ่งเกินกฎหมายกำหนด แล ะรัฐยังดูแลไม่ถึง จึงเน้นการศึกษาตั้งแต่กระบวนการแรกของอุตสาหกรรมก่อนจะส่งเข้าโรงงาน ซึ่งมีแรงงานเข้าไปเกี่ยวข้องมากทั้งแรงงานไทยและแรงงานต่างด้าว (กรุงเทพฯ, พุธที่ 13 ตุลาคม 2553)

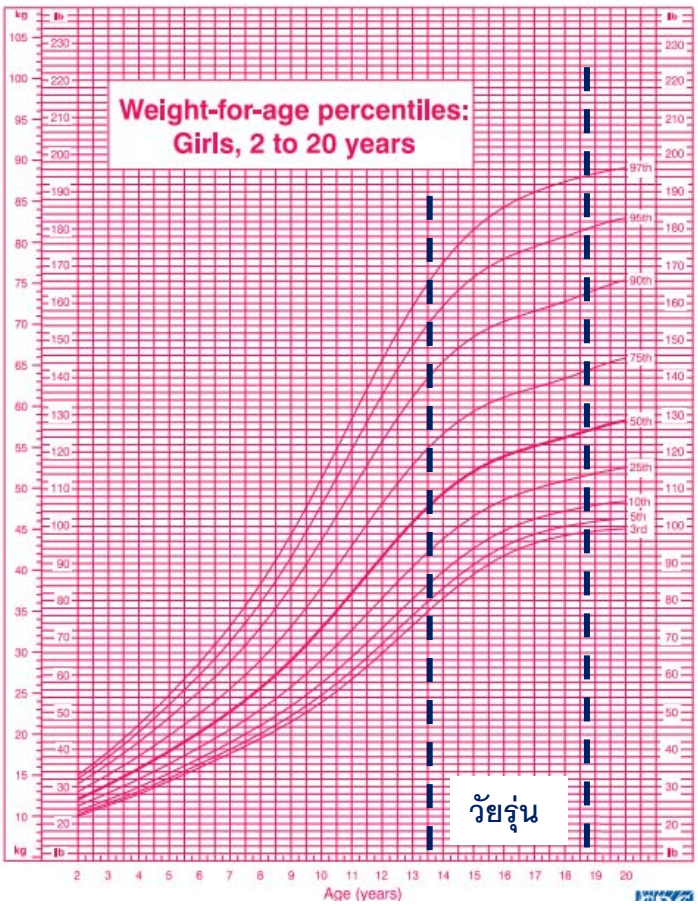
นักเรียนระดับมัธยมศึกษา ซึ่งมีอายุอยู่ในช่วง 12-18 ปีนี้ เป็นวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายจากวัยเด็กเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ ไม่ว่าจะเป็น น้ำหนักและความสูง , ไขมันและกล้ามเนื้อ จึงถือว่าเป็นกลุ่มประชาชนที่น่าสนใจในการทำวิจัย ดังรูปที่ 3-6 เป็นการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านน้ำหนักและส่วนสูงของผู้ชายและผู้หญิงในช่วงอายุตั้งแต่ 2 – 20 ปี



ภาพที่ 1.3 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของผู้ชายในช่วงอายุ 2 – 20 ปี
(2000 CDC Growth Charts for the United States:
DHHS Publication No. (PHS) 2002-1696)

จากภาพที่ 1.3 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับน้ำหนักของผู้ชายในช่วงอายุ 2- 20 ปี พบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของผู้ชายในช่วงอายุ 13 -18 มีการเปลี่ยนแปลงสูง สำหรับช่วงมัธยมศึกษาเริ่มมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว นพ.สุริยเดว (2551) กล่าวว่าวัยรุ่นชาย

จะมีกำลังของกล้ ามเนื้อมากกว่าวัยรุ่นผู้หญิง พละกำลังของกล้ามเนื้อจะแข็งแรงขึ้น ซึ่งมีผลกับการกำหนดภาระงานรวมทั้งการออกแบบสถานีงานให้เหมาะสม



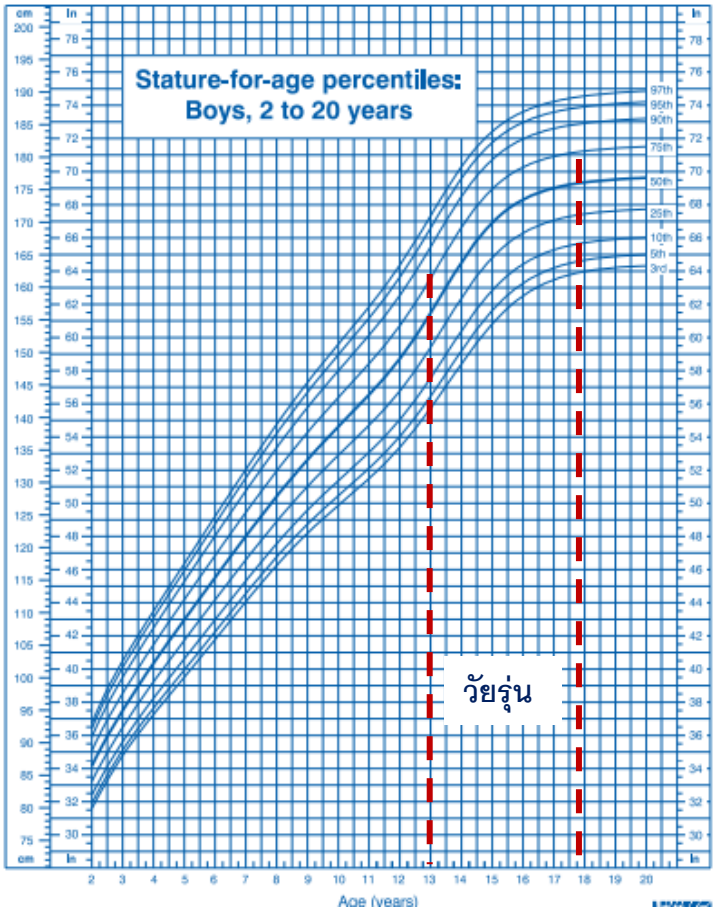
ภาพที่ 1.4 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของผู้หญิงในช่วงอายุ 2 – ๒๐ ป

(2000 CDC Growth Charts for the United States:

DHHS Publication No. (PHS) 2002-1696)

จากภาพที่ 1.4 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับน้ำหนักของผู้หญิงในช่วงอายุ 2-20 ปี พบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของผู้หญิงในช่วงอายุ 13 -18 มีการเปลี่ยนแปลงไม่สูงเท่ากับวัยรุ่นชาย นพ.สุริยเดว (2551) กล่าวว่า สำหรับวัยรุ่นหญิงถึงแม้ว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของกล้ามเนื้อ แต่ขณะเดียวกันจะมีการสะสมของไขมันใต้ผิวหนังเพิ่มขึ้นอีกโดยที่น้ำหนักจะเพิ่มได้ถึงร้อยละ 25 ของน้ำหนัก โดยเฉพาะไขมันที่สะสมที่เต้านมและสะโพก ซึ่งอาจทำให้ภาระงานของ

วัยรุ่นหญิงมีค่าน้อยกว่าวัยรุ่นชายรวมทั้งสัดส่วนที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อการออกแบบสถานีงานให้กับวัยรุ่น



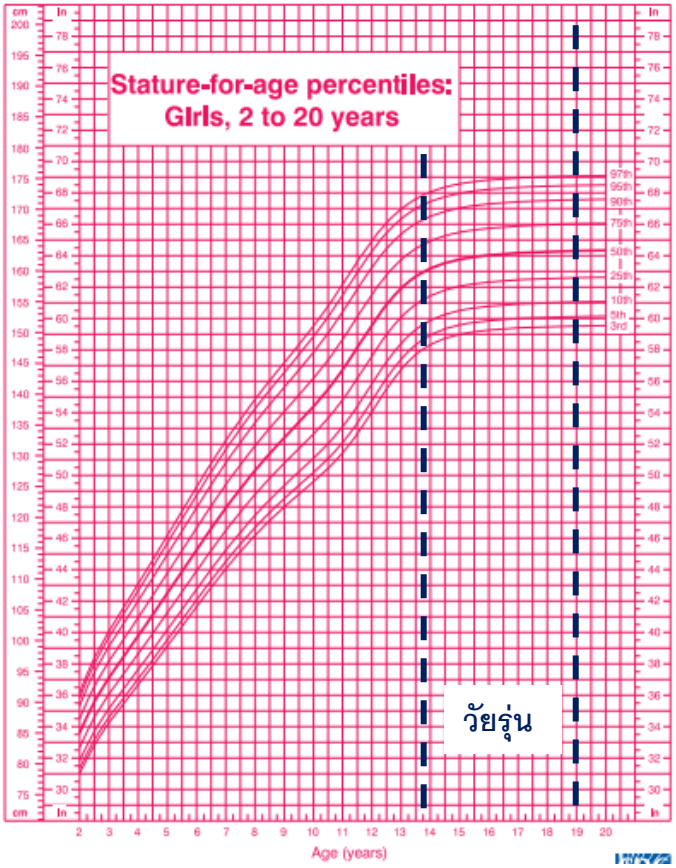
ภาพที่ 1.5 การเปลี่ยนแปลงของความสูงของผู้ชายในช่วงอายุ 2 – 20 ปี

(2000 CDC Growth Charts for the United States:

DHHS Publication No. (PHS) 2002-1696)

จากภาพที่ 1.5 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับส่วนสูงของผู้ชายในช่วงอายุ 2- 20 ปี พบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของความสูงของผู้ชายในช่วงอายุ 13 -18 มีการเปลี่ยนแปลงสูง สำหรับช่วงมัธยมศึกษา วัยรุ่นชายมีการเปลี่ยนแปลงความสูงไปเรื่อยจนถึงช่วงอายุประมาณ 18 ปี

ที่ทำให้ความสูงเริ่มคงที่ และจากการเปลี่ยนแปลงความสูงในแต่ละช่วงอายุ ตัวอย่างเช่น ที่เปอร์เซ็นไทล์ 50 เมื่อวัยรุ่นชายอายุ 12 ปีและ 17 ปี จะมีความสูงเท่ากับ 150 และ 175 เซนติเมตร ตามลำดับ ในช่วงอายุที่ต่างกัน 5 ปีจะเห็นว่าความสูงเปลี่ยนแปลงไปถึง 15 เซนติเมตร ทำให้เราทราบว่า ในการออกแบบสถานีงานหรือเครื่องเรือนสำหรับวัยรุ่นชายมีความแตกต่างตามสัดส่วนและอายุ ดังที่ Smith and Tayyari (1997) กล่าวว่า การออกแบบเครื่องมือหรืออุปกรณ์ใช้งานต่างๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน จะได้รับการออกแบบมาให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีขนาดพอดีกับขนาดสัดส่วนของร่างกายมนุษย์ และนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้หลักการยศาสตร์



ภาพที่ 1.6 การเปลี่ยนแปลงของความสูงของผู้หญิงในช่วงอายุ 2 – 20 ปี
(2000 CDC Growth Charts for the United States:
DHHS Publication No. (PHS) 2002-1696)

จากภาพที่ 1.6 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับส่วนสูงของผู้หญิงในช่วงอายุ 2- 20 ปี พบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของความสูงของผู้หญิงในช่วงอายุ 13 -18 มีการเปลี่ยนแปลง

ในช่วง 12-14 ปี หลังจากอายุ 15 ปี ความสูงก็เริ่มคงที่ ซึ่งทำให้เราทราบว่า ในการออกแบบสถานีงานที่เกี่ยวกับความสูงของผู้หญิงสามารถใช้ได้ร่วมกันตั้งแต่อายุ 15 ปี

เมื่อเราเห็นความสำคั ญของแรงงานเด็กรวมทั้ง ผลจากการเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย ของนักเรียนมัธยม อาจมีผลต่อการ ทำกิจกรรมต่างๆในโรงเรียนรวมทั้งอุปกรณ์ เครื่องมือและเครื่องเรือน ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับตัวนักเรียนหรืออาจเป็นกิจกรรมนอกโรงเรียน ที่นักเรียนสามารถทำได้ คือ การทำงานนอกเวลา ซึ่งบางลักษณะงานเป็นงานที่ต้องใช้แรงงาน เช่น งานยก แบก หาม ลาก เป็นต้น เราจึงต้องสามารถ กำหนดภาระงานที่เด็กในช่วงวัยนี้สามารถทำได้อย่างเหมาะสมและไม่เกิดอันตรายต่อสุขภาพร่างกายของเด็ก ดังนั้นเราจึงต้องคำนึงถึงการกำหนดภาระงานที่เหมาะสมกับเด็กนักเรียนมัธยมศึกษา

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายกับปัจจัยพื้นฐาน เช่น ส่วนสูง, น้ำหนัก, เพศและอายุ
2. คำนวณหาแรงกดอัดที่หลังส่วนล่างยอมรับได้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. เก็บข้อมูลจากนักเรียนชายไทยและเด็กนักเรียนหญิงไทย ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสตรีอ่างทอง จำนวน 420 คน ระดับละ 70 คน
2. วัดสัดส่วนและกำลังร่างกายมนุษย์แบบสถิตเท่านั้น
3. วัดขนาดร่างกายในสัดส่วนต่างๆ จำนวน 20 ค่า
4. วัดกำลังสถิตกล้ามเนื้อ ของเด็กนักเรียนชายไทยและเด็กนักเรียนหญิงไทย ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสตรีอ่างทอง จำนวน 420 คน ทั้ง 4 แบบ คือ กำลังสถิตของกล้ามเนื้อแขน (arm static strength) กำลังสถิตของกล้ามเนื้อไหล่ (shoulder static strength) กำลังสถิตของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ (composite static strength) กำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือ (grip static strength)

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายกับความสูงหรือน้ำหนัก

2. ได้ค่าแรงกดต่อกระดูกสันหลังส่วนล่างที่ยอมรับได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ค่าสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนมัธยมศึกษาเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ เครื่องเรือนที่มีความเหมาะสมกับในประชากรเด็กระดับมัธยมศึกษาอายุ 13-18 ปี
2. รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายกับความสูงในประชากรเด็กมัธยมศึกษาอายุ 13-18 ปี
3. เป็นการสร้างฐานข้อมูลความแข็งแกร่งของกล้ามเนื้อของกลุ่มประชากรอายุ 13-18 ปี ของประเทศไทย

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาและกำหนดรายละเอียดการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายและการวัดกำลังสถิต
3. ศึกษาการใช้เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย, เครื่องมือวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อและอื่นๆที่เกี่ยวข้อง
4. ประสานงานกับทางกลุ่มผู้เข้าร่วมทดลอง
5. ออกแบบเอกสารเก็บข้อมูลวัดสัดส่วนประชากรเด็ก
6. วัดสัดส่วนร่างกายและวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อของเด็กชายและเด็กหญิงจำนวน 420 คนพร้อมทั้งบันทึกข้อมูล
7. นำข้อมูลมาประมวลผลทางสถิติ
8. หาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนต่างๆ ของร่างกาย
9. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล
10. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยแต่ละขั้นตอนมีกำหนดระยะเวลาแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ศ.2554					พ.ศ.2555	
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1	ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง							
2	ศึกษาและกำหนดรายละเอียดการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายและการวัดกำลังสถิต							
3	ศึกษาการใช้เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย, เครื่องมือวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อและอื่นๆที่เกี่ยวข้อง							
4	ประสานงานกับทางกลุ่มผู้เข้าร่วมทดลอง							
5	ออกแบบเอกสารเก็บข้อมูลวัดสัดส่วนประชากรเด็ก							
6	วัดสัดส่วนร่างกายและวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อของเด็กชายและเด็กหญิงจำนวน 400 คน พร้อมทั้งบันทึกข้อมูล							
7	นำข้อมูลมาประมวลผลทางสถิติ							
8	หาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนต่างๆ ของร่างกาย							
9	วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล							
10	จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์							

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายและกำลังของเด็กมัธยมศึกษา เราจึงต้องมีการวัดทั้งในเรื่องของสัดส่วนและการวัดกำลังกล้ามเนื้อสถิต จึงต้องมีการค้นคว้าหาข้อมูล ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องพัฒนาการทางด้านสรีระ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายของวัยรุ่น รวมทั้งเรื่องการวัดสัดส่วนและการคำ นวณหาแรงที่เราสนใจจะศึกษา โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 พัฒนาการทางด้านสรีระ

นพ.สุริยเดว (2551) กล่าวว่า พัฒนาการของวัยรุ่นจะแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ

วัยแรกรุ่น (10-13ปี)

วัยรุ่นตอนกลาง (14-16 ปี)

วัยรุ่นตอนปลาย (17-19 ปี)

ลักษณะทั่วไปของวัยรุ่น

การที่เด็กผู้ชายผู้หญิงเติบโตเข้าสู่วัยรุ่นเร็วช้าต่างกัน โดยที่เด็กผู้หญิงจะเข้าสู่การเปลี่ยนแปลงทางร่างกายก่อนเด็กผู้ชายประมาณ 2 ปี ซึ่งจะทำให้ในชั้นประถมตอนปลาย หรือชั้นมัธยมต้นจะพบว่าวัยรุ่นหญิงจะมีร่างกายสูงใหญ่ เป็นสาวน้อยแรกรุ่น ในขณะที่พวกเด็กผู้ชายยังดูเป็นเด็กชายตัวเล็กๆ ทำให้ทั้งสองฝ่ายเกิดความสับสนและวิตกกังวลได้ เด็กผู้หญิงอาจกังวลว่าตนเองไม่หยุดสูงเสียที ในขณะที่เด็กผู้ชายก็เกิดความกังวลว่าทำไมตัวเองจึงไม่สูงใหญ่

การเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย

1. ขนาดและความสูง

ในวัยเด็กทั้งเด็กผู้หญิงและเด็กผู้ชายจะมีความกว้างของไหล่และสะโพกใกล้ เคียงกัน แต่เมื่อเข้าสู่วัยรุ่น ผู้ชายจะมีอัตราเร็วในการเจริญเติบโตของไหล่มากที่สุด ทำให้วัยรุ่นผู้ชายจะมีไหล่กว้างกว่า ในขณะที่วัยรุ่นผู้หญิงมี อัตราการเจริญเติบโตของสะโพกมาก กว่าผู้ชาย นอกจากนี้การที่วัยนี้มีการเจริญเติบโตสูงใหญ่ได้รวดเร็ว โดยเฉพาะที่ คอ แขน ขา มากกว่าที่ลำตัว จะทำให้วัยรุ่นรู้สึกว่าตัวเองมีรูปร่างเก้งก้างน่ารำคาญ และการเจริญเติบโตหรือการขยายขนาดของร่างกายในแต่ละส่วนอาจเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน หรือไม่เป็นไปตามขั้น ตอน เช่น ร่างกายซีกซ้ายและซีกขว าเจริญเติบโตมีขนาดไม่เท่ากันในระยะแรกๆ ซึ่งเป็นเหตุทำให้ เด็กตกอยู่ในความวิตกกังวลสูงได้ จึงควรให้ความมั่นใจกับวัยนี้

2. ไขมันและกล้ามเนื้อ

เด็กผู้ชายและเด็กผู้หญิงมีความหนาของไขมันที่สะสมอยู่ใต้ผิวหนังใกล้เคียงกัน จนกระทั่งอายุประมาณ 8 ปี จะเริ่มมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว วัยรุ่นชายจะมีกำลังของกล้ามเนื้อมากกว่าวัยรุ่นผู้หญิง พละกำลังของกล้ามเนื้อจะแข็งแรงขึ้น หลังจากนั้นวัยรุ่นชายจะมีไขมันใต้ผิวหนังบางลง พร้อมๆกับมีกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นและแข็งแรงขึ้น ซึ่งจะทำให้วัยรุ่นชายดูผอมลง โดยเฉพาะที่ขา น่อง และแขน สำหรับวัยรุ่นหญิงถึงแม้ว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของกล้ามเนื้อ แต่ขณะเดียวกันจะมีการสะสมของไขมันใต้ผิวหนังเพิ่มขึ้นอีกโดยที่น้ำหนักจะเพิ่มได้ถึงร้อยละ 25 ของน้ำหนัก โดยเฉพาะไขมันที่สะสมที่เต้านมและสะโพก

<u>การเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมน</u>

ทั้งฮอร์โมนการเติบโต (growth hormone) และฮอร์โมนจากต่อมธัยรอยด์มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตรวมทั้งฮอร์โมนทางเพศนอกจากระดับฮอร์โมนจะมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตทางร่างกาย ในวัยรุ่นจะผ่านช่วงวิกฤตนี้ได้นอกจากจะต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพร่างกายที่เปลี่ยนไปแล้วยังต้องเข้าใจและควบคุมอารมณ์ความรู้สึกที่พลุ่งพล่านขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนต่างๆอีกด้วยโดยเฉพาะต่อมไขมันใต้ผิวหนังและต่อมเหงื่อจะทำหน้าที่เพิ่มมากขึ้นเป็นสาเหตุทำให้เกิดปัญหาเรื่อง "สิว" และ "กลิ่นตัว" แต่เนื่องจากวัยนี้จะให้ความสนใจเกี่ยวกับร่างกายที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

วัยรุ่นหญิงมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงระยะ 1 ปีก่อนที่จะมีประจำเดือนโดยเฉพาะการเจริญเติบโตของเต้านมซึ่งเริ่มมีการขยายในขนาดเมื่ออายุประมาณ 8-13ปี และจะใช้เวลา 2-2 ปีครึ่งจึงจะเจริญเติบโตเต็มที่ในช่วงอายุ 11-13 ปีวัยรุ่นหญิงส่วนใหญ่ (ร้อยละ 80) จะมีรูปร่างเป็นสาวเต็มตัวดังนั้นในชั้นประถมตอนปลายหรือมัธยมต้นจะเห็นว่าวัยรุ่นสาวจะมีรูปร่างสูงใหญ่เป็นสาวน้อยแรกรุ่นในขณะที่พวกผู้ชายยังดูเป็นเด็กชายตัวเล็กๆทั้งๆที่เด็กผู้หญิงเคยตัวเล็กกว่าเด็กผู้ชายมาตลอด

การมีรอบเดือนครั้งแรกจะมีเมื่ออายุประมาณ 12-13 ปีการที่มีประจำเดือนแสดงให้เห็นว่ามดลูกและช่องคลอดได้เจริญเติบโตเต็มที่แต่ในระยะ 1-2 ปีแรก และเมื่อมีประจำเดือนแล้วพบว่าเด็กผู้หญิงยังสูงต่อไปอีกเล็กน้อยไปได้อีกระยะหนึ่งและจะเติบโตเต็มที่เมื่อประมาณอายุ 15-17 ปี

สำหรับวัยรุ่นชายรูปร่างภายนอกจะมีการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงช้ากว่าวัยรุ่นหญิงประมาณ 2 ปีคือประมาณอายุ 12-14 ปีในขณะที่เพื่อนผู้หญิงที่เคยตัวเล็กกว่ากลับเจริญเติบโตแซงหน้า เมื่อเติบโตเข้าสู่วัยรุ่นตอนกลางช่วงวัย 14-16 ปี จะมีการเจริญเติบโตอย่างเด่นชัด

2.2 **คุณลักษณะต่าง ๆของมนุษย์ที่ใช้เป็นข้อมูล**

<u>คุณลักษณะทางกายภาพหรือขนาดสัดส่วนร่างกาย</u>

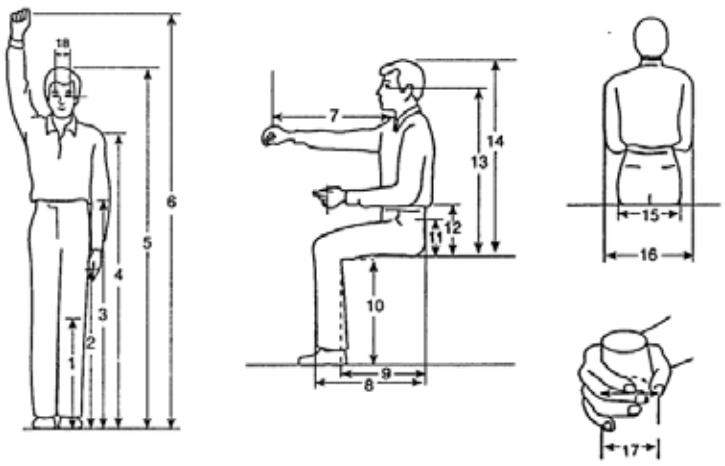
นริศ (2548) กล่าวว่า รูปร่างและขนาดของร่างกายถูกพิ จารณาเป็นคุณลักษณะประเภทหนึ่งที่จำเป็นต่อกระบวนการศึกษาทางการยศาสตร์ ขนาดสัดส่วนร่างกายแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. สัดส่วนร่างกายวัดในขณะอยู่นิ่ง

   เป็นการวัดขนาดและสัดส่วนร่างกายในขณะที่ร่างกายอยู่นิ่งในท่าทางใดท่าทางหนึ่ง ซึ่งได้แก่ ความยาว ความกว้าง ความหนา ความโค้ง ความยาวรอบวง ความสูง น้ำหนัก ระยะเอื้อมและรูปทรง 3 มิติภาพที่ 2.1 แสดงในเห็นตัวอย่างสัดส่วนต่างๆของร่างกาย

	Female			Male		
	5th	50th	95th	5th	50th	95th
Standing						
1. Tibial height	38.1	42.0	46.0	41.0	45.6	50.2
2. Knuckle height	64.3	70.2	75.9	69.8	75.4	80.4
3. Elbow height	93.6	101.9	108.8	100.0	109.9	119.0
4. Shoulder (acromion) height	121.1	131.1	141.9	132.3	142.8	152.4
5. Stature	149.5	160.5	171.3	161.8	173.6	184.4
6. Functional overhead reach	185.0	199.2	213.4	195.6	209.6	223.6
Sitting						
7. Functional forward reach	64.0	71.0	79.0	76.3	82.5	88.3
8. Buttock-knee depth	51.8	56.9	62.5	54.0	59.4	64.2
9. Buttock-popliteal depth	43.0	48.1	53.5	44.2	49.5	54.8
10. Popliteal height	35.5	39.8	44.3	39.2	44.2	48.8
11. Thigh clearance	10.6	13.7	17.5	11.4	14.4	17.7
12. Sitting elbow height	18.1	23.3	28.1	19.0	24.3	29.4
13. Sitting eye height	67.5	73.7	78.5	72.6	78.6	84.4
14. Sitting height	78.2	85.0	90.7	84.2	90.6	96.7
15. Hip breadth	31.2	36.4	43.7	30.8	35.4	40.6
16. Elbow-to-elbow breadth	31.5	38.4	49.1	35.0	41.7	50.6
Other dimensions						
17. Grip breadth, inside diameter	4.0	4.3	4.6	4.2	4.8	5.2
18. Interpupillary distance	5.1	5.8	6.5	5.5	6.2	6.8

1 in. = 2.54 cm.



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างสัดส่วนร่างกายของคนอเมริกันขณะอยู่นิ่งกับที่
แสดงค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 5,10, 90, 95 Halander (1995)

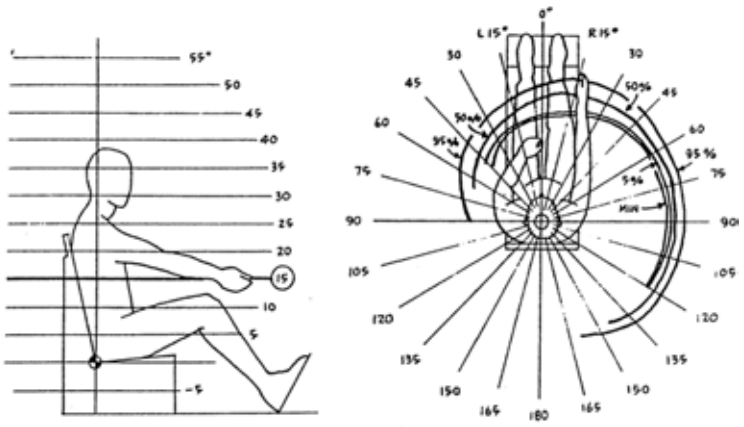
ตารางที่ 2.1 ตำแหน่งการวัดสัดส่วนร่างกาย 19 ค่ากับการนำไปใช้งาน

ตำแหน่ง	รายละเอียด	การนำไปใช้งาน
1	ความสูงขณะยืน (Stature height, Standing)	กำหนดความสูงของช่องเปิด ประตู หน้าต่าง กระดานดำ บอร์ด สิ่งกีดขวางต่างๆ
2	ความสูงระดับสายตาขณะยืน (Eye height, Standing)	กำหนดระดับสายตาในการใช้สนทนาการต่างๆ เช่น ห้องเรียน หอประชุม ป้ายสัญญาณ ความสูงแผงกั้น กระดานดำ บอร์ดแสดงรายละเอียด
3	ความสูงระดับไหล่ขณะยืน (Shoulder height, Standing)	กำหนดการใช้งานขณะยืน เช่น ความสูงรั้ว โต๊ะ เก้าอี้ ราวจับ
4	ความสูงระดับข้อศอกขณะยืน (Elbow height, Standing)	กำหนดการใช้งานขณะยืน สำหรับเฟอร์นิเจอร์ เช่น เคาน์เตอร์ โต๊ะเรียน โต๊ะทำงาน
5	ความสูงสนับมือหรือความสูงระดับข้อนิ้วมือ (Knuckle height, Standing)	กำหนดการใช้งานขณะยืน สำหรับเฟอร์นิเจอร์ เช่น เคาน์เตอร์ โต๊ะเรียน โต๊ะทำงาน
6	ความสูงขณะนั่ง (Sitting height)	กำหนดระยะความสูงของสิ่งกีดขวางจากพื้นที่นั่ง หรือการเพิ่มความสูงที่นั่งและความสูงของสิ่งกีดขวางเหนือพื้น ออกแบบเก้าอี้ โต๊ะเรียน
7	ความสูงระดับสายตาขณะนั่ง (Eye height, Sitting)	กำหนดเส้นระดับสายตาแ ละระยะการมองเห็นที่กว้างที่สุด ซึ่งเป็นการมองเห็นได้อย่างชัดเจน ออกแบบ เช่น โรงภาพยนตร์ ห้องประชุม ห้องจัดเลี้ยง ห้องบรรยาย ห้องเรียน และสภาพแวดล้อมภายในอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับภาพและเสียง
8	ความสูงระยะพักศอกถึงพื้นที่นั่ง (Elbow rest height, Sitting)	กำหนดระยะความสูงของที่เท้าแขนของเก้าอี้ทั่วไป เก้าอี้เรียน โต๊ะทำงาน โต๊ะเรียน เคาน์เตอร์
9	ความหนาของต้นขา	ใช้ออกแบบองค์ประกอบต่างๆ ในงานตกแต่ง

	(Thigh clearance height, Sitting)	ภายใน เช่น เคาน์เตอร์ โต๊ะ ตู้ หรือเฟอร์นิเจอร์เฉพาะ โดยที่ผู้ใช้งานจะสอดขา เข้าไปใต้ระนาบทำงาน และสามารถใช้ในการกำหนดระยะระหว่างด้านล่างของลิ้นชักกับหน้าขา
10	ความสูงระดับหัวเข่าขณะนั่ง (Knee height, Sitting)	กำหนดระยะในแนวดิ่งจากใต้พื้นโต๊ะหรือเคาน์เตอร์ถึงพื้นห้อง
11	ความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่าด้านหน้าขณะนั่ง (Buttock-knee length, Sitting)	กำหนดระยะที่เหมาะสมของพนักพิงด้านหลังของที่นั่งและสิ่งกีดขวางด้านหน้าหัวเข่า เช่น ที่นั่งที่ยึดติดกับที่ เก้าอี้ โต๊ะ
12	ความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่ง (Popliteal height, Sitting)	กำหนดความสูงของระดับพื้นที่นั่งเหนือพื้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งจุดสูงสุดด้านหน้าของที่นั่ง
13	ความหนาหน้าอก (Chest depth, Standing)	กำหนดบริเวณที่แคบที่สุดที่มนุษย์จะผ่านไปได้ หรือใช้กำหนดระยะการยืนต่อแถว
14	ความกว้างระหว่างข้อศอก (Elbow-elbow breadth, Sitting)	กำหนดความคลาดเคลื่อนสำหรับที่นั่งรอบโต๊ะเคาน์เตอร์
15	ความกว้างสะโพก (Hip breadth, Sitting)	กำหนดความกว้างด้านใน ของเก้าอี้นั่ง
16	ระยะไหล่ถึงปลายนิ้วขณะยืดแขนในท่านั่ง (Upper limb length, Sitting)	กำหนดระยะเอื้อมหยิบหรือจับสิ่งของ
17	ระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะในท่ายืน (Vertical reach height, Standing)	การวางตำแหน่งของแผงควบคุมเหนือศีรษะ ปุ่มต่างๆ เหนือศีรษะ ระยะเอื้อมหยิบหรือจับสิ่งของเหนือศีรษะ
18	ระยะจากก้นกบถึงส้นเท้าขณะนั่ง (Buttock-Heel length, Sitting)	กำหนดพื้นที่ที่ใช้ร่วมกันของ เก้าอี้ เก้าอี้พักขา หรือการกำหนดระยะผนังในพื้นที่สำหรับออกกำลังกายและอุปกรณ์ประกอบ
19	น้ำหนักร่างกาย (Weight)	กำหนดความแข็งแกร่งของเครื่องเรือน

2. สัดส่วนร่างกายเมื่อมีการเคลื่อนที่

เป็นการวัดขอบเขตและเส้นทางการเคลื่อนที่ของร่างกาย รูปที่ 8 แสดงให้เห็นสัดส่วนร่างกายเมื่อมี การเคลื่อนที่ เช่น มุมของศรีษะ ขอบเขตของการจับกำคันบังคับในระนาบหนึ่งเมื่อมือและแขนเคลื่อนที่ไปรอบๆลำตัว เป็นต้น



ภาพที่ 2.2 สัดส่วนร่างกายของมนุษย์เมื่อมีการเคลื่อนที่ Halander(1995)

<u>คุณลักษณะทางสรีระ</u>

นริศ (2548) กล่าวว่า คุณลักษณะทางสรีระของร่างกายเป็นข้อมูลทางการยศาสตร์ที่ช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องในงานทางการยศาสตร์เกิดความเข้าใจลักษณะของร่างกายมนุษย์ได้ดีขึ้น คุณลักษณะในส่วนนี้สามารถแบ่งได้ 2 ส่วน คือ

1. ระบบทำงานและหน้าที่อวัยวะต่างๆในร่างกาย เช่น กา รทำงานของกล้ามเนื้อ การหายใจ หายไหลเวียนของเลือด เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบทางการยศาสตร์ได้ และความเข้าใจในหน้าที่และกลไกการทำงานของอวัยวะและระบบต่างๆของร่างกายจึงช่วยให้นักวิจัยที่ศึกษาทางการยศาสตร์สามารถกำหนดแนวทางการศึกษาและทดลองเพื่อค้นหาวิธีการหรือรูปแบบในการทำงานได้ดี

2. ความสามารถและขีดจำกัดในการรับภาระงาน หมายถึง การศึกษาเพื่อหาข้อมูลที่เกี่ยวกับความแข็งแรงของร่างกายว่ามีมากน้อยขนาดไหน เช่น ออกแรงผลักสามารถทำได้สูงสุดเท่าไร (หน่วยอาจเป็น นิวตัน หรือ กิโลกรัม) และสามารถทำงานในลักษ ณะดังกล่าวได้นานเพียงไรที่ไม่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บของร่างกาย ซึ่งบางครั้งไม่ได้เกิดขึ้นโดยทันทีแต่จะค่อยๆเกิดอย่างช้าๆ โดยที่ไม่ทันรู้ตัวแต่เมื่อถึงจุกหนึ่งก็จะส่งผลให้เกิดการเจ็บปวดและทรมานได้

2.3 การวัดสัดส่วนร่างกาย

กิตติ (2548) กล่าวว่า การวัดสัดส่วนร่างกายโดยทั่วไปทำได้ 2 วิธี คือ วิธีใช้เครื่องมือวัดโดยตรง และวิธีการทางภาพถ่ายซึ่งต้องนำภาพถ่ายมาเทียบกับจุดอ้างอิง และวิเคราะห์ตีความอีกครั้ง คล้ายๆ กับวิธีการของช่างสำรวจทำแผนที่โดยใช้รูปถ่าย (Photogrammetry)

1. <u>วิธีใช้เครื่องมือวัดโดยตรง</u>

เป็นการใช้เครื่องมือวัดในแนวเส้นตรงและแนวเส้นโค้ง คำว่า มิติเส้นตรง (linear dimension)หมายถึง ระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างจุดสองจุดบนร่างกาย โดยปกติเป็นความยาวของกระดูก หรือ ความกว้าง หรือความลึกของร่างกาย ก่อนการวัดจะต้องมีการทำเครื่องหมายจุดต่างๆ บนร่างกายที่ต้องการวัดระยะทาง จุดเหล่านั้นเรียกว่า จุดกำหนด (land mark) ถ้าเป็นความยาวของอวัยวะของร่างกาย (body link) ก็จะเป็นจุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุดของอวัยวะของร่างกายส่วนนั้น ก็จะเป็นจุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุดของอวัยวะของร่างกายส่วนนั้น ส่วนคำว่ามิติเส้นรอบ (circumferential dimensions) หมายถึง การวัดระยะทางตามพื้นผิวของร่างกายแล้วมาบรรจบที่จุดเริ่มต้นเดียวกัน

2. <u>วิธีภาพถ่าย</u>

การใช้เทคนิคภาพถ่ายเพื่อได้มาซึ่งข้อมูลสัดส่วนร่างกาย ทั้งในแนวต รงและในแนวเส้นโค้งตลอดจนในแนวลึกเป็นความสูงต่ำ (contours) สามารถทำได้อย่างรวดเร็วโดยใช้เทคโนโลยีซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย จะเป็นแบบ non-stereo photogrammetric หรือ stereo photogrammetric methods ก็ได้ทั้งสิ้น

การใช้ภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหวเพื่อให้ได้ มาซึ่งข้อมูลสัดส่วนร่างกาย ทั้งในแนวตรง และในแนวเส้นโค้ง ตลอดจนในแนวลึกเป็นความสูงต่ำ (contours) วิธีการทางภาพถ่ายนี้สามารถทำได้อย่างรวดเร็วโดยอาศัยเทคโนโลยีอื่นๆเข้ามาช่วยในการประมวลผล เช่น คอมพิวเตอร์ หรือหน่วยประมวลผลขนาดเล็ก (Microprocessor)

เป็นต้น วิธีการหาขนาดจะนำภาพถ่ายมาเทียบกับจุด หรือระยะอ้างอิง และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ตีความหมายอีกครั้ง คล้ายกับวิธีการของช่างสำรวจทำแผนที่โดยใช้รูปถ่าย (photogrammetry)

ณัฐพล (2552) กล่าวว่า จากการวิเคราะห์การศึกษาหาขนาดสัดส่วนของร่างกายมนุษย์ด้วยการใช้เครื่องมือวัดโดยตรง จะว่าพบอุปสรรคที่เกิดขึ้นจะมีดังต่อไปนี้คือ

1) ความผิดพลาดในการวัด

- เนื่องจาก การวัดอาจเกิดการผิดพลาดได้ เนื่องจากเป็นการวัดด้วยมือ และในหลายสัดส่วนที่ไม่สามารถอ้างอิงได้อย่างชัดเจน ซึ่งอาจเกิดความไม่เที่ยงตรง หรือผิดพลาด โดยปัญหาดังกล่าวเกิดจากความผิดพลาดของผู้ทำการศึกษา ซึ่งจะส่งผลให้ค่าที่วัดได้เกิดความคลาดเคลื่อน

2) ใช้เวลาในการดำเนินการสูง

- ในขั้นตอนการวัดนั้นเป็นการวัดโดยใช้มือ ซึ่งการเก็บข้อมูลสัดส่วนร่างกายในแต่ละครั้งมีความจำเป็นที่ต้องเก็บเป็นจำนวนหลายสัดส่วน ทำให้การวัดแต่ละครั้งใช้เวลาในการดำ เนินการสูง ส่งผลให้เกิดความยากลำบากในการเก็บตัวอย่างที่มีจำนวนมากๆ เช่น งานวิจัยของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่ได้ทำการศึกษาขนาดสัดส่วนร่างกายของประชาชนชาวไทย ระยะที่ 4 ซึ่งใช้ตัวอย่างเป็นจำนวน 13,347 คน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ .ศ. 2543 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2544

3) สูญเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง

- การเก็บข้อมูลสัดส่วนร่างกายโดยปกตินั้น ทำโดยการใช้อุปกรณ์วัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ (Anthropometer) ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาที่สูงมาก อีกทั้งยังเสี่ยงต่อการชำรุดได้ง่ายหากมีการกระทบกระเทือน อี กทั้งในกรณีที่มีความจำเป็นที่ต้องไปเก็บข้อมูลสัดส่วนของกลุ่มตัวอย่างในหลายสถานที่ต่างๆ อุปกรณ์ที่มีอยู่อาจไม่เพียงพอก็การใช้งาน ทำให้ต้องจัดการหาอุปกรณ์เพิ่ม เพื่อให้เพียงพอต่อจำนวนของผู้เก็บข้อมูล และมีความสมดุลต่อระยะเวลาโครงการที่ได้ตั้งไว้

4) ใช้บุคลากรในการเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมาก

- ในการเก็บข้อมูลสัดส่วนร่างกายนั้น มีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมาก เพื่อให้การออกแบบครอบคลุมถึงความต้องการ หรือกลุ่มประชากรได้อย่างใกล้เคียงและถูกต้องที่สุด เป็นเหตุผลทำให้การเก็บข้อมูลระดับประชาก รนั้น จำเป็นต้องมีผู้ทำการเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมากขึ้นตาม

ในส่วนของโปรแกรมจะสามารถตอบสนอง และครอบคลุมในความต้องการด้านต่างๆ ได้เป็นอย่างดี อาทิเช่น สามารถเก็บข้อมูลเป็นปริมาณที่มากขึ้น และมีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น เป็นผลให้สามารถศึกษาขนาดสัดส่วนต่างๆ ในแนวระนาบ 2 มิติ ได้อย่างเป็นอย่างดี ทางด้านต้นทุนที่มีราคาไม่สูง เมื่อเทียบเท่ากับอุปกรณ์แบบเดิม อีกทั้งมีค่าซ่อมบำรุงที่ถูกกว่า การขนย้าย และติดตั้งสามารถทำได้สะดวก ซึ่งเหตุผลทั้งหมดที่กล่าวมาสนับสนุนให้โปรแกรม และกระบวนการวัดเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจที่จะนำไปใช้งานจริง

ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ในการเปรียบเทียบการใช้เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกาย กับโปรแกรมในส่วนการหาขนาดสัดส่วนที่กว้างที่สุด หรือสูงที่สุดนั้นประกอบมาจากเหตุผลดังนี้

- ความผิดพลาดในการวัดโดยใช้อุปกรณ์วัดส่วนร่างกายของผู้วัด เนื่องมาจากจุ ดอ้างอิงที่ใช้ในการวัดขนาดนั้นสามารถอ้างอิงได้ยาก ส่งผลให้การวัดแต่ละครั้งได้ค่าที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อน

- ความผิดพลาดในการจัดท่าทางขณะถ่ายภาพ จากการทำงานของโปรแกรมในส่วนของการหาขนาดกว้างที่สุด และสูงที่สุด จะเป็นการหาขอบของภาพที่กว้าง และสูงที่สุด ซึ่งในสัดส่วนที่เป็นแนวนอน ถ้าผู้วัดจัดท่าทางผู้ถูกวัดได้ไม่ตรงตามแกนแล้ว ก็จะส่งผลให้ภาพที่ได้เอียง ทำให้ค่าที่ออกมาคลาดเคลื่อนไป

ซึ่งจากสาเหตุทั้งหมดที่กล่าวมานั้นเป็นผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้ โดยสัดส่วนระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ จะได้รับผลกระทบจาก ความยืดหยุ่นของร่างกายมนุษย์มากที่สุดเนื่องจากเป็นสัดส่วนที่มีข้อต่อของร่างกายมากที่สุดสัดส่วนหนึ่ง และสัดส่วนความยาวของมือก็สามารถนำไปใช้งานได้จริงเช่นเดียวกันกับสัดส่วนอื่นๆ แต่เนื่องมาจากสัดส่วนดังกล่าวเป็นสัดส่วนที่เล็ก ซึ่งโปรแกรมและเทคนิคนี้มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่แล้วในเบื้องต้น การคำนวณค่าทางสถิติที่ออกมาอาจส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นสูง แต่เมื่อนำมาพิจารณาถึ งค่าความคลาดเคลื่อนซึ่งแสดงผลให้รูปแบบของเซนติเมตรนั้น พบว่า ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.2784 เซนติเมตรเท่านั้น ทำให้สามารถสรุปได้ว่าเป็นสัดส่วนที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง

2.4 การวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์

นริศ (2548) กล่าวว่า สามารถพิจารณาหรือแบ่งไ ด้เป็น 2 แบบ คือ แบบอยู่นิ่งและแบบเคลื่อนที่

<u>การวิเคราะห์ในภาวะอยู่นิ่ง</u>

นักการยศาสตร์สามารถทำการตรวจสอบสภาพทำงานที่ไม่เหมาะสมได้จากภาพถ่ายและค้นหาแรงและความเค้นที่เกิดกับร่างกาย ซึ่งเป็นผลมาจากแรงที่กระทำต่อร่างกาย และท่าทางการทำงานในขณะนั้น โดยปกติ การตรวจสอบที่ว่านี้จะกระทำในลักษณะ 2 มิติ เมื่อการวิเคราะห์ถูกทำในลักษณะของ a two dimension static analysis ข้อมูลที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ คือ

- แรงภายนอกที่มากระทบกับร่างกาย ทั้งขนาดและทิศทาง
- ท่าทางในการทำงาน
- ตัวแปรที่เกี่ยวกับสัดส่วนของร่างกายของบุคคลที่กำลังถูกวิเคราะห์

แรงจากภายนอกโดยปกติจะมาจาก น้ำหนักที่ถูกยกขึ้นและลง, การถือ, การผลักและลากวัตถุ ซึ่งเป็นผลจากกการทำงาน ในกรณีเป็นการวิเคราะห์ท่าทางการทำงานอย่างเดียว ค่าแรงจากภายนอกจะเป็นศูนย์ แรงที่ถูกพิจารณาจะเป็นแรงภายในที่เป็นผลมาจากท่าทางของร่างกายกับมวลของส่วนต่างๆในร่างกาย ในการวิเคราะห์ที่พิจารณาทั้ง แรงจากภายนอกและภายใน เราสามารถใช้กฎตรีโกณมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของแรงต่างๆ ในทิศทางแนวระดับและแนวดิ่งได้

องค์ประกอบของแรงทั้งแนวระดับ และแนวดิ่ง จะถูกพิจารณาว่าผ่านจุดศูนย์กลางมวลของร่างกาย หรือวัตถุนั้นๆ ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่างๆของร่างกายจะถูกใช้ในการพิจารณาเพื่อ วิเคราะห์หาแรงและโมเมนต์ที่บริเวณข้อต่อต่างๆของร่างกาย โดยใช้กฎสมดุลแรงและโมเมนต์ คือ

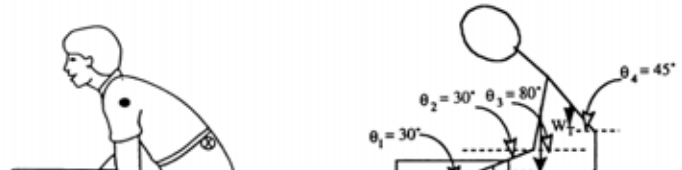
$\sum F_x = 0$ ผลรวมของแรงในแนวระดับ มีค่าเท่ากับ 0

$\sum F_y = 0$ ผลรวมของแรงในแนวดิ่ง มีค่าเท่ากับ 0

$\sum M = 0$ ผลรวมของโมเมนต์รอบจุดคงที่หนึ่ง มีค่าเท่ากับ 0

2.5 การคำนวณแรงกระทำและโมเมนต์บนส่วนต่อของร่างกาย

นริศ(2548) กล่าวว่า ในการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์เพื่อหาค่าแรงและโมเมนต์ที่กระทำบนข้อต่อต่างๆของร่างกาย สามารถทำได้โดยกำหนดให้แบบจำลองของร่างกายเป็นวัตถุแข็งเกร็ง คือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและชิ้นส่วนทั้งหมดอยู่คงที่ ดังแสดงในรูปที่ 9 แรงที่กระทำต่อร่างกาย คือ น้ำหนักของวัตถุที่ยก (W_0) และน้ำหนักหรือมวลของส่วนต่างๆ ของร่างกายในที่นี้ คือ น้ำหนัก



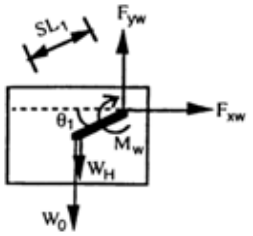
ของมือ (W_H),น้ำหนักของแขนส่วนล่าง (W_{LA}),น้ำหนักของแขนส่วนบน (W_{UA}) และน้ำหนักของลำตัวส่วนบนเหนือ L5/S1 (W_T)ซึ่งรวมน้ำหนักของศรีษะ คอ และลำตัวเหนือ L5/S1

ภาพที่ 2.3 ลักษณะท่าทางของร่างกายเมื่อทำการยกของ นริศ(2548)

สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับท่าทางในการทำงานของร่างกายเพื่อใช้ในการคำนวณในลักษณะ 2 มิติ สามารถหาได้จากภาพถ่ายในระนาบข้าง หลักจากนั้นก็กำหนดตำแหน่งของข้อต่อต่างๆ ของร่างกายที่สนใจลงในรูปและลากเส้นเชื่อต่อจะได้แผนภาพออกมาดังแสดงใน ภาพที่ 2.3 การคำนวณที่จะแสดงต่อไปนี้เป็นการคำนวณเพื่อหาแรงและโมเมนต์ที่ข้อต่อส่วนต่างๆของร่างกาย

<u>ข้อมือ</u>

ด้วยอาศัยพื้นฐานทางกลศาสตร์เราสามารถเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อข้อมือได้ดังแสดงในรูปที่ 10 โดยกำหนดให้ระยะจากข้อมือถึงแรงกระทำของแรง



ภาพที่ 2.4 แผนภาพแรงแสดงตำแหน่งและทิศทาง
เมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนของมือนริศ(2548)

จากแผนภาพแสดงรายละเอียดของแรงใน ภาพที่ 2.4 เราสามารถเขียนสมการแสดงความสมดุลของแรงทั้งแนวระดับและแนวดิ่งรวมทั้งโมเมนต์ที่กระทำบริเวณข้อมือได้ดังนี้

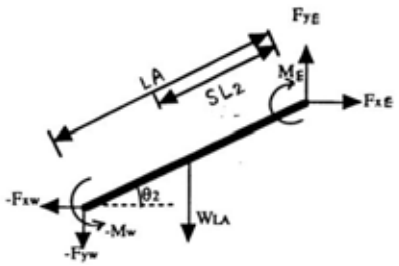
$\sum F_x = F_{xw} = 0$

$\sum F_y = F_{yw} - W_0 - W_H$

$\sum M = M_w - (W_0 + W_H). SL_1 cos\theta = 0$

<u>ข้อศอก</u>

สามารถหาได้ในลักษณะเดียวกัน ภาพที่ 2.5 แสดงในเห็นภาพของแรงที่กระทำบนส่วนของแขนส่วนล่าง



ภาพที่ 2.5 แผนภาพแรงและโมเมนต์ของแขนส่วนล่าง นริศ(2548)

F_{XE} และ F_{YE} แรงกระทำต่อข้อศอกในแนวระดับและแนวดิ่งตามลำดับ

M_E โมเมนต์ที่เกิดขึ้นบริเวณข้อศอก

W_{LA} น้ำหนักแขนส่วนล่าง เท่ากับ 1.7% ของน้ำหนักตัว

AL ความยาวของแขนส่วนล่าง จากข้อศอกถึงข้อมือ

SL_2 ระยะห่างจากข้อศอกถึงจุดศูนย์กลางมวลของส่วนล่าง

θ_2 มุมที่แขนส่วนล่างทำกับแนวระดับ

จากสมการสมดุลของแรงและโมเมนต์ เราสามารถหาค่าแรงและโมเมนต์ที่กระทำต่อข้อศอกได้ดังนี้

$F_{XE} = 0$

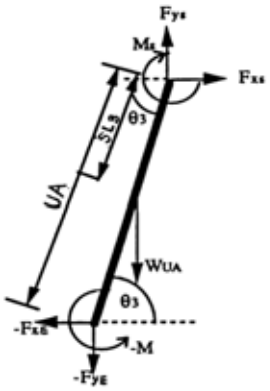
$F_{YE} = F_{YW} + W_{LA}$

$M_E = M_w + W_{LA}. SL_2 cos\theta_2 + F_{YW}. AL cos\theta_2$

สำหรับการหาแรงและโมเมนต์ที่กระทำบนหัวไหล่และข้อต่อลำตัวบริเวณ L5/S1 สามารถทำได้ในลักษณะเดียวกันดังแสดงให้เห็นแผนภาพแรงของแขนส่วนล่างและ ลำตัวในภาพที่ 2.6 และภาพที่ 2.7

<u>หัวไหล่</u>

สามารถหาได้โดยแยกพิจารณาแผนภาพแรงและโมเมนต์องแขนส่วนบน ภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แผนภาพแรงและโมเมนต์ของแขนส่วนบนเพื่อวิเคราะห์หาแรง
และโมเมนต์ที่กระทำต่อหัวไหล่ นริศ(2548)

จากสมการสมดุลของแรงและโมเมนต์ เราสามารถหาค่าแรงและโมเมนต์ที่กระทำต่อหัวไหล่ได้ดังนี้

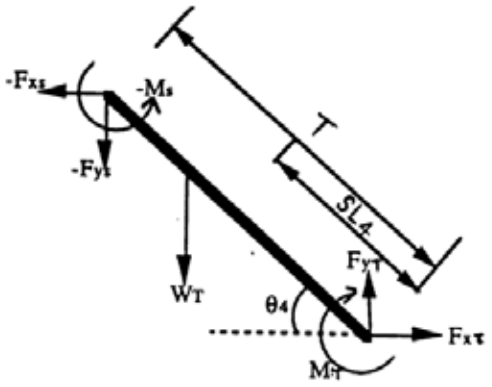
$F_{XS} = 0$

$F_{YS} = F_{YE} + W_{UA}$

$M_S = M + W_{UA}.SL_3cos\theta_3 + F_{YE}.UAcos\theta_3$

<u>หมอนรองกระดูกสันหลังส่วน L5/S1</u>

หาได้โดยใช้แผนภาพของแรงและโมเมนต์ใน ภาพที่ 2.7 ซึ่งจะได้แรงและโมเมนต์ที่กระทำต่อส่วนต่างๆดังนี้



ภาพที่ 2.7 แผนภาพแรงและโมเมนต์ของลำตัวเพื่อวิเคราะห์หาแรงและโมเมนต์
ที่กระทำต่อข้อต่อสันหลังที่ L5/S1 นริศ(2548)

จากสมการสมดุลของแรงและโมเมนต์ เราสามารถหาค่าแรงและโมเมนต์ที่กระทำต่อ ข้อต่อสันหลังที่ L5/S1ได้ดังนี้

$F_{XT} = 0$

$F_{YT} = F_{YS} + W_T$

$M_T = M_S + W_T . SL_4 cos\theta_4 + F_{YS} . T cos\theta_4$

2.6 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

ในการกำหนดขนาดตัวอย่างว่าควรมีขนาดเท่าใด จึงจะทำให้ผลการวิจัยน่าเชื่อถือได้ ผู้วิจัยควรคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ดังนี้ (Librero, 1985 อ้างใน ธีรวุฒิ เอกะกุล, 2549)

1. ความเหมือนกัน ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างจากประชากรที่มีความแตกต่างกันมาศึกษาจะทำให้กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวไม่เป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมด จำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ เพื่อให้ครอบคลุมคุณลักษณะต่างๆ ของประชากร
2. ขนาดของประชากร ถ้าประชากรมีขนาดใหญ่ ควรที่จะต้องเลือกกลุ่มตัวอย่าง ถ้าประชากรมี
   ขนาดไม่ใหญ่นักและสามารถที่จะศึกษาได้ ควรจะศึกษาจากประชากรเป้าหมายทั้งหมด
3. ต้นทุน ต้องพิจารณาว่า จะเลือกกลุ่มตัวอย่างหรือไม่และจะใช้กลุ่มตัวอย่ างเท่าใดจึงจะเป็นตัวแทนที่ดีที่เหมาะสม คุ้มค่ากับงบประมาณและเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. ความแม่นยำชัดเจน ถ้าต้องการความแม่นยำชัดเจนในเรื่องที่จะศึกษาค้นคว้าต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ คือ ยิ่งขนาดของกลุ่มตัวอย่างใหญ่มากเท่าใด ผลการศึกษายิ่งมีความแม่นยำมากขึ้นเท่านั้น

การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง มีวิธีประมาณขนาดของกลุ่มตัวอย่างไว้ดังนี้

1. การกำหนดเปอร์เซ็นต์ของประชากร

   ถ้าขนาดประชากรเป็นหลัก<u>ร้อย</u> ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 25%

   ถ้าขนาดประชากรเป็นหลัก<u>พัน</u> ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 10%

   ถ้าขนาดประชากรเป็นหลัก<u>หมื่น</u> ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 5%

ถ้าขนาดประชากรเป็นหลักแสน ควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 1%

2. ใช้สูตรในการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

สูตรที่นิยมใช้กันมากในในงานวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ คือ ทาโรยามาเน่(Taro Yamane) เนื่องจากเป็นสูตรที่มีการพิจารณาระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ที่ระดับ 0.05 หรือ 0.01 ไว้ในสูตรการคำนวณด้วยและเป็นสูตรที่คำนวณง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อนเหมือนสูตรอื่นๆ สูตรของทาโรยามาเน่ (Yamane, 1973: 887 อ้างในธีรวุฒิเอกะกุล, 2549) ดังนี้

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

เมื่อ n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N แทน จำนวนประชากร

e แทน ระดับความคลาดเคลื่อน (0.05 หรือ 0.01)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยคำนวณจากสูตรข้างต้นได้ค่าดังนี้

$$n = \frac{3260}{1 + (3260)(0.05)^2}$$

$$= 356.28$$

$$= 360 \text{ คน}$$

ในงานวิจัยนี้ทำการหาขนาดสัดส่วนร่างกายเด็กระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 6 โดยแบ่งออกเป็นชั้นละ 60 คน รวมทั้งสิ้น 360 คน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์และจักรนรินทร์ ฉัตรทอง (2551) ศึกษาขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนอนุบาลชายและหญิงในภาคใต้ จำนวน 36 สัดส่วนโดยใช้เครื่องมือวัด 2 แบบคือแบบที่ 1 เป็นเครื่องมือที่จัดสร้างขึ้น คือเครื่องมือวัดความสูงและแบบที่ 2 เป็นเครื่องมือวัดคาลิปเปอร์กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนอนุบาลชายและหญิงช่วงอายุ 4-6 ปีจำนวน 600 คนเป็นนักเรียนอนุบาลชาย 300 คนและหญิง 300 คนวัดความสูงและชั่งน้ำหนักนักเรียนอนุบาลชายมีความสูงเฉลี่ย 110.31(±3.87) 115.11(±1.95) 120.61(±3.27) ซม. ตามลำดับและน้ำหนักเฉลี่ย

19.21(±3.11) 22.27(±3.83) 25.49(±5.44) กก. ตามลำดับวัดความสูงและชั่งน้ำหนักนักเรียนอนุบาลหญิงมีความสูงเฉลี่ย 109.12(±3.12) 114.80(±2.96) 121.00(±4.12) ซม. ตามลำดับและน้ำหนักเฉลี่ย 18.46(±3.77) 21.26(±4.59) 23.11(±3.84) กก. ตามลำดับจากการเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนร่างกายของนักเรียนอนุบาลชายและหญิงช่วงอายุ 4-6 ปีในภาคใต้ที่ได้จากงานวิจัยนี้จำนวน 36 สัดส่วนสรุปได้ว่านักเรียนอนุบาลชายมีขนาดสัดส่วนร่างกายที่โตกว่านักเรียนอนุบาลหญิงเกือบทุกสัดส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ยกเว้นความสูงระดับสะโพกความสูงระดับข้อนิ้วมือความสูงระดับนิ้วมือความยาวจากก้นถึงหัวเข่าและความยาวจากก้นถึงข้อพับเข่าและเมื่อเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนร่างกายนักเรียนอนุบาลชายอายุ 6 ปีในภาคใต้ของประเทศไทยกับนักเรียนอนุบาลชายอายุ 6 ปีของประเทศตุรกีจำนวน 15 สัดส่วนสรุปได้ว่านักเรียนอนุบาลชายในภาคใต้ของประเทศไทยมีขนาดสัดส่วนร่างกายที่โตกว่านักเรียนอนุบาลชายของประเทศตุรกีเกือบทุกสัดส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ยกเว้นระยะจากข้อศอกถึงปลายนิ้วมือระยะจากต้นแขนถึงปลายนิ้วความหนาของหน้าอกความสูงขณะนั่งและความสูงระดับสายตาขณะนั่ง

สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ (2551) ได้แบ่งประเภทของข้อมูลสัดส่วนออกเป็น 2 ประเภทหลักได้แก่ 1.ประเภทโครงสร้างร่างกาย หมายถึงการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ในขณะอยู่นิ่งไม่มีการเคลื่อนไหว 2.ประเภทขณะใช้งาน หมายถึงการวัดสัดส่วนขณะที่ร่างกายมนุษย์มีการเคลื่อนไหว แหล่งของข้อมูลได้มาจาก 1.มาตรฐานไทยและสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2.จากโครงการศึกษามาตรฐานขั้นต่ำสำหรับที่พักอาศัยและสภาพแวดล้อมของผู้สูงอายุ ได้เก็บรวบรวมข้อมูลสัดส่วนร่างกายของประชากรไทยตั้งแต่เด็กอายุ 7 ปี จนถึงผู้ที่มีอายุ 79 ปีจากข้อมูลที่รวบรวมยังขาดข้อมูลของประชากรไทยอีกหลายส่วน ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลด้านสรีระในท่าทางต่างๆ โดยเฉพาะข้อมูลอิริยาบถของไทยและค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ แต่เนื่องจากการออกแบบทางสถาปัตยกรรมส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะใช้ข้อมูลสัดส่วนร่างกายมนุษย์ของต่างประเทศ ทางสม าคมสถาปนิกสยามฯ จึงได้มีนโยบายจัดทำคู่มือปฏิบัติวิชาชีพข้อมูลสัดส่วนร่างกายประชากรไทยเพื่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรม ฉบับปี พ .ศ.2551 ขึ้น เพื่อการออกแบบที่มีคุณภาพเหมาะสมกับขนาด สรีระ และบริบทของประชากรไทย

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (2524-2544) ได้ร่วมมือกับบริษัท ไทยวาโก้ จำกัด (มหาชน) และบริษัทในเครือ จัดทำโครงการสำรวจและวิจัยขนาดโครงสร้างร่างกายคนไทยจนถึงปัจจุบัน รวมทั้งหมด 4 ระยะ อันประกอบไปด้วย ระยะที่ 1 (2524-2528) ระยะที่ 2 (2529-2533) ระยะที่ 3 (2536-2537) ระยะที่ 4 (2543-2544) ซึ่งในระยะที่ 4 ได้ดำเนินการสำรวจสัดส่วนร่างกายของเด็กหญิงไทยอายุ 1-16 ปี 129 สัดส่วน จำนวน

2,288 คน เด็กชายไทยอายุ 1-16 ปี 121 สัดส่วน จำนวน 2,233 คน หญิงไทยอายุ 17-49 ปี 142 สัดส่วน จำนวน 4,525 คน และชายไทยอายุ 17-49 ปี 144 สัดส่วน จำนวน 4,301 รวมเป็นจำนวนทั้งหมด 13,347 คน และได้ใช้อุปกรณ์ Anthropometerในการวัด โดยนำผลการสำรวจเสนอเป็น ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 10, 25, 50, 75, 90 และที่ 95 วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงโครงสร้างร่างกาย รวมถึงพัฒนาการ และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างร่างกายของคนไทยในสภาวะปัจจุบัน เพื่อนำไปใช้สำหรับออกแบบ รวมถึงปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่างๆ ให้มีขนาดและความเหมาะสมกับร่างกาย และการใช้งานมากยิ่งขึ้น

วุฒิชัย ชนินทร์ประเสริฐ (2550) วัดสัดส่วนร่างกายของผู้สูงอายุไทย จำนว น 36 สัดส่วน โดยใช้ HarpendenAnthropometer อาสาสมัครทั้งหมดมีสุขภาพและขนาดร่างกายปกติ โดยวัดสัดส่วนร่างกายอาสาสมัครผู้สูงอายุชาย 200 คน และหญิง 200 คน ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุและส่วนสูงของอาสาสมัครชาย คือ 69.6±(5.3) ปี และ 159.7±(7.6) ซ.ม. ตามลำดับ และค่าเดียวกันของอาสาสมัครหญิง คือ 70.2±(5.8) ปี และ 148.2±(5.8) ซ.ม. ตามลำดับ ข้อมูลแต่ละสัดส่วนที่ได้จาการวัดแสดงในตารางโดยเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95 และค่าสัมประสิทธิ์ของส่วนเบี่ยงเบน จากการเปรียบเทียบขนาดต่างๆ ระหว่างชายและหญิงทั้ง 36 สัดส่วน สรุปได้ว่าขนาดสัดส่วนของชายโตกว่าขนาดของหญิงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$)33 สัดส่วน มีเพียง 2 สัดส่วนที่หญิงโตกว่าชายอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) ได้แก่ สัดส่วนที่ 20 ความหนาหน้าอก และสัดส่วนที่ 21 ความหนาช่องท้อง และมี 1 สัดส่วน ที่ขนาดของชายและหญิงไม่แตกต่างกัน คือ สัดส่วนที่ 19 ความกว้างสะโพก

ในปี พ.ศ. 2549 ศูนย์เทคโนโลยี- อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ภายใต้สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มีโครงการสำรวจและวิจัยมาตรฐานขนาดรูปร่างคนไทย (Size Thailand) โดยเก็บข้อมูลขนาดรูปร่าง และสรีระกลุ่มตัวอย่างทั้งชายและหญิงทั่วประเทศอายุตั้งแต่ 16 ปีขึ้นไป จำนวน 13,442 คน โดยใช้เครื่อง 3D Body Scanner จากนั้นซอฟต์แวร์จะประมวลผลและแปลงผลออกมาเป็นภาพสรีระแบบสามมิติในคอมพิวเตอร์ที่สามารถวัดสัดส่วนของร่างกายได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำและรวดเร็วกว่าการวัดด้วยมือ โดยสามารถนำข้อมูลไปต่อยอดเพิ่มมูลค่าในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น เสื้อผ้า เฟอร์นิเจอร์ยานยนต์ และก ารแพทย์ เพื่อออกแบบและวางแผนการผลิตผลิตภัณฑ์ให้เหมาะกับรูปร่างและสัดส่วนของคนไทยยิ่งขึ้น ซึ่งต่างจากในอดีตที่ประเทศไทยมักจะนำข้อมูลสัดส่วนร่างกายจากต่างประเทศมาใช้ในการออกแบบต่างๆ จาก

ข้อมูลการศึกษาสัดส่วนร่างกายของประชากรไทยโดย อ้างอิงจากคู่มือปฏิบัติวิชาชี พด้านข้อมูลสัดส่วนร่างกายประชากรไทยเพื่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรม (Thai Anthropometry Handbook for Architectural Design) พ.ศ. 2551จัดทำขึ้นโดยสมาคมสถาปนิกสยามแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์เป็นวิธีการรวบรวมข้อมูลสัดส่วนร่างกายของประชากรไทยในประเทศไทยเบื้องต้นตั้งแต่เด็กอายุ 7 ปีไปจนกระทั่งถึงผู้ที่มีอายุ 79 ปีทั้งเพศหญิงและเพศชายเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการออกแบบทางสถาปัตยกรรม ให้เกิดความเหมาะสมกับขนาดสรีระของประชากรไทย โดยข้อมูลในคู่มือเป็นข้อมูลสัดส่วนร่างกายที่ใช้มากในงานด้านสถาปัตยกรรมมีอยู่ประมาณ 24 ท่ามาตรฐาน

Chaffin and Park (1973) กล่าวถึง การประเมินค่าความแข็งแกร่งของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ จะช่วยให้ทราบถึงขีดความสามารถในการทำงานโดยใช้แรงที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย เพราะฉะนั้นการทำงานโดยใช้แรงมากเกินกว่าความแข็งแกร่งของกล้ามเนื้อส่วนที่ทำงานนั้นจะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ เราจึงต้องมีการ ออกแบบสร้างเครื่องมือและเครื่องจักรให้เหมาะสมกับความแข็งแกร่งของคนกลุ่มนั้น ๆ และสามารถใช้ออกแบบการทำงาน เพื่อลดการใช้แรงมากเกินความแข็งแกร่งของกล้ามเนื้อส่วนที่ใช้ทำงานได้ ถ้าความแข็งแกร่งของกล้ามเนื้อไม่เพียงพอต่อความหนักของงานจะทำให้เกิดอันตรายได้หลายแบบ เช่น กล้ามเนื้อส่วนที่ใช้งานฉีกขาด ของที่ยกหรือผลักอยู่นั้นหล่นทับ หรือได้รับอันตรายจากเครื่องจักรและเครื่องมือที่ควบคุมหรือใช้งานในขณะนั้น

Kroemer (1970) กล่าวถึง ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ การแนะนำการใช้เครื่องวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อให้แก่ผู้ถูกทดสอบ ท่าทาง (Posture) ของผู้ถูกทดสอบ ระหว่างการทดสอบ ช่วงระยะเวลาในการออกแรง ระยะเวลาพักผ่อนระหว่างการทดสอบ และรายงานการทดสอบและการวิ เคราะห์ทางสถิติเป็นองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อเทคนิคการวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ และเป็นสาเหตุให้ข้อมูลมีความแปรปรวนสูงนอกจากนี้เครื่องมือวัดทิศทางของแรง เพศ อายุและลักษณะงานประจำของผู้ถูกทดสอบ ท่าทางของผู้ถูกทดสอบระหว่างการทดสอบ วิธีการออกแรงรวมถึงช่วงระยะเวลาในการออกแรง สิ่งจูงใจผู้ถูกทดสอบและสภาพแวดล้อมขณะทดสอบยังเป็นตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ(Roebuck et al., 1975)

กิตติ อินทรานนท์ และคณะ (2531) ได้ทำการวิจัยวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ 6 ตำแหน่ง คือ กำลังสถิตของกล้ามเนื้อหลัง (back static strength) กำลังสถิตของกล้ามเนื้อแขน (arm static strength) กำลังสถิตของกล้ามเนื้อขา (leg static strength) กำลังสถิตของกล้ามเนื้อไหล่ (shoulder static strength) กำลังสถิตของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ (composite static strength)

กำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือ (grip static strength)โดยใช้ผู้เข้าทดสอบชายจำนวน 250 คนและหญิงจำนวน 250 คนที่ประกอบอาชีพในภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรม ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสรุปได้ว่า กำลังสถิตของประชากรทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน และยังพบว่ากำลังสถิตของกล้ามเนื้อในตำแหน่งต่างๆที่ทำ การวัด มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือถ้ากำลังสถิตของกล้ามเนื้อชุดใดสูง ชุดอื่นก็จะสูงตามไปด้วย

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

เราจะทำการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายและวัดกำลังสถิตกล้ามเนื้อของนักเรียนมัธยมศึกษา โดยแบ่งเป็นช่วงอายุ เพศ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายกับความสูงเพื่อใช้ในการออกแบบสถานีงานที่เหมาะสมกับเด็กในสถานประกอบการและเพื่อแนะนำน้ำหนักและความแข็งแกร่งของกล้ามเนื้อต่อแรงกดและกระดูกสันหลังที่ยอมรับได้ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ขั้นตอนการวัดสัดส่วนของร่างกายและขั้นตอนการวัดกำลังกล้ามเนื้อสถิต

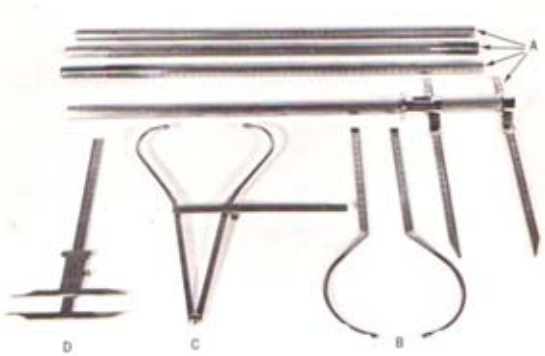
3.1 ผู้เข้าร่วมงานวิจัย

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาของโรงเรียนสตรีอ่างทอง อายุระหว่าง 13 - 18 ปี จำนวนทั้งสิ้น 420 คน โดยนักเรียนเหล่านั้นต้องได้รับการยินยอมจากผู้ปกครองเป็นลายลักษณ์อักษรว่าให้เข้าร่วมงานวิจัยได้ จึงมีสิทธิ์เข้าร่วมงานวิจัย

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดสัดส่วนประกอบไปด้วย

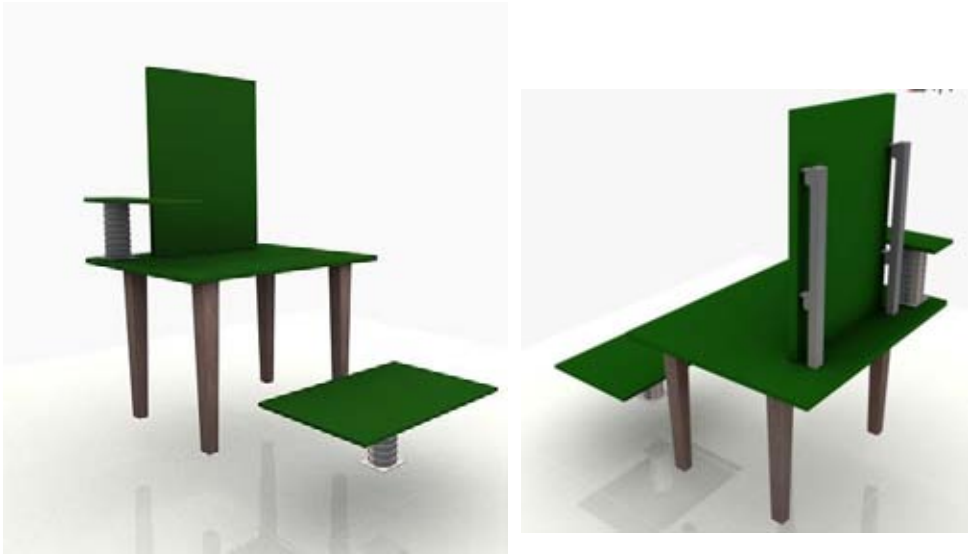
1. ชุดเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายพื้น ฐาน (Anthropometer) แสดงดังภาพที่ 3.1เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้วัดขนาดสัดส่วนของร่างกายเป็นการวัดขนาดโดยวิธีการวัดโดยตรง ประกอบไปด้วยเครื่องวัดขนาดแบบต่างๆ ใช้วัดขนาดและสัดส่วนของร่างกายตามตำแหน่งพิกัดต่างๆ สามารถที่จะแยกชิ้นส่วนประกอบตามความยาวได้ วิธีการใช้เครื่องมือวัดกับผู้ทดสอบจะจัดท่าทางการวัดให้กับผู้ทดสอบตามท่าทางมาตรฐาน โดยวัดทั้งหมด 19 ค่า ซึ่งเครื่องมือวัดสามารถวัดและอ่านค่าได้จากเครื่องมือโดยตรงและใช้เป็นข้อมูลของแต่ละสัดส่วนได้



ภาพที่ 3.1 แสดงชุดเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายพื้นฐาน Anthropometer

(J.A. Roebuck, Jr., K.H.E. Kroemer, และ W.G. Thomson, 1975)

2. เก้าอี้นั่งปรับระดับได้ แสดงดังภาพที่ 3.2 เพื่อใช้ในการวัดสัดส่วนที่เป็นท่านั่ง โดยขณะนั่งผู้ถูกทดสอบต้องนั่งให้หลังตรง และตั้งขาให้ได้ฉากที่ข้อพับ



ภาพที่ 3.2 แสดงเก้าอี้นั่งปรับระดับได้

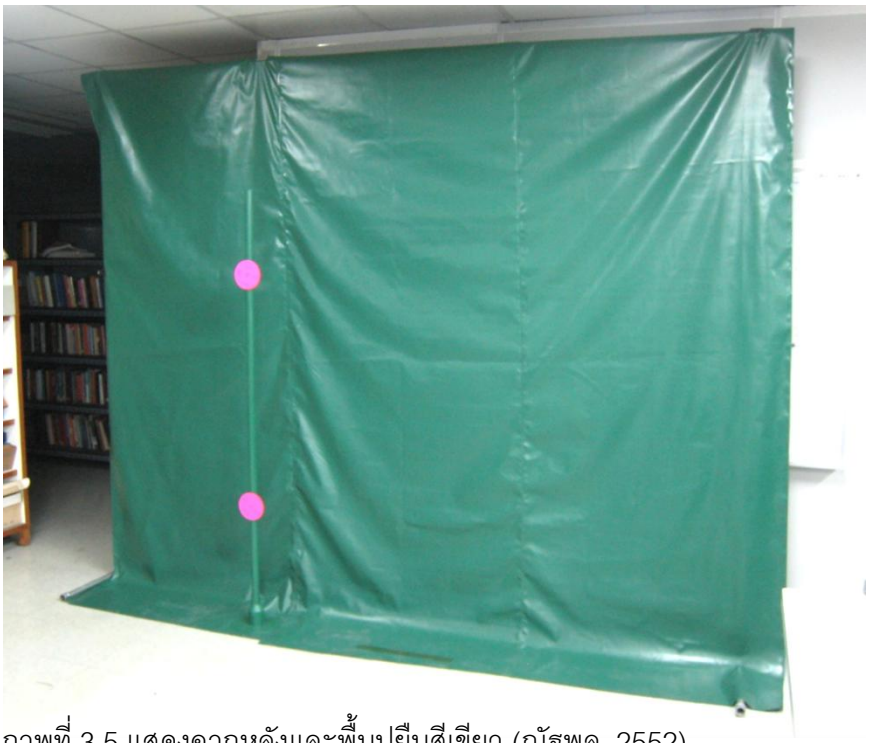
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก แสดงดังภาพที่ 3.3 เพื่อวัดน้ำหนักของผู้ถูกทดสอบในหน่วยกิโลกรัม

ภาพที่ 3.3 แสดงเครื่องชั่งน้ำหนัก

4. กล้องถ่ายรูปดิจิตอลพร้อมขาตั้งกล้อง แสดงดังภาพที่ 3.4 โดยเลือกไฟล์ที่ใช้ในการจัดเก็บภาพถ่ายดิจิตอลเป็น JPEG

ภาพที่ 3.4 แสดงกล้องถ่ายรูปดิจิตอล

5. ฉากหลัง และพื้นปูยืนสีเขียว แสดงดังภาพที่ 3.5 กำหนดให้ฉากหลังและพื้นปูยืนเป็นสีเขียวล้วน โดยมีขนาดครอบคลุมกับท่าที่ต้องการวัด



ภาพที่ 3.5 แสดงฉากหลังและพื้นปูยืนสีเขียว (ณัฐพล, 2552)

6. อุปกรณ์อ้างอิงขนาด แสดงดังภาพที่ 3.6 อุปกรณ์อ้างอิงขนาดที่ใช้ในงานวิจัยมีลักษณะเป็นเสามีความสูง 1.8 เมตร โดยมีแผ่นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 ซม. จำนวน 2 แผ่น ติดตั้งที่เสาโดยมีระยะห่างระหว่างวงกลมทั้ง 2 เป็นระยะ 1 เมตร

ภาพที่ 3.6 แสดงอุปกรณ์อ้างอิงระยะ (ณัฐพล, 2552)

7. แบบฟอร์มบันทึกผลการตรวจวัดสัดส่วนร่างกาย ดังภาคผนวก ค.
8. เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างในกระบวนการเก็บข้อมูลการตรวจวัดสัดส่วนร่างกาย โดยใช้อุปกรณ์วัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ และกล้องถ่ายภาพดิจิตอล ดังภาคผนวก ง.

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดกำลังสถิตประกอบด้วย

1. ชุดเครื่องมือวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ

ภาพที่ 3.7 เครื่องวัดแรงดึง Load cell พร้อม Digital Display

2. เครื่องวัดกำลังกล้ามเนื้อมือ Grip Dynamometer

ภาพที่ 3.8 เครื่องวัดกำลังกล้ามเนื้อมือ Grip Dynamometer (G100)

Biometrics E-LINK H400S

3. กล้องถ่ายรูปดิจิตอลพร้อมขาตั้งกล้อง โดยเลือกไฟล์ที่ใช้ในการจัดเก็บภาพถ่ายดิจิตอลเป็น JPEG ระยะตั้งกล้อง 3 เมตร ความคมชัด 7 ล้านพิกเซล

ภาพที่ 3.9 กล้องถ่ายรูป CANON DIGITAL IXAS 120 IS

3.3 ขั้นตอนการวัดสัดส่วนร่างกาย

1. ยื่นหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัยสำหรับ (consent form) ผู้ปกครองดังแสดงในภาคผนวก ค. และรับคืนจากอาจารย์ประจำชั้น
2. ตรวจสอบนักเรียนเข้าร่วมการวิจัยและขัดข้องจากหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัยสำหรับ(consent form)ผู้ปกครอง เลือกวิจัยนักเรียนที่ได้รับการยินยอมให้เข้าร่วมการวิจัยจากผู้ปกครองเท่านั้น
3. กำหนดให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่งกายด้วยชุดนักเรียนปกติ สวมใส่ถุงเท้านักเรียนสีขาว ซึ่งเป็นสีที่แตกต่างกับฉากหลังและพื้นปูยืน และไม่สวมใส่รองเท้านักเรียน
4. ขณะวัดผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องไม่สวมใส่อุปกรณ์หรือเครื่องประดับอื่นใดติดตามร่างกาย เช่น กิ๊ปหนีบผม นาฬิกา กระเป๋านักเรียน ฯลฯ
5. ผู้วิจัยตรวจสอบความเรียบร้อยของผู้ถูกทดสอบทุกคนก่อนวัดสัดส่วน พร้อมทั้งลงบันทึกข้อมูล เช่น ชื่อ ชั้นเรียน อายุ เพศ
6. อธิบายขั้นตอนการทดลองให้ผู้ถูกทดสอบทราบอย่างละเอียด
7. จัดท่าทางสำหรับการเก็บข้อมูล ทั้งหมด 19 ค่า ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งการวัดสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนจำนวน 19 ค่า

ตำแหน่ง	รายละเอียด	ท่าทางในการวัด	ตำแหน่งที่หมาย (Land Mark)
1	ความสูงขณะยืน (Stature height, Standing)	ท่ายืน	ไม่มี
2	ความสูงระดับสายตาขณะยืน (Eye height, Standing)	ท่ายืน	ระดับตาทั้งสองข้าง
3	ความสูงระดับไหล่ขณะยืน (Shoulder height, Standing)	ท่ายืน	จุดสูงสุดของปุ่มกระดูกหัวไหล่
4	ความสูงระดับข้อศอกขณะยืน (Elbow height, Standing)	ท่ายืน	ปุ่มกระดูกแขนด้านล่างทางด้านนอก
5	ความสูงสนับมือหรือความสูงระดับข้อนิ้วมือ (Knuckle height, Standing)	ท่ายืน	รอยต่อระหว่างกระดูกข้อนิ้วมือของนิ้วกลางกับกระดูกฝ่ามือ

ตำแหน่ง	รายละเอียด	ท่าทางในการวัด	ตำแหน่งที่หมาย (Land Mark)
6	ความสูงขณะนั่ง (Sitting height)	ท่านั่ง	ไม่มี
7	ความสูงระดับสายตาขณะนั่ง (Eye height, Sitting)	ท่านั่ง	ระดับตาทั้งสองข้าง
8	ความสูงระยะพักศอกถึงพื้นที่นั่ง (Elbow rest height, Sitting)	ท่านั่ง	ปุ่มข้อศอก
9	ความหนาของต้นขา (Thigh clearance height, Sitting)	ท่านั่ง	ส่วนที่หนาที่สุดของต้นขาด้านบนขณะนั่ง
10	ความสูงระดับหัวเข่าขณะนั่ง (Knee height, Sitting)	ท่านั่ง	ส่วนบนของกระดูกหัวเข่า
11	ความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่าด้านหน้าขณะนั่ง (Buttock-knee length, Sitting)	ท่านั่ง	จุดสูงสุดของก้น
12	ความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่ง (Popliteal height, Sitting)	ท่านั่ง	ไม่มี
13	ความหนาหน้าอก (Chest depth, Standing)	ท่ายืน	จุดที่นูนที่สุดของหน้าอก
14	ความกว้างระหว่างข้อศอก (Elbow-elbow breadth, Sitting)	ท่านั่ง	ขอบของข้อศอกที่กว้างที่สุดทั้งสองข้างขณะนั่ง
15	ความกว้างสะโพก (Hip breadth, Sitting)	ท่านั่ง	ขอบสะโพกที่กว้างที่สุดทั้งสองข้างขณะนั่ง
16	ระยะไหล่ถึงปลายนิ้วขณะยืดแขนในท่านั่ง (Upper limb length, Sitting)	ท่านั่ง	ปุ่มกระดูกหัวไหล่
17	ระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะในท่ายืน (Vertical reach height, Standing)	ท่ายืน	ไม่มี
18	ระยะจากก้นกบถึงส้นเท้าขณะนั่ง (Buttock-Heel length, Sitting)	ท่านั่ง	ไม่มี
19	น้ำหนักร่างกาย (Weight)	ท่ายืน	ไม่มี

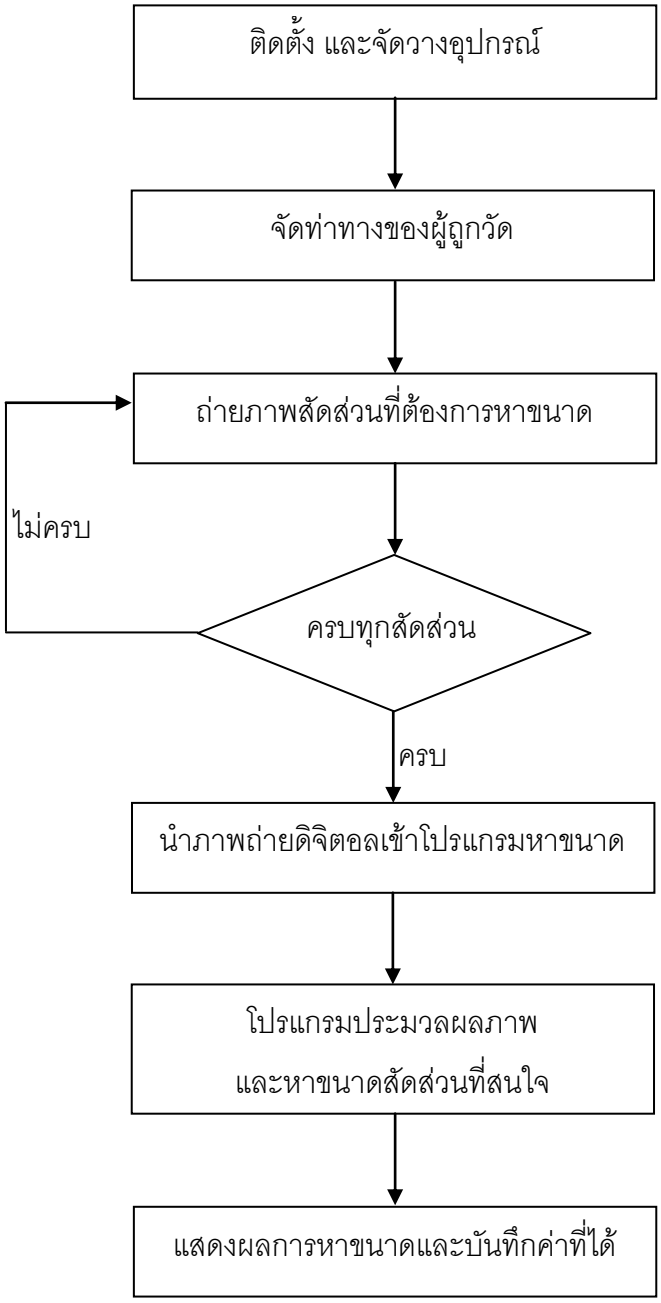
8. วัดสัดส่วนร่างกายจากท่ายืนและตามด้วยท่านั่ง ในขณะวัดสัดส่วนร่างกายต้องให้สัดส่วนร่างกายที่ต้องการหาขนาดอยู่ในระนาบเดียวกันกับอุปกรณ์อ้างอิงหรือใกล้เคียงที่สุด
9. ทั้งท่ายืนและท่านั่งจะถ่ายภาพท่าละ 2 ด้านประกอบไปด้วย
   - ถ่ายจากด้านขวามือของผู้ถูกทดสอบ
   - ถ่ายจากด้านหน้าของผู้ถูกทดสอบ
10. ภายหลังจากได้ขนาดสัดส่วนทั้งหมด 19 ค่า ครบตามจำนวนกลุ่มประชากรที่ต้องการทดลอง จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติต่อไป
11. ภาพถ่ายจากกล้องดิจิตอล จะใช้โปรแกรมประยุกต์การหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายดิจิตอลแบบ2 มิติ ณัฐพล (2552) มาหาค่าขนาดสัดส่วนต่างๆ

3.4 การติดตั้งและการจัดวางอุปกรณ์

ให้ผู้ถูกทดสอบยืนหรือนั่งอยู่กึ่งกลางของฉากหลัง และห่างจากฉากหลังประมาณ 30 ซม. อุปกรณ์อ้างอิงระยะให้วางอยู่ในระนาบเดียวกันกับสัดส่วนที่ต้องการหาขนาดหรือกึ่งกลางที่สุดในกรณีที่มีการวัดสัดส่วนหลายๆ สัดส่วนในภาพถ่ายเดียวกัน การวางกล้องกำหนดให้วางโดยให้กรอบของภาพครอบคลุมผู้ถูกวัด และอุปกรณ์อ้างอิงระยะ

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการถ่ายรูป

ภาพที่ 3.10 แสดงขั้นตอนในกระบวนการเก็บข้อมูลโดยวิธีการถ่ายรูป เพื่อนำไปหาค่าขนาดสัดส่วนร่างกายเด็กต่อไป



ภาพที่ 3.10 ขั้นตอนในกระบวนการเก็บข้อมูลโดยวิธีการถ่ายรูป (ณัฐพล, 2552)

3.6 ขั้นตอนการวัดกำลังสถิต

1. ยื่นหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัยสำหรับ (consent form)ผู้ปกครองดังแสดงในภาคผนวก ค. และรับคืนจากอาจารย์ประจำชั้น
2. ตรวจสอบนักเรียนเข้าร่วมการวิจัยและขัดข้องจากหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัยสำหรับ(consent form)ผู้ปกครอง เลือกวิจัยนักเรียนที่ได้รับการยินยอมให้เข้าร่วมการวิจัยจากผู้ปกครองเท่านั้น
3. ผู้วิจัยตรวจสอบความพร้อมของผู้ถูกวิจัยพร้อมทั้งกรอกข้อมูลพื้นฐานในแบ บบันทึกดังนี้ ชื่อ สกุล ชั้นประถมศึกษาปีที่ เลขที่ น้ำหนักตัว ส่วนสูง ลักษณะกระเป๋า น้ำหนักกระเป๋า ความยาวมือ เพื่อใช้คำนวณแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วน L5/S1
4. อธิบายวิธีการทดสอบพร้อมทั้งแสดงการทดสอบกำลังสถิตของกล้ามเนื้อตำแหน่งนั้นๆ ให้ผู้ถูกทดสอบเข้าใจและสามารถทดสอบได้ถูกต้อง
5. ทำการวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ แขน ไหล่ ส่วนต่างๆ และมือ โดยให้ครบทุกท่า
6. ขณะทำการทดสอบถ้าผู้ถูกวิจัยคนใดรู้สึกบาดเจ็บปวดกล้ามเนื้อจะต้องให้หยุดทดสอบทันที
7. การวัดค่ากำลังสถิตเหล่านี้จะทำซ้ำ 2 ครั้ง และแต่ละครั้งให้พัก 2 นาที เพื่อให้กล้ามเนื้อกลับคืนสู่สภาพปกติ แล้วจึงทำการทดสอบครั้งต่อไป
8. บันทึกภาพโดยใช้การถ่ายภาพดิจิตอลในแต่ละท่าขณะทำการทดลอง
9. คำนวณตามแนวทางชีวกลศาสตร์ในภาวะสถิตจากการวัดกำลังสถิต เพื่อหาแรงกดอัดที่กระทำต่อกระดูกสันหลังส่วนล่าง
10. ประเมินภาระงานของการยกน้ำหนักที่เหมาะสมโดยอาศัยความแข็งแกร่งของกล้ามเนื้อ

การวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ

กำลังสถิตของกล้ามเนื้อแขน

ต้องปรับความสูงของด้ามเครื่องมือทดสอบให้อยู่ในระดับที่แขนส่วนล่างของผู้ถูกทดสอบงอเป็นมุม 90 องศา กับแขนส่วนบนในขณะที่มือทั้งสองข้างจับด้ามเครื่องมือทดสอบ (ด้ามเครื่องมือทดสอบตั้งฉากกับลำตัวของผู้ถูกทดสอบ แขนส่วนบนทั้งสองข้างของผู้ถูกทดสอบจะอยู่ในแนวตั้ง ขนานและติดกับลำตัว) การทดสอบผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรง ขาและหลังตั้งตรงไม่งอ และเท้าทั้งสองยืนราบอยู่กับพื้น (ไม่ยืนเขย่งเท้า) จากนั้นให้ผู้ทดสอบใช้มือทั้งสองข้างค่อย ๆ ออกแรงในแนวตั้งยกด้ามเครื่องมือทดสอบจนถึงระดับสูงสุด โดยที่ไหล่ทั้งสองข้างไม่เคลื่อนที่ ออกแรงสูงสุดประมาณ 5 วินาที

ภาพที่ 3.11 ท่าทางในการวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อแขน

กำลังสถิตของกล้ามเนื้อไหล่

ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงบนพื้นกระดานเครื่องมือทดสอบ ต้องปรับความสูงของด้ามเครื่องมือทดสอบให้อยู่ในระดับที่แขนส่วนบนทั้งสองข้างขนานกับพื้นกระดาน ส่วนแขนส่วนล่างนั้นงอทำมุมฉากกับแขนส่วนบน ในขณะที่มือทั้งสองข้างจับด้ามเครื่องมือทดสอบ เท้าทั้งสองข้างอยู่ราบกับพื้นกระดานเครื่องมือทดสอบ (ไม่ยืนเขย่งเท้า) ขาและหลังตั้งตรง จากนั้นให้ผู้ทดสอบใช้มือทั้งสองข้างค่อย ๆ ออกแรงในแนวตั้งยกด้ามเครื่องมือทดสอบจนถึงระดับสูงสุดและขณะออกแรงต้องไม่ยืนเขย่งเท้า ออกแรงสูงสุดประมาณ 5 วินาที

ภาพที่ 3.12 ท่าทางในการวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อไหล่

กำลังสถิตของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ

ปรับด้ามเครื่องมือทดสอบให้สูงขึ้นจากพื้นกระดานเครื่องมือทดสอบ 12 นิ้ว (ความสูงจากพื้นกระดานเครื่องมือทดสอบไปยังระนาบที่ต่ำที่สุดของด้ามเครื่องมือทดสอบ) ให้ผู้ถูกทดสอบอยู่ในท่ากึ่งนั่งกึ่งยืน (semi-squat position) ทั้งสองข้างจับเครื่องมือทดสอบ เท้าทั้งสองข้างอยู่ราบกับพื้นกระดานเครื่องมือทดสอบโดยไม่เขย่งเท้า จากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบใช้เข่าทั้งสองข้างและลำตัวออกแรงในแนวตั้งที่ละน้อยจนถึงระดับสูงสุด หน้ามองตรง ออกแรงสูงสุดประมาณ 5 วินาที

ภาพที่ 3.13 ท่าทางในการวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ

กำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือ

การวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือ จะใช้เครื่องมือวัดโดยเฉพาะ ซึ่งเรียกว่า grip dynamometer ผู้ถูกทดสอบจะต้องยืนตัวตรงหน้าตรง ปล่อยแขนขนานลำตัว เท้าราบอยู่กับพื้น ถือเครื่องมือวัดไว้ในมือข้างที่ถนัด ถ้าถนัดขวาให้ใช้มือขวา ถนัดซ้ายให้ใช้มือซ้าย ถนัดทั้งสองมือให้ใช้มือขวา เครื่องมือวัดนี้จะสามารถปรับระยะห่างได้ เพื่อให้พอดีกับมือของผู้ถูกทดสอบ ขณะทดสอบผู้ถูกทดสอบจะต้องออกแรงบีบอย่างเต็มที่ โดยยังคงยืนตัวตรงหน้าตรง ออกแรงสูงสุดประมาณ 5 วินาที

ภาพที่ 3.14 ท่าทางในการวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อมือ

บทที่ 4

ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายและกำลังสถิตของกล้ามเนื้อของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 6 จำนวน 420 คน จากโรงเรียนสตรีอ่างทอง มีวิธีการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1.ใช้ภาพถ่ายจากกล้องดิจิตอลและใช้โปรแกรมประยุกต์การหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายดิจิ ตอลแบบ 2 มิติ ในการหาข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกาย 2. การวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อทั้งหมด 4 ท่า ผลการเก็บข้อมูลที่ได้แบ่งออกเป็นหัวข้อดังนี้

1. ผลการสุ่มตัวอย่างของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 6
2. วิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเป อร์เซ็นไทล์ที่ 5 และ 95
3. ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของวัยรุ่นชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไป
4. การทดสอบกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ
5. แรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่าง

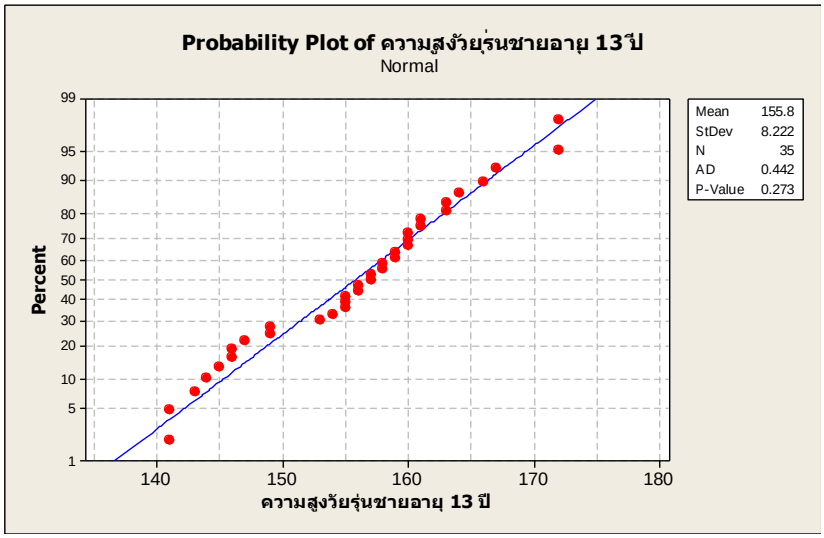
4.1 ผลการสุ่มตัวอย่างของเด็กนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 6

นักเรียนที่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ต้องได้รับอนุญาตจากผู้ปกครองเป็นลายลักษณ์อักษร โดยเก็บข้อมูลอายุละประมาณ 70 คน แบ่งออกเป็นนักเรียนชายและหญิงอย่างละเท่าๆ กัน รวมทั้งสิ้น 420 คน จำนวนนักเรียนที่เก็บข้อมูลในแต่ละช่วงอายุแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนนักเรียนเข้าร่วมวิจัยจำแนกตามอายุ

ระดับอายุ (ปี)	จำนวนนักเรียน (คน)		รวม(คน)
	ชาย	หญิง	
13	35	35	70
14	35	35	70
15	35	35	70
16	35	35	70
17	35	35	70
18	35	35	70
รวม	210	210	420

ผลการสุ่มนักเรียนโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายทำให้เชื่อได้ว่านักเรียนที่เก็บข้อมูลมานั้นสามารถเป็นตัวแทนของประชากรได้ เนื่องจากการเลือกตัวอย่างในแต่ละครั้งเป็นการเลือกที่ให้แต่ละหน่วยในประชากรมีโอกาสถูกเลือกเท่าๆ กันรวมถึงเมื่อทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล โดยแยกการทดสอบข้อมูลของเด็กนักเรียนชายและหญิงในแต่ละช่วงอายุและแต่ละสัดส่วนออกจากกัน สมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis) H_0: ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ สมมุติฐานรอง (Alternative Hypothesis) H_1: ข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05) ตัวอย่างผลการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลสัดส่วนร่างกายแสดงดังภาพที่ 4.1 ในตัวอย่างสัดส่วนอื่นดูได้ในภาคผนวก จ.



ภาพที่ 4.1 Probability Plot of ความสูงวัยรุ่นชายอายุ 13 ปี

จากภาพที่ 4.1 แสดงการทดสอบ Probability Plot of ความสูงวัยรุ่นชายอายุ 13 ปี ได้ค่า P-Value = 0.273 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 หรือข้อมูลความสูงวัยรุ่นชายอายุ 13 ปีมีการกระจายตัวแบบปกติและจากการทดสอบสมมุติฐานในสัดส่วนอื่นของวัยรุ่นชายและหญิงสรุปทุกตัวมีการกระจายตัวแบบปกติเช่นกัน

4.2 วิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 5 และ 95

หลังจากทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลแล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 5 และ 95 ดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 ซึ่งแสดงขนาดสัดส่วนร่างกายของวัยรุ่นชายและหญิงอายุ 13-18 ปี ในสัดส่วนท่ายืนจำนวน 8 สัดส่วนและขนาดสัดส่วนร่างกายในท่านั่ง12สัดส่วนตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ขนาดสัดส่วนร่างกายของวัยรุ่นชายและหญิงอายุ 13 - 18 ปี ในสัดส่วนท่ายืนจำนวน 8 สัดส่วน

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	เพศ	อายุ 13 ปี				อายุ 14 ปี				อายุ 15 ปี				อายุ 16 ปี				อายุ 17 ปี				อายุ 18 ปี			
			Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95
1	H	ชาย	155.77	8.22	142.40	168.50	160.23	7.72	147.40	170.60	164.97	4.68	159.70	173.00	166.87	7.58	153.45	176.55	168.11	6.92	158.40	179.60	170.86	6.06	160.70	178.30
		หญิง	155.29	6.01	145.00	164.30	155.40	5.63	149.40	166.30	155.66	3.61	149.70	160.00	158.49	4.76	151.00	166.60	159.77	6.54	150.00	169.30	160.43	4.48	153.00	166.60
2	VR	ชาย	195.39	11.00	179.17	211.18	198.50	14.93	171.63	213.00	205.40	8.69	193.02	219.05	205.56	11.73	186.33	221.69	206.27	9.25	189.97	218.93	210.21	6.93	193.94	215.44
		หญิง	192.04	9.73	175.30	207.03	193.65	10.39	171.89	205.07	194.09	7.17	181.60	196.77	194.37	7.47	184.81	222.83	195.67	10.19	182.07	211.10	195.91	9.50	182.68	207.25
3	EY	ชาย	144.30	8.20	129.96	156.03	148.14	11.16	129.10	159.65	150.73	5.23	144.81	161.25	152.16	8.35	140.42	166.67	154.54	6.83	142.60	165.45	156.20	5.37	145.64	161.11
		หญิง	141.89	6.97	127.85	149.59	143.35	7.79	130.45	153.74	144.55	5.36	136.60	147.83	145.33	5.02	139.24	168.46	146.08	7.70	135.45	158.60	146.96	6.21	136.86	152.73
4	SD	ชาย	127.84	6.72	116.90	137.43	130.22	9.29	113.75	139.55	132.37	4.83	128.81	143.19	134.13	7.08	124.24	146.87	134.83	6.60	125.14	145.91	137.22	5.93	128.68	144.69
		หญิง	126.27	5.19	116.50	133.22	127.22	7.26	114.59	136.92	128.98	5.12	119.02	131.37	129.26	4.33	123.87	148.63	130.53	6.55	118.35	138.46	130.70	5.67	119.65	137.26
5	EL	ชาย	98.90	5.61	89.65	109.02	101.96	7.56	87.76	110.82	103.84	4.66	99.08	113.60	104.02	6.06	94.69	113.40	105.19	5.99	95.68	115.65	107.61	5.77	99.11	114.93
		หญิง	97.85	4.24	90.05	103.49	98.75	5.45	89.38	105.94	99.11	4.34	91.82	102.90	100.00	4.21	94.40	114.65	100.65	5.20	91.91	107.37	101.54	4.81	92.58	108.20
6	FG	ชาย	66.66	4.36	60.40	74.66	70.13	5.53	62.51	76.45	70.27	3.22	68.05	77.66	70.72	4.02	64.32	77.34	71.52	4.01	65.60	78.71	72.67	4.80	64.83	80.55
		หญิง	66.28	2.76	61.76	70.74	68.09	4.17	62.00	74.16	68.10	3.22	62.63	71.41	68.15	2.67	63.99	78.56	68.18	3.71	63.51	73.36	68.23	3.25	63.31	72.51
7	CD	ชาย	20.56	4.98	13.97	28.70	20.95	2.11	18.97	24.24	22.29	2.29	17.40	24.12	23.19	3.14	18.73	28.82	23.62	4.04	17.45	30.80	24.65	4.53	14.15	29.19
		หญิง	18.38	3.29	13.94	22.80	20.57	1.63	19.54	24.54	22.31	2.22	17.26	24.12	24.42	2.37	18.20	29.45	25.80	1.54	19.64	24.03	26.95	2.32	17.28	23.84
8	W	ชาย	53.31	23.85	33.10	86.70	56.69	16.81	34.00	85.80	58.31	11.68	40.00	70.05	60.83	13.93	39.90	81.55	62.62	12.62	47.40	85.30	64.20	12.97	46.70	87.50
		หญิง	47.06	8.26	34.70	60.60	48.43	7.57	36.70	54.30	50.06	10.38	38.70	69.00	50.14	9.50	38.70	90.00	50.40	9.64	40.70	68.40	50.86	6.81	42.70	61.30

หมายเหตุ ค่าสัดส่วนลำดับที่ 1 – 7 เป็นหน่วยเซนติเมตร ค่าสัดส่วนลำดับที่ 8 เป็นหน่วยกิโลกรัม

โดยที่ 1.H คือ ความสูงขณะยืน 2.VR คือ ระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะในท่ายืน 3.EY คือ ความสูงระดับสายตาขณะยืน

4.SD คือ ความสูงระดับไหล่ขณะยืน 5.EL คือ ความสูงระดับข้อศอกขณะยืน 6.FG คือ ความสูงระดับนิ้วมือ

7.CD คือ ความหนาหน้าอกขณะยืน 8.W คือ น้ำหนักร่างกาย

จากตารางที่ 4.2 เห็นได้ว่าสัดส่วนร่างกายของวัยรุ่นชายและหญิงในท่ายืนทั้ง 8 สัดส่วน ส่วนมากมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นในสัดส่วนความสูง (H) สำหรับวัยรุ่นชายมีความสูงเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นเฉลี่ยปีละประมาณ 2 – 5 เซนติเมตร ส่วนวัยรุ่นหญิงค่าเฉลี่ยความสูงมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก นั่นคือ ความสูงของวัยรุ่นหญิงจะเริ่มคงที่ตั้งแต่ 16 ปีขึ้นไป และสำหรับความสูงเฉลี่ยของวัยรุ่นชายและวัยรุ่นหญิงในช่วงอายุเดียวกันจะเห็นว่าความสูงเฉลี่ยของวัยรุ่นชายมีค่ามากกว่าวัยรุ่นหญิงในทุกอายุ ระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะ (VR), ความสูงระดับสายตา (EY), ความสูงระดับไหล่ (SD), ความสูงระดับข้อศอก (EL), ความสูงระดับนิ้วมือ (FG) มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเพิ่มขึ้นทุกปีตามอายุที่เพิ่มขึ้นทั้งวัยรุ่นชายและหญิง ความหนาหน้าอก (CD) สำหรับวัยรุ่นชายจะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตามอายุน้อยมาก โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 20 - 24 เซนติเมตร แต่สำหรับวัยรุ่นหญิงมี การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 18 - 26 เซนติเมตร น้ำหนักร่างกาย (W) วัยรุ่นชายมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นทุกปีเมื่ออายุมากขึ้นเฉลี่ยปีละประมาณ 2 กิโลกรัมโดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 53 – 64 กิโลกรัม สำหรับวัยรุ่นหญิงในช่วงอายุ 13 – 15 ปี น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 47 – 50 กิโลกรัม และเมื่ออายุ 15 – 18 ปี เด็กจะมีน้ำหนักใกล้เคียงกันคืออยู่ที่ประมาณ 50 กิโลกรัม

ตารางที่ 4.3 ขนาดสัดส่วนร่างกายของวัยรุ่นชายและหญิงอายุ 13 – 18 ปี ในสัดส่วนท่านั่งจำนวน 12 สัดส่วน

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	เพศ	อายุ 13 ปี				อายุ 14 ปี				อายุ 15 ปี				อายุ 16 ปี				อายุ 17 ปี				อายุ 18 ปี			
			Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95
1	SI	ชาย	77.22	5.43	69.29	84.18	79.79	4.23	73.32	85.50	83.27	2.32	78.26	86.41	85.22	4.47	75.80	90.49	86.08	4.56	78.77	92.40	87.57	4.73	81.40	95.26
		หญิง	76.87	3.16	71.99	81.53	77.50	3.31	72.93	82.50	79.54	2.64	75.27	83.45	79.55	2.51	74.94	92.85	80.94	3.31	76.93	86.75	81.08	2.65	76.84	85.89
2	EE	ชาย	64.78	5.19	56.49	71.60	66.42	3.96	58.91	71.88	70.92	2.14	67.30	73.00	72.07	4.45	63.22	78.70	73.92	4.95	66.53	82.06	74.00	4.65	67.75	81.87
		หญิง	64.00	3.21	60.79	70.19	64.79	2.94	60.52	69.89	65.59	2.93	63.01	71.64	65.97	2.63	62.20	79.92	66.11	3.31	63.51	74.19	67.98	1.90	65.03	70.99
3	SE	ชาย	36.18	4.47	30.10	42.20	38.32	4.44	29.01	42.83	40.00	2.24	36.96	43.92	40.65	4.11	35.24	47.84	43.09	4.45	35.45	50.64	45.66	3.87	33.92	47.47
		หญิง	37.86	3.29	32.71	42.33	37.99	2.86	33.53	40.99	38.05	2.48	32.74	40.37	38.19	2.32	34.06	50.39	38.69	3.53	31.14	43.81	38.85	7.81	32.75	40.61
4	ER	ชาย	21.61	2.70	18.25	27.22	23.04	3.37	14.02	24.99	24.06	2.53	20.28	27.18	24.54	2.89	18.06	27.83	24.69	2.73	20.01	28.84	25.43	4.79	17.48	32.33
		หญิง	20.13	2.70	14.62	23.19	20.70	2.47	16.67	24.10	22.95	2.34	19.67	26.95	22.98	1.78	18.06	28.53	23.42	1.84	20.16	25.82	25.14	7.52	20.21	28.15
5	KN	ชาย	47.62	2.82	42.46	52.17	47.66	2.84	43.25	51.25	49.54	2.85	45.11	54.28	50.56	3.30	43.74	54.42	51.24	3.28	46.07	57.13	52.07	4.12	40.81	55.16
		หญิง	46.19	3.04	41.34	51.32	46.50	1.97	43.25	49.04	46.63	1.47	44.26	48.48	46.60	2.12	43.26	55.80	47.15	2.52	43.56	50.94	47.73	2.08	43.67	50.03
6	PO	ชาย	35.88	2.25	32.31	39.53	36.30	2.13	31.16	37.68	37.65	2.11	34.30	40.67	38.38	3.98	30.47	42.78	38.91	3.01	34.27	43.94	39.29	4.07	30.93	44.13
		หญิง	34.16	2.06	32.97	39.01	34.64	1.53	31.87	36.84	35.83	1.54	33.50	38.43	35.97	3.57	32.44	42.85	36.62	1.99	32.59	38.55	36.85	2.31	30.89	38.32

หมายเหตุ ค่าสัดส่วนลำดับที่ 1 – 6 เป็นหน่วยเซนติเมตร

โดยที่ 1.SI คือ ความสูงขณะนั่ง 2.EE คือ ความสูงระดับสายตาขณะนั่ง 3.SE คือ ความสูงจากหัวไหล่ถึงข้อศอกขณะนั่ง

4.ER คือ ความสูงระยะพักศอกถึงพื้นที่นั่ง 5.KN คือ ความสูงระดับหัวเข่าขณะนั่ง 6.PO คือ ความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่ง

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ขนาดสัดส่วนร่างกายของวัยรุ่นชายและหญิงอายุ 13 – 18 ปี ในสัดส่วนท่านั่งจำนวน 12 สัดส่วน

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	เพศ	อายุ 13 ปี				อายุ 14 ปี				อายุ 15 ปี				อายุ 16 ปี				อายุ 17 ปี				อายุ 18 ปี			
			Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95	Mean	SD	P5	P95
7	TH	ชาย	15.15	2.77	13.12	22.29	16.44	2.13	13.77	19.55	17.73	1.97	15.04	20.15	18.25	3.33	14.42	24.49	19.72	3.01	15.75	25.41	20.63	4.20	9.89	24.70
		หญิง	15.64	1.61	13.10	17.85	15.74	1.40	13.44	17.49	16.03	1.76	14.31	20.17	16.48	2.16	14.30	25.17	16.52	1.58	14.25	19.33	16.84	1.28	14.34	18.19
8	BK	ชาย	55.02	3.76	49.29	60.70	56.09	3.38	49.92	58.24	57.42	2.13	53.51	60.75	58.64	3.38	52.37	62.29	59.16	3.60	54.64	65.61	60.71	4.11	50.16	63.96
		หญิง	54.50	3.01	47.98	58.88	54.53	2.55	50.27	57.90	55.47	2.33	52.33	59.06	55.49	2.32	51.67	63.94	55.52	2.80	51.07	59.91	55.69	2.29	52.31	59.53
9	UL	ชาย	66.20	4.17	60.90	73.62	67.06	5.75	53.45	73.16	69.19	2.90	64.99	72.71	70.77	4.98	60.03	75.18	71.19	4.47	65.52	79.19	72.01	5.75	62.86	82.41
		หญิง	63.28	4.14	59.38	70.44	63.64	3.69	56.95	68.51	64.65	3.10	59.61	68.81	64.78	3.33	59.28	76.83	65.89	3.61	61.17	72.06	65.97	3.26	62.27	70.70
10	BH	ชาย	89.18	5.43	82.26	98.38	90.90	6.20	79.52	97.25	94.94	3.69	89.64	100.68	96.82	5.00	84.03	99.65	97.33	4.38	90.73	104.19	98.27	4.17	88.46	101.96
		หญิง	87.74	4.16	81.60	94.29	89.84	4.28	80.93	93.10	91.10	2.97	86.48	95.78	91.38	3.61	83.14	101.66	91.47	4.07	85.35	97.66	91.87	3.54	86.85	96.74
11	EB	ชาย	41.42	8.63	35.10	57.83	42.95	5.09	34.89	50.92	43.81	4.34	37.77	51.18	44.67	5.60	37.84	56.63	44.72	6.59	35.08	55.76	46.89	5.74	38.15	56.88
		หญิง	40.04	3.41	35.15	46.95	40.20	4.45	33.92	47.11	40.65	5.02	36.29	51.36	41.04	4.89	36.00	57.50	41.15	3.84	35.20	46.24	42.25	3.94	35.18	49.27
12	HB	ชาย	37.82	6.02	32.33	46.64	38.24	3.67	33.76	45.53	39.03	2.88	34.26	43.45	40.66	4.26	35.21	48.78	41.26	4.84	31.70	46.89	41.87	4.26	35.26	48.05
		หญิง	36.18	2.51	32.44	39.97	36.62	3.02	33.58	41.56	37.57	2.88	33.70	42.06	38.55	2.72	35.18	50.21	39.40	2.93	34.21	42.82	39.89	3.47	30.61	42.48

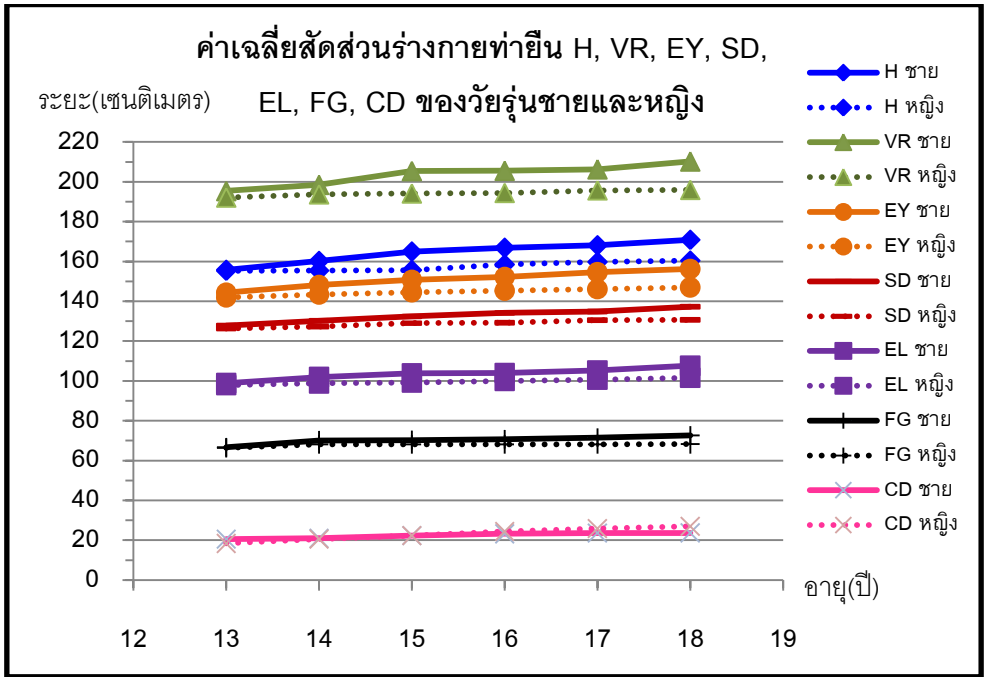
หมายเหตุ ค่าสัดส่วนลำดับที่ 7 – 12 เป็นหน่วยเซนติเมตร

โดยที่ 7.TH คือ ความหนาของต้นขา 8.BK คือ ความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่าด้านหน้าขณะนั่ง 9.UL คือ ระยะไหล่ถึงปลายนิ้วขณะยืดแขนในท่านั่ง

10.BH คือ ระยะจากก้นกบถึงส้นเท้า 11.EB คือ ความกว้างระหว่างข้อศอก 12.HB คือ ความกว้างสะโพก

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไป

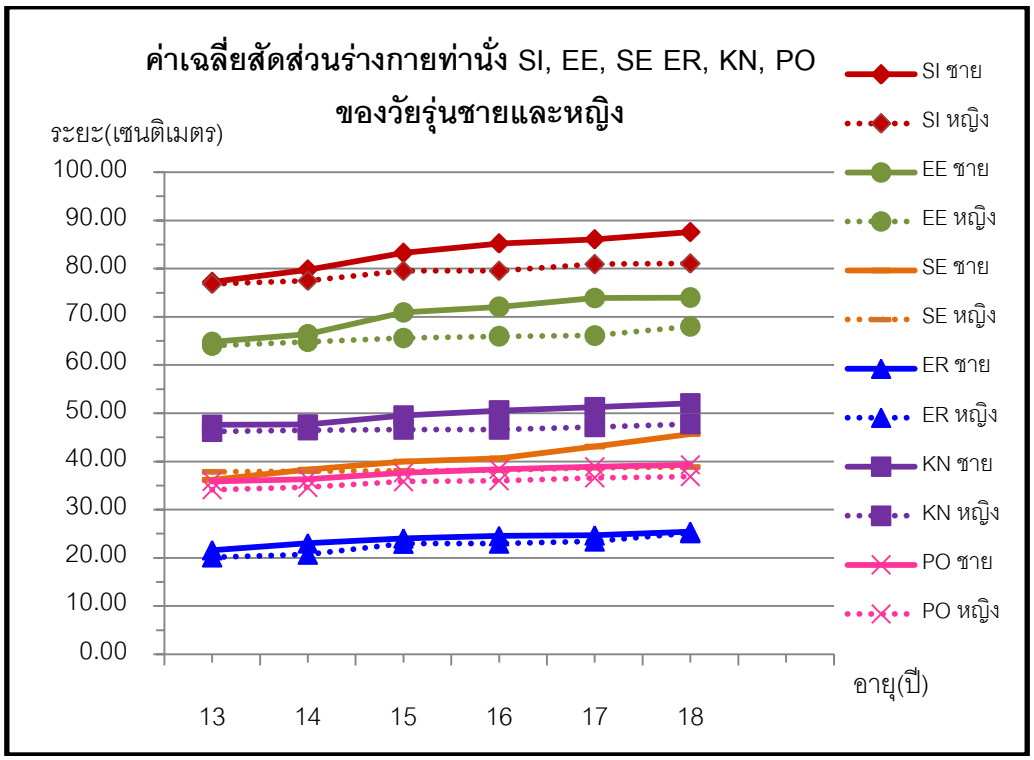
เมื่อเราทราบค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายของวัยรุ่นชายและหญิงในแต่ละช่วงอายุ จึงได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายในหน่วยเซนติเมตรกับอายุในหน่วยปีดังภาพที่ 4.2 สำหรับสัดส่วนร่างกายในท่ายืน ภาพที่ 4.3 และ ภาพที่ 4.4 สำหรับสัดส่วนร่างกายในท่านั่ง แล ะภาพที่ 4.5 สำหรับน้ำหนักร่างกาย



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของวัยรุ่นชายและหญิง
กับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกาย H, VR, EY, SD, EL, FG, CDในท่ายืน

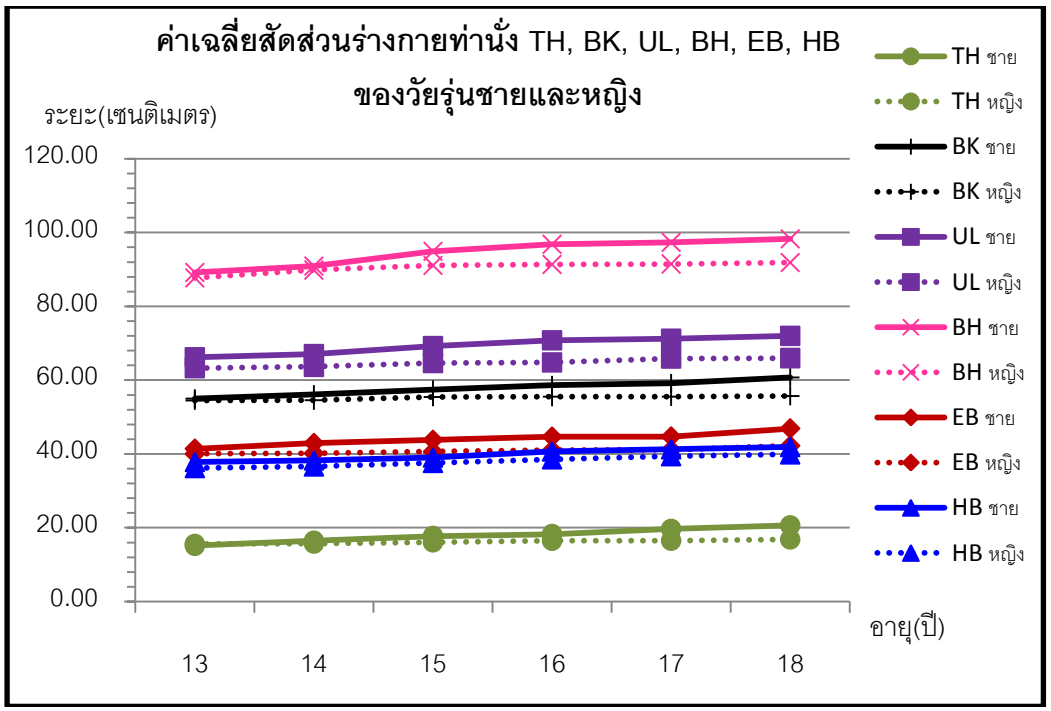
ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ของสัดส่วนร่างกายในท่ายืนของวัยรุ่นชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกาย สังเกตได้ว่า สัดส่วน H, VR, EY, SD, EL และ FG ในเพศชายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการเพิ่มขึ้นของข้อมูลมีลักษณะเป็นเชิงเส้น คือ เมื่ออายุเพิ่มขึ้นระยะสัดส่วนนั้นๆ ก็เพิ่มขึ้นด้วย เป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือแปรผันตามกัน แต่สำหรับสัดส่วน CD หรือ ความหนาหน้าอกของวัยรุ่นชายมีการเปลี่ยนแปลงน้อยโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 20 - 24 เซนติเมตร ลักษณะการเพิ่มขึ้นของข้อมูลจึงไม่น่ามีลักษณะเป็นเชิงเส้น สำหรับสัดส่วน H, VR,

EY, SD, EL และ FG ในเพศหญิงจะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นตามอายุที่มากขึ้นในช่วง 13 – 15 ปี และหลังจากนั้นช่วงอายุ 16 – 18 ปี จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยลง ยกเว้นสัดส่วน CD หรือ ความหนาหน้าอกของวัยรุ่นหญิงมีค่าเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 13 – 18 ปีอย่างต่อเนื่อง



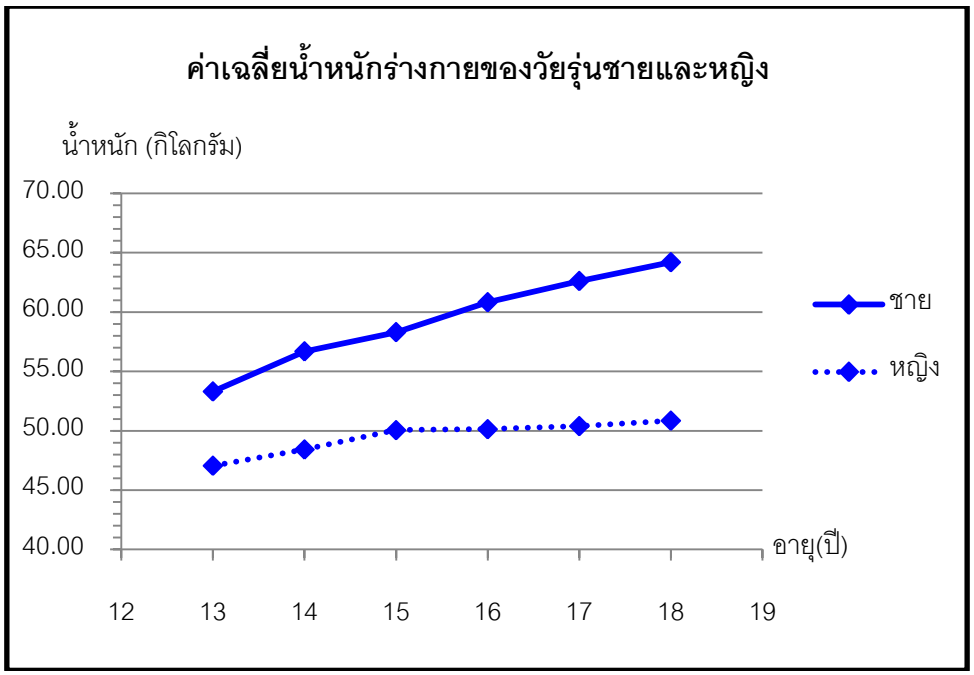
ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของวัยรุ่นชายและหญิง
กับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกาย SI, EE, SE ER, KN, PO ในท่านั่ง

ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกาย SI, EE, SE ER, KN, PO ในท่านั่งของวัยรุ่นชายและหญิง สังเกตได้ว่า สำหรับวัยรุ่นชายทุกสัดส่วนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นของข้อมูลมีลักษณะเป็นเชิง เส้น คือทั้งอายุกับสัดส่วนเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกันหรือแปรผันตามกัน แต่สำหรับวัยรุ่นหญิงจะเห็นว่าในช่วงอายุ 13 – 15 ปี ทุกสัดส่วนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น แต่มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วงอายุ 15 – 18 ปี อาจเป็นเพราะในช่วงอายุ 15 – 18 ปี วัยรุ่นหญิงเริ่มมีการเจริญเติบโตทางด้านร่างกายคงที่



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของวัยรุ่นชายและหญิง
กับค่าเฉลี่ยสัดส่วน TH, BK, UL, BH, EB, HB ในท่านั่ง

จากภาพที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายในท่านั่ง 6 สัดส่วนคือ TH, BK, UL, BH, EB, HB จะเห็นว่าทุกสัดส่วนของวัยรุ่นชายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นของข้อมูลมีลักษณะเป็นเชิงเส้น คือทั้งอายุกับสัดส่วนเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกันหรือแปรผันตามกันและพบว่าขนาดสัดส่วน ความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่าด้านหน้าขณะนั่ง (BK), ระยะไหล่ถึงปลายนิ้วขณะยืดแขนในท่านั่ง (UL), ระยะจากก้นกบถึงส้นเท้าขณะนั่ง (BH), ความกว้างระหว่างข้อศอก (EB) ของวัยรุ่นชายแตกต่างกับวัยรุ่นหญิงมากขึ้นในช่วงอายุ 15 – 18 ปี อาจเป็นเพราะในช่วงนี้วัยรุ่นชายยังมีการเจริญเติบโตอยู่ แต่วัยรุ่นหญิงเริ่มที่จะหยุดการเจริญเติบโตแล้ว แต่สำหรับสัดส่วนความหนาต้นขา (TH)และความกว้างสะโพก (HB) ทั้งวัยรุ่นชายและวัยรุ่นหญิงมีค่าใกล้เคียงกัน เปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับน้ำหนักร่างกายของวัยรุ่นด้วย

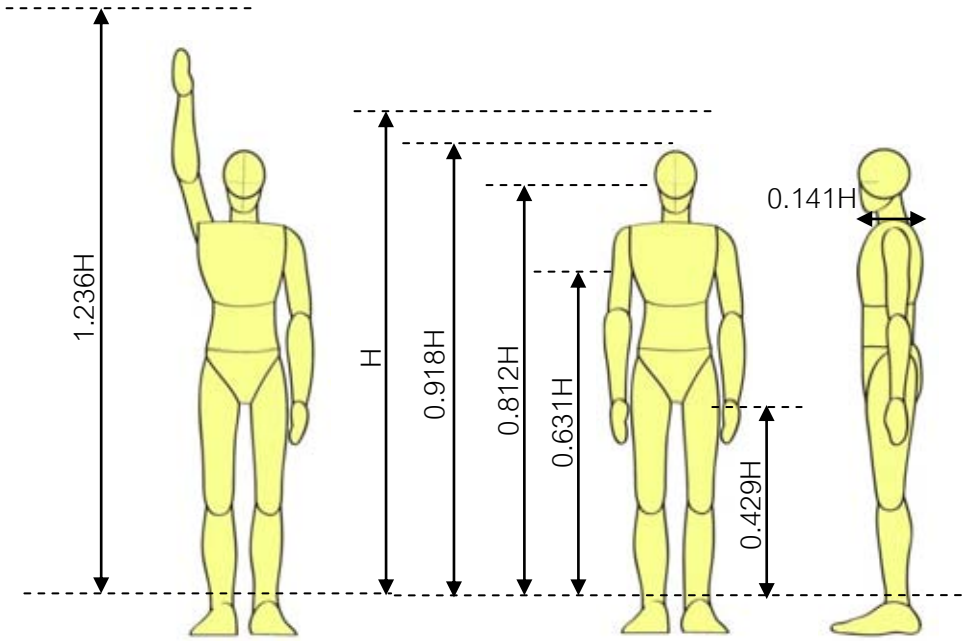


ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของวัยรุ่นชายและหญิง

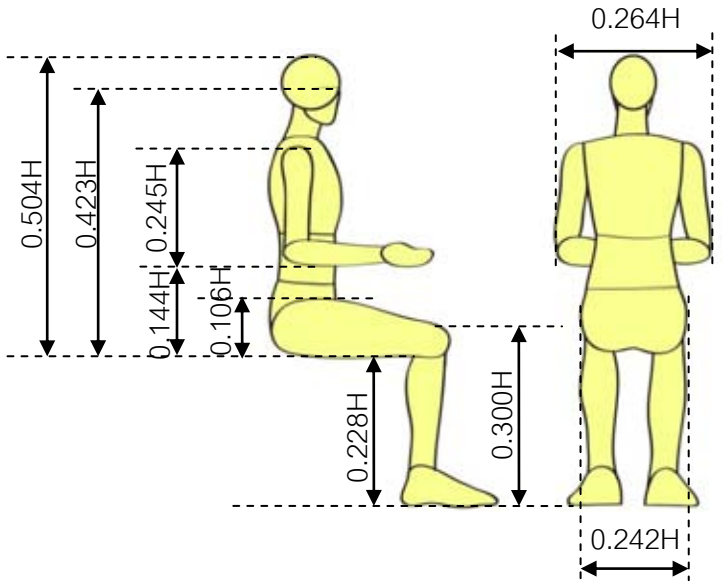
จากภาพที่ 4.5 เห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของวัยรุ่นชายและหญิงเพิ่มขึ้น เมื่ออายุมากขึ้นโดยมีลักษณะแปรผันตามกันหรือกล่าวได้ว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้น โดยในช่วงอายุ 13 -15 ปี วัยรุ่นทั้งชายและหญิงจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ในช่วงอายุ 15 – 18 ปี น้ำหนักร่างกายของวัยรุ่นหญิงเริ่มมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักร่างกายน้อยลง

4.4 เปรียบเทียบอัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูง

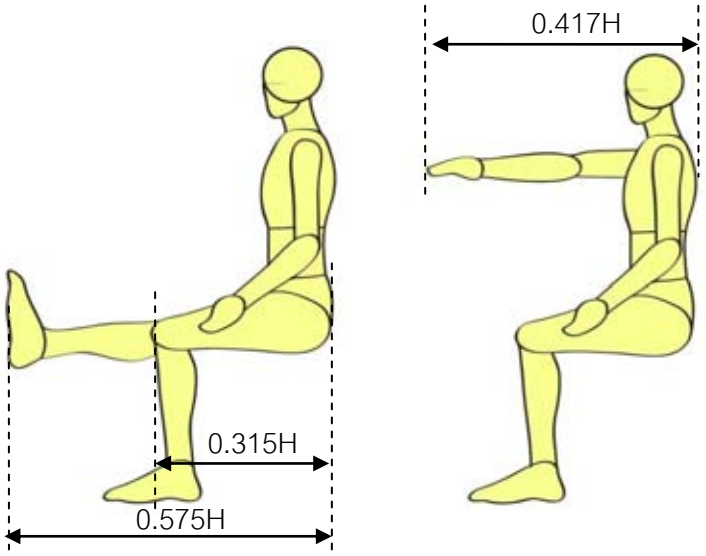
หาค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆ ของร่างกายในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ของความสูงร่างกาย ซึ่งช่วยให้นำไปใช้งานได้ง่ายและสะดวกมากกว่าการใช้ข้อมูลการวัดสัดส่วนที่เป็นส่วนบุคคลโดยตรง โดยลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับ ความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายในงานวิจัยนี้ แสดงดังรูปที่ 4.6 สำหรับท่ายืนและรูปที่ 4.7 สำหรับท่านั่ง



ภาพที่ 4.6 อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงในท่ายืน



ภาพที่ 4.7 อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงในท่านั่ง



ภาพที่ 4.7 (ต่อ) อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงในท่านั่ง

4.5 สมการสัดส่วนร่างกายจากข้อมูลส่วนสูงและน้ำหนักในรูปแบบ สมการความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นและสมการความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณ

การศึกษาขนาดสัดส่วนร่างกายของวัยรุ่นตามแนวทางการยศาสตร์นั้น จำเป็นต้องรู้ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของผู้ใช้ ซึ่งการหาข้อมูลดังกล่าวสามารถทำได้ หลายวิธีตั้งแต่การวัดโดยตรงจากกลุ่มประชากรตัวอย่างในโรงเรียน การใช้ค่ามาตรฐานสัดส่วนร่างกาย รวมถึงการใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายกับข้อมูลพื้นฐานที่โรงเรียนหรือสถานประกอบการมี คือ ส่วนสูงและน้ำ หนักของวัยรุ่น ว่าแต่ละสัดส่วนมีความสัมพันธ์ กับ ส่วนสูงและน้ำหนักอย่างไร สมการถดถอยเชิงเส้นและสมการความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณ ถูกนำมาใช้หาความสัมพันธ์ดังกล่าวเพื่อความสะดวกต่อการใช้งานจริงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สมการถดถอยเชิงเส้น, ค่าความคลาดเคลื่อน, ค่า R^2 และขอบเขตของสมการ

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	สมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression)	p-value	ค่า R^2	ขอบเขตสมการ
1	H	ตัวแปรต้น	-	-	141.00≤ H ≤183.00
2	VR	***VR = - 9.05 + 1.28 H***	***0.000***	***79.4%***	166.64 ≤ VR ≤ 229.57
		VR = 175 + 0.422	0.000	24.7%	
		VR = - 12.0 + 1.31 H - 0.0282 W	0.000	79.4%	
3	EY	***EY = - 7.85 + 0.966 H***	***0.000***	***83.2%***	124.04 ≤ EY ≤ 170.63
		EY = 130 + 0.326 W	0.000	27.3%	
		EY = - 8.78 + 0.975 H - 0.0088 W	0.000	83.2%	
4	SD	***SD = - 2.79 + 0.826 H***	***0.000***	***81.5%***	109.00 ≤ SD ≤ 151.34
		SD = 115 + 0.279 W	0.000	26.5%	
		SD = - 3.52 + 0.833 H - 0.0070 W	0.000	80.5%	
5	EL	***EL = - 10.0 + 0.692 H***	***0.000***	***78.5%***	85.38 ≤ EL ≤ 120.73
		EL = 90.0 + 0.215 W	0.000	21.8%	
		EL = - 13.7 + 0.726 H - 0.0345 W	0.000	78.5%	
6	FG	FG = - 4.48 + 0.459 H	0.000	77.9%	57.035 ≤ FG ≤ 86.351
		FG = 60.8 + 0.161 W	0.000	24.6%	
		FG = - 3.83 + 0.453 H + 0.0061 W	***0.000***	***78.7%***	
7	CD	CD = - 0.05 + 0.133 H	0.000	10.5%	11.973 ≤ CD ≤ 34.990
		CD = 14.6 + 0.126 W	0.000	27.4	
		CD = 12.8 + 0.0122 H + 0.122 W	***0.000***	***27.5%***	
8	SI	SI = - 0.84 + 0.508 H	0.000	70.8%	67.665 ≤ SI ≤ 100.070
		SI = 70.2 + 0.202 W	0.000	32.1%	
		SI = 3.50 + 0.467 H + 0.0412 W	***0.000***	***71.7%***	
9	EE	EE = - 8.82 + 0.479 H	0.000	75.6%	53.949≤ EE ≤88.118
		EE = 58.4 + 0.187 W	0.000	28.9%	
		EE = - 5.18 + 0.445 H + 0.0345 W	***0.000***	***76.2%***	
10	SE	SE = - 16.8 + 0.344 H	0.000	37.3%	-7.000 ≤ SE ≤ 55.303
		SE = 31.8 + 0.128 W	0.000	14.8%	
		SE = - 15.3 + 0.329 H + 0.0146 W	***0.000***	***37.4%***	
11	ER	ER = - 4.87 + 0.172 H	0.000	13.5%	12.019 ≤ ER ≤ 66.341

		ER = 19.4 + 0.0644 W	0.000	5.5%	
		ER = - 4.02 + 0.164 H + 0.0080 W	***0.000***	***13.6%***	

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	สมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression)	p-value	ค่า R^2	ขอบเขตสมการ
12	KN	KN = - 0.09 + 0.298 H	0.000	70.9%	38.531 ≤ KN ≤ 60.964
		KN = 41.9 + 0.113 W	0.000	25.2%	
		KN = 1.61 + 0.282 H + 0.0161 W	***0.000***	***71.3%***	
13	PO	PO = - 1.19 + 0.232 H	0.000	41.0%	27.897 ≤ PO ≤ 53.011
		PO = 33.8 + 0.0450 W	0.000	4.5%	
		PO = - 6.72 + 0.284 H - 0.0524 W	***0.000***	***45.0%***	
14	TH	TH = - 13.4 + 0.190 H	0.000	33.1%	9.076 ≤ TH ≤ 30.497
		TH = 11.1 + 0.113 W	***0.000***	***43.7%***	
		TH = - 5.78 + 0.118 H + 0.0721 W	0.000	42.2%	
15	BK	BK = 5.66 + 0.312 H	0.000	59.1%	45.368 ≤ BK ≤ 69.760
		BK = 48.9 + 0.132 W	0.000	30.4%	
		BK = 9.62 + 0.275 H + 0.0375 W	***0.000***	***70.7%***	
16	UL	UL = - 8.59 + 0.467 H	0.000	71.0%	52.739 ≤ UL ≤ 88.209
		UL = 58.9 + 0.146 W	0.000	17.2%	
		UL = - 10.8 + 0.488 H - 0.0213 W	***0.000***	***71.2%***	
17	BH	BH = 4.80 + 0.539 H	0.000	72.9%	77.192 ≤ BH ≤ 107.382
		BH = 80.8 + 0.201 W	0.000	29.2%	
		BH = 7.32 + 0.515 H + 0.0238 W	***0.000***	***73.2%***	
18	EB	EB = - 7.29 + 0.311 H	0.000	20.9%	32.252 ≤ EB ≤ 74.291
		EB = 26.7 + 0.300 W	0.000	56.0%	
		EB = 23.6 + 0.0216 H + 0.293 W	***0.000***	***56.1%***	
19	HB	HB = - 7.29 + 0.311 H	0.000	16.9%	29.925 ≤ HB ≤ 60.235
		HB = 26.7 + 0.300 W	***0.000***	***70.8%***	
		HB = 23.6 + 0.0216 H + 0.293 W	0.000	59.2%	
20	W	ตัวแปรต้น	-	-	31.000 ≤ W ≤ 157.000

หมายเหตุ แบบอักษรเอียงหนา หมายถึง สมการที่ให้ค่า R^2 สูง

จากตารางที่ 4.4 การทำนายสัดส่วนร่างกายทั้ง 18 สัดส่วน จากสมการถดถ้อยเชิงเส้น (Linear Regression) ผลลัพธ์ที่ได้จากการเลือกใช้ตัวแปรต้นคือ ความสูงและน้ำหนักร่างกาย มาสร้างสมการ ให้ค่า สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่แตกต่างกันในแต่ละสมการ โดยเมื่อใช้ตัวแปรต้นเพียงตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเข้ามาใช้ในสมการ ค่า R^2 ที่ได้จะน้อยกว่าการใช้ตัวแปรต้นทั้งสองตัวเข้ามาพิจารณาร่วมกัน ยกเว้นสัดส่วน VR, EY, และ EL ที่ถึงแม้ว่าใช้ตัวแปรต้นเพียงตัวแปรเดียวในการทำนายแต่ให้ค่า R^2 เท่ากับใช้ตัวแปรต้นทั้งสองตัว นั่นแสดงให้เห็นว่าควรเลือกใช้สมการที่มีตัวแปรต้นเพียงตัวแปรเดียวในการทำนายค่าสัดส่วนนั้นเพื่อช่วยลดจำนวนข้อมูลของตัวแปรต้นลง

สัดส่วนร่างกายส่วนมากที่มีลักษณะเป็นรยางค์ของร่างกายหรือมีการขยายในทิศทางเดียวกันกับความสูงของร่างกาย เช่น ความสูงระดับไหล่ขณะยืน (SD) จะมีค่า R^2 สูงเมื่อเลือกใช้สมการที่ทำนายด้วยความสูงร่างกายมาใช้ แต่สัดส่วนร่างกายในบริเวณที่สะสมไขมัน เช่น ความกว้างสะโพก (HB) จะมีค่า R^2 สูงเมื่อเลือกใช้สมการที่ทำนายด้วยน้ำหนักร่างกายมาใช้ แต่สำหรับการนำสมการไปใช้งาน ผู้ใช้งานควรเลือกใช้สมการตามที่ตนเองมีข้อมูลอยู่ โดยพิจารณาถึงลักษณะงานที่ทำการออกแบบว่าต้องการค่า สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ สูงมากน้อยเพียงใดและพิจารณาร่วมกับขอบเขตของสมการและค่าความคลาดเคลื่อนที่สามารถเกิดขึ้นได้

สำหรับสัดส่วน CD, SE, ER, PO, TH และ EB ถึงแม้ว่าใช้ตัวแปรต้นทั้งความสูงและน้ำหนักร่างกายเข้าพิจารณาร่วมกันแต่ยังให้ค่า R^2 ที่ต่ำ (น้อยกว่า 70%) ผู้วิจัยได้ทดลองสร้างสมการเชิงเส้นโดยแยกออกเป็นช่วงอายุแต่ก็ยังให้ผล R^2 ที่ต่ำอยู่ อาจเกิดจากข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอดช่วงอายุที่ทำการวิจัย หรือสัดส่วนนั้นไม่ได้มีผลจากการเปลี่ยนแปลงของความสูงหรือน้ำหนักร่างกาย ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าสัดส่วน CD, SE, ER, PO, TH และ EB ไม่เหมาะแก่การนำมาสร้างสมการถดถ้อยเชิงเส้นที่ใช้ความสูงและน้ำหนักเป็นตัวแปรต้นเนื่องจากให้ค่า R^2 น้อยกว่า 70%

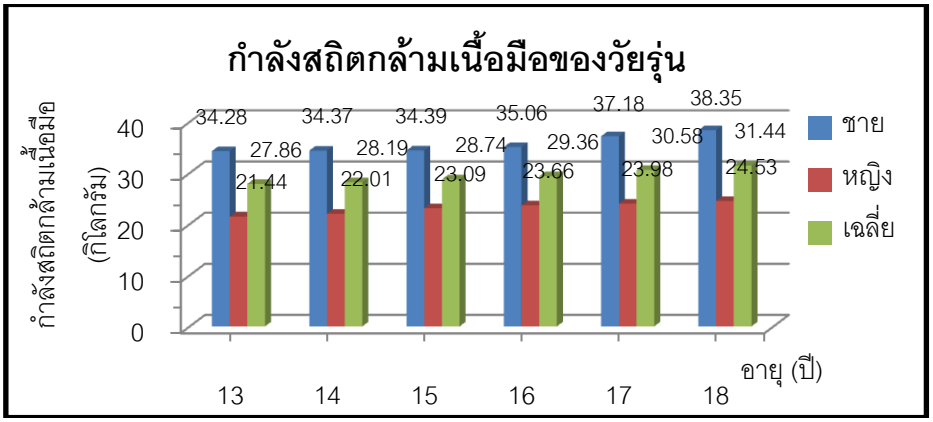
4.6 การทดสอบกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ

การวัดกำลังสถิตกล้ามเนื้อ มี 4 ท่า คือ

1. กำลังสถิตกล้ามเนื้อมือ (Grip static strength)

ตารางที่ 4.5 แสดงอายุ, เพศ, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของกำลังสถิตกล้ามเนื้อมือ

อายุ (ปี)	เพศ	ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัม)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด (กิโลกรัม)	ค่าสูงสุด (กิโลกรัม)
13	ชาย	34.28	3.42	29.43	38.61
	หญิง	21.44	2.51	15.78	27.74
14	ชาย	34.37	3.86	30.26	40.11
	หญิง	22.01	2.94	16.21	28.49
15	ชาย	34.39	4.23	30.82	41.79
	หญิง	23.09	3.05	17.72	29.15
16	ชาย	35.06	4.73	31.23	43.08
	หญิง	23.66	3.44	18.65	30.02
17	ชาย	37.18	5.02	31.86	44.07
	หญิง	23.98	3.36	19.21	29.68
18	ชาย	38.35	5.88	32.38	46.36
	หญิง	24.53	4.37	20.65	30.87



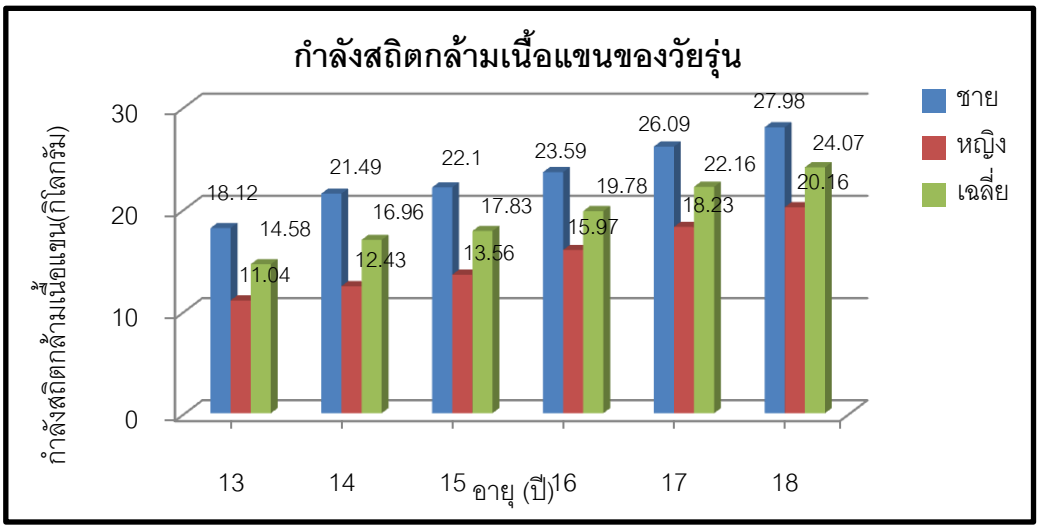
ภาพที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อมือของวัยรุ่นชายและหญิง

จากภาพที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อมือของวัยรุ่นชายและหญิง จะสังเกตเห็นว่า กำลังสถิตกล้ามเนื้อมือเฉลี่ยของวัยรุ่นชายมีค่ามากกว่าวัยรุ่นหญิงในทุกช่วงอายุ และวัยรุ่นชายในช่วงอายุ 13 – 15 ปี มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้อยมากแต่เมื่อช่วงอายุ 15 – 18 ปี กล้ามเนื้อมือเฉลี่ยของวัยรุ่นชายมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นและที่อายุ 18 ปีมีค่าเฉลี่ยกล้ามเนื้อมือมากที่สุด สำหรับวัยรุ่นหญิงค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามมือค่อนข้างใกล้เคียงกัน

2. กำลังสถิตกล้ามเนื้อแขน (Arm static strength)

ตารางที่ 4.6 แสดงอายุ, เพศ, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของกำลังสถิตกล้ามเนื้อแขน

อายุ (ปี)	เพศ	ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัม)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด (กิโลกรัม)	ค่าสูงสุด (กิโลกรัม)
13	ชาย	18.12	4.12	13.65	22.32
	หญิง	11.04	3.45	8.22	14.46
14	ชาย	21.49	5.89	15.48	27.11
	หญิง	12.43	4.63	8.35	16.36
15	ชาย	22.1	4.96	16.32	27.94
	หญิง	13.56	5.24	8.86	17.73
16	ชาย	23.59	6.35	17.13	29.22
	หญิง	15.97	5.21	10.62	20.19
17	ชาย	26.09	7.40	19.86	32.65
	หญิง	18.23	6.38	12.38	23.56
18	ชาย	27.98	8.03	19.93	34.15
	หญิง	20.16	6.51	14.16	25.82



ภาพที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อแขนของวัยรุ่นชายและหญิง

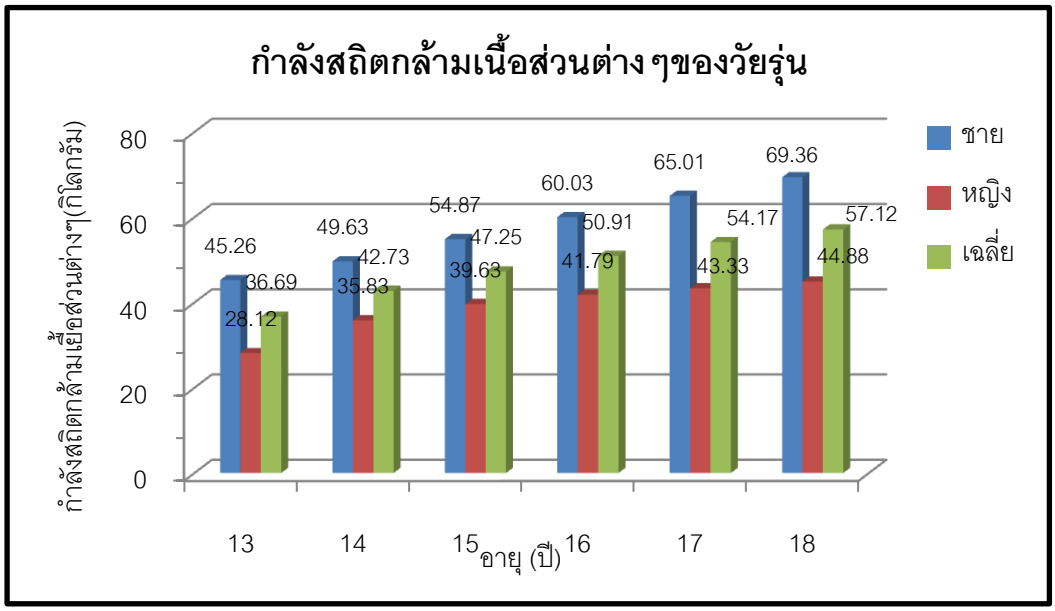
จากภาพที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อแขนของวัยรุ่นชายและหญิง จะสังเกตเห็นว่า กำลังสถิตกล้ามเนื้อแขนเฉลี่ยของวัยรุ่นชายมีค่ามากกว่าวัยรุ่นหญิงในทุกช่วงอายุ และค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อแขนของทั้งวัยรุ่นชายและหญิงมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น ซึ่งวัยรุ่นชายมีค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อแขนอยู่ระหว่าง 18 – 28 กิโลกรัมและวัยรุ่นหญิงมีค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อแขนอยู่ระหว่าง 11 – 21 กิโลกรัม

3. กำลังสถิตกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ (Composite static strength)

ตารางที่ 4.7 แสดงอายุ, เพศ, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของกำลังสถิตกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ

อายุ (ปี)	เพศ	ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัม)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด (กิโลกรัม)	ค่าสูงสุด (กิโลกรัม)
13	ชาย	45.26	5.05	40.16	51.73
	หญิง	28.12	4.62	24.13	32.62
14	ชาย	49.63	3.27	45.21	52.44
	หญิง	35.83	4.58	30.32	40.16
15	ชาย	54.87	6.35	48.70	60.08
	หญิง	39.63	5.33	34.26	45.01

อายุ (ปี)	เพศ	ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัม)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด (กิโลกรัม)	ค่าสูงสุด (กิโลกรัม)
16	ชาย	60.03	7.32	53.21	68.54
	หญิง	41.79	6.48	35.16	47.78
17	ชาย	65.01	6.93	58.33	71.72
	หญิง	43.33	5.41	39.96	48.63
18	ชาย	69.36	7.82	61.31	77.82
	หญิง	44.88	6.29	40.12	51.39



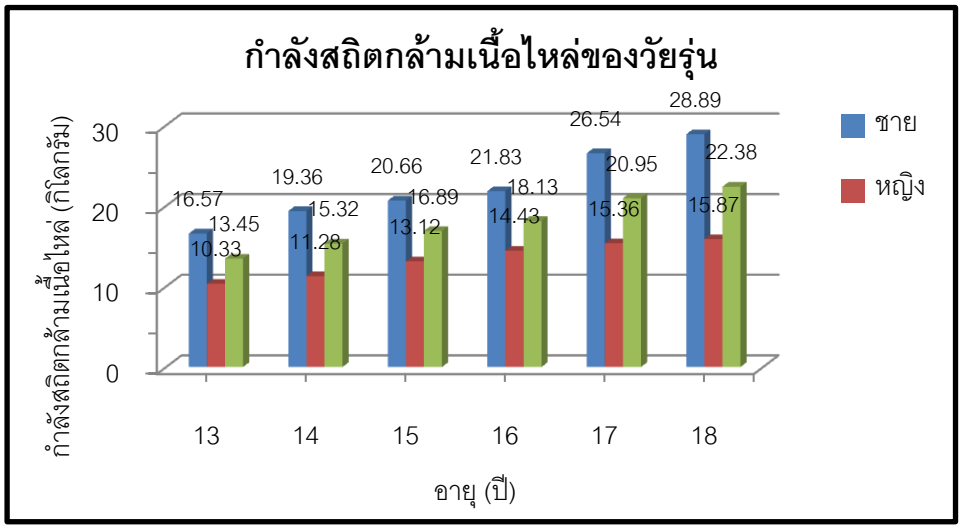
ภาพที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อส่วนต่างๆของวัยรุ่นชายและหญิง

จากภาพที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อส่วนต่างๆของวัยรุ่นชายและหญิง จะสังเกตเห็นว่า กำลังสถิตกล้ามเนื้อส่วนต่างๆเฉลี่ยของวัยรุ่นชายมีค่ามากกว่าวัยรุ่นหญิงในทุกช่วงอายุและค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อส่วนต่างๆของวัยรุ่นชายมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่ออายุม ากขึ้นและที่อายุ 18 ปีมีค่าเฉลี่ยกล้ามเนื้อมือส่วนต่างๆมากที่สุด สำหรับวัยรุ่นหญิงในช่วงอายุ 13 – 15 ปีมีค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามส่วนต่างๆ เพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นและมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันในช่วงอายุ 15 – 18 ปี

4. กำลังสถิตกล้ามเนื้อไหล่ (Shoulder static strength)

ตารางที่ 4.8 แสดงอายุ, เพศ, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของกำลังสถิตกล้ามเนื้อไหล่

อายุ (ปี)	เพศ	ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัม)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด (กิโลกรัม)	ค่าสูงสุด (กิโลกรัม)
13	ชาย	16.57	2.56	14.32	18.96
	หญิง	10.33	2.45	7.13	12.88
14	ชาย	19.36	3.02	16.25	22.83
	หญิง	11.28	2.72	8.41	14.02
15	ชาย	20.66	2.91	18.03	23.94
	หญิง	13.12	3.16	10.44	16.87
16	ชาย	21.83	4.23	18.34	25.11
	หญิง	14.43	3.89	11.31	18.53
17	ชาย	26.54	4.59	22.43	31.06
	หญิง	15.36	3.52	12.04	19.29
18	ชาย	28.89	5.68	23.49	34.32
	หญิง	15.87	4.17	12.18	20.45



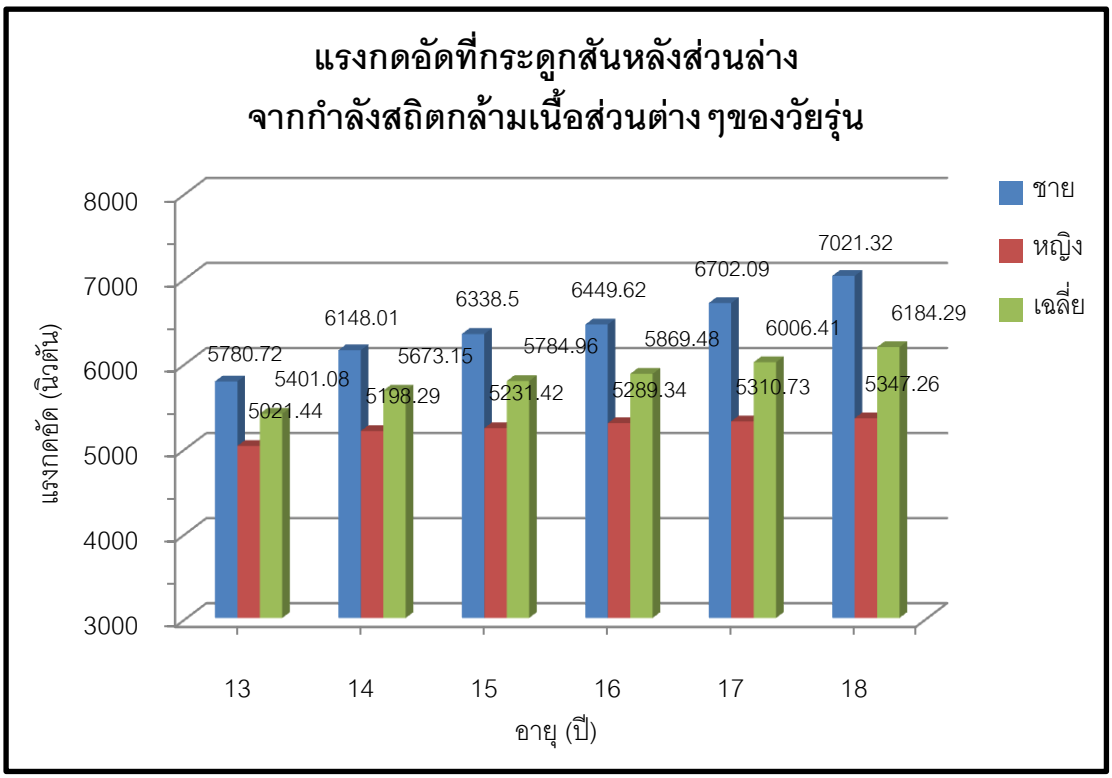
ภาพที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อไหล่ของวัยรุ่นชายและหญิง

จากภาพที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อไหล่ของวัยรุ่นชายและหญิง จะสังเกตเห็นว่า กำลังสถิตกล้ามเนื้อส่วนไหล่เฉลี่ยของวัยรุ่นชายมีค่ามากกว่าวัยรุ่นหญิงในทุกช่วงอายุและค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อส่วนไหล่ของวัยรุ่นชายมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นแ ละที่อายุ 18 ปีมีค่าเฉลี่ยกล้ามเนื้อมือส่วนไหล่มากที่สุด สำหรับวัยรุ่นหญิงในช่วงอายุ 13 – 16 ปีมีค่าเฉลี่ยกำลังสถิตกล้ามเนื้อไหล่ เพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นและมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันในช่วงอายุ 17 – 18 ปี

4.7 แรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่าง

ตารางที่ 4.9 แสดงอายุ, เพศ, ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่าง

อายุ (ปี)	เพศ	ค่าเฉลี่ย (กิโลกรัม)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด (กิโลกรัม)	ค่าสูงสุด (กิโลกรัม)
13	ชาย	5780.72	381.94	5311.24	6080.35
	หญิง	5021.44	425.39	4415.56	5365.48
14	ชาย	6148.01	405.87	5526.49	6341.67
	หญิง	5198.29	468.53	4538.61	5492.52
15	ชาย	6338.5	536.22	5719.34	6739.41
	หญิง	5231.42	492.86	4701.46	5536.87
16	ชาย	6449.62	655.12	5998.21	6931.33
	หญิง	5289.34	500.80	4783.67	5681.15
17	ชาย	6702.09	819.17	5836.95	7039.86
	หญิง	5310.73	483.37	4815.63	5896.03
18	ชาย	7021.32	922.45	5981.28	7623.95
	หญิง	5347.26	535.78	4859.65	5921.44



ภาพที่ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่างของวัยรุ่นชายและหญิง

จากภาพที่ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่างของวัยรุ่นชายและหญิง จะสังเกตเห็นว่า ค่าเฉลี่ยแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่างของวัยรุ่นชายมีค่ามากกว่าวัยรุ่นหญิงในทุกช่วงอายุและค่าเฉลี่ยแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่างของวัยรุ่นชายมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นและที่อายุ 18 ปีมีค่าเฉลี่ยแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่างมากที่สุด สำหรับวัยรุ่นหญิงในช่วงอายุ 13 – 14 ปีมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่างเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นและมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันในช่วงอายุ 15 – 18 ปี

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายกับข้อมูลพื้นฐาน คือ ข้อมูลด้านน้ำหนักและส่วนสูงของวัยรุ่น ว่าแต่ละสัดส่วนมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักและส่วนสูงอย่างไร ซึ่งการหาข้อมูลดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การวัดโดยตรงจากกลุ่มประชากรตัวอย่ างในโรงเรียน การใช้ค่ามาตรฐานสัดส่วนร่างกายรวมถึงการใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เป็นต้น รวมทั้งหาค่าน้ำหนักยกที่เหมาะสมกับวัยรุ่นซึ่งก็คือ ประชากรอายุ 13 – 18 ปี เพื่อสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการกำหนดภาระงานที่สามารถยอมรับได้ไม่ก่อให้เกิดอันตรายกับแรงงานกลุ่มนี้

5.1 การวิจัยขนาดสัดส่วนร่างกายวัยรุ่นชายและวัยรุ่นหญิง

งานวิจัยนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ในท่านั่งและท่ายืนจำนวน 20 ตำแหน่ง แบ่งเป็นนักเรียนชาย 210 คน นักเรียนหญิง 210 คน รวมทั้งสิ้น 420 คน ใช้วิธีการเก็บข้อมูล 2 วิธี ได้แก่ การใช้เครื่องมือวัดโดยตรงสำหรับน้ำหนักและส่วนสูง และการใช้ระบบวัดสัดส่วนร่างกายด้วยภาพถ่ายดิจิตอลสำหรับสัดส่วนอื่นๆที่เหลือ ผลการเก็บข้อมูลพบว่าข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายทุกสัดส่วนที่ศึกษามีการกระจายตัวแบบปกติทั้งวัยรุ่น ชายและวัยรุ่นหญิงในแต่ละช่วงอายุ จากผลวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ระดับเปอร์เซ็นไทล์ที่ 5 และ 95 พบว่าขนาดสัดส่วนร่างกายของวัยรุ่นชายและหญิงที่มีลักษณะเป็นรยางค์ ได้แก่ สัดส่วน H, VR, EY, SD, EL, FG, SI, EE, SE, ER, KN, PO, BK, UL และ BH แนวโน้มมีขนาดเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นและลักษณะการเพิ่มขึ้นของข้อมูลเป็นแบบเชิงเส้น แต่จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนน้อยมากสำหรับวัยรุ่นหญิงในช่วงอายุ 15 – 18 ปี นอกจากนั้นพบว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนของวัยรุ่นชายและหญิงในช่วงอายุเดียวกันไม่จำเป็นต้องมีค่าใกล้เคียงกันและส่วนมากขนาดสัดส่วนของวัยรุ่นชายต้องมากกว่าวัยรุ่นหญิง ยกเว้นสัดส่วน CD หรือ ความหนาหน้าอกของวัยรุ่นหญิง สำหรับสัดส่วน TH และ HB ของวัยรุ่นชายและหญิงทุกช่วงอายุที่ทำการวิจัยมีค่าใกล้เคียงกันไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามอายุที่เพิ่มขึ้น

5.2 สมการที่ใช้หาขนาดสัดส่วนร่างกายจากข้อมูลส่วนสูงและน้ำหนัก

ข้อมูลส่วนสูงและน้ำหนักของร่างกายจัดเป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีอยู่ทั่วไปและสามารถนำมาใช้ได้อย่างสะดวก ข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาใช้สร้าง สมการถดถอยเชิงเส้นและสมการ

ความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณ ในการหาขนาดสัดส่วนร่างกายส่วนต่างๆ ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของขนาดสัดส่วนร่างกายที่มีลักษณะเป็นรยางค์กับความสูงด้วยสมการ พบว่าสัดส่วนในลักษณะที่เป็นรยางค์ของร่างกายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกันกับความสูงของร่างกายขณะยืนที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการประมาณค่าสัดส่วนที่ลักษณะเป็นรยางค์นี้ควรเลือกสมการที่ใช้ข้อมูลพื้นฐานด้านความสูง

สำหรับสัดส่วนบริเวณที่สะสมไขมันตามร่างกายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักของร่างกาย ดังนั้นการประมาณค่าสัดส่วนควรเลือกสมการที่ใช้ข้อมูลพื้นฐานด้านน้ำหนัก เพื่อให้ ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 ที่สูงขึ้น แต่ในสัดส่วน CD, SE, ER, PO, TH และ EB ถึงแม้ว่าใช้ข้อมูลพื้นฐานด้าน ความสูงและน้ำหนักร่างกายมาพิจารณาร่วมกันแต่สมการที่ได้ให้ค่า R^2 ที่ต่ำ (น้อยกว่า 70%) ซึ่งอาจเกิดจากข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอดช่วงอายุที่ทำการวิจัยหรือการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนเหล่านั้นไม่ได้มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงความสูงหรือน้ำหนักของร่างกาย ดังนั้นอาจกล่าวได้ข้อมูลด้านความสูงและน้ำหนักของร่างกายไม่เหมาะที่จะนำมาใช้สร้างสมการถดถ้อยเชิงเส้นสำหรับขนาดสัดส่วน CD, SE, ER, PO, TH และ EB เนื่องจากให้ค่า R^2 น้อยกว่า 70%

5.3 การทดสอบกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ

กำลังสถิตของกล้ามเนื้อที่เราได้ทำทดสอบมีทั้งหมด 4 ท่า คือ กำลังสถิตกล้ามเนื้อมือ (Grip static strength), กำลังสถิตกล้ามเนื้อแขน (Arm static strength), กำลังสถิตกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ (Composite static strength) และกำลังสถิตกล้ามเนื้อไหล่ (Shoulder static strength) พบว่ากำลังสถิตกล้ามเนื้อเฉลี่ยทั้งหมด 4 ท่าของวัยรุ่นชายมีค่ามากกว่าวัยรุ่นหญิงในทุกช่วงอายุและสำหรับวัยรุ่นชายกำลังสถิตของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ท่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นและมีค่ามากที่สุดอายุ 18 ปี แต่สำหรับวัยรุ่นหญิงกำลังสถิตกล้ามเนื้อเฉลี่ยจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในแต่ละท่าการทดสอบ ทั้งนี้ทำให้เราทราบว่าน้ำหนักยก ควรพิจารณาที่เพศและอายุด้วย ซึ่งสามารถกำหนดน้ำหนักการยกที่เหมาะสมได้ดังตารางที่ 5.1 พิจารณาค่าแรงการหดตัวกล้ามเนื้อไม่เกินร้อยละ 15 ของกำลังสถิตกล้ามเนื้อสูงสุด

ตารางที่ 5.1 คำแนะนำน้ำหนักยกที่เหมาะสมในการยกแต่ละช่วงอายุ (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

อายุ(ปี)	เพศชาย	เพศหญิง
15	8	6
16	9	6
17	10	6
18	10	7

5.4 แรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่าง

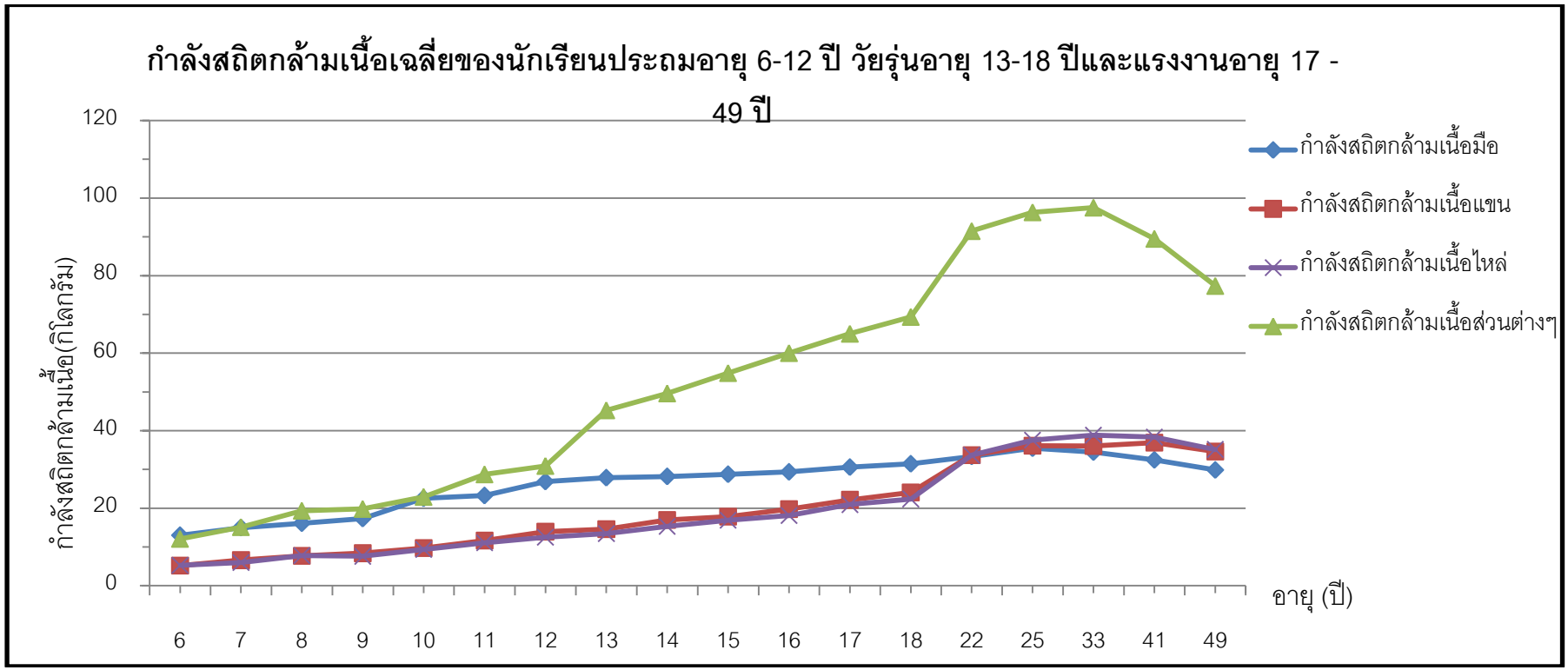
แรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่างของวัยรุ่นชายมีค่ามากกว่าวัยรุ่นหญิงในทุกช่วงอายุและวัยรุ่นชายมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น สำหรับวัยรุ่นหญิงในช่วงอายุ 13 – 14 ปีมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงกดอัดที่กระดูกสันหลังส่วนล่างเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นและมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันในช่วงอายุ 15 – 18 ปี ซึ่งสามารถกำหนดน้ำหนักยกที่เหมาะสมได้ดังตารางที่ 5.2 พิจารณาจากค่าภาระงานสูงสุดที่กระทำต่อกระดูกสันหลังในระดับที่ยอมรับได้ 3,400 นิวตัน

ตารางที่ 5.2 คำแนะนำน้ำหนักยกที่เหมาะสมในการยกแต่ละช่วงอายุ (หน่วยเป็นกิโลกรัม)

อายุ(ปี)	เพศชาย	เพศหญิง
15	16	11
16	19	12
17	21	12
18	23	12

จากตารางที่ 5.1 และ 5.2 น้ำหนักยกที่เหมาะสมและยอมรับได้ของเพศชายมีค่าแตกต่างกันตามช่วงอายุ เพราะฉะนั้น การกำหนดค่าน้ำหนักยกให้กับแรงงานเด็กสำหรับเพศชายควรมีการกำหนดค่าน้ำหนักที่เหมาะสมตามแต่ละช่วงอายุจึงจะเหมาะสมกว่า แต่สำหรับแรงงานเด็กของเพศหญิงเราอาจจะกำหนดเป็นค่าที่เหมาะสมเดียวกันได้ เนื่องจาก น้ำหนักยกที่ยอมรับได้ของเพศหญิงมีค่าใกล้เคียงกันมากถึงแม้อายุต่างกัน

5.5 เปรียบเทียบกำลังสถิตกล้ามเนื้อในแต่ละช่วงอายุ



ภาพที่ 5.1 กำลังสถิตกล้ามเนื้อเฉลี่ยทั้ง 4 ท่าของนักเรียนชั้นประถมศึกษาอายุระหว่าง 6 - 12 ปี,วัยรุ่นอายุ 13 – 18 ปี และกลุ่มประชากรภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยอายุระหว่าง 17 – 49 ปี

จากภาพที่ 5.1 เป็นการเปรียบเทียบกำลังสถิตกล้ามเนื้อในแต่ละช่วงอายุ ซึ่งเราพบว่ากำลังสถิตกล้ามเนื้อในช่วงอายุ 6 – 30 ปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นแต่หลังจากอายุ 30 ปี กำลังสถิตกล้ามเนื้อมีค่าลดลงตามอายุ

5.6 ปัญหาและข้อจำกัดที่พบในงานวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย มีปัญหาที่สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ท่าทางในการวัดสัดส่วนบางท่าเด็กนักเรียนไม่สามารถทำได้ถูกตามรูปแบบที่กำหนดไว้ จึงอาจทำให้ต้องใช้เวลามากในการจัดท่าทาง
2. การวัดสัดส่วนร่างกายในบางตำแหน่ง อาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากชุดหรืออุปกรณ์ที่สวมใส่ ซึ่งไม่สามารถถอดออกได้
3. พึงระวังการสัมผัสร่างกายของผู้เข้าร่วมวิจัยเพราะอาจเกิดความไม่เหมาะสม
4. การจัดสรรเวลาในการเก็บข้อมูลกับเด็กนักเรียน ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการเรียน ซึ่งอาจทำให้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลยาวนานขึ้น
5. พื้นที่ที่ใช้สำหรับถ่ายรูปเก็บข้อมูล ต้องมีพื้นที่เพียงพอเนื่องจากต้องใช้ระยะวางกล้องที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดความแม่นยำของภาพถ่ายมากที่สุด
6. ในการวัดกำลังสถิตกล้ามเนื้อระวังเด็กนักเรียน ยกในลักษณะกระชาก

5.7 ข้อเสนอแนะ

1. วัดสัดส่วนร่างกายในตำแหน่งอื่นเพิ่มเติม เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องเรือนหรืออุปกรณ์ชนิดอื่น
2. ทดลองนำสมการสัดส่วนร่างกายไปใช้ในการออกแบบเครื่องเรือนในห้องเรียนอย่างอื่น
3. ควรศึกษาโดยใช้รูปแบบการคำนวณทางชีวกลศาสตร์ในภาวะพลวัตเพื่อที่จะได้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด
4. ทดลองวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อส่วนอื่นเพิ่มเติม เพื่อนำไปใช้ในงานที่เหมาะสม เช่น กำลังสถิตกล้ามเนื้อขา กำลังสถิตกล้ามเนื้อหลัง
5. ควรศึกษาปัจจัยทางด้านจิตใจ เพื่อหาน้ำหนักที่พอใจ เพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองตามแนวทางชีวกลศาสตร์

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัลยา วานิชย์บัญชา. สถิติสำหรับงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: ธรรมสาร, 2554.

กิตติ อินทรานนท์. การยศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ . การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA). พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2547.

ชนิกา ตู้จินดา. สถานการณ์ของโรคอ้วนในเด็ก. [ออนไลน์]. 2547. แหล่งที่มา : http://www.dmh.moph.go.th/news/view.asp?id=848 [2553, ตุลาคม 6]

ณัฐพล พุฒยางกูร . การวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ โดยโปรแกรมประยุกต์การหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายดิจิตอลแบบ 2 มิติ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต , ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

ธวัชชานนท์ สิปปาภากุล . การยศาสตร์และกายวิภาคเชิงกล . กรุงเทพฯ : บริษัทวาดศิลป์ จำกัด , 2548.

วิลาส เชาวรักษ์ . การวัดสัดส่วนร่างกายเบื้องต้นของนักเรียนหญิงไทยระดับประถมศึกษา . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.

สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ . คู่มือปฏิบัติวิชาชีพ ด้านข้อมูลสัดส่วนร่างกายประชากรไทยเพื่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรม. 2551.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . รายงานการสำรวจ และวิจัยขนาดโครงสร้างร่างกายคนไทยระยะที่ 4 : พ.ศ. 2543-2544. กรุงเทพฯ : สำนักงาน, 2544.

สุทธิ์ ศรีบูรพา . เออร์กอนอมิกส์ : วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย . กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด มหาชน, 2540.

ภาษาอังกฤษ

Albert, D.S., Howard W. and Ross A. The Human Body in Equipment Design. Cambridge: Harvard University, 1966.

Department of Education, N.S.W.. Anthropometric survey: H.W. Oxford., 1965, p.28. Cited in E. Grandjean. Sitting posture Sitzhaltung posture assise. London, Taylor & Francis Ltd., 1976.

Evans, W.A., Courtney, A.J. and Fok. K.F. The Design of School Furniture for Hong Kong School Children : Anthropometric Case Study. Journal of Applied Ergonomics (1988): 122-124

Frank, H.J. and Walter, H.G. School Health and Health Education. 7 th ed. Saint Louis: C.V. Mosly Company, 1976.

Halander, M. A Guide to the Ergonomics of Manufacturing. U.K.: Taylor & Francis, 1995.

J.A. Roebuck, Jr., K.H.E. Kroemer and W.G. Thomson. Engineering Anthropometry Methods. John Wiley & Sons, Inc., 1975.

Khalil, T.M., et al. Ergonomics in Back Pain: A Guide to Prevention and Rehabilitation. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.

Murrell, K.F.H. Ergonomics: Man in his Working Environment. 4 th ed. London: Chapman and Hall, 1971.

M.K. Gouvali and K. Boudolos. Match between school furniture dimensions and children's anthropometry. Journal of Applied Ergonomics 37(2006): 765-773

Pheasant, S.T. Bodyspace : Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work. 3 rd ed. London : Taylor & Francis Ltd, 2006.

R.E. Roth and Harris. The first authentic survey undertaken: N.S.W. Australia., 1907-08, p.28. Cited in E. Grandjean. Sitting posture Sitzhaltung posture assise. London, Taylor & Francis Ltd., 1976.

Smith, J.L. and Tayyari, F. Occupational Ergonomics: Principles and Application. 1st ed. London: Chapman & Hall, 1997.

Unesco. School Furniture Handbook. Vol.1 : General and Specific Aspects. Paris: Unesco, 1979.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ตำแหน่งการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์จำนวน 20 สัดส่วน

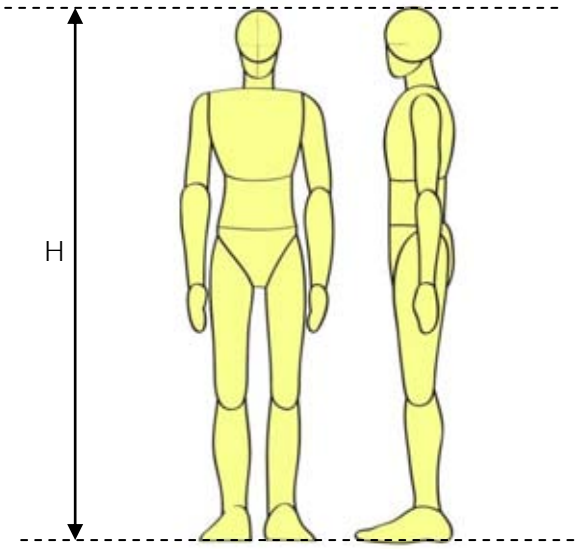
1. **ความสูงขณะยืน**: H (Stature height, Standing) **ดังรูปที่ ก**.1

   คำจำกัดความ : การวัดในแนวดิ่ง จากจุดสูงสุดของปลายศีรษะจรดพื้น

   ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : จุดสูงสุดของศีรษะ

   เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

   ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกันเพื่อให้น้ำหนักตัวกระจายบนเท้าทั้งสองเท่ากัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว แบมือเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ ไม่สวมใส่รองเท้าและอุปกรณ์ตกแต่งผม



รูปที่ ก.1 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความสูงขณะยืน: H (Stature height, Standing)

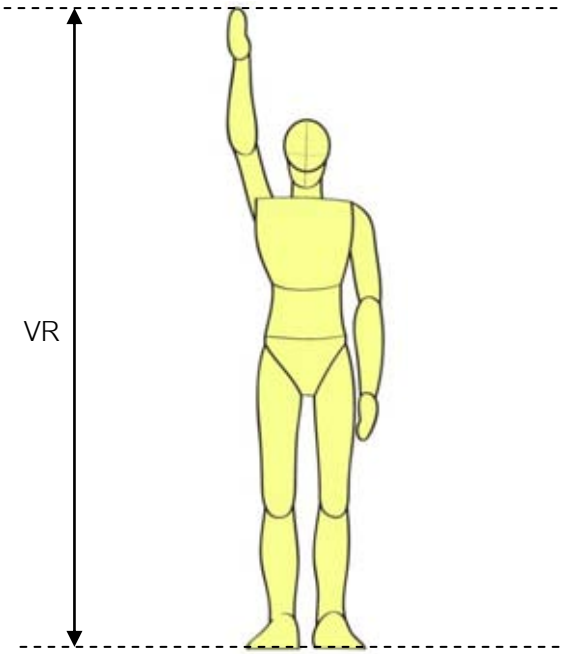
2. **ระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะในท่ายืน**: VR (Vertical reach height, Standing) **ดังรูปที่ ก**.2

   คำจำกัดความ : ระยะที่วัดจากพื้นถึงปลายปลายนิ้วมือที่สูงที่สุดขณะยืดแขนขึ้นด้านบน

   ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ปลายนิ้วมือที่สูงที่สุดขณะยืดแขน

   เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

   ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกันเพื่อให้น้ำหนักตัวกระจายบนเท้าทั้งสองเท่ากัน หน้ามองตรงให้ได้ระดับ แขนเหยียดตรงเหนือศีรษะในลักษณะแบมือแนบลำตัว



รูปที่ ก.2 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะ: VR (Vertical reach height, Standing)

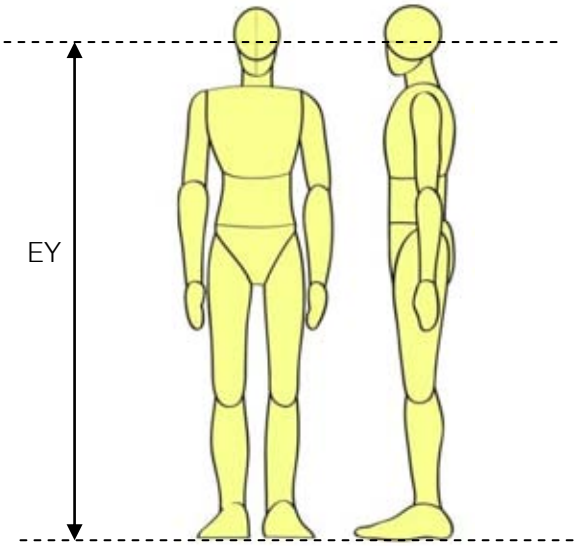
3. **ความสูงระดับสายตาขณะยืน**: EY (Eye height, Standing) **ดังรูปที่ ก**.3

คำจำกัดความ : การวัดในแนวตั้งฉากจากหางตาจรดพื้น

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ระดับหางตาทั้งสองข้าง

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกันเพื่อให้น้ำหนักตัวกระจายบนเท้าทั้งสองเท่ากัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว แบมือเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ และไม่สวมใส่รองเท้า



รูปที่ ก.3 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความสูงระดับสายตา: EY (Eye height, Standing)

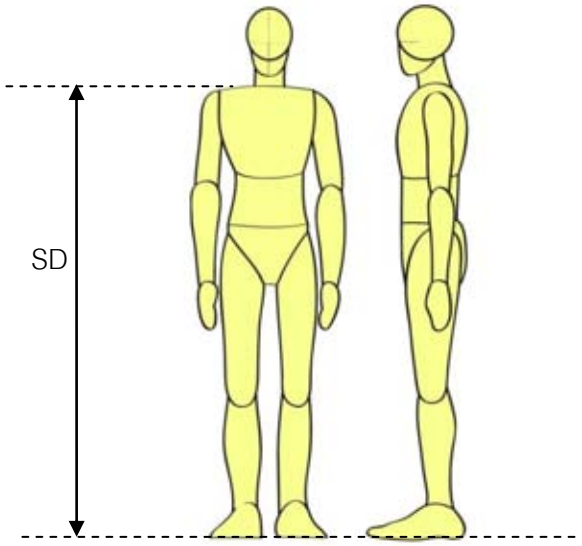
4. **ความสูงระดับไหล่ขณะยืน**: SD (Shoulder height, Standing) **ดังรูปที่ ก.4**

คำจำกัดความ : การวัดในแนวดิ่ง จากจุดสูงสุดของหัวไหล่จรดพื้น

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : จุดสูงสุดของหัวไหล่

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกันเพื่อให้น้ำหนักตัวกระจายบนเท้าทั้งสองเท่ากัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว แบมือเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ และไม่สวมใส่รองเท้า



รูปที่ ก.4 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความสูงระดับไหล่: SD (Shoulder height, Standing)

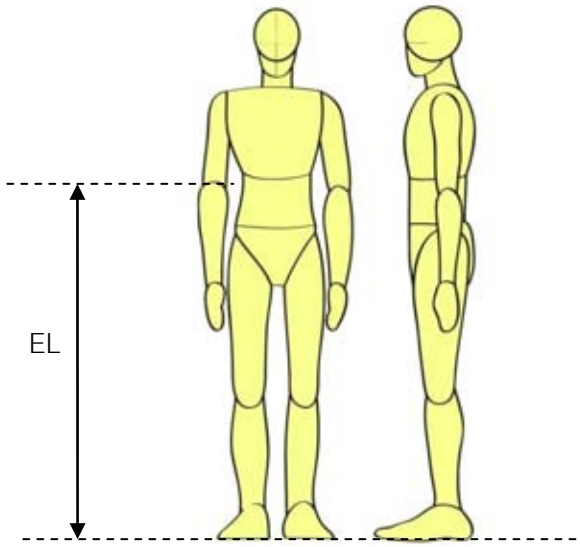
5. **ความสูงระดับข้อศอกขณะยืน**: EL (Elbow height, Standing) **ดังรูปที่ ก.5**

คำจำกัดความ : การวัดในแนวตั้งฉาก จากข้อพับของข้อศอกจรดพื้น

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ปุ่มกระดูกแขนด้านล่างทางด้านนอก

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกันเพื่อให้น้ำหนักตัวกระจายบนเท้าทั้งสองเท่ากัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว แบมือเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ และไม่สวมใส่รองเท้า



รูปที่ ก.5 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความสูงระดับข้อศอก: EL (Elbow height, Standing)

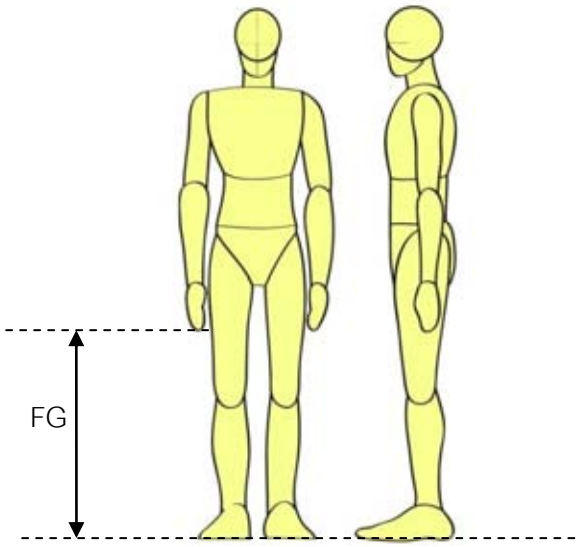
6. **ความสูงระดับนิ้วมือ**: FG (Finger height, Standing) **ดังรูปที่ ก**.6

คำจำกัดความ : การวัดในแนวตั้งฉากจากปลายนิ้วมือที่ยาวที่สุดจรดพื้น

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ปลายนิ้วมือที่ยาวที่สุด

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกันเพื่อให้น้ำหนักตัวกระจายบนเท้าทั้งสองเท่ากัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว แบมือเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ และไม่สวมใส่รองเท้า



รูปที่ ก.6 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความสูงระดับนิ้วมือ: FG (Finger height, Standing)

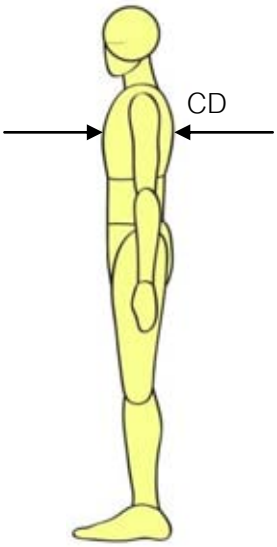
7. **ความหนาหน้าอก**: CD (Chest depth, Standing) **ดังรูปที่ ก**.7

คำจำกัดความ : วัดความหนาของหน้าอกในจุดที่หนาที่สุด

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : จุดที่นูนที่สุดของหน้าอก

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกันเพื่อให้น้ำหนักตัวกระจายบนเท้าทั้งสองเท่ากัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว แบมือเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ



รูปที่ ก.7 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความหนาหน้าอก: CD (Chest depth, Standing)

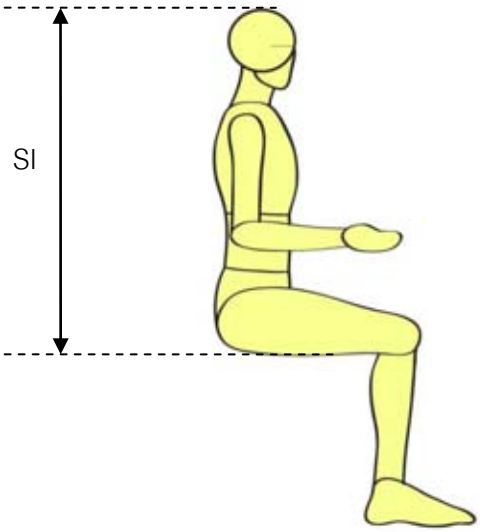
8. **ความสูงขณะนั่ง**: SI (Sitting height) **ดังรูปที่ ก**.8

คำจำกัดความ : ระยะแนวดิ่งจากจุดสูงสุดของศีรษะจนถึงระนาบบนสุดของพื้นที่นั่งขณะนั่งตัวตรง

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ไม่มี

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



รูปที่ ก.8 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความสูงขณะนั่ง: SI (Sitting height)

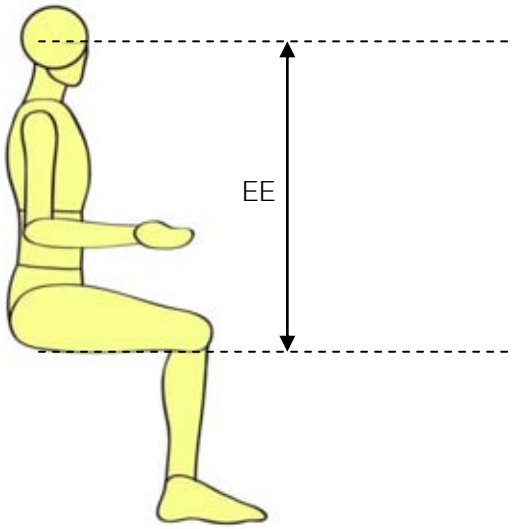
9. **ความสูงระดับสายตาขณะนั่ง**: EE (Eye height, Sitting) **ดังรูปที่** ก.9

คำจำกัดความ : ระยะแนวตั้งฉากจากหางตาจนถึงระนาบบนสุดของพื้นที่นั่งขณะนั่งตัวตรง

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ระดับหางตา

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



รูปที่ ก.9 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความสูงระดับสายตาขณะนั่ง: EE (Eye height, Sitting)

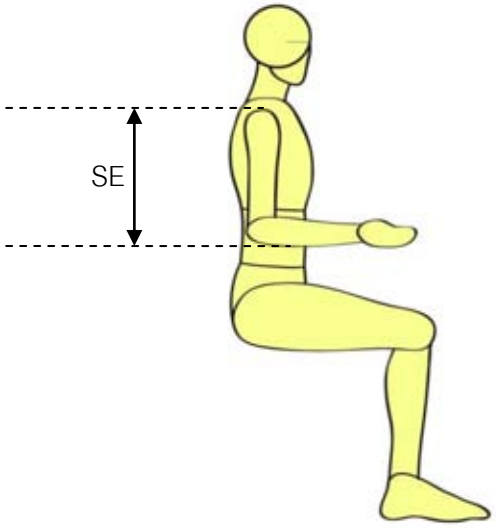
10.**ความสูงจากหัวไหล่ถึงข้อศอกขณะนั่ง**: SE (Shoulder – Elbow height, Sitting) **ดังรูปที่ ก.10**

คำจำกัดความ : ระยะจากระนาบบนสุดของหัวไหล่ถึงจุดปลายต่ำสุดของข้อศอก

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ปุ่มข้อศอก

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นอ อกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



รูปที่ ก.10 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความสูงจากหัวไหล่ถึงข้อศอกขณะนั่ง: SE (Shoulder – Elbow height, Sitting)

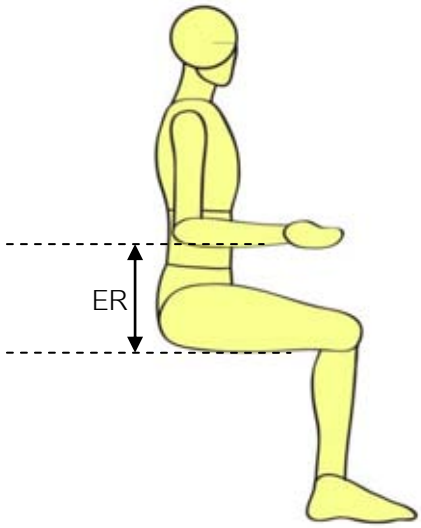
11.**ความสูงระยะพักศอกถึงพื้นที่นั่ง**: ER (Elbow rest height, Sitting) **ดังรูปที่ ก.11**

คำจำกัดความ : ระยะจากระนาบบนสุดของพื้นที่นั่ง ถึงจุดปลายต่ำสุดของข้อศอก

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ปุ่มข้อศอก

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



รูปที่ ก.11 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความสูงระยะพักศอกถึงพื้นที่นั่ง: ER (Elbow rest height, Sitting)

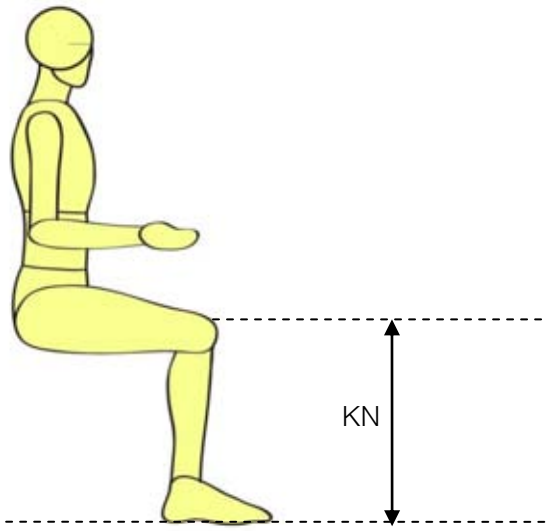
12. **ความสูงระดับหัวเข่าขณะนั่ง: KN (Knee height, Sitting) ดังรูปที่ ก.12**

คำจำกัดความ : ระยะแนวดิ่งจากจุดศูนย์กลางสะบ้าเข่าถึงพื้น

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ส่วนบนของกระดูกหัวเข่า

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



รูปที่ ก.12 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความสูงระดับหัวเข่าขณะนั่ง: KN (Knee height, Sitting)

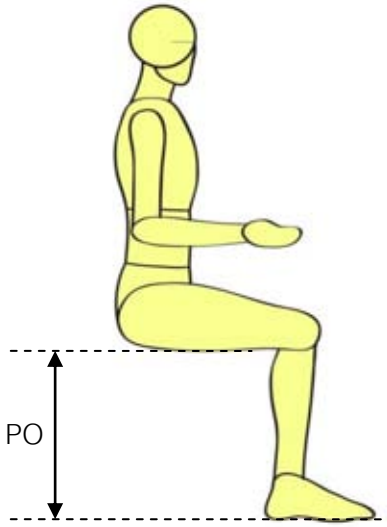
13. **ความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่ง**: PO (Popliteal height, Sitting) **ดังรูปที่ ก**.13

คำจำกัดความ : ความสูงตามแนวดิ่งจากด้านล่างของข้อพับด้านหลังหัวเข่าถึงพื้นขณะนั่งตัวตรง หัวเข่าและข้อเท้าตั้งฉากกับข้างใต้ของต้นขา และด้านหลังของหัวเข่าจะต้องไม่สัมผัสกับพื้นที่นั่ง

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ไม่มี

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน ด้านหลังของหัวเข่าจะต้องไม่สัมผัสกับพื้นที่นั่ง



รูปที่ ก.13 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่ง: PO (Popliteal height, Sitting)

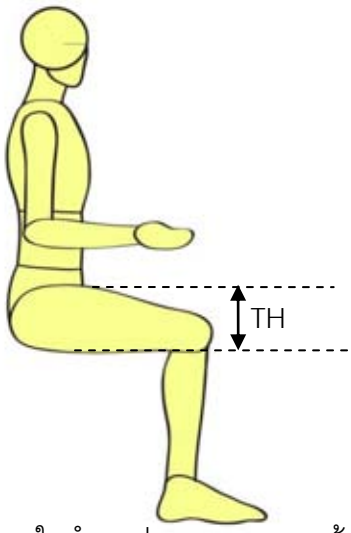
14. **ความหนาของต้นขา**: TH (Thigh clearance height, Sitting) **ดังรูปที่ ก**.14

คำจำกัดความ : ระยะสุทธิระหว่างส่วนบนของหน้าขากับระนาบที่นั่ง โดยวัดในแนวดิ่งตรง

ตำแหน่งที่หมาย (land marks): ส่วนที่หนาที่สุดของต้นขาด้านบนขณะนั่ง

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



รูปที่ ก.14 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความหนาของต้นขา: TH

(Thigh clearance height, Sitting)

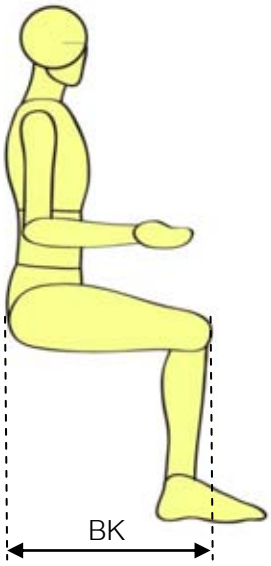
15. **ความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่าด้านหน้าขณะนั่ง**: BK (Buttock-knee length, Sitting) **ดังรูปที่ ก.15**

คำจำกัดความ : ระยะในแนวนอนระหว่างระนาบพิงหลังถึงด้านหน้าของหัวเข่า

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : จุดสูงสุดของก้น

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



รูปที่ ก.15 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่าด้านหน้าขณะนั่ง: BK

(Buttock-knee length, Sitting)

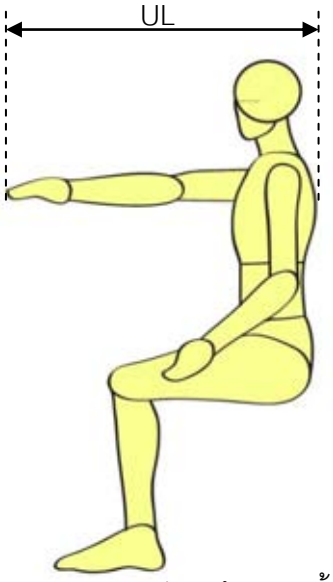
16.**ระยะไหล่ถึงปลายนิ้วขณะยืดแขนในท่านั่ง**: UL (Upper limb length, Sitting) **ดังรูปที่ ก**.16

คำจำกัดความ : ระยะระหว่างปุ่มกระดูกหัวไหล่ถึงปลายนิ้วที่ยาวที่สุดขณะยืดแขนไปด้านหน้า

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ปุ่มกระดูกหัวไหล่

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้า ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน แขนด้านขวายืดเหยียดตรงไปด้านหน้าในแนวระนาบ แบมือและนิ้วเหยียดตรง



รูปที่ ก.16 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งระยะไหล่ถึงปลายนิ้วขณะยืดแขนในท่านั่ง: UL (Upper limb length, Sitting)

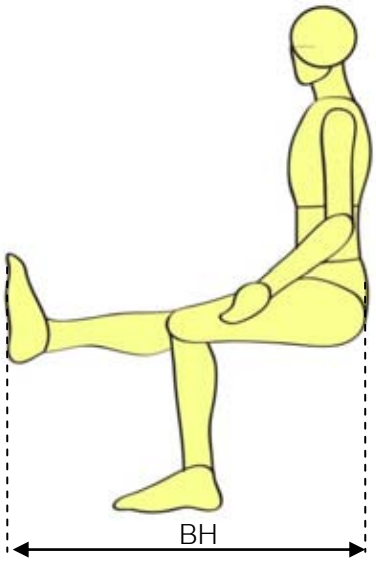
17.**ระยะจากก้นกบถึงส้นเท้าขณะนั่ง**: BH (Buttock-Heel length, Sitting) **ดังรูปที่ ก**.17

คำจำกัดความ : ระยะในแนวนอนระหว่างระนาบพิงหลังถึงระนาบฝ่าเท้าที่ยื่นไปด้านหน้า โดยยืดขาออกไปให้มากที่สุดในท่านั่ง

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ไม่มี

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแน วระดับ ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัว โดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาข้างขวายื่นไปด้านหน้าในแนวระนาบโดยยืดขาออกไปให้มากที่สุด



รูปที่ ก.17 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งระยะจากก้นกบถึงส้นเท้าขณะนั่ง: BH

(Buttock-Heel length, Sitting)

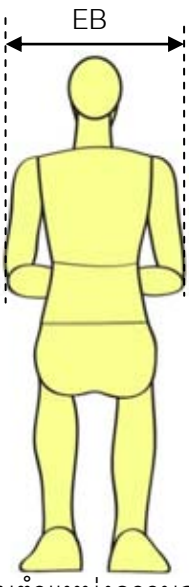
18.**ความกว้างระหว่างข้อศอก**: EB (Elbow-elbow breadth, Sitting) **ดังรูปที่ ก**.18

คำจำกัดความ : ระยะระหว่างข้อศอกถึงข้อศอกขณะงอแขนชิดกับลำตัว

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ขอบของข้อศอกที่กว้างที่สุดทั้งสองข้างขณะนั่ง

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่น ออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



รูปที่ ก.18 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความกว้างระหว่างข้อศอก: EB

(Elbow-elbow breadth, Sitting)

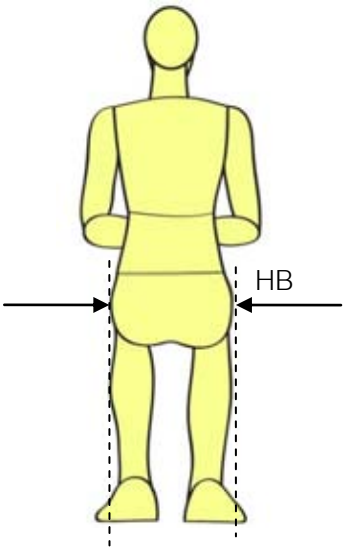
19.**ความกว้างสะโพก**: HB (Hip breadth, Sitting) **ดังรูปที่ ก**.19

คำจำกัดความ : วัดจากส่วนที่กว้างที่สุดของสะโพก ด้านหนึ่งถึงอีกด้านหนึ่ง

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ขอบสะโพกที่กว้างที่สุดทั้งสองข้างขณะนั่ง

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้ อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



รูปที่ ก.19 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความกว้างสะโพก: HB (Hip breadth, Sitting)

20. **น้ำหนักร่างกาย** (Weight)

คำจำกัดความ : วัดน้ำหนักของร่างกาย

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ไม่มี

เครื่องมือวัด : เครื่องชั่งน้ำหนัก

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกันเพื่อให้น้ำหนักตัวกระจายบนเท้าทั้งสองเท่ากัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว แบมือเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ และไม่สวมใส่รองเท้า

ภาคผนวก ข.

จดหมายขออนุญาตการทำวิจัยในโรงเรียนสตรีอ่างทอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ซอยจุฬาลงกรณ์ 62
ถนนพญาไท เขตปทุมวัน
กรุงเทพฯ 10330

ธันวาคม 2553

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นิสิตบัณฑิตศึกษาสาขาวิศวกรรมอุตสาหการเก็บข้อมูล

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสตรีอ่างทอง

ด้วยนางสาวณัฐชา เมฆเจริญ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรม ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ศึกษาวิจัย เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลสัดส่วนร่างกายและแรงกดอัดที่หลังส่วนล่างของประชากรอายุ 13 – 18 ปีโดยมี อ.ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งในการ วิจัยเรื่องดังกล่าว จำเป็นต้อง เก็บข้อมูลเกี่ยวกับขนาดสัดส่วนร่างกายและความแข็งแกร่งของเด็กในระดับมัธยมศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบยกระดับคุณภาพชีวิตของเด็กนักเรียน

จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ให้ นางสาวณัฐชา เมฆเจริญ เป็นผู้เก็บข้อมูลและติดต่อประสานงาน

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา ให้ความอนุเคราะห์ จะขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(อ.ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล)

โทร (02)2188147
โทรสาร (02)2188147

ภาคผนวก ค.
แบบบันทึกการวัดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนระดับมัธยมศึกษา
โรงเรียนสตรีอ่างทอง

โรงเรียนสตรีอ่างทอง

วันที่เก็บข้อมูล...../...../..... ชื่อ – นามสกุล.....

เพศ ( ) หญิง ( ) ชาย วัน เดือน ปีเกิด ...../...../..... อายุ.....ปี ชั้น.....

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	อักษร	Anthropometer	ถ่ายรูป
1	ความสูงขณะยืน	H		
2	ระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะในท่ายืน	VR		
3	ความสูงระดับสายตาขณะยืน	EY		
4	ความสูงระดับไหล่ขณะยืน	SD		
5	ความสูงระดับข้อศอกขณะยืน	EL		
6	ความสูงระดับนิ้วมือ	FG		
7	ความหนาหน้าอก	CD		
8	ความสูงขณะนั่ง	SI		
9	ความสูงระดับสายตาขณะนั่ง	EE		
10	ความสูงจากหัวไหล่ถึงข้อศอก	SE		
11	ความสูงระยะพักศอกถึงพื้นที่นั่ง	ER		
12	ความสูงระดับหัวเข่าขณะนั่ง	KN		
13	ความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่ง	PO		
14	ความหนาของต้นขา	TH		
15	ความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่าด้านหน้าขณะนั่ง	BK		
16	ระยะไหล่ถึงปลายนิ้วขณะยืดแขนในท่านั่ง	UL		
17	ระยะจากก้นกบถึงส้นเท้าขณะนั่ง	BH		
18	ความกว้างระหว่างข้อศอก	EB		
19	ความกว้างสะโพก	HB		
20	น้ำหนักร่างกาย	W		

บันทึกข้อความ.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง.

จดหมายขอความอนุเคราะห์ให้เด็กเข้าร่วมโครงการวิจัยด้านการยศาสตร์

เอกสารชี้แจง สำหรับผู้ปกครองและนักเรียนผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ขนาดสัดส่วนร่างกายและความแข็งแกร่งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

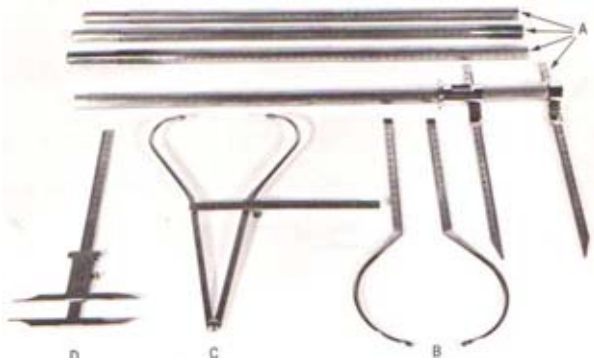
ชื่อผู้วิจัย อาจารย์ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล ตำแหน่ง อาจารย์

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) 02-218-6814 โทรศัพท์มือถือ 084-640-6452

ขอเรียนเชิญเด็กนักเรียนในปกครองของท่านเข้าร่วมวิจัย โดยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจยินยอมให้เด็กนักเรียนของท่านเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่**ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ** และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

1. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวิจัย ขนาดสัดส่วนร่างกายและความาแข็งแกร่งของเด็กในระดับมัธยมศึกษา เพื่อนำไปเป็นฐานข้อมูลในการออกแบบผลิตภัณฑ์ เครื่องเรือน สภาพแวดล้อมให้มีความเหมาะสมต่อเด็ก ซึ่งหนึ่งในงานวิจัยเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของเด็กนักเรียน
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย : เพื่อวัดขนาดสัดส่วนร่างกายและความแข็งแกร่งของกล้ามเนื้อของเด็กนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสตรีอ่างทอง
3. รายละเอียดของนักเรียนผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย : เป็นเด็กนักเรียนผู้ที่มีสุขภาพแข็งแรง สมบูรณ์ ที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนสตรีอ่างทอง ซึ่งจะต้องได้รับการยินยอมจากผู้ปกครองก่อน
4. กระบวนการวิจัยดำเนินการโดยผู้วิจัยเป็นหลัก และมีผู้ช่วยอีก 4 ท่าน มีรายละเอียดเป็นดังต่อไปนี้
   - 4.1 ช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจะเริ่มตั้งแต่ เดือน สิงหาคม – ตุลาคม 2554 โดยเก็บข้อมูลในวันและเวลาราชการเท่านั้น และเก็บข้อมูลภายในโรงเรียนสตรีอ่างทอง
   - 4.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้ เครื่องชั่งน้ำหนักร่างกาย เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายด้วยมือ (ANTHROPOMETER) ดังแสดงในรูปที่ 1 เก้าอี้สำหรับวัดสัดส่วนในท่านั่ง กล้องถ่ายรูปแบบดิจิตอล และ เครื่องวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ



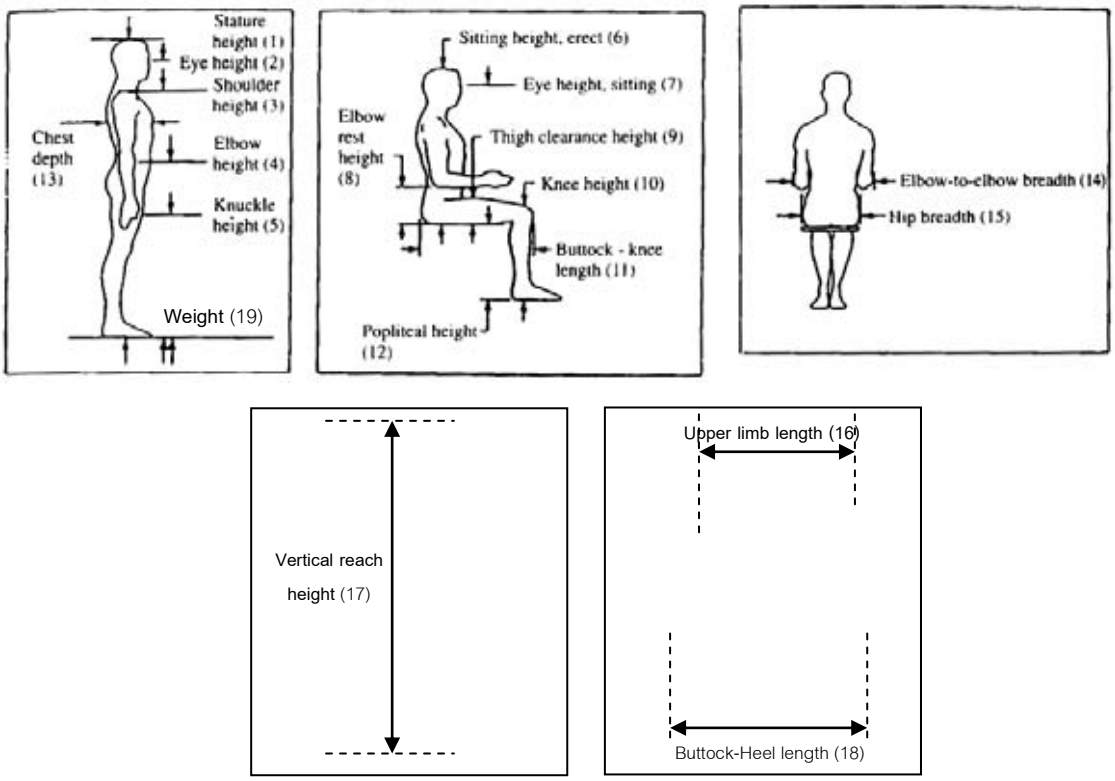
รูปที่ 1 แสดงเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายด้วยมือ(ANTHROPOMETER)

4.3 เด็กนักเรียนแต่งกายด้วยชุดนักเรียนปกติ สวมใส่ถุงเท้านักเรียนสีขาว แต่ขณะวัดสัดส่วนร่างกาย จะไม่สวมใส่รองเท้า อุปกรณ์หรือเครื่องประดับอื่นใดติดตามร่างกาย

4.4 การเก็บข้อมูล แบ่งออกเป็น 1. การวัดสัดส่วนร่างกายทั้งท่ายืนและท่านั่ง และ 2. การวัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ 4 ท่า โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.4.1 ถ่ายภาพท่ายืนและท่านั่งทั้ง 2 ด้านคือ ด้านหน้าและ ด้านขวามือของผู้ถูกวัด

4.4.2 ผู้วิจัยจะใช้ เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายด้วยมือ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับไม้บรรทัดขนาดใหญ่ วัดตำแหน่งต่างๆ ขณะนักเรียนอยู่นิ่งๆ โดยมีตำแหน่งการวัดสัดส่วน ประกอบด้วย ท่านั่ง 11 ค่า และท่ายืน 8 ค่า ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งการวัดสัดส่วนร่างกาย ท่านั่ง 11 ค่า และท่ายืน 8 ค่า

4.5 วัดกำลังสถิตของกล้ามเนื้อ โดยให้นักเรียนออกแรงดึงเครื่องมือวัดแรงในท่าต่างๆ ตามความสามารถสูงสุดของนักเรียน ดังแสดงในรูปที่ 3 10

รูปที่ 3 แสดงท่าการวัดกำลังสถิต กล้ามเนื้อไหล่, แขน, ผสม และมือ (เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา)

5. การให้ข้อมูลรายละเอียดงานวิจัยแก่ผู้ปกครองของนักเรียนผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

5.1 จะมอบข้อมูลทั้งหมดให้แก่ โรงเรียนสตรีอ่างทอง เพื่อกระจายไปยังผู้ปกครองนักเรียนทุกคน

5.2 เนื่องจากนักเรียนผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีอายุต่ำกว่า 18 ปี ทางผู้วิจัยจึงได้ขอความยินยอมจากผู้ปกครอง โดยส่งเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งหมดให้ผู้ปกครองของเด็กนักเรียนรับทราบ หากไม่ได้รับใบยินยอมจะไม่สามารถวิจัยกับนักเรียนเหล่านั้นได้

6 หากพบว่านักเรียนที่เข้าร่วมวิจัย อยู่ในสภาวะที่ต้องได้รับความช่วยเหลือหรือมีปัญหาใดๆ ระหว่างเก็บข้อมูล ผู้วิจัยจะแจ้งไปยังอาจารย์ที่ปรึกษา ของนักเรียนเป็นอันดับแรก เพื่อปรึกษาถึงวิธีการแก้ไขปัญหา หรือขอยกเว้นการเก็บข้อมูลจากนักเรียนคนนั้น

7 สำหรับอันตรายหรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นต่อนักเรียนผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยนั้น เนื่องจากเป็นการวัดสัดส่วนและกำลังสถิตของร่างกาย ไม่มีเครื่องมือใดๆ ที่จะเป็นสาเหตุให้เกิดการบาดเจ็บได้ แต่ทางผู้วิจัยก็จะอธิบายขั้นตอนวิธีการทดสอบพร้อมทั้งแสดงท่าทางให้นักเรียนเข้าใจอย่างละเอียด และดูแลความปลอดภัยอย่างสูงสุด แต่หากเกิดอุบัติเหตุขึ้น โดยสุดวิสัย จะปฐมพยาบาลเบื้องต้นโดยการนำส่งห้องปฐมพยาบาลของทางโรงเรียนทันที และติดต่อผู้ปกครองให้ทราบโดยเร็วที่สุด

8 งานวิจัยนี้ไม่มีค่าตอบแทน ให้แก่ผู้ปกครองหรือนักเรียนผู้เข้าร่วมการวิจัย นักเรียนที่เข้าร่วมการวิจัยเป็นไปโดยความสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผล และไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับและไม่มีผลต่อการศึกษา

9 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้ถูกวิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับ ไว้ที่ห้องปฏิบัติการการยศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลหรือรูปภาพใดที่สามารถระบุถึงตัวผู้ถูกวิจัยได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

10 หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็วสำหรับทบทวนว่ายังสมัครใจจะเข้าร่วมต่อไปหรือไม่

11 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เป็นข้อมูลพื้นฐานทางการยศาสตร์ของเด็กนักเรียนมัธยมศึกษา เพื่อนำมาใช้ในการ ปรับปรุงออกแบบ หรือกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ เครื่องเรือนหรือสภาพแวดล้อม ที่มีความเหมาะสมกับเด็กนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
- ใช้เป็นฐานข้อมูลด้านสุขภาพหรือการเจริญเติบโตของนักเรียน
- เป็นข้อมูลให้งานวิจัยอื่นๆ ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพชีวิตของเด็กนักเรียน

12 หากเด็กนักเรียนที่เข้าร่วม ไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าว ผู้ปกครองสามารถร้องเรียนได้ที่

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์ 0-2218-8147 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

สำหรับผู้ปกครอง/ผู้ดูแล

ทำที่ รร.สตรีอ่างทอง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ….....……

ข้าพเจ้าซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้เกี่ยวข้องเป็นผู้ปกครองของ ด.ช./ด.ญ./นาย/น.ส.....

.....

ขอแสดงความยินยอมให้นักเรียนที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย .ขนาดสัดส่วนร่างกายและความแข็งแกร่งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา.....

ชื่อผู้วิจัย ..... อาจารย์ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล .....

ที่อยู่ที่ติดต่อ ..... ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .....

โทรศัพท์ ..... ที่ทำงาน 02-218-6814 มือถือ 084-640-6452 .....

ข้าพเจ้าและนักเรียนที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย ขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และ**ได้รับคำอธิบาย**จากผู้วิจัย**จนเข้าใจเป็นอย่างดี**แล้ว

ข้าพเจ้าจึง**สมัครใจ**ให้นักเรียนที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้าเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ภายใต้เงื่อนไขที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมให้นักเรียนที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้า **เข้ารับการวัดสัดส่วนร่างกาย และกำลังสถิตของร่างกาย** โดยข้าพเจ้ามีสิทธิให้นักเรียนที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้าหรือเป็นความประสงค์ของนักเรียนที่อยู่ในปกครอง **ถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อนักเรียนที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้าและตัวข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อนักเรียนที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้า ตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และผู้วิจัยจะ**เก็บรักษา**ข้อมูลใดๆที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้า**เป็นความลับ** โดยจะไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวนักเรียนที่อยู่ในปกครองและตัวข้าพเจ้า

หากนักเรียนที่อยู่ในปกครองของข้าพเจ้า ไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147 โทรสาร 0-2218-8147 **E-mail: eccu@chula.ac.th**

ข้าพเจ้าจึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญ ทั้งนี้ ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....

(.....อ.ดร. ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล.....)

ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....

(.....)

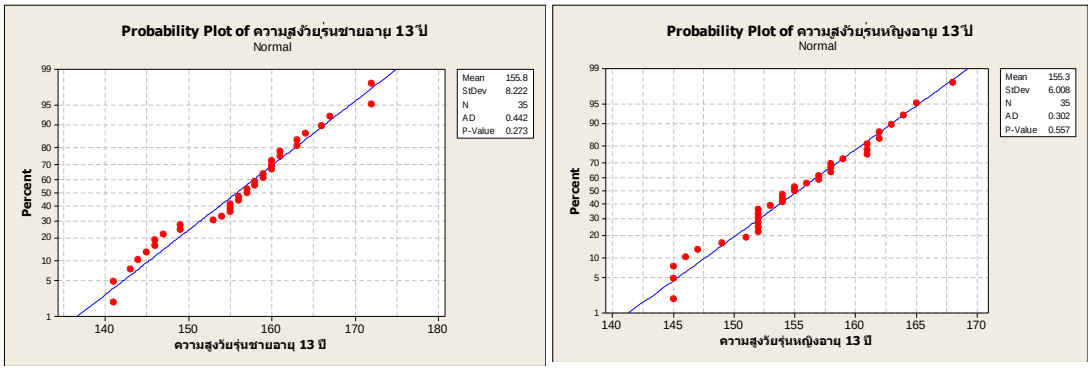
เด็กนักเรียนผู้เข้าร่วมวิจัย

ลงชื่อ.....

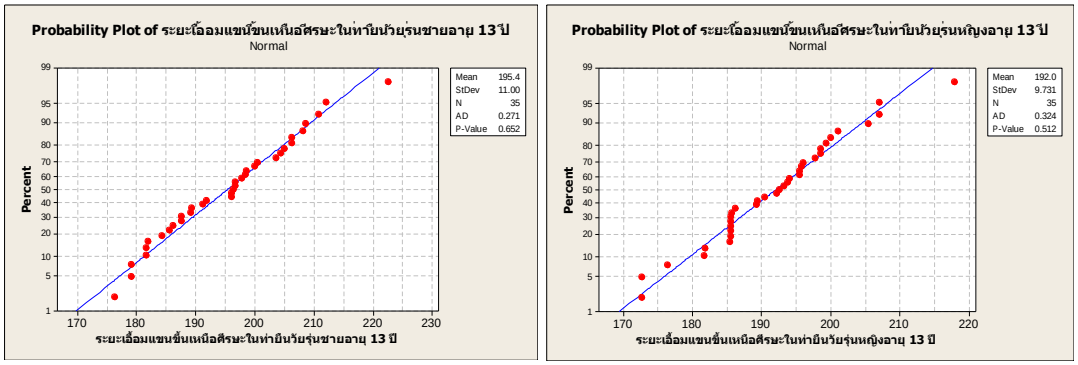
(.....)

พ่อ/แม่/ผู้ปกครอง/ผู้ดูแล

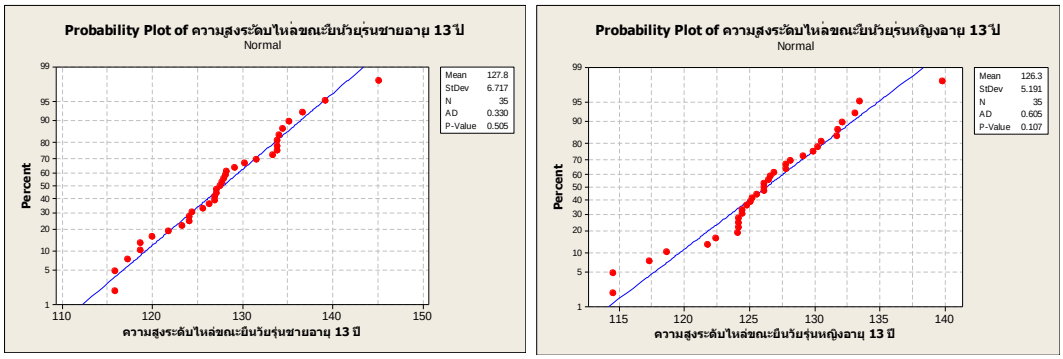
ภาคผนวก จ.
ตัวอย่างผลการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลสัดส่วนร่างกาย



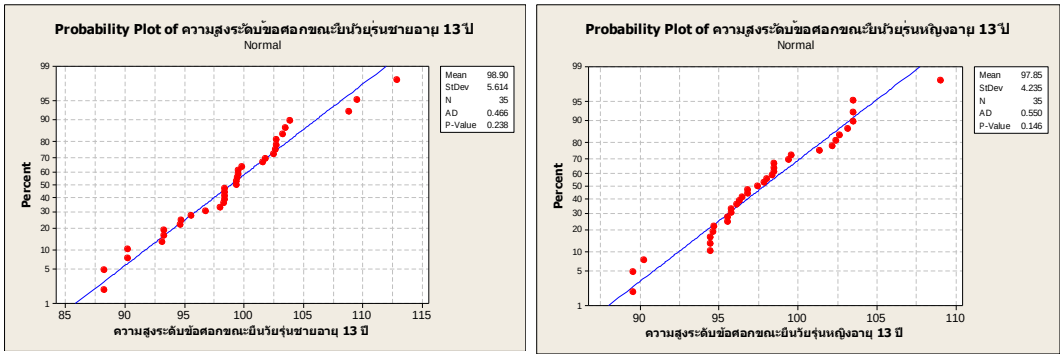
รูปที่ จ.1 การกระจายตัวของข้อมูลความสูงนักเรียนชายและหญิงอายุ 13 ปี



รูปที่ จ.2 การกระจายตัวของข้อมูลระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะในท่ายืน
นักเรียนชายและหญิงอายุ 13 ปี



รูปที่ จ.3 การกระจายตัวของข้อมูลความสูงระดับไหล่ขณะยืนนักเรียนชายและหญิงอายุ 13 ปี



รูปที่ จ.4 การกระจายตัวของข้อมูลความสูงระดับข้อศอกขณะยืนนักเรียนชายและหญิงอายุ 13 ปี

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวณัฐชา เมฆเจริญ เกิดเมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน 2529 ที่จังหวัดสิงห์บุรี สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาบัณฑิต จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ. 2551 และได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิตในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาปลายปี พ.ศ.2552