ข้อมูลสัดส่วนร่างกายและอัตราส่วนขนาดร่างกายของเด็กนักเรียนประถมศึกษา เพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องเรือนในห้องเรียน

นางสาวสุดาวรรณ ลี่ไพฑูรย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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.

ANTHROPOMETRIC DATA AND BODY PARTS RATIO OF PRIMARY STUDENTS FOR CLASSROOM FURNITURE DESIGN

Miss Sudawan Leepaitoon

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	ข้อมูลสัดส่วนร่างกายและอัตราส่วนขนาดร่างกายของเด็กนักเรียนประถมศึกษา เพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องเรือนในห้องเรียน
โดย	นางสาวสุดาวรรณ ลี่ไพฑูรย์
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 นายแพทย์อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์)

สุดาวรรณ ลี่ไพฑูรย์: ข้อมูลสัดส่วนร่างกายและอัตราส่วนขนาดร่างกายของเด็กนักเรียนประถมศึกษา เพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องเรือนในห้องเรียน. (ANTHROPOMETRIC DATA AND BODY PARTS RATIO OF PRIMARY STUDENTS FOR CLASSROOM FURNITURE DESIGN) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ.ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล, 121 หน้า.

การออกแบบโต๊ะและเก้าอี้ให้เหมาะกับขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนตามแนวทางการยศาสตร์นั้น จำเป็นต้องรู้ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของผู้ใช้งาน ซึ่งการหาข้อมูลดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธีตั้งแต่การวัดโดยตรงจากกลุ่มประชากร การใช้ค่ามาตรฐานสัดส่วนร่างกาย รวมถึงการใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ การหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ใช้ประกอบการออกแบบขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนกับข้อมูลพื้นฐานที่โรงเรียนมี คือ น้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนจะช่วยให้การออกแบบทำได้สะดวกมากยิ่งขึ้น ซึ่งการหาความสัมพันธ์เหล่านี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษา ในท่ายืนและท่านั่งจำนวน 20 สัดส่วน จากจำนวนนักเรียน 360 คน โดยการใช้ระบบวัดสัดส่วนร่างกายด้วยภาพถ่ายดิจิตอล

สมการถดถอยเชิงเส้นและสมการความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณ ถูกนำมาใช้หาความสัมพันธ์ดังกล่าว พบว่าสัดส่วนในลักษณะที่เป็นรยางค์ของร่างกาย เช่น แขน, ขา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกันกับความสูงของร่างกายที่เพิ่มขึ้น สำหรับสัดส่วนในบริเวณที่สะสมไขมันตามร่างกาย เช่น ต้นขา, สะโพก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักของร่างกาย สมการดังกล่าวถูกสร้างขึ้นจากตัวแปรต้น คือ ข้อมูลด้านความสูงและน้ำหนักของร่างกาย โดยแต่ละสัดส่วนแสดงเป็นสมการ 3 สมการ คือ 1. สมการที่ใช้ข้อมูลเฉพาะความสูง 2. สมการที่ใช้ข้อมูลเฉพาะน้ำหนัก และ 3. สมการที่ใช้ข้อมูลทั้งความสูงและน้ำหนักร่วมกัน ซึ่งแต่ละสมการให้ค่า สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่แตกต่างกัน โดยส่วนมากสมการที่ใช้ข้อมูลด้านความสูงและน้ำหนักร่วมกันจะให้ค่า R^2 สูงกว่าการใช้ตัวแปรต้นเพียงตัวแปรใดตัวแปรหนึ่ง ดังนั้นการนำสมการไปใช้งานจึงขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานว่าต้องการความแม่นยำมากน้อยเพียงใด

ภาควิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก…….

ปีการศึกษา 2554

5271463121: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS: ANTHROPOMETRIC DATA / BODY PARTS RATIO / PRIMARY STUDENTS / CLASSROOM FURNITURE DESIGN

SUDAWAN LEEPAITOON: ANTHROPOMETRIC DATA AND BODY PARTS RATIO OF PRIMARY STUDENTS FOR CLASSROOM FURNITURE DESIGN.
ADVISOR: PHAIROAT LADAVICHITKUL, Ph.D., 121 pp.

To design a table and chair to suit the body proportion of the students 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 table and chair to suit the students; we could obtain the basic information such as weight and height of the students in the primary school. To get relevant information of body proportion, it has been conducted the data collection of 20 types of body proportion of the students in the primary school in the form of sitting and standing with the total of 360 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 และรองศาสตราจารย์ นพ.อดิศักดิ์ ผลิตผลการ พิมพ์กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ และได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและชัดเจน

ขอขอบพระคุณผู้ปกครองและนักเรียนจากโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เสียสละเวลาให้กับผู้วิจัยในการเก็บข้อมูล ขอบคุณสำหรับการให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีจาก บริษัทชลบุรี เอส.พี.มาร์ท จำกัด ในการจัดหาอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อการวิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงแก่ บิดามารดา ครอบครัว และเพื่อนๆทุกคนที่ช่วยผลักดัน ส่งเสริมการทำงาน การสนับสนุนช่วยเหลือและกำลังใจ แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 4

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย..... 4

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 6

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 6

1.6 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย..... 7

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 8

2.1 การวัดสัดส่วนร่างกาย..... 8

2.2 ข้อมูลสัดส่วนของร่างกายในเชิงวิศวกรรมตามวัตถุประสงค์ของการวัด.... 9

2.3 การออกแบบเชิงการยศาสตร์..... 11

2.4 การนำเสนอข้อมูลขนาดสัดส่วนของร่างกายมนุษย์ไปใช้ในงานวิศวกรรม. 13

2.5 การใช้ข้อมูลสมบัติทางกายภาพและมิติร่างกายในการออกแบบ..... 13

2.6 หลักในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้..... 14

2.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล..... 17

2.8 การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA: Measurement System Analysis)..... 19

2.9 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis)..... 22

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 23

หน้า

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 30

3.1 ผู้เข้าร่วมงานวิจัย..... 30

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย..... 30

3.3 ขั้นตอนการวัดสัดส่วน 33

3.4 การติดตั้งและการจัดวางอุปกรณ์..... 36

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการถ่ายรูป..... 36

3.6 ขั้นตอนการแปลงผลจากภาพถ่ายดิจิตอล 2 มิติเป็นระยะสัดส่วนร่างกาย 37

3.7 ขั้นตอนวิเคราะห์ผลการวัดสัดส่วน..... 37

3.8 การนำไปประยุกต์ใช้งาน..... 37

บทที่ 4 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล..... 39

4.1 ผลการสุ่มตัวอย่างของเด็กนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 – 6..... 39

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 5 และ 95..... 40

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไป..... 46

4.4 การเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิง..... 50

4.5 การหาขนาดสัดส่วนร่างกายโดยใช้อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูง..... 52

4.6 การหาขนาดสัดส่วนร่างกายโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์จากข้อมูลพื้นฐานด้านความสูงและน้ำหนักในรูปแบบสมการความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นและสมการความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณ..... 54

4.7 ผลการเปรียบเทียบการหาขนาดสัดส่วนร่างกายโดยใช้อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงกับการใช้สมการทางคณิตศาสตร์..... 57

4.8 การนำข้อมูลสัดส่วนร่างกายไปใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียน..... 58

4.9 ตัวอย่างการหาขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนสำหรับเด็กนักเรียนอายุ 6 – 12 ปี... 61

หน้า

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 67
5.1 การเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ อธิกมาส ชนะบวรสกุล (2546)..... 67
5.2 การเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนหญิงของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของวิลาส เชาวรักษ์ (2546)..... 68
5.3 การเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงของงานวิจัยนี้กับ ผลงานวิจัยของ สมอ. (2543-2544)..... 70
5.4 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลในงานวิจัยนี้กับ
5.5 ผลงานวิจัยในอดีต..... 73
5.6 ผลการเปรียบเทียบความสูงของโต๊ะและเก้าอี้เรียนของงานวิจัยนี้กับ ผลงานวิจัยของ สมอ. (2544) และกระทรวงศึกษาธิการ (2545)..... 81
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation: c.v.) กับสัดส่วนร่างกายในตำแหน่งต่างๆ..... 82

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 87
6.1 การวิจัยขนาดสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิง..... 87
6.2 สมการที่ใช้หาขนาดสัดส่วนร่างกายจากข้อมูลส่วนสูงและน้ำหนัก..... 87
6.3 การนำข้อมูลสัดส่วนร่างกายไปใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียน..... 88
6.4 ผลการเปรียบเทียบงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่น..... 88
6.5 สรุปผลความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การแปรผัน (c.v.) กับสัดส่วนร่างกาย..... 89
6.6 ปัญหาและข้อจำกัดที่พบในงานวิจัย..... 90
6.7 ข้อเสนอแนะ..... 90

รายการอ้างอิง..... 91
ภาคผนวก..... 94
ภาคผนวก ก..... 95
ภาคผนวก ข..... 109

หน้า

ภาคผนวก ค..... 111
ภาคผนวก ง..... 113
ภาคผนวก จ..... 115
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 121

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ตำแหน่งการวัดสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนจำนวน 20 สัดส่วน.....	4
1.2	ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย.....	7
3.1	ตัวอย่างการนำค่าสัดส่วนร่างกายไปประยุกต์ใช้งาน.....	37
4.1	จำนวนนักเรียนเข้าร่วมวิจัยจำแนกตามอายุ.....	39
4.2	ขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 6 – 12 ปี ในสัดส่วนท่ายืนจำนวน 8 สัดส่วน.....	41
4.3	ขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 6 – 12 ปี ในสัดส่วนท่านั่งจำนวน 12 สัดส่วน.....	44
4.4	ค่า P-Value จากการทดสอบแบบ 2 Sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05) ของเด็กนักเรียนชายและหญิงในแต่ละช่วงอายุ.....	50
4.5	สมการถดถอยเชิงเส้น, ค่าความคลาดเคลื่อน, ค่า P-Value, ค่า R^2 และขอบเขตของสมการ.....	54
4.6	ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติระหว่างวิธีหาขนาดสัดส่วนร่างกายโดยใช้อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงกับการใช้สมการทางคณิตศาสตร์	58
4.7	ค่าเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 95 ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของสัดส่วนร่างกายที่ใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้สำหรับนักเรียนอายุ 6 - 12 ปี.....	59
4.8	ค่าเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 95 ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของสัดส่วนร่างกายที่ใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้นักเรียนสำหรับนักเรียนกลุ่มที่ 1 และ 2.....	63
4.9	ค่าเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 95 ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของสัดส่วนร่างกายที่ใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้นักเรียนสำหรับนักเรียนกลุ่มที่ 3 และ 4.....	64
4.10	ขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนสำหรับนักเรียนทั้ง 4 กลุ่มอายุ.....	65
5.1	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายระดับประถมศึกษาของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของอธิกมาส (2546) และผลการทดสอบ Z-test.....	74
5.2	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนหญิงระดับประถมศึกษาของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของวิลาส (2546) และผลการทดสอบ Z-test.....	76

ตารางที่ หน้า

5.3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิง อายุ 6 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test..... 77
5.4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิง อายุ 7 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test..... 77
5.5 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิง อายุ 8 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test..... 78
5.6 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิง อายุ 9 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test..... 78
5.7 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิง อายุ 10 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test..... 79
5.8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิง อายุ 11 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test..... 79
5.9 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิง อายุ 12 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test..... 80
5.10 ขนาดความสูงของโต๊ะและเก้าอี้เรียนผลงานของ สมอ.(2544) กระทรวงศึกษาธิการ (2545) และในงานวิจัยนี้..... 81

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	จำนวนประชากรไทย ณ วันที่ 1 ก.ค. 2554.....	1
1.2	เปรียบเทียบส่วนสูงของชาวออสเตรเลียในปี ค.ศ. 1907-08 กับ ค.ศ. 1965.....	2
2.1	สัดส่วนร่างกายคนอเมริกันขณะอยู่นิ่งกับที่.....	10
2.2	สัดส่วนร่างกายของมนุษย์เมื่อมีการเคลื่อนที่.....	11
2.3	การจำแนกความคลาดเคลื่อนจากการวัดออกเป็นแหล่งต่างๆ	19
2.4	องค์ประกอบความผันแปรของระบบการวัด.....	21
2.5	อัตราการเจริญเติบโตของเด็กผู้หญิงและเด็กผู้ชายชาวออสเตรเลียช่วงอายุ 4 – 18 ปี.....	27
2.6	สมการเชิงเส้นและการทดสอบ R^2 ของข้อมูลอัตราส่วนสูงเด็กชายและเด็กหญิงชาวออสเตรเลีย.....	28
2.7	ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย.....	28
3.1	ชุดเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายพื้นฐาน Anthropometer.....	30
3.2	เก้าอี้นั่งปรับระดับได้.....	31
3.3	เครื่องชั่งน้ำหนักร่างกาย.....	31
3.4	กล้องถ่ายรูปดิจิตอล.....	32
3.5	ฉากหลังและพื้นปูยืนสีเขียว.....	32
3.6	อุปกรณ์อ้างอิงระยะ.....	33
3.7	ขั้นตอนการวัดสัดส่วนร่างกายในงานวิจัย.....	35
3.8	ขั้นตอนในกระบวนการเก็บข้อมูลโดยวิธีการถ่ายรูป.....	36
4.1	Probability Plot of น้ำหนักเด็กนักเรียนชายอายุ 6 ขวบ.....	40
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายในท่ายืน.....	47
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วน SI, EE, KN, BH, EB ในท่านั่ง.....	47
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วน SE, ER, PO, TH, BK, HB, UL ในท่านั่งสำหรับออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียน.....	48

ภาพที่ หน้า

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของนักเรียนชายและหญิง... 49
4.6 อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงในท่ายืน..... 52
4.7 อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงในท่านั่ง..... 53
4.8 ระยะของโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ออกแบบโดยพิจารณาจากระยะสัดส่วนร่างกาย a) โต๊ะเรียน FRONT VIEW และ b) เก้าอี้เรียน FRONT VIEW..... 60
4.9 ระยะของโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ออกแบบโดยพิจารณาจากระยะสัดส่วนร่างกาย c) โต๊ะเรียน SIDE VIEW และ d) เก้าอี้เรียน SIDE VIEW..... 60
5.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของอธิกมาส (2546)..... 67
5.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของเด็กนักเรียนชายในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของอธิกมาส (2546)..... 68
5.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนหญิงในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของวิลาส (2546)..... 69
5.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของเด็กนักเรียนหญิงในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของวิลาส (2546)..... 69
5.5 ค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายในท่ายืนของเด็กนักเรียนชายและหญิงในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ. (2543-2544)..... 70
5.6 ค่าเฉลี่ยสัดส่วน SI, EE, ER, PO และ EB ในท่านั่งของเด็กนักเรียนชายและหญิงในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ. (2543-2544)..... 71
5.7 ค่าเฉลี่ยสัดส่วน TH, HB และ BK ในท่านั่งของเด็กนักเรียนชายและหญิงในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ. (2543-2544)..... 72
5.8 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ. (2543-2544)..... 73
5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน H..... 82
5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน VR..... 82
5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน EY..... 82
5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน SD..... 82
5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน EL..... 83
5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน FG..... 83

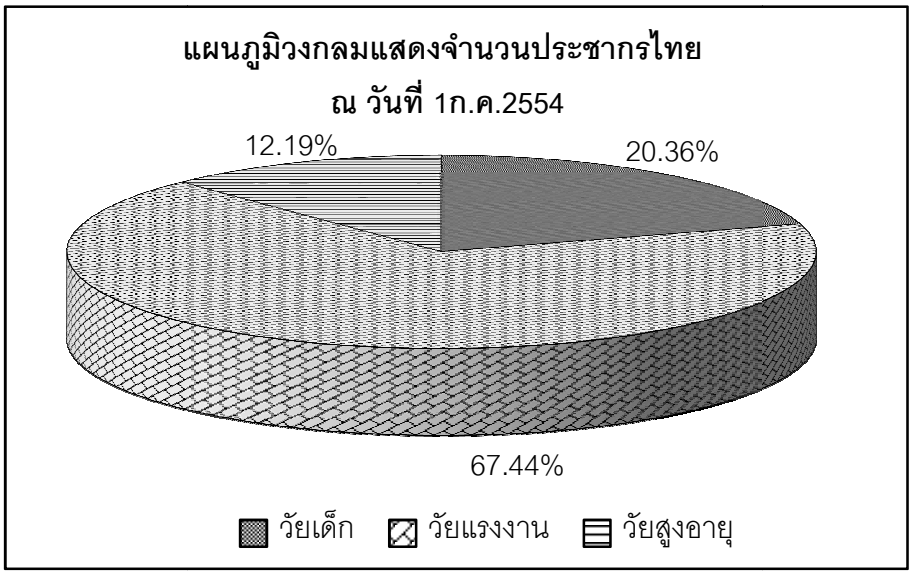
5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน CD..... 83
5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน SI..... 83
5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน EE..... 83
5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน SE..... 83
5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน ER..... 84
5.20 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน KN..... 84
5.21 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน PO..... 84
5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน TH..... 84
5.23 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน BK..... 84
5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน UL..... 84
5.25 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน BH..... 85
5.26 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน EB..... 85
5.27 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน HB..... 85
5.28 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v. ของสัดส่วน W..... 85

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

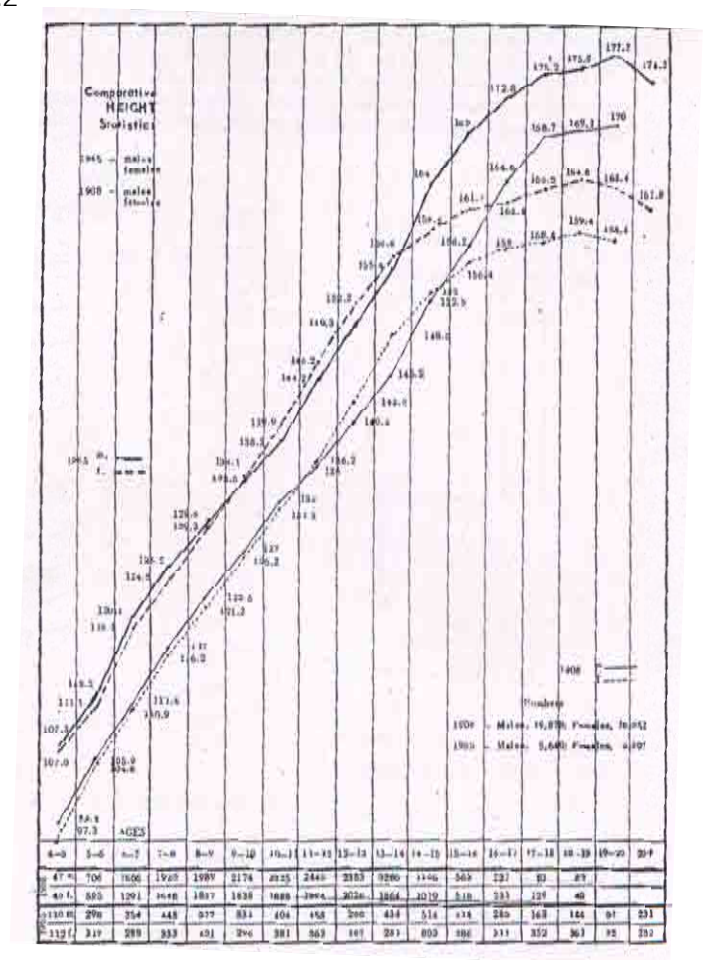
การพัฒนาคุณภาพชีวิตของเด็กถือเป็นสิ่งสำคัญในการช่วยพัฒนาประเทศในอนาคต กิจกรรมในแต่ละวันของเด็กส่วนมากอยู่ที่สถานศึกษาเป็นหลักเพื่อทำกิจกรรมในส่วนของการศึกษาหาความรู้ การพัฒนาทักษะต่างๆ เพื่อเสริมสร้างทักษะที่ดีในอนาคต จะเห็นได้ว่าสถานศึกษาถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับประชากรในวัยเด็กเปรียบดั่งบ้านหลังที่สอง ในประเทศไทยพบว่ามีจำนวนประชากรในวัยเด็ก (อายุต่ำกว่า 15 ปี) ถึง 13,010,000 คน ประชากรวัยแรงงาน (15 – 59 ปี) จำนวน 43,091,000คน และจำนวนประชากรสูงอายุ (60 ปีขึ้นไป) จำนวน 7,790,000 คน (สารประชากร มหาวิทยาลัยมหิดล, 2554: ออนไลน์) จากข้อมูลดังกล่าวเห็นได้ว่าสัดส่วนประชากรวัยเด็กคิดเป็นร้อยละ 20.36 ของจำนวนประชากรไทยทั้งประเทศดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 จำนวนประชากรไทย ณ วันที่ 1 ก.ค. 2554
(สารประชากร มหาวิทยาลัยมหิดล, 2554: ออนไลน์)

ในปัจจุบันปัญหาคุณภาพชีวิตสำหรับเด็กไทยในสถานศึกษายังได้รับการแก้ไขไม่ชัดเจน ดังเห็นได้จากกระเป๋านักเรียนที่หนัก ความไม่เหมาะสมของเฟอร์นิเจอร์ในห้องเรียน เช่น โต๊ะและเก้าอี้ ซึ่งถือเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดการวิจัยในครั้งนี้ขึ้น รวมถึงงานวิจัยเกี่ยวกับสัดส่วนร่างกายเด็กไทยที่เคยวิจัยมานั้นเป็นข้อมูลที่ไม่เป็นปัจจุบัน โดยข้อมูลครั้งล่าสุดเป็นการวิจัยของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [สมอ.] (2544) ซึ่งสำรวจและวิจัยขนาดโครงสร้าง

ร่างกายคนไทย โดยวัดสัดส่วนร่างกายเด็กหญิงไทย อายุ 1-16 ปี 129 สัดส่วน จำนวน 2,288 คน เด็กชายไทย อายุ 1-16 ปี 121 สัดส่วน จำนวน 2,233 คน หญิงไทย อายุ 17-49 ปี 142 สัดส่วน จำนวน 4,525 คน และชายไทยอายุ 17-49 ปี 144 สัดส่วน จำนวน 4,301 คน เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับร่างกาย เช่น อุตสาหกรรมตัดเย็บเสื้อผ้า อุปกรณ์ เครื่องมือใช้งาน เพื่อให้ได้ขนาดมาตรฐานที่สอดคล้องกับสรีระร่างกายของคนไทย จะเห็นได้ว่าข้อมูลล่าสุดเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นเมื่อ 10 ปีที่แล้ว จึงเป็นข้อมูลที่ไม่สามารถใช้อ้างอิงได้ในปัจจุบันเนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงของ สภาพแวดล้อม อาหาร โรคระบาด เทคโนโลยี สังคมและวัฒนธรรม เปลี่ยนแปลงไปเป็นอย่างมากตามสมัยของโลกาภิวัฒน์ และจากข้อมูลการเปรียบเทียบส่วนสูงของประชากรประเทศออสเตรเลียในงานวิจัยของ Roth and Harris (1907 – 1908 cited in Grandjean,1976) และของ Oxford (1965 cited in Grandjean, 1976) ดังภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 เปรียบเทียบส่วนสูงของชาวออสเตรเลียในปี ค.ศ. 1907-08 กับ ค.ศ.1965
(Roth and Harris, 1907 – 1908 cited in Grandjean, 1976)
และ (Oxford, 1965 cited in Grandjean,1976)

Oxford (1976) ศึกษาการเพิ่มขึ้นของความสูงและสัดส่วนร่างกายในตำแหน่งต่างๆ ของประชากรชาวออสเตรเลียช่วงอายุ 4 – 19 ปี เพื่อนำไปใช้ออกแบบเก้าอี้ โดยใช้ข้อมูลของ Roth and Harris (1907 – 1908) ที่ทำการวัดสัดส่วนร่างกายไว้เมื่อปี ค.ศ.1907 – 1908 เปรียบเทียบกับข้อมูลในปี ค.ศ. 1965 พบว่าความสูงของทั้งชายและหญิงมีขนาดเพิ่มขึ้นจากเดิม โดยในเด็กผู้ชายช่วงอายุ 5 ปี ความสูงเพิ่มขึ้นจากเดิม 6.3 เซนติเมตร ช่วงอายุ 5 – 17 ปีเพิ่มขึ้น 6.5 เซนติเมตร ในเด็กผู้หญิงความสูงก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่เพิ่มขึ้นในอัตราที่น้อยกว่าเด็กผู้ชาย คือ เพิ่มขึ้น 4 - 8 เซนติเมตร เมื่อพิจารณาข้อมูลความสูงในปี ค.ศ.1965 พบว่าช่วงอายุ 6 – 8 ปี เด็กนักเรียนชายจะมีความสูงมากกว่าเด็กนักเรียนหญิง แต่ในช่วงอายุ 9 – 12 ปี เด็กนักเรียนหญิงจะมีความสูงมากกว่าเด็กนักเรียนชาย จากภาพที่ 1.2 พบว่า อัตราส่วนสูงของชาวออสเตรเลียมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป คือ ทั้งในเพศหญิงและเพศชายมีสัดส่วนที่สูงขึ้นในแต่ละช่วงอายุ ดังนั้นการที่ประเทศไทยมีข้อมูลสัดส่วนร่างกายเด็กที่เป็นงานวิจัยเมื่อ 10 ปีที่แล้ว ย่อมเป็นข้อมูลที่ไม่เป็นปัจจุบัน รวมถึงการเจริญเติบโตของเด็กมีพัฒนาการที่ดีขึ้นกว่าในอดีต โดยมีการส่งเสริมให้เด็กได้รับสารอาหารและโภชนาการที่เหมาะสม พร้อมกับการสนับสนุนให้มีการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นข้อมูลในอดีตอาจมีความคลาดเคลื่อนและไม่ตรงกับขนาดสัดส่วนร่างกายเด็กไทยในปัจจุบันได้ และโดยส่วนมากการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับเด็กไทยนั้นนิยมนำค่าสัดส่วนร่างกายมาจากต่างประเทศ ดังที่ สุทธิ์ ศรีบูรพา (2540) กล่าวว่า การออกแบบโต๊ะและเก้าอี้มักคำนึงถึงความสูง ความกว้าง และความลึกของโต๊ะและเก้าอี้ ข้อมูลในการออกแบบนั้นนำมาจากการใช้ค่าสัดส่วนมาตรฐานของคนในแต่ละประเทศนั้นๆ แต่ในประเทศไทยอาจไม่ได้คำนึงถึงสัดส่วนของผู้ใช้ เนื่องจากค่าสัดส่วนมาตรฐานของคนไทยยังมีไม่ครบในทุกกลุ่มอายุและภูมิภาคและเป็นข้อมูลเก่าที่มากกว่า 10 ปี ขนาดของโต๊ะและอุปกรณ์ต่างๆ จึงมาจากสัดส่วนของคนต่างชาติที่อาจไม่เหมาะสมกับคนไทย เพราะการออกแบบอุปกรณ์สำหรับเด็กที่ดีนั้นควรมาจากสัดส่วนร่างกายของเด็กในแต่ละประเทศอย่างแท้จริง ดังที่ Smith and Tayyari (1997) กล่าวว่า การออกแบบเครื่องมือหรืออุปกรณ์ใช้งานต่างๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน จะได้รับการออกแบบมาให้เหมาะสมกับการใช้งานและมีขนาดพอดีกับขนาดสัดส่วนของร่างกายมนุษย์ ข้อมูลที่นักออกแบบนำมาใช้ในการออกแบบจะเป็นข้อมูลเชิงสถิติของขนาดร่างกายมนุษย์ ซึ่งได้มาจากการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย และนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้หลักการยศาสตร์ เครื่องมือหรืออุปกรณ์ใช้งานที่ใช้ในชีวิตประจำวันที่ได้รับการออกแบบมาจะเป็นการออกแบบเพื่อประชากรทั่วไป โดยส่วนมากจะใช้ข้อมูลขนาดร่างกายของคนในช่วงอายุ 18-55 ปี

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อวัดขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนระดับประถมศึกษา โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทั้งท่านั่งและท่ายืน
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายกับน้ำหนักและส่วนสูงเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องเรือนในห้องเรียน

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

1. วัดขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิง ระดับประถมศึกษา โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 360 คน
2. วัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์แบบสถิตเท่านั้น
3. วัดส่วนสูง น้ำหนัก และขนาดร่างกายในสัดส่วนต่างๆ อีกจำนวน 18 สัดส่วน รวมทั้งสิ้น 20 สัดส่วน แสดงชื่อสัดส่วนที่ทำการวัดดังตารางที่ 1.1 และสามารถดูรูปภาพประกอบได้ที่ภาคผนวก ก.

ตารางที่ 1.1 ตำแหน่งการวัดสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนจำนวน 20 สัดส่วน

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ตัวอักษรแทน	ท่าทางในการวัด	ตำแหน่งที่หมาย (Land Mark)
1	ความสูงขณะยืน (Stature height, Standing)	H	ท่ายืน	จุดสูงสุดของศีรษะ
2	ระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะ (Vertical reach height, Standing)	VR	ท่ายืน	ปลายนิ้วมือที่สูงที่สุดขณะยืดแขน
3	ความสูงระดับสายตาขณะยืน (Eye height, Standing)	EY	ท่ายืน	ระดับหางตาทั้งสองข้าง
4	ความสูงระดับไหล่ (Shoulder height, Standing)	SD	ท่ายืน	จุดสูงสุดของหัวไหล่
5	ความสูงระดับข้อศอก (Elbow height, Standing)	EL	ท่ายืน	ปุ่มกระดูกแขนด้านล่างทางด้านนอก
6	ความสูงระดับนิ้วมือ (Finger height, Standing)	FG	ท่ายืน	ปลายนิ้วมือที่ยาวที่สุด
7	ความหนาหน้าอก (Chest depth, Standing)	CD	ท่ายืน	จุดที่นูนที่สุดของหน้าอก

ตารางที่ 1.1 (ต่อ) ตำแหน่งการวัดสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนจำนวน 20 สัดส่วน

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ตัวอักษรแทน	ท่าทางในการวัด	ตำแหน่งที่หมาย (Land Mark)
8	ความสูงขณะนั่ง (Sitting height)	SI	ท่านั่ง	จุดสูงสุดของศีรษะ
9	ความสูงระดับสายตาขณะนั่ง (Eye height, Sitting)	EE	ท่านั่ง	ระดับหางตาทั้งสองข้าง
10	ความสูงจากหัวไหล่ถึงข้อศอก (Shoulder – Elbow height, Sitting)	SE	ท่านั่ง	จุดสูงสุดของหัวไหล่และปุ่มข้อศอก
11	ความสูงระยะพักศอกถึงพื้นที่นั่ง (Elbow rest height, Sitting)	ER	ท่านั่ง	ปุ่มข้อศอก
12	ความสูงระดับหัวเข่าขณะนั่ง (Knee height, Sitting)	KN	ท่านั่ง	ส่วนบนของกระดูกหัวเข่า
13	ความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่ง (Popliteal height, Sitting)	PO	ท่านั่ง	ไม่มี
14	ความหนาของต้นขา (Thigh clearance height, Sitting)	TH	ท่านั่ง	ส่วนที่หนาที่สุดของต้นขาด้านบนขณะนั่ง
15	ความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่าด้านหน้า (Buttock-knee length, Sitting)	BK	ท่านั่ง	จุดสูงสุดของก้น
16	ระยะไหล่ถึงปลายนิ้วขณะยืดแขน (Upper limb length, Sitting)	UL	ท่านั่ง	ปุ่มกระดูกหัวไหล่
17	ระยะจากก้นกบถึงส้นเท้า (Buttock-Heel length, Sitting)	BH	ท่านั่ง	ไม่มี
18	ความกว้างระหว่างข้อศอก (Elbow-elbow breadth, Sitting)	EB	ท่านั่ง	ขอบของข้อศอกที่กว้างที่สุดทั้งสองข้างขณะนั่ง
19	ความกว้างสะโพก (Hip breadth, Sitting)	HB	ท่านั่ง	ขอบสะโพกที่กว้างที่สุดทั้งสองข้างขณะนั่ง
20	น้ำหนักร่างกาย (Weight)	W	ท่ายืน	ไม่มี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ค่าสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนระดับประถมศึกษาเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมกับเด็กระดับประถมศึกษา
2. รูปแบบความสัมพันธ์ สัดส่วนต่างๆ ของร่างกายเทียบกับความสูงในเด็กประถมศึกษา
3. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการออกแบบอุปกรณ์ เครื่องใช้ต่างๆ สำหรับเด็กให้มีความเหมาะสมตามหลักการยศาสตร์
4. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทำวิจัยต่อไปในอนาคต

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. เสนอโครงการวิจัยเพื่อรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ แก่ประธานกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบันชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เอกสารดังภาคผนวก ข.
3. ศึกษาและกำหนดรายละเอียดการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย
4. ศึกษาการใช้เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายที่เกี่ยวข้อง
5. ประสานงานกับทางกลุ่มผู้เข้าร่วมทดลอง
6. ออกแบบเอกสารเก็บข้อมูลวัดสัดส่วนประชากรเด็ก
7. วัดสัดส่วนร่างกายของเด็กชายและเด็กหญิงจำนวน 360 คนพร้อมทั้งบันทึกข้อมูล
8. นำข้อมูลมาประมวลผลทางสถิติ
9. หาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนต่างๆ ของร่างกาย
10. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล
11. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยแต่ละขั้นตอนมีกำหนดระยะเวลาแสดงดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	พ.ศ. 2554			พ.ศ. 2555				
		ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1	ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	■	■	■					
2	เสนอโครงการวิจัยเพื่อรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์		■	■					
3	ศึกษาและกำหนดรายละเอียดการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย	■							
4	ศึกษาการใช้เครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายที่เกี่ยวข้อง	■	■						
5	ประสานงานกับทางกลุ่มผู้เข้าร่วมทดลอง		■						
6	ออกแบบเอกสารเก็บข้อมูลวัดสัดส่วนประชากรเด็ก		■						
7	วัดสัดส่วนร่างกายของเด็กชายและเด็กหญิงพร้อมบันทึกข้อมูล		■	■	■	■			
8	ประมวลผลข้อมูลทางสถิติ			■	■	■			
9	หาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนต่างๆ ของร่างกาย				■	■			
10	วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล						■	■	
11	จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์							■	■

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดขนาดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometry) โดยได้กล่าวครอบคลุมในส่วนของ ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ การออกแบบเชิงการยศาตร์ สถิติที่ใช้ในการวิจัย การหาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายกับสัดส่วนความสูง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การวัดสัดส่วนร่างกาย

การวัดสัดส่วนร่างกายเป็นการวัดขนาดร่างกายของมนุษย์เพื่อใช้ในการออกแบบสิ่งต่างๆ ให้มีความเหมาะสมกับสรีระร่างกายมนุษย์มากที่สุด โดยเป็นการประยุกต์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ ในการวัดและเก็บข้อมูลทางสถิติขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการพัฒนา แก้ไข ปรับปรุง การออกแบบ ซึ่งเป็นการศึกษาที่ลึกซึ้งมากกว่าทางด้านกายวิภาคศาสตร์และเป็นเรื่องของวิชาสถิติ โดยมีขั้นตอนการศึกษาตั้งแต่การวัดขนาดร่างกาย การเก็บข้อมูลดิบ การนำเสนอข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งการประเมินผลข้อมูล (ธวัชชา นนท์ สิปปาภากุล, 2548)

สุทธิ์ ศรีบูรพา (2540) กล่าวว่า การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์หรือแอนโทรโพมิทรี (Anthropometry) เป็นการวัดขนาดรูปร่างและสัดส่วนร่างกายมนุษย์ในลักษณะตรงๆ เช่น ความกว้าง ความสูง ความหนา น้ำหนัก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ฯลฯ เพื่อนำข้อมูลที่วัดได้นี้ใช้เป็นข้อมูลมาตรฐานในการเปรียบเทียบและนำไปออกแบบอุปกรณ์ตลอดจนการออกแบบสถานีงาน

วัตถุประสงค์ของการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ในเชิงวิศวกรรม สามารถสรุปเป็นวัตถุประสงค์หลักได้ดังนี้

1. เพื่อเพิ่มความสะดวกและความปลอดภัยในการทำงาน และเพิ่มความพึงพอใจในการทำงานอันจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้น
2. เพื่อช่วยป้องกันข้อผิดพลาดในการทำงานและป้องกันความเมื่อยล้าและการบาดเจ็บจากการทำงานกับเครื่องมือเครื่องใช้ สถานที่ทำงาน และสิ่งแวดล้อมที่ไม่ได้ขนาดเหมาะสมกับขนาดร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน
3. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ ตำแหน่งและทิศทางต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการใช้พื้นที่ว่าง การออกแรงกระทำต่อวัตถุและ

ความสัมพันธ์ระหว่างของร่างกายมนุษย์กับรูปทรงของเครื่องจักร เครื่องมือ สถานีงาน กระบวนการทำงาน และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน

4. เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการออกแบบและปรับปรุงงานอุปกรณ์ และสิ่งแวดล้อมในการทำงานเพื่อส่งเสริมให้ผู้ปฏิบัติงานมีสุขภาพอนามัยที่สมบูรณ์ทั้งร่างกายและจิตใจ รวมทั้งเสริมสร้างคุณภาพชีวิตในการทำงาน

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

1. วิธีใช้เครื่องมือวัดโดยตรง

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

2. วิธีภาพถ่าย

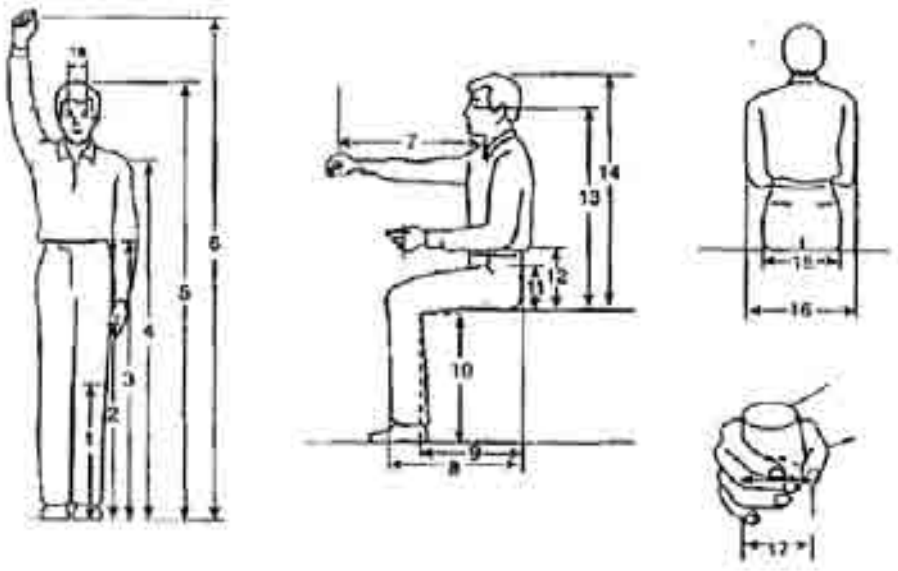
การใช้เทคนิคภาพถ่ายเพื่อได้มาซึ่งข้อมูลสัดส่วนร่างกาย ทั้งในแนวตรงและในแนวเส้นโค้งตลอดจนในแนวลึกเป็นความสูงต่ำ (contours) สามารถทำได้อย่างรวดเร็วโดยใช้เทคโนโลยีซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย จะเป็นแบบ non-stereo photogrammetric หรือ stereo photogrammetric methods ก็ได้ทั้งสิ้น

2.2 ข้อมูลสัดส่วนของร่างกายในเชิงวิศวกรรมตามวัตถุประสงค์ของการวัด

Tayyari and Smith (1997) ได้สรุปไว้ว่า ประเภทของข้อมูลที่เกี่ยวกับการวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายที่ใช้ประกอบในการออกแบบผลิตภัณฑ์และอุปกรณ์ต่างๆ สามารถแบ่งประเภทของการวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายได้ 2 ประเภทดังนี้

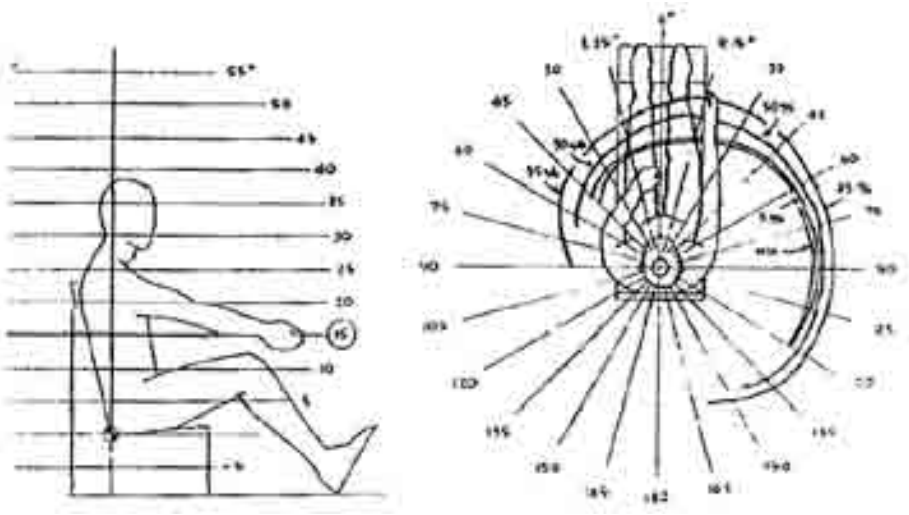
1. การวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายในสภาวะที่ร่างกายอยู่นิ่ง หรืออยู่กับที่ (Static Physical Anthropometry) เป็นวิธีการวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายมนุษย์ในตำแหน่งที่ร่างกายอยู่ในสภาพสมดุลหรืออยู่นิ่งกับที่ ไม่มีการเคลื่อนไหวเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยวิธีการวัดจะวัดจากจุดที่

กำหนดไว้จากจุดหนึ่ง ไปยังอีกจุดหนึ่งในพื้นที่ เช่น ขนาดความยาวจากพื้นถึงระดับสายตา ความสูงจากพื้นถึงระดับหัวเข่า ความสูงขณะนั่ง ความสูงท่ายืน เป็นต้น ซึ่งจุดวัดตำแหน่งของการวัดก็มีมาตรฐานสากลอยู่หลายแบบ ส่วนมากจะแตกต่างกันในเรื่องของจำนวนท่าทางหรือรายการที่ใช้ในการวัด ข้อมูลจากการวัดขนาดร่างกายในท่านิ่งนั้นจะช่วยให้นักออกแบบผลิตภัณฑ์สามารถนำค่าขนาดของโครงร่างของร่างกายมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์และอุปกรณ์ ได้แก่ ขนาดความสูงของเก้าอี้ ขนาดความสูงประตูเป็นต้น ภาพที่ 2.1 แสดงให้เห็นตัวอย่างสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายคนอเมริกัน (Halander,1995)



ภาพที่ 2.1 สัดส่วนร่างกายคนอเมริกันขณะอยู่นิ่งกับที่ (Halander, 1995)

2. การวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายในขณะที่ร่างกายเคลื่อนไหว (Dynamic Body Dimension) เป็นการศึกษาวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายในขณะเคลื่อนไหวหรือทำงาน เช่น การประกอบชิ้นส่วน การเอื้อมมือไปหยิบของในกระบะ การควบคุมคันบังคับบนแผงควบคุม เป็นต้น ในการวัดแบบวิธีนี้ค่อนข้างจะยุ่งยากซับซ้อน ไม่ค่อยเป็นที่นิยมกันเพราะมีปัจจัยแทรกซ้อนมาก แม้ว่าข้อมูลที่ได้จากการวัดแบบนี้จะเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงของการเคลื่อนไหวของส่วนร่างกายมากกว่าหนึ่งส่วนเกิดขึ้นร่วมกันเสมอ จึงทำให้การวัดขนาดร่างกายไม่มีตำแหน่งที่แน่นอนเป็นมาตรฐานเดียวกัน เช่น ระยะของการเอื้อมมือไปหยิบสิ่งของนั้น ไม่ใช่ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดของความยาวแขนเพียงอย่างเดียว แต่มีปัจจัยอื่นเข้ามาประกอบด้วย เช่นการเคลื่อนไหวของหัวไหล่ การหมุนของลำตัว การก้มตัว เป็นต้น ภาพที่ 2.2 แสดงให้เห็นตัวอย่างสัดส่วนร่างกายของมนุษย์เมื่อมีการเคลื่อนที่ (Halander, 1995)



ภาพที่ 2.2 สัดส่วนร่างกายของมนุษย์เมื่อมีการเคลื่อนที่ (Halander, 1995)

กิตติ อินทรานนท์ (2548) กล่าวว่าในทางการยศาสตร์ต้องการใช้ข้อมูลทั้ง 2 ประเภท ทั้งข้อมูลสถิตและพลวัตเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการออกแบบ ปรับปรุงสถานที่ทำงาน เครื่องมือและผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับผู้ใช้ (User-centered-design) ผู้ใช้จะเป็นเป้าหมายในการออกแบบ

Tayyari and Smith (1997) กล่าวว่า พื้นฐานของการนำเอาข้อมูลสมบัติทางกายภาพและสัดส่วนร่างกายไปใช้ในการออกแบบ คือ การหามิติที่เหมาะสมสำหรับงานออกแบบ มีมิติ 2 ประเภท ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบได้นั่นคือ

มิติเผื่อ (Clearance Dimensions) หมายถึง การมีช่องว่างที่น้อยที่สุดระหว่างคนทำงานกับสถานีงาน เช่นการควบคุม การใช้งาน และการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระยะเผื่อมีขึ้นได้โดยคนรูปร่างใหญ่จากกลุ่มประชากรที่เป็นผู้ใช้ เช่นขนาดประตูน่าจะได้มาจากมิติของผู้ใช้ที่มีรูปร่างที่ใหญ่ที่สุด

มิติเอื้อมถึง (Reach Dimensions) หมายถึง การมีช่องว่างที่มากที่สุดที่ยอมได้สำหรับคนที่จะควบคุมเครื่องจักร ได้มาจากมิติที่น้อยที่สุดในกลุ่มผู้ใช้ เช่น ความสูงของคันโยกได้มาจากคนที่เล็กที่สุด

2.3 การออกแบบเชิงการยศาสตร์

Tayyari and Smith (1997) ได้สรุปว่าการออกแบบเชิงการยศาสตร์มีอยู่ 3 ลักษณะ ที่นักการยศาสตร์จะได้นำข้อมูลสมบัติทางกายภาพและสัดส่วนร่างกายไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเพื่อกลุ่มประชากรเฉพาะแห่ง

1. การออกแบบสำหรับค่าเฉลี่ย (Design for Average Individual)

เป็นการใช้ค่าเฉลี่ยหรือค่ากลาง คือค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 ของประชากรมาใช้ในการออกแบบ การออกแบบลักษณะนี้เป็นหลักการที่นิยมใช้กัน เนื่องจากสะดวกและง่ายต่อการออกแบบ ช่วยลดความยุ่งยากสลับซับซ้อนทางเทคนิคลงโดยเพียงนำค่าเฉลี่ยของข้อมูลมาใช้เท่านั้นเอง การออกแบบลักษณะนี้นิยมใช้ในงานออกแบบที่ไม่วิกฤต (Non Critical Design) การออกแบบวิธีนี้อาจใช้กับอาคารสถานที่สาธารณะ เช่น การออกแบบสถานที่สาธารณะต่างๆ เช่น ความสูงเคาน์เตอร์สำหรับประชาชนที่มาติดต่อกับหน่วยงานราชการ เก้าอี้นั่งในสวนสาธารณะที่ต้องใช้กลุ่มประชากรหลากหลายจำนวนมาก เป็นต้น

2. การออกแบบเพื่อค่าสูงสุดหรือต่ำสุด (Design for Extreme Valve)

เป็นการใช้ข้อมูลที่มีค่ามากสุด คือค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 หรือ 95 หรือใช้ข้อมูลที่มีค่าต่ำสุด คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 หรือ 10 สำหรับการออกแบบสิ่งของ ผลิตภัณฑ์ เพื่อคนส่วนใหญ่ทั่วไป การออกแบบเพื่อค่าสูงสุดหรือต่ำสุดนี้เป็นการออกแบบ เพื่อครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้ประชากรเกือบทั้งหมด ซึ่งต้องมีการเข้าใจกลุ่มประชากรที่จะใช้เป็นอย่างดี เราสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทที่สำคัญ คือ

2.1 ความต้องการระยะเคลื่อนผ่านสะดวก (Clearance Requirement) ต้องใช้ข้อมูลที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์สูงๆ มาใช้ในการออกแบบเช่นค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของผู้ชาย ตัวอย่างการออกแบบเช่น ความสูงของประตูทางเข้าออก ความกว้างของอุโมงค์หลบภัยหรือการกำหนดน้ำหนักที่ปลอดภัยสำหรับการออกแบบอุปกรณ์รองรับน้ำหนักตัว เป็นต้น

2.2 ความต้องการระยะเอื้อมถึง (Reach Requirement) ต้องใช้ข้อมูลที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ต่ำๆ มาใช้ในการออกแบบเช่น ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ของผู้หญิง วิธีนี้เป็นการคำนึงขนาดและน้ำหนักตัวของประชากรที่มีขนาดเล็กเป็นหลัก ตัวอย่างการออกแบบเช่น ความสูงของชั้นวางของ ระยะในการควบคุมแผงควบคุม ตำแหน่งคันบังคับหรือการกำหนดแรงที่ใช้ในการควบคุมคันบังคับ เป็นต้น

3. การออกแบบสำหรับกลุ่มคน (Design for Adjustable Range) เป็นการออกแบบสำหรับประชากรเป็นกลุ่ม โดยปกตินิยมใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95 มาเป็นฐานในการออกแบบ หลักการนี้เป็นการออกแบบอุปกรณ์ สถานที่ทำงาน และอื่นๆ ที่ตอบสนองและเข้ากันได้กับขนาดของร่างกายที่แตกต่างกันไปของตัวผู้ปฏิบัติงาน การออกแบบวิธีนี้จะให้ครอบคลุมกลุ่มประชากร 90 เปอร์เซ็นต์ การปรับเปลี่ยนช่วง (Range) นี้สามารถที่จะทำได้โดยอาจจะให้แคบลงหรือใหญ่ขึ้น แล้วแต่ผลิตภัณฑ์ ลักษณะงานหรือการใช้งานและต้นทุน เช่น การออกแบบเก้าอี้นั่งขับรถยนต์ เป็นต้น

2.4 การนำเสนอข้อมูลขนาดสัดส่วนของร่างกายมนุษย์ไปใช้ในงานวิศวกรรม

สุทธิ์ ศรีบูรพา (2540) ได้สรุปว่า ปัญหาส่วนใหญ่ด้านการยศาสตร์ที่พบส่วนมากเกี่ยวข้องกับความไม่พอดีระหว่างสถานีงานและตัวของคนงานเป็นผลให้เกิดสภาพการทำงานที่ไม่ถูกต้องด้วยหลักการยศาสตร์ ทำให้คนงานเกิดภาวะไม่สบายในการทำงาน ความเมื่อยล้า ความเครียด และอาจกระทบถึงความทนทานต่อการทำงานที่ลดลงอีกด้วย

ในการเลือกนำข้อมูลขนาดสัดส่วนของร่างกายไปใช้เพื่อการออกแบบสิ่งของหรือผลิตภัณฑ์ใดๆ หรือเพื่อเหตุผลอื่นใดก็ตาม ข้อมูลตัวนั้นควรจะเป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมดที่จะเป็นผู้ใช้สิ่งที่ได้รับการออกแบบนั้นๆ สำหรับหลักการออกแบบเพื่อให้รับกับสัดส่วนขนาดของร่างกายมนุษย์นั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. การออกแบบเพื่อประชากรทั่วไป (People at Large) คือประชากรทั่วๆ ไปไม่จำกัดเพศจำกัดวัย ฯลฯ
2. การออกแบบเพื่อกลุ่มคนเฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง (Specific Group of People) เช่น กลุ่มผู้หญิงทำงาน กลุ่มเด็กวัยรุ่น กลุ่มคนพิการ กลุ่มนักกีฬา ฯลฯ

2.5 การใช้ข้อมูลสมบัติทางกายภาพและมิติร่างกายในการออกแบบ

Tayyari and Smith (1987) ได้สรุปว่า ขั้นตอนการใช้ข้อมูลสมบัติทางกายภาพและมิติของร่างกายเพื่อการออกแบบที่จะทำให้เหมาะสมกับเครื่องมือ หรืออุปกรณ์สำนักงานต่างๆ ได้ดีมีดังนี้

1. ต้องกำหนดให้ได้ว่าประชากรกลุ่มใดจะเป็นผู้ใช้เครื่องมือเหล่านั้น
2. เลือกอัตราส่วนของกลุ่มประชากรที่เป็นกลุ่มเป้าหมายที่จะเป็นผู้ใช้ (90 เปอร์เซ็นต์ หรือ 95 เปอร์เซ็นต์)
3. กำหนดเลือกมิติที่สำคัญในการออกแบบ เช่น ความสูงของตาจากพื้นขณะนั่ง ความสูงสนับมือ เป็นต้น ต่อไปจะต้องพิจารณาว่าระยะเอื้อม หรือระยะเผื่อ
4. เมื่อได้กลุ่มประชากรที่ต้องการ ช่วงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ต้องการ สามารถหามิติที่ลำดับเปอร์เซ็นต์ไทล์โดยใช้ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
5. พิจารณาความหนาของเสื้อผ้าที่คาดว่าผู้ใช้จะสวมใส่ในการทำงาน เช่น เสื้อผ้าฤดูร้อน เสื้อผ้าฤดูหนาว ถุงมือ เสื้อคลุม และกำหนดระยะเผื่อตามที่คาดคะเนไว้

เมื่อเป็นการออกแบบสำหรับผู้ใช้ทั้งสองเพศ ขณะที่ข้อมูลสมบัติทางกายภาพและมิติสัดส่วนของร่างกายทั้งสองเพศยังไม่มี ให้ใช้ข้อมูลกลุ่มประชากรที่มีขนาดใหญ่กว่า (ชาย) กำหนดมิติเผื่อและใช้ข้อมูลกลุ่มประชากรที่มีขนาดเล็กกว่า (หญิง) กำหนดมิติเอื้อมถึง

2.6 หลักในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้

Khalil (1993) กล่าวว่าการวัดสัดส่วนร่างกายเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับการออกแบบเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ชั้นวางของ เตียงนอน ความสูงของกระดานดำ เป็นต้น แต่จำนวนของขนาดร่างกายที่วัดจะใช้บางส่วนเท่านั้นสำหรับการออกแบบงานแต่ละชนิดโดยกล่าวถึง

1. หลักทั่วไปในการออกแบบสถานีทำงาน
    - 1.1 จะต้องทำให้เกิดความสบายและมีความเครียดน้อยที่สุด
    - 1.2 ต้องออกแบบเพื่อความปลอดภัย
    - 1.3 ต้องออกแบบให้เหมาะสมกับค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ของประชากร ไม่ออกแบบสำหรับค่าเฉลี่ยของบุคคล
    - 1.4 สำหรับความต้องการของพื้นที่ว่าง ต้องจัดให้เหมาะสมกับคนที่มีขนาดใหญ่ที่สุด
    - 1.5 สำหรับการยื่นหรือเหยียดออก ต้องจัดให้เหมาะสมกับคนที่มีขนาดเล็กที่สุด
    - 1.6 ควรจัดที่ว่างให้เพียงพอสำหรับการเคลื่อนไหว
    - 1.7 คำนึงถึงข้อจำกัดของแรงกล้ามเนื้อของมนุษย์หรือผู้นั่ง
    - 1.8 ออกแบบให้ยืดหยุ่นได้ สามารถปรับได้ตามท่าทางและนิสัยของแต่ละคน
    - 1.9 เลือกพื้นผิวที่ทำงานและความสูงของเก้าอี้ให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคล

2. แนวทางในการออกแบบที่นั่ง
    - 2.1 มีการรองรับ Lumbar ที่ดี เน้นการออกแบบที่มีพนักพิงที่สามารถปรับได้เพื่อให้รองรับ Lumbar ส่วนหลังของกระดูกสันหลัง การรองรับในลักษณะนี้จะทำให้ลดกำลังจากกล้ามเนื้อที่จะทำให้หลังอยู่ในสภาพเกือบตรง และอาจเป็นไปได้ที่การใช้เก้าอี้ลักษณะนี้จะลดแนวโน้มของกระดูกสันหลังที่เกิด Kyphosis Shape
    - 2.2 กำหนดให้ที่นั่งเอียงไปข้างหน้า โดยให้พื้นนั่งเอียงไปข้างหน้า 15 องศาจากแนวระดับจะลด Lumbar Bending ไป 20 องศา และยังมีการแนะนำให้โต๊ะปฏิบัติงานเอียงเข้าหาตัวผู้ปฏิบัติงาน 5 องศา จะทำให้ลด Bending ลงไปได้อีกในลักษณะของการลดการเอียงตัวไปข้างหน้า
    - 2.3 ท่านั่งคุกเข่าเมื่อใช้ Balans Chair สำหรับ Balans Chair นี้เป็นข้อสรุปของการแก้ปัญหาของการที่ Spinal Curvature เปลี่ยนไปในขณะที่นั่ง ซึ่งจะทำให้ Hip Flexion ลดลงอย่างมาก และ Pelvis Rotation แทบจะไม่มีเลย อย่างไรก็ตาม ถ้าไม่มี Knee Rest เก้าอี้ชนิดนี้คงจะใช้ไม่ได้ Balans Chair ทำให้คนที่มีปัญหา

เกี่ยวกับหลังอยู่แล้วสบายขึ้น ทั้งนี้อาจก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆ เช่น การเปลี่ยนท่าทางในการทำงานยาก เกิดแรงกดที่หัวเข่า Flexion ที่เท้าและหัวเข่า

2.4 การเพิ่มมุมของพนักพิง การเพิ่มมุมเอียงทำให้น้ำหนักของร่างกายส่วนกระจายให้กับพนักพิงบางส่วน แทนที่จะรับทั้งหมดโดยกระดูกสันหลังส่วนล่าง เหมาะสำหรับออกแบบเก้าอี้ในการขับรถ

2.5 ขนาดต่างๆ ในการออกแบบ ควรจะได้จากข้อมูลการวัดขนาดร่างกายที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อออกแบบขนาดนั้นๆคงที่ ในการเลือกความสูงของเก้าอี้คงที่หรือช่วงในการปรับควรจะแยกพิจารณาใน 2 กรณี

1. เก้าอี้เตี้ยสำหรับนั่งทำงานที่โต๊ะการออกแบบลักษณะนี้เพื่อให้ผู้นั่งวางเท้าบนพื้นโดยตรง โดยที่ไม่เกิดแรงดันที่ด้านล่างของขา ส่วนน้ำหนักของขาก็จะรับโดยเท้า จะมีน้ำหนักส่วนน้อยที่จะลงที่ส่วนล่างเพราะการเกิดแรงกดในบริเวณนี้จะทำให้เกิดปัญหาของ blood flow ที่ขาซึ่งอาจทำให้ขาชาได้

2. เก้าอี้สูงสำหรับการทำงานที่โต๊ะสูงหรือเครื่องจักร ความสูงของโต๊ะสำหรับยืนทำงานควรจะออกแบบให้รับน้ำหนักของร่างกายส่วนบนและทำให้ความสูงของข้อศอกสูงกว่างานเล็กน้อย เก้าอี้ชนิดที่สามารถปรับความสูงของที่นั่งได้จะไม่ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับระดับความสูงของงาน และส่วนที่สำคัญอีกอย่างคือ ที่พักเท้าซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญของเก้าอี้เพราะถ้าไม่มีจะทำให้น้ำหนักของขาทั้งหมดตกอยู่ที่ขาส่วนล่างเพื่อให้เกิดความคล่องตัวในการเปลี่ยนท่านั่ง ที่พักเท้าควรที่จะออกแบบให้ยึดติดอยู่กับโครงสร้างของเก้าอี้ และสามารถที่จะปรับสูงต่ำได้เพื่อให้สอดคล้องกับความยาวของขา

เก้าอี้สำหรับนั่งทำงานจะออกแบบจากพื้นขึ้นไปเพื่อป้องกันแรงกดที่ใต้ขา ถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยงการใช้ที่พักเท้า เพราะจะทำให้เกะกะที่ทำงานและลดความคล่องตัวในการเปลี่ยนท่านั่ง โต๊ะที่ทำงานควรจะปรับได้เพื่อให้ได้ความสูงของงานที่เหมาะสม โดยจะมีช่องว่างช่วงหัวเข่าพอสมควร ถ้าโต๊ะปรับไม่ได้ก็อาจจะเปลี่ยนเป็นการปรับเก้าอี้แทนเพื่อให้เหมาะสมกับความสูงของโต๊ะจึงอาจต้องใช้ที่พักเท้าสำหรับการยืนทำงานที่โต๊ะที่เครื่องจักร

3. สัดส่วนของโต๊ะและเก้าอี้ที่เหมาะสมต่อการนั่งมีดังนี้

3.1 ความสูงของที่นั่ง Pheasant (2006) ได้สรุปว่าความสูงที่นั่งจะต้องมีความสัมพันธ์กับความยาวของขาส่วนล่าง โดยต้องไม่สูงกว่า Popliteal Height ของผู้นั่ง ถ้าหากสูงกว่าผู้นั่งจะไม่สามารถพักเท้าลงบนพื้นได้ จะทำให้เกิดแรงกดใต้ขาทำให้รู้สึกไม่สบายเกณฑ์ที่เหมาะสม

UNESCO (1979) ได้สรุปว่า พื้นแผ่นรองนั่งสูงกว่าความสูงจากพื้นถึงข้อพับเข่าด้านในขณะนั่งได้ไม่เกิน 7 เซนติเมตร และต่ำกว่าได้ไม่เกิน 4 เซนติเมตร

3.2 ความลึกของที่นั่ง Murrell (1971) ได้สรุปว่า ต้องเพียงพอต่อการเคลื่อนไหวและเปลี่ยนแปลงท่าทางของก้น และขอบด้านหน้าของที่นั่งต้องโค้งมนไม่บาดใต้ต้นขา เกณฑ์ที่เหมาะสม UNESCO ได้สรุปว่า แผ่นรองนั่งต้องสั้นกว่าความยาวสะโพกถึงข้อพับเข่าด้านในขณะนั่ง 5 เซนติเมตร และความลึกต้องไม่มากเกินกว่าความยาวจากกันถึงข้อพับเข่าด้านใน

3.3 ความกว้างของที่นั่ง Murrell (1971) ได้สรุปว่า ความกว้างของพื้นที่นั่งต้องเพียงพอต่อการเคลื่อนไหวของส่วนก้นและต้องกว้างกว่าปุ่มกระดูกโคนขาทั้งสองข้างสำหรับเกณฑ์ในการพิจารณาความเหมาะสม UNESCO ได้สรุปว่า แผ่นรองนั่งต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่าความกว้างของสะโพกขณะนั่ง

3.4 ความเอียงของพื้นที่นั่ง Pheasant (2006) ได้สรุปว่า มุมเอียงของพื้นที่นั่งที่เหมาะสมจะเป็น 5 องศา เทมาทางด้านหลัง เพื่อให้น้ำหนักของลำตัวส่วนบนพิงกับพนักเก้าอี้ได้เต็มที่

3.5 ลักษณะของพื้นผิวที่นั่ง Khalil (1993) ได้สรุปว่าพื้นที่นั่งต้องเรียบต่อร่างกายปราศจากการขัดขวางของระบบไหลเวียนโลหิตในกล้ามเนื้อ

3.6 ความสูงของขอบล่างของพนักพิงหลัง Albert, et al (1966) ได้สรุปว่าขอบล่างของพนักผิงจะรองรับหลังส่วนเอวทำให้กระดูกสันหลังส่วนเอวมีโค้งแอ่นเป็นปกติสำหรับเกณฑ์ในการพิจารณาความเหมาะสม UNESCO (1979) ได้สรุปว่า ของล่างของพนักพิงต้องไม่สูงกว่า Lumbar spine

3.7 ความสูงของขอบบนของพนักพิงหลัง Albert, et al. (1966) ได้สรุปว่าขอบบนของพนักพิงหลังจะรองรับส่วนโค้งปกติของกระดูกสันหลังได้นั้น จะอยู่ที่มุมต่ำสุดของกระดูกสะบัก สำหรับเกณฑ์ในการพิจารณาความเหมาะสมจะพิจารณาได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ของความสูงกระดูกสะบัก และต้องไม่เกินกว่าจุดต่ำสุดของกระดูกสะบัก

3.8 ความกว้างของพนักพิงหลัง Evans, et al. (1998) ได้สรุปว่าพนักพิงต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่าความกว้างสะโพก จะพิจารณาได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของความกว้างสะโพก

3.9 ความเอียงของพนักพิงหลัง Pheasant (2006) ได้สรุปว่า มุมเอียงที่มีความเหมาะสมอยู่ที่ 15 องศา จากแนวดิ่ง

3.10 ความสูงของโต๊ะ UNESCO (1979) ได้สรุปว่า ความสูงของแผ่นรองเขียนต้องสูงตั้งแต่ข้อศอกเป็นต้นไปและสูงได้ไม่เกิน 10 เซนติเมตร จากระดับความสูงข้อศอก

3.11 ความลึกและความกว้างของโต๊ะ พิจารณาจากการต้องการใช้ในสภาพการใช้งานของการทำงานในโรงเรียน และที่สำคัญก็คือพิจารณาจากขนาดร่างกายของผู้ใช้พิจารณาได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของความยาวแขนที่ยื่นแขนไปข้างหน้าและความกว้างของโต๊ะได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของความกว้างระหว่างระยะข้อศอกทั้งสองข้าง

3.12 ความเอียงของพื้นโต๊ะ Pheasant (2006) ได้สรุปว่า พื้นโต๊ะที่มีความเอียงเหมาะสมจะมีค่าประมาณ 30 องศา ทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องโน้มตัวมาข้างหน้ามากจึงมีโอกาสได้ใช้พนักพิงหลังมากขึ้น ทิศทางของแรงที่ตกลงบริเวณลำสันหลังส่วนเอวก็จะถูกรับโดยพนักพิงทำให้ความดันในหมอนรองกระดูกสันหลังลดลงและจะช่วยลดความเจ็บปวดบริเวณดังกล่าว

3.13 ความสูงของพื้นโต๊ะใต้ลิ้นชักโต๊ะเรียน Frank and Walter, (1976) ได้สรุปว่าความสูงของใต้โต๊ะต้องมีที่ว่างอย่างเพียงพอที่ทำให้สามารถวางขาได้อย่างสบาย พิจารณาได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของความหนาของต้นขาบวกกับความสูงของพื้นเก้าอี้

2.7 **สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล**

1. ค่ามัชฌิมเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean)

ธิดาเดียว มยุรีสวรรค์ (2544) ได้สรุปว่า ค่ามัชฌิมเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ยเลขคณิต คือค่าที่เกิดจากการนำข้อมูลทั้งหมดมารวมเข้าด้วยกันแล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด

กำหนดให้ $X_1, X_2, X_3, ..., X_n$ เป็นข้อมูล N ตัว

จากคำจำกัดความของตัวกลางเลขคณิต จะได้ว่า

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + ... + X_N}{N} \qquad (2.1)$$

ซึ่งเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N} \qquad (2.2)$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทนตัวกลางเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทนผลรวมทั้งหมดของข้อมูล

N แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมด

หรือเขียนได้ว่า

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{N} \qquad (2.3)$$

2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ ค่าที่ใช้ในการวัดการกระจายของข้อมูล ได้จากรากที่สองของค่าเฉลี่ยของผลต่างกำลังสองระหว่างค่าของข้อมูลแต่ละค่ากึ่งกลาง และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะเป็นตัวแทนที่จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของค่าจากการสังเกตของชุดนั้นๆ

ถ้า $X_1, X_2, X_3, ..., X_N$ แทนตัวอย่างสุ่มขนาด n

S แทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง

เขียนสมการได้ว่า

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})^2}{n-1}} \qquad (2.4)$$

3. ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ (Percentile)

ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ คือ ค่าที่บอกตำแหน่งหรือลำดับของข้อมูลใดๆ ชุดหนึ่ง ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์จะคล้ายกับค่ามัธยฐานเพียงแต่ข้อมูลถูกแบ่งออกเป็นหลายส่วนมากขึ้น วิธีการในการหาค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ทำได้โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็น 100 ส่วนเท่าๆ กัน โดยเรียงข้อมูลจากค่าน้อยไปหามาก ค่าที่แบ่งข้อมูลออกเป็น 100 ส่วน จะมีอยู่ 99 ค่าคือ P1, P2, P3, …, P98, P99 วิธีการหาค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ คือ เมื่อ P_r = ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ r

$$P_r = (N+1)\frac{(r)}{100} \qquad (2.5)$$

คือค่าที่มีจำนวนข้อมูลซึ่งมีค่าน้อยกว่า P_r อยู่ r ใน 100 ส่วน

r = 1, 2, 3, 4, …, 98, 99

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

4. ค่ามาตรฐาน (Z ; Standard Value)

ค่ามาตรฐาน คือ ค่าที่บอกให้ทราบว่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลกับค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลนั้นเป็นกี่เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$Z = \frac{(X - \overline{X})}{S} \qquad (2.6)$$

เมื่อ Z = ค่ามาตรฐาน

X = ค่าของข้อมูลตัวที่ต้องการทำเป็นค่ามาตรฐาน

S = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. การทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่ม

เป็นการทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของลักษณะที่สนใจของประชากร 2 กลุ่ม ว่าแตกต่างกันหรือไม่ โดยค่าเฉลี่ยจากตัวอย่าง 2 กลุ่ม เป็นอิสระต่อกันและทราบค่าความแปรปรวนของประชากรทั้ง 2 กลุ่ม ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

สมมติฐานของการทดสอบ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

โดยที่ μ_1 คือค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มที่ 1 และ μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มที่ 2 สถิติของการทดสอบ

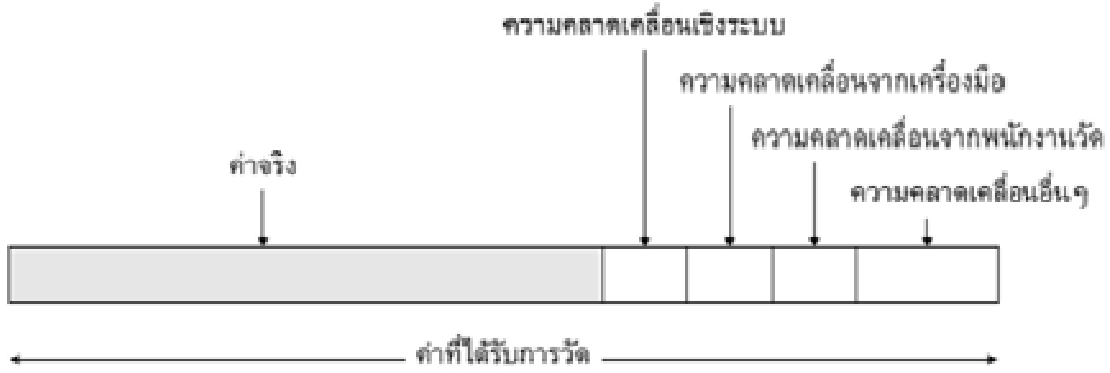
$$Z = \frac{(\overline{X}_1 - \overline{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \qquad (2.7)$$

ถ้า n_1 และ $n_2 \geq 30$ สามารถใช้ s_1^2 และ s_2^2 ประมาณค่า σ_1^2 และ σ_2^2 ได้ตามลำดับ

การสรุปผล ในงานวิจัยนี้จะเป็นการทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งจะปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อค่า z ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า $z_{\alpha/2}$ และน้อยกว่า $z_{1-\alpha/2}$ หรือขอบเขตของการยอมรับสมมติฐานหลักคือ $(-1.96 < z < 1.96)$

2.8 การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA : Measurement System Analysis) (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2547)

การวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ถึงแหล่งของความคลาดเคลื่อนในระบบการวัด โดยการจำแนกสาเหตุออกดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การจำแนกความคลาดเคลื่อนจากการวัดออกเป็นแหล่งต่างๆ

(กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2547)

และเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของค่าวัดมีทั้งปริมาณที่สามารถกำจัดได้และกำจัดไม่ได้ จึงจำเป็นต้องดำเนินการกำจัดปริมาณที่สามารถควบคุมได้ก่อน ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนจากความผิดพลาด จากนั้นให้ดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือเพื่อกำจัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ หลังจากนั้นลดความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มด้วยการประเมินถึงแหล่งความผันแปรต่างๆ ทั้งจากเครื่องมือวัด ผู้ทำการวัด ตลอดจนสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อค่าวัด ถ้าพิจารณาถึงองค์ประกอบของค่าวัดแต่ละค่าแล้ว จะได้ว่า

$$X_{ij} = \mu + b + \alpha_i + \beta_i + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij} \qquad (2.8)$$

โดยที่ X_{ij} คือ ค่าวัด

μ คือ ค่าจริงของงาน

b คือ ค่าไบอัส

α_i คือ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุด้านชิ้นงาน

β_i คือ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุด้านผู้ทำการวัด

$(\alpha\beta)_{ij}$ คือ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุร่วมของชิ้นงานกับผู้ทำการวัด

ε_{ij} คือ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุแบบสุ่ม

โดยกำหนดค่าวัดในรูปของความผันแปร (measurement variation) ได้ว่า

$$\sigma_x^2 = \sigma_\alpha^2 + \sigma_\beta^2 + \sigma_{\alpha\beta}^2 + \sigma^2 \qquad (2.9)$$

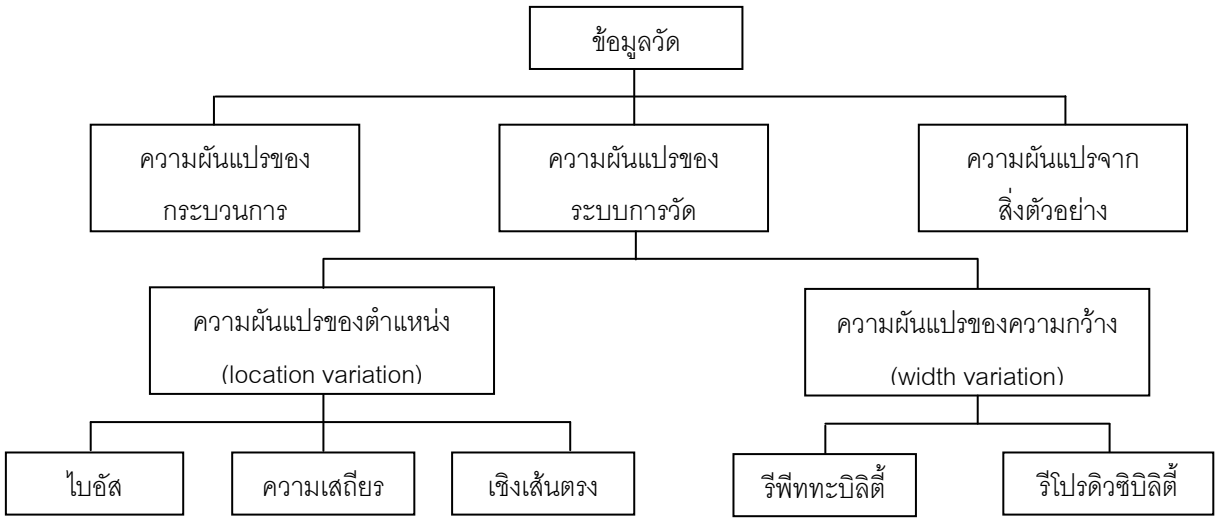
โดยที่ σ_x^2 คือ ค่าความผันแปร

σ_α^2 คือ ค่าความผันแปรจากชิ้นงาน

σ_β^2 คือ ค่าความผันแปรจากผู้ทำการวัด

$\sigma_{\alpha\beta}^2$ คือ ค่าความผันแปรร่วมจากชิ้นงานกับผู้ทำการวัด

σ^2 คือ ค่าความผันแปรอื่นๆ



ภาพที่ 2.4 องค์ประกอบความผันแปรของระบบการวัด (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2547)

จากรูปที่ 2.4 ความผันแปรของระบบการวัดประกอบด้วย

1. ความผันแปรของตำแหน่ง (Location Variation) เป็นคุณสมบัติของการเข้าใกล้ของค่าเฉลี่ยจากผลจากการวัดหลายๆ ครั้ง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง (Reference Value) สามารถกำหนดได้ด้วยค่าความผันแปร ดังนี้

ไบอัส (Bias) หรือปริมาณความเอนเอียง หมายถึง ความแตกต่างระหว่างค่าจริง (หรือค่าอ้างอิง) กับค่าเฉลี่ยของค่าวัดที่วัดได้บนคุณลักษณะและชิ้นงานวัดเดียวกันโดยคุณสมบัติด้านไบอัสนี้จะเป็นตัววัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบของระบบการวัด

ความเสถียร (Stability) หรือการเลื่อนออกไปแบบค่อยเป็นค่อยไปของค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากระบบการวัด หมายถึง ความผันแปรทั้งหมดในการวัดที่ได้จากกระบวนการวัดหนึ่งโดยอาศัยชิ้นงานหรือค่ามาสเตอร์เดียวกันในการวัดคุณลักษณะประการหนึ่งตลอดช่วงเวลาที่ยาวนานขึ้น

เชิงเส้นตรง (Linearity) หมายถึง ความแตกต่างของค่าไบอัสตลอดช่วงการใช้งานของอุปกรณ์วัด หรือค่าความแตกต่างของไบอัสเมื่อมีการเปลี่ยนย่านวัดไป

2. ความผันแปรของความกว้าง (Width Variation) โดยทั่วไปเรียกความผันแปรของความกว้างของระบบการวัดว่าความแม่น (Precision) ซึ่งหมายถึง อิทธิพลโดยรวมของความสามารถในการแยกความแตกต่าง (Dis-crimination) ความไว (Sensitivity) และความสามารถในการทำซ้ำหรือรีพีททะบิลิตี้ ตลอดช่วงการใช้งานของระบบการวัด ซึ่งค่าของความแม่นจะเป็นตัววัดความผันแปรของระบบการวัดในรูปความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มของระบบการวัดสามารถแบ่งความผันแปรออกเป็น

รีพีททะบิลิตี้ (Repeatability) หรือความผันแปรภายในเงื่อนไขของระบบการวัด หมายถึง ความผันแปรของค่าวัดรอบค่าที่ควรจะเป็น (Expected Value) ของระบบการวัดที่ทำการวัดโดย

การใช้พนักงานวัดคนเดียว อุปกรณ์วัดเดียวกันในการวัดงานชิ้นเดียวกันซ้ำๆ ซึ่งโดยทั่วๆ ไปในอุตสาหกรรมหมายถึง ความผันแปรของอุปกรณ์ (Equipment Variation:EV) ทั้งนี้เพราะความผันแปรภายในเงื่อนไขเดียวกันของระบบการวัดมักจะมีผลมาจากตัวอุปกรณ์

รีโปรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility) หรือความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของระบบการวัด หมายถึง ความผันแปรที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากการใช้อุปกรณ์วัดเดียวกันในการวัดชิ้นงานเดียวกันด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ซึ่งในอุตสาหกรรมทั่วไปมักจะหมายถึง ความแตกต่างระหว่างพนักงานวัด

2.9 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2554)

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีการทางสถิติอย่างหนึ่ง ที่ใช้ในการตรวจสอบลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยแบ่งเป็นตัวแปรอิสระ (Independent variable) และตัวแปรตาม (Dependent variable) ผลของการศึกษาจะให้ทราบถึง

1. ขนาดของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตาม และ
2. แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

ในการวิเคราะห์การถดถอย มักเรียกตัวแปรอิสระ ว่า ตัวทำนาย (predictor) หรือตัวแปรกระตุ้น (stimulus variable) ส่วนตัวแปรตาม มักเรียกว่า ตัวแปรตอบสนอง (response variable) หรือตัวแปรเกณฑ์ (criterion variable)

ชนิดของการวิเคราะห์การถดถอยมีหลายชนิด ขึ้นกับลักษณะของตัวแปรตาม รูปแบบความสัมพันธ์ และการกำหนดตัวแปรอิสระ (ตัวแปรต้น) ซึ่งโดยทั่วไปแบ่งการวิเคราะห์การถดถอยได้เป็น 2 ประเภท คือ

- การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis) เป็นการวิเคราะห์การถดถอยที่ตัวแปรอิสระส่วนใหญ่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ ส่วนตัวแปรตามเป็นจะต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณเท่านั้น รูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม สามารถแทนได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นเชิงเส้น (Linear model)
- การวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non linear regression) เป็นการวิเคราะห์การถดถอย ที่รูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม สามารถแทนได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น (non – Linear model)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น มี 2 แบบ คือ

- การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) จะประกอบด้วยตัวแปรตาม 1 ตัว และตัวแปรอิสระ เพียง 1 ตัว การวิเคราะห์เป็นการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสอง และสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นการพยากรณ์ค่าของตัวแปร
- การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression) จะประกอบด้วยตัวแปรตาม 1 ตัว และ ตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป การวิเคราะห์เป็นการหาขนาดของความสัมพันธ์ และสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม โดยใช้ตัวแปรอิสระที่ศึกษา เช่น ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุ เพศ ปัญหาในการทำงาน ความขัดแย้งในครอบครัว กับความรู้สึกเก็บกด ของผู้ป่วยในโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง เป็นต้น

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี พ.ศ. 2549 ศูนย์เทคโนโลยี-อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) ภายใต้สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มีโครงการสำรวจและวิจัยมาตรฐานขนาดรูปร่างคนไทย (Size Thailand) โดยเก็บข้อมูลขนาดรูปร่าง และสรีระกลุ่มตัวอย่างทั้งชายและหญิงทั่วประเทศอายุตั้งแต่ 16 ปีขึ้นไป จำนวน 13,442 คน โดยใช้เครื่อง 3D Body Scanner จากนั้นซอฟต์แวร์จะประมวลผลและแปลงผลออกมาเป็นภาพสรีระแบบสามมิติในคอมพิวเตอร์ที่สามารถวัดสัดส่วนของร่างกายได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำและรวดเร็วกว่าการวัดด้วยมือ โดยสามารถนำข้อมูลไปต่อยอดเพิ่มมูลค่าในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น เสื้อผ้า เฟอร์นิเจอร์ ยานยนต์ และการแพทย์ เพื่อออกแบบและวางแผนการผลิตผลิตภัณฑ์ให้เหมาะกับรูปร่างและสัดส่วนของคนไทยยิ่งขึ้น ซึ่งต่างจากในอดีตที่ประเทศไทยมักจะนำข้อมูลสัดส่วนร่างกายจากต่างประเทศมาใช้ในการออกแบบต่างๆ จากข้อมูลการศึกษาสัดส่วนร่างกายของประชากรไทยโดยอ้างอิงจากคู่มือปฏิบัติวิชาชีพด้านข้อมูลสัดส่วนร่างกายประชากรไทยเพื่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรม (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2551) (Thai Anthropometry Handbook for Architectural Design) เป็นวิธีการรวบรวมข้อมูลสัดส่วนร่างกายของประชากรไทยในประเทศไทยเบื้องต้น ตั้งแต่เด็กอายุ 7 ปีไปจนกระทั่งถึงผู้ที่มีอายุ 79 ปีทั้งเพศหญิงและเพศชาย เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการออกแบบทางสถาปัตยกรรม ให้เกิดความเหมาะสมกับขนาด สรีระของประชากรไทย โดยข้อมูลในคู่มือเป็นข้อมูลสัดส่วนร่างกายที่ใช้มากในงานด้านสถาปัตยกรรมมีอยู่ประมาณ 24 ท่ามาตรฐาน

ณัฐพล พุฒยางกูร (2552) ได้ออกแบบและพัฒนากระบวนการวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์แบบมิติเส้นตรง ในแนวแกน 2 มิติจากภาพถ่ายดิจิตอล โดยมีระยะอ้างอิงในภาพเทียบกับระยะอ้างอิงจริง ซึ่งกระบวนการในการหาขนาดถูกแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ หาขนาดสัดส่วนที่กว้างที่สุดและสูงที่สุดโดยใช้ขอบในภาพ และหาขนาดสัดส่วนที่สนใจโดยหาระยะห่างระหว่างพิกัด 2 จุด จากการทดลองพบว่า เงื่อนไขการติดตั้งอุปกรณ์ที่ให้ความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ ระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุที่ 7 เมตร และขนาดของภาพถ่ายที่มีความละเอียดมากกว่าเท่ากับ 6 ล้านพิกเซล จากการนำไปใช้จริงพบว่าเทคนิคนี้สามารถวัดได้ทุกสัดส่วน โดยจะมีสัดส่วนที่แม่นยำที่สุดคือสัดส่วนความสูง, ความสูงของระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะในท่านั่ง, ความสูงระดับไหล่ขณะยืน, ความสูงสะโพก, ความสูงระดับนิ้วมือ, ความสูงระดับข้อศอกขณะนั่ง, ความหนาของต้นขา, ความสูงของเข่าขณะนั่ง, ความกว้างไหล่อ้างอิงปุ่มหัวไหล่, ความกว้างสะโพก และความหนาช่องท้อง

อธิกมาส ชนะบวรสกุล (2546) วัดขนาดร่างกายเบื้องต้นของเด็กนักเรียนชายที่มีภาวะโภชนาการปกติ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 อายุ 7-13 ปี จำนวน 37 สัดส่วน โดยใช้ Harpenden Anthropometer กลุ่มตัวอย่างที่วัดสุ่มมาจาก 4 ภาค คือ ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเก็บข้อมูลภาคละ 1 จังหวัด จังหวัดละ 2 โรงเรียน แบ่งเป็นโรงเรียนในเมืองและนอกเมือง แต่ละโรงเรียนมี 6 ชั้น และวัดขนาดร่างกายชั้นเรียนละ 5 คน รวมทั้งหมด 240 คน ผลจากการวัดแสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95 สถิติ Z ถูกใช้ในการเปรียบเทียบขนาดต่างๆ จากการศึกษาผลกระทบของอายุ ภาค และที่ตั้งของโรงเรียนต่อขนาดที่วัดได้พบว่า อายุมีผลกระทบต่อขนาดร่างกายของนักเรียนทุกสัดส่วน อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ภูมิลำเนาที่แตกต่างกันทั้ง 4 ภาคไม่มีความแตกต่างกันทุกสัดส่วน ยกเว้นความหนาต้นขา ความกว้างศีรษะ ระยะเอื้อมแขน ระยะความสูงสะโพกและความสูงระดับพื้นถึงปลายนิ้วมือมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และเมื่อทดสอบค่าเฉลี่ยระหว่างโรงเรียนในเมืองและนอกเมืองพบว่ามี 11 สัดส่วนที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เช่น ความสูง น้ำหนัก เป็นต้น และจากการหาความสูงโดยเฉลี่ยของเด็กนักเรียนชายจำแนกตามอายุ 7-13 ปี พบว่ามีความสูง 121.6(±4.3), 126.0(±4.5), 130.5(±4.8), 137(±4.9), 142.2(±5.6), 146.2(±6.2) และ 151.6(±4.3) ซ.ม. ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยขนาดเด็กชายจากงานวิจัยนี้กับเด็กจากประเทศอิหร่านจำนวน 14 สัดส่วน สรุปได้ว่าเด็กชายไทยมีขนาดโตกว่าอย่างมีนัยสำคัญ($p<0.05$) ทุกสัดส่วน ยกเว้น ระยะความสูงข้อศอกขณะนั่ง ความสูงข้อพับขาด้านในความหนาอก และความกว้างสะโพก และเมื่อเปรียบเทียบกับเด็กชายจากประเทศเม็กซิโกจำนวน

21 สัดส่วนพบว่าเด็กชายไทยมีขนาดเล็กกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ทุกสัดส่วน ยกเว้น ความกว้างศีรษะ ความกว้างมือ ความยาวมือ ระยะจากก้นถึงข้อพับขาด้านใน และความกว้างเท้า ที่เด็กชายไทยมีขนาดโตกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

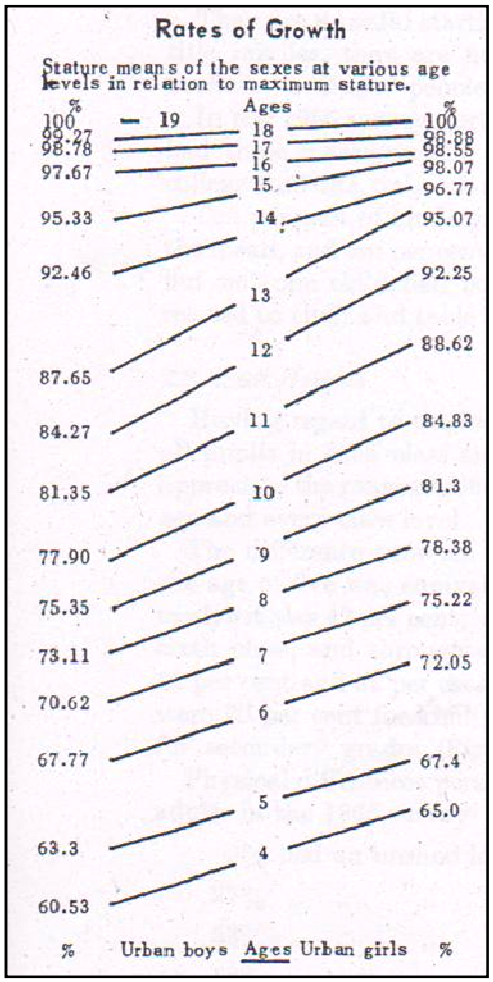
วิลาส เชาวรักษ์ (2546) วัดขนาดร่างกายเด็กนักเรียนหญิงไทยระดับประถมศึกษาปีที่ 1-6 ในช่วงอายุ 7-13 ปี โดยสุ่มวัดเด็กนักเรียนจำนวน 240 คน ใน 4 ภาค คือ ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในแต่ละภาคได้วัดเด็กนักเรียน 2 โรงเรียน คือ โรงเรียนที่อยู่ในเมืองและนอกเมือง โรงเรียนละ 30 คน สัดส่วนที่วัดทั้งหมด 37 สัดส่วน ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95 ผลการวัดสรุปได้ว่า เด็กนักเรียนหญิงช่วงอายุ 7-13 ปี มีความสูงเฉลี่ย คือ 120.8(±3.56), 125.6(±3.97), 131.7(±4.14), 139.7(±2.54), 143.8(±2.46), 148 (±2.46) และ 151.4(±3.82) ซ.ม. ตามลำดับ นักเรียนในแต่ละระดับอายุมีความแตกต่างกันของทุกสัดส่วนร่างกายอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อวิเคราะห์ขนาดของเด็กนักเรียนหญิงในแต่ละภาค พบว่ามีสัดส่วน 5 สัดส่วนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) คือ ความสูงจากพื้นถึงปลายนิ้วกลาง ความหนาของท้อง ความกว้างศีรษะ ระยะกางศอกและความยาวของมือ การวิเคราะห์ความแตกต่างของขนาดของเด็กนักเรียนในโรงเรียนนอกเมืองและในเมืองพบว่า มีสัดส่วน 21 สัดส่วน ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เช่น ความสูงขณะยืนและความสูงขณะนั่ง เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบขนาดร่างกายของเด็กนักเรียนหญิงไทยกับเด็กนักเรียนหญิงเม็กซิโกจำนวน 21สัดส่วน พบว่า ขนาดของเด็กนักเรียนหญิงไทยมีแนวโน้มของร่างกายที่เล็กกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในทุกสัดส่วน ยกเว้น ความสูงขณะยืนและความสูงขณะนั่ง ความยาวจากก้นถึงข้อพับเข่าและความยาวเท้า เมื่อเปรียบเทียบขนาดร่างกายของเด็กนักเรียนหญิงไทยกับเด็กนักเรียนหญิงอิหร่านจำนวน 14 สัดส่วน พบว่าขนาดของเด็กนักเรียนหญิงไทยมีแนวโน้มของร่างกายที่โตกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในทุกสัดส่วน ยกเว้นความหนาของหน้าอก

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [สมอ.] (2524-2544) ได้ร่วมมือกับบริษัทไทยวาโก้ จำกัด (มหาชน) และบริษัทในเครือ จัดทำโครงการสำรวจและวิจัย ขนาดโครงสร้างร่างกายคนไทยจนถึงปัจจุบัน 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 Anthropometer ในการวัด โดยนำผลการสำรวจเสนอเป็น ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 10, 25, 50, 75, 90 และที่ 95 วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงโครงสร้างร่างกาย รวมถึงพัฒนาการ และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างร่างกายของคนไทยในสภาวะปัจจุบัน เพื่อนำไปใช้สำหรับออกแบบ รวมถึงปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่างๆ ให้มีขนาดและความเหมาะสมกับร่างกาย และการใช้งานมากยิ่งขึ้น

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

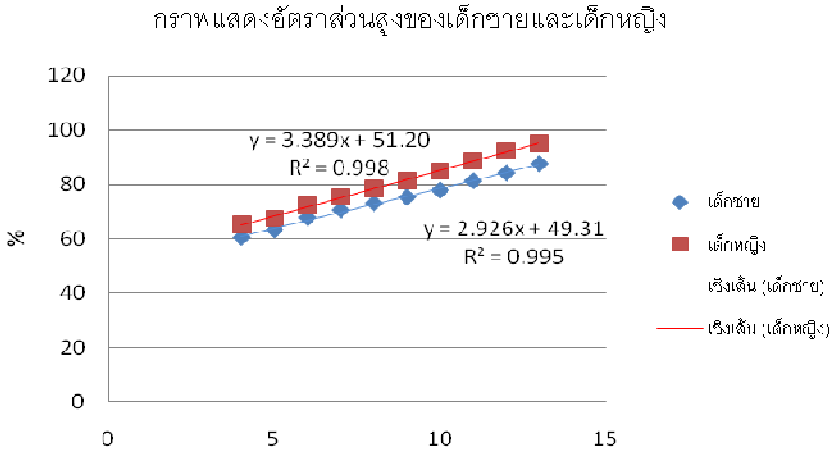
Grandjean (1976) ได้ศึกษาถึงอัตราการเจริญเติบโตของส่วนสูงของเด็กชายและเด็กหญิงชาวออสเตรเลียช่วงอายุระหว่าง 4-18 ปี ดังภาพที่ 2.5 พบว่าเมื่อเด็กผู้หญิงชาวออสเตรเลียอายุ 4 ขวบจะมีความสูงอยู่ที่ 65% ของความสูงสุทธิทั้งหมด และมีความสูงที่ 95% เมื่ออายุ 13 ปีหลังจากนั้นค่าความสูงเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 8 ซม.ในทางกลับกันเด็กผู้ชายชาวออสเตรเลียเมื่ออายุ 4 ขวบจะมีความสูงอยู่ที่ 60% ของความสูงสุทธิทั้งหมดและมีความสูงที่ 95% เมื่ออายุ 15 ปี ซึ่งถัดจากเด็กผู้หญิงมา 2 ปี หลังจากนั้นทั้งหญิงและชายจะมีค่าเฉลี่ยของความสูงที่เพิ่มขึ้นประมาณ 8 ซม.



ภาพที่ 2.5 อัตราการเจริญเติบโตของเด็กผู้หญิงและเด็กผู้ชายชาวออสเตรเลีย ช่วงอายุ 4 – 18 ปี (Grandjean, 1976)

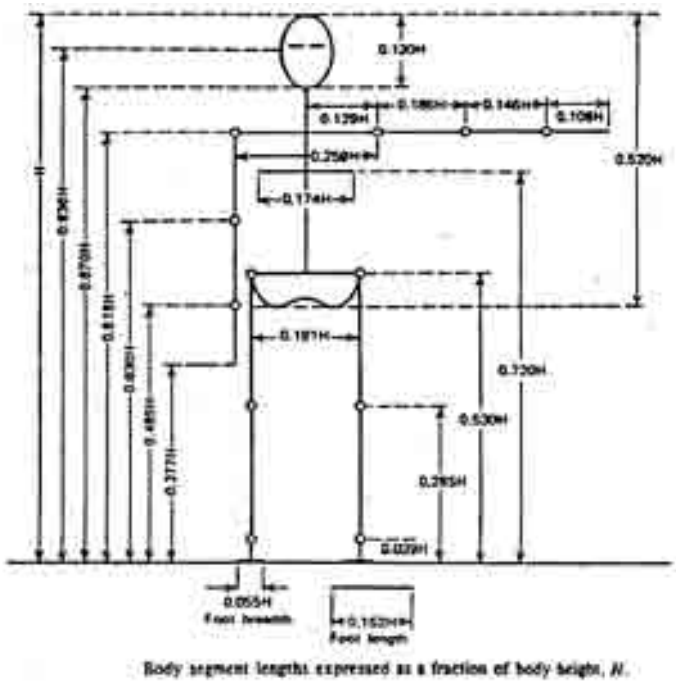
จากการทดสอบคุณสมบัติเชิงเส้นของระบบการวัดที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้คำสั่งเรื่อง “Regression” ใน “Data Analysis” Module ใน Excel Software พบว่า

- ค่าเฉลี่ยไบอัสมีความสัมพันธ์กับค่าอ้างอิง ดังสมการ Y = 2.926x+49.31 (สำหรับเด็กผู้ชาย) และ Y = 3.389x+51.20 (สำหรับเด็กผู้หญิง) แสดงดังภาพที่ 2.6
- ค่า R-square = 99.58% (สำหรับเด็กผู้ชาย), 99.85% (สำหรับเด็กผู้หญิง) > 80 % แสดงว่าข้อมูลนี้มีความเป็นเชิงเส้น หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อน หรือ ไบอัสนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับย่านวัดที่เปลี่ยนไป
- พิจารณาการทดสอบสมมติฐาน จากการทดสอบ ANOVA ที่ค่าระดับนัยสำคัญ Alpha = 0.05 ได้ค่า Significant F (P-value) = 8.42 (สำหรับเด็กผู้ชาย), และ = 1.30 (สำหรับเด็กผู้หญิง) ซึ่งน้อยกว่าค่า Alpha แสดงให้เห็นว่า ค่าไบอัสจากระบบการวัดนั้นมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 2.6 สมการเชิงเส้นและการทดสอบ R^2 ของข้อมูลอัตราส่วนสูงเด็กชายและเด็กหญิงชาวออสเตรเลีย

จากภาพที่ 2.6 ทำให้คาดการณ์ได้ว่าการสร้างสมการโมเดลของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงนั้น น่าจะมีเพียง 2 โมเดล คือ 1.สมการโมเดลของเด็กชาย และ 2.สมการโมเดลของเด็กหญิง เนื่องจากอัตราความสูงเพิ่มขึ้นเป็นลักษณะเชิงเส้นตรง โดยลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับ ความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายในงานวิจัยนี้จะอ้างอิงจาก Drillis and Contini (1966) ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย (Drillis and Contini, 1966: 176 cited in Roebuck et al., 1975)

ค่าสัดส่วนต่างๆของภาพที่ 2.7 ถูกคิดค้นโดย Dempster et al. (1955 -1959: 175 cited in Roebuck et al., 1975) แสดงขนาดสัดส่วนพื้นฐานของร่างกาย ซึ่งส่วนมากเป็นความยาวระหว่างสัดส่วนกับข้อต่อ โดยมีความแตกต่างทางด้านโครงสร้าง, เพศ และชาติกำเนิด Dempster et al. ได้สรุปค่าโดยประมาณของความยาวของสัดส่วนต่างๆ กับจุดหมุนของข้อต่อ โดยอ้างอิงตามตำแหน่ง landmarks จากนั้น Drillis and Contini (1966) ได้หาค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆ ของร่างกายในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ของความสูงร่างกาย ซึ่งช่วยให้นำไปใช้งานได้ง่ายและสะดวกมากกว่าการใช้ข้อมูลการวัดสัดส่วนที่เป็นส่วนบุคคลโดยตรง

Gouvali and Boudolos (2005) ทำการศึกษาขนาดเครื่องเรือนในโรงเรียนของเด็กนักเรียนช่วงอายุ 6 – 18 ปี โดยเก็บข้อมูลนักเรียนจำนวน 274 คน ในกรุง Athens ประเทศ Greece ว่ามีความเหมาะสมกับขนาดสัดส่วนของร่างกายหรือไม่ สัดส่วนร่างกายที่ทำการศึกษาประกอบไปด้วย ระยะไหล่, ระยะข้อศอก, ระยะหัวเข่าและข้อพับเข่า, ระยะจากก้นกบถึงข้อพักเข่าและความกว้างสะโพก สามารถแบ่งนักเรียนออกได้เป็น 3 กลุ่มโดยใช้ขนาดเครื่องเรือนเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ได้แก่กลุ่มอายุ 6 – 9 ปี, 9 – 12 ปี และ 12 – 18 ปี และสร้างสมการคณิตศาสตร์เพื่อหาขนาดเครื่องเรือนอันเป็นผลมาจากขนาดสัดส่วนร่างกาย และหาเปอร์เซ็นต์ความเหมาะสมจากการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ ว่าเครื่องเรือนที่เด็กนักเรียนใช้จริงมีความเหมาะสมหรือไม่ พบว่าความสูงของโต๊ะและขนาดของเก้าอี้ใหญ่กว่าขอบเขตของสัดส่วนร่างกายเด็กคิดเป็นร้อยละ 81.8 และ 71.5 ตามลำดับ ขณะที่ความลึกของเก้าอี้มีความเหมาะสมแค่เพียง 38.7% จากข้อมูลทางตัวเลขแสดงให้เห็นว่า โต๊ะและเก้าอี้ยังมีขนาดไม่เหมาะสมอาจเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านความหลากหลายของสัดส่วนร่างกายในช่วงอายุเดียวกัน ทำให้ไม่สามารถจัดหาขนาดได้เหมาะสมชัดเจน

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เห็นได้ว่าการวิจัยเกี่ยวกับการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายของประชากรไทยมีการดำเนินมาอย่างต่อเนื่องโดยแบ่งเป็นช่วงอายุ เพศ ภูมิลำเนาต่างๆแต่ในปัจจุบันการนำมาตรฐานสัดส่วนเหล่านั้นไปใช้อ้างอิงยังไม่เป็นผลเท่าที่ควร ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะสร้างความสัมพันธ์ของระยะสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายกับข้อมูลพื้นฐานที่ทางสถานศึกษามักเก็บข้อมูลไว้ คือ ส่วนสูงและน้ำหนักของร่างกายเพื่อง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานโดยลำดับขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้

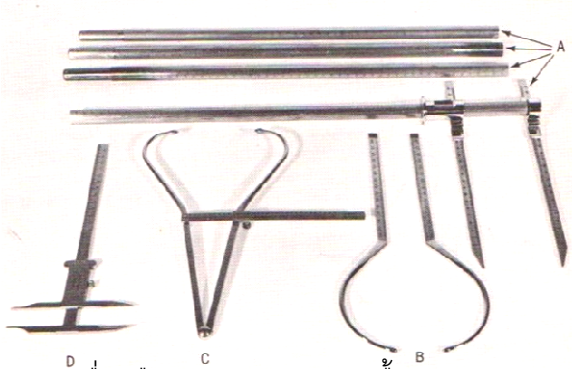
3.1 ผู้เข้าร่วมงานวิจัย

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษาของโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 6 - 12 ปี จำนวนทั้งสิ้น 360 คน โดยนักเรียนเหล่านั้นต้องได้รับการยินยอมจากผู้ปกครองเป็นลายลักษณ์อักษรว่าให้เข้าร่วมงานวิจัยได้ จึงมีสิทธิ์เข้าร่วมงานวิจัยนี้

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยประกอบไปด้วย

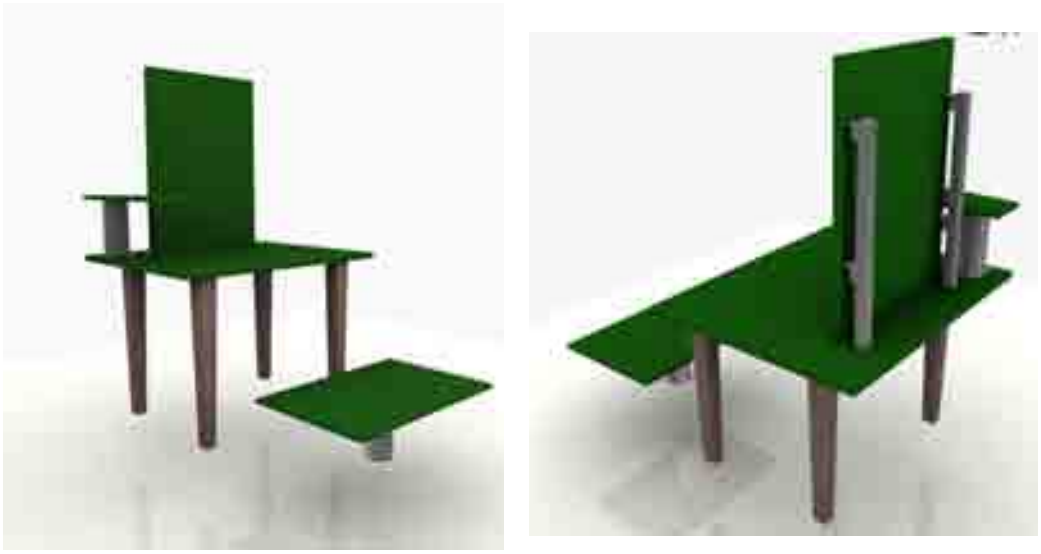
1. ชุดเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายพื้นฐาน (Anthropometer) แสดงดังภาพที่ 3.1 เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้วัดขนาดสัดส่วนของร่างกายเป็นการวัดขนาดโดยวิธีการวัดโดยตรง ประกอบไปด้วยเครื่องวัดขนาดแบบต่างๆ ใช้วัดขนาดและสัดส่วนของร่างกายตามตำแหน่งพิกัดต่างๆ สามารถที่จะแยกชิ้นส่วนประกอบตามความยาวได้ วิธีการใช้เครื่องมือวัดกับผู้ทดสอบจะจัดท่าทางการวัดให้กับผู้ทดสอบตามท่าทางมาตรฐาน ซึ่งเครื่องมือวัดสามารถวัดและอ่านค่าได้จากเครื่องมือโดยตรงและใช้เป็นข้อมูลของแต่ละสัดส่วนได้



ภาพที่ 3.1 ชุดเครื่องมือวัดสัดส่วนร่างกายพื้นฐาน Anthropometer

(Roebuck et al, 1975)

2. เก้าอี้นั่งปรับระดับได้ แสดงดังภาพที่ 3.2 เพื่อใช้ในการวัดสัดส่วนที่เป็นท่านั่ง โดยขณะนั่งผู้ถูกทดสอบต้องนั่งให้หลังตรง และตั้งขาให้ได้ฉากที่ข้อพับเข่า



ภาพที่ 3.2 เก้าอี้นั่งปรับระดับได้

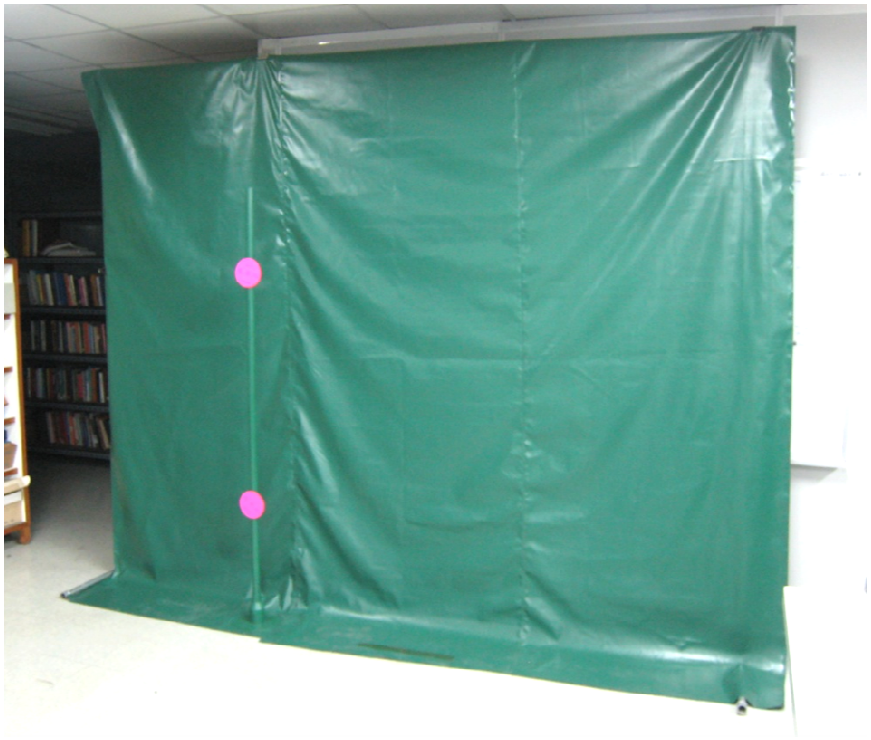
3. เครื่องชั่งน้ำหนักร่างกายแสดงดังภาพที่ 3.3 เพื่อวัดน้ำหนักของผู้ถูกทดสอบในหน่วยกิโลกรัม

ภาพที่ 3.3 เครื่องชั่งน้ำหนักร่างกาย

4. กล้องถ่ายรูปดิจิตอลพร้อมขาตั้งกล้องแสดงดังภาพที่ 3.4 โดยเลือกไฟล์ที่ใช้ในการจัดเก็บภาพถ่ายดิจิตอลเป็น JPEG

ภาพที่ 3.4 กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

5. ฉากหลังและพื้นปูยืนสีเขียวแสดงดังภาพที่ 3.5 กำหนดให้ฉากหลังและพื้นปูยืนเป็นสีเขียวล้วนโดยมีขนาดครอบคลุมกับท่าที่ต้องการวัด



ภาพที่ 3.5 ฉากหลังและพื้นปูยืนสีเขียว

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

ภาพที่ 3.6 อุปกรณ์อ้างอิงระยะ

7. แบบฟอร์มบันทึกผลการตรวจวัดสัดส่วนร่างกายดังภาคผนวก ค.

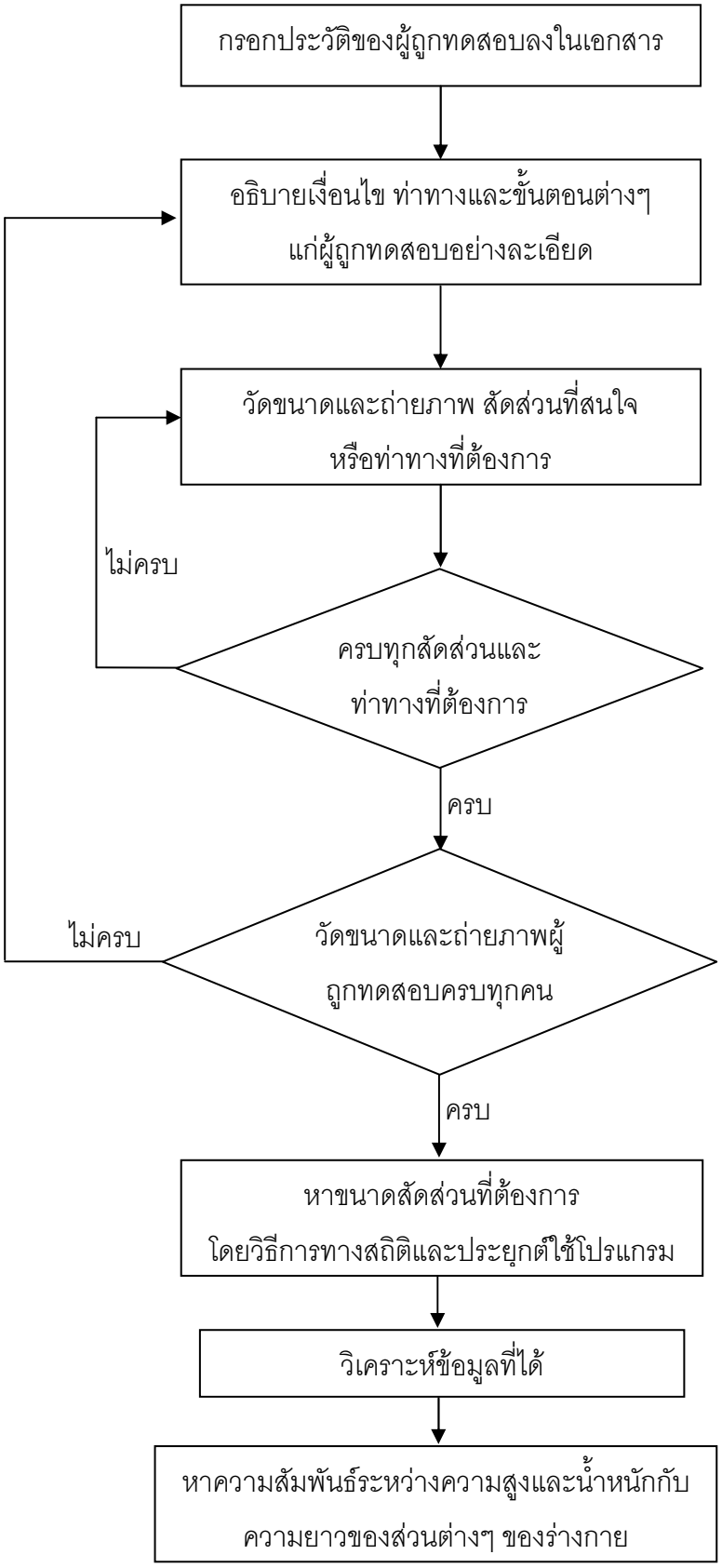
8. เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างในกระบวนการเก็บข้อมูลการตรวจวัดสัดส่วนร่างกาย โดยใช้อุปกรณ์วัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ และกล้องถ่ายภาพดิจิตอล ดังภาคผนวก ง.

3.3 ขั้นตอนการวัดสัดส่วน

1. กำหนดให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่งกายด้วยชุดนักเรียนปกติ สวมใส่ถุงเท้านักเรียนสีขาว ซึ่งเป็นสีที่แตกต่างกับฉากหลังและพื้นปูยืน และไม่สวมใส่รองเท้านักเรียนขณะทำการวัด
2. ขณะวัดหรือถ่ายภาพผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องไม่สวมใส่อุปกรณ์หรือเครื่องประดับอื่นใดติดตามร่างกาย เช่น กิ๊ปติดผม ยางรัดผม นาฬิกา กระเป๋านักเรียน ฯลฯ
3. ผู้วิจัยตรวจสอบความเรียบร้อยของผู้ถูกทดสอบทุกคนก่อนวัดสัดส่วน พร้อมทั้งลงบันทึกข้อมูล เช่น ชื่อ ชั้นเรียน อายุ เพศ

4. อธิบายขั้นตอนการทดลองให้ผู้ถูกทดสอบทราบอย่างละเอียด
5. จัดท่าทางสำหรับการเก็บข้อมูล ทั้งหมด 20 สัดส่วน ตามลำดับ
6. วัดสัดส่วนร่างกายจากท่ายืนและตามด้วยท่านั่ง ในขณะวัดสัดส่วนร่างกายต้องให้สัดส่วนร่างกายที่ต้องการหาขนาดอยู่ในระนาบเดียวกันกับอุปกรณ์อ้างอิงหรือใกล้เคียงที่สุด
7. ทั้งท่ายืนและท่านั่งจะถ่ายภาพท่าละ 2 ด้านประกอบไปด้วย
    7.1 ถ่ายจากด้านขวามือของผู้ถูกทดสอบ
    7.2 ถ่ายจากด้านหน้าของผู้ถูกทดสอบ
8. ภายหลังจากได้ขนาดสัดส่วนทั้งหมด 20 สัดส่วน ครบตามจำนวนกลุ่มประชากรที่ต้องการทดลอง จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติต่อไป
9. ภาพถ่ายจากกล้องดิจิตอล จะใช้โปรแกรมประยุกต์การหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายดิจิตอลแบบ 2 มิติ (ณัฐพล พุฒยางกูร, 2552) มาหาค่าขนาดสัดส่วนต่างๆซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่
    9.1 การหาแบบอัตโนมัติ คือ การหาขนาดความกว้างสุด หรือสูงสุด ซึ่งใช้วิธีการหาขอบของสัดส่วนนั้นๆ แล้วนำค่าระยะพิกเซลไปคำนวณกับค่าอัตราส่วนของระยะอ้างอิงเพื่อให้ได้ขนาดจริงออกมา
    9.2 การหาขนาดสัดส่วนที่สนใจ โดยเลือกสัดส่วนที่สนใจจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง แล้วนำค่าระยะพิกเซลระหว่างจุดสองจุดที่เลือกมาคำนวณกับอัตราส่วนของระยะอ้างอิงเพื่อให้ได้ขนาดจริงออกมาเป็นเซนติเมตร โดยในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีที่สองในการหาขนาดสัดส่วนเด็ก

    ขั้นตอนการวัดสัดส่วนทั้งหมดแสดงดังภาพที่ 3.7



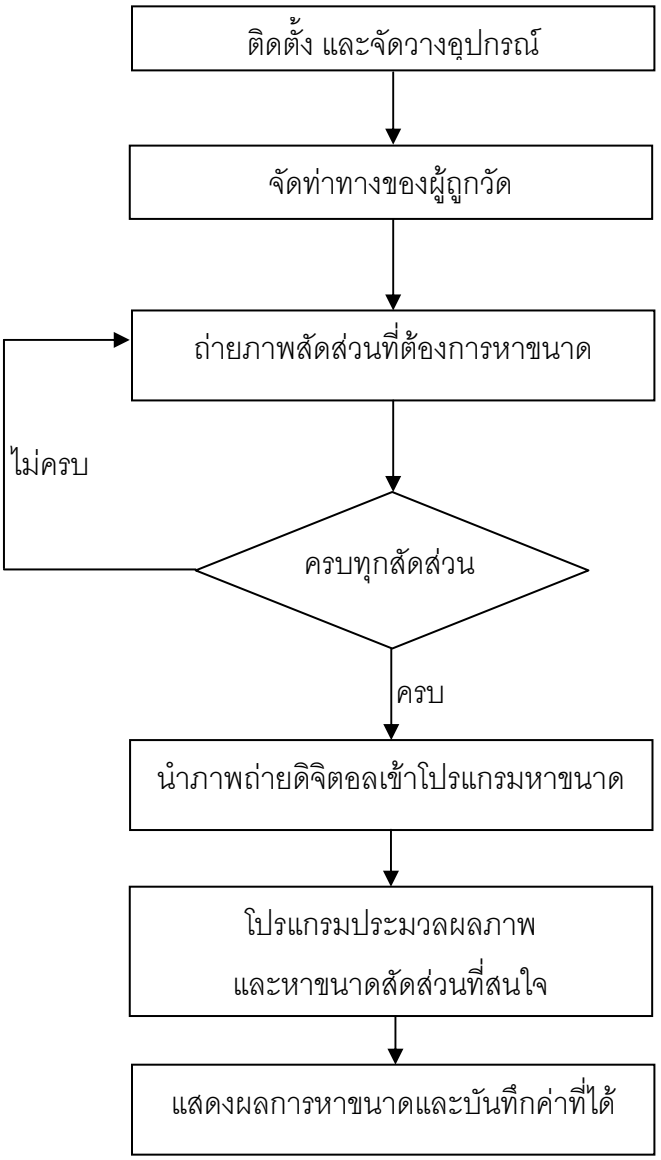
ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการวัดสัดส่วนร่างกายในงานวิจัย

3.4 การติดตั้งและการจัดวางอุปกรณ์

ให้ผู้ถูกทดสอบยืนหรือนั่งอยู่กึ่งกลางของฉากหลัง และห่างจากฉากหลังประมาณ 30 ซม. อุปกรณ์อ้างอิงระยะให้วางอยู่ในระนาบเดียวกันกับสัดส่วนที่ต้องการหาขนาด หรือกึ่งกลางที่สุดในกรณีที่มีการวัดสัดส่วนหลายๆ สัดส่วนในภาพถ่ายเดียวกัน การวางกล้องกำหนดให้วางโดยให้กรอบของภาพครอบคลุมผู้ถูกวัด และอุปกรณ์อ้างอิงระยะ

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการถ่ายรูป

ภาพที่ 3.8 แสดงขั้นตอนในกระบวนการเก็บข้อมูลโดยวิธีการถ่ายรูป เพื่อนำไปหาค่าขนาดสัดส่วนร่างกายเด็กต่อไป



ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนในกระบวนการเก็บข้อมูลโดยวิธีการถ่ายรูป

3.6 ขั้นตอนการแปลงผลจากภาพถ่ายดิจิตอล 2 มิติเป็นระยะสัดส่วนร่างกาย

นำภาพถ่ายดิจิตอลที่ได้เข้าโปรแกรม โปรแกรมหาระยะอ้างอิงจากอุปกรณ์อ้างอิงที่อยู่ในภาพเพื่อหาอัตราส่วนระหว่างระยะห่างจริงของวงกลมอ้างอิงหน่วยเซนติเมตรกับระยะห่างของวงกลมอ้างอิงที่อยู่ในภาพหน่วยพิกเซล แล้วนำมาใช้คำนวณหาอัตราส่วน เลือกสัดส่วนที่ต้องการหาจากในภาพ เลือกวิธีการหาขนาดสัดส่วนร่างกาย ซึ่งมีอยู่ 2 วิธี คือ การหาขนาดสัดส่วนที่กว้างที่สุด หรือสูงที่สุด กับการหาขนาดสัดส่วนร่างกายที่สนใจ จากนั้นโปรแกรมหาขนาดของสัดส่วนดังกล่าวเป็นจำนวนพิกเซล และนำค่าพิกเซลที่วัดได้มาคำนวณเป็นค่าที่วัดได้จากภาพ (เซนติเมตร) โดยใช้อัตราส่วนของระยะห่างข้างต้น แล้วบันทึกผลค่าที่ได้

3.7 ขั้นตอนวิเคราะห์ผลการวัดสัดส่วน

หลังจากได้ค่าสัดส่วนร่างกายครบทุกตำแหน่งตามที่ต้องการ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยนำเสนอในรูปแบบของค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด รวมทั้งวิเคราะห์ถึงความแตกต่างของข้อมูลระหว่างเด็กนักเรียนชายและหญิงว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร เพื่อนำไปสร้างสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้ทำนายระยะสัดส่วน โดยมีตัวแปรต้นที่พิจารณาคือ ความสูงและน้ำหนักของร่างกาย และใช้ข้อมูลสัดส่วนร่างกายมาออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนสำหรับเด็กนักเรียนช่วงอายุ 6 – 12 ปี

3.8 การนำไปประยุกต์ใช้งาน

ค่าสัดส่วนร่างกายที่ได้จากการวัดสามารถนำไปเป็นข้อมูลเพื่อช่วยในการออกแบบอุปกรณ์ เครื่องเรือนอื่นๆ ที่นอกเหนือจากโต๊ะและเก้าอี้เรียนได้ดังตารางที่ 3.1 โดยขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบว่าจะพิจารณาระยะเผื่อหรือระยะเอื้อมเป็นเท่าใด ซึ่งควรพิจารณาเงื่อนไขอื่นๆ ร่วมด้วย

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างการนำค่าสัดส่วนร่างกายไปประยุกต์ใช้งาน

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน
1	H	ออกแบบประตูทางเข้าออก การกำหนดระยะของสิ่งกีดขวางเหนือศีรษะ
2	VR	ออกแบบราวจับบนรถประจำทาง การวางตำแหน่งสูงสุดเหนือพื้นของสวิทช์ ปุ่มควบคุม มือจับ ชั้นสูงสุดของชั้นหนังสือ ชั้นวางหมวก แผงควบคุมเหนือศีรษะ
3	EY	ใช้กำหนดระดับสายตาในการสันทนาการต่าง ๆ เช่นในโรงมหรสพ หอประชุมและป้ายสัญญาณ รวมทั้งใช้กำหนดความสูงของแผงกั้น
4	SD	ใช้ออกแบบขนาดเครื่องใช้ เช่น ขนาดกระเป๋าสะพาย ระดับชั้นวางสิ่งของ
5	EL	กำหนดการใช้งานขณะยืน สำหรับเฟอร์นิเจอร์ เช่น ระดับเคาเตอร์ ระดับโต๊ะ

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ตัวอย่างการนำค่าสัดส่วนร่างกายไปประยุกต์ใช้งาน

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน
6	FG	ออกแบบเครื่องใช้ เช่น ขนาดกระเป๋านักเรียน ระยะจับถึงต่างๆ ระดับชั้นวางสิ่งของ
7	CD	ใช้กำหนดบริเวณที่แคบที่สุดที่มนุษย์จะผ่านไปได้ หรือใช้กำหนดระยะการยืนต่อแถว
8	SI	กำหนดระยะความสูงของสิ่งกีดขวางจากพื้นที่นั่ง หรือการเพิ่มความสูงที่นั่งและความสูงของสิ่งกีดขวางเหนือพื้น การจัดเตียงสองชั้นเพื่อช่วยประหยัดเนื้อที่
9	EE	ตัวกำหนดเส้นระดับสายตาและระยะการมองเห็นที่กว้างที่สุด เช่น ในโรงภาพยนตร์ ห้องบรรยาย และสภาพแวดล้อมภายในอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับภาพและเสียง
10	SE	ใช้ในการออกแบบในที่แคบๆ ในรถยนต์ ออกแบบโต๊ะเรียน
11	ER	นำไปกำหนดระยะ ความสูงของที่เท้าแขนของเก้าอี้ทั่วไป โต๊ะทำงาน หรือเคาน์เตอร์ทำงาน กำหนดระยะความสูงของโต๊ะเรียน
12	KN	กำหนดระยะในแนวดิ่งจากใต้พื้นโต๊ะหรือเคาน์เตอร์ถึงพื้นห้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบางส่วนของร่างกายที่จะต้องอยู่ใต้เครื่องเรือน
13	PO	กำหนดความสูงของระดับพื้นที่นั่งเหนือพื้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งจุดสูงสุดด้านหน้าของที่นั่ง
14	TH	นำไปใช้ออกแบบองค์ประกอบต่าง ๆ ในงานตกแต่งภายใน โดยที่ผู้ใช้งานจะสอดขาเข้าไปใต้ระนาบทำงาน ใช้กำหนดระยะระหว่างด้านล่างของลิ้นชัก กับหน้าขา
15	BK	ออกแบบที่นั่ง กำหนดตำแหน่งของขา ด้านหน้าของม้านั่ง และโต๊ะจัดเลี้ยง กำหนดระยะที่เหมาะสมของพนักพิงด้านหลังของที่นั่งและสิ่งกีดขวางด้านหน้าหัวเข่า ตัวอย่างเช่น ที่นั่งที่ยึดติดกับที่ ในโรงภาพยนต์ หรือสถานที่บูชา เช่น ที่นั่งในโบสถ์
16	UL	ใช้กำหนดระยะการเอื้อมหยิบของบนหิ้งเหนือเคาเตอร์หรือเหนือโต๊ะทำงาน ระยะลึกของโต๊ะ
17	BH	กำหนดพื้นที่ที่ใช้ร่วมกันของเก้าอี้ เก้าอี้พักขา หรือการกำหนดระยะผนังในพื้นที่สำหรับออกกำลังกาย ระยะเหยียบ หรือระยะที่ควบคุมด้วยเท้า
18	EB	ระยะห่างการนั่งรอบๆ โต๊ะและ การจัดแถวที่นั่งในโรงภาพยนตร์ ในห้องบรรยายหรือห้องประชุม ออกแบบทางสัญจรในที่สาธารณะหรือพื้นที่ส่วนตัว
19	HB	ช่วยกำหนดความกว้างด้านในของเก้าอี้นั่งทั่วไป เก้าอี้นั่งในบาร์ หรือเก้าอี้สูงในสำนักงาน
20	W	ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบเครื่องเรือนหรือผลิตภัณฑ์ว่าควรรับน้ำหนักได้เท่าใด

บทที่ 4

ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิงระดับประถมศึกษาปีที่ 1 - 6 จำนวน 360 คน จากโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในท่านั่งและท่ายืนจำนวน 20 สัดส่วน แบ่งวิธีการเก็บข้อมูลออกเป็น 2 วิธีได้แก่ 1.ใช้เครื่องมือวัดโดยตรงสำหรับสัดส่วนที่เป็นข้อมูลพื้นฐานของนักเรียนได้แก่ส่วนสูงและน้ำหนัก 2.ใช้ภาพถ่ายจากกล้องดิจิตอลและใช้โปรแกรมประยุกต์การหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายดิจิตอลแบบ 2 มิติ เข้าร่วมแปลงผลข้อมูลสำหรับสัดส่วนที่เหลืออีก 18 สัดส่วน ผลการเก็บข้อมูลที่ได้แบ่งออกเป็นหัวข้อดังนี้

1. ผลการสุ่มตัวอย่างของเด็กนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 – 6
2. ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 5 และ 95
3. ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไป

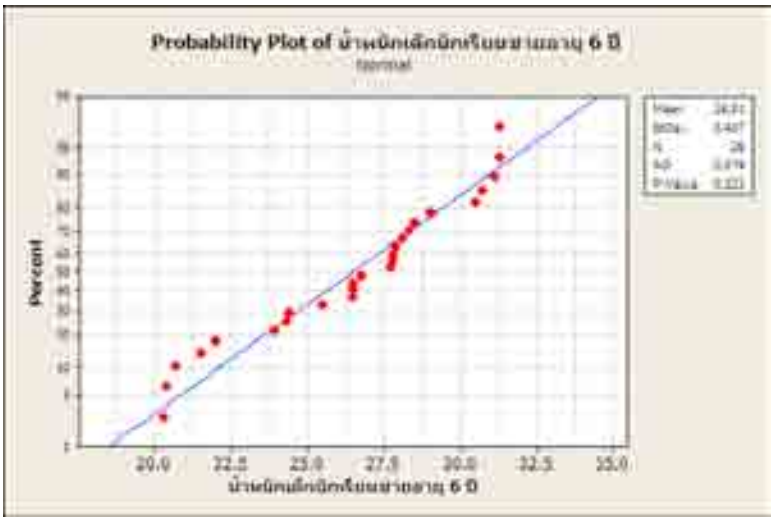
4.1 ผลการสุ่มตัวอย่างของเด็กนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1 – 6

นักเรียนที่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ต้องได้รับอนุญาตจากผู้ปกครองเป็นลายลักษณ์อักษร หลังจากนั้นจึงเลือกนักเรียนมาวัดสัดส่วนร่างกายด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random) โดยเก็บข้อมูลอายุละประมาณ 50 คน แบ่งออกเป็นนักเรียนชายและหญิงอย่างละเท่าๆ กัน รวมทั้งสิ้น 360 คน จำนวนนักเรียนที่เก็บข้อมูลในแต่ละช่วงอายุแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนนักเรียนเข้าร่วมวิจัยจำแนกตามอายุ

ระดับอายุ (ปี)	จำนวนเด็กนักเรียน (คน)		รวม (คน)
	ชาย	หญิง	
6	26	26	52
7	26	27	53
8	25	25	50
9	26	26	52
10	27	25	52
11	25	26	51
12	25	25	50
รวม	180	180	360

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 **น้ำหนักเด็กนักเรียนชายอายุ** 6 **ขวบ**

จากภาพที่ 4.1 แสดงการทดสอบ Probability Plot of น้ำหนักเด็กนักเรียนชายอายุ 6 ขวบ ได้ค่า P-Value = 0.123 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 หรือข้อมูลน้ำหนักเด็กนักเรียนชายอายุ 6 ขวบมีการกระจายตัวแบบปกติและจากการทดสอบสมมุติฐานในสัดส่วนอื่นของเด็กนักเรียนชายและหญิงสรุปทุกตัวมีการกระจายตัวแบบปกติเช่นกัน

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 5 และ 95

หลังจากทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลแล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 5 และ 95 ดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 ซึ่งแสดงขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 6 – 12 ปี ในสัดส่วนท่ายืนจำนวน 8 สัดส่วนและขนาดสัดส่วนร่างกายในท่านั่ง 12 สัดส่วนตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 6 – 12 ปี ในสัดส่วนท่ายืนจำนวน 8 สัดส่วน

อายุ (ปี)	นักเรียน	ค่าทางสถิติ	ขนาดสัดส่วนร่างกาย							
			1.H	2.VR	3.EY	4.SD	5.EL	6.FG	7.CD	8.W
6	ชาย	MEAN	122.41	147.17	109.06	95.74	74.69	44.48	18.45	26.51
		SD	5.54	9.26	6.74	3.43	2.28	3.28	1.80	3.44
		P5	114.40	130.25	97.23	91.44	72.22	37.96	15.78	20.48
		P95	131.60	163.35	120.36	103.28	78.90	48.64	21.35	31.25
	หญิง	MEAN	118.12	141.57	107.09	92.41	71.52	42.52	17.38	22.87
		SD	4.97	6.01	2.03	3.94	3.35	2.60	2.08	2.49
		P5	112.55	134.59	103.17	86.26	66.09	38.11	14.28	19.68
		P95	128.18	150.11	109.06	96.83	76.05	46.00	20.21	27.68
7	ชาย	MEAN	124.58	148.94	112.44	98.01	76.90	45.13	18.11	27.92
		SD	5.45	7.91	5.80	4.87	4.04	2.71	2.42	5.23
		P5	116.15	137.80	104.12	90.85	70.47	40.66	14.54	20.05
		P95	132.08	159.24	119.46	105.22	82.40	48.57	21.76	35.48
	หญิง	MEAN	125.46	148.79	111.03	97.05	75.61	45.61	16.18	24.91
		SD	3.90	7.59	4.85	4.67	3.75	3.54	2.10	4.77
		P5	118.80	139.69	104.96	90.24	69.78	40.97	13.52	18.61
		P95	130.00	159.28	117.69	103.87	81.60	52.17	19.89	34.42
8	ชาย	MEAN	129.86	158.28	117.00	102.43	78.38	45.99	17.65	29.70
		SD	5.36	8.03	6.21	5.58	4.96	3.61	2.20	5.54
		P5	119.76	143.59	106.99	93.81	71.41	40.95	14.54	22.92
		P95	136.40	169.52	126.80	111.83	86.48	52.29	20.45	40.92
	หญิง	MEAN	129.82	158.34	116.92	103.37	78.41	47.43	18.76	30.36
		SD	3.24	6.32	4.37	3.91	3.11	2.43	3.01	6.34
		P5	124.42	147.40	109.12	96.41	74.28	45.07	14.30	22.44
		P95	133.54	165.24	122.50	107.38	83.69	51.85	23.88	39.84

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 6 – 12 ปี ในสัดส่วนท่ายืนจำนวน 8 สัดส่วน

อายุ (ปี)	นักเรียน	ค่าทางสถิติ	ขนาดสัดส่วนร่างกาย							
			1.H	2.VR	3.EY	4.SD	5.EL	6.FG	7.CD	8.W
9	ชาย	MEAN	136.21	168.32	124.87	109.81	83.89	50.48	19.25	35.22
		SD	5.74	8.15	6.76	6.38	5.24	4.20	2.64	7.43
		P5	127.40	156.39	115.73	100.58	75.87	42.71	16.48	25.73
		P95	143.63	181.71	136.75	120.25	93.17	56.31	25.12	43.03
	หญิง	MEAN	136.53	165.02	122.69	107.44	83.48	50.36	17.41	31.19
		SD	6.23	8.97	6.17	5.54	4.24	3.72	1.89	7.82
		P5	128.75	150.84	113.26	100.18	77.01	45.60	14.93	23.03
		P95	144.20	179.56	131.49	115.75	88.42	55.70	19.66	42.75
10	ชาย	MEAN	140.81	169.94	127.41	110.93	84.00	53.01	17.55	37.11
		SD	6.20	15.51	7.97	9.80	11.12	3.62	2.02	9.84
		P5	133.00	134.09	113.01	89.43	57.70	47.44	14.55	27.00
		P95	151.24	186.85	139.26	122.43	94.93	59.10	20.89	52.52
	หญิง	MEAN	143.42	173.55	130.42	113.28	86.62	54.01	17.93	36.74
		SD	8.78	19.10	10.82	11.61	12.85	4.60	3.36	7.31
		P5	131.00	137.10	114.06	91.26	57.41	46.66	14.65	27.82
		P95	158.64	197.22	146.73	128.40	100.47	61.83	21.90	49.24
11	ชาย	MEAN	148.57	181.84	135.08	118.53	92.54	55.69	19.54	41.95
		SD	9.86	14.37	9.11	8.35	6.86	4.57	2.83	9.00
		P5	132.04	162.34	120.00	104.11	80.10	48.14	15.15	31.20
		P95	158.88	201.66	146.32	128.39	103.38	61.65	22.89	58.94
	หญิง	MEAN	147.15	179.43	134.37	117.84	91.32	56.17	22.33	45.21
		SD	6.04	6.75	4.50	3.69	3.46	2.05	2.39	6.97
		P5	137.18	170.78	126.57	111.88	84.95	53.08	18.14	32.75
		P95	154.80	187.99	140.74	122.55	95.04	58.58	25.53	54.25

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 6 – 12 ปี ในสัดส่วนท่ายืนจำนวน 8 สัดส่วน

อายุ (ปี)	นักเรียน	ค่าทางสถิติ	ขนาดสัดส่วนร่างกาย							
			1.H	2.VR	3.EY	4.SD	5.EL	6.FG	7.CD	8.W
12	ชาย	MEAN	150.86	188.21	138.87	121.67	95.22	56.69	18.77	46.86
		SD	8.91	10.79	8.08	7.50	6.63	4.22	1.39	12.08
		P5	142.08	172.36	129.29	112.40	89.10	52.00	16.50	31.64
		P95	167.88	202.37	154.79	137.09	109.51	64.00	21.14	62.76
	หญิง	MEAN	151.31	187.41	140.09	121.37	94.58	56.62	19.19	45.43
		SD	6.51	7.36	5.44	4.89	4.23	3.24	1.90	7.73
		P5	142.66	173.28	130.21	113.32	89.42	52.76	16.48	32.60
		P95	159.34	199.62	145.68	124.91	98.01	61.23	21.99	58.63

หมายเหตุ ค่าขนาดสัดส่วนลำดับที่ 1 – 7 เป็นหน่วยเซนติเมตร ลำดับที่ 8 เป็นหน่วยกิโลกรัม

โดยที่ 1.H คือ ความสูงขณะยืน 2.VR คือ ระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะ

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 เห็นได้ว่าสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงในท่ายืนทั้ง 8 สัดส่วน ส่วนมากมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น ในสัดส่วนความสูง (H) ทั้งเด็กนักเรียนชายและหญิงมีความสูงเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นเฉลี่ยปีละประมาณ 2 – 7 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความสูงของเด็กนักเรียนชายและหญิงในช่วงอายุเดียวกันจะมีค่าใกล้เคียงกันแต่ไม่จำเป็นที่ความสูงของเด็กนักเรียนชายต้องมากกว่าเด็กนักเรียนหญิงในทุกอายุ ในบางอายุเด็กนักเรียนหญิงมีความสูงเฉลี่ยมากกว่าเด็กนักเรียนชาย ระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะ (VR), ความสูงระดับสายตา (EY), ความสูงระดับไหล่ (SD), ความสูงระดับข้อศอก (EL), ความสูงระดับนิ้วมือ (FG) มีการเปลี่ยนแปลงในลักษะเพิ่มขึ้นทุกปีตามอายุที่เพิ่มขึ้นทั้งนักเรียนชายและหญิง ความหนาหน้าอก (CD) มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงน้อย โดยจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 16 – 20 เซนติเมตร ไม่ได้มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงอายุ 6 – 12 ปี น้ำหนักร่างกาย (W) ทั้งเด็กนักเรียนชายและหญิงมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นทุกปีเมื่ออายุมากขึ้น โดยในช่วงอายุ 6 – 8 ปีจะมีน้ำหนักเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คืออยู่ที่ประมาณ 25 -30 กิโลกรัม เมื่อย่างเข้าสู่อายุ 9 – 10 ปี น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 30 – 40

กิโลกรัม และเมื่ออายุ 11 – 12 ปี เด็กจะหนักถึง 40 กิโลกรัมขึ้นไปซึ่งเมื่อเทียบเด็กที่เข้าร่วมวิจัยในอายุ 6 กับ 12 ปีเห็นได้ว่าน้ำหนักร่างกายเพิ่มมากถึง 20 กิโลกรัมภายใน 6 ปี

ตารางที่ 4.3 ขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 6 – 12 ปี ในสัดส่วนท่านั่งจำนวน 12 สัดส่วน

อายุ (ปี)	นักเรียน	ค่าทางสถิติ	ขนาดสัดส่วนร่างกาย											
			1.SI	2.EE	3.SE	4.ER	5.KN	6.PO	7.TH	8.BK	9.UL	10.BH	11.EB	12.HB
6	ชาย	MEAN	68.66	55.24	25.55	16.37	36.47	29.31	11.69	42.12	61.49	69.11	37.21	32.75
		SD	2.61	2.68	1.60	1.78	2.31	1.57	1.40	2.42	2.62	4.19	4.10	3.26
		P5	65.94	52.34	23.66	13.79	32.80	27.18	9.03	38.13	57.34	62.36	32.08	27.11
		P95	74.40	60.28	27.95	19.70	40.26	31.74	13.50	45.17	65.72	75.69	42.92	36.40
	หญิง	MEAN	64.33	51.45	24.29	15.28	35.05	29.23	11.22	40.68	58.59	68.79	33.24	30.11
		SD	4.52	3.65	1.91	1.45	1.74	1.95	1.67	2.74	4.19	4.10	3.54	1.66
		P5	54.82	43.99	21.42	13.53	32.16	26.34	7.72	36.40	50.83	63.07	27.07	27.62
		P95	68.91	55.81	26.65	17.99	37.63	32.22	13.45	44.88	64.02	74.58	40.00	32.94
7	ชาย	MEAN	68.17	54.88	25.93	16.45	37.40	30.51	11.58	43.12	62.23	70.67	36.27	31.96
		SD	3.44	3.53	1.65	1.71	2.82	1.62	1.58	2.65	3.60	4.51	3.89	4.41
		P5	61.88	48.44	23.29	13.48	33.22	27.79	8.55	39.00	58.50	63.84	30.42	25.61
		P95	71.85	59.71	27.99	18.27	41.89	32.70	13.47	46.40	66.09	77.02	40.84	36.86
	หญิง	MEAN	66.29	54.16	25.15	16.05	36.76	30.66	11.02	42.17	59.45	70.82	32.69	28.93
		SD	3.42	3.22	1.64	1.74	2.19	1.81	1.60	2.35	3.53	3.16	4.31	2.84
		P5	61.22	49.64	22.79	12.94	33.99	28.08	8.91	38.15	54.49	64.94	26.60	24.85
		P95	71.19	59.27	27.40	18.66	39.96	33.73	13.56	45.04	63.58	74.79	40.81	33.70
8	ชาย	MEAN	70.99	57.82	26.69	17.22	38.92	31.93	11.36	45.08	64.07	76.00	36.28	30.72
		SD	3.46	2.77	1.61	1.73	2.07	1.77	1.71	2.28	3.67	5.29	4.35	3.83
		P5	64.68	54.70	23.80	14.39	36.13	29.54	9.14	41.78	58.11	69.04	31.65	26.74
		P95	76.68	62.90	29.06	19.92	41.84	34.82	14.06	48.71	68.23	83.85	44.76	36.97
	หญิง	MEAN	69.43	57.47	27.45	16.11	40.84	32.31	12.45	45.73	65.16	77.45	36.50	31.70
		SD	2.38	2.78	1.70	1.36	2.26	1.61	1.17	2.58	2.18	4.75	4.51	3.97
		P5	66.48	53.67	24.97	14.00	37.53	29.75	10.28	42.53	61.73	70.46	30.62	25.39
		P95	72.97	61.26	30.32	18.26	43.52	35.01	14.17	50.09	68.66	85.59	42.27	36.03

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 6 – 12 ปี ในสัดส่วนท่านั่งจำนวน 12 สัดส่วน

อายุ (ปี)	นักเรียน	ค่าทางสถิติ	ขนาดสัดส่วนร่างกาย											
			1.SI	2.EE	3.SE	4.ER	5.KN	6.PO	7.TH	8.BK	9.UL	10.BH	11.EB	12.HB
9	ชาย	MEAN	73.68	60.31	27.13	18.26	41.83	33.55	13.00	47.76	67.20	80.47	39.54	34.85
		SD	2.97	2.97	1.23	2.19	1.85	1.92	1.70	2.66	2.75	5.26	4.22	4.96
		P5	70.63	55.48	25.50	14.73	39.35	30.64	10.79	43.09	62.75	70.97	34.11	28.17
		P95	77.53	64.39	29.49	21.81	44.88	36.22	16.57	52.47	70.64	86.50	45.55	45.47
	หญิง	MEAN	72.82	60.32	27.98	17.71	40.86	33.17	12.13	46.86	66.83	78.91	36.40	30.95
		SD	4.05	3.98	2.21	1.64	2.75	2.51	1.44	3.60	4.61	5.79	4.28	4.66
		P5	67.64	54.58	25.10	15.22	36.94	29.49	10.17	42.74	62.00	71.39	31.02	25.57
		P95	79.23	66.46	31.37	20.10	44.78	36.35	14.65	52.95	74.98	90.55	44.37	36.58
10	ชาย	MEAN	75.19	62.14	29.10	18.72	43.43	35.45	11.69	49.23	69.72	82.81	37.41	30.88
		SD	4.49	4.45	2.47	2.48	2.70	1.72	2.18	3.99	4.29	6.47	4.71	4.47
		P5	69.44	56.85	25.68	14.50	40.84	33.03	9.23	44.61	64.07	74.79	31.51	25.87
		P95	84.22	71.50	33.45	22.05	49.18	37.83	14.91	56.35	77.22	94.73	45.02	39.24
	หญิง	MEAN	76.99	63.83	30.25	19.45	44.46	35.63	12.55	50.83	72.03	83.27	39.93	31.59
		SD	5.45	5.40	2.27	1.85	2.76	2.58	1.79	3.60	5.51	6.52	5.21	4.71
		P5	69.05	52.98	26.96	16.10	40.32	31.40	10.32	44.76	63.99	73.60	32.83	25.60
		P95	85.70	70.68	33.65	22.52	48.37	39.36	15.82	55.61	79.97	94.96	49.12	39.40
11	ชาย	MEAN	78.54	65.30	30.68	19.23	45.57	35.13	12.27	51.96	71.67	84.76	42.65	36.26
		SD	5.74	4.77	2.81	1.59	3.68	5.15	1.54	4.12	5.71	5.94	5.19	6.11
		P5	68.86	58.30	26.23	16.86	40.64	23.38	10.55	45.61	63.52	77.85	35.30	27.31
		P95	85.44	71.77	34.10	20.96	50.77	40.29	14.68	57.36	77.00	91.74	50.65	42.33
	หญิง	MEAN	77.64	65.54	31.73	20.20	45.44	36.11	13.42	53.25	72.03	82.15	44.13	36.71
		SD	3.49	2.69	2.62	2.46	3.18	3.58	1.62	2.30	2.53	6.24	5.19	5.98
		P5	73.31	62.25	28.74	16.85	41.70	31.80	11.24	50.54	68.64	71.56	37.61	27.91
		P95	83.51	70.48	35.38	23.93	50.99	41.45	16.93	57.61	76.71	90.88	52.27	47.02
12	ชาย	MEAN	77.08	65.11	30.49	19.25	46.48	38.14	11.78	51.15	74.95	82.80	40.98	34.50
		SD	4.99	4.24	2.20	2.74	3.15	3.08	1.48	2.85	3.36	6.49	6.05	6.86
		P5	70.64	57.83	27.86	15.50	42.87	33.86	9.63	47.62	71.53	76.05	33.06	28.05
		P95	85.69	73.05	34.42	23.86	51.71	42.71	14.04	56.11	79.69	93.42	51.17	50.60
	หญิง	MEAN	77.80	66.53	30.63	20.41	45.93	36.43	13.33	51.43	74.34	81.98	41.64	35.71
		SD	4.07	3.64	1.88	3.34	2.28	3.06	1.79	2.77	3.76	4.78	5.13	5.98
		P5	72.18	62.23	27.97	15.95	42.79	32.47	10.71	48.06	70.86	75.37	33.92	28.15
		P95	83.55	72.77	33.12	25.56	48.89	41.52	15.97	55.51	81.79	91.34	51.10	49.27

หมายเหตุ ค่าสัดส่วนลำดับที่ 1 – 12 เป็นหน่วยเซนติเมตร

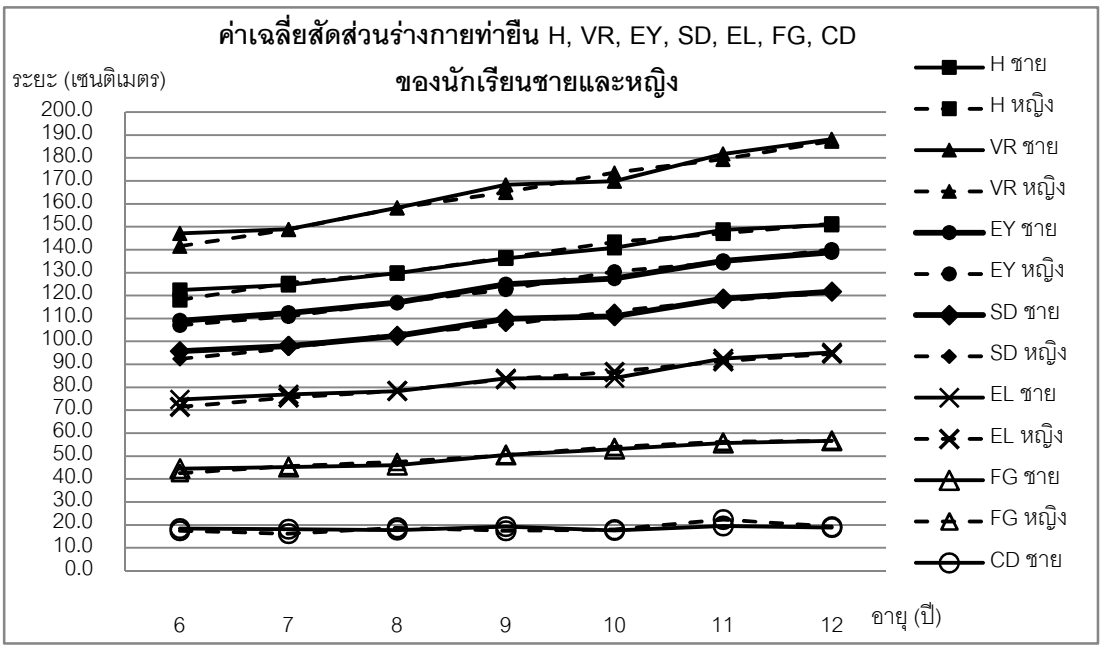
โดยที่ 1.SI คือ ความสูงขณะนั่ง 2.EE คือ ความสูงระดับสายตาขณะนั่ง
3.SE คือ ความสูงจากหัวไหล่ถึงข้อศอก 4.ER คือ ความสูงระยะพักศอกถึงพื้นที่นั่ง
5.KN คือ ความสูงระดับหัวเข่าขณะนั่ง 6.PO คือ ความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่ง
7.TH คือ ความหนาของต้นขา 8.BK คือ ความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่า
9.UL คือ ระยะไหล่ถึงปลายนิ้วขณะยืดแขน 10.BH คือ ระยะจากก้นกบถึงส้นเท้า
11.EB คือ ความกว้างระหว่างข้อศอก 12.HB คือ ความกว้างสะโพก

ตารางที่ 4.3 เห็นได้ว่าสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 6 – 12 ปี ในท่านั่งทั้ง 12 สัดส่วนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุเปลี่ยนแปลงไปเช่นเดียวกันกับสัดส่วนในท่ายืนและในช่วงอายุเท่ากันเด็กนักเรียนชายกับหญิงจะมีระยะสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันแต่สำหรับสัดส่วนความหนาต้นขาข้อมูลจากการวัดมีค่าประมาณ 11 -14 เซนติเมตรตลอดช่วงอายุที่ทำการวิจัยไม่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเหมือนสัดส่วนอื่นๆ

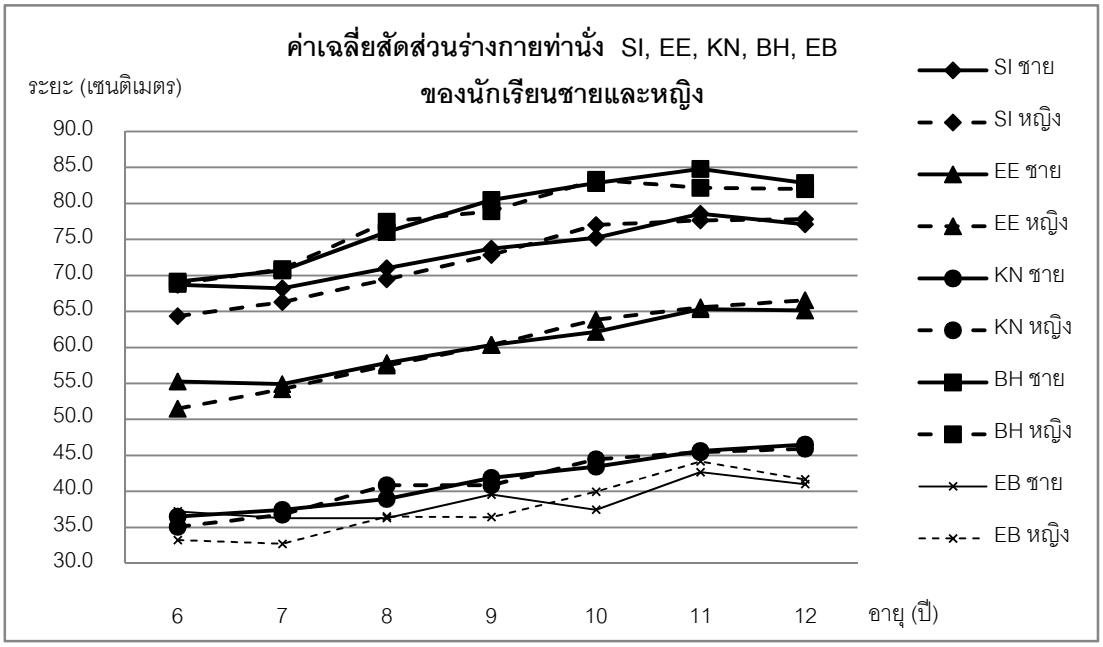
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไป

หลังจากทราบค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงในแต่ละช่วงอายุ ทำการสร้างภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายในหน่วยเซนติเมตรกับอายุในหน่วยปีดังภาพที่ 4.2 สำหรับสัดส่วนร่างกายในท่ายืน ภาพที่ 4.3 สำหรับสัดส่วนร่างกายในท่านั่ง ภาพที่ 4.4 สำหรับสัดส่วนร่างกายในท่านั่งที่ใช้สำหรับออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียน และภาพที่ 4.5 สำหรับน้ำหนักร่างกาย

ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายในท่ายืนของนักเรียนชายและหญิงสังเกตได้ว่า สัดส่วน H, VR, EY, SD, EL และ FG ในเด็กนักเรียนชายและหญิงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยการเพิ่มขึ้นของข้อมูลมีลักษณะเป็นเชิงเส้น คือ เมื่ออายุเพิ่มขึ้นระยะสัดส่วนนั้นๆก็เพิ่มขึ้นด้วยเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือแปรผันตามกันแต่สำหรับสัดส่วน CD หรือ ความหนาหน้าอก ทั้งชายและหญิงตลอดช่วงอายุ 6 – 12 ปี มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงน้อยโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 16 – 20 เซนติเมตร ลักษณะการเพิ่มขึ้นของข้อมูลจึงไม่น่ามีลักษณะเป็นเชิงเส้น



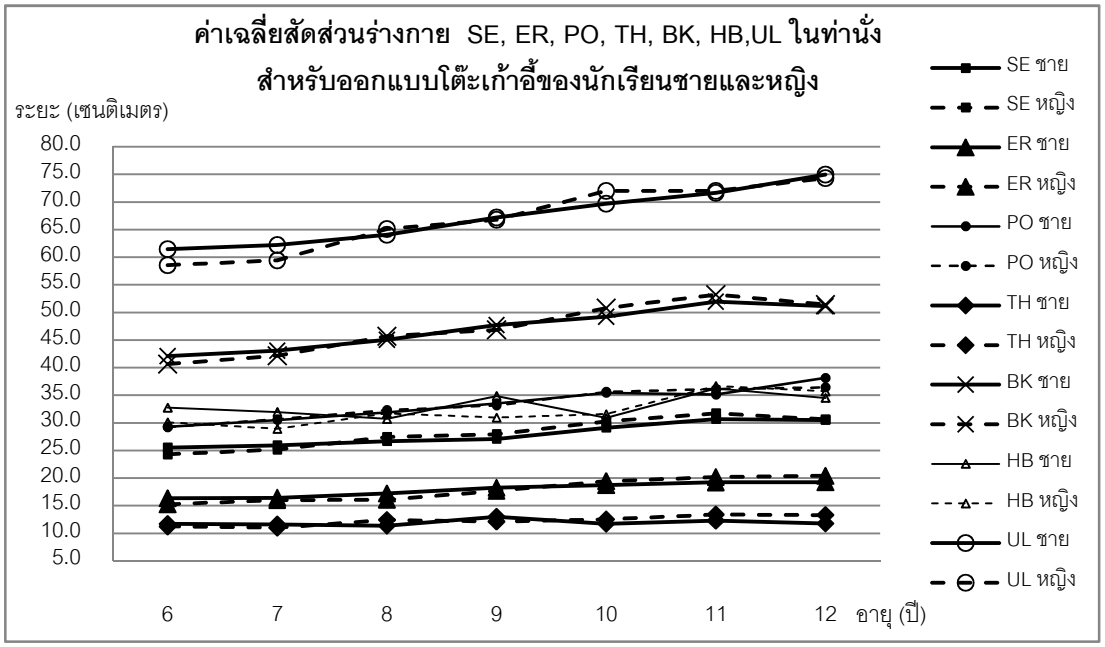
ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิง
กับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายในท่ายืน



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิง
กับค่าเฉลี่ยสัดส่วน SI, EE, KN, BH, EB ในท่านั่ง

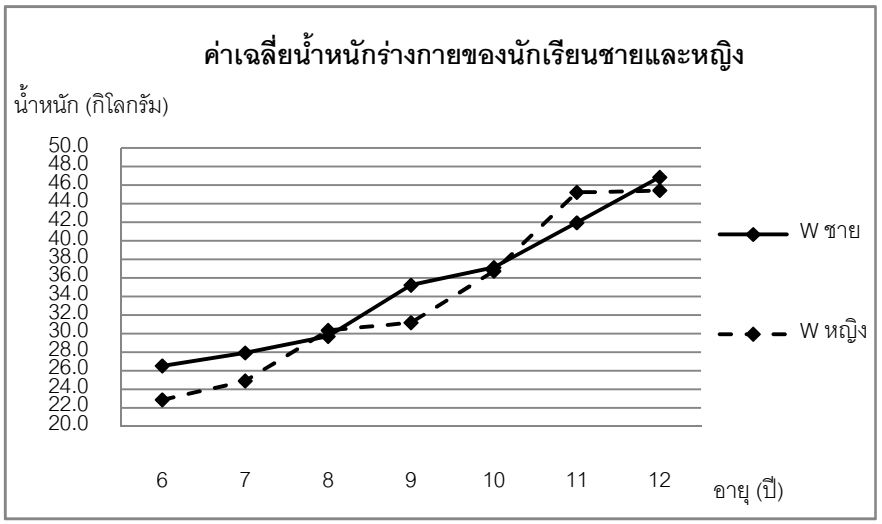
ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกาย SI, EE, KN, BH, EB ในท่านั่งของนักเรียนชายและหญิงสังเกตได้ว่าทุกสัดส่วนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นของข้อมูลมีลักษณะเป็นเชิงเส้น คือทั้งอายุกับสัดส่วนเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน หรือแปรผันตามกันแต่ในสัดส่วนความสูงขณะนั่ง (SI) ข้อมูลในช่วงอายุ 12 ปีลดต่ำลงอาจ

เนื่องมาจากขณะเก็บข้อมูลนักเรียนนั่งหลังไม่ตรงหรืองอตัว สัดส่วนระยะจากก้นกบถึงส้นเท้าขณะนั่ง (BH) ในช่วงอายุ 12 ปีมีค่าน้อยกว่าอายุ 11 ปี อาจเกิดจากขั้นตอนเก็บข้อมูลเนื่องจากท่านี้นักเรียนต้องยืดขาเหยียดตรงให้ขนานกับพื้นห้ามงอขาโดยเด็ดขาดซึ่งนักเรียนบางคนไม่สามารถทำได้แต่จำเป็นต้องเก็บข้อมูลจึงอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล สัดส่วนความกว้างระหว่างข้อศอก (EB) ข้อมูลมีลักษณะขึ้นลงอย่างเห็นได้ชัด ลักษณะการเพิ่มขึ้นของข้อมูลจึงไม่น่าเป็นเชิงเส้น



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุของนักเรียนชายและหญิงกับค่าเฉลี่ยสัดส่วน SE, ER, PO, TH, BK, HB, UL ในท่านั่งที่ใช้สำหรับออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียน

จากภาพที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายในท่านั่ง 7 สัดส่วนที่มีความสำคัญต่อการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้นักเรียน ในช่วงอายุ 6 – 9 ปี พบว่าขนาดสัดส่วนร่างกายมีค่าใกล้เคียงกันเปลี่ยนแปลงขึ้นหรือลงไม่มากนักแต่เมื่อเข้าสู่ช่วงอายุ 10 ปี สัดส่วนร่างกายเพิ่มมากขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างชัดเจนแต่เมื่อมองภาพรวมของข้อมูลแล้วเห็นได้ว่าข้อมูลมีการเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้น ยกเว้นสัดส่วนความกว้างสะโพก (HB) และความหนาต้นขา (TH) ของทั้งชายและหญิงตลอดช่วงอายุ 6 – 12 ปี มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยคืออยู่ระหว่าง 28 - 37 เซนติเมตร และ 11 -14 เซนติเมตรตามลำดับ ไม่ได้มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเหมือนสัดส่วนอื่นๆดังนั้นลักษณะการเพิ่มขึ้นของข้อมูลความกว้างสะโพกและความหนาต้นขาจึงไม่น่าเป็นเชิงเส้น



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของนักเรียนชายและหญิง

จากภาพที่ 4.5 เห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของนักเรียนชายและหญิงเพิ่มขึ้น เมื่ออายุมากขึ้นโดยมีลักษณะแปรผันตามกันหรือกล่าวได้ว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้นโดยในช่วงอายุ 6 – 9 ปี เด็กจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเรื่อยๆและมีการเพิ่มขึ้นอย่างสูงในช่วงอายุ 10 -12 ปี

ภายหลังจากทราบค่าทางสถิติและรูปแบบความสัมพันธ์ของสัดส่วนร่างกาย่ทั้ง 20 สัดส่วนกับอายุแล้ว ทำการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างเด็กนักเรียนชายกับหญิงว่าสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงแตกต่างกันหรือไม่ หลังจากนั้นหาอัตราส่วนสัดส่วนร่างกายกับข้อมูลด้านความสูงว่ามีขนาดเป็นเท่าใดซึ่งถือเป็นการนำไปประยุกต์ใช้แบบง่ายเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น จากนั้นสร้างสมการหาขนาดสัดส่วนร่างกายที่เหมาะสมให้กับเด็กนักเรียนชายและหญิง เพื่อนำไปใช้ทำนายระยะสัดส่วนร่างกายจากข้อมูลพื้นฐานที่สถานศึกษานิยมเก็บข้อมูลไว้ คือ ข้อมูลพื้นฐานด้านความสูงและน้ำหนักร่างกายเป็นหลัก ซึ่งถ้าผลการทดสอบความแตกต่างของระยะสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายกับหญิงไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าเราสามารถใช้สมการในการทำนายระยะสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายกับหญิงเป็นสมการเดียวกันได้ โดยแบ่งหัวข้อในการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิง
2. การหาขนาดสัดส่วนร่างกายโดยใช้อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูง
3. การหาขนาดสัดส่วนร่างกายโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์จากข้อมูลพื้นฐานด้านความสูงและน้ำหนักในรูปแบบสมการความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นและสมการความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณ

4. ผลการเปรียบเทียบการหาขนาดสัดส่วนร่างกายโดยใช้อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงกับการใช้สมการทางคณิตศาสตร์

4.4 การเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิง

เปรียบเทียบขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิงจำนวน 20 สัดส่วน โดยนำค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนต่างๆ ทั้งเด็กชายและเด็กหญิงมาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีทดสอบแบบ 2 Sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05) แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.4 สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

เมื่อ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชาย

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนหญิง

ผลการทดสอบ

Accept : ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 เมื่อ P-Value มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ α (0.05)แสดงถึงค่าเฉลี่ยของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายกับเด็กนักเรียนหญิงไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ

Reject : ยอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 เมื่อ P-Value มีค่าน้อยกว่า α (0.05) แสดงถึงค่าเฉลี่ยของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายกับเด็กนักเรียนหญิงแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.4 ค่า P-Value จากการทดสอบแบบ 2 Sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05) ของเด็กนักเรียนชายและหญิงในแต่ละช่วงอายุ

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ค่า P-Value						
		อายุ 6 ปี	อายุ 7 ปี	อายุ 8 ปี	อายุ 9 ปี	อายุ 10 ปี	อายุ 11 ปี	อายุ 12 ปี
1	H	***0.005***	0.504	0.980	0.845	0.226	0.540	0.840
2	VR	***0.013***	0.945	0.978	0.171	0.460	0.453	0.761
3	EY	0.163	0.342	0.958	0.230	0.263	0.729	0.533
4	SD	***0.004***	0.542	0.493	0.158	0.435	0.707	0.867
5	EL	***0.000***	0.234	0.979	0.759	0.437	0.433	0.684
6	FG	***0.021***	0.579	0.105	0.916	0.388	0.631	0.955
7	CD	0.053	***0.003***	0.144	***0.006***	0.625	***0.000***	0.387

หมายเหตุ แบบอักษรเอียงหนา คือ มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ค่า P-Value จากการทดสอบแบบ 2 Sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05) ของเด็กนักเรียนชายและหญิงในแต่ละช่วงอายุ

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ค่า P-Value						
		อายุ 6 ปี	อายุ 7 ปี	อายุ 8 ปี	อายุ 9 ปี	อายุ 10 ปี	อายุ 11 ปี	อายุ 12 ปี
8	SI	***0.000***	0.051	0.071	0.388	0.200	0.506	0.579
9	EE	***0.000***	0.440	0.655	0.995	0.226	0.829	0.210
10	SE	***0.013***	0.089	0.114	0.094	0.087	0.175	0.818
11	ER	***0.019***	0.396	***0.015***	0.314	0.229	0.099	0.188
12	KN	***0.016***	0.360	***0.003***	0.141	0.179	0.896	0.483
13	PO	0.864	0.750	0.423	0.543	0.776	0.435	0.054
14	TH	0.286	0.205	***0.012***	0.053	0.127	***0.012***	***0.002***
15	BK	0.051	0.173	0.354	0.314	0.135	0.179	0.726
16	UL	***0.005***	***0.007***	0.211	0.733	0.100	0.779	0.544
17	BH	0.785	0.887	0.313	0.316	0.800	0.132	0.614
18	EB	***0.000***	***0.003***	0.861	***0.010***	0.074	0.313	0.680
19	HB	***0.001***	***0.005***	0.377	***0.005***	0.579	0.795	0.510
20	W	***0.000***	***0.034***	0.700	0.063	0.876	0.156	0.716

หมายเหตุ แบบอักษรเอียงหนา คือ มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05

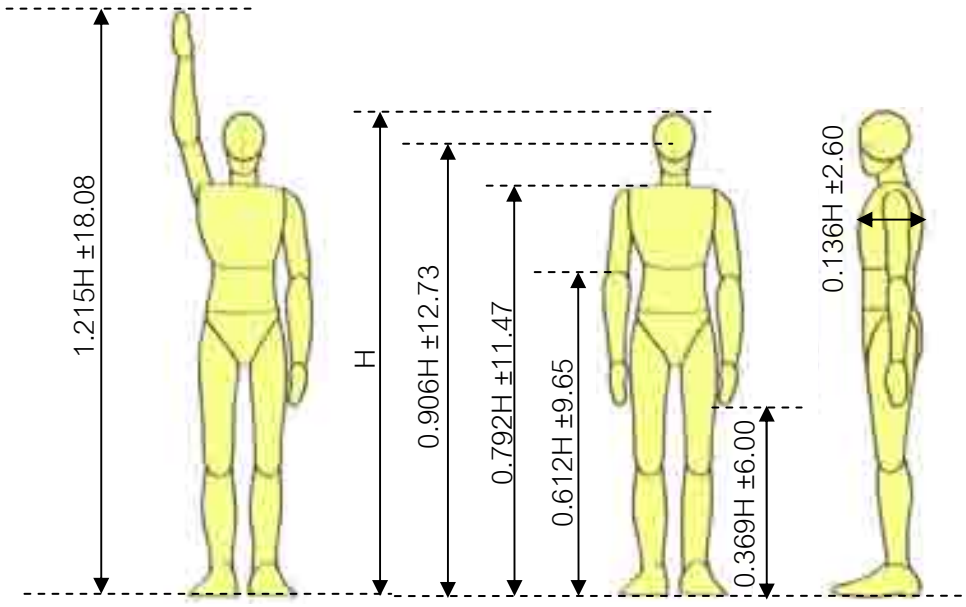
จากตารางที่ 4.4 ค่า P-Value จากการทดสอบแบบ 2 Sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05) ของเด็กนักเรียนชายและหญิงแยกทดสอบตามช่วงอายุทั้ง 20 สัดส่วน เห็นได้ว่าช่วงอายุ 6 ปี ค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายกับเด็กนักเรียนหญิงแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญถึง 14 สัดส่วน แต่ในช่วงอายุอื่นค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายกับหญิงแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญไม่กี่สัดส่วน และในช่วงอายุ 10 ปีค่าเฉลี่ยของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายกับหญิงไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญในทุกสัดส่วน สัดส่วน EY, PO, BK และ BH เป็นสัดส่วนที่ทุกช่วงอายุของเด็กนักเรียนชายกับหญิงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นการสร้างสมการคณิตศาสตร์เพื่อหาขนาดสัดส่วนร่างกายสำหรับเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิงที่ผลการทดสอบ 2 Sample t-test เป็นยอมรับ H_0 นั่นคือสามารถใช้รูปแบบสมการเดียวกันได้ แต่ถ้าผลการทดสอบ 2 Sample t-test เป็นปฏิเสธ H_0 ควรสร้างสมการคณิตศาสตร์สำหรับเด็กนักเรียนชายกับหญิงแยกออกจากกัน แต่เมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดด้าน

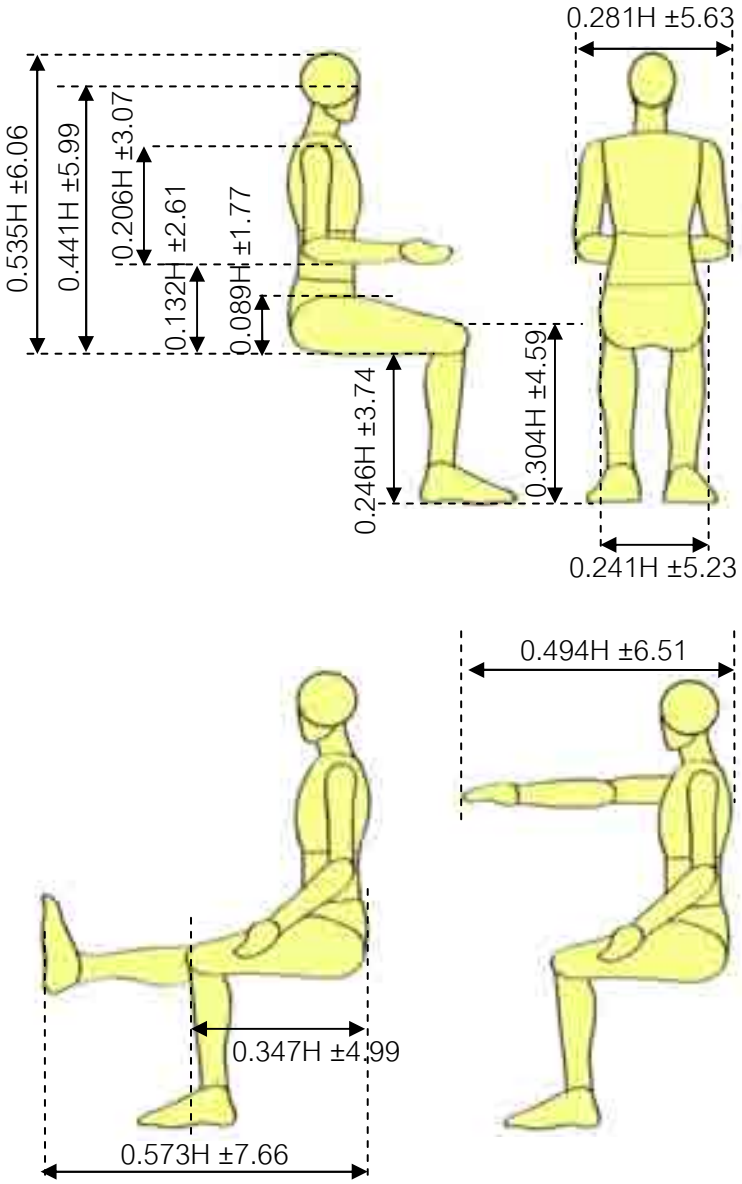
การนำไปใช้งานเพื่อการออกแบบเครื่องเรือนในห้องเรียนซึ่งส่วนมากมักใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งในสถานศึกษาส่วนมากจะออกแบบให้ทั้งเด็กนักเรียนชายและหญิงใช้โต๊ะและเก้าอี้เรียนในรูปแบบเดียวกันไม่ได้มีการแยกขนาดเก้าอี้และโต๊ะเรียนออกเป็นชายกับหญิงนั่งคนละขนาดและเมื่อกลับไปพิจารณาถึงข้อมูลที่เก็บมาเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงที่ผลการทดสอบทางสถิติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความแตกต่างของข้อมูลดิบมีไม่มากและไม่ได้ส่งผลกระทบต่อการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนจนถึงขั้นทำให้เกิดอันตรายในการใช้งานได้ ผู้วิจัยจึงขอเลือกสร้างสมการคณิตศาสตร์ในรูปแบบเดียวกันเพื่อใช้ทำนายสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงร่วมกัน

4.5 การหาขนาดสัดส่วนร่างกายโดยใช้อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูง

หาค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆ ของร่างกายในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ของความสูงร่างกาย ซึ่งช่วยให้นำไปใช้งานได้ง่ายและสะดวกมากกว่าการใช้ข้อมูลการวัดสัดส่วนที่เป็นส่วนบุคคลโดยตรง โดยลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกายในงานวิจัยนี้แสดงดังภาพที่ 4.6 สำหรับท่ายืนและภาพที่ 4.7 สำหรับท่านั่ง



ภาพที่ 4.6 อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงในท่ายืน



ภาพที่ 4.7 อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงในท่านั่ง

จากภาพที่ 4.6 และภาพที่ 4.7 แสดงอัตราส่วนระหว่างความยาวของสัดส่วนร่างกายในตำแหน่งที่สนใจเทียบกับความสูงของร่างกายโดยแสดงค่าในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ของความสูงและค่าความคลาดเคลื่อนในหน่วยเซนติเมตร ซึ่งผู้นำไปใช้งานสามารถใช้ข้อมูลพื้นฐานด้านความสูงของร่างกายเพียงข้อมูลเดียวแต่สามารถทำนายขนาดสัดส่วนร่างกายในตำแหน่งอื่นๆที่สนใจได้

4.6 การหาขนาดสัดส่วนร่างกายโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์จากข้อมูลพื้นฐานด้านความสูงและน้ำหนักในรูปแบบสมการความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นและสมการความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณ

การออกแบบเครื่องเรือนในห้องเรียนให้เหมาะกับขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนตามแนวทางการยศาสตร์นั้นจำเป็นต้องรู้ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของผู้ใช้ซึ่งการหาข้อมูลดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธีตั้งแต่การวัดโดยตรงจากกลุ่มประชากรตัวอย่างในโรงเรียน การใช้ค่ามาตรฐานสัดส่วนร่างกายรวมถึงการใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์แต่ละวิธีมีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป งานวิจัยนี้ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายกับข้อมูลพื้นฐานที่โรงเรียนมี คือ ส่วนสูงและน้ำหนักของนักเรียนว่าแต่ละสัดส่วนมีความสัมพันธ์กับส่วนสูงและน้ำหนักอย่างไร สมการถดถอยเชิงเส้นและสมการความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณถูกนำมาใช้หาความสัมพันธ์ดังกล่าวเพื่อความสะดวกต่อการใช้งานจริงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สมการถดถอยเชิงเส้น, ค่าความคลาดเคลื่อน, ค่า P-Value, ค่า R^2 และขอบเขตของสมการ

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	สมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression)	ค่าความคลาดเคลื่อน (± เซนติเมตร)	P-Value	ค่า R^2	ขอบเขตของสมการ
1	H	ตัวแปรต้น	-		-	112.1 ≤ H ≤ 169.8
2	VR	VR = - 17.5 + 1.34 H	6.59	0.000	86.70%	123.68 ≤ VR ≤ 207.85
		VR = 123 + 1.22 W	12.4	0.000	52.70%	
		VR = - 10.7 + 1.26 H + 0.132 W	***6.53***	***0.000***	***87.00%***	
3	EY	EY = - 9.30 + 0.975 H	3.64	0.000	91.80%	96.98 ≤ EY ≤ 156.71
		EY = 92.9 + 0.880 W	8.56	0.000	54.90%	
		EY = - 5.15 + 0.924 H + 0.0800 W	***3.59***	***0.000***	***92.10%***	
4	SD	SD = - 9.13 + 0.860 H	3.97	0.000	88.00%	83.29 ≤ SD ≤ 139.01
		SD = 81.1 + 0.771 W	7.95	0.000	52.00%	
		SD = - 6.05 + 0.822 H + 0.0594 W	***3.95***	***0.000***	***88.20%***	
5	EL	***EL = - 8.50 + 0.675 H***	***4.67***	***0.000***	***76.60%***	48.63 ≤ EL ≤ 111.43
		EL = 62.9 + 0.589 W	7.30	0.000	42.90%	
		EL = - 7.91 + 0.668 H + 0.0114 W	4.68	0.000	76.60%	
6	FG	FG = - 9.33 + 0.438 H	2.43	0.000	83.60%	37.50 ≤ FG ≤ 65.92
		FG = 36.5 + 0.397 W	4.22	0.000	50.50%	
		FG = - 7.22 + 0.412 H + 0.0406 W	***2.41***	***0.000***	***83.90%***	

หมายเหตุ แบบอักษรเอียงหนา หมายถึง สมการที่ให้ค่า R^2 สูง

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) สมการถดถอยเชิงเส้น, ค่าความคลาดเคลื่อน, ค่า P-Value, ค่า R^2 และขอบเขตของสมการ

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	สมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression)	ค่าความคลาดเคลื่อน (± เซนติเมตร)	P-Value	ค่า R^2	ขอบเขตของสมการ
7	CD	CD = 8.48 + 0.0733 H	2.52	0.000	11.70%	10.72 ≤ CD ≤ 25.85
		CD = 14.1 + 0.125 W	2.33	0.000	24.80%	
		CD = 15.6 - 0.0133 H + 0.136 W	***2.33***	***0.000***	***25.00%***	
8	SI	SI = 16.4 + 0.414 H	3.14	0.000	73.10%	53.96 ≤ SI ≤ 87.61
		SI = 59.2 + 0.389 W	4.39	0.000	47.50%	
		SI = 20.0 + 0.370 H + 0.0689 W	***3.11***	***0.000***	***73.70%***	
9	EE	EE = 2.55 + 0.422 H	2.81	0.000	78.00%	43.09 ≤ EE ≤ 75.40
		EE = 46.0 + 0.404 W	4.13	0.000	52.40%	
		EE = 6.98 + 0.368 H + 0.0853 W	***2.74***	***0.000***	***79.00%***	
10	SE	***SE = 0.303 + 0.204 H***	***1.69***	***0.000***	***69.40%***	21.28 ≤ SE ≤ 37.22
		SE = 21.8 + 0.182 W	2.36	0.000	40.80%	
		SE = 0.98 + 0.196 H + 0.0129 W	1.69	0.000	69.40%	
11	ER	ER = - 1.14 + 0.140 H	1.93	0.000	45.20%	11.41 ≤ ER ≤ 26.64
		ER = 13.0 + 0.143 W	2.11	0.000	34.50%	
		ER = 1.34 + 0.110 H + 0.0478 W	***1.90***	***0.000***	***47.00%***	
12	KN	KN = - 3.66 + 0.331 H	1.97	0.000	81.50%	30.99 ≤ KN ≤ 53.63
		KN = 30.5 + 0.314 W	3.11	0.000	54.00%	
		KN = - 0.44 + 0.292 H + 0.0619 W	***1.92***	***0.000***	***82.40%***	
13	PO	***PO = 2.50 + 0.227 H***	***2.43***	***0.000***	***57.70%***	20.99 ≤ PO ≤ 44.63
		PO = 26.5 + 0.199 W	3.07	0.000	32.60%	
		PO = 2.83 + 0.223 H + 0.0063 W	2.44	0.000	57.70%	
14	TH	TH = 4.91 + 0.0529 H	1.64	0.000	14.00%	6.96 ≤ TH ≤ 19.06
		TH = 9.36 + 0.0795 W	1.55	0.000	23.20%	
		TH = 8.80 + 0.00521 H + 0.0750 W	***1.55***	***0.000***	***23.30%***	
15	BK	BK = - 0.03 + 0.347 H	2.45	0.000	75.80%	34.60 ≤ BK ≤ 60.09
		BK = 35.1 + 0.351 W	3.28	0.000	56.90%	
		BK = 5.78 + 0.276 H + 0.112 W	***2.32***	***0.000***	***78.40%***	
16	UL	UL = 6.18 + 0.448 H	3.30	0.000	74.20%	49.58 ≤ UL ≤ 86.20
		UL = 52.0 + 0.437 W	4.51	0.000	52.10%	
		UL = 12.0 + 0.377 H + 0.111 W	***3.21***	***0.000***	***75.70%***	
17	BH	BH = 10.1 + 0.498 H	4.45	0.000	66.30%	61.01 ≤ BH ≤ 99.11
		BH = 61.8 + 0.463 W	5.83	0.000	42.10%	
		BH = 13.8 + 0.453 H + 0.0709 W	***4.42***	***0.000***	***66.70%***	

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) สมการถดถอยเชิงเส้น, ค่าความคลาดเคลื่อน, ค่า P-Value, ค่า R^2 และขอบเขตของสมการ

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	สมการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression)	ค่าความคลาดเคลื่อน (± เซนติเมตร)	P-Value	ค่า R^2	ขอบเขตของสมการ
18	EB	EB = 1.23 + 0.272 H	4.48	0.000	36.50%	26.42 ≤ EB ≤ 52.93
		EB = 26.7 + 0.331 W	4.36	0.000	39.90%	
		EB = 12.3 + 0.136 H + 0.214 W	***4.22***	***0.000***	***44.00%***	
19	HB	HB = 6.36 + 0.193 H	4.63	0.000	21.50%	21.09 ≤ HB ≤ 52.36
		HB = 23.6 + 0.263 W	4.40	0.000	29.20%	
		HB = 17.4 + 0.0578 H + 0.213 W	***4.38***	***0.000***	***30.10%***	
20	W	ตัวแปรต้น	-		-	18.30 ≤ W ≤ 77.50

หมายเหตุ แบบอักษรเอียงหนา หมายถึง สมการที่ให้ค่า R^2 สูง

จากตารางที่ 4.5 การทำนายสัดส่วนร่างกายทั้ง 18 สัดส่วนจากสมการถดถ้อยเชิงเส้น (Linear Regression) ผลลัพธ์ที่ได้จากการเลือกใช้ข้อมูลพื้นฐานคือความสูงและน้ำหนักร่างกายมาสร้างสมการให้ค่า P-Value < 0.05 ทุกสมการ ซึ่งหมายถึงการยอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 นั่นคือข้อมูลพื้นฐานด้านความสูงและน้ำหนักของร่างกายมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ในแต่ละสมการให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่แตกต่างกัน โดยเมื่อใช้ตัวแปรต้นหรือข้อมูลพื้นฐานเพียงตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเข้ามาใช้ในสมการค่า R^2 ที่ได้จะน้อยกว่าการใช้ตัวแปรต้นทั้งสองตัวเข้ามาพิจารณาร่วมกันยกเว้นสัดส่วน EL, SE, และ PO ที่ถึงแม้ว่าใช้ตัวแปรต้นเพียงตัวแปรเดียวในการทำนายแต่ให้ค่า R^2 เท่ากับใช้ตัวแปรต้นทั้งสองตัวนั่นแสดงให้เห็นว่าควรเลือกใช้สมการที่มีตัวแปรต้นเพียงตัวแปรเดียวในการทำนายค่าสัดส่วนนั้นเพื่อช่วยลดจำนวนข้อมูลของตัวแปรต้นลง

สัดส่วนร่างกายส่วนมากที่มีลักษณะเป็นรยางค์ของร่างกายหรือมีการขยายในทิศทางเดียวกันกับความสูงของร่างกาย เช่น ความสูงระดับไหล่ขณะยืน (SD) จะมีค่า R^2 สูงเมื่อเลือกใช้สมการที่ทำนายด้วยความสูงร่างกายมาใช้แต่สัดส่วนร่างกายในบริเวณที่สะสมไขมัน เช่น ความกว้างสะโพก (HB) จะมีค่า R^2 สูงเมื่อเลือกใช้สมการที่ทำนายด้วยน้ำหนักร่างกายมาใช้แต่สำหรับการนำสมการไปใช้งานผู้ใช้งานควรเลือกใช้สมการตามที่ตนเองมีข้อมูลอยู่โดยพิจารณาถึงลักษณะงานที่ทำการออกแบบว่าต้องการค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงมากน้อยเพียงใดและพิจารณาร่วมกับขอบเขตของสมการและค่าความคลาดเคลื่อนที่สามารถเกิดขึ้นได้

สำหรับสัดส่วน CD, SE, ER, PO, TH, BH, EB และ HB ถึงแม้ว่าใช้ตัวแปรต้นทั้งความสูงและน้ำหนักร่างกายเข้าพิจารณาร่วมกันแต่ยังให้ค่า R^2 ที่ต่ำ (น้อยกว่า 70%) ผู้วิจัยได้ทดลองสร้างสมการเชิงเส้นโดยแยกออกเป็นช่วงอายุแต่ก็ยังให้ผล R^2 ที่ต่ำอยู่อาจเกิดจากข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากตลอดช่วงอายุที่ทำการวิจัยหรือสัดส่วนนั้นไม่ได้มีผลจากการเปลี่ยนแปลง

ของความสูงหรือน้ำหนักร่างกาย ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าสัดส่วน CD, SE, ER, PO, TH, BH, EB และ HB ไม่เหมาะแก่การนำมาสร้างสมการถดถ้อยเชิงเส้นที่ใช้ความสูงและน้ำหนักเป็นตัวแปรต้น เนื่องจากให้ค่า R^2 น้อยกว่า 70%

4.7 ผลการเปรียบเทียบการหาขนาดสัดส่วนร่างกายโดยใช้อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงกับการใช้สมการทางคณิตศาสตร์

จากการหาขนาดสัดส่วนร่างกายในตำแหน่งต่างๆด้วย 2 วิธีที่กล่าวมาข้างต้นในหัวข้อ 4.5 และ 4.6 คือ 1.การหาขนาดสัดส่วนร่างกายโดยใช้อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูง ดังภาพที่ 4.6 และ 4.7 2.การหาขนาดสัดส่วนร่างกายโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์จากข้อมูลพื้นฐานด้านความสูงและน้ำหนักในรูปแบบสมการความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นและสมการความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณดังตารางที่ 4.5 ทั้ง 2 วิธีสามารถช่วยทำนายหาขนาดสัดส่วนร่างกายอีก 18 สัดส่วนที่สนใจได้เช่นกันต่างกันที่วิธีแรกใช้งานได้ง่ายและสะดวกกว่าวิธีที่สองเนื่องจากใช้ข้อมูลพื้นฐานด้านความสูงเพียงอย่างเดียวมาใช้ในการคำนวณ แต่วิธีที่สองมีการคำนวณที่ยุ่งยากกว่าเนื่องจากต้องใช้ข้อมูลน้ำหนักร่างกายเข้าร่วมด้วยแต่วิธีนี้จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่น้อยกว่าวิธีแรก รวมถึงทำการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ว่าทั้ง 2 วิธีให้ผลการทดลองทางสถิติที่แตกต่างกันหรือไม่โดยวิธี Pair t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05) แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 4.6

สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

เมื่อ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีเทียบอัตราส่วน

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการคณิตศาสตร์

ผลการทดสอบ

Accept : ยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 เมื่อ P-Value มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ α (0.05) แสดงถึงค่าเฉลี่ยของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนที่ได้จากการคำนวณทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ

Reject : ยอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 เมื่อ P-Value มีค่าน้อยกว่า α (0.05) แสดงถึงค่าเฉลี่ยของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนที่ได้จากการคำนวณทั้งสองวิธีแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติระหว่างวิธีหาขนาดสัดส่วนร่างกายโดยใช้อัตราส่วนของสัดส่วนร่างกายเทียบกับความสูงกับการใช้สมการทางคณิตศาสตร์

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ตัวอักษรแทน	ค่า P-Value	ผลการทดสอบ
1	ระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะ (Vertical reach height, Standing)	VR	0.790	ยอมรับ H_0
2	ความสูงระดับสายตาขณะยืน (Eye height, Standing)	EY	0.287	ยอมรับ H_0
3	ความสูงระดับไหล่ (Shoulder height, Standing)	SD	0.117	ยอมรับ H_0
4	ความสูงระดับข้อศอก (Elbow height, Standing)	EL	0.117	ยอมรับ H_0
5	ความสูงระดับนิ้วมือ (Finger height, Standing)	FG	0.568	ยอมรับ H_0
6	ความหนาหน้าอก (Chest depth, Standing)	CD	0.942	ยอมรับ H_0
7	ความสูงขณะนั่ง (Sitting height)	SI	0.513	ยอมรับ H_0
8	ความสูงระดับสายตาขณะนั่ง (Eye height, Sitting)	EE	0.977	ยอมรับ H_0
9	ความสูงจากหัวไหล่ถึงข้อศอก (Shoulder – Elbow height, Sitting)	SE	0.000	ปฏิเสธ H_0
10	ความสูงระยะพักศอกถึงพื้นที่นั่ง (Elbow rest height, Sitting)	ER	0.942	ยอมรับ H_0
11	ความสูงระดับหัวเข่าขณะนั่ง (Knee height, Sitting)	KN	0.029	ปฏิเสธ H_0
12	ความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่ง (Popliteal height, Sitting)	PO	0.000	ปฏิเสธ H_0
13	ความหนาของต้นขา (Thigh clearance height, Sitting)	TH	0.926	ยอมรับ H_0
14	ความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่าด้านหน้า (Buttock-knee length, Sitting)	BK	0.858	ยอมรับ H_0
15	ระยะไหล่ถึงปลายนิ้วขณะยืดแขน (Upper limb length, Sitting)	UL	0.144	ยอมรับ H_0
16	ระยะจากก้นกบถึงส้นเท้า (Buttock-Heel length, Sitting)	BH	0.228	ยอมรับ H_0
17	ความกว้างระหว่างข้อศอก (Elbow-elbow breadth, Sitting)	EB	0.729	ยอมรับ H_0
18	ความกว้างสะโพก (Hip breadth, Sitting)	HB	0.072	ยอมรับ H_0

จากตารางที่ 4.6 เห็นได้ว่าผลการทดสอบโดยวิธี Pair t-test ส่วนใหญ่เป็นยอมรับ H_0 นั่นคือค่าเฉลี่ยของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนที่ได้จากการคำนวณทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นสัดส่วนความสูงจากหัวไหล่ถึงข้อศอก, ความสูงระดับหัวเข่าขณะนั่งและความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่งให้ผลการทดสอบเป็นปฏิเสธ H_0 แสดงถึงค่าเฉลี่ยของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนที่ได้จากการคำนวณทั้งสองวิธีแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ นอกเหนือจากผลการทดสอบดังกล่าวผู้นำสมการทำนายไปใช้งานควรคำนึงถึงข้อมูลพื้นฐานที่ตนเองมีอยู่และค่าความความเคลื่อนที่สามารถยอมรับได้เพื่อเลือกใช้งานให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

4.8 การนำข้อมูลสัดส่วนร่างกายไปใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียน

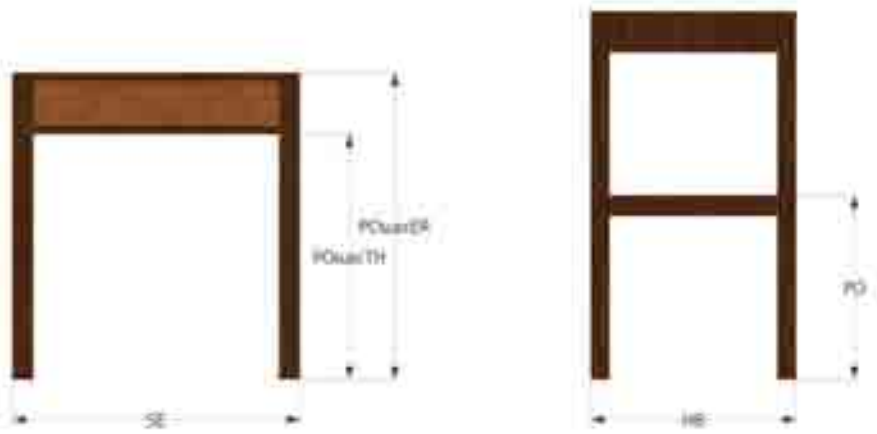
การออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนจำเป็นต้องนำข้อมูลสัดส่วนร่างกายมาใช้เพื่อให้การออกแบบมีความเหมาะสมกับสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนในช่วงอายุนั้นๆ สัดส่วนที่นำมาใช้ในการออกแบบประกอบไปด้วย 7 สัดส่วนหลักคือ ความสูงจากหัวไหล่ถึงข้อศอกขณะนั่ง(SE), ความ

สูงระยะพักศอกถึงพื้นที่นั่ง (ER), ความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่ง (PO), ความหนาของต้นขา (TH), ความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่าด้านหน้าขณะนั่ง (BK), ความกว้างสะโพก (HB) และ ระยะไหล่ถึงปลายนิ้วขณะยืดแขนในท่านั่ง (UL) โดยขนาดของแต่ละสัดส่วนแสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 95 ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของสัดส่วนร่างกายที่ใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้สำหรับนักเรียนอายุ 6 - 12 ปี

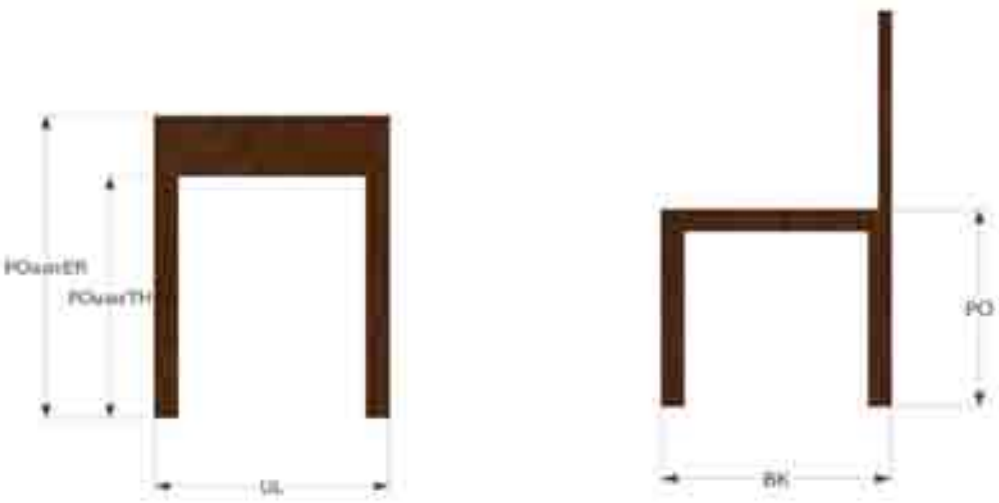
อายุ	ค่าทางสถิติ	สัดส่วนร่างกายสำหรับออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียน หน่วย เซนติเมตร						
		SE	ER	PO	TH	BK	UL	HB
6	Mean	24.92	15.82	29.27	11.46	41.40	60.04	31.43
	P5 / 95	21.63 / 27.85	13.56 / 18.16	26.40 / 32.01	8.86 / 13.62	36.93 / 45.16	53.58 / 65.36	27.52 / 36.01
	Min / Max	21.28 / 29.17	12.83 / 21.18	24.81 / 33.33	6.96 / 14.07	34.60 / 46.17	49.58 / 67.93	26.04 / 36.69
7	Mean	25.53	16.24	30.58	11.29	42.63	60.81	30.41
	P5 / 95	22.92 / 27.89	12.94 / 18.32	27.86 / 33.41	8.58 / 13.64	38.34 / 46.28	54.97 / 65.92	25.06 / 36.35
	Min / Max	22.39 / 28.61	11.41 / 19.64	27.49 / 34.55	7.03 / 13.92	36.66 / 46.99	54.28 / 76.18	23.33 / 43.62
8	Mean	27.07	16.67	32.12	11.90	45.41	64.61	31.21
	P5 / 95	24.78 / 29.74	14.27 / 19.89	29.48 / 35.06	9.29 / 14.15	42.21 / 49.63	60.61 / 68.62	25.70 / 36.85
	Min / Max	22.94 / 30.70	13.54 / 20.35	28.99 / 36.14	7.77 / 14.30	39.95 / 50.49	54.93 / 72.16	25.02 / 41.32
9	Mean	27.55	17.98	33.36	12.56	47.31	67.02	32.90
	P5 / 95	25.16 / 30.95	14.78 / 21.12	30.10 / 36.31	10.33 / 15.63	42.74 / 53.08	62.11 / 73.11	26.69 / 45.31
	Min / Max	24.14 / 34.00	13.71 / 22.13	29.24 / 37.44	9.39 / 17.67	41.46 / 55.87	60.41 / 78.61	22.86 / 47.78
10	Mean	29.65	19.07	35.54	12.11	50.00	70.83	31.22
	P5 / 95	25.72 / 33.80	14.85 / 22.56	32.22 / 39.06	9.38 / 15.55	44.43 / 56.41	63.98 / 78.61	25.71 / 39.88
	Min / Max	25.00 / 34.77	13.85 / 23.79	30.61 / 41.74	8.78 / 19.06	43.59 / 59.25	61.01 / 83.74	21.09 / 42.18
11	Mean	31.22	19.73	35.63	12.86	52.62	71.85	36.49
	P5 / 95	26.47 / 35.18	16.82 / 23.76	31.38 / 41.45	10.85 / 16.14	47.88 / 57.62	64.50 / 77.03	27.54 / 46.92
	Min / Max	25.12 / 37.22	16.11 / 25.86	20.99 / 42.65	9.05 / 17.21	43.67 / 60.09	63.23 / 86.20	22.07 / 49.35
12	Mean	30.56	19.83	37.28	12.55	51.29	74.64	35.11
	P5 / 95	27.86 / 34.39	15.61 / 25.46	32.52 / 42.69	9.99 / 15.62	47.64 / 56.09	70.90 / 81.11	28.06 / 51.12
	Min / Max	27.36 / 36.34	14.61 / 26.64	31.87 / 44.63	8.79 / 16.04	46.61 / 57.01	70.36 / 84.09	27.26 / 52.36

จากข้อมูลขนาดของสัดส่วนร่างกายทั้ง 7 สัดส่วนในตารางที่ 4.7 แต่ละสัดส่วนมีความสัมพันธ์กับการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนในตำแหน่งต่างๆดังภาพที่ 4.8 และ 4.9



a) โต๊ะเรียน FRONT VIEW b) เก้าอี้เรียน FRONT VIEW

ภาพที่ 4.8 ระยะของโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ออกแบบโดยพิจารณาจากระยะสัดส่วนร่างกาย a) โต๊ะเรียน FRONT VIEW และ b) เก้าอี้เรียน FRONT VIEW



c) โต๊ะเรียน SIDE VIEW d) เก้าอี้เรียน SIDE VIEW

ภาพที่ 4.9 ระยะของโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ออกแบบโดยพิจารณาจากระยะสัดส่วนร่างกาย c) โต๊ะเรียน SIDE VIEW และ d) เก้าอี้เรียน SIDE VIEW

จากภาพที่ 4.8 และ 4.9 แสดงสัดส่วนร่างกายที่นำมาใช้พิจารณาในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้ซึ่งประกอบไปด้วยสัดส่วน SE, ER, PO, TH, BK, UL และ HB โดยแต่ละสัดส่วนนำไปออกแบบโต๊ะและเก้าอี้ในตำแหน่งที่ต่างกันดังนี้

เก้าอี้	ความสูงของที่นั่ง	พิจารณาจากสัดส่วนร่างกายในตำแหน่ง PO
	ความลึกของที่นั่ง	พิจารณาจากสัดส่วนร่างกายในตำแหน่ง BK
	ความกว้างของที่นั่ง	พิจารณาจากสัดส่วนร่างกายในตำแหน่ง HB
	ความกว้างของพนักพิงหลัง	พิจารณาจากสัดส่วนร่างกายในตำแหน่ง HB
โต๊ะ	ความสูงของโต๊ะ	พิจารณาจากสัดส่วนร่างกายในตำแหน่ง ER และ PO
	ความลึกของโต๊ะ	พิจารณาจากสัดส่วนร่างกายในตำแหน่ง UL
	ความกว้างของโต๊ะ	พิจารณาจากสัดส่วนร่างกายในตำแหน่ง SE
	ช่องว่างระหว่างขากับใต้โต๊ะ	พิจารณาจากสัดส่วนร่างกายในตำแหน่ง PO และ TH

4.9 ตัวอย่างการหาขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนสำหรับเด็กนักเรียนอายุ 6 – 12 ปี

ในการออกแบบเก้าอี้สัดส่วนความสูงจากพื้นถึงข้อพับเข่า (Popliteal Height) มีความจำเป็นอย่างมากเพื่อใช้ในการออกแบบความสูงของเก้าอี้โดยต้องไม่สูงกว่าระยะความสูงของข้อพับเข่าของผู้นั่งถ้าหากสูงกว่าผู้นั่งจะไม่สามารถพักเท้าลงบนพื้นได้จะทำให้เกิดแรงกดใต้ขา ทำให้รู้สึกนั่งไม่สบาย จากข้อมูลที่รวบรวมได้สัดส่วนนี้มีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น โดยเด็กนักเรียนช่วงอายุ 6 – 12 ปี มีค่าเฉลี่ยความสูงสัดส่วนนี้คือ 29.27, 30.58, 32.12, 33.36, 35.54, 35.63 และ 37.28 ตามลำดับ สัดส่วนร่างกายที่ใช้ออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนควรพิจารณาถึงลักษณะของกลุ่มนักเรียนแต่ละสถานศึกษาเป็นหลักว่ามีลักษณะทางกายภาพเช่นไรรวมถึงพิจารณาปัจจัยด้าน สภาพแวดล้อม พื้นที่ใช้สอย ค่าใช้จ่าย ความสะดวกสบาย ความเหมาะสมและข้อจำกัดต่างๆ ในการออกแบบด้วย เช่น ต้องการออกแบบเก้าอี้ให้สำหรับนักเรียนส่วนมากนั่งได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ ระยะที่นำมาพิจารณาสำหรับทำความกว้างของที่นั่ง คือ ความกว้างสะโพก ถ้าหากเลือกใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 นั่นหมายความว่ามีนักเรียนประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ที่สามารถนั่งเก้าอี้นี้ได้แบบเต็มก้นและที่เหลืออีก 95 เปอร์เซ็นต์จะนั่งเก้าอี้ได้ไม่เต็มก้น ในทางตรงข้ามหากเลือกใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 มาออกแบบหมายความว่า 95 เปอร์เซ็นต์ของนักเรียนทั้งหมดสามารถนั่งเก้าอี้นี้ได้แต่ถ้าหากนำค่าสูงสุดมาใช้ในการออกแบบนั่นหมายถึงเด็กนักเรียนในกลุ่มอายุที่เราสนใจสามารถนั่งเก้าอี้ได้เต็มก้นทุกคน

จากข้อมูลสัดส่วนร่างกายในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนทั้ง 7 สัดส่วนของกลุ่มประชากรที่สนใจ ต้องการออกแบบออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนให้มีความเหมาะสมกับกลุ่ม

ประชากรนี้มากที่สุด โดยใช้หลักเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มว่าควรมีขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนจำนวนเท่าใด จากข้อมูลสัดส่วนความสูงจากพื้นถึงข้อพับเข่า (Popliteal Height) ใช้การทดสอบสมมติฐานโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธีตูกี (Tukey Method) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (α = 0.05)

สมมุติฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = ... = \mu_k$ หรือ ประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน

$H_1 :$ Not H_0 หรือ ประชากรอย่างน้อย 2 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน

การแปลผล

ยอมรับ H_0 เมื่อ ค่า F ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่า $F_{\alpha,k-1,N-k}$ นั่นคือ ค่าเฉลี่ยสัดส่วนความสูงจากพื้นถึงข้อพับเข่า (Popliteal Height) ทุกช่วงอายุเท่ากัน

ปฏิเสธ H_0 เมื่อค่า F ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า $F_{\alpha,k-1,N-k}$ นั่นคือ มีอย่างน้อย 2 กลุ่มสัดส่วนความสูงจากพื้นถึงข้อพับเข่า (Popliteal Height) ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

One-way ANOVA:

```
Source   DF       SS      MS      F      P
Factor    6  2633.92  438.99  64.74  0.000
Error   353  2393.60    6.78
Total   359  5027.53

                                Individual 95% CIs For Mean Based on
                                Pooled StDev
Level       N    Mean  StDev  ------+---------+---------+---------+---
PO Age 6   52  29.270  1.748  (--*--)
PO Age 7   53  30.584  1.708        (-*--)
PO Age 8   50  32.119  1.687              (-*--)
PO Age 9   52  33.364  2.221                   (-*--)
PO Age 10  52  35.536  2.158                           (--*--)
PO Age 11  51  35.630  4.403                            (--*-)
PO Age 12  50  37.284  3.156                                  (--*--)
                                ------+---------+---------+---------+---
                                   30.0      32.5      35.0      37.5
```

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Tukey Method

```
Grouping Information Using Tukey Method

            N    Mean  Grouping
PO Age 12  50  37.284  A
PO Age 11  51  35.630    B
PO Age 10  52  35.536    B
PO Age 9   52  33.364      C
PO Age 8   50  32.119      C
PO Age 7   53  30.584        D
PO Age 6   52  29.270        D

Means that do not share a letter are significantly different.
```

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของค่าเฉลี่ยสัดส่วนความสูงจากพื้นถึงข้อพับเข่า (Popliteal Height) พบว่าค่าวิกฤตของ F คือ $F_{0.05,\ 6,\ 353}$ = 2.41 เพราะว่า 64.74 > 2.41 นั่นคือค่าเฉลี่ยของสัดส่วนความสูงจากพื้นถึงข้อพับเข่ามีอย่างน้อย 2 กลุ่ม ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน จากผลการรวมกลุ่มโดย Tukey Method สัดส่วน PO ถูกแบ่งออกเป็นจำนวน 4 กลุ่มประกอบไปด้วย 1.กลุ่มอายุ 6 - 7 ปี 2.กลุ่มอายุ 8 - 9 ปี 3.กลุ่มอายุ 10 - 11 ปี และ 4.กลุ่มอายุ 12 ปี ดังนั้นจึงออกแบบเก้าอี้และโต๊ะเรียนจำนวน 4 แบบที่เหมาะสมกับข้อมูลสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนที่เก็บข้อมูลมา สัดส่วนร่างกายที่นำมาใช้ในการออกแบบเก้าอี้และโต๊ะเรียนแสดงค่าเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 95 ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด ของนักเรียนทั้ง 4 กลุ่มแสดงดังตารางที่ 4.8 และ 4.9

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 95 ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของสัดส่วนร่างกายที่ใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้นักเรียนสำหรับนักเรียนกลุ่มที่ 1 และ 2

ระยะที่ทำการออกแบบ		สัดส่วนร่างกายที่ใช้ในการออกแบบ	กลุ่ม 1 (6-7 ปี)			กลุ่ม 2 (8-9 ปี)		
			Mean	P5 / 95	Min / Max	Mean	P5 / 95	Min / Max
เก้าอี้	1.ความสูงของที่นั่ง	PO	29.93	27.18 / 32.72	24.81 / 34.55	32.75	29.53 / 36.15	28.99 / 37.44
	2.ความลึกของที่นั่ง	BK	42.02	37.57 / 46.02	34.60 / 46.99	46.38	42.30 / 51.99	39.95 / 55.87
	3.ความกว้างของที่นั่ง	HB	30.92	25.98 / 36.25	23.33 / 43.62	32.07	26.40 / 39.58	22.86 / 47.78
	4.ความกว้างของพนักพิงหลัง	HB	30.92	25.98 / 36.25	23.33 / 43.62	32.07	26.40 / 39.58	22.86 / 47.78
โต๊ะ	5.ความสูงของโต๊ะ	ER	16.04	13.27 / 18.27	11.41 / 21.18	17.34	14.35 / 20.35	13.54 / 22.13
		PO	29.93	27.18 / 32.72	24.81 / 34.55	32.75	29.53 / 36.15	28.99 / 37.44
	6.ความลึกของโต๊ะ	UL	60.43	54.45 / 65.96	49.58 / 76.18	65.84	61.46 / 71.54	54.93 / 78.61
	7.ความกว้างของโต๊ะ	SE	25.23	22.43 / 27.98	21.28 / 29.17	27.32	24.82 / 30.40	22.94 / 34
	8.ช่องว่างระหว่างขากับใต้โต๊ะ	PO	29.93	27.18 / 32.72	24.81 / 34.55	32.75	29.53 / 36.15	28.99 / 37.44
		TH	11.37	8.64 / 13.65	6.96 / 14.07	12.24	9.78 / 14.18	7.77 / 17.67

หมายเหตุ ค่าในตารางมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5, 95 ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของสัดส่วนร่างกาย ที่ใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้นักเรียนสำหรับนักเรียนกลุ่มที่ 3 และ 4

ระยะที่ทำการออกแบบ		สัดส่วนร่างกายที่ใช้ในการออกแบบ	กลุ่ม 3 (10-11 ปี)			กลุ่ม 4 (12 ปี)		
			Mean	P5 / 95	Min / Max	Mean	P5 / 95	Min / Max
เก้าอี้	1.ความสูงของที่นั่ง	PO	35.58	31.45 / 41.21	20.99 / 42.65	37.28	32.52 / 42.69	31.87 / 44.63
	2.ความลึกของที่นั่ง	BK	51.30	45.18 / 57.39	43.59 / 60.09	51.29	47.64 / 56.09	46.61 / 57.01
	3.ความกว้างของที่นั่ง	HB	33.83	25.88 / 45.83	21.09 / 49.35	35.11	28.06 / 51.12	27.26 / 52.36
	4.ความกว้างของพนักพิงหลัง	HB	33.83	25.88 / 45.83	21.09 / 49.35	35.11	28.06 / 51.12	27.26 / 52.36
โต๊ะ	5.ความสูงของโต๊ะ	ER	19.39	15.75 / 22.94	13.85 / 25.86	19.83	15.61 / 25.46	14.61 / 26.64
		PO	35.58	31.45 / 41.21	20.99 / 42.65	37.28	32.52 / 42.69	31.87 / 44.63
	6.ความลึกของโต๊ะ	UL	71.34	64.03 / 77.82	61.01 / 86.20	74.64	70.9 / 81.11	70.36 / 84.09
	7.ความกว้างของโต๊ะ	SE	30.43	26.07 / 34.60	25 / 37.22	30.56	27.86 / 34.39	27.36 / 36.34
	8.ช่องว่างระหว่างขากับใต้โต๊ะ	PO	35.58	31.45 / 41.21	20.99 / 42.65	37.28	32.52 / 42.69	31.87 / 44.63
		TH	12.48	9.80 / 16.08	8.78 / 19.06	12.55	9.99 / 15.62	8.79 / 16.04

หมายเหตุ ค่าในตารางมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

การออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนสำหรับกลุ่มนักเรียนที่ทำการเก็บข้อมูลแต่ละระยะในการออกแบบพิจารณาจากความเหมาะสมดังต่อไปนี้

- **ความสูงของที่นั่ง** Pheasant (2006) ได้สรุปว่าความสูงของที่นั่งจะต้องสัมพันธ์กับความยาวของขาส่วนล่าง โดยต้องไม่สูงกว่าระยะความสูงของข้อพับเข่าของผู้นั่งถ้าหากสูงกว่าผู้นั่งจะไม่สามารถพักเท้าลงบนพื้นได้จะทำให้เกิดแรงกดใต้ขาทำให้รู้สึกนั่งไม่สบาย
- **ความลึกของที่นั่ง** Murrell (1971) ได้สรุปว่าความลึกของที่นั่งจะต้องเพียงพอกับการเคลื่อนไหวและเปลี่ยนแปลงท่าทางของก้น ขอบด้านหน้าของที่นั่งต้องโค้งมนไม่บาดบริเวณใต้ต้นขาโดยพิจารณาจากความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่าด้านหน้าขณะนั่ง
- **ความกว้างของที่นั่ง** Murrell (1971) ได้สรุปว่าความกว้างของพื้นที่นั่งต้องเพียงพอต่อการเคลื่อนไหวของส่วนก้น และต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่าความกว้างสะโพกขณะนั่ง ความกว้างของพื้นที่นั่งจึงพิจารณาจากระยะความกว้างสะโพก
- **ความกว้างของพนักพิงหลัง** Evans, et al. (1998) ได้สรุปว่าพนักพิงหลังจะกระจายแรงกดได้เป็นพื้นที่กว้างและควรมีความกว้างไม่น้อยกว่าความกว้างของสะโพก
- **ความสูงของโต๊ะ** UNESCO (1979) ได้สรุปว่าความสูงของโต๊ะจะต้องอยู่ในระดับทำงานได้โดยไม่ต้องยกไหล่คือมือทั้งสองอยู่บนโต๊ะพอดีและควรออกแบบให้มี Knee Room เพียงพอ โดยพิจารณาจากความสูงระยะพักศอกถึงพื้นที่นั่งร่วมกับระยะความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่ง

- **ช่องว่างระหว่างขากับใต้โต๊ะ** Frank and Walter, (1976) ให้พิจารณาจากความสูงของพื้นที่นั่งและความหนาของต้นขา โดยต้องมีที่ว่างอย่างเพียงพอที่ทำให้สามารถวางขาได้อย่างสบายพิจารณาได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของความหนาของต้นขาบวกกับความสูงของพื้นที่นั่ง
- **ความกว้างของโต๊ะ** Pheasant (2006) พิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของระยะความสูงจากหัวไหล่ถึงข้อศอกขณะนั่ง
- **ความลึกของโต๊ะ** Pheasant (2006) พิจารณาจากสภาพการใช้งานของการทำงานในโรงเรียน และที่สำคัญก็คือพิจารณาจากขนาดร่างกายของผู้ใช้จากค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของความยาวแขนที่ยื่นแขนไปข้างหน้า

จากข้อกำหนดด้านการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนดังกล่าวข้างต้นร่วมกับข้อมูลสัดส่วนร่างกายของกลุ่มประชากรเด็กนักเรียนประถมศึกษาช่วงอายุ 6-12 ปี ในตารางที่ 4.8 และ 4.9 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ย, ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95, ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดให้เลือกใช้งาน การเลือกใช้งานว่าจะใช้ค่าใดในการออกแบบขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบเป็นหลัก ซึ่งแต่ละคนย่อมมีวัตถุประสงค์และเงื่อนไขในการออกแบบที่แตกต่างกันเช่น ข้อจำกัดด้านต้นทุน ด้านพื้นที่ ด้านเวลา และอื่นๆ ดังนั้นการออกแบบของแต่ละบุคคลอาจมีความแตกต่างกันได้ ผลการคำนวณขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนสำหรับนักเรียนทั้ง 4 กลุ่มอายุแสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนสำหรับนักเรียนทั้ง 4 กลุ่มอายุ

ระยะที่ทำการออกแบบ		สัดส่วนร่างกายที่ใช้ในการออกแบบ	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่เลือกใช้ในการออกแบบ	กลุ่ม 1 อายุ 6 - 7 ปี	กลุ่ม 2 อายุ 8 - 9 ปี	กลุ่ม 3 อายุ 10 - 11 ปี	กลุ่ม 4 อายุ 12 ปี
เก้าอี้	1.ความสูงของที่นั่ง	PO	5%	27.18	29.53	31.45	32.52
	2.ความลึกของที่นั่ง	BK	5%	37.57	42.30	45.18	47.64
	3.ความกว้างของที่นั่ง	HB	95%	36.25	39.58	45.83	51.12
	4.ความกว้างของพนักพิงหลัง	HB	95%	36.25	39.58	45.83	51.12
โต๊ะ	5.ความสูงของโต๊ะ	ER	95%	18.27 + 27.18 = 45.45	20.35 + 29.53 = 49.88	22.94 + 31.45 = 54.39	25.46 + 32.52 = 57.98
		PO	5%				
	6.ความลึกของโต๊ะ	UL	95%	65.96	71.54	77.82	81.11
	7.ความกว้างของโต๊ะ	SE	95%	27.98*2 = 55.96	30.40*2 = 60.80	34.60*2 = 69.20	34.39*2 = 68.58
	8.ช่องว่างระหว่างขากับใต้โต๊ะ	PO	5%	27.18 + 13.65 = 40.83	29.53 + 14.18 = 43.71	31.45 + 16.08 = 47.53	32.52 + 15.62 = 48.14
		TH	95%				

หมายเหตุ ค่าในตารางมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

จากตารางที่ 4.10 แสดงขนาดของโต๊ะและเก้าอี้เรียนสำหรับนักเรียนทั้ง 4 กลุ่มอายุโดยใช้ขนาดสัดส่วนร่างกาย 7 สัดส่วน ร่วมกับข้อพิจารณาในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เข้าด้วยกันเห็น

ได้ว่าความสูงของเก้าอี้และความสูงของโต๊ะจะมีขนาดที่เพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น เพื่อให้เด็กนักเรียนนั่งสบายไม่เกิดแรงกดทับที่บริเวณต้นขาและขาไม่ยกลอยเหนือพื้น ส่วนโต๊ะเรียนจะไม่สูงเกินไปเพื่อป้องกันไม่ให้เด็กยกไหล่ขึ้นขณะเขียนหนังสือและมือทั้งสองข้างจะวางอยู่บนโต๊ะพอดี

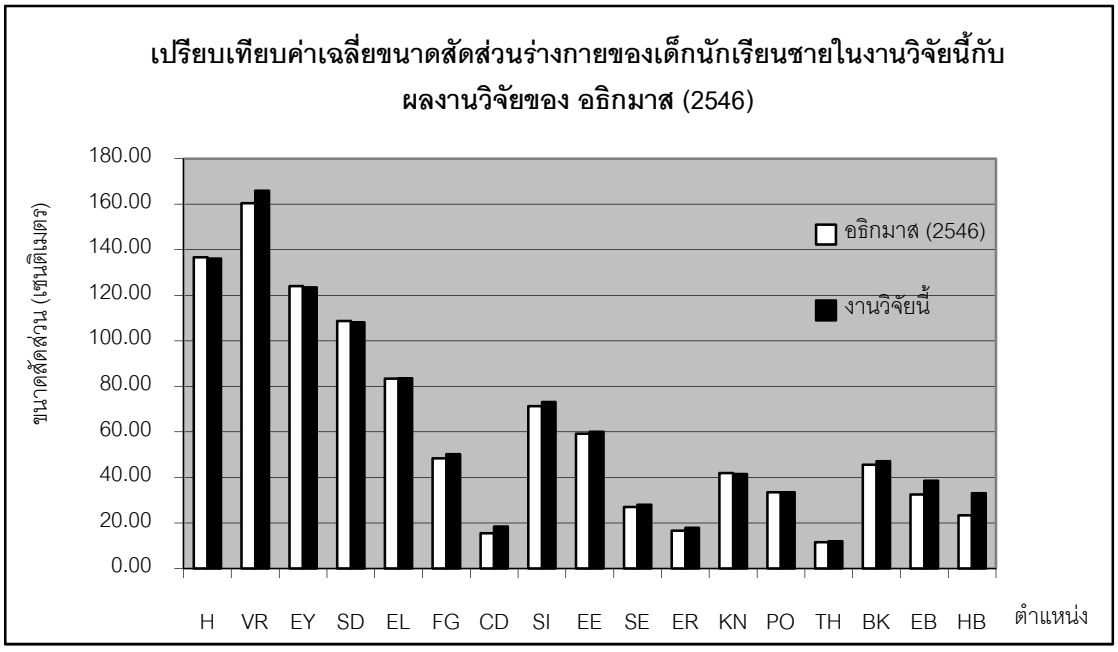
บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

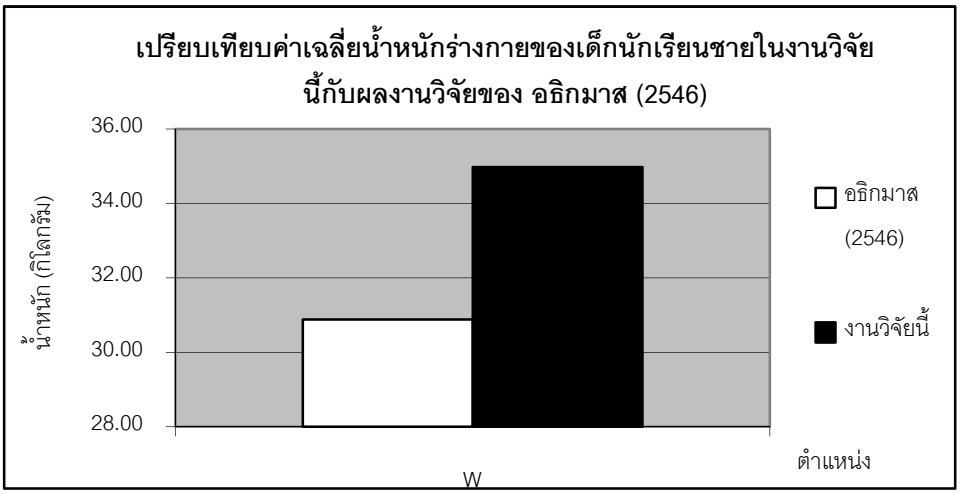
จากข้อมูลสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนประถมศึกษาในงานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นได้ผลดังต่อไปนี้

5.1 การเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ อธิกมาส ชนะบวรสกุล (2546)

อธิกมาส ชนะบวรสกุล (2546) วัดขนาดร่างกายของเด็กนักเรียนชายไทยระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 6 ช่วงอายุ 7 -13 ปี จำนวน 37 สัดส่วน โดยใช้ Harpenden Anthropometer และเก็บข้อมูลจากการวัดสัดส่วนเด็กนักเรียนจำนวน 240 คน ที่มาจาก 4 ภาค คือ ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้ข้อมูลสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงอ้างอิงสัดส่วนจำนวน 18 สัดส่วนที่ได้ศึกษาเหมือนกันมาเปรียบเทียบเท่านั้น แสดงผลเปรียบเทียบค่าทางสถิติของขนาดสัดส่วนร่างกายดังภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ อธิกมาส (2546)



ภาพที่ 5.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของเด็กนักเรียนชายในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ อธิกมาส (2546)

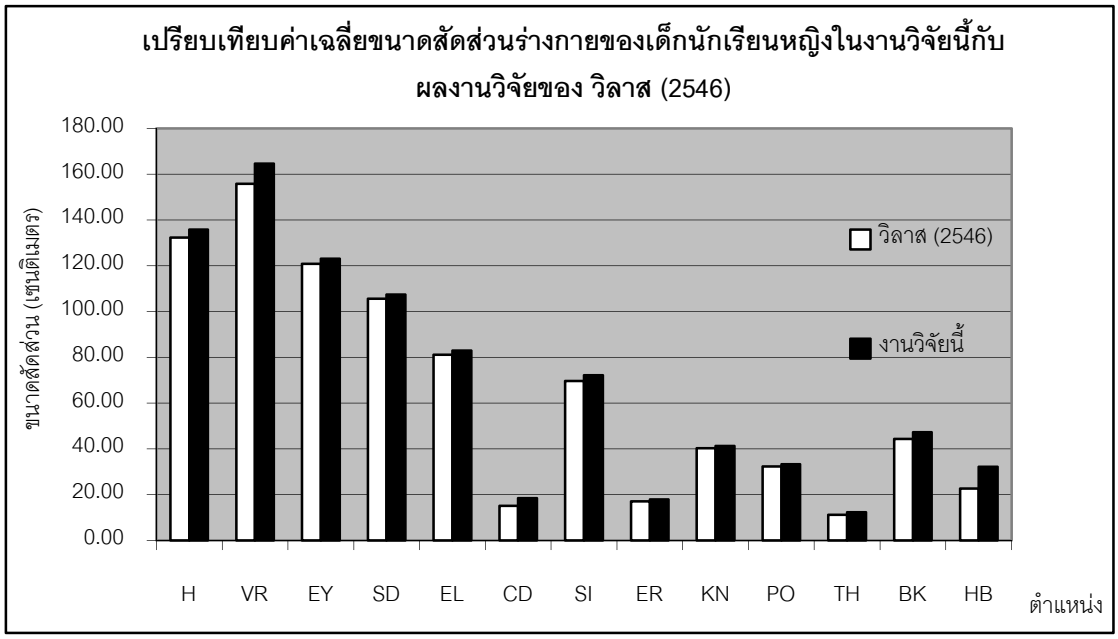
จากภาพที่ 5.1 และ 5.2 ค่าเฉลี่ยสัดส่วนต่างๆของเด็กนักเรียนชายระดับประถมศึกษาผลงานวิจัยของ อธิกมาส ชนะบวรสกุล (2546) กับงานวิจัยที่ได้ศึกษาในครั้งนี้พบว่าสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายส่วนมากมีค่าใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามสัดส่วนร่างกายได้แก่ VR, EL, FG, CD,SI, EE, SE, ER, TH, BK, EB, HB และ W มีค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายมากกว่าผลงานวิจัยของอธิกมาสและเห็นได้ชัดเจนว่าสัดส่วน EB, HB และ W ได้แก่ ความกว้างระหว่างข้อศอก ความกว้างสะโพกและน้ำหนักร่างกาย ตามลำดับของงานวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ยมากกว่าซึ่งสัดส่วนดังกล่าวเป็นบริเวณที่สะสมไขมันของร่างกายและจากข้อมูลด้านน้ำหนักพบว่าสอดคล้องกับข้อมูลในปัจจุบันว่าแนวโน้มของเด็กไทยมีโอกาสอ้วนมากขึ้นเมื่อเทียบกับในอดีต

เมื่อพิจารณาสัดส่วนร่างกาย 7 สัดส่วนได้แก่ SE, ER, PO, TH, BK, HB และ UL ที่ใช้สำหรับออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียน พบว่าข้อมูลจากงานวิจัยนี้จะมีค่าเฉลี่ยมากกว่าผลงานวิจัยของอธิกมาสทุกสัดส่วนยกเว้นสัดส่วน PO ที่มีค่าน้อยกว่าเพียงเล็กน้อยประมาณ 0.06 เซนติเมตรเท่านั้น นั่นหมายถึงเด็กนักเรียนชายมีแนวโน้มที่จะมีขนาดร่างกายใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับในอดีต

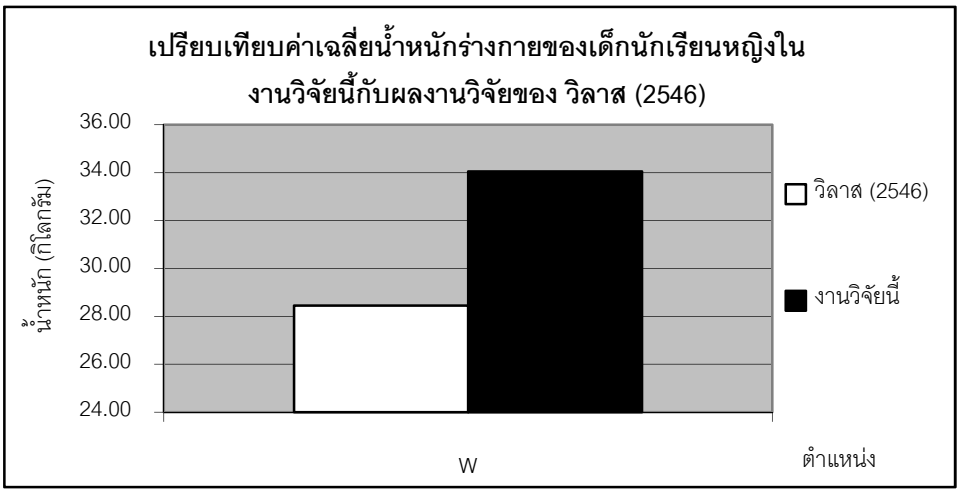
5.2 การเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนหญิงของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ วิลาส เชาวรักษ์ (2546)

วิลาส เชาวรักษ์ (2546) วัดขนาดร่างกายเด็กนักเรียนหญิงไทยระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 6 ช่วงอายุ 7-13 ปี จำนวน 37 สัดส่วน โดยใช้ Harpenden Anthropometer และเก็บข้อมูลจากการวัดสัดส่วนเด็กนักเรียนจำนวน 240 คน ที่มาจาก 4 ภาค คือ ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้ข้อมูลสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึง

อ้างอิงสัดส่วนจำนวน 14 สัดส่วนที่ได้ศึกษาเหมือนกันมาเปรียบเทียบเท่านั้น แสดงผลเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของขนาดสัดส่วนร่างกายดังภาพที่ 5.3



ภาพที่ 5.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนหญิงในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ วิลาส (2546)

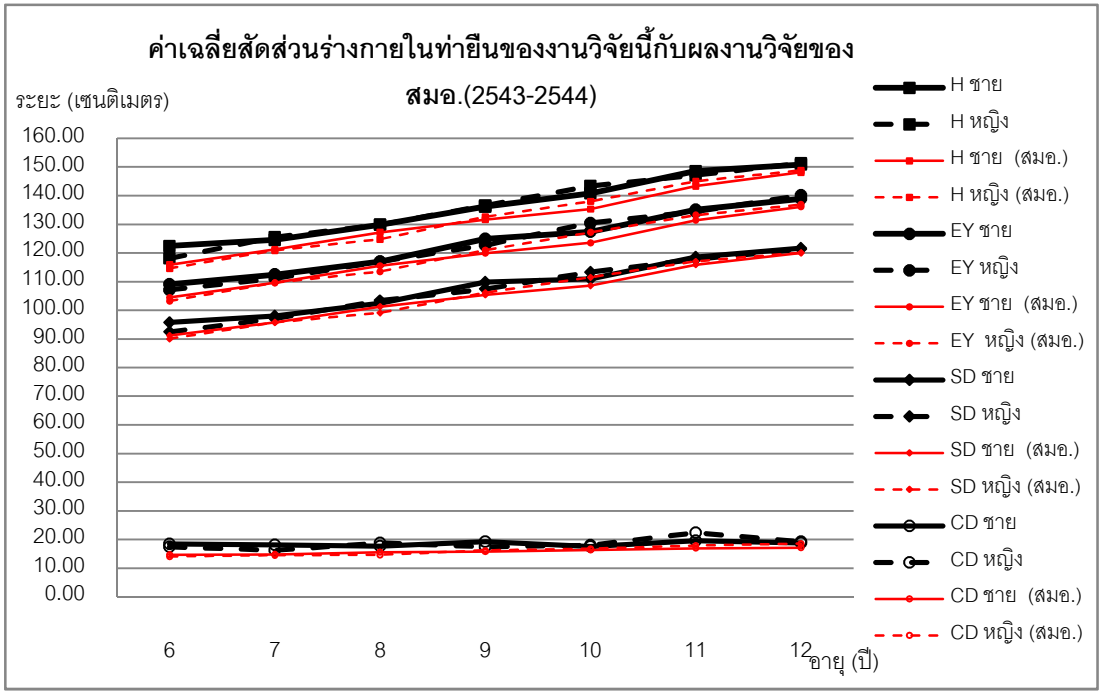


ภาพที่ 5.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของเด็กนักเรียนหญิงในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ วิลาส (2546)

จากภาพที่ 5.3 และ 5.4 พบว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนหญิงระดับประถมศึกษาที่วัดได้จากงานวิจัยนี้สูงกว่าค่าเฉลี่ยของผลงานวิจัยของวิลาส เชาวรักษ์ (2546) ในทุกสัดส่วนที่มีการเปรียบเทียบกัน นั่นหมายถึงเด็กนักเรียนหญิงมีแนวโน้มที่จะมีขนาดร่างกายใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับในอดีต

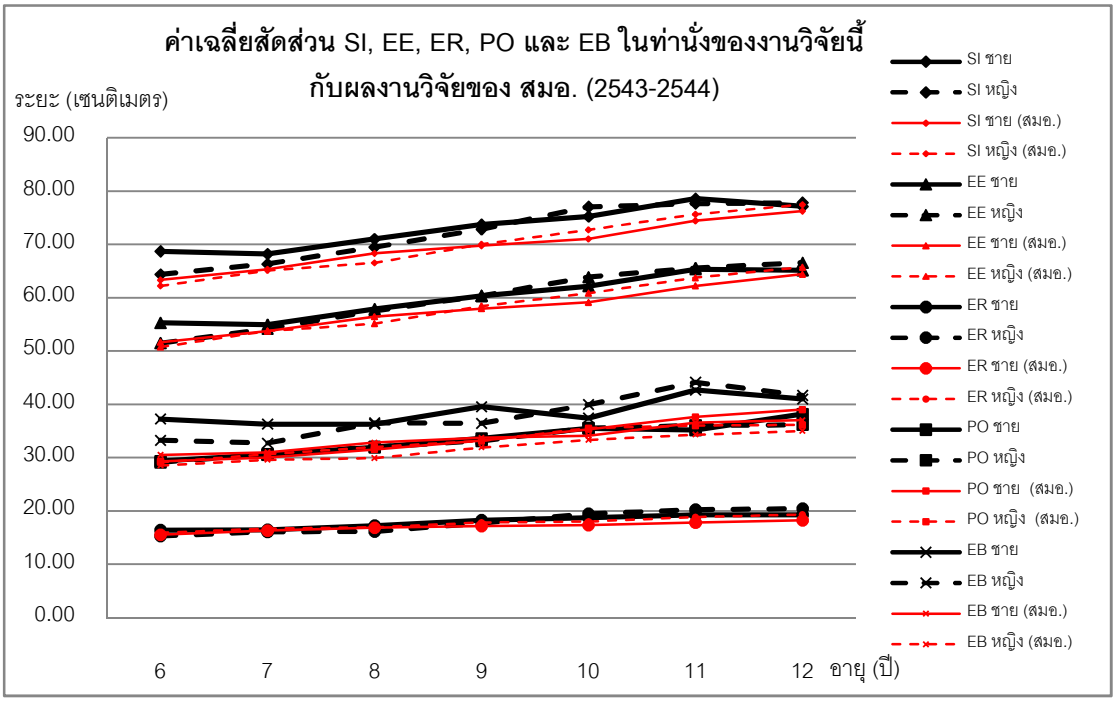
5.3 การเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ. (2543-2544)

สมอ. (2543-2544) ทำการสำรวจและวิจัยขนาดโครงสร้างร่างกายคนไทย ระยะที่ 4 ในปี พ.ศ. 2543 – 2544 ได้วัดขนาดสัดส่วนร่างกายเด็กหญิงไทย อายุ 1 – 16 ปี 129 สัดส่วน จำนวน 2,288 คน เด็กชายไทย อายุ 1 – 16 ปี 121 สัดส่วน จำนวน 2,233 คน โดยสุ่มตัวอย่างสำรวจทั้งในเขตกรุงเทพมหานคร และจากภาคต่างๆ ของประเทศไทยอีก 4 ภาค ได้แก่ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคใต้ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับร่างกาย เพื่อให้ได้ขนาดมาตรฐานที่สอดคล้องกับสรีระร่างกายของเด็กไทย แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้ข้อมูลสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงอ้างอิงสัดส่วนจำนวน 13 สัดส่วนที่ได้ศึกษาในทั้งสองงานวิจัยมาเปรียบเทียบกันเท่านั้น แสดงผลเปรียบเทียบค่าทางสถิติของขนาดสัดส่วนร่างกายดังตารางที่ 5.3 สำหรับเด็กนักเรียนชาย และตารางที่ 5.4 สำหรับเด็กนักเรียนหญิง



ภาพที่ 5.5 ค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายในท่ายืนของเด็กนักเรียนชายและหญิงในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ. (2543-2544)

จากภาพที่ 5.5 พบว่าสัดส่วนร่างกายในท่ายืนของเด็กนักเรียนชายและหญิงในงานวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าผลงานวิจัยของ สมอ.ในทุกสัดส่วนที่เปรียบเทียบกันนั่นหมายถึงเด็กนักเรียนชายและหญิงมีแนวโน้มที่จะมีขนาดร่างกายใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับในอดีตและลักษณะการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนแปรผันตรงกับอายุที่เพิ่มขึ้นเช่นกันโดยมีลักษณะการเพิ่มขึ้นเป็นแบบเชิงเส้น ยกเว้นสัดส่วนความหนาหน้าอก (CD) ที่มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันตลอดทุกช่วงอายุ

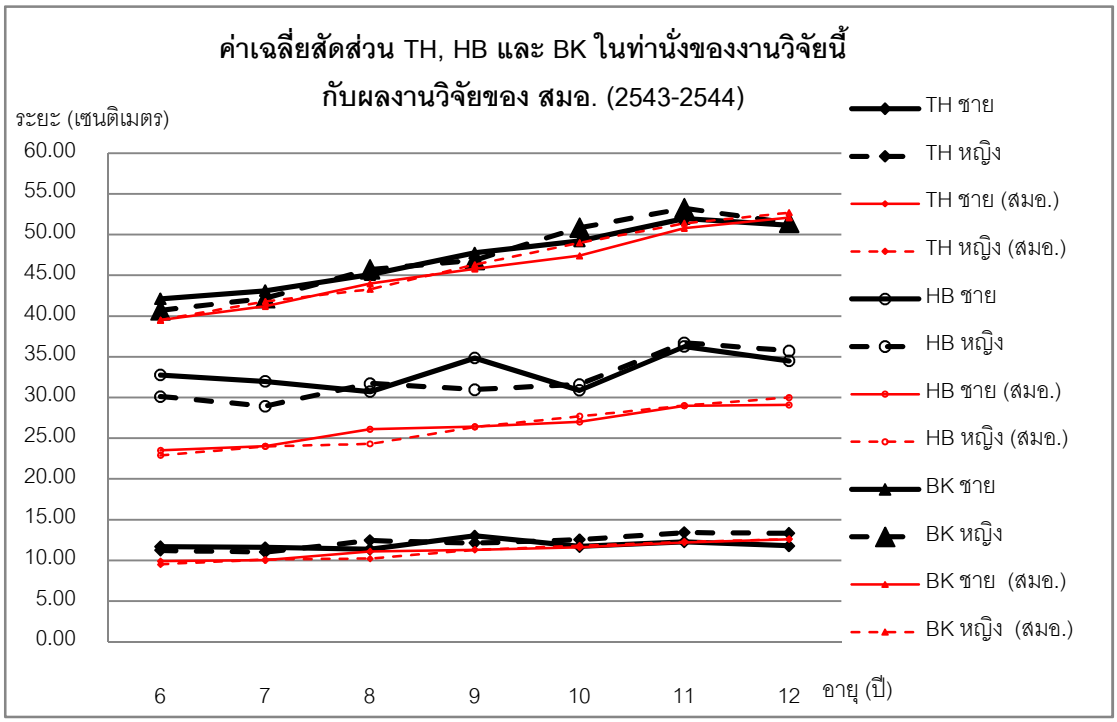


ภาพที่ 5.6 ค่าเฉลี่ยสัดส่วน SI, EE, ER, PO และ EB ในท่านั่งของเด็กนักเรียนชายและหญิงในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ. (2543-2544)

จากภาพที่ 5.6 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายในท่านั่งประกอบไปด้วยความสูงขณะนั่ง (SI) ความสูงระดับสายตาขณะนั่ง (EE) และความสูงระยะพักศอกถึงพื้นที่นั่ง (ER) ของเด็กชายและเด็กหญิงที่ได้จากงานวิจัยนี้ พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงกว่าผลงานวิจัยของสมอ.นั่นหมายถึงเด็กนักเรียนชายและหญิงมีแนวโน้มที่จะมีขนาดร่างกายใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับในอดีตและลักษณะการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนจะแปรผันตรงกับอายุที่เพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้น อย่างไรก็ตามแม้ว่าเด็กนักเรียนจะมีแนวโน้มที่มีขนาดร่างกายใหญ่ขึ้นก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาข้อมูลจากการวิจัยนี้พบว่าการเปลี่ยนแปลงขนาดสัดส่วนเป็นไปในทิศทางเดิมเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ สมอ. นั่นคือ เด็กนักเรียนหญิงในช่วงอายุ 10-12 ปียังคงมีขนาดสัดส่วนร่างกายที่โตกว่าเด็กนักเรียนชายเล็กน้อย

เมื่อพิจารณาจากสัดส่วน EB ซึ่งแสดงความกว้างระหว่างข้อศอกของเด็กนักเรียนขณะนั่งพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับอายุที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากสัดส่วนดังกล่าว

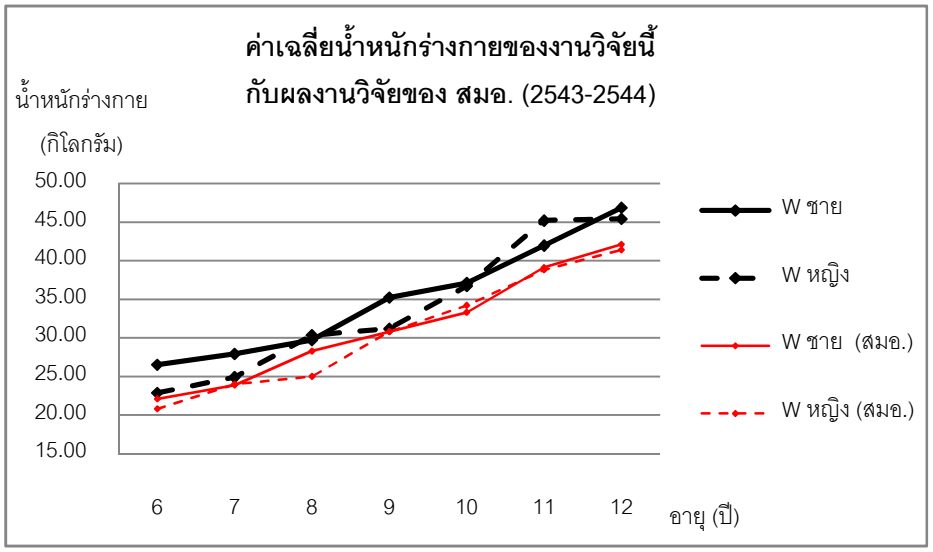
ไม่ใช่สัดส่วนที่เป็นรยางค์ของร่างกาย การเปลี่ยนแปลงจึงเกิดขึ้นน้อยกว่าสัดส่วนที่เป็นรยางค์เมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น ส่วนสัดส่วน PO มีค่าที่ใกล้เคียงกันทั้งในหญิงและชาย



ภาพที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยสัดส่วน TH, HB และ BK ในท่านั่งของเด็กนักเรียนชายและหญิงในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ. (2543-2544)

จากภาพที่ 5.7 พิจารณาความหนาของต้นขา (TH) ของเด็กชายและเด็กหญิง พบว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนที่ได้จากงานวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าผลงานวิจัยของ สมอ.นั่นหมายถึงเด็กนักเรียนชายและหญิงมีแนวโน้มที่จะมีขนาดร่างกายใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับในอดีตและลักษณะการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนจะแปรผันตรงกับอายุที่เพิ่มขึ้นในช่วง 6-11 ปี แบบเชิงเส้นสำหรับเด็กอายุ 12 ปีมีความหนาของต้นขาเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับเด็กอายุ 11 ปี

เมื่อพิจารณาความกว้างสะโพก (HB) ค่าเฉลี่ยสัดส่วนที่ได้จากงานวิจัยนี้มีค่ามากกว่างานวิจัยของ สมอ.อย่างเห็นได้ชัด สัดส่วนดังกล่าวเป็นสัดส่วนที่สะสมไขมันในร่างกายซึ่งการเปลี่ยนแปลงขนาดสัดส่วนดังกล่าวอาจบ่งชี้ได้ว่า แนวโน้มของเด็กไทยมีโอกาสอ้วนมากขึ้นเมื่อเทียบกับในอดีต ความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่าด้านหน้าขณะนั่ง (BK) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเทียบกับอายุที่เพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 5.8 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิง
ในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ. (2543-2544)

จากภาพที่ 5.8 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของเด็กนักเรียนในงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของ สมอ.พบว่าค่าเฉลี่ยน้ำหนักร่างกายของงานวิจัยนี้มีค่ามากกว่างานวิจัยของ สมอ.ในทุกช่วงอายุ และลักษณะการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแปรผันตรงกับอายุที่เพิ่มขึ้นเช่นกันโดยมีลักษณะการเพิ่มขึ้นเป็นแบบเชิงเส้น จากข้อมูลดังกล่าวอาจบ่งชี้ได้ว่าแนวโน้มของเด็กไทยมีโอกาสอ้วนมากขึ้นเมื่อเทียบกับในอดีต

5.4 ผลการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลในงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยในอดีต

5.4.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายที่ได้จากงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของอธิกมาส ชนะบวรสกุล (2546) จำนวน 18 สัดส่วนโดยนำค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายในตำแหน่งต่างๆ ของแต่ละงานวิจัยมาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธีการทดสอบแบบ Z-test ที่ระดับนัยสำคัญ (α<0.05) แสดงดังตารางที่ 5.1 โดย

<u>สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ คือ</u>

H_0: $\mu_1 = \mu_2$

H_1: $\mu_1 \neq \mu_2$

เมื่อ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนร่างกายที่ได้จากการศึกษาในงานวิจัยนี้

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนร่างกายที่ได้จากงานวิจัยของอธิกมาส (2546)

สรุปผลการทดสอบดังนี้

ยอมรับ H_0 เมื่อ $-Z_{\alpha/2} < Z_{คำนวณ} < Z_{\alpha/2}$ (-1.96<Z<1.96) หรือ P-value > $\alpha/2$ (0.025) นั่นคือสัดส่วนที่นำมาเปรียบเทียบไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ปฏิเสธ H_0 เมื่อ $Z_{คำนวณ} < -Z_{\alpha/2}$ (Z<-1.96) หรือ $Z_{คำนวณ} > Z_{\alpha/2}$ (Z>1.96) หรือ P-value < $\alpha/2$ (0.025) นั่นคือสัดส่วนที่นำมาเปรียบเทียบมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 5.1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายระดับประถมศึกษาของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของอธิกมาส (2546) และผลการทดสอบ Z-test

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	อธิกมาส (2546)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ
		จำนวน 240 คน		จำนวน 180 คน				
		Mean	SD	Mean	SD			
1	H	136.66	10.88	136.09	12.39	0.49	0.624	ยอมรับ H_0
2	VR	160.43	14.57	165.95	18.06	-3.36	0.001	ปฏิเสธ H_0
3	EY	124.03	10.94	123.44	12.65	0.50	0.617	ยอมรับ H_0
4	SD	108.71	9.75	108.07	11.39	0.61	0.545	ยอมรับ H_0
5	EL	83.39	7.64	83.58	9.60	-0.22	0.827	ยอมรับ H_0
6	FG	48.38	4.76	50.18	6.01	-12.52	0.000	ปฏิเสธ H_0
7	CD	15.50	1.64	18.47	2.31	-14.69	0.000	ปฏิเสธ H_0
8	SI	71.31	5.22	73.16	5.49	-3.49	0.001	ปฏิเสธ H_0
9	EE	59.21	5.65	60.08	5.42	-1.60	0.111	ยอมรับ H_0
10	SE	26.93	2.36	27.92	2.79	-3.84	0.000	ปฏิเสธ H_0
11	ER	16.63	2.38	17.92	2.34	-5.55	0.000	ปฏิเสธ H_0
12	KN	41.88	4.43	41.42	4.53	1.04	0.299	ยอมรับ H_0
13	PO	33.48	3.60	33.42	3.88	0.16	0.872	ยอมรับ H_0
14	TH	11.51	1.85	11.91	1.73	-2.28	0.023	ปฏิเสธ H_0
15	BK	45.62	4.66	47.18	4.69	-3.38	0.001	ปฏิเสธ H_0

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายระดับประถมศึกษาของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของอธิกมาส (2546) และผลการทดสอบ Z-test

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	อธิกมาส (2546)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ
		จำนวน 240 คน		จำนวน 180 คน				
		Mean	SD	Mean	SD			
16	EB	32.42	2.91	38.59	5.15	-14.44	0.000	ปฏิเสธ H_0
17	HB	23.37	2.38	33.11	5.26	-23.13	0.000	ปฏิเสธ H_0
18	W	30.88	7.72	34.98	10.52	-4.41	0.000	ปฏิเสธ H_0

จากตารางที่ 5.1 ข้อมูลสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายในตำแหน่ง H, EY, SD, EL, EE, KN และ PO ได้ผลการทดสอบด้วยวิธี Z-test เป็นยอมรับ H_0 ซึ่งหมายถึงสัดส่วนที่นำมาเปรียบเทียบไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ในสัดส่วน VR, FG, CD, SI, SE, ER, TH, BK, EB, HB และ W ได้ผลการทดสอบเป็นปฏิเสธ H_0 นั่นคือสัดส่วนที่นำมาเปรียบเทียบมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5.4.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนหญิงที่ได้จากงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของวิลาส เชาวรักษ์ (2546) จำนวน 14 สัดส่วนโดยนำค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายในตำแหน่งต่างๆ ของแต่ละงานวิจัยมาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธีการทดสอบแบบ Z-test ที่ระดับนัยสำคัญ (α<0.05) แสดงดังตารางที่ 5.2 โดย

<u>สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ คือ</u>

H_0: $\mu_1 = \mu_2$

H_1: $\mu_1 \neq \mu_2$

เมื่อ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนร่างกายที่ได้จากการศึกษาในงานวิจัยนี้

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนร่างกายที่ได้จากงานวิจัยของวิลาส (2546)

<u>สรุปผลการทดสอบ</u>เหมือนดังหัวข้อ 5.4.1

ตารางที่ 5.2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนหญิงระดับประถมศึกษาของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของวิลาส (2546) และผลการทดสอบ Z-test

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	วิลาส (2546)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ
		จำนวน 240 คน		จำนวน 180 คน				
		Mean	SD	Mean	SD			
1	H	132.30	9.56	135.82	12.67	-3.12	0.002	ปฏิเสธ H_0
2	VR	155.84	12.89	164.65	18.13	-5.55	0.000	ปฏิเสธ H_0
3	EY	120.79	9.56	123.06	12.86	-1.99	0.047	ปฏิเสธ H_0
4	SD	105.64	8.77	107.39	11.57	-1.70	0.091	ยอมรับ H_0
5	EL	81.08	6.44	82.98	9.73	-2.27	0.024	ปฏิเสธ H_0
6	CD	15.09	1.20	18.49	2.87	-14.94	0.000	ปฏิเสธ H_0
7	SI	69.65	4.49	72.11	6.54	-4.34	0.000	ปฏิเสธ H_0
8	ER	17.08	1.16	17.86	2.85	-3.46	0.001	ปฏิเสธ H_0
9	KN	40.31	3.59	41.27	4.66	-2.30	0.022	ปฏิเสธ H_0
10	PO	32.33	2.68	33.32	3.61	-3.09	0.002	ปฏิเสธ H_0
11	TH	11.19	1.05	12.29	1.80	-7.32	0.000	ปฏิเสธ H_0
12	BK	44.40	3.64	47.22	5.29	-6.14	0.000	ปฏิเสธ H_0
13	HB	22.61	1.44	32.21	5.17	-24.22	0.000	ปฏิเสธ H_0
14	W	28.45	4.89	34.05	10.95	-6.40	0.000	ปฏิเสธ H_0

จากตารางที่ 5.2 ข้อมูลสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนหญิงเกือบทุกสัดส่วนที่ทำการเปรียบเทียบกันด้วยวิธี Z-test ได้ผลการทดสอบเป็นปฏิเสธ H_0 นั่นคือสัดส่วนที่นำมาเปรียบเทียบมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ยกเว้นสัดส่วนความสูงระดับไหล่ขณะยืน (SD) ที่ได้ผลการทดสอบเป็นยอมรับ H_0 ซึ่งหมายถึงสัดส่วนที่นำมาเปรียบเทียบไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5.4.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงแยกอายุตั้งแต่ 6-12 ปีที่ได้จากงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของ สมอ. (2543-2544) จำนวน 13 สัดส่วนโดยนำค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายในตำแหน่งต่างๆ ของแต่ละงานวิจัยมา

ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธีการทดสอบแบบ Z-test ที่ระดับนัยสำคัญ (α<0.05) แสดงดังตารางที่ 5.3 ถึง 5.9 ซึ่งเป็นข้อมูลของเด็กนักเรียนชายและหญิงตั้งแต่อายุ 6-12 ปี ตามลำดับ

<u>สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ คือ</u>

H_0: $\mu_1 = \mu_2$

H_1: $\mu_1 \neq \mu_2$

เมื่อ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนร่างกายที่ได้จากการศึกษาในงานวิจัยนี้

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยขนาดสัดส่วนร่างกายที่ได้จากงานวิจัยของ สมอ. (2543-2544)

<u>สรุปผลการทดสอบ</u>เหมือนดังหัวข้อ 5.4.1

ตารางที่ 5.3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 6 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ข้อมูลเด็กนักเรียนชายอายุ 6 ปี							ข้อมูลเด็กนักเรียนหญิงอายุ 6 ปี						
		สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ	สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ
		จำนวน 135 คน		จำนวน 26 คน					จำนวน 134 คน		จำนวน 26 คน				
		Mean	SD	Mean	SD				Mean	SD	Mean	SD			
1	H	115.90	5.30	122.41	5.54	-5.52	0.000	ปฏิเสธ H_0	114.60	5.60	118.12	4.97	-3.23	0.003	ปฏิเสธ H_0
2	EY	104.40	5.10	109.06	6.74	-3.99	0.000	ปฏิเสธ H_0	103.20	5.70	107.09	2.03	-6.14	0.000	ปฏิเสธ H_0
3	SD	91.20	5.00	95.74	3.43	-5.69	0.000	ปฏิเสธ H_0	90.00	5.10	92.41	3.94	-2.71	0.010	ปฏิเสธ H_0
4	CD	14.60	1.60	18.45	1.80	-10.16	0.000	ปฏิเสธ H_0	14.00	1.60	17.38	2.08	-7.85	0.000	ปฏิเสธ H_0
5	SI	63.30	3.90	68.66	2.61	-8.76	0.000	ปฏิเสธ H_0	62.20	3.00	64.33	4.52	-2.31	0.028	ปฏิเสธ H_0
6	EE	51.60	3.20	55.24	2.68	-6.13	0.000	ปฏิเสธ H_0	50.70	2.90	51.45	3.65	-0.99	0.330	ยอมรับ H_0
7	ER	15.50	1.60	16.37	1.78	-2.32	0.027	ปฏิเสธ H_0	15.90	1.70	15.28	1.45	1.94	0.060	ยอมรับ H_0
8	PO	29.30	1.70	29.31	1.57	-0.03	0.977	ยอมรับ H_0	29.10	1.80	29.23	1.95	-0.31	0.755	ยอมรับ H_0
9	TH	9.90	1.70	11.69	1.40	-5.75	0.000	ปฏิเสธ H_0	9.50	1.40	11.22	1.67	-4.78	0.000	ปฏิเสธ H_0
10	BK	39.50	3.00	42.12	2.42	-4.85	0.000	ปฏิเสธ H_0	39.50	3.20	40.68	2.74	-1.95	0.058	ยอมรับ H_0
11	EB	30.50	3.70	37.21	4.10	-7.76	0.000	ปฏิเสธ H_0	28.50	3.40	33.24	3.54	-6.29	0.000	ปฏิเสธ H_0
12	HB	23.50	3.00	32.75	3.26	-13.42	0.000	ปฏิเสธ H_0	22.90	2.30	30.11	1.66	-18.90	0.000	ปฏิเสธ H_0
13	W	22.10	5.10	26.51	3.44	-5.48	0.000	ปฏิเสธ H_0	20.80	4.50	22.87	2.49	-3.32	0.002	ปฏิเสธ H_0

ตารางที่ 5.4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 7 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ข้อมูลเด็กนักเรียนชายอายุ 7 ปี							ข้อมูลเด็กนักเรียนหญิงอายุ 7 ปี						
		สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ	สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ
		จำนวน 110 คน		จำนวน 26 คน					จำนวน 121 คน		จำนวน 27 คน				
		Mean	SD	Mean	SD				Mean	SD	Mean	SD			
1	H	121.20	6.30	124.58	5.45	-2.76	0.009	ปฏิเสธ H_0	120.90	7.00	125.46	3.90	-4.63	0.000	ปฏิเสธ H_0
2	EY	109.60	6.00	112.44	5.80	-2.23	0.032	ปฏิเสธ H_0	109.60	7.00	111.03	4.85	-1.27	0.211	ยอมรับ H_0
3	SD	95.80	5.70	98.01	4.87	-2.01	0.051	ปฏิเสธ H_0	95.70	6.50	97.05	4.67	-1.26	0.215	ยอมรับ H_0
4	CD	14.70	1.70	18.11	2.42	-6.80	0.000	ปฏิเสธ H_0	14.50	2.00	16.18	2.10	-3.79	0.001	ปฏิเสธ H_0
5	SI	65.30	3.30	68.17	3.44	-3.86	0.000	ปฏิเสธ H_0	65.10	3.60	66.29	3.42	-1.62	0.114	ยอมรับ H_0

ตารางที่ 5.4 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิง อายุ 7 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ข้อมูลเด็กนักเรียนชายอายุ 7 ปี							ข้อมูลเด็กนักเรียนหญิงอายุ 7 ปี						
		สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ	สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ
		จำนวน 110 คน		จำนวน 26 คน					จำนวน 121 คน		จำนวน 27 คน				
		Mean	SD	Mean	SD				Mean	SD	Mean	SD			
6	EE	53.70	3.30	54.88	3.53	-1.55	0.129	ยอมรับ H_0	53.70	3.30	54.16	3.22	-0.67	0.508	ยอมรับ H_0
7	ER	16.30	2.00	16.45	1.71	-0.39	0.699	ยอมรับ H_0	16.70	1.80	16.05	1.74	1.74	0.089	ยอมรับ H_0
8	PO	30.00	1.90	30.51	1.62	-1.39	0.171	ยอมรับ H_0	30.60	2.00	30.66	1.81	-0.15	0.879	ยอมรับ H_0
9	TH	10.00	1.50	11.58	1.58	-4.63	0.000	ปฏิเสธ H_0	10.10	1.50	11.02	1.60	-2.73	0.010	ปฏิเสธ H_0
10	BK	41.20	3.30	43.12	2.65	-3.16	0.003	ปฏิเสธ H_0	41.80	3.20	42.17	2.35	-0.69	0.495	ยอมรับ H_0
11	EB	31.00	4.40	36.27	3.89	-6.05	0.000	ปฏิเสธ H_0	29.60	4.10	32.69	4.31	-3.40	0.002	ปฏิเสธ H_0
12	HB	24.00	3.20	31.96	4.41	-8.68	0.000	ปฏิเสธ H_0	24.00	3.00	28.93	2.84	-8.07	0.000	ปฏิเสธ H_0
13	W	23.90	6.10	27.92	5.23	-3.41	0.001	ปฏิเสธ H_0	24.00	6.60	24.91	4.77	-0.83	0.411	ยอมรับ H_0

ตารางที่ 5.5 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 8 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ข้อมูลเด็กนักเรียนชายอายุ 8 ปี							ข้อมูลเด็กนักเรียนหญิงอายุ 8 ปี						
		สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ	สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ
		จำนวน 93 คน		จำนวน 25 คน					จำนวน 109 คน		จำนวน 25 คน				
		Mean	SD	Mean	SD				Mean	SD	Mean	SD			
1	H	127.20	7.10	129.86	5.36	-2.05	0.046	ปฏิเสธ H_0	124.80	6.70	129.82	3.24	-5.50	0.000	ปฏิเสธ H_0
2	EY	115.50	7.10	117.00	6.21	-1.04	0.305	ยอมรับ H_0	113.50	6.40	116.92	4.37	-3.20	0.002	ปฏิเสธ H_0
3	SD	101.30	6.40	102.43	5.58	-0.87	0.389	ยอมรับ H_0	99.10	5.90	103.37	3.91	-4.43	0.000	ปฏิเสธ H_0
4	CD	15.50	2.10	17.65	2.20	-4.38	0.000	ปฏิเสธ H_0	14.60	1.70	18.76	3.01	-6.67	0.000	ปฏิเสธ H_0
5	SI	68.30	3.90	70.99	3.46	-3.36	0.002	ปฏิเสธ H_0	66.50	3.60	69.43	2.38	-4.98	0.000	ปฏิเสธ H_0
6	EE	56.40	3.80	57.82	2.77	-2.09	0.042	ปฏิเสธ H_0	55.10	3.30	57.47	2.78	-3.71	0.001	ปฏิเสธ H_0
7	ER	16.80	2.30	17.22	1.73	-1.00	0.322	ยอมรับ H_0	16.90	1.80	16.11	1.36	2.45	0.018	ปฏิเสธ H_0
8	PO	31.50	2.00	31.93	1.77	-1.05	0.301	ยอมรับ H_0	32.00	2.10	32.31	1.61	-0.82	0.419	ยอมรับ H_0
9	TH	11.10	1.80	11.36	1.71	-0.67	0.508	ยอมรับ H_0	10.20	1.40	12.45	1.17	-8.34	0.000	ปฏิเสธ H_0
10	BK	44.00	3.20	45.08	2.28	-1.92	0.061	ยอมรับ H_0	43.30	2.90	45.73	2.58	-4.15	0.000	ปฏิเสธ H_0
11	EB	32.80	4.60	36.28	4.35	-3.51	0.001	ปฏิเสธ H_0	29.90	3.60	36.50	4.51	-6.83	0.000	ปฏิเสธ H_0
12	HB	26.10	4.00	30.72	3.83	-5.30	0.000	ปฏิเสธ H_0	24.30	2.80	31.70	3.97	-8.83	0.000	ปฏิเสธ H_0
13	W	28.30	8.10	29.70	5.54	-1.01	0.318	ยอมรับ H_0	25.00	5.50	30.36	6.34	-3.90	0.000	ปฏิเสธ H_0

ตารางที่ 5.6 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 9 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ข้อมูลเด็กนักเรียนชายอายุ 9 ปี							ข้อมูลเด็กนักเรียนหญิงอายุ 9 ปี						
		สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ	สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ
		จำนวน 114 คน		จำนวน 26 คน					จำนวน 108 คน		จำนวน 26 คน				
		Mean	SD	Mean	SD				Mean	SD	Mean	SD			
1	H	131.60	6.60	136.21	5.74	-3.59	0.001	ปฏิเสธ H_0	132.60	6.90	136.53	6.23	-2.83	0.007	ปฏิเสธ H_0
2	EY	119.90	6.40	124.87	6.76	-3.42	0.002	ปฏิเสธ H_0	121.00	6.60	122.69	6.17	-1.24	0.224	ยอมรับ H_0
3	SD	105.40	6.30	109.81	6.38	-3.19	0.003	ปฏิเสธ H_0	106.10	6.10	107.44	5.54	-1.09	0.284	ยอมรับ H_0
4	CD	15.70	2.00	19.25	2.64	-6.45	0.000	ปฏิเสธ H_0	16.10	2.40	17.41	1.89	-3.00	0.004	ปฏิเสธ H_0
5	SI	69.70	3.30	73.68	2.97	-6.04	0.000	ปฏิเสธ H_0	70.00	3.30	72.82	4.05	-3.30	0.002	ปฏิเสธ H_0
6	EE	57.90	3.10	60.31	2.97	-3.70	0.001	ปฏิเสธ H_0	58.40	3.20	60.32	3.98	-2.29	0.029	ปฏิเสธ H_0

ตารางที่ 5.6 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิง อายุ 9 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ข้อมูลเด็กนักเรียนชายอายุ 9 ปี							ข้อมูลเด็กนักเรียนหญิงอายุ 9 ปี						
		สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ	สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ
		จำนวน 114 คน		จำนวน 26 คน					จำนวน 108 คน		จำนวน 26 คน				
		Mean	SD	Mean	SD				Mean	SD	Mean	SD			
7	ER	17.10	1.90	18.26	2.19	-2.50	0.018	ปฏิเสธ H_0	17.80	1.90	17.71	1.64	0.24	0.809	ยอมรับ H_0
8	PO	33.20	2.40	33.55	1.92	-0.80	0.429	ยอมรับ H_0	33.10	2.10	33.17	2.51	-0.13	0.896	ยอมรับ H_0
9	TH	11.30	1.60	13.00	1.70	-4.65	0.000	ปฏิเสธ H_0	11.30	1.50	12.13	1.44	-2.62	0.013	ปฏิเสธ H_0
10	BK	45.80	3.60	47.76	2.66	-3.16	0.003	ปฏิเสธ H_0	46.30	3.30	46.86	3.60	-0.72	0.474	ยอมรับ H_0
11	EB	33.70	4.90	39.54	4.22	-6.17	0.000	ปฏิเสธ H_0	31.90	4.40	36.40	4.28	-4.79	0.000	ปฏิเสธ H_0
12	HB	26.40	3.30	34.85	4.96	-8.28	0.000	ปฏิเสธ H_0	26.40	3.20	30.95	4.66	-4.72	0.000	ปฏิเสธ H_0
13	W	30.80	8.90	35.22	7.43	-2.63	0.012	ปฏิเสธ H_0	30.80	7.90	31.19	7.82	-0.23	0.821	ยอมรับ H_0

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิง อายุ 10 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ข้อมูลเด็กนักเรียนชายอายุ 10 ปี							ข้อมูลเด็กนักเรียนหญิงอายุ 10 ปี						
		สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ	สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ
		จำนวน 132 คน		จำนวน 27 คน					จำนวน 133 คน		จำนวน 25 คน				
		Mean	SD	Mean	SD				Mean	SD	Mean	SD			
1	H	135.30	6.80	140.81	6.20	-4.14	0.000	ปฏิเสธ H_0	138.00	7.00	143.42	8.78	-2.92	0.007	ปฏิเสธ H_0
2	EY	123.50	6.90	127.41	7.97	-2.37	0.023	ปฏิเสธ H_0	127.20	7.00	130.42	10.82	-1.43	0.163	ยอมรับ H_0
3	SD	108.60	6.20	110.93	9.80	-1.19	0.244	ยอมรับ H_0	111.50	6.10	113.28	11.61	-0.75	0.462	ยอมรับ H_0
4	CD	16.30	2.50	17.55	2.02	-2.81	0.008	ปฏิเสธ H_0	16.70	2.60	17.93	3.36	-1.74	0.093	ยอมรับ H_0
5	SI	71.00	3.80	75.19	4.49	-4.53	0.000	ปฏิเสธ H_0	72.70	3.70	76.99	5.45	-3.78	0.001	ปฏิเสธ H_0
6	EE	59.10	3.90	62.14	4.45	-3.30	0.002	ปฏิเสธ H_0	60.80	3.70	63.83	5.40	-2.69	0.012	ปฏิเสธ H_0
7	ER	17.30	2.30	18.72	2.48	-2.74	0.010	ปฏิเสธ H_0	18.00	2.30	19.45	1.85	-3.45	0.001	ปฏิเสธ H_0
8	PO	35.30	2.30	35.45	1.72	-0.39	0.700	ยอมรับ H_0	35.50	2.10	35.63	2.58	-0.24	0.814	ยอมรับ H_0
9	TH	11.60	1.70	11.69	2.18	-0.20	0.841	ยอมรับ H_0	11.80	1.50	12.55	1.79	-1.97	0.058	ปฏิเสธ H_0
10	BK	47.40	3.50	49.23	3.99	-2.22	0.034	ปฏิเสธ H_0	49.00	3.40	50.83	3.60	-2.35	0.025	ปฏิเสธ H_0
11	EB	34.10	5.00	37.41	4.71	-3.29	0.002	ปฏิเสธ H_0	33.30	4.40	39.93	5.21	-5.97	0.000	ปฏิเสธ H_0
12	HB	27.00	3.50	30.88	4.47	-4.25	0.000	ปฏิเสธ H_0	27.70	3.10	31.59	4.71	-3.97	0.000	ปฏิเสธ H_0
13	W	33.30	9.70	37.11	9.84	-1.84	0.074	ยอมรับ H_0	34.20	9.10	36.74	7.31	-1.53	0.134	ยอมรับ H_0

ตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 11 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ข้อมูลเด็กนักเรียนชายอายุ 11 ปี							ข้อมูลเด็กนักเรียนหญิงอายุ 11 ปี						
		สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ	สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ
		จำนวน 114 คน		จำนวน 25 คน					จำนวน 135 คน		จำนวน 26 คน				
		Mean	SD	Mean	SD				Mean	SD	Mean	SD			
1	H	143.30	7.90	148.57	9.86	-2.50	0.018	ปฏิเสธ H_0	145.00	7.80	147.15	6.04	-1.58	0.122	ยอมรับ H_0
2	EY	131.40	7.80	135.08	9.11	-1.87	0.070	ยอมรับ H_0	133.20	7.80	134.37	4.50	-1.06	0.296	ยอมรับ H_0
3	SD	115.90	7.10	118.53	8.35	-1.46	0.153	ยอมรับ H_0	117.10	7.00	117.84	3.69	-0.79	0.435	ยอมรับ H_0
4	CD	16.90	2.40	19.54	2.83	-4.33	0.000	ปฏิเสธ H_0	17.80	2.80	22.33	2.39	-8.60	0.000	ปฏิเสธ H_0
5	SI	74.40	4.00	78.54	5.74	-3.43	0.002	ปฏิเสธ H_0	75.60	4.30	77.64	3.49	-2.62	0.012	ปฏิเสธ H_0
6	EE	62.20	4.10	65.30	4.77	-3.01	0.005	ปฏิเสธ H_0	63.70	4.20	65.54	2.69	-2.88	0.006	ปฏิเสธ H_0
7	ER	17.80	3.00	19.23	1.59	-3.37	0.001	ปฏิเสธ H_0	18.80	2.10	20.20	2.46	-2.72	0.011	ปฏิเสธ H_0

ตารางที่ 5.8 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 11 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ข้อมูลเด็กนักเรียนชายอายุ 11 ปี							ข้อมูลเด็กนักเรียนหญิงอายุ 11 ปี						
		สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ	สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ
		จำนวน 114 คน		จำนวน 25 คน					จำนวน 135 คน		จำนวน 26 คน				
		Mean	SD	Mean	SD				Mean	SD	Mean	SD			
8	PO	37.60	2.50	35.13	5.15	2.34	0.027	ปฏิเสธ H_0	35.98	2.10	36.11	3.58	-0.18	0.859	ยอมรับ H_0
9	TH	12.20	1.50	12.27	1.54	-0.21	0.837	ยอมรับ H_0	12.30	1.60	13.42	1.62	-3.23	0.003	ปฏิเสธ H_0
10	BK	50.80	4.00	51.96	4.12	-1.28	0.209	ยอมรับ H_0	51.40	3.60	53.25	2.30	-3.38	0.001	ปฏิเสธ H_0
11	EB	36.50	5.10	42.65	5.19	-5.38	0.000	ปฏิเสธ H_0	34.30	4.50	44.13	5.19	-9.03	0.000	ปฏิเสธ H_0
12	HB	29.00	4.20	36.26	6.11	-5.66	0.000	ปฏิเสธ H_0	29.00	3.70	36.71	5.98	-6.34	0.000	ปฏิเสธ H_0
13	W	39.10	11.40	41.95	9.00	-1.36	0.181	ยอมรับ H_0	38.80	10.40	45.21	6.97	-3.92	0.000	ปฏิเสธ H_0

ตารางที่ 5.9 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและหญิงอายุ 12 ปี ของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2543-2544) และผลการทดสอบ Z-test

ลำดับ	สัดส่วนร่างกาย	ข้อมูลเด็กนักเรียนชายอายุ 12 ปี							ข้อมูลเด็กนักเรียนหญิงอายุ 12 ปี						
		สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ	สมอ. (2543-2544)		งานวิจัยนี้		Z จากการคำนวณ	P-Value	ผลการทดสอบ
		จำนวน 126 คน		จำนวน 25 คน					จำนวน 148 คน		จำนวน 25 คน				
		Mean	SD	Mean	SD				Mean	SD	Mean	SD			
1	H	148.10	9.30	150.86	8.91	-1.40	0.169	ยอมรับ H_0	148.80	6.10	151.31	6.51	-1.80	0.082	ยอมรับ H_0
2	EY	136.10	9.20	138.87	8.08	-1.53	0.135	ยอมรับ H_0	136.90	6.00	140.09	5.44	-2.67	0.012	ปฏิเสธ H_0
3	SD	120.00	8.40	121.67	7.50	-1.00	0.326	ยอมรับ H_0	120.10	5.40	121.37	4.89	-1.18	0.245	ยอมรับ H_0
4	CD	17.10	2.40	18.77	1.39	-4.76	0.000	ปฏิเสธ H_0	18.50	2.40	19.19	1.90	-1.61	0.115	ยอมรับ H_0
5	SI	76.20	4.90	77.08	4.99	-0.81	0.425	ยอมรับ H_0	77.40	3.70	77.80	4.07	-0.46	0.648	ยอมรับ H_0
6	EE	64.40	5.10	65.11	4.24	-0.74	0.465	ยอมรับ H_0	65.70	4.40	66.53	3.64	-1.02	0.314	ยอมรับ H_0
7	ER	18.20	2.50	19.25	2.74	-1.78	0.085	ยอมรับ H_0	19.30	2.30	20.41	3.34	-1.60	0.121	ยอมรับ H_0
8	PO	39.00	2.60	38.14	3.08	1.31	0.201	ยอมรับ H_0	36.12	1.80	36.43	3.06	-0.49	0.627	ยอมรับ H_0
9	TH	12.60	1.60	11.78	1.48	2.50	0.017	ยอมรับ H_0	12.60	1.40	13.33	1.79	-1.94	0.062	ยอมรับ H_0
10	BK	52.10	4.00	51.15	2.85	1.41	0.164	ยอมรับ H_0	52.70	3.20	51.43	2.77	2.07	0.046	ปฏิเสธ H_0
11	EB	37.00	5.00	40.98	6.05	-3.09	0.004	ปฏิเสธ H_0	35.00	3.90	41.64	5.13	-6.18	0.000	ปฏิเสธ H_0
12	HB	29.10	4.20	34.50	6.86	-3.80	0.001	ปฏิเสธ H_0	30.00	2.90	35.71	5.98	-4.68	0.000	ปฏิเสธ H_0
13	W	42.10	13.40	46.86	12.08	-1.77	0.086	ยอมรับ H_0	41.40	8.80	45.43	7.73	-2.36	0.024	ปฏิเสธ H_0

จากตารางที่ 5.3 ถึง 5.9 แสดงผลการทดสอบแบบ Z-test ที่ระดับนัยสำคัญ (α<0.05) ของข้อมูลสัดส่วนร่างกายแยกเด็กนักเรียนชายและหญิงในแต่ละช่วงอายุออกจากกันผลการทดสอบถ้าเป็นยอมรับ H_0 หมายถึง สัดส่วนที่นำมาเปรียบเทียบไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ถ้าเป็นปฏิเสธ H_0 หมายถึงสัดส่วนที่นำมาเปรียบเทียบมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากผลการทดสอบเห็นได้ว่าสัดส่วนร่างกายในตำแหน่งเดียวกันแต่เพศและอายุต่างกันให้ผลการทดสอบที่ต่างกันออกไป ไม่มีลักษณะที่แน่นอนในการให้ผลการทดสอบเป็นอย่างใดอย่างหนึ่ง

5.5 ผลการเปรียบเทียบความสูงของโต๊ะและเก้าอี้เรียนของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ.(2544) และกระทรวงศึกษาธิการ(2545)

ข้อมูลขนาดความสูงของโต๊ะและเก้าอี้เรียนทาง สมอ.(2544) และกระทรวงศึกษาธิการ (2545) ได้มีการกำหนดขนาดไว้ และได้ทำการเปรียบเทียบขนาดความสูงของโต๊ะและเก้าอี้เรียนกับงานวิจัยนี้แสดงดังตารางที่ 5.10

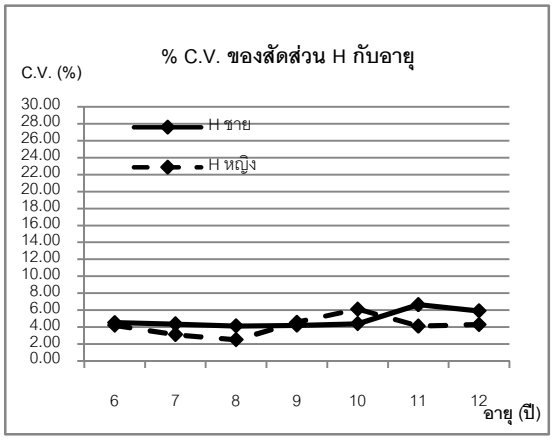
ตารางที่ 5.10 ขนาดความสูงของโต๊ะและเก้าอี้เรียนผลงานของ สมอ.(2544) กระทรวงศึกษาธิการ (2545) และในงานวิจัยนี้

ความสูง	สมอ. (2544)		กระทรวงศึกษาธิการ (2545)	งานวิจัยนี้			
	ออกแบบ 2 ขนาด		ออกแบบ 1 ขนาด	ออกแบบ 4 ขนาด			
	ป.1-ป.3	ป.4-ป.6	ป.1-ป.6	6 - 7 ปี	8 - 9 ปี	10 - 11 ปี	12 ปี
โต๊ะเรียน (ซม.)	54	60	65	45.45	49.88	54.39	57.98
เก้าอี้เรียน (ซม.)	30	34	39	27.18	29.53	31.45	32.52

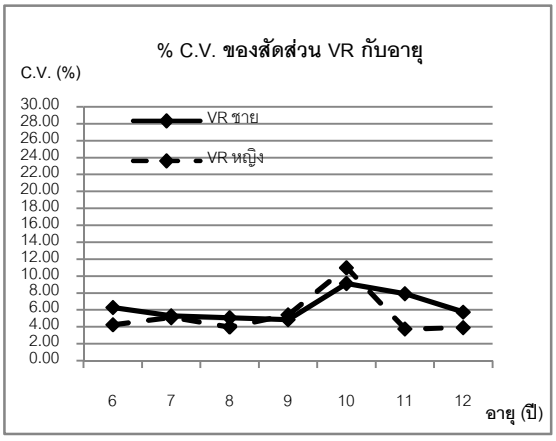
จากตารางที่ 5.10 แสดงความสูงของโต๊ะและเก้าอี้เรียนที่ถูกเสนอโดย สมอ., กระทรวงศึกษาธิการและงานวิจัยนี้ซึ่งทางสมอ.แนะนำว่าขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียนสำหรับนักเรียนประถมศึกษาควรมี 2 ขนาดคือ 1.ขนาดสำหรับเด็กนักเรียน ป.1-ป.3 2.ขนาดสำหรับเด็กนักเรียน ป.4-ป.6 กระทรวงศึกษาธิการได้ให้ขนาดโต๊ะและเก้าอี้เรียน 1 ขนาดสำหรับชั้น ป.1-ป.6ซึ่งเป็นขนาดที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แต่ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนออกเป็น 4 ขนาด โดยแบ่งตามกลุ่มอายุของนักเรียนจะเห็นได้ว่าขนาดของโต๊ะเรียนของ สมอ. และกระทรวงศึกษาธิการมีความสูงมากกว่างานวิจัยนี้ ซึ่งขนาดของโต๊ะเรียนที่สูงเกินไปอาจส่งผลให้เด็กยกแขนขึ้นขณะเขียนหนังสือได้ ส่วนขนาดของเก้าอี้เรียนในงานวิจัยนี้มีค่าใกล้เคียงกับผลงานวิจัยของ สมอ. มากกว่าของกระทรวงศึกษาธิการ โดยความสูงเก้าอี้เรียนที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันมีขนาด 39 เซนติเมตร ซึ่งมีความสูงมากกว่างานวิจัยนี้เสนอไว้ซึ่งอาจส่งผลให้เด็กนักเรียนนั่งเรียนแล้วขาไม่สัมผัสพื้นหรือมีลักษณะขาลอยไม่แตะพื้นจะเกิดแรงกดทับบริเวณต้นขาเด็กจะมีอาการเมื่อยขาเกิดขึ้น ทั้งนี้การนำไปใช้งานย่อมขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานว่ามีวัตถุประสงค์และข้อจำกัดด้านอื่นๆหรือไม่

5.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation: c.v.) **กับสัดส่วนร่างกายในตำแหน่งต่าง ๆ**

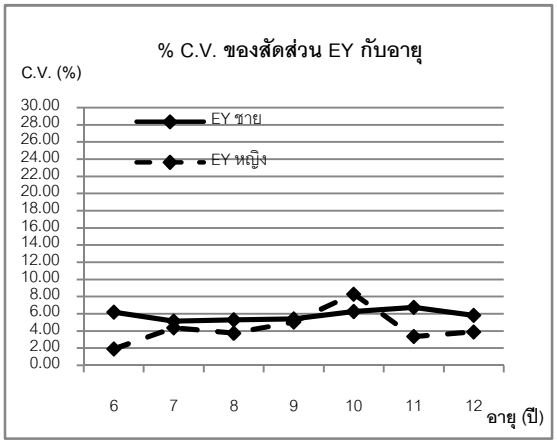
เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation: c.v.) หรือ ค่าร้อยละที่ข้อมูลเบี่ยงเบนรอบๆ ค่าเฉลี่ยหรือแสดงการกระจายข้อมูลว่ามากน้อยเพียงใดเห็นได้ว่าค่า c.v. ในแต่ละสัดส่วนของร่างกายมีค่าแตกต่างกันไปดังภาพที่ 5.9- 5.28



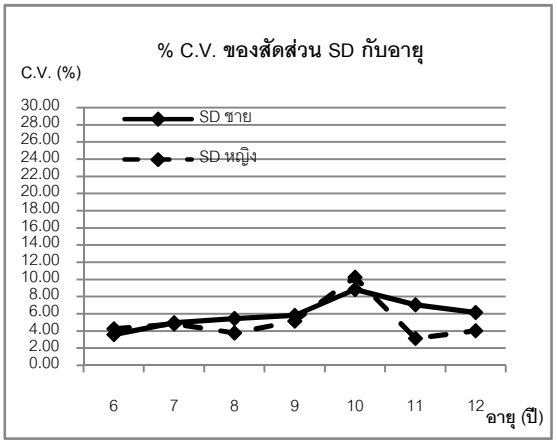
ภาพที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ %c.v.ของสัดส่วน H



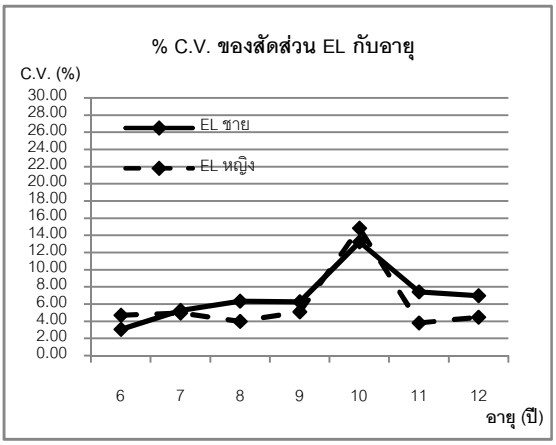
ภาพที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v.ของสัดส่วน VR



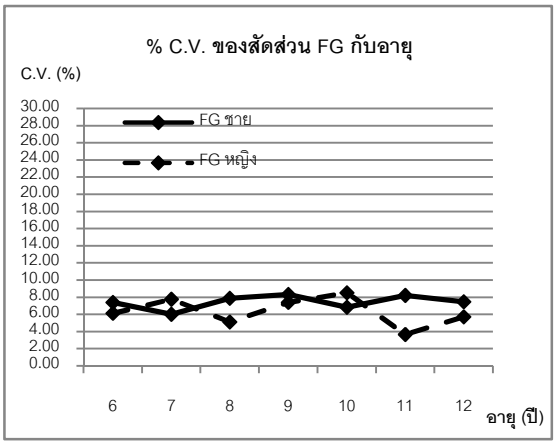
ภาพที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v.ของสัดส่วน EY



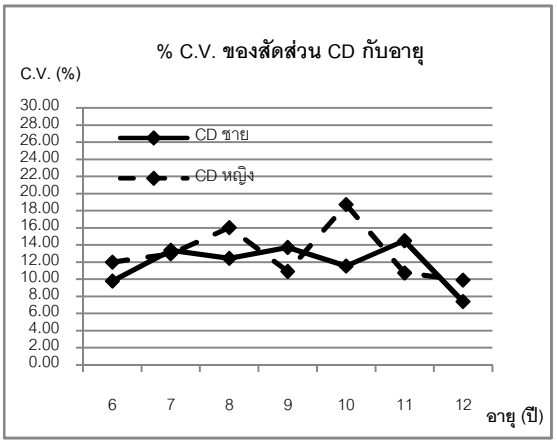
ภาพที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v. ของสัดส่วน SD



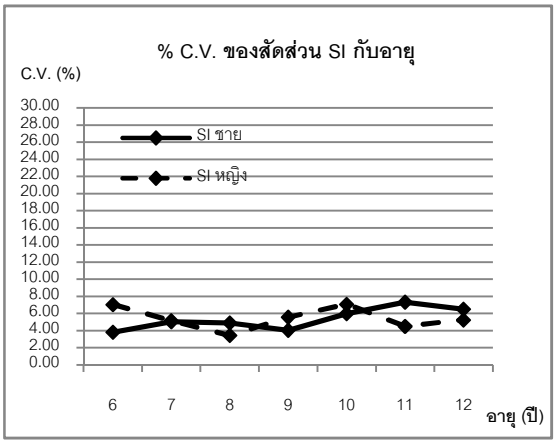
ภาพที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v.ของสัดส่วน EL



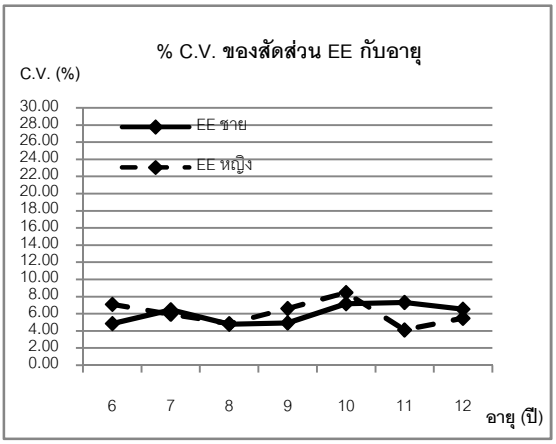
ภาพที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v.ของสัดส่วน FG



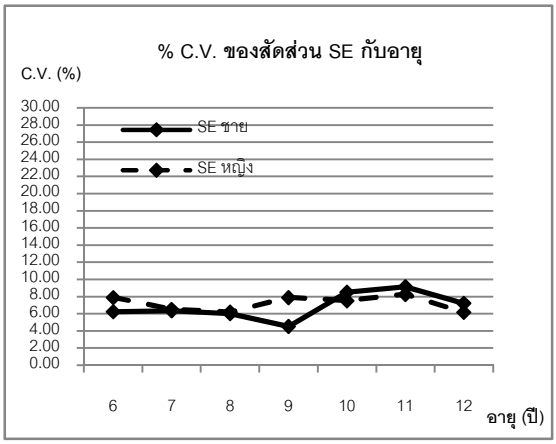
ภาพที่ 5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v.ของสัดส่วน CD



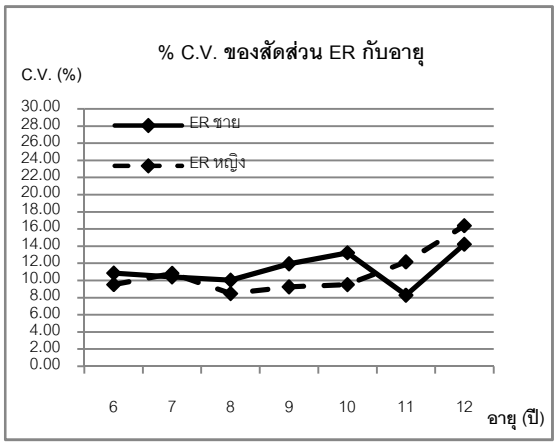
ภาพที่ 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v. ของสัดส่วน SI



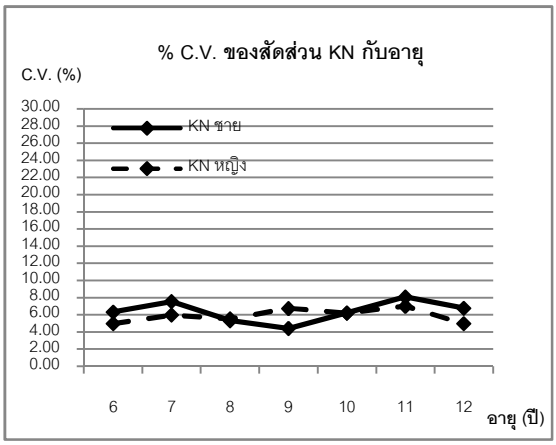
ภาพที่ 5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v.ของสัดส่วน EE



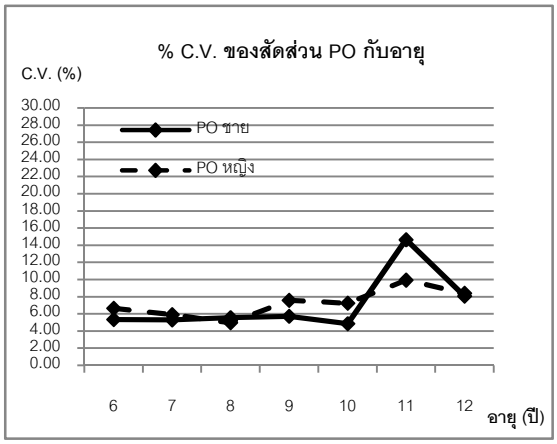
ภาพที่ 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v. ของสัดส่วน SE



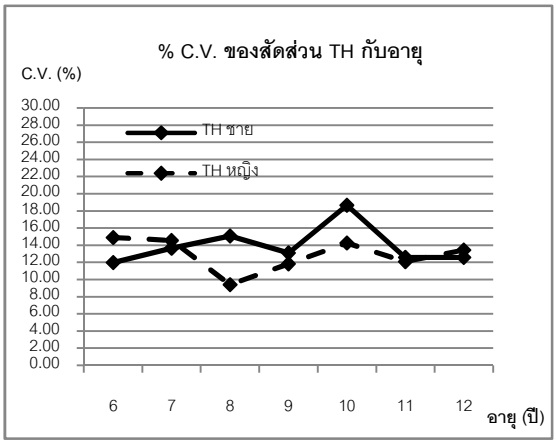
ภาพที่ 5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v. ของสัดส่วน ER



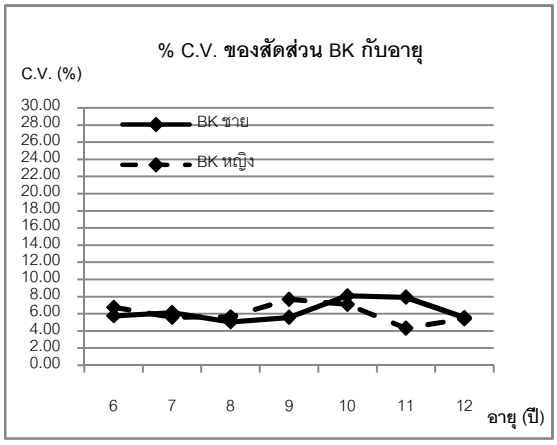
ภาพที่ 5.20 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v. ของสัดส่วน KN



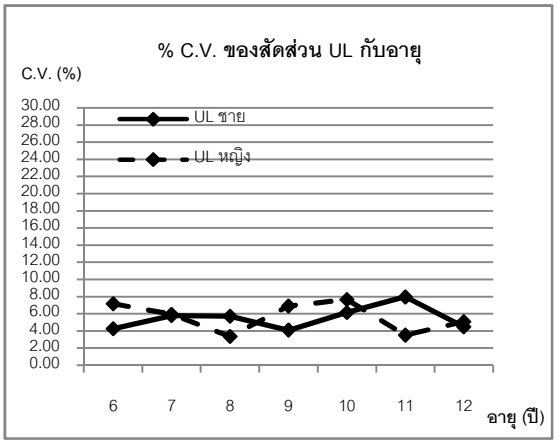
ภาพที่ 5.21 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v. ของสัดส่วน PO



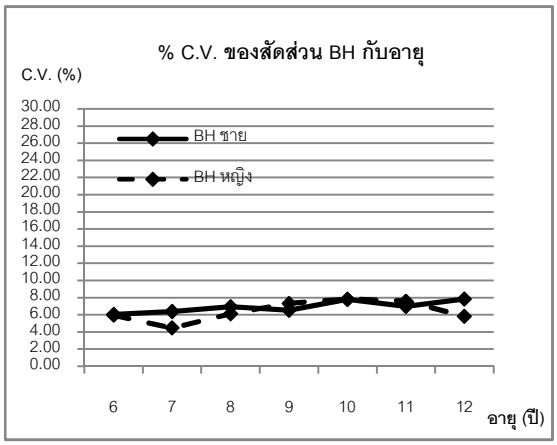
ภาพที่ 5.22 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v. ของสัดส่วน TH



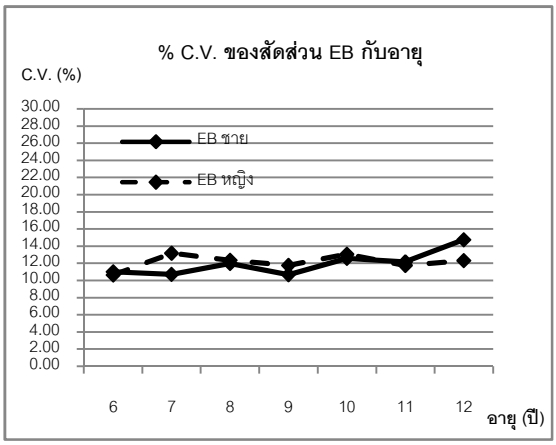
ภาพที่ 5.23 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v. ของสัดส่วน BK



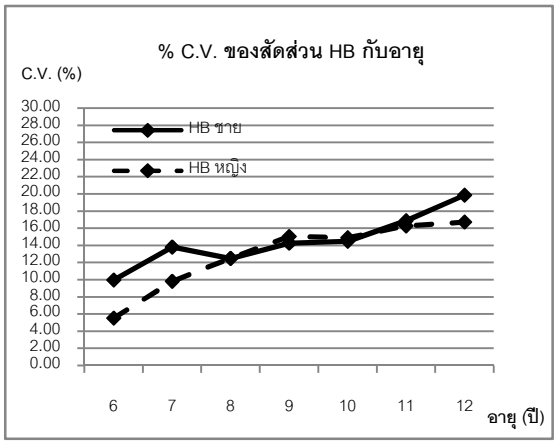
ภาพที่ 5.24 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v. ของสัดส่วน UL



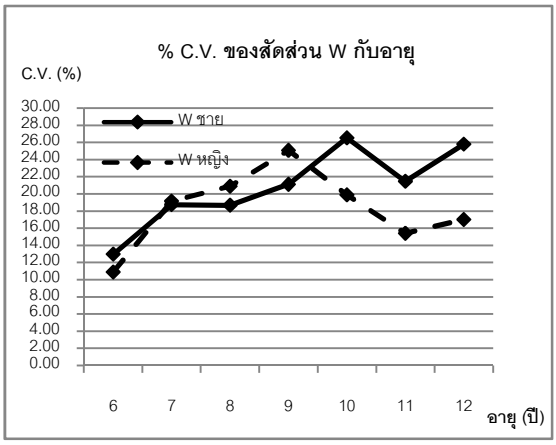
ภาพที่ 5.25 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v. ของสัดส่วน BH



ภาพที่ 5.26 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v. ของสัดส่วน EB



ภาพที่ 5.27 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v.ของสัดส่วน HB



ภาพที่ 5.28 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับ % c.v. ของสัดส่วน W

จากภาพที่ 5.9 – 5.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ c.v. ในสัดส่วนร่างกายต่างๆ กับอายุของเด็กนักเรียนชายและหญิงในหน่วยปี เห็นได้ว่า

1. สัดส่วนร่างกายที่มีลักษณะเป็นรยางค์ของร่างกายเช่น ความสูงระดับสายตา (EY), ความสูงระดับหัวเข่า (KN) ให้ค่า % c.v. ที่น้อยกว่า สัดส่วนร่างกายที่เป็นบริเวณสะสมไขมัน เช่น ความหนาของต้นขา (TH), ความกว้างสะโพก (HB) นั่นแสดงให้เห็นว่า สัดส่วนร่างกายที่เป็นบริเวณสะสมไขมันมีการกระจายตัวของข้อมูลมาก โดยเฉพาะน้ำหนักร่างกาย ที่มีค่า % c.v. สูงกว่าสัดส่วนอื่นๆ
2. สัดส่วนที่เป็นรยางค์ของร่างกายมีขนาดเพิ่มขึ้นจากอายุที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากการเจริญเติบโตของร่างกายและมีผลจากพันธุกรรมของแต่ละบุคคล ดังนั้นพฤติกรรมการ

บริโภคอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนที่เป็นรยางค์น้อยกว่าสัดส่วนที่เป็นบริเวณสะสมไขมัน จึงทำให้ความแปรผันของข้อมูลน้อยกว่า (%c.v. ต่ำกว่า)

3. การที่ % c.v. มักมีค่าสูงกับสัดส่วนที่เป็นบริเวณสะสมไขมัน อาจเกิดจากพฤติกรรมการบริโภคของเด็กในเขตเมืองที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลต่อน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดความแปรผันของข้อมูลมาก
4. สัดส่วนร่างกายที่มีค่า % c.v. สูง ส่งผลให้การสร้างสมการเพื่อทำนายระยะสัดส่วนนั้นๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่ต่ำ ดังตารางที่ 4.5 เนื่องจากมีความแปรผันของข้อมูลมาก
5. เมื่อพิจารณาถึงการออกแบบสำหรับสัดส่วนที่มีค่า % c.v. สูง ผู้ออกแบบควรพิจารณาถึงความแปรผันของข้อมูลที่มีมากด้วย ซึ่งมีผลต่อขนาดของเครื่องเรือนที่ทำการออกแบบ โดยควรพิจารณาถึงระยะเผื่อที่เพิ่มขึ้นทำให้การออกแบบยุ่งยากกว่าสัดส่วนที่เป็นรยางค์ของร่างกาย

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนต่างๆ ของร่างกายกับข้อมูลพื้นฐานที่โรงเรียนมีคือ ข้อมูลด้านน้ำหนักและส่วนสูงว่าแต่ละสัดส่วนมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักและส่วนสูงอย่างไร เพื่อนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนให้เหมาะกับขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนตามแนวทางการยศาสตร์ ซึ่งการออกแบบจำเป็นต้องรู้ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของผู้ใช้โดยการหาข้อมูลดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การวัดโดยตรงจากกลุ่มประชากรตัวอย่างในโรงเรียน การใช้ค่ามาตรฐานสัดส่วนร่างกายรวมถึงการใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เป็นต้น

6.1 การวิจัยขนาดสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชายและเด็กนักเรียนหญิง

งานวิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาในท่านั่งและท่ายืนจำนวน 20 ตำแหน่งแบ่งเป็นนักเรียนชาย 180 คน และหญิง 180 คนรวมทั้งสิ้น 360 คน ใช้วิธีการเก็บข้อมูล 2 วิธี ได้แก่ การใช้เครื่องมือวัดโดยตรงสำหรับน้ำหนักและส่วนสูง และการใช้ระบบวัดสัดส่วนร่างกายด้วยภาพถ่ายดิจิตอลสำหรับสัดส่วนอื่นๆที่เหลือ ผลการเก็บข้อมูลพบว่า

1. ข้อมูลสัดส่วนร่างกายทุกสัดส่วนที่ศึกษามีการกระจายตัวแบบปกติทั้งเด็กชายและเด็กหญิงในแต่ละช่วงอายุ
2. สัดส่วนร่างกายของเด็กชายและหญิงที่มีลักษณะเป็นรยางค์ ได้แก่สัดส่วน H, VR, EY, SD, EL, FG, SI, EE, SE, ER, KN, PO, BK, UL และ BH มีแนวโน้มที่ขนาดเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นและลักษณะการเพิ่มขึ้นของข้อมูลเป็นแบบเชิงเส้น
3. สัดส่วน CD, TH, EB และ HB ของเด็กชายและหญิงทุกช่วงอายุที่วิจัยมีค่าใกล้เคียงกันไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามอายุที่เพิ่มขึ้น
4. ค่าเฉลี่ยสัดส่วนของเด็กนักเรียนชายและหญิงในช่วงอายุเดียวกันจะมีค่าใกล้เคียงกันแต่ไม่จำเป็นที่ขนาดสัดส่วนของเด็กนักเรียนชายต้องมากกว่าเด็กนักเรียนหญิงเสมอไป

6.2 สมการที่ใช้หาขนาดสัดส่วนร่างกายจากข้อมูลส่วนสูงและน้ำหนัก

ข้อมูลส่วนสูงและน้ำหนักของร่างกายจัดเป็นข้อมูลพื้นฐานที่หน่วยงานการศึกษามีอยู่ทั่วไปและสามารถนำมาใช้ได้อย่างสะดวก งานวิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาใช้สร้างสมการถดถอยเชิงเส้นและสมการความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณในการหาขนาดสัดส่วนร่างกายส่วนต่างๆ พบว่า

1. สัดส่วนที่เป็นรยางค์ของร่างกายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกันกับความสูงของร่างกายที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการประมาณค่าสัดส่วนนี้ควรเลือกสมการที่ใช้ข้อมูลพื้นฐานด้านความสูงมาทำนายเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 ที่สูงขึ้น
2. สัดส่วนบริเวณที่สะสมไขมันตามร่างกายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักของร่างกาย ดังนั้นการประมาณค่าสัดส่วนนี้ควรเลือกสมการที่ใช้ข้อมูลพื้นฐานด้านน้ำหนักมาใช้ทำนายเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 ที่สูงขึ้น
3. ข้อมูลด้านความสูงและน้ำหนักของร่างกายไม่เหมาะที่จะนำมาใช้สร้างสมการถดถ้อยเชิงเส้นเพื่อทำนายขนาดสัดส่วน CD, SE, ER, PO, TH, BH, EB และ HB เนื่องจากให้ค่า R^2 น้อยกว่า 70%

6.3 การนำข้อมูลสัดส่วนร่างกายไปใช้ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียน

สัดส่วนร่างกายหลักที่ใช้ประกอบการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้ มีทั้งสิ้น 7 สัดส่วนได้แก่ ความสูงจากหัวไหล่ถึงข้อศอกขณะนั่ง (SE), ความสูงระยะพักศอกถึงพื้นที่นั่ง (ER), ความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่ง (PO), ความหนาของต้นขา (TH), ความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่าด้านหน้าขณะนั่ง (BK), ระยะไหล่ถึงปลายนิ้วขณะยืดแขนในท่านั่ง (UL) และความกว้างสะโพก (HB) พบว่า

1. สัดส่วนที่จำเป็นในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียนโดยส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับความสูงที่เพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำหนักตัว
2. แต่สัดส่วนร่างกายที่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนัก เช่น สัดส่วนความหนาของต้นขาและความกว้างสะโพกสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการออกแบบโต๊ะและเก้าอี้สำหรับกลุ่มนักเรียนที่มีน้ำหนักมาก เช่น นักเรียนในเมืองใหญ่ๆซึ่งข้อมูลขนาดสัดส่วนดังกล่าวสามารถนำไปใช้กำหนดขนาดความกว้างของเก้าอี้และช่องว่างระหว่างขาเก้าอี้กับใต้โต๊ะได้
3. ปัจจัยด้านอายุที่ปกติมักถูกใช้เป็นตัวชี้วัดในการออกแบบหรือเลือกใช้เครื่องเรือนของเด็กนักเรียนก็สามารถใช้ทำนายได้แต่ถ้าต้องการออกแบบให้มีความเหมาะสมต่อสัดส่วนร่างกายเด็กนักเรียนแล้วผู้ออกแบบควรจะใช้ส่วนสูงและน้ำหนักมาเป็นปัจจัยหลักในการทำนายสัดส่วนโดยอาศัยสมการความสัมพันธ์ถดถอยเชิงเส้นและสมการความสัมพันธ์ถดถอยพหุคูณ

6.4 ผลการเปรียบเทียบงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่น

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสัดส่วนต่างๆของเด็กนักเรียนชายระดับประถมศึกษาจากผลงานวิจัยของอธิกมาส ชนะบวรสกุล (2546) กับงานวิจัยนี้ และผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

สัดส่วนต่างๆของเด็กนักเรียนหญิงระดับประถมศึกษาจากผลงานวิจัยของวิลาส เชาวรักษ์ (2546) กับงานวิจัยนี้ พบว่า

1. สัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายในอดีตกับปัจจุบันมีค่าใกล้เคียงกันมากกว่าสัดส่วนของเด็กนักเรียนหญิง
2. สัดส่วนร่างกายของเด็กชายในตำแหน่ง VR, EL, FG, CD,SI, EE, SE, ER, TH, BK, EB, HB และ W มีค่าเฉลี่ยสัดส่วนร่างกายมากกว่าผลงานวิจัยของอธิกมาส
3. สัดส่วนร่างกายของเด็กชายในตำแหน่ง EB, HB และ W ในงานวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ยมากกว่างานวิจัยของอธิกมาสอย่างเห็นได้ชัด
4. สัดส่วนร่างกาย SE, ER, PO, TH, BK, HB และ UL ที่ใช้สำหรับออกแบบโต๊ะและเก้าอี้เรียน งานวิจัยนี้จะมีค่าเฉลี่ยมากกว่าผลงานวิจัยของอธิกมาสทุกสัดส่วนยกเว้นสัดส่วน PO ที่มีค่าน้อยกว่าเพียงเล็กน้อยประมาณ 0.06 เซนติเมตรเท่านั้น
5. ค่าเฉลี่ยสัดส่วนต่างๆของเด็กนักเรียนหญิงในงานวิจัยนี้สูงกว่าค่าเฉลี่ยของผลงานวิจัยของวิลาสในทุกสัดส่วนที่มีการเปรียบเทียบกัน นั่นหมายถึงเด็กนักเรียนหญิงมีแนวโน้มที่จะมีขนาดร่างกายใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับในอดีต

การเปรียบเทียบขนาดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนชายและหญิงของงานวิจัยนี้กับผลงานวิจัยของ สมอ. (2543-2544) พบว่า

1. สัดส่วนร่างกายในท่ายืนและนั่งของเด็กนักเรียนชายและหญิงในงานวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าผลงานวิจัยของ สมอ. ในเกือบทุกสัดส่วนที่เปรียบเทียบกัน
2. สัดส่วนความหนาหน้าอก (CD) ที่มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันตลอดทุกช่วงอายุ
3. ค่าเฉลี่ยสัดส่วนความกว้างสะโพก (HB) จากงานวิจัยนี้มีค่ามากกว่างานวิจัยของ สมอ. อย่างเห็นได้ชัด

6.5 สรุปผลความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การแปรผัน (c.v.) กับสัดส่วนร่างกาย

ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation: c.v.) เป็นค่าที่แสดงการกระจายข้อมูลว่ามีมากน้อยเพียงใดในงานวิจัยพบว่า

1. สัดส่วนร่างกายที่เป็นบริเวณสะสมไขมันมีการกระจายตัวของข้อมูลมากกว่าสัดส่วนที่มีลักษณะเป็นรยางค์
2. สัดส่วนที่สะสมไขมันแสดงแนวโน้มของเด็กว่ามีโอกาสเป็นโรคอ้วนเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากพฤติกรรมการบริโภคซึ่งเป็นพฤติกรรมส่วนบุคคลที่จะเลือกบริโภคอาหารอย่างไร จึงเป็นปัจจัยให้เกิดความผันแปรของข้อมูลสูงกว่าข้อมูลสัดส่วนที่เป็น

รยางค์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของร่างกายและผลจากพันธุกรรมของแต่ละบุคคล

3. การนำข้อมูลสัดส่วนต่างๆไปใช้ออกแบบโต๊ะและเก้าอี้สำหรับเด็กนักเรียนควรพิจารณาความผันแปรของข้อมูล(%c.v.) ร่วมด้วยเนื่องจากข้อมูลด้านความผันแปรจะมีประโยชน์ในเรื่องระยะเผื่อของเครื่องเรือนที่ทำการออกแบบ

6.6 ปัญหาและข้อจำกัดที่พบในงานวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย มีปัญหาที่สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ท่าทางในการวัดสัดส่วนบางท่าเด็กนักเรียนไม่สามารถทำได้ถูกตามรูปแบบที่กำหนดไว้ จึงอาจทำให้ค่าสัดส่วนที่วัดออกมาเกิดความคลาดเคลื่อน
2. การวัดสัดส่วนร่างกายในบางตำแหน่ง อาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากชุดหรืออุปกรณ์ที่สวมใส่ ซึ่งไม่สามารถถอดออกได้
3. พึงระวังการสัมผัสร่างกายของผู้เข้าร่วมวิจัยเพราะอาจเกิดความไม่เหมาะสม
4. การจัดสรรเวลาในการเก็บข้อมูลกับเด็กนักเรียน ต้องไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการเรียน ซึ่งอาจทำให้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลยาวนานขึ้น
5. พื้นที่ที่ใช้สำหรับถ่ายรูปเก็บข้อมูล ต้องมีพื้นที่เพียงพอเนื่องจากต้องใช้ระยะวางกล้องที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดความแม่นยำของภาพถ่ายมากที่สุด

6.7 ข้อเสนอแนะ

1. วัดสัดส่วนร่างกายในตำแหน่งอื่นเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องเรือนหรืออุปกรณ์ชนิดอื่น
2. การเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจให้สูงขึ้น ควรหาความสัมพันธ์จากสมการคณิตศาสตร์ในรูปแบบอื่นหรือพิจารณาจากปัจจัยอื่นเพิ่มเติมนอกเหนือจากปัจจัยด้านส่วนสูงและน้ำหนักร่างกาย
3. ทดลองนำสมการสัดส่วนร่างกายไปใช้ในการออกแบบเครื่องเรือนในห้องเรียนอย่างอื่นนอกเหนือจากเก้าอี้และโต๊ะเรียน

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

อุตสาหกรรม, กระทรวง. สมอ.ปรับมาตรฐานมอก.โต๊ะ-เก้าอี้นักเรียนใหม่ (23-25 พ.ค.52). [ออนไลน์]. 2552. แหล่งที่มา: http://www.industry.go.th/ops/Lists/clipping_news/Disp.aspx?List=7fa83ce3%2De449%2D4b73%2D8b52%2Ddbe6b9c102ed&ID=1912 [2554, ตุลาคม 10]

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 : วาดศิลป์, 2548.

ธิดาเดียว มยุรีสวรรค์. สถิติสำหรับวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2544.

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

สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์. คู่มือปฏิบัติวิชาชีพ ด้านข้อมูลสัดส่วนร่างกายประชากรไทยเพื่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรม. 2551.

สารประชากร มหาวิทยาลัยมหิดล. **ประชากรของประเทศไทย พ.ศ. 2554.** [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: http://www.ipsr.mahidol.ac.th/ipsr-th/PublicationGazette.html [2555, กุมภาพันธ์ 22]

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

สุทธิ์ ศรีบูรพา. เออร์กอนอมิกส์ : วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2540.

อธิกมาส ชนะบวรสกุล. การวัดสัดส่วนร่างกายเบื้องต้นของนักเรียนชายไทยระดับประถมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.

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, 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, 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, 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, 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

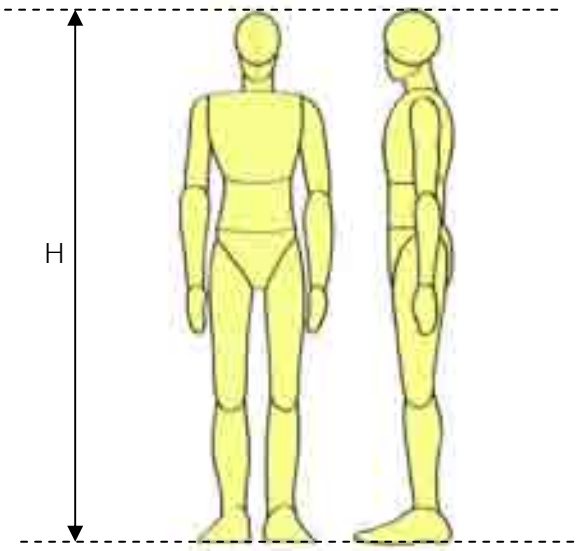
1. **ความสูงขณะยืน**: H (Stature height, Standing) **ดังภาพที่ ก**.1

   คำจำกัดความ : การวัดในแนวดิ่ง จากจุดสูงสุดของปลายศีรษะจรดพื้น

   ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : จุดสูงสุดของศีรษะ

   เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

   ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกันเพื่อให้น้ำหนักตัวกระจายบนเท้าทั้งสองเท่ากัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว แบมือเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ ไม่สวมใส่รองเท้าและอุปกรณ์ตกแต่งผม



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

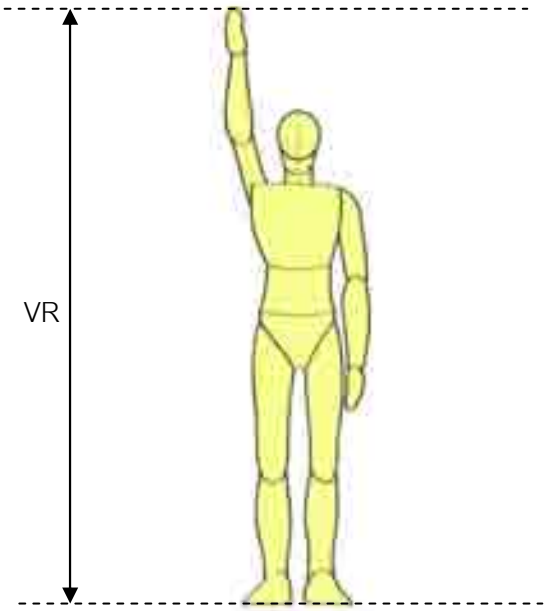
2. **ระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะในท่ายืน**: VR (Vertical reach height, Standing) **ดังภาพที่ ก**.2

   คำจำกัดความ : ระยะที่วัดจากพื้นถึงปลายปลายนิ้วมือที่สูงที่สุดขณะยืดแขนขึ้นด้านบน

   ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ปลายนิ้วมือที่สูงที่สุดขณะยืดแขน

   เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

   ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกันเพื่อให้น้ำหนักตัวกระจายบนเท้าทั้งสองเท่ากัน หน้ามองตรงให้ได้ระดับ แขนเหยียดตรงเหนือศีรษะในลักษณะแบมือแนบลำตัว



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

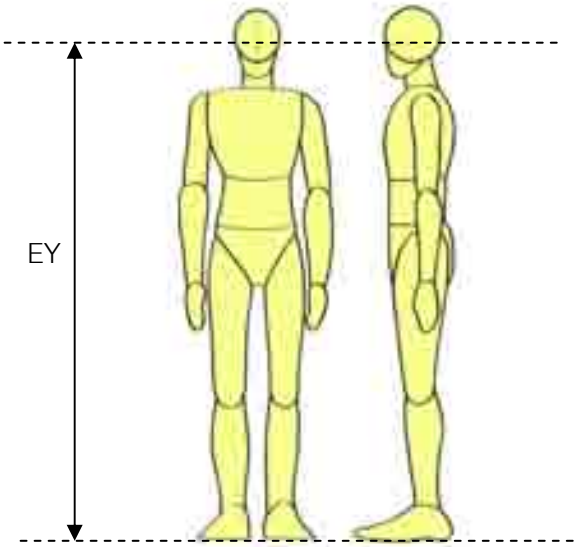
3. **ความสูงระดับสายตาขณะยืน**: EY (Eye height, Standing) **ดังภาพที่ ก**.3

คำจำกัดความ : การวัดในแนวตั้งฉากจากหางตาจรดพื้น

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ระดับหางตาทั้งสองข้าง

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกันเพื่อให้น้ำหนักตัวกระจายบนเท้าทั้งสองเท่ากัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว แบมือเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ และไม่สวมใส่รองเท้า



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

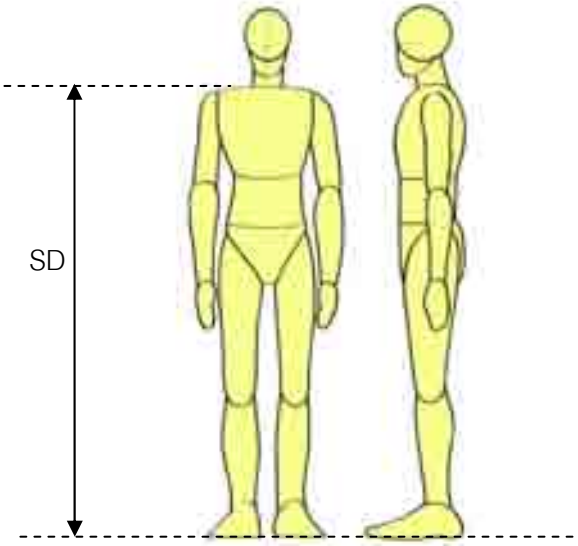
4. **ความสูงระดับไหล่ขณะยืน**: SD (Shoulder height, Standing) **ดังภาพที่ ก**.4

คำจำกัดความ : การวัดในแนวดิ่ง จากจุดสูงสุดของหัวไหล่จรดพื้น

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : จุดสูงสุดของหัวไหล่

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกันเพื่อให้น้ำหนักตัวกระจายบนเท้าทั้งสองเท่ากัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว แบมือเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ และไม่สวมใส่รองเท้า



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

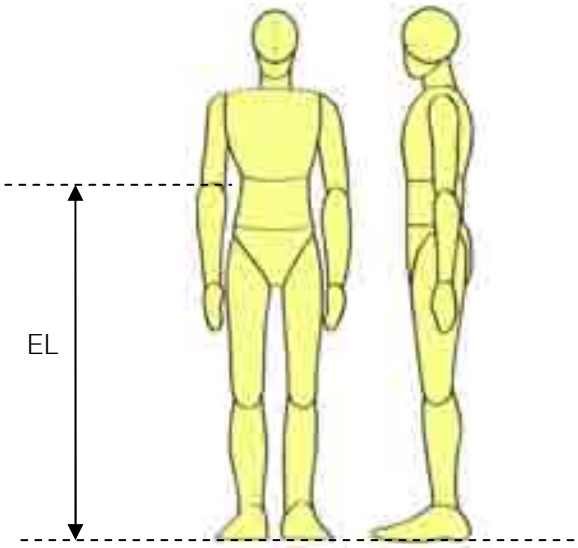
5. **ความสูงระดับข้อศอกขณะยืน**: EL (Elbow height, Standing) **ดังภาพที่ ก**.5

คำจำกัดความ : การวัดในแนวตั้งฉาก จากข้อพับของข้อศอกจรดพื้น

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ปุ่มกระดูกแขนด้านล่างทางด้านนอก

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกันเพื่อให้น้ำหนักตัวกระจายบนเท้าทั้งสองเท่ากัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว แบมือเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ และไม่สวมใส่รองเท้า



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

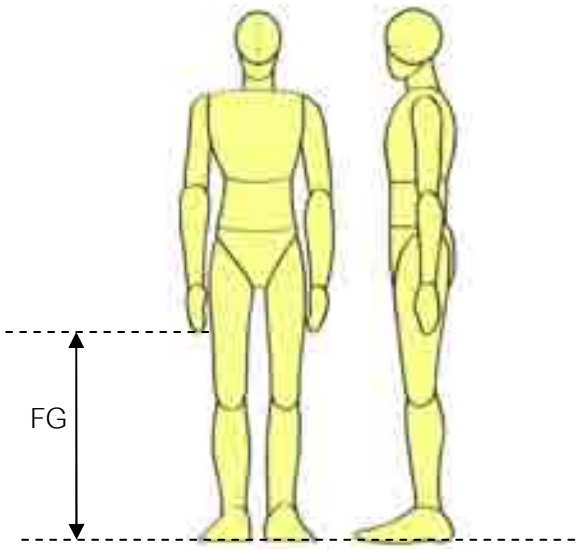
6. **ความสูงระดับนิ้วมือ**: FG (Finger height, Standing) **ดังภาพที่ ก.6**

คำจำกัดความ : การวัดในแนวตั้งฉากจากปลายนิ้วมือที่ยาวที่สุดจรดพื้น

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ปลายนิ้วมือที่ยาวที่สุด

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกันเพื่อให้น้ำหนักตัวกระจายบนเท้าทั้งสองเท่ากัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว แบมือเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ และไม่สวมใส่รองเท้า



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

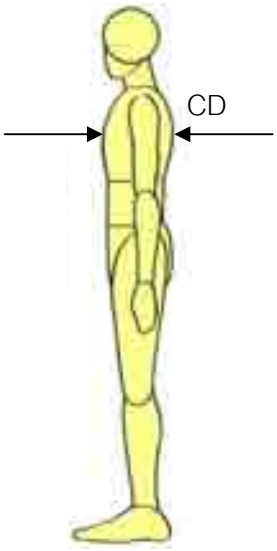
7. **ความหนาหน้าอก**: CD (Chest depth, Standing) **ดังภาพที่ ก**.7

คำจำกัดความ : วัดความหนาของหน้าอกในจุดที่หนาที่สุด

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : จุดที่นูนที่สุดของหน้าอก

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบต้องยืนตรงเท้าทั้งสองชิดกันเพื่อให้น้ำหนักตัวกระจายบนเท้าทั้งสองเท่ากัน แขนเหยียดตรงแนบลำตัว แบมือเหยียดตรงแนบลำตัว หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ



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

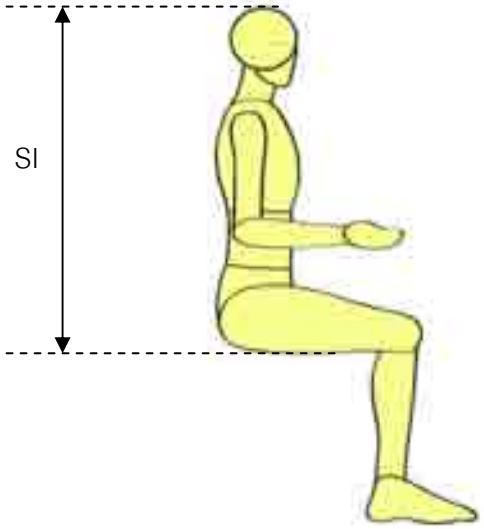
8. **ความสูงขณะนั่ง**: SI (Sitting height) **ดังภาพที่ ก**.8

คำจำกัดความ : ระยะแนวดิ่งจากจุดสูงสุดของศีรษะจนถึงระนาบบนสุดของพื้นที่นั่งขณะนั่งตัวตรง

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ไม่มี

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



ภาพที่ ก.8 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความสูงขณะนั่ง: SI (Sitting height)

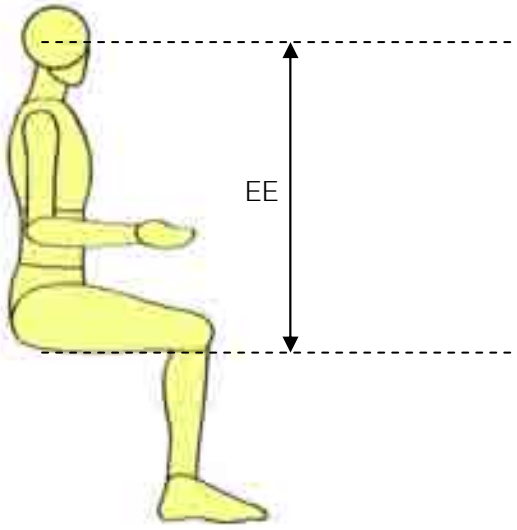
9. **ความสูงระดับสายตาขณะนั่ง**: EE (Eye height, Sitting) **ดังภาพที่ ก**.9

คำจำกัดความ : ระยะแนวตั้งฉากจากหางตาจนถึงระนาบบนสุดของพื้นที่นั่งขณะนั่งตัวตรง

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ระดับหางตา

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



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

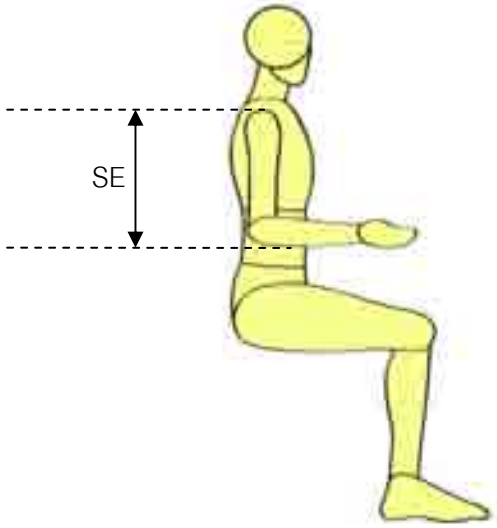
10.**ความสูงจากหัวไหล่ถึงข้อศอกขณะนั่ง**: SE (Shoulder – Elbow height, Sitting) **ดังภาพที่ ก**.10

คำจำกัดความ : ระยะจากระนาบบนสุดของหัวไหล่ถึงจุดปลายต่ำสุดของข้อศอก

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ปุ่มข้อศอก

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



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

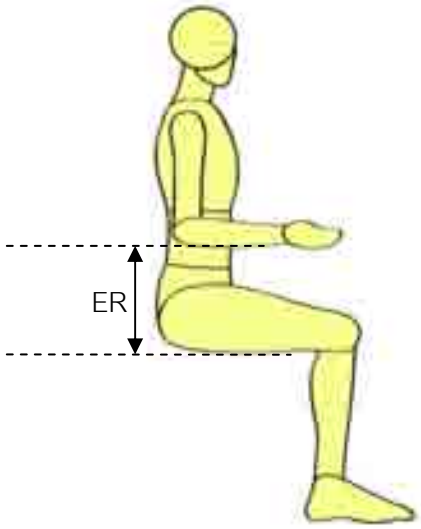
11.**ความสูงระยะพักศอกถึงพื้นที่นั่ง**: ER (Elbow rest height, Sitting) **ดังภาพที่ ก**.11

คำจำกัดความ : ระยะจากระนาบบนสุดของพื้นที่นั่ง ถึงจุดปลายต่ำสุดของข้อศอก

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ปุ่มข้อศอก

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



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

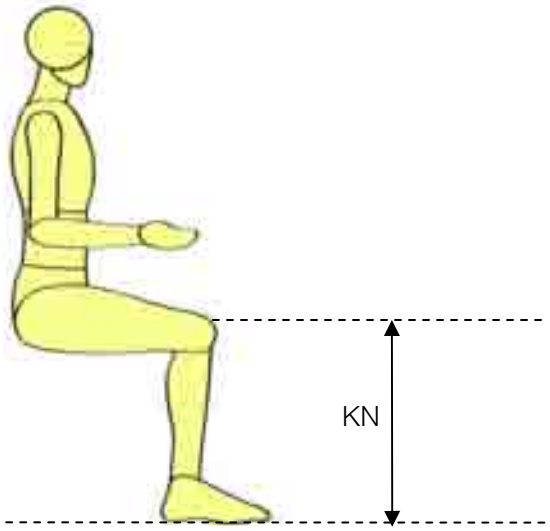
12. **ความสูงระดับหัวเข่าขณะนั่ง**: KN (Knee height, Sitting) **ดังภาพที่ ก**.12

คำจำกัดความ : ระยะแนวดิ่งจากจุดศูนย์กลางสะบ้าเข่าถึงพื้น

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ส่วนบนของกระดูกหัวเข่า

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



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

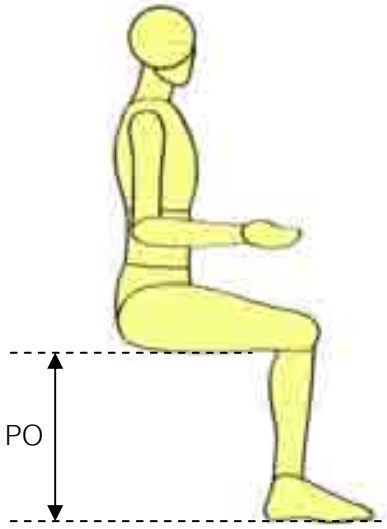
13. **ความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่ง**: PO (Popliteal height, Sitting) **ดังภาพที่ ก**.13

คำจำกัดความ : ความสูงตามแนวดิ่งจากด้านล่างของข้อพับด้านหลังหัวเข่าถึงพื้นขณะนั่งตัวตรง หัวเข่าและข้อเท้าตั้งฉากกับข้างใต้ของต้นขา และด้านหลังของหัวเข่าจะต้องไม่สัมผัสกับพื้นที่นั่ง

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ไม่มี

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน ด้านหลังของหัวเข่าจะต้องไม่สัมผัสกับพื้นที่นั่ง



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

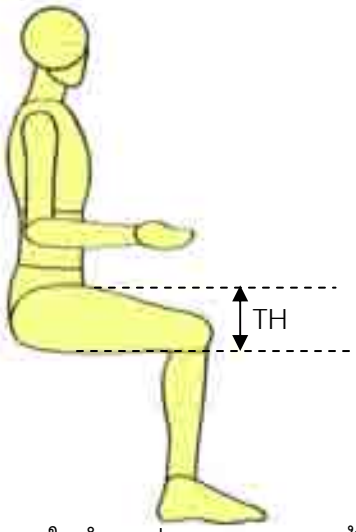
14. **ความหนาของต้นขา**: TH (Thigh clearance height, Sitting) **ดังภาพที่ ก**.14

คำจำกัดความ : ระยะสุทธิระหว่างส่วนบนของหน้าขากับระนาบที่นั่ง โดยวัดในแนวดิ่งตรง

ตำแหน่งที่หมาย (land marks): ส่วนที่หนาที่สุดของต้นขาด้านบนขณะนั่ง

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



ภาพที่ ก.14 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความหนาของต้นขา: TH

(Thigh clearance height, Sitting)

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

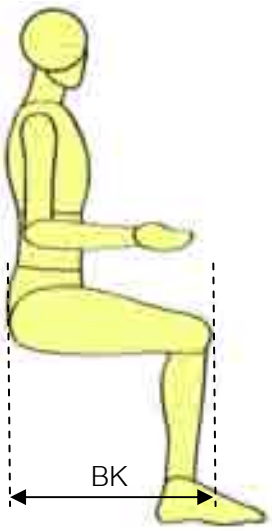
ดังภาพที่ ก.15

คำจำกัดความ : ระยะในแนวนอนระหว่างระนาบพิงหลังถึงด้านหน้าของหัวเข่า

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : จุดสูงสุดของก้น

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



ภาพที่ ก.15 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่าด้านหน้าขณะนั่ง: BK

(Buttock-knee length, Sitting)

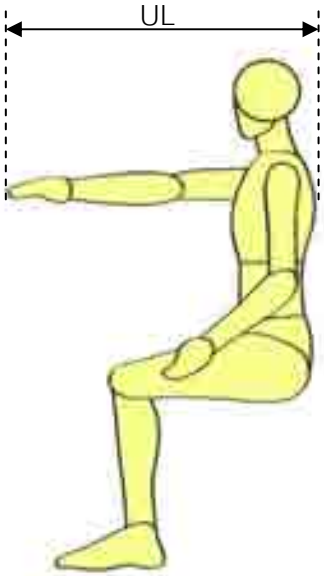
16.ระยะไหล่ถึงปลายนิ้วขณะยืดแขนในท่านั่ง: UL (Upper limb length, Sitting) **ดังภาพที่ ก.16**

คำจำกัดความ : ระยะระหว่างปุ่มกระดูกหัวไหล่ถึงปลายนิ้วที่ยาวที่สุดขณะยืดแขนไปด้านหน้า

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ปุ่มกระดูกหัวไหล่

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้า ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน แขนด้านขวายืดเหยียดตรงไปด้านหน้าในแนวระนาบ แบมือและนิ้วเหยียดตรง



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

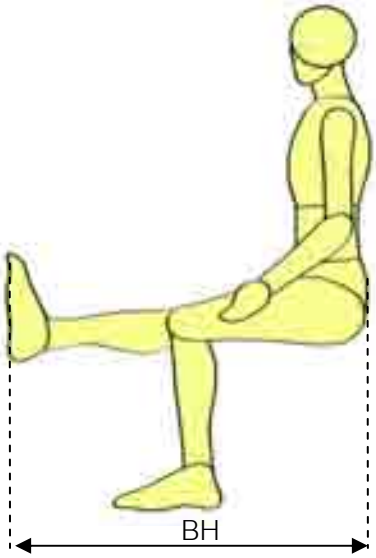
17.ระยะจากก้นกบถึงส้นเท้าขณะนั่ง: BH (Buttock-Heel length, Sitting) **ดังภาพที่ ก.17**

คำจำกัดความ : ระยะในแนวนอนระหว่างระนาบพิงหลังถึงระนาบฝ่าเท้าที่ยื่นไปด้านหน้า โดยยืดขาออกไปให้มากที่สุดในท่านั่ง

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ไม่มี

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาข้างขวายื่นไปด้านหน้าในแนวระนาบโดยยืดขาออกไปให้มากที่สุด



ภาพที่ ก.17 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งระยะจากก้นกบถึงส้นเท้าขณะนั่ง: BH

(Buttock-Heel length, Sitting)

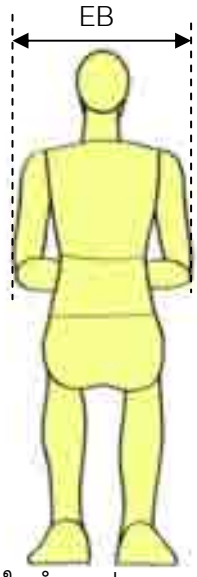
18.**ความกว้างระหว่างข้อศอก**: EB (Elbow-elbow breadth, Sitting) **ดังภาพที่ ก**.18

คำจำกัดความ : ระยะระหว่างข้อศอกถึงข้อศอกขณะงอแขนชิดกับลำตัว

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ขอบของข้อศอกที่กว้างที่สุดทั้งสองข้างขณะนั่ง

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



ภาพที่ ก.18 สัดส่วนร่างกายในตำแหน่งความกว้างระหว่างข้อศอก: EB

(Elbow-elbow breadth, Sitting)

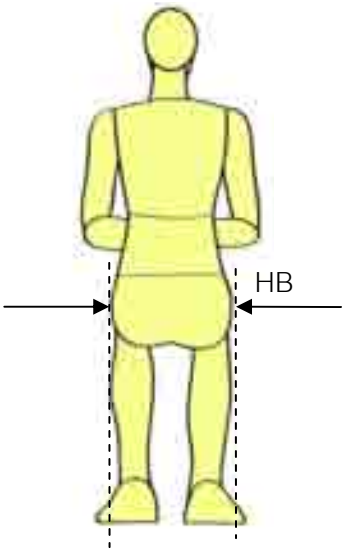
19.**ความกว้างสะโพก**: HB (Hip breadth, Sitting) **ดังภาพที่ ก**.19

คำจำกัดความ : วัดจากส่วนที่กว้างที่สุดของสะโพก ด้านหนึ่งถึงอีกด้านหนึ่ง

ตำแหน่งที่หมาย (land marks) : ขอบสะโพกที่กว้างที่สุดทั้งสองข้างขณะนั่ง

เครื่องมือวัด : Anthropometer และ กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

ท่าทางของผู้ถูกทดสอบ : ผู้ถูกทดสอบนั่งตัวตรง หน้ามองตรงให้อยู่ในแนวระดับ เท้าทั้งสองชิดกัน ศีรษะตั้งตรงมองไปข้างหน้าแขนส่วนบนห้อยลงตามสบาย แขนส่วนล่างและมือยื่นออกไปด้านหน้าลำตัวโดยให้ตั้งฉากกับแขนส่วนบน ขาส่วนบนและส่วนล่างตั้งฉากกัน



ภาพที่ 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.
เอกสารสำหรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

รูปแบบสำหรับโครงร่างวิทยานิพนธ์

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ โทร. 02-218-6814

ที่ …….. **วันที่** …..……..

เรื่อง ขอเสนอโครงการวิจัยเพื่อรับการพิจารณาจริยธรรม

เรียน ประธานกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ใบคำขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

2. โครงร่างการวิจัย จำนวน 16 ชุด

ด้วย นางสาวสุดาวรรณ ลี่ไพฑูรย์ นิสิตระดับ ปริญญามหาบัณฑิต

คณะ/สถาบัน/หน่วยงาน ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เสนอโครงการวิจัย

เรื่อง ข้อมูลสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนประถมศึกษาโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และประสงค์จะเสนอขอรับการพิจารณาจริยธรรมฯ ทั้งนี้ โครงการวิจัยนี้ ได้ผ่านการพิจารณา Relevant & Scientific Merit และการคัดกรองงานวิจัยเพื่อเข้ารับการพิจารณาจริยธรรม โดยกลไกที่เกี่ยวข้องระดับคณะ/สถาบัน/หน่วยงาน แล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการให้ด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

……	……
(ดร. ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล)	(นางสาวสุดาวรรณ ลี่ไพฑูรย์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้วิจัยหลัก
วันที่ 11/11/2553	วันที่ 11/11/2553

รับรองคำขอรับการพิจารณาจริยธรรม

……

(……)

คณบดี/ผู้อำนวยการ

วันที่……/……/……

ภาคผนวก ค.
แบบบันทึกการวัดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนระดับประถมศึกษา โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบบันทึกการวัดสัดส่วนร่างกายของเด็กนักเรียนระดับประถมศึกษา

โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

ที่ ศธ ๐๕๒๑.๒(๑๐๐๕๖)/๐๑๕ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม
ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ ๑๐๓๓๐

๑๕ มกราคม ๒๕๕๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้เด็กเข้าร่วมโครงการวิจัยด้านการยศาสตร์ของเด็กนักเรียน
เรียน ท่านผู้ปกครอง
สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เอกสารชี้แจงรายละเอียดของการวิจัย จำนวน ๑ ชุด
๒. หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (consent form) สำหรับผู้ปกครอง จำนวน ๑ ชุด

ด้วยอาจารย์ ดร. ไพโรจน์ ตติวิจิตรกุล อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ ผศ.ทุลลิดา เตชวลันตกุล อาจารย์ประจำภาควิชาการออกแบบอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อยู่ในระหว่างการดำเนินงานวิจัยเรื่อง ขนาดสัดส่วนร่างกายและความแข็งแกร่งของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ซึ่งการศึกษาวิจัยนี้มีการพบปะสอบถามสภาพร่างกาย พัฒนาการ และผลการเรียนของเด็กแต่อย่างใด ตามรายละเอียดโดยสังเขปแนบ ทั้งนี้โรงเรียนได้พิจารณาแล้วว่าการศึกษาวิจัยดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียนโดยคำนึงถึงนักเรียนเป็นหลัก ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของเด็กนักเรียนขณะอยู่ในโรงเรียน โดยคณะผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิจัยเพื่อการศึกษาทางวิชาการเท่านั้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ในการอนุญาตให้เด็กเข้าร่วมโครงการวิจัยด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ
รองศาสตราจารย์ สุปรานี จิรานะรส์
ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม
และรองคณบดีคณะครุศาสตร์

ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ ๐๒ ๒๑๘๒๙๐๗

โปรดตัดส่วนนี้และหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (consent form) คืนอาจารย์ประจำชั้นเพื่อส่งฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการภายในวันที่ ๑๙ มกราคม ๒๕๕๙

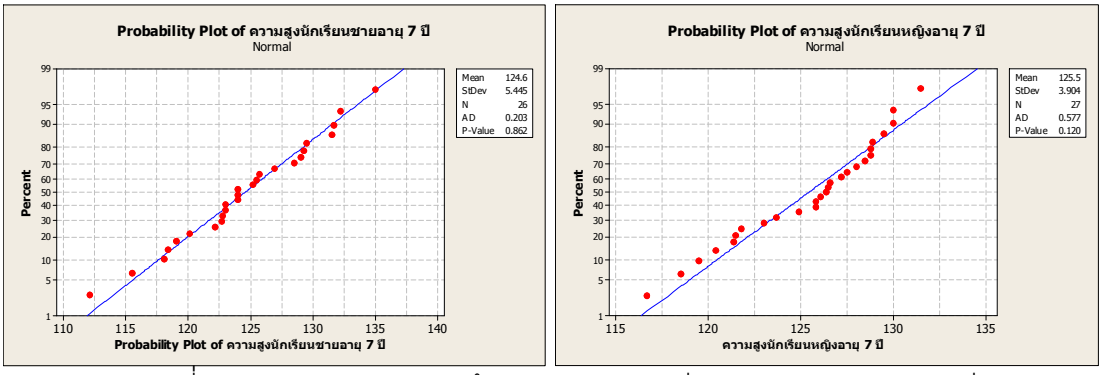
ข้าพเจ้า ผู้ปกครอง ด.ช./ด.ญ. _____ ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๑/_____
ได้รับทราบจดหมายของโรงเรียนเรื่องขอความอนุเคราะห์ให้นักเรียนเข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว

○ ยินดีให้ความร่วมมือ ○ ขัดข้อง เพราะ _____

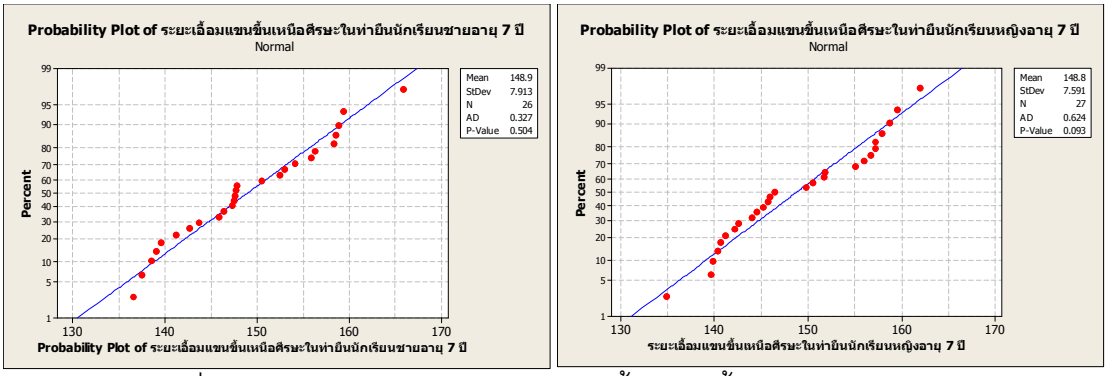
(ลงชื่อ) _____ ผู้ปกครอง
_____ / _____ / _____

ภาพที่ ง.1 จดหมายขอความอนุเคราะห์ให้เด็กเข้าร่วมโครงการวิจัยด้านการยศาสตร์

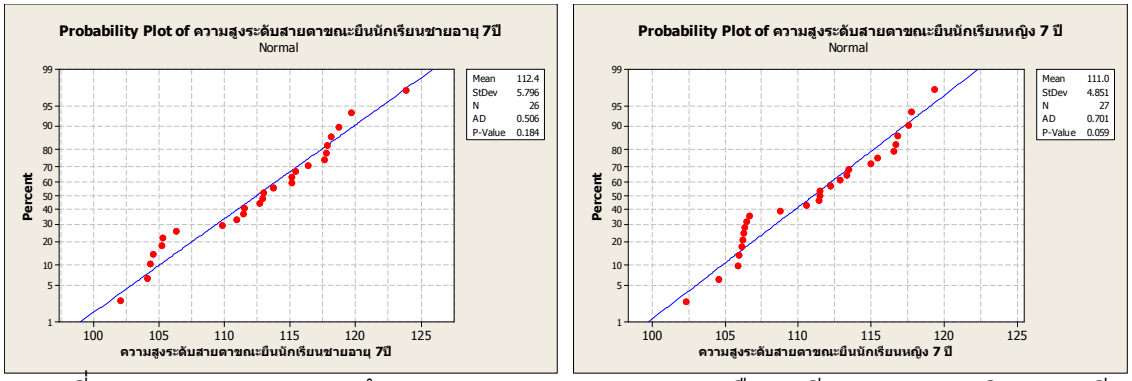
ภาคผนวก จ.
ตัวอย่างผลการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลสัดส่วนร่างกาย



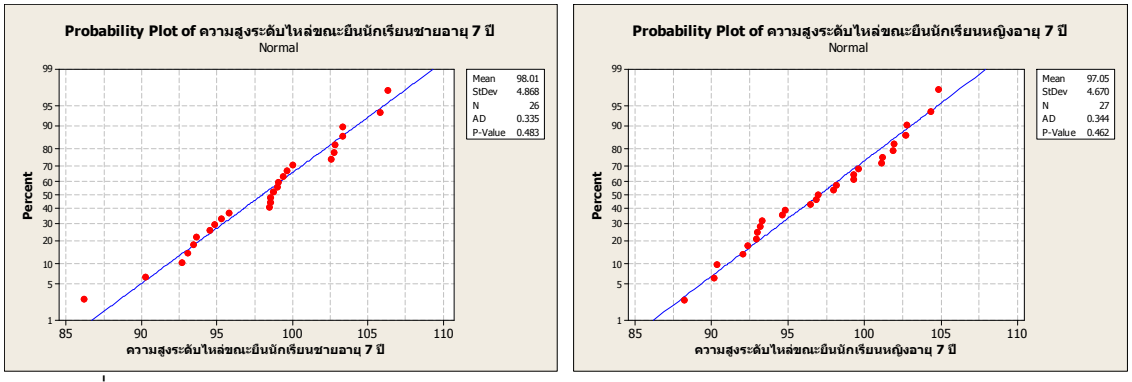
ภาพที่ จ.1 การกระจายตัวของข้อมูลความสูงนักเรียนชายและหญิงอายุ 7 ปี



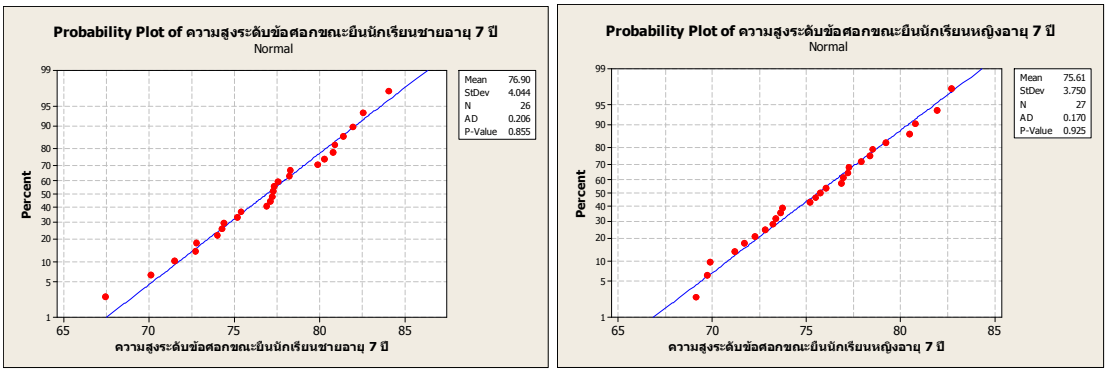
ภาพที่ จ.2 การกระจายตัวของข้อมูลระยะเอื้อมแขนขึ้นเหนือศีรษะในท่ายืน นักเรียนชายและหญิงอายุ 7 ปี



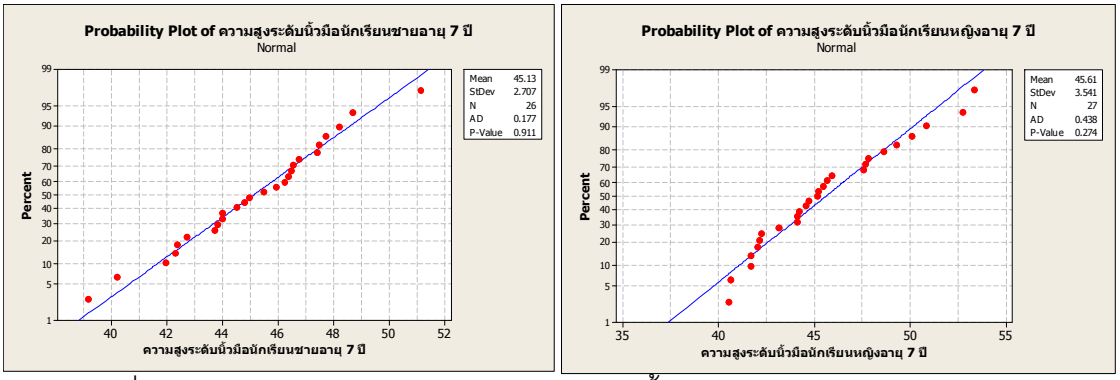
ภาพที่ จ.3 การกระจายตัวของข้อมูลความสูงระดับสายตาขณะยืนนักเรียนชายและหญิงอายุ 7 ปี



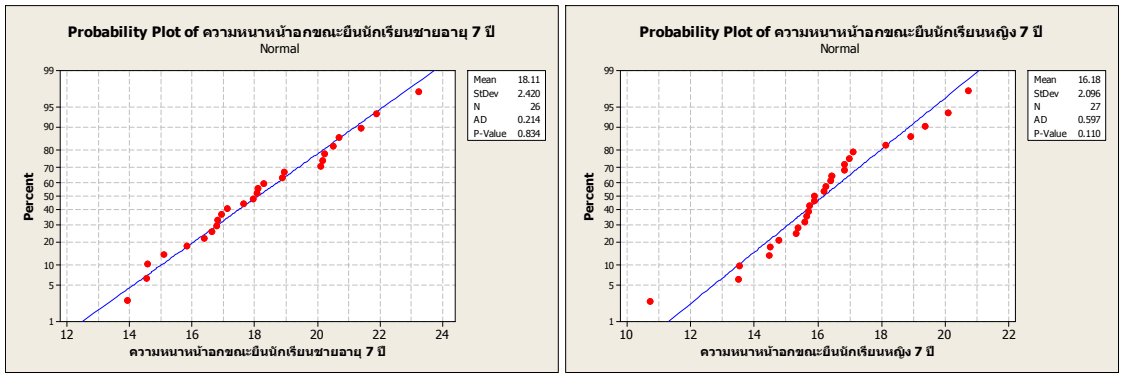
ภาพที่ จ.4 การกระจายตัวของข้อมูลความสูงระดับไหล่ขณะยืนนักเรียนชายและหญิงอายุ 7 ปี



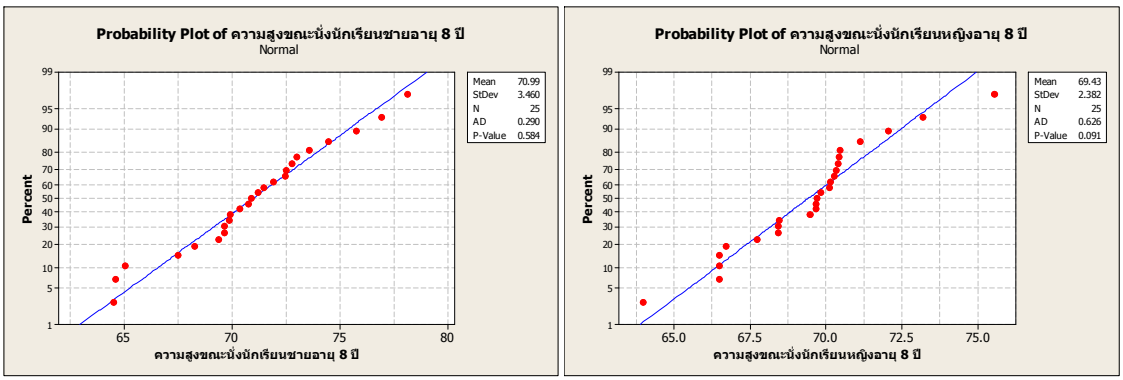
ภาพที่ จ.5 การกระจายตัวของข้อมูลความสูงระดับข้อศอกขณะยืนนักเรียนชายและหญิงอายุ 7 ปี



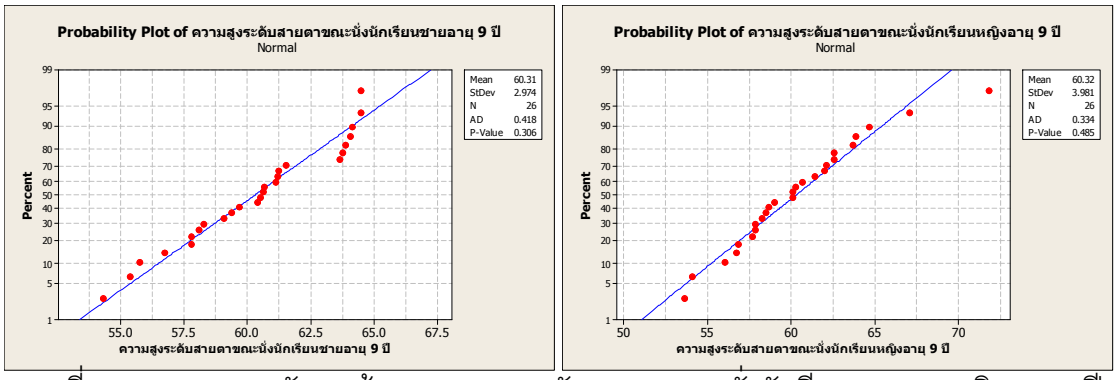
ภาพที่ จ.6 การกระจายตัวของข้อมูลความสูงระดับนิ้วมือนักเรียนชายและหญิงอายุ 7 ปี



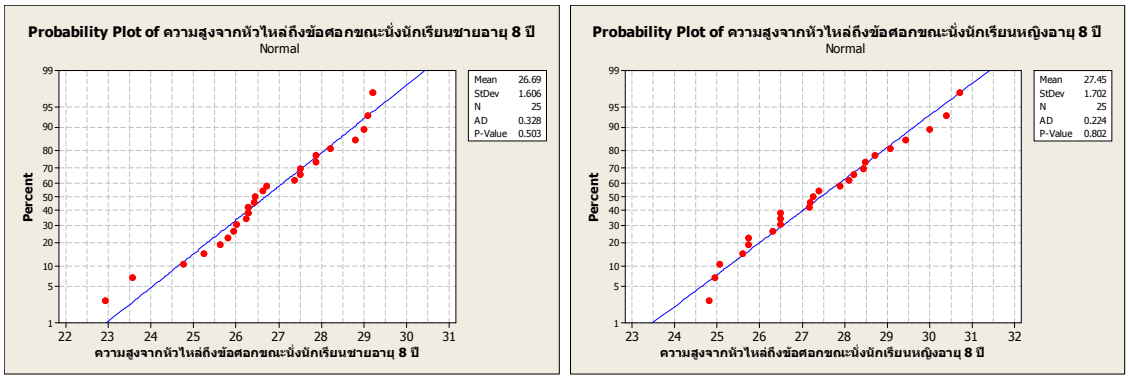
ภาพที่ จ.7 การกระจายตัวของข้อมูลความหนาหน้าอกขณะยืนนักเรียนชายและหญิงอายุ 7 ปี



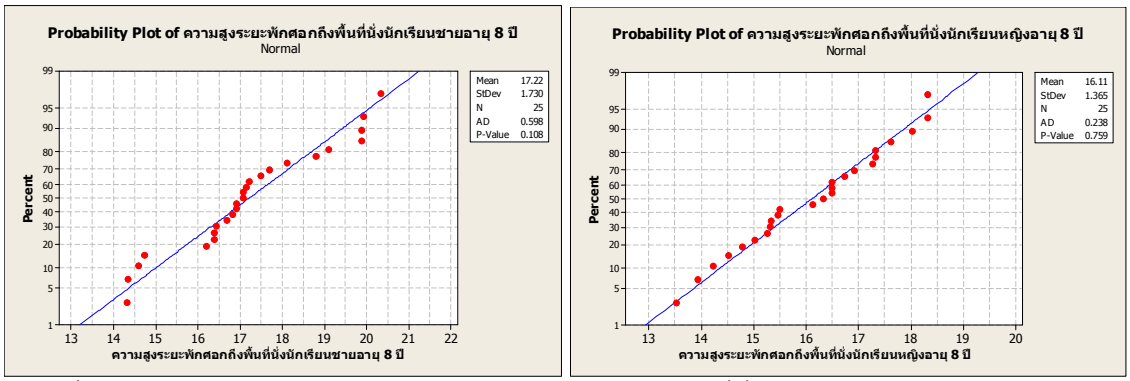
ภาพที่ จ.8 การกระจายตัวของข้อมูลความสูงขณะนั่งนักเรียนชายและหญิงอายุ 8 ปี



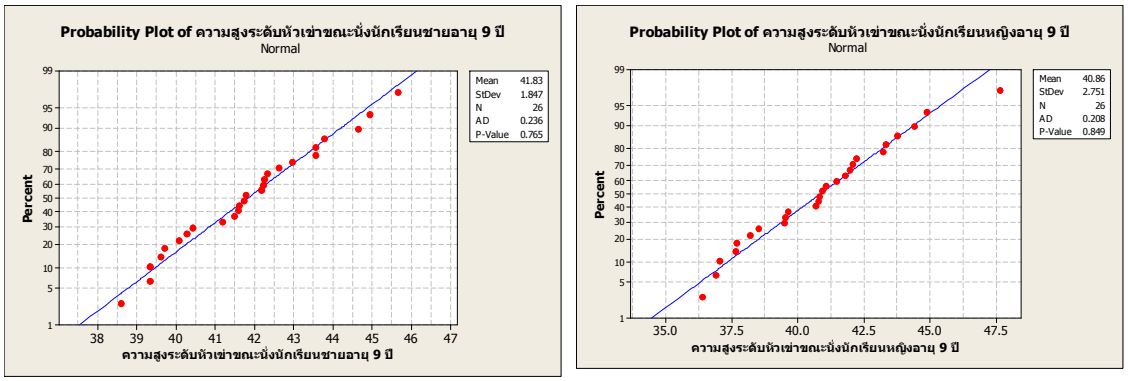
ภาพที่ จ.9 การกระจายตัวของข้อมูลความสูงระดับสายตาขณะนั่งนักเรียนชายและหญิงอายุ 9 ปี



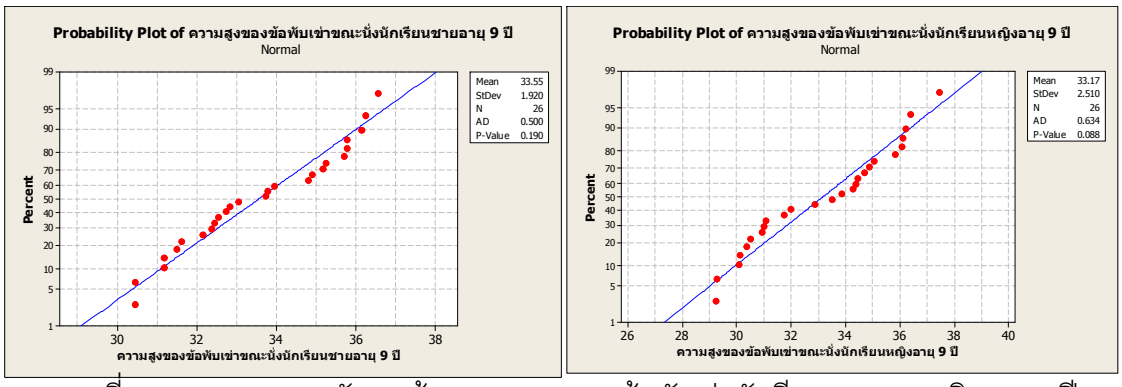
ภาพที่ จ.10 การกระจายตัวของข้อมูลความสูงจากหัวไหล่ถึงข้อศอกขณะนั่งนักเรียนชายและหญิงอายุ 8 ปี



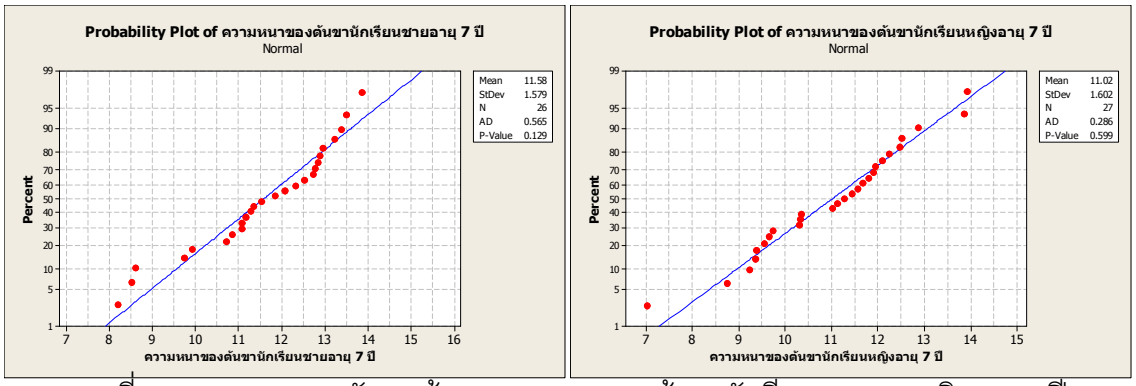
ภาพที่ จ.11 การกระจายตัวของข้อมูลความสูงระยะพักศอกถึงที่นั่งนักเรียนชายและหญิงอายุ 8 ปี



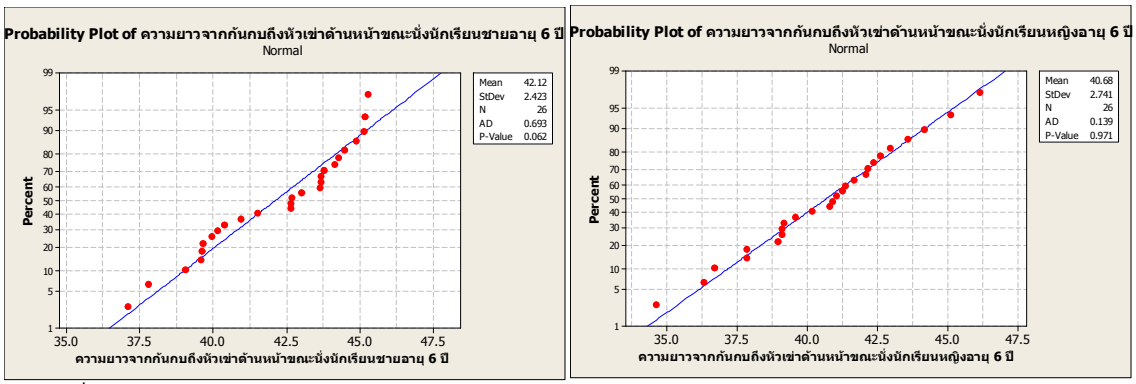
ภาพที่ จ.12 การกระจายตัวของข้อมูลความสูงระดับหัวเข่าขณะนั่งนักเรียนชายและหญิงอายุ 9 ปี



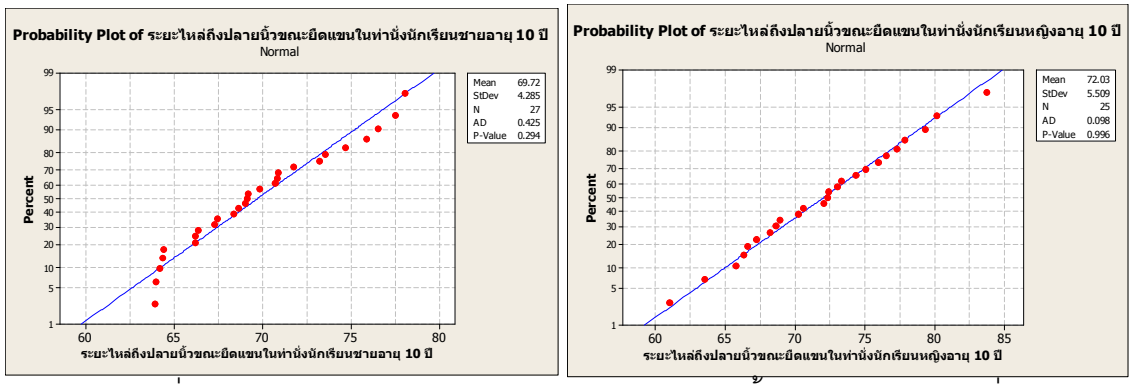
ภาพที่ จ.13 การกระจายตัวของข้อมูลความสูงของข้อพับเข่านักเรียนชายและหญิงอายุ 9 ปี



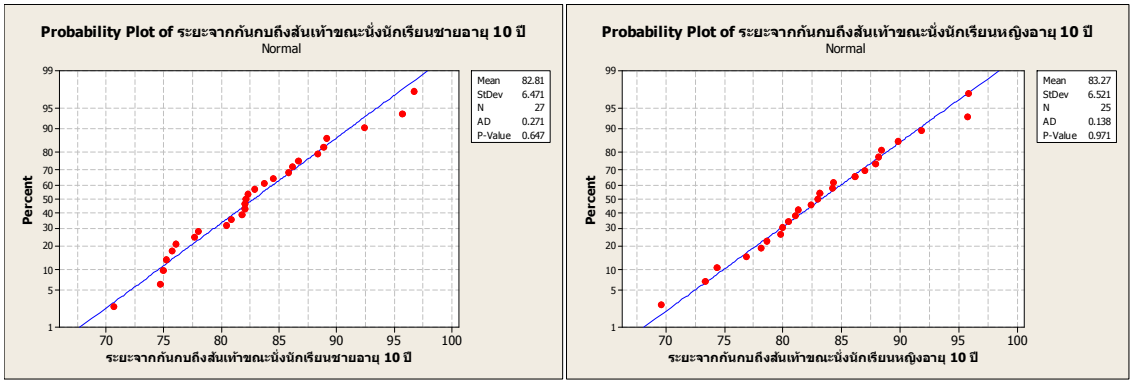
ภาพที่ จ.14 การกระจายตัวของข้อมูลความหนาของต้นขานักเรียนชายและหญิงอายุ 7 ปี



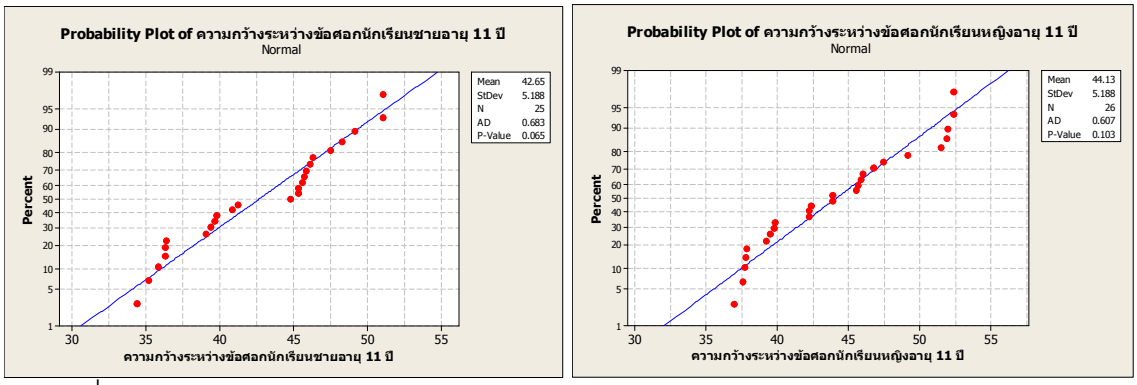
ภาพที่ จ.15 การกระจายตัวของข้อมูลความยาวจากก้นกบถึงหัวเข่านักเรียนชายและหญิงอายุ 6ปี



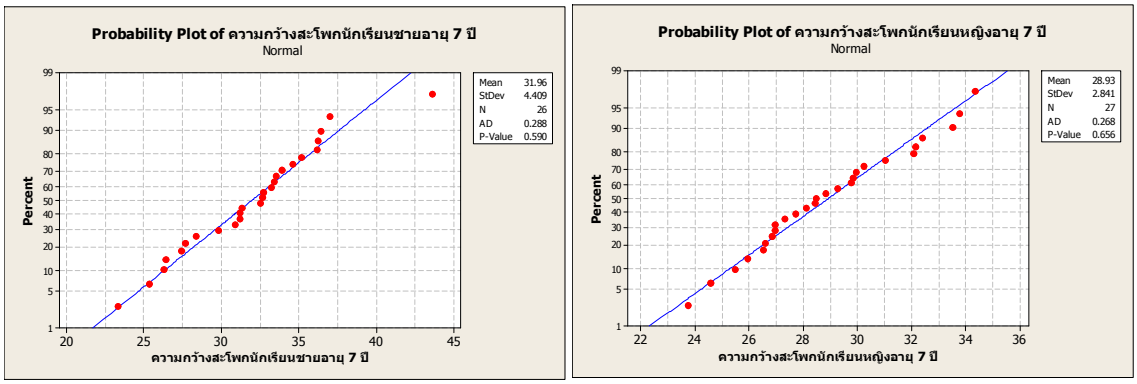
ภาพที่ จ.16 การกระจายตัวของข้อมูลระยะไหล่ถึงปลายนิ้วขณะยืดแขนในท่านั่งนักเรียนชายและหญิงอายุ 10 ปี



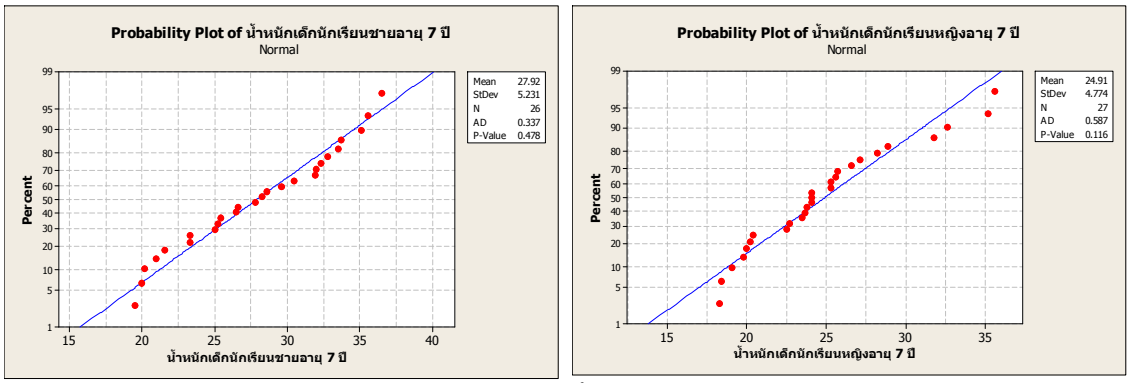
ภาพที่ จ.17 การกระจายตัวของข้อมูลระยะจากก้นกบถึงส้นเท้า นักเรียนชายและหญิงอายุ 10 ปี



ภาพที่ จ.18 การกระจายตัวของข้อมูลความกว้างระหว่างข้อศอกนักเรียนชายและหญิงอายุ 11 ปี



ภาพที่ จ.19 การกระจายตัวของข้อมูลความกว้างสะโพกนักเรียนชายและหญิงอายุ 7 ปี



ภาพที่ จ.20 การกระจายตัวของข้อมูลน้ำหนักนักเรียนชายและหญิงอายุ 7 ปี

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุดาวรรณ ลี่ไพฑูรย์ เกิดเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2528 ที่จังหวัดระยอง สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาบัณฑิต จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2549 และได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิตในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาต้นปี พ.ศ.2552