

สมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายจากการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังสำหรับ
ประมาณค่าปริมาณไขมันในร่างกายของนักศึกษาชาย

ปริญญานิพนธ์
ของ
บวรรังสี จอกแก้ว

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา
กุมภาพันธ์ 2546
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

๑๑.๑๑.๑๑
๑๑.๑๑.๑๑
๑๑

สมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายจากการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังสำหรับ
ประมาณค่าปริมาณไขมันในร่างกายของนักศึกษาชาย

บทคัดย่อ
ของ
บวรรังสี จอกแก้ว

๑๗ มิ.ย. ๒๕๕๕

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา
กุมภาพันธ์ ๒๕๕๖

๑๗ มิ.ย. ๒๕๕๕

นายบรรจง จอกแก้ว. (2545). สมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายจากการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังสำหรับประมาณค่าปริมาณไขมันในร่างกายของนักศึกษาชาย.

ปริญญาโท กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

คณะกรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ เทเวศร์ พิริยะพูนท์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธงชัย เจริญทรัพย์มณี.

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างสมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายจากการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังสำหรับประมาณค่าปริมาณไขมันในร่างกายของนักศึกษาชาย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักศึกษาวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ จำนวน 120 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการอาสาสมัคร กลุ่มตัวอย่างได้รับการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง 9 ตำแหน่งคือ ออก แขนท่อนบนด้านหน้า รักแร้ หน้าท้อง เหนือสะโพก หน้าขา ได้สะบักหลัง แขนท่อนบนด้านหลัง และน่อง ทำการประเมินความหนาแน่นของร่างกายด้วยการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันใช้สูตรของซีรี (Sin) เปอร์เซ็นต์ไขมัน = $[(4.95/B.D.) - 4.50] \times 100$

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน หาสมการความหนาแน่นของร่างกายด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นบันได และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยค่าที (t-test) ซึ่งดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS for Windows

ผลการศึกษาพบว่า

1. สมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายสำหรับนักศึกษาชายคือ

$$B.D. = 1.096 - 0.002251 (\text{หน้าขา}) - 0.0007846 (\text{หน้าท้อง}) + 0.001059 (\text{แขนท่อนบนด้านหลัง})$$

มีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ (R^2) เท่ากับ 0.74 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า (S.E.E.) เท่ากับ 0.0060

2. ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความหนาแน่นของร่างกายจากวิธีการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ และจากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าเท่ากับ 1.0662, 0.0162, 1.0665 และ 0.0010 ตามลำดับ ความหนาแน่นของร่างกายจากวิธีการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ และจากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

3. ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายจากวิธีการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ และจากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าเท่ากับ 14.31, 5.10, 14.18 และ 4.39 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายจากวิธีการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ และจากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

**AN EQUATION FOR PREDICTING BODY DENSITY FROM SKINFOLD THICKNESS
FOR BODY FAT ESTIMATION OF COLLEGE MALE STUDENTS**

**AN ABSTRACT
BY
BOVORNRUNGSEE JOKKAEW**

**Presented in Partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Physical Education
at Srinakharinwirot University
February 2003**

Bovornungsee Jokkaew. (2003). *An Equation for Predicting Body Density from Skinfold Thickness for Body Fat Estimation of College Male Students*. Master thesis, M.Ed. (Physical Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Tawate Piriyaopon, Asst. Prof. Thongchai Charoensupmanee.

The purpose of the study was to develop regression equation for predicting body density from skinfold thickness for body fat estimation of college male students.

Body density determined by the hydrostatic technique was obtained 120 volunteers Bangkok Physical Education College. Independent variables included 9 skinfold thickness; chest, biceps, midaxillary, abdominal, suprailiac, thigh, subscapular, triceps, and calf. Percent fat was calculated by the formula of Siri % fat = $[(4.95/B.D.) - 4.50] \times 100$.

A stepwise multiple regression model was used to develop predictions of body density from the independent variables. Mean, standard deviation, the Pearson product moment, and t-test were used to analyze the data by computer SPSS for Windows program.

It was found that ;

1. An equation for predicting body density of college male students is.

$$B.D. = 1.096 - 0.002251 (\text{Thigh}) - 0.0007846 (\text{Abdominal}) + 0.001059 (\text{Triceps})$$

The coefficient of multiple determination equal to ($R^2 = 0.74$) and standard error of estimation equal to (S.E.E. = 0.0060).

2. The mean and standard deviation of body density from hydrostatic technique and present studied equation were 1.0662, 0.0162, 1.0665 and 0.0010 respectively. The body density result of hydrostatic technique was not significant different from the present studied equation in .05 level.

3. The mean and standard deviation of percent body fat from hydrostatic technique and present studied equation were 14.31, 5.10, 14.18 and 4.39 respectively. The percent body fat result of hydrostatic technique was not significant different from the present studied equation in .05 level.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

สมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายจากการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังสำหรับ
ประมาณค่าปริมาณไขมันในร่างกายของนักศึกษาชาย

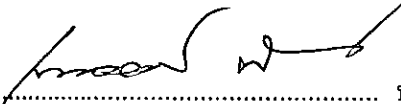
ของ

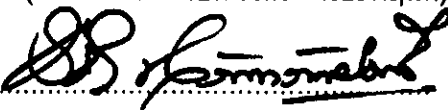
นายบรรรังสี จอกแก้ว

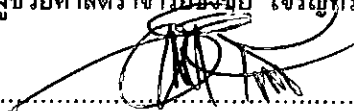
ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

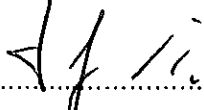
.....  คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพร ฑะวานนท์)
วันที่ 19 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2546

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....  ประธาน
(รองศาสตราจารย์ เทเวศร์ พิชัยะพจนนท์)

.....  กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธงชัย เจริญทรัพย์มณี)

.....  กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำชัย เล่วลิย)

.....  กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาณุ ป้อมสำราญ)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงจากรองศาสตราจารย์เทเวศร์
พิริยะพจน์ที่ ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธงชัย เจริญทรัพย์มณี
กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำชัย เสวลิย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธาวุฒิ
ปลื้มสำราญ กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติมที่ให้ความกรุณาชี้แนะแนวทาง แก้ไข ปรับปรุง ในการดำเนินการ
จัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ
โอกาสนี้

ขอบพระคุณอาจารย์สมพิศ พิระพฤกษ์ อาจารย์วิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ ที่กรุณาให้ความ
ช่วยเหลือเป็นที่ปรึกษา ให้ใช้เครื่องมือ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือในการวิจัยในครั้งนี้เป็น
อย่างดี รวมทั้งขอขอบคุณนักศึกษาวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ ที่ให้ความร่วมมือมาเป็นกลุ่มตัวอย่างในการ
วิจัยครั้งนี้

ท้ายที่สุดผู้วิจัยขอขอบคุณประโยชน์อันจะเกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ แต่ผู้มีพระคุณ คุณพ่อ
คุณแม่ ญาติพี่น้อง ครูอาจารย์ที่เคารพ ที่ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุนผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา จนสามารถ
ประสบความสำเร็จได้ในที่สุด

บวรรังสี จอกแก้ว

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	4
ตัวแปรที่ศึกษา.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
การศึกษาเกี่ยวกับไขมัน.....	5
การเก็บสะสมไขมัน.....	7
ปัจจัยสำคัญที่เป็นเหตุให้อ้วน.....	8
ผลกระทบของความอ้วนต่อสุขภาพ.....	9
ส่วนประกอบของร่างกายและวิธีกำหนดหาส่วนประกอบของร่างกาย.....	9
การชั่งน้ำหนักได้น้ำหนักหรือการวัดความหนาแน่นของร่างกาย.....	11
การวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง.....	14
การวิเคราะห์การถดถอย.....	17
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
งานวิจัยในต่างประเทศ.....	19
งานวิจัยในประเทศ.....	25
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	29
การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	29
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	29
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	30
การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	31
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	33
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	33
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	35

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	42
สังเขปความมุ่งหมาย สมมุติฐาน และวิธีดำเนินการวิจัย.....	42
สรุปผลการวิจัย.....	43
อภิปรายผล.....	44
ข้อเสนอแนะ.....	45
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป.....	45
 บรรณานุกรม.....	 46
 ภาคผนวก.....	 50
 ประวัติย่อผู้วิจัย.....	 77

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงส่วนประกอบของร่างกาย.....	10
2 ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิต่างกัน.....	13
3 ตำแหน่งมาตรฐานสำหรับวัดไขมันใต้ผิวหนัง.....	16
4 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ความจุปอด ความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง ความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายของนักศึกษาชาย.....	35
5 คำสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของร่างกายกับตัวแปรอิสระ.....	36
6 ผลการวิเคราะห์สมการความหนาแน่นของร่างกายของนักศึกษาชาย โดยใช้ - การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นบันได.....	37
7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของร่างกายจากการชั่งน้ำหนักได้น้ำ กับ ความหนาแน่นของร่างกายที่ได้จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น.....	38
8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายจากการชั่งน้ำหนักได้น้ำ กับ เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่ได้จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น.....	39
9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของร่างกายที่ได้จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับ ความหนาแน่นของร่างกายที่ได้จากสมการของสโลน (Sloan).....	40
10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่ได้จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่ได้จากสมการของสโลน (Sloan).....	41
11 แสดงค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ในการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง.....	71
12 แสดงค่าความหนาแน่นของร่างกาย ความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย.....	73

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงลักษณะของเครื่องมือวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง.....	52
2 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าอก.....	53
3 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณแขนท่อนบนด้านหน้า.....	54
4 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณรักแร้.....	55
5 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าท้อง.....	56
6 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณเหนือสันสะโพก.....	57
7 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าขา.....	58
8 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณใต้สะบักหลัง.....	59
9 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณแขนท่อนบนด้านหลัง.....	60
10 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณน่อง.....	61
11 แสดงลักษณะการชั่งน้ำหนัก.....	64
12 แสดงลักษณะการวัดความจุปอด.....	65
13 แสดงลักษณะก่อนชั่งน้ำหนักได้น้ำ.....	67
14 แสดงลักษณะกำลังชั่งน้ำหนักได้น้ำ.....	68

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในวงการพลศึกษาและการกีฬาจะมีบ่อยครั้งที่อยากทราบปริมาณของไขมันในร่างกาย ซึ่งในปัจจุบันวิธีที่วัดไขมันโดยตรงในมนุษย์ที่ยังมีชีวิตอยู่ยังไม่มีใครคิดค้นได้ วิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะเป็นวิธีโดยอ้อม โดยยึดหลักที่ว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายมีความสัมพันธ์ในทางลบกับความหนาแน่นของร่างกาย ซึ่งความหนาแน่น (Density) หมายถึงปริมาณของมวลสาร (Mass) ต่อปริมาตร (Volume) โดยเขียนเป็นสูตรคือ $D = M/V$ ซึ่งน้ำในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่มีมวลสาร 1 กรัม และมีปริมาตร 1 ซีซี. ความหนาแน่นของน้ำจะเท่ากับ 1 กรัม/ซีซี. สำหรับความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของน้ำ คือการตัดหน่วยทั้งหมดออกจากความหนาแน่น นั่นคือความถ่วงจำเพาะของน้ำมีค่าเท่ากับ 1 โดยในส่วนของความหนาแน่นจะพบว่าหากนำสิ่งใดก็ตามที่มีความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1 วัตถุนั้นจะจมน้ำ ถ้าวัตถุนั้นมีความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำ วัตถุนั้นจะลอยน้ำ ซึ่งกล้ามเนื้อ และกระดูกมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ส่วนไขมันมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ แต่โดยรวมแล้วร่างกายของมนุษย์จะประกอบไปด้วยกระดูก กล้ามเนื้อ และไขมัน รวมแล้วจะมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ ด้วยเหตุนี้ คนอ้วนจึงมีปัญหาเรื่องการลอยตัวในน้ำน้อยกว่าคนที่มิกกล้ามเนื้อมากหรือคนผอม (ประทุม ม่วงมี. 2527 : 250-251) โดยสรุป ผู้ที่มีความหนาแน่นของร่างกายมาก แสดงว่ามีเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายน้อยกว่าผู้ที่มีความหนาแน่นในร่างกายน้อยกว่า สำหรับการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายนั้นขั้นตอนแรกจะคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายก่อน ขั้นตอนต่อไปจะนำความหนาแน่นของร่างกายไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายอีกครั้งหนึ่ง

จรรยาพร ธรณินทร์ (2521 : 35) ได้อธิบายว่าผู้ชายควรมีไขมันประมาณ 14.5 เปอร์เซ็นต์ และ 20-25 เปอร์เซ็นต์สำหรับผู้หญิง สำหรับคนที่ไขมันสะสมเกินปกติ คือมากกว่าร้อยละ 25-30 ของร่างกายนั้นจะทำให้เกิดโรคอ้วน ซึ่งเป็นภัยต่อสุขภาพ โรคภัยไข้เจ็บที่มักจะเกิดกับคนอ้วน ได้แก่ โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคที่เกี่ยวข้องข้อ โรคเกี่ยวกับอารมณ์ โรคผิวหนัง และถุงน้ำดีอักเสบ เป็นต้น โรคอ้วนนอกจากจะไม่เป็นผลดีต่อสุขภาพแล้วยังมีผลเสียอย่างอื่น คือทรวดทรงไม่ดี นอกจากนั้น วิลมอร์ (Wilmore, 1983 : 21) ยังอธิบายว่า การมีไขมันเกินปกติมีผลต่อความสามารถในการเล่น และการแข่งขันกีฬา ซึ่งเป็นอุปสรรคโดยตรงต่อการเคลื่อนไหวร่างกายทั้งแขนขา และนิ้ว เช่นการวิ่ง การกระโดด ทำให้ประสิทธิภาพด้านความเร็ว และความอดทนต่ำลง และยังมีผลทำให้เกิดการบาดเจ็บหรืออุบัติเหตุจากการเล่นกีฬาได้ง่ายขึ้น โอกาสที่จะประสบผลสำเร็จทางกีฬาก็จะน้อยลง

สำหรับประชาชนทั่วไปเป็นการยากที่จะแบ่งแน่นอนว่าคนไหนปกติ คนไหนอ้วนเพราะไขมันที่สะสมเพิ่มอย่างค่อยเป็นค่อยไป ในการกำหนดว่าคนไหนเป็นโรคอ้วน หรือคนไหนน้ำหนักเกิน เนื่องจากว่ามีกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น เช่น นักกีฬา จึงจำเป็นต้องมีการวัดไขมันให้ถูกต้อง วิธีการประเมินภาวะโภชนาการ และวิเคราะห์ส่วนประกอบของร่างกาย ทำได้โดยอาศัยวิธีการวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ซึ่งมีการศึกษาและพัฒนาวิธีการต่าง ๆ หลายวิธี เช่น การวิเคราะห์เคมีจากซากศพ (Chemical Analysis of Cadavers) การชั่งน้ำหนักใต้น้ำ (Hydrostatic Weighing) การวัดขนาดของร่างกาย (Body Volume) การแบ่งธาตุฮีเลียม (Helium Dilution) การฉายรังสี (Radiographic X-Ray Analysis) การนับจำนวนโปตัสเซียม (K - 40 Counting) ผลรวมของน้ำในร่างกาย (Total Body Water) การใช้คลื่นเสียง (Ultrasound)

การวัดไขมันใต้ผิวหนัง และส่วนรอบร่างกาย (Skinfolds and Girths) ไบโอบีเลคตริคอล อิมพีแดนซ์ (Bioelectrical Impedance) ผลรวมของสื่อกระแสไฟฟ้าในร่างกาย (Total Body Electrical Conductivity) การใช้แสงอินฟราเรด (Infrared Interactance) (Marrow and Others. 1995 : 217)

วิธีการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ (Hydrostatic Weighing) เป็นวิธีการที่เที่ยงตรงที่สุด ทำการศึกษาในห้องทดลอง เป็นวิธีที่ได้มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงมากที่สุด โดยการอาศัยหลักของอาร์คิมิดีส (Archimedes Principles) คือร่างกายที่อยู่ในของเหลวถูกดันทานด้วยแรงพยุงของน้ำ น้ำหนักของร่างกายที่หายไปจึงมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่ โดยสิ่งที่จะต้องวัดคือน้ำหนักของร่างกายในอากาศ น้ำหนักของร่างกายในน้ำ อุณหภูมิของน้ำซึ่งเป็นตัวกำหนดความหนาแน่นของน้ำ และปริมาตรอากาศที่ติดค้างอยู่ตามทางเดินหายใจ แล้วไปคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายจากสูตรคือ ความหนาแน่นของร่างกายเท่ากับ น้ำหนัก/ปริมาตร และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายจากสูตรอีกครั้งหนึ่ง

จะเห็นได้ว่าการหาปริมาณไขมันในร่างกายด้วยการชั่งน้ำหนักใต้น้ำนั้นมีความซับซ้อนมาก และต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพงหลายอย่าง เหมาะสำหรับใช้ในห้องทดลอง จึงได้มีการคิดวิธีที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว แต่ยังคงมีความแน่นอนเหลืออยู่ คือวิธีวัดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometry Methods) ประกอบไปด้วย การวัดไขมันใต้ผิวหนัง และวิธีวัดส่วนรอบของร่างกาย โดยวิลมอร์และเบนเก้ (Wilmore and Behnke. 1969 : 26) ได้เปรียบเทียบวิธีการชั่งน้ำหนักใต้น้ำกับการวัดสัดส่วนของร่างกายในการหาความหนาแน่นของร่างกายพบว่ามีความสัมพันธ์กันสูง ($r = .87$ ถึง $.92$) สอดคล้องกับประทุม ม่วงมี (2527 : 255) ได้ทดลองใช้สมการของสโลน (Sloan) ที่ใช้การวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังมาคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายของนักว่ายน้ำทีมมหาวิทยาลัยโอไฮโอ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ พบว่าผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการศึกษาหาความหนาแน่นของร่างกาย และจำนวนเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายจากการวัดสัดส่วนของร่างกายจะนำมาใช้แทนค่าที่คำนวณกับสูตร หรือสมการที่สร้างขึ้นมาเพื่อพยากรณ์

ในปี ค.ศ. 1951 โบรเซคและคีย์ส์ (Brozek and Keys) ได้เผยแพร่สมการที่ทำนายความหนาแน่นของร่างกายที่ใช้วิธีวัดสัดส่วนของร่างกายเป็นครั้งแรกออกมา ตั้งแต่นั้นมามีมากกว่า 100 สมการในการรายงานในเอกสาร ซึ่งนักวิจัยและผู้เชี่ยวชาญได้คิดค้น และสร้างสูตรขึ้นมามากมายแตกต่างกันออกไป แต่ก่อนที่จะนำสูตรมาใช้ต้องศึกษาดูว่าสูตรหรือสมการนั้นได้ระบุไว้กับเพศใด อายุเท่าใด และมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันก่อน ซึ่งแจคสัน และพอลล็อค (Jackson and Pollock. 1977 : 197-201) อธิบายว่าสมการที่มีอยู่นั้นจะมีความแม่นยำสูง ถ้าใช้กับกลุ่มประชากรเฉพาะหรือกลุ่มประชากรที่อยู่ในกลุ่มอายุเดียวกัน ดังที่เคอร์เนน และวอเมอร์สเลย์ (Lohman. 1982 : 67-70 ; citing Dumin and Womersley. 1974 : 77-79) ได้ทดลองใช้สมการของผู้ใหญ่มาใช้กับเด็กจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ ตามรายงานการวิจัยได้ให้ข้อสรุปว่า สำหรับช่วงอายุ 20-29 ปี เมื่อลองใช้มัธยฐานของไขมันใต้ผิวหนังกับสมการผู้ใหญ่ ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันจะเป็น 9-12 เปอร์เซ็นต์ แล้วแต่ระดับอายุซึ่งน่าจะต่ำกว่าความเป็นจริง นอกจากนี้จากการวิจัยของประไพ ส.บุรี และคณะ (2527 : 281-384) ได้รายงานการวิจัยว่า ความแตกต่างในการกระจายของไขมันในร่างกายตามเชื้อพันธุ์ต่าง ๆ ทำให้การใช้ความหนาของผิวหนังส่วนใดของร่างกายเพียงส่วนเดียวหรือสองส่วนเพื่อเป็นตัวแทนของความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง หรือไขมันทั้งหมดก่อให้เกิดความผิดพลาดได้ง่าย และไม่สามารถใช้ผลที่รายงานไว้มาเปรียบเทียบกันได้โดยเฉพาะถ้าต่างเชื้อพันธุ์กัน ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ วิคเกอรี (ทรงวุฒิ ทับทิมเล็ก. 2534 : 48 ; อ้างอิงจาก Vickery. 1986 : 120-121) ได้ทำการวิจัย

ผลของเชื้อชาติ และโครงสร้างของร่างกายซึ่งเป็นตัวชี้ถึงความหนาแน่นของร่างกายของเด็กหนุ่ม กลุ่มตัวอย่างเป็นชายอายุระหว่าง 18-20 ปี จำนวน 319 คน โดยแบ่งเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มผิวดำ 140 คน และกลุ่มผิวขาว 179 คน วัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง 8 ตำแหน่งคือ ออก รักแร้ ต้นแขนด้าน หลัง ได้สะบักหลัง ท้องเหนือกระดูกเชิงกราน ต้นแขนด้านหน้า ต้นขาด้านหน้า และน่อง วัดความกว้างของกระดูกต้นแขน และต้นขา วัดส่วนรอบวงร่างกาย 4 ตำแหน่งคือ เอว ปลายแขน แขนส่วนบน และน่อง และหาความหนาแน่นของร่างกายโดยการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ นำมาเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของร่างกาย โดยวิธีคำนวณจากสูตรที่ใช้ความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง และการวัดรูปร่างของร่างกาย พบว่า เชื้อชาติ และโครงสร้างด้านการวัดรูปร่างของร่างกายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ระหว่างผิวขาวและผิวดำ รวมถึงความหนาแน่นของร่างกายด้วย

สำหรับการสร้างสมการหรือสูตรในการคำนวณความหนาแน่นของร่างกายเพื่อมาคำนวณหาปริมาณไขมันในร่างกาย จะนำหลักสถิติการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณมาใช้ในการสร้างสมการ เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ประมาณค่าและพยากรณ์ค่าของตัวแปรหนึ่ง โดยใช้ค่าของข้อมูลอีกตัวหนึ่งหรือชุดหนึ่งเป็นตัวพยากรณ์ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์เรียกว่าตัวแปรอิสระ (Independent Variable) หรือตัวพยากรณ์ (Predictor) คือความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง ส่วนผลที่ได้เรียกว่าตัวแปรตาม (Dependent Variable) หรือผลที่วัดได้ (Outcome) คือความหนาแน่นของร่างกาย ซึ่งผลการวิเคราะห์จะสร้างสมการขึ้นมา

จากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่าในปัจจุบันประเทศไทยยังมีการสร้างสมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกาย เพื่อคำนวณหาจำนวนไขมันในร่างกายเฉพาะกลุ่มอายุ/เพศน้อยมาก ส่วนมากจะนำสมการจากต่างประเทศมาใช้คำนวณหาความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ซึ่งอาจทำให้มีความคลาดเคลื่อน ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความต้องการที่จะสร้างสมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายโดยวิธีวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังที่เป็นกลุ่มเฉพาะ เพื่อที่จะนำไปคำนวณหาปริมาณไขมันในร่างกาย สมการที่ผู้วิจัยปรับปรุงในครั้งนี้จะเป็นสมการเฉพาะนักศึกษาชาย เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีสมการสำหรับคนไทยที่มีคุณลักษณะเดียวกันกับกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการที่ว่าสมการที่ใช้ควรจะเป็นสมการสำหรับเพศ เฉพาะช่วงอายุ และลักษณะคล้ายคลึงกัน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาสมรรถภาพทางกายที่ดีของคนในชาติ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อสร้างสมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายจากการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังสำหรับประมาณค่าปริมาณไขมันในร่างกายของนักศึกษาชาย

ความสำคัญของการวิจัย

ทำให้ได้สมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายเพื่อจะนำไปคำนวณหาปริมาณไขมันในร่างกายของนักศึกษาชายที่มีความแม่นยำสูง สามารถนำไปใช้ได้สะดวก รวดเร็ว และประหยัด

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาชายของวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ จำนวน 120 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการอาสาสมัคร

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง
2. ตัวแปรตาม ได้แก่ สมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกาย

นิยามศัพท์เฉพาะ

นักศึกษาชาย หมายถึง นักศึกษาชายที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับอุดมศึกษาของวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ ชั้นปีที่ 1-4

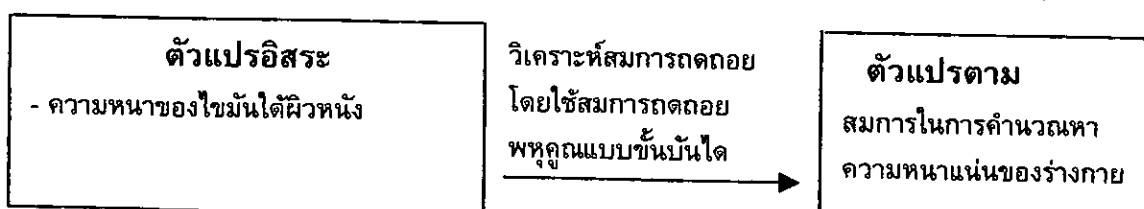
ปริมาณไขมันของร่างกาย หมายถึง อัตราส่วนของไขมันต่อน้ำหนักของร่างกายทั้งหมดโดยมีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์

ความหนาแน่นของร่างกาย หมายถึง อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของร่างกายกับปริมาตรของร่างกายมีหน่วยเป็นกรัมต่อซี.ซี.

การชั่งน้ำหนักได้น้ำ หมายถึง วิธีวัดเนื้อเยื่อของไขมันที่อาศัยหลักของอาร์คิมิดีส ร่างกายที่อยู่ในของเหลวถูกดันทานด้วยแรงพยุงของน้ำ น้ำหนักของร่างกายที่หายไปจึงมีค่าเท่ากับน้ำหนักของเหลวที่ถูกแทนที่ โดยการใช้สูตรสำหรับคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกาย

การวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง หมายถึง การศึกษาเนื้อเยื่อไขมันอดิโพส (Adipose Tissue) บางส่วนในการทำนายหรือพิจารณาเนื้อเยื่อ ไขมันอดิโพสทั้งหมด (Total Adipose Tissue) จากไขมันใต้ผิวหนังส่วนที่เรียกว่า สับคิวเทเนียส (Subcutaneous) ในส่วนที่สะสมไว้มากๆ ของผิวหนัง โดยใช้หัวแม่มือและนิ้วชี้หีบเนื้อเยื่อขึ้นมา 2 ส่วน คือ ผิวหนัง (Skin) กับไขมันใต้ผิวหนัง โดยไม่รวมถึงกล้ามเนื้อ และใช้เครื่องวัดไขมันใต้ผิวหนัง (Skinfold Calipers) วัดปริมาณของไขมันเก็บสะสมในแต่ละตำแหน่ง แล้วนำความหนาของผิวหนังที่วัดได้ไปหาค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (Percent Body fat) ความหนาแน่นของร่างกาย (Body Density)

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยทั้งในประเทศ และต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย พอสรุปได้ดังนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้อง
 - 1.1 การศึกษาเกี่ยวกับไขมัน
 - 1.2 การเก็บสะสมไขมัน
 - 1.3 ปัจจัยสำคัญที่เป็นเหตุให้อ้วน
 - 1.4 ผลกระทบของความอ้วนต่อสุขภาพ
 - 1.5 ส่วนประกอบของร่างกายและวิธีกำหนดหาส่วนประกอบของร่างกาย
 - 1.6 การชั่งน้ำหนักในน้ำหรือการวัดความหนาแน่นของร่างกาย
 - 1.7 การวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง
 - 1.8 การวิเคราะห์การถดถอย
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 2.1 งานวิจัยในต่างประเทศ
 - 2.2 งานวิจัยในประเทศ

การศึกษาเกี่ยวกับไขมัน

ไขมัน (Fat) ที่เรารู้จักหรือพูดถึงนั้นเป็นส่วนหนึ่งของไลปิด (Lipids) แต่ความที่ใช้กันจนเคยชินมักเรียกว่า ไขมันแทนไลปิด คือ กลุ่มสารอินทรีย์ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน โดยเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่เป็นโพลาร์ (Nonpolar Solvent) เช่น อีเทอร์ (Ether) คลอโรฟอร์ม (Chloroform) เบนซีน (Benzene) (อร์พินท์ ศุภพิพัฒน์. 2538 : 79) ซึ่งไขมันมีหลายชนิดแล้วแต่จำนวนและวิธีจัดของอะตอม พวกที่มีคาร์บอน (Carbon) มากมักจะมีลักษณะแข็งเรียกว่าไข หรือไขมัน (Fat) ถ้าเกาะกันน้อยจะเป็นของเหลวเรียกว่ามันหรือน้ำมัน (Oil) (ผาณิต บิลมาต. 2538 : 4) มนุษย์เราได้รับประทานอาหาร ไขมันเพื่อคุณค่าด้านพลังงานแก่ร่างกายเช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรต ถ้าเราได้รับประทานไขมันในสัดส่วนที่ไม่เหมาะสม เช่น มากเกินไป หรือน้อยเกินไปก็จะทำให้เกิดโทษ หรืออันตรายต่อสุขภาพ ซึ่งร่างกายจะได้รับไขมันจากการรับประทานอาหารของแต่ละบุคคลในภาวะที่ร่างกายได้รับไขมันจากอาหารต่ำก็จะเปลี่ยนแปลงสารอาหารอื่นมาแทน เช่น อาหารพวกคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ถ้าร่างกายได้รับไขมันมากก็จะสะสมไว้ในร่างกายในรูปของไขมันใต้ผิวหนัง และไขมันในเลือด (อดิศร คันธรณี. 2530 : 11 ; อ้างอิงจาก อัจฉา หงษ์สุมาลย์. 2527 : 41-44)

ชนิดของไขมัน

ทศนีวรรณ ภู่อารีย์ (2537 : 179) ได้แบ่งชนิดของไขมัน ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ไลปิดธรรมดา (Simple Lipid) เป็นสารอินทรีย์ประเภทเอสเตอร์ (Ester) ของกรดไขมัน (Fatty Acids) และแอลกอฮอล์ (Alcohols) ชนิดต่างๆ ได้แก่ กลีเซอไรด์ (Glyceride) และไข (Wax) สำหรับไขมันในอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นพวกกลีเซอไรด์

กลีเซอไรด์ (Glyceride) คือ สารประกอบเอสเทอร์ของกรดไขมันกับกลีเซอรอล (Glycerol) กลีเซอไรด์มี 3 ชนิด คือ

โมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride) มีจำนวนกรดไขมัน 1 โมเลกุล

ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride) มีจำนวนกรดไขมัน 2 โมเลกุล

ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) มีจำนวนกรดไขมัน 3 โมเลกุล

2. ไลปิดประกอบ (Compound Lipid) คือ ไขมันธรรมดาที่มีสารอื่น ที่สำคัญมีอยู่ 3 ชนิด แต่ด้วยชนิดของส่วนที่เพิ่มเข้ามา ได้แก่

2.1 ฟอสโฟไลปิด (Phospholipid) หรือฟอสฟอกลีเซอไรด์ (Phosphoglyceride) มีส่วนที่เพิ่มขึ้นเป็นฟอสเฟตและแอลกอฮอล์

2.2 ไกลโคไลปิด (Glycolipid) มีส่วนที่เพิ่มขึ้นเป็นคาร์โบไฮเดรต

2.3 ไลโปโปรตีน (Lipoprotein) เป็นไขมันที่มีโปรตีนจึงอยู่ด้วยกันเป็นสารสำคัญในการขนส่งไขมันในกระแสเลือดและยังเป็นองค์ประกอบของเยื่อเซลล์ (Cell Membrane)

3. อนุพันธ์ของไลปิด (Derived Lipid) เป็นสารที่เกิดจากการสลายตัวของไลปิดธรรมดาและไลปิดประกอบดังกล่าวข้างต้น ได้แก่ กรดไขมัน (Fatty Acids) แอลกอฮอล์ (Fatty Alcohols) ต่างๆ รวมทั้งสารที่มาจากไลโปโปรตีนด้วย

นอกจากนี้ยังมีกลุ่มเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous Lipids) ซึ่งรวมถึงสารที่มีคุณสมบัติเหมือนไขมัน ได้แก่ พวกสเตอรอยด์ (Steroids) และสเตอรอล (Sterols) ซึ่งคอเลสเตอรอล (Cholesterol) ก็จัดอยู่ในกลุ่มนี้

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าไขมันมีความสำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์ทั้งในด้านปริมาณ และคุณภาพ กล่าวคือ ในด้านปริมาณ มนุษย์เราต้องได้รับอาหารไขมันในปริมาณที่เหมาะสม ในคนปกติควรได้รับไขมันคิดเป็นพลังงานร้อยละ 30 ของพลังงานที่ได้รับ ผู้ที่รับประทานอาหารไขมันน้อยเกินไปอาจเสี่ยงต่อปัญหาขาดพลังงาน และเสี่ยงต่อการขาดกรดไขมันที่จำเป็น รวมทั้งอาจขาดวิตามินที่ละลายในน้ำได้ ในทางตรงกันข้าม ถ้ารับประทานอาหารไขมันมากเกินไป ก็อาจเสี่ยงต่อภาวะไขมันประเภทคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์สูงในเลือด ซึ่งทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดไปเลี้ยงหัวใจแข็งและนำไปสู่โรคหัวใจขาดเลือด รวมทั้งทำให้เสี่ยงต่อโรคอ้วน (Obesity)

บทบาทและหน้าที่ของไขมันในร่างกาย

ทศนัฏฐ์ ภู่อารีย์ (2537 : 210) ได้กล่าวถึงบทบาท และหน้าที่ของไขมันที่เป็นประโยชน์ในร่างกายไว้ดังนี้

1. ไขมันให้พลังงานและความอบอุ่นของร่างกาย ไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี หรือประมาณ 37.7 กิโลจูล สูงสุดในบรรดาสารอาหารที่ให้พลังงานด้วยกัน
2. ไขมันให้กรดไขมันจำเป็นแก่ร่างกาย โดยเฉพาะน้ำมันพืชต่าง ๆ
3. ไขมันที่สะสมในร่างกาย เช่น ที่เนื้อเยื่อไขมัน (Adipose Tissue) ใช้พลังงานสำรองยามขาดแคลน
4. ไขมันที่สะสมใต้ผิวหนัง สามารถป้องกันความร้อนและทำให้ผิวหนังชุ่มชื้นไม่แห้งแตก
5. เยื่อที่อยู่รอบๆ อวัยวะภายใน เช่น ภายในช่องท้องช่วยป้องกันการกระแทก และอันตรายที่จะเกิดกับอวัยวะภายใน

6. ไขมันพวกลอเลสเตอรอลที่อยู่ใต้ผิวหนังของคนและสัตว์ เมื่อได้รับแสงอุลตราไวโอเลต (Ultra - Violet) จากแสงแดดสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินดีสามให้ประโยชน์แก่ร่างกายได้ นอกจากนี้คอเลสเตอรอลยังเป็นต้นตอของสารฮอร์โมนสเตอรอยด์หลายตัว

7. อาหารที่มีไขมันมักมีวิตามินที่ละลายในไขมัน คือวิตามิน เอ (A) ดี (D) อี (E) และเค (K) อยู่ด้วย เช่น อาหารประเภท นม ไข่แดง เนย ไขมันตับปลา ตับ เป็นต้น ถ้ารับประทานอาหารเหล่านี้จะได้รับวิตามินที่ละลายในไขมันเพิ่มเข้าไปด้วย

8. ไขมันช่วยละลาย และดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมัน ทำให้ร่างกายได้รับประโยชน์จากวิตามินมากขึ้น

9. เมื่อรับประทานอาหารไขมัน ไขมันจะอยู่ในกระเพาะอาหารได้นานกว่าสารโปรตีนและการโบไฮเดรต (ไขมันใช้เวลาอยู่ในกระเพาะอาหารประมาณ 3-4 ชั่วโมง โปรตีน 2-3 ชั่วโมง และการโบไฮเดรต 1-2 ชั่วโมง) ดังนั้น การรับประทานอาหารไขมันจึงทำให้อิ่มท้องอยู่นานกว่า

10. อาหารปรุงด้วยไขมันและน้ำมัน ทำให้มีรสชาติดี นำรับประทาน

การเก็บสะสมของไขมัน

ผาณิต บิลมาต (2538 : 9) ได้อธิบายถึงการเก็บสะสมของไขมัน โดยจำแนกออกตามลักษณะการเกาะของไขมันตามอวัยวะต่างๆ ดังนี้

1. แอนดรอยด์ (Android Obesity) เป็นลักษณะที่มีไขมันเกาะตามอวัยวะต่างๆ ตามแบบของเพศชาย เช่น บริเวณของศรีษะ คอ และตอนบนลำตัว ในระยะหลังเมื่อมีมากขึ้นไขมันอาจมาเกาะบริเวณท้องและที่เอวคลุมอวัยวะในช่องท้อง

ลักษณะแบบแอนดรอยด์นี้ เกิดขึ้นเนื่องจากการมีสารของต่อมอะดรีนัล (Adrenal Gland) ส่วนนอกมากกว่าปกติ เนื่องจากมีเนื้องอกในต่อมอะดรีนัลหรือมีเนื้องอกที่กลีบหน้าของต่อมพิทูอิทารีทำให้มีลักษณะพิเศษ คือไขมันจะเปลี่ยนที่เกาะจากแขน ขา มาอยู่บริเวณหน้า คอ และลำตัว อาการที่อาจเป็นโรคแทรกตามมามีดังนี้ คือ ความดันโลหิตสูง ไขมันเร็วขึ้น มีอาการโรคเบาหวาน กระดูกอ่อน มีเมตาบอลิซึมต่ำ กระดูกสันหลังอัดแน่นทำให้ช่วงลำตัวสั้นเข้า

2. กันนอยด์ (Gynoid Obesity) เป็นลักษณะที่มีการเกาะของไขมันตามแบบของสตรีเพศ คือมีไขมันเกาะตามบริเวณสะโพก หน้าท้อง และเต้านม สาเหตุส่วนใหญ่เกิดมาจากความพิการของต่อมพิทูอิทารีทั้งสองกลีบ ผลก็คือสารที่หลังจากต่อมเพศลดลง การเผาไหม้พวกน้ำตาลมากขึ้น ไขมันจำนวนมากจะมาเกาะบริเวณลำตัวจนทำให้เป็นก้อนม้วนอยู่ที่ท้อง เกาะตามเต้านม โคนแขนและสะโพก เป็นต้น

ดังนั้น ไขมันอาจจะสะสมอยู่ในร่างกายของคนเราโดยเราไม่รู้สึกรู้ว่ามวลของร่างกายเกิน และบางครั้งอาจดูว่ามวลของร่างกายน้อยไปด้วยซ้ำ เช่น คนบางคนผอม อาจจะผอมก็จริงแต่ที่ต้นขา แขน หน้าท้อง และคาง อาจจะห้อยเพราะมีไขมันสะสมอยู่ และเป็นการแน่นอนว่าจำนวนเปอร์เซ็นต์ของไขมันย่อมมีมาก ดังที่กล่าวมาข้างต้น ถ้าร่างกายมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสะสมในร่างกายมากเกินไปก็จะเป็นโรคอ้วน ซึ่งเสี่ยงต่อการเป็นโรคต่างๆ ได้มากมาย โดยในสหรัฐอเมริกาการศึกษาที่สำคัญ 4 แห่ง ซึ่งพบว่าโรคอ้วนมีผลเสียต่อชีวิตที่ยืนยาว คือ จากบริษัทประกันภัย (ปี 1903 -1979) จาก Framingham Study ติดตาม 30 ปี จาก American Cancer Society (ACS) และการศึกษาอื่นๆ พบว่าเมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น อัตราตายหรือการตายจะเพิ่มขึ้น และเมื่อติดตามไประยะยาวก็พบอัตราตายต่อคน 1,000 คน

ต่อปีเพิ่มขึ้น และเมื่อกลุ่มโรคอ้วนลดน้ำหนักลงจะพบว่าอัตราการตายลดลงเช่นกัน ในการศึกษาของบริษัทประกันภัยพบว่าอัตราการตายเพิ่มในคนที่อ้วนเท่านั้น ไม่เกี่ยวกับความดันสูงหรือความผิดปกติอื่น ๆ ร่วมด้วย (จุฬารัตน์ รุ่งพิสุทธิ์พงษ์. 2532 : 188)

ปัจจัยสำคัญที่เป็นเหตุให้อ้วน

พิชิต ภูติจันทร์ (2535 : 283) ได้กล่าวถึงผลการศึกษาของนายแพทย์จอร์จ แบล็คเบอร์น ผู้เชี่ยวชาญในเรื่องความอ้วน พบว่ามีปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้คนเราอ้วนคือ

1. ปัจจัยที่อยู่นอกเหนือการควบคุม (35 เปอร์เซ็นต์) ได้แก่

1.1 พันธุกรรม มีอิทธิพลอยู่ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพอลล็อก และ วิลมอร์ (Pollock and Wilmore. 1990 : 71) ได้กล่าวว่า มีนักวิจัยชาวเดนมาร์กชื่อสตันการ์ด ได้ทำการวิจัยเรื่องความสัมพันธ์ของพันธุกรรมกับความอ้วนของมนุษย์ ในกลุ่มตัวอย่างเป็นชาวเดนมาร์กจากการศึกษาพบว่า ค่าดัชนีมวลกายของกลุ่มตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีมวลกายของพ่อแม่ที่แท้จริง แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับพ่อแม่บุญธรรม

1.2 จำนวนเซลล์ไขมันในร่างกาย มีอิทธิพลอยู่ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประทุม ม่วงมี (2527 : 248) ได้อธิบายไว้ว่าการมีน้ำหนักเกินมาตรฐานแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ Hyperplastic Obesity เป็นความอ้วนที่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์ ไขมันจึงมักเป็นความอ้วนในระยะต้นของชีวิต Hypertrophic Obesity เป็นความอ้วนชนิดที่มีการขยายเซลล์ไขมันซึ่งมีอยู่เดิมแล้ว จึงมักจะเป็นความอ้วนในระยะหลังของชีวิต เมื่อคนมีการเจริญเต็มที่แล้ว ร่างกายจะหยุดสร้างเซลล์ไขมันทำให้จำนวนเซลล์ไขมันมีปริมาณคงที่ แต่ขนาดของเซลล์ไขมันจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณอาหารที่ได้รับ ดังนั้นคนที่ได้รับการเลี้ยงดูให้อ้วน ตั้งแต่วัยเด็กจะทำให้มีจำนวนเซลล์ไขมันมากกว่าคนอื่น จึงมีโอกาสเป็นโรคอ้วนได้ง่ายเมื่อปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ช่วยสนับสนุน

1.3 อายุ มีอิทธิพลอยู่ 15 เปอร์เซ็นต์

2. ปัจจัยที่อยู่ภายใต้การควบคุม (65 เปอร์เซ็นต์)

2.1 การเลี้ยงดูในวัยเด็ก มีอิทธิพลอยู่ 10 เปอร์เซ็นต์

2.2 พฤติกรรมการกินอยู่ มีอิทธิพลอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์

2.3 บุคลิกและวิถีทางในการดำเนินชีวิต มีอิทธิพลอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์

2.4 การออกกำลังกาย มีอิทธิพลอยู่ 15 เปอร์เซ็นต์

จะสังเกตเห็นว่า ความอ้วนเกิดขึ้นจากปัจจัยที่เราสามารถควบคุมได้หรือเปลี่ยนแปลงได้ถึง 65 เปอร์เซ็นต์ มีเพียง 35 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่อยู่นอกเหนือการควบคุม คนที่อ้วนมักเกิดจากการใช้เครื่องอำนวยความสะดวกมากเกินไป และขาดการออกกำลังกายเป็นผลให้พลังงานในร่างกายมีการสะสมมากจนยากต่อภาวะแก้ไข นอกจากนี้ การรับประทานอาหารในปัจจุบันประเภทอาหารจานด่วน เช่น ไก่ทอด มันทอด แยม แอมเบอร์เกอร์ พิซซา ฯลฯ อาหารประเภทนี้ จะมีสารอาหารคาร์โบไฮเดรตและไขมันมาก ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เพิ่มน้ำหนักในร่างกายมากที่สุด

ผลกระทบของความอ้วนต่อสุขภาพ

ตำรา กิจกุตล (2532 : 27-29) ได้อธิบายสรุปเป็นข้อ ๆ ไว้ดังนี้

1. จากสถิติพบว่าผู้มีน้ำหนักตัวเกินเกณฑ์มาตรฐานถึงร้อยละ 20 จะมีโอกาส หัวใจวายมากขึ้นถึง 3 เท่า

2. คนอ้วนที่จะเป็นโรคความดันโลหิตสูงได้มากกว่า

3. คนอ้วนเป็นโรคเบาหวานได้มากกว่า

4. คนอ้วนเป็นโรคนี้ในถุงน้ำดีมากกว่าคนผอม

5. มีการศึกษาพบว่าผู้ที่อ้วนมากคือมีน้ำหนักมากเกินเกณฑ์เฉลี่ย 40 เปอร์เซ็นต์ ถ้าเป็นผู้หญิงจะมีโอกาสเป็นโรคมะเร็งของมดลูก รังไข่ และเต้านมได้มากขึ้น ถ้าเป็นผู้ชายจะเป็นโรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่และต่อมลูกหมากได้มากกว่าคนที่น้ำหนักปกติ

6. คนอ้วนจะเป็นโรคเกี่ยวกับข้อได้มากกว่า โดยเฉพาะข้อสะโพก ข้อเข่า - ข้อเท้า เพราะข้อเหล่านี้ต้องรับผิวดชนน้ำหนักมากไม่ว่าจะยืนหรือเดิน

7. คนอ้วนจะเกิดเส้นเลือดอุดตันได้มากกว่า

8. หญิงที่อ้วนจะตั้งครรภ์ได้ยากกว่าและมีปัญหาเกี่ยวกับการคลอดได้มาก

9. คนอ้วนมากจะมีปัญหาทางเพศสัมพันธ์

10. คนอ้วนจะประสบอุบัติเหตุได้บ่อยกว่าผู้มีรูปร่างปกติ

11. เมื่อมีความจำเป็นต้องตรวจร่างกายคนอ้วนมีไขมันมากจะตรวจได้ยากลำบาก แม้แต่ภาพเอ็กซ - เรย์ ก็ไม่ค่อยชัด

12. ถ้ามีการเจ็บป่วย การดูแลรักษาจะยุ่งยากโดยเฉพาะถ้าเป็นโรคที่เคลื่อนไหวเองไม่ได้

13. งานอาชีพบางอย่างอาจไม่เปิดโอกาสให้คนอ้วน เช่น พนักงานต้อนรับบนเครื่องบิน งานประชาสัมพันธ์ เป็นต้น

14. คนอ้วนบางคนถือเอาความอ้วนมาเป็นปมด้อยของตัวเองกลายเป็นคนคิดมาก

นอกจากนี้คนอ้วนอาจเกิดปัญหาทางด้านจิตใจด้วย อาจถูกเพื่อนล้อเลียน ไม่เป็นที่สบอารมณ์ การหางานทำก็อาจมีปัญหาถ้ามีคู่แข่งที่มีรูปร่างดีกว่า

ส่วนประกอบของร่างกายและวิธีกำหนดหาส่วนประกอบของร่างกาย

ส่วนประกอบของร่างกายมีความสำคัญต่อสุขภาพ สมรรถภาพทางกาย และความเป็นอยู่ของบุคคล ด้วยเหตุนี้การประเมินส่วนประกอบของร่างกายจะแยกออกจากกันไม่ได้กับการดูแลสมรรถภาพทางกายของแต่ละบุคคล ซึ่งคาร์ลสัน (ทรงวุฒิ ทับทิมเล็ก, 2534 : 2 ; อ้างอิงจาก Carlson, 1989. *Measurement in Body Composition.*) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบของร่างกายไว้ดังนี้

1. ส่วนที่เป็นไขมันและส่วนที่ปลอดไขมัน (Fat Weight and Fat Free Weight)

2. กล้ามเนื้อที่ได้รับไขมัน (Lean Body Mass Excess Fat)

3. ส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไขมันกล้ามเนื้อ ส่วนที่ปลอดกล้ามเนื้อ (Adipose Tissue, Muscle Free Lean Weight)

4. เนื้อเยื่อที่ใช้ประกอบกิจกรรมและไม่ใช้ประกอบกิจกรรม เซลล์น้ำที่อยู่นอกเซลล์เกล็ดน้ำตาลที่กระดูกและไขมัน

โดยในปัจจุบันนี้จะใช้ส่วนที่เป็นไขมันและส่วนที่ปลอดไขมันมาเป็นพื้นฐานการศึกษาเกี่ยวกับส่วนประกอบของร่างกาย ซึ่งสอดคล้องกับเมย์ฮิวส์ (Mayhews. 1981 : 38-41) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบของร่างกายไว้ว่า เนื้อเยื่อไขมันเป็นเนื้อเยื่อชนิดหนึ่งที่เป็นองค์ประกอบในระบบเนื้อเยื่อของร่างกาย เนื้อเยื่อที่รวมเป็นน้ำหนักของร่างกาย (Body Weight) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ส่วนที่ปลอดไขมัน (Lean Body Mass = LBM หรือ Lean Body Weight = BW) เป็นส่วนโครงสร้าง อวัยวะ กระดูก และเนื้อเยื่อไม่มีไขมันมีประมาณ 40-50 % ของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรม

2. ส่วนที่เป็นไขมัน (Fat Weight = FW) ซึ่งเกิดจากการสะสมของอาหารประเภทไขมันที่มีจำนวนมากว่าที่ร่างกายต้องการ

ตาราง 1 แสดงส่วนประกอบของร่างกาย

A	มวลน้ำหนักร่างกายรวม (Total Body Weight = TBW)					
	น้ำหนักปลอดไขมัน 55-96 % ของ (TBW)					ไขมัน 4-45 % ของ (TBW)
C	กล้ามเนื้อ 48 %	กระดูก 16 %	ผิวหนัง 14 %	เลือด 9 %	อวัยวะ 13 %	ที่เก็บสะสม + เนื้อ ไขมัน
D	น้ำ 72-74 %	โปรตีน 19-21 %		แร่กระดูก 7 %		ไขมัน 100 %

ที่มา: Plowman, S.A. and D.L. Smith. (1997). *Exercise Physiology for Health Fitness and Performance*. p. 354.

จากตาราง แถว A และ B แสดงการแบ่งส่วนประกอบของร่างกาย ในแถว C ได้อธิบายส่วนประกอบของน้ำหนักที่ปลอดไขมัน ประกอบด้วย กล้ามเนื้อ กระดูก ผิวหนัง เลือด และอวัยวะ และส่วนของไขมันที่ประกอบด้วย 2 อย่างคือ ที่เก็บสะสมไขมันและเนื้อไขมัน ที่เก็บสะสมไขมันคือ ไขมันในเนื้อเยื่ออดีโพสใต้ผิวหนังและไขมันรอบอวัยวะภายในที่ไม่คงที่ เนื้อไขมันประกอบด้วยไขมันในแร่กระดูก ระบบประสาทส่วนกลาง เซลล์เนื้อเยื่อในร่างกาย หัวใจ ปอด ตับ ม้าม ไต ลำไส้ และกล้ามเนื้อ ซึ่งในตารางแถว D อธิบายตามหลักวิชาเคมีของน้ำหนักที่ปลอดไขมันจะมีส่วนประกอบของน้ำ โปรตีน และแร่กระดูก โดยเมื่อกำหนดส่วนประกอบของร่างกายที่ใช้ตามหลักวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกายทั่วไปจะใช้อ้างถึงแถว B นั่นคือ ส่วนประกอบของร่างกาย หมายถึงการแบ่งมวลของร่างกายออกเป็น มวลของร่างกายที่ปราศจากไขมัน (น้ำหนักหรือเปอร์เซ็นต์) และมวลไขมัน (น้ำหนักหรือเปอร์เซ็นต์) (Plowman and Smith. 1997 : 353-354)

วิธีกำหนดหาส่วนประกอบของร่างกาย

จากที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วว่าส่วนประกอบของร่างกายนั้นประกอบด้วยส่วนที่ปลอดไขมัน (Fat Free Mass) และส่วนที่เป็นไขมัน (Fat Mass) ซึ่งคาร์ลสัน (ทรงวุฒิ ทับทิมเล็ก. 2534 : 21-22 ; อ้างอิงจาก Carlson. 1989. *Measurement in Body Composition*.) ได้แยกวิธีการหาส่วนประกอบของร่างกายไว้ดังนี้

1. โดยวิธีใช้อุปกรณ์ในห้องทดลอง (Laboratory Methods) แบ่งออกเป็น
 - 1.1 การวิเคราะห์โดยตรง (Direct Analysis) เช่น การวิเคราะห์ศพ (Cadaver Analysis)
 - 1.2 การวิเคราะห์ทางอ้อม (Indirect Methods) เช่น การชั่งน้ำหนักใต้น้ำ (Underwater Weighing) เรดิโอกราฟฟิคเทคนิค (Radiographic Technique) แกมมาเรย์ (Gamma Ray) สเปกโตรกราฟี (Spectrography) โปตัสเซียม 40 (K - 40) ผลรวมไนโตรเจนร่างกาย (Total Body Nitrogen)
 - 3 เมทิลฮิสทีดีน (Methylhistidine (3 MH) นิวเคลียร์แมกเนติก (Nuclear Magnetic Resonance = NMR) ความหนาแน่นน้ำต่อน้ำหนักร่างกายใต้น้ำ (Hydrometry / Total Body Water)
2. โดยใช้อุปกรณ์ในภาคสนาม (Field Methods) วิธีนี้จะใช้การวัดสัดส่วนของร่างกายมาเป็นตัวแปรในการคำนวณหา โดยใช้เครื่องมือเฉพาะ เช่น คาลิเปอร์วัดไขมันใต้ผิวหนัง เทปวัดส่วนรอบร่างกาย เครื่องมือวัดความกว้างของกระดูก เป็นต้น สัดส่วนที่ใช้วัด คือ ความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง ส่วนรอบของร่างกาย ความกว้างของกระดูกความยาวของกระดูก

การชั่งน้ำหนักใต้น้ำ หรือการวัดความหนาแน่นของร่างกาย

การศึกษาไขมันในร่างกายด้วยการวิเคราะห์โดยตรงนั้นทำได้ยากมาก เพราะจะสามารถศึกษาได้เมื่อบุคคลนั้นเสียชีวิตไปแล้ว ดังนั้น จึงใช้การศึกษาด้วยการวิเคราะห์ทางอ้อม ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่วิธีที่แม่นยำที่สุด คือ การชั่งน้ำหนักของร่างกายใต้น้ำ (Hydrostatic Weighing หรือ Underwater Densitometry) วิธีการนี้เป็นวิธีที่เที่ยงตรงที่สุด อุปกรณ์ที่จะต้องใช้อีกมีเครื่องชั่งน้ำหนักชนิดห้อยที่สามารถชั่งได้ละเอียดเป็นกรัมและมีที่ซึ่งเป็นลักษณะซึ่งข้าห้อยลงมาจากตาชั่ง วิธีการนี้ถูกนำมาใช้โดยอาศัยกฎของอาร์คิมิดีส ซึ่งมีใจความสรุปได้ว่าวัตถุจมลงไปในของเหลวจะเสียน้ำหนัก ซึ่งเท่ากับน้ำหนักของเหลวที่ถูกวัตถุนั้นแทนที่ (Density = Weight/Volume) Density คือความหนาแน่นของร่างกาย Weight คือ น้ำหนักที่ชั่งได้บนบก Volume คือน้ำหนักที่ชั่งได้ในน้ำ

ในการชั่งน้ำหนักใต้น้ำมีสิ่งสำคัญที่ต้องวัด คือ

1. น้ำหนักร่างกายในอากาศ (Body Weight in Air = W_a)
2. น้ำหนักของร่างกายในน้ำ (Body Weight under Water = W_w)
3. อุณหภูมิของน้ำซึ่งเป็นตัวกำหนดความหนาแน่นของน้ำ
4. ปริมาณอากาศที่ติดค้างอยู่ตามทางเดินหายใจ (Residual Volume)

สูตรสำหรับการคำนวณความหนาแน่นของร่างกายมีดังนี้ (Fox and Others. 1993 : 546-549)

$$\text{เมื่อ } B.D. = \frac{W_a}{K - (R.V. + 100)}$$

W_a = น้ำหนักของร่างกายในอากาศ

$$\begin{aligned}
 K &= \text{น้ำหนักของร่างกายในอากาศ (กรัม) ลบด้วยน้ำหนักร่างกายในน้ำ (กรัม)} \\
 &\quad \text{หารด้วยความหนาแน่นของน้ำในอุณหภูมิของน้ำขณะชั่ง (กรัม/มิลลิลิตร)} \\
 R.V. &= \text{ปริมาณของอากาศที่หลงเหลืออยู่ในปอดภายหลังการหายใจออกเต็มที่แล้ว} \\
 &\quad \text{มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร} \\
 100 &= \text{ค่าประมาณอากาศตกค้างในทางเดินอาหารมีหน่วยเป็นมิลลิลิตร}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกาย เช่น

$$\begin{aligned}
 \text{ผู้เข้ารับการทดสอบ} &= \text{เป็นเพศชาย} \\
 \text{น้ำหนัก (W}_a\text{)} &= 90 \text{ กิโลกรัม (198 ปอนด์) หรือ 90,000 กรัม} \\
 \text{น้ำหนักที่ชั่งในน้ำ (W}_w\text{)} &= 4 \text{ กิโลกรัม (8.8 ปอนด์) หรือ 4,000 กรัม} \\
 \text{ความจุปอด (V.C.)} &= 6,000 \text{ มิลลิลิตร} \\
 \text{ความหนาแน่นของน้ำในอุณหภูมิที่ 32 องศาเซลเซียส} &= 0.9951 \text{ กรัม/มิลลิลิตร} \\
 \text{ปริมาณของอากาศที่ตกค้างในทางเดินอาหาร} &= 100 \text{ มิลลิลิตร}
 \end{aligned}$$

ขั้นที่ 1 คำนวณหาปริมาณอากาศที่หลงเหลืออยู่ในปอดภายหลังการหายใจออกเต็มที่แล้ว (R.V.)

$$\begin{aligned}
 R.V. &= \text{ความจุปอด} \times 0.24 \\
 &= 6,000 \times 0.24 \\
 R.V. &= 1,440 \text{ มิลลิลิตร}
 \end{aligned}$$

ขั้นที่ 2 คำนวณหาค่า K

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{(\text{น้ำหนักร่างกายบนบก} - \text{น้ำหนักร่างกายในน้ำ})}{\text{ความหนาแน่นของน้ำ}} \\
 K &= \frac{(90,000 \text{ กรัม} - 4,000 \text{ กรัม})}{0.9951 \text{ กรัม/มิลลิลิตร}} \\
 K &= \frac{86,000 \text{ กรัม}}{0.9951 \text{ กรัม/มิลลิลิตร}} \\
 K &= 86,423 \text{ มิลลิลิตร}
 \end{aligned}$$

ขั้นที่ 3 นำค่าที่ได้มาคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกาย

$$\begin{aligned}
 B.D. &= \frac{W}{K - (R.V. + 100)} \\
 B.D. &= \frac{90,000 \text{ กรัม}}{86,423 - (1,440 + 100) \text{ มิลลิลิตร}} \\
 B.D. &= 1.060 \text{ กรัม/มิลลิลิตร}
 \end{aligned}$$

ภายหลังจากการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายได้เสร็จสิ้นลงแล้ว ก็สามารถคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันได้ โดยใช้สูตรของโบรเชคและซีนี (Brozek and Sini) ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน (โบรเชค)} &= \frac{457}{B.D.} - 414.2 \\
 &= \frac{457}{1.060} - 414.2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 431.1 - 414.2 \\
 &= 16.9 \\
 \text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน (ซีรี)} &= \frac{495}{1.060} - 450 \\
 &= 467 - 450 \\
 &= 17
 \end{aligned}$$

ซึ่งเฮย์วาร์ด (Heyward. 1991 : 147) ได้กำหนดแนวทางในการใช้วิธีการชั่งน้ำหนักได้น้ำมีเทคนิคดังนี้

1. ผู้ถูกทดสอบถอดเสื้อผ้าหรือสวมชุดว่ายน้ำที่มีน้ำหนักเบา
2. ผู้ถูกทดสอบถ่ายปัสสาวะและขับก๊าซออกมาให้มากที่สุด รวมทั้งถ่ายอุจจาระถ้าเป็นไปได้ก่อนการทดสอบ
3. ควรระมัดระวังตัวเลขก่อนหลังการวัดกับที่แขวนน้ำหนักสำหรับชั่ง และจดบันทึกลำดับตัวเลขให้ตรงกัน
4. แก้วและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้กับเครื่องแขวนแก้วจากตัวเลขจะเป็นน้ำหนักได้น้ำและจดบันทึก
5. อุณหภูมิของน้ำควรตรวจสอบความถูกต้องก่อนการทดสอบ และควรมีระดับระหว่าง 34-36 องศาเซลเซียส
6. ผู้ถูกทดสอบจะกำหนดตำแหน่งที่นั่งบนเก้าอี้ หลังจากนั้นเอาฟองอากาศออกจากชุดว่ายน้ำและเส้นผม เข็มขัดอาจใช้ล้อมรอบเอวหรือต้นขากับตำแหน่งที่สะดวก
7. ผู้ถูกทดสอบจะหายใจออกมาเต็มที่เท่าที่จะทำได้ เมื่อดำน้ำลงไปในถังเอาน้ำหนักที่มากที่สุดของการหายใจออกสูงสุดเป็นน้ำหนักร่างกายในน้ำทั้งหมด ผู้ถูกทดสอบควรที่จะพยายามนั่งค้างอยู่กับที่เท่าที่จะทำได้ตลอดเวลาปฏิบัติ
8. ทำการทดลองอย่างน้อย 3-10 ครั้ง น้ำหนักที่มากที่สุด 3 ครั้ง มาหาค่าเฉลี่ยและจดบันทึกเท่ากับน้ำหนักร่างกายในน้ำทั้งหมด
9. น้ำหนักร่างกายในน้ำสุทธิ คือ การหาค่าโดยหักลบน้ำหนักของแก้ว อุปกรณ์ที่ใช้ชั่ง และชุดว่ายน้ำจากน้ำหนักร่างกายในน้ำทั้งหมด

ตาราง 2 ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิต่างกัน

อุณหภูมิ(เซลเซียส)	ความหนาแน่น (กรัม/ซี.ซี.)
21	0.9980
22	0.9978
23	0.9975
24	0.9973
25	0.9971

ตาราง 2 (ต่อ)

อุณหภูมิ(เซลเซียส)	ความหนาแน่น (กรัม/ซี.ซี.)
26	0.9968
27	0.9965
28	0.9963
29	0.9960
30	0.9957
31	0.9954
32	0.9951
33	0.9947
34	0.9944
35	0.9941
36	0.9937
37	0.9934
38	0.9930
39	0.9926
40	0.9922

ที่มา: Heyward, V.H. (1991). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*. p. 147.

การวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง

ผาณิต บิลมาศ (2538 : 22) อธิบายว่า การวัดไขมันใต้ผิวหนังเป็นวิธีที่นิยมอย่างกว้างขวาง โดยใช้หลักการศึกษาเนื้อเยื่อไขมันนอติโพส (Adipose Tissue) บางส่วนในการทำนายหรือพิจารณาเนื้อเยื่อไขมันนอติโพสทั้งหมด (Total Adipose Tissue) จากไขมันใต้ผิวหนังส่วนที่เรียกว่าสับคิวเทเนียส (Subcutaneous) ในส่วนที่สะสมไว้มากๆ ของผิวหนัง โดยใช้หัวแม่มือและนิ้วชี้หีบเนื้อเยื่อขึ้นมา 2 ส่วน คือ ผิวหนัง (Skin) กับไขมันใต้ผิวหนัง โดยไม่รวมถึงกล้ามเนื้อ และใช้เครื่องวัดไขมันใต้ผิวหนัง (Skinfold Calipers) วัดปริมาณของไขมันเก็บสะสมในแต่ละตำแหน่ง แล้วนำความหนาของผิวหนังที่วัดได้ไปหาค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (Percent Body fat) ความหนาแน่นของร่างกาย (Body Density) น้ำหนักร่างกายที่ไม่มีไขมัน (Fat Free Weight หรือ Lean Body Weight) น้ำหนักทั้งหมดของไขมัน (Total Weight of Fat) และน้ำหนักตัวในอุดมคติ (Ideal Body Weight) เพื่อนำค่าที่ได้ไปพิจารณาส่วนประกอบของร่างกาย (Body Composition) ต่อไป การศึกษาและการวัดวิธีนี้เป็นที่นิยมมาก ทั้งนี้เพราะวัดได้เที่ยงตรงใช้พิจารณาไขมันในร่างกายได้ดี ทำการวัดได้ง่าย และเป็นที่ยอมรับจากผู้ชำนาญด้านนี้โดยทั่วไป อย่างไรก็ตามเมื่อจะศึกษา หรือทำการวัด หรือทำการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้จะต้องศึกษาหาความรู้ในรายละเอียดต่างๆ เช่น ตำแหน่งที่วัด วิธีการวัด การใช้เครื่องวัด ตลอดจนแปลค่าที่วัดได้เพื่อให้ได้ผลที่แน่นอนเที่ยงตรง ซึ่งสอดคล้องกับจรรยาพร ธรณินทร์ (2521 : 81) กล่าวว่าในการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบุคคลจะต้องระวังเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

1. แต่ละบุคคลมีความแตกต่างกันในความหนาแน่นของร่างกาย และการกระจายไขมันทั่วร่างกาย
2. การเลือกตำแหน่งที่วัดขึ้นอยู่กับความสามารถกำหนดตำแหน่งได้ถูกต้อง ถ้าเลือกตำแหน่งที่ถูกต้องจะวัดจำนวนไขมันที่แน่นอน

วิธีการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง เมย์ฮิวส์ (Mayhews. 1981 : 38) ได้อธิบายวิธีวัดไว้ว่า วิธีวัดความหนาแน่นของไขมันใต้ผิวหนังใช้นิ้วชี้ และนิ้วหัวแม่มือ หยิบผิวหนัง และไขมันที่อยู่ใต้ผิวหนังของตำแหน่งที่ต้องการวัด และดึงขึ้นมาเล็กน้อยเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้กล้ามเนื้อติดมาด้วย ข้อสังเกตคือ เมื่อหยิบ และยกผิวหนังขึ้นมาจะรู้สึกกล้ามเนื้อหลุดไปจากนิ้วทั้งสอง และใช้นิ้วมือข้างที่เหลือจับคาลิเปอร์ กางปากคิบออกหนีบตรงกลางของตำแหน่งที่หยิบ อ่านค่าจากหน้าปัด บอกความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ทั้งนี้ การวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังนั้นเพื่อให้ได้ความแน่นอนในการวัด ซึ่ง โลห์แมนและพอลล็อค (Lohman and Pollock. 1981 : 27-29) ได้เสนอแนะว่าควรฝึกให้มีความชำนาญ เพราะจะมีผลต่อความเที่ยงตรงในการวัดเป็นอย่างมาก อย่างน้อยควรได้รับการฝึกหัดระหว่าง 50-100 คน ในการฝึกควรคำนึงถึงตำแหน่งของการวัดให้มากที่สุดผลของการวัดควรมีความแน่นอนมากที่สุด วิธีการบอกให้ทราบก็ด้วยการทดสอบซ้ำ (Test - Retest) และค่าสหสัมพันธ์ควรมากกว่า 0.85 ควรวัดเป็นไปตามลำดับ เพื่อป้องกันความลำเอียงที่เกิดขึ้นในการวัดแต่ละตำแหน่งอย่างน้อยที่สุดควรวัด 2 หรือ 5 ครั้ง แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย นอกจากนี้ไม่ควรตรวจสอบผลการวัดครั้งที่ 2 หรือครั้งต่อไป เพราะเป็นการทำให้เกิดความลำเอียงของผลการทดสอบ

อุปกรณ์ในการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังมี 9 ชนิด คือ (Heyward. 1991 : 176)

1. อดิโพมิเตอร์ คาลิเปอร์ (Adipometer Caliper)
2. แฟท คอนโทรล คาลิเปอร์ (Fat Control Caliper)
3. แฟท โอ มิเตอร์ คาลิเปอร์ (Fat-o-meter Caliper)
4. ฮาร์เพนเดน คาลิเปอร์ (Harpender Caliper)
5. โฮลเทน คาลิเปอร์ (Holtain Caliper)
6. เลนจ์ คาลิเปอร์ (Lange Caliper)
7. แมคกาว คาลิเปอร์ (McGaw Caliper)
8. สลิม ไกด์ คาลิเปอร์ (Slim-guide Caliper)
9. สกายน์เดกซ์ คาลิเปอร์ (Skyndex Caliper)

อุปกรณ์ทั้ง 9 ชนิด ใช้วัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังแล้วนำไปคำนวณในการหาความหนาแน่นของร่างกาย ผลที่ออกมามีความแม่นยำตรงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้น จะใช้คาลิเปอร์ชนิดใดก็ได้ แต่มีข้อจำกัดในการใช้คือ ความสะดวกในการใช้ เครื่อง ราคาเครื่องมือ ซึ่งทั้ง 2 ข้อมีความแตกต่างกันในอุปกรณ์แต่ละชนิด

ตาราง 3 ตำแหน่งมาตรฐานสำหรับวัดไขมันใต้ผิวหนัง

ตำแหน่ง	แนวของรอยพับ	กายวิภาคที่เกี่ยวข้อง	การวัด
หน้าอก	ทะแยงมุม	รักแร้และหัวนม	รอยพับหยาบระหว่างรักแร้และสูง กว่าราวนมบนรอยพับด้านหน้า ของรักแร้
ใต้สะบักหลัง	ทะแยงมุม	ต่ำกว่ามุมของสะบักหลัง	รอยพับคือเส้นแนวธรรมชาติใต้ กระดูกสะบักหลังจะต่ำกว่ามุมของ สะบักหลัง
รักแร้	ระนาบขอบฟ้า	ข้อต่อกระดูกสันเป้ (จุดที่ กระดูกอ่อนของซี่โครงซี่ที่ 5-6 ที่ต่อกับกระดูกหน้าอก)	รอยพับหยาบบริเวณรักแร้ที่ระดับ ของข้อต่อกระดูกสันเป้
เหนือสันสะโพก	เอียง/ลาด	ยอดกระดูก Iliac	รอยพับหยาบเหนือยอดกระดูก Iliac
ท้อง	ระนาบขอบฟ้า	สะดือ	รอยพับหยาบด้านข้าง 3 เซนติเมตรและด้านล่าง 1 เซนติเมตรจากจุดศูนย์กลางของ สะดือ
แขนท่อนบน ด้านหลัง	ตั้งตรง	ปุ่มกระดูกหัวไหล่ของสะบัก หลังและปุ่มปลายของ ข้อศอกกระดูก Ulna	จุดกึ่งกลางระหว่างปุ่มกระดูก หัวไหล่และขอบด้านล่างของปุ่ม กระดูกข้อศอก
แขนท่อนบน ด้านหน้า	ตั้งตรง	กล้ามเนื้อ Bicep Brachii	รอยพับคือยกส่วนที่โป่งออกมา ของกล้ามเนื้อ Bicep Brachii ที่ จุดกึ่งกลางระหว่างปุ่มกระดูก หัวไหล่และแอ่งด้านหน้าศอก
หน้าขา	ตั้งตรง	ขาหนีบและกระดูกสะบ้า	รอยพับคือยกด้านหน้ากลางต้นขา ระหว่างขาหนีบและขอบกระดูก สะบ้า
น่อง	ตั้งตรง	ส่วนรอบที่ใหญ่ที่สุดของน่อง	รอยพับที่ระดับของรอบน่องที่ใหญ่ ที่สุดโดยย่อเข้าและสะโพก 90 องศา

ที่มา: Heyward, V.H. (1991). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*. p. 161-162.

วิธีวัดไขมันใต้ผิวหนังด้วยคาลิเปอร์

ผาณิต นิลมาศ (2538 : 24-25) ได้อธิบายถึงวิธีการการวัดไขมันใต้ผิวหนังเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. ใช้หัวแม่มือกับนิ้วชี้หยิบผิวหนังขึ้นมาให้ห่างออกจากกล้ามเนื้อที่อยู่ด้านล่างโดยให้ปลายนิ้วทั้งสองชี้ลง

2. วางจุดสัมผัสของคาลิเปอร์ (Caliper) ให้ปลายนิ้ว ห่างปลายนิ้ว (นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้) ประมาณ $\frac{1}{2}$ นิ้ว หรือประมาณ 1 เซนติเมตร

3. เปิดแขนคาลิเปอร์หนีบผิวหนังและไขมันใต้ผิวหนังที่หยิบขึ้นมาประมาณ 1-2 วินาที แล้วอ่านค่าตามหน้าปัดของคาลิเปอร์

4. ให้หน้าปัดคาลิเปอร์เอียงไปตามแนวผิวหนังที่หยิบขึ้นมา

5. ถ้าใช้เครื่องวัดไขมันแบบไฮโปเดอร์มิก (Hypodermic Fat Meter) ต้องปรับความดันเครื่องที่ระดับ 10 กรัมต่อตารางมิลลิกรัม

6. ถ้าวัดสองครั้งหรือมากกว่าแตกต่างกัน 1 มิลลิเมตร ถือว่าผลการวัดใช้ได้

นอกจากนี้ เฮย์วาร์ด (Heyward, 1991 : 162) ได้กำหนดมาตรฐานที่จะแสดงการปฏิบัติเพื่อเพิ่มความเที่ยงตรง และความแน่นอนในการวัดไขมันใต้ผิวหนังมีดังนี้

1. ทำการวัดไขมันใต้ผิวหนังในด้านขวาของร่างกาย

2. ควรระมัดระวังตำแหน่งที่ตั้งของการวัดไขมันใต้ผิวหนัง

3. จับไขมันใต้ผิวหนังให้มั่นคงระหว่างนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ของมือซ้ายหยิบรอยพับสูง 1 เซนติเมตรเหนือตำแหน่งที่วัด

4. หยิบรอยพับโดยวางนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ประมาณ 8 เซนติเมตร บนเส้นที่ได้จากกับความยาวแกนของไขมันใต้ผิวหนัง แกนยาวเป็นเส้นแนวธรรมชาติของผิวหนัง ความหนาของเนื้อเยื่อไขมันที่กั้นระหว่างนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้กับการหยิบรอยพับ

5. รักษาการหยิบรอยพับชั่วครู่ขณะทำการวัด

6. วางตำแหน่งก้ามสำหรับใช้หนีบของคาลิเปอร์ที่เส้นตั้งฉากกับผิวหนังเป็นจำนวน 1 เซนติเมตร ต่ำกว่านิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้และปล่อยปากคีมช้า ๆ

7. ทำการวัดไขมันใต้ผิวหนัง 4 วินาที ภายหลังปล่อยปากคีม

การวิเคราะห์การถดถอย

บุญเรียง ขจรศิลป์ (2543 : 103-128) อธิบายว่า การวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการประมาณค่าและการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตัวหนึ่ง โดยใช้ค่าของข้อมูลอีกตัวหนึ่งหรือชุดหนึ่งเป็นตัวพยากรณ์ ตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์เรียกว่าตัวแปรอิสระ (Independent Variable) หรือตัวพยากรณ์ (Predictor) ส่วนผลที่ได้เรียกว่าตัวแปรตาม (Dependent Variable) หรือผลที่วัดได้ (Outcome) ข้อแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์การถดถอยกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์นั้นต่างกันที่ว่า ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียงแต่แสดงให้เห็นว่าตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ แต่ไม่ได้ใช้ในการพยากรณ์ ส่วนการวิเคราะห์การถดถอยนั้นสามารถใช้ในการพยากรณ์ได้ด้วย การวิเคราะห์การถดถอยสามารถจัดได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression) และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression)

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเป็นวิธีการทางสถิติที่พยายามอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตาม โดยอาศัยความแปรปรวนของตัวแปรอิสระเป็นการประมาณค่า การส่งผลของตัวแปรอิสระตั้งแต่สองตัวขึ้นไปที่มีผลกระทบต่อตัวแปรตามซึ่งมีตัวเดียว นอกจากนี้บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2543 : 368) อธิบายว่า การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเป็นวิธีการหารูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม 1 ตัวกับตัวแปรอิสระหลายตัว ผลการวิเคราะห์จะสร้างสมการ เพื่อบอกว่าตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากน้อยเพียงใด เมื่อตัวแปรอิสระอื่นคงที่ และจะบอกว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงบวก (+) หรือเชิงลบ (-) ซึ่งดูได้จากเครื่องหมาย หน้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ส่วนย่อย ถ้าตัวแปรอิสระตัวใดมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเชิงบวกจะหมายความว่า เมื่อค่าของตัวแปรอิสระตัวนั้นเพิ่มขึ้น ค่าของตัวแปรตามจะเพิ่มขึ้นด้วย แต่ถ้าเป็นเชิงลบผลจะกลับกัน คือ เมื่อค่าของตัวแปรอิสระตัวนั้นเพิ่มขึ้น ค่าของตัวแปรตามจะลดลง

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเส้นตรงนั้น จะสร้างสมการถดถอยพหุคูณเส้นตรง เพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตามเมื่อทราบค่าต่าง ๆ ของตัวแปรอิสระ k ตัว ซึ่งจะมีลักษณะดังนี้

$$Y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k$$

- Y แทน ค่าของตัวแปรตามที่ได้จากการพยากรณ์เมื่อทราบค่าของตัวแปรอิสระ
 a แทน ค่าคงที่
 b แทน สัมประสิทธิ์ของการถดถอยพหุคูณส่วนย่อย (Partial Multiple Regression Coefficient) ซึ่งเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม เมื่อตัวแปรอิสระตัวนั้น เพิ่มขึ้น 1 หน่วย โดยที่ตัวแปรอิสระอื่น ๆ ในสมการมีค่าคงที่

ตัวอย่าง สมการความหนาแน่นของร่างกายของสโลน (Sloan. 1967 : 311-315)

B.D.	=	1.1043 - 0.001327 (หน้าขา) - 0.00131 (ใต้สะบักหลัง)
เมื่อ	B.D.	= Y คือค่าที่ได้จากการพยากรณ์ในที่นี้คือ ความหนาแน่นของร่างกาย
1.1043	=	a คือค่าคงที่ของสมการถดถอย ในที่นี้คือความหนาแน่นของร่างกายโดยทั่วไปมีค่าประมาณ 1.1043 กรัม/มิลลิลิตร
- 0.001327	=	b ₁ คือสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปร x ₁ (คือหน้าขา) ในที่นี้หมายถึง ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังที่หน้าขาเพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตร ความหนาแน่นของร่างกายลดลง 0.001327 (กรัม/มิลลิลิตร)
- 0.00131	=	b ₂ คือสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปร x ₂ (คือใต้สะบักหลัง) ในที่นี้หมายถึง ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังที่ใต้สะบักหลังเพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตรความหนาแน่นของร่างกายลดลง 0.00131 (กรัม/มิลลิลิตร)

สรุปก็คือ ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังที่หน้าขาจะมีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของร่างกาย - 0.001327 (กรัม/มิลลิลิตร) ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังที่ใต้สะบักหลังจะมีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของร่างกาย - 0.00131 (กรัม/มิลลิลิตร)

ดังที่กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่า การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณเป็นการหารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม 1 ตัวกับตัวแปรอิสระหลายตัว และสร้างเป็นสมการเชิงบวกแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม เมื่อมีตัวแปรอิสระหลายตัว สมการที่สร้างขึ้นจะมีได้หลายสมการสุดแล้วแต่ว่าจะคัดเลือกตัวแปรอิสระตัวแปรใดเข้าสมการบ้าง การเลือกตัวแปรอิสระตัวใดบ้าง ควรจะอยู่ใน สมการถดถอยพหุคูณเส้นตรงที่จะทำให้สมการนั้นใช้พยากรณ์ตัวแปรตามได้ถูกต้องแม่นยำที่สุด และค่าร้อยละของความแปรปรวนของตัวแปรตามที่อธิบายได้โดยตัวแปรอิสระต่าง ๆ ในสมการถดถอยพหุคูณเส้นตรงมีค่าสูงพอ เรียกว่า การเลือกสมการถดถอยพหุคูณเส้นตรงที่ดีที่สุด ซึ่งมีอยู่หลายวิธี วิธีที่นิยมทั่วไปวิธีหนึ่งก็คือวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นบันได (Stepwise Multiple Regression) ซึ่งมีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้

1. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระแต่ละตัว
2. ตัวแปรอิสระที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายสูงที่สุดจะเข้าสู่สมการ
3. ทดสอบความมีนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์ถดถอย ถ้ามีนัยสำคัญทางสถิติจะดำเนินการขั้นต่อไป ถ้าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจะหยุดดำเนินการ แสดงว่าไม่มีตัวแปรใดเลยที่มีความสัมพันธ์และพยากรณ์ตัวแปรตามได้
4. คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ส่วนย่อยระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระแต่ละตัวที่ยังไม่ได้เข้าสู่สมการ
5. ตัวแปรอิสระที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ส่วนย่อยสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะเข้าสู่สมการถดถอยขั้นที่ 2
6. ทดสอบความมีนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์การถดถอยส่วนย่อยของตัวแปรอิสระทุกตัวที่อยู่ในสมการ ถ้าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระตัวใดมีนัยสำคัญทางสถิติ ตัวแปรตัวนั้นจะยังคงอยู่ในสมการ แต่ถ้าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ตัวแปรตัวนั้นจะถูกตัดออกจากสมการในขั้นต่อไป
7. ดำเนินการซ้ำตั้งแต่ขั้นที่ 4 ถึง 6 จนกระทั่งไม่มีตัวแปรใดเข้าสู่สมการ และไม่มีตัวแปรตัวใดถูกไล่ออกจากสมการ จะได้สมการถดถอยพหุคูณที่ดีที่สุด โดยมีตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการเป็นตัวพยากรณ์

เนื่องจากการวิเคราะห์การถดถอยเป็นสถิติที่ซับซ้อนยุ่งยากมากในการคำนวณ ผู้วิจัยจึงดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for Social Sciences for Windows = SPSS for Windows) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นิยมใช้ในงานวิจัย ช่วยในการคำนวณ เพื่อวิเคราะห์ สรุป และแปลผล ในงานวิจัยครั้งนี้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งของต่างประเทศ และในประเทศ พอสรุปได้ดังนี้
งานวิจัยในต่างประเทศ

สโลนและคณะ (Sloan and others. 1962 : 967-970) ได้ทำการวิจัยเรื่องการประมาณจำนวนไขมันในร่างกายของนักศึกษาหญิง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาหญิงที่มีสุขภาพดีจำนวน 50 คนที่มีอายุระหว่าง 17-25 ปี ส่วนสูงระหว่าง 153-177 เซนติเมตร และมีน้ำหนักระหว่าง 39-76.7 กิโลกรัม ก่อนการชั่งน้ำหนักได้นำทุกคนได้รับการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง 5 ตำแหน่งคือ หน้าขา (Thigh), สันสะโพก (Iliac Crest), ท้อง (Abdomen), อก (Chest) และแขนท่อนบนด้านหลัง (Triceps) การวัดความหนาของไขมัน

ใต้ผิวหนังให้วัดด้านขวาของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน ส่วนการวัดรอบวงของร่างกายนั้นประกอบด้วย ไตกันย้อย (Glutius) สะโพก (Buttocks) ท้อง (Abdomen) หน้าอก (Breast) และแขนท่อนบน (Upper Arm)

ภายหลังการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังและการวัดรอบวงของร่างกายแล้ว ทำการวัดความจุปอดด้วยเครื่อง Tissot Spirometer

ตำแหน่งของร่างกายที่มีไขมันมากได้แก่บริเวณหน้าขา ท้อง และแขนท่อนบน จากการศึกษาพบว่า การวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังทุกตำแหน่งมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันแต่ตำแหน่งที่สามารถเป็นตัวแทนของการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง คือบริเวณสันสะโพก

สำหรับสมการที่ดีที่สุดที่สามารถพยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายของนักศึกษาหญิง คือความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณสันสะโพก และแขนท่อนบนด้านหลัง ($r = -.74$) สมการที่สามารถนำไปใช้คือ

$$X_1 = 1.0764 - 0.00081X_2 - 0.00088X_3$$

เมื่อ X_1 คือ ความหนาแน่นของร่างกาย
 X_2 คือ ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณสันสะโพก
 X_3 คือ ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณแขนท่อนบนด้านหลัง

เคทช์ และมิเชล (Katch and Michael, 1968 : 92-94) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายจากการวัดไขมันใต้ผิวหนังและส่วนรอบวงของร่างกายสำหรับนักศึกษาหญิง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 64 คน ที่มีอายุระหว่าง 19-23 ปี การคำนวณความหนาแน่นของร่างกายใช้การชั่งน้ำหนักได้น้ำแล้วมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันด้วยสูตรของโบโรเชคและคณะ คือ $F = 100(4.75/D - 4.142)$

ตำแหน่งการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังประกอบไปด้วย แขนท่อนบนด้านหลัง (Tricep) สะบักหลัง (Scapula) ท้อง (Abdomen) สันสะโพก (Iliac) อก (Chest) และรักแร้ (Ninth Rib) ให้วัดด้านขวาในท่ายืน ใช้ค่าเฉลี่ยจากการวัดสองครั้ง ส่วนการวัดส่วนรอบร่างกายให้วัดด้านขวาเช่นเดียวกัน ได้แก่ 1) แขนท่อนบน (Upper Arm) ให้แขนงอทำมุม 90 องศา 2) ท้อง (Abdomen) 3) หน้าขา (Thigh) ให้ขาทำมุม 90 องศา และ 4) สะโพก (Buttock) และการวัดความกว้างของกระดูกบริเวณข้อมือ (Wrist) เข่า (Knee) สะโพก (Bitrochanter) และข้อเท้า (Ankle) จากการศึกษาพบว่าความหนาของไขมันใต้ผิวหนังที่แขนท่อนบนด้านหลัง และสะบักหลัง และส่วนรอบร่างกายที่สะโพก และแขนท่อนบน มีความสัมพันธ์กันสูงกับความหนาแน่นของร่างกาย ส่วนสมการในการคำนวณความหนาแน่นของร่างกายคือ

$$Y_1 = 1.12569 - 0.001835X_1 - 0.002779X_2 + 0.005419X_3 - 0.0007167X_4 \quad (r = .70)$$

เมื่อ Y_1 คือ ความหนาแน่นของร่างกาย
 X_1 คือ ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณแขนท่อนบนด้านหลัง
 X_2 คือ ส่วนรอบวงของร่างกายบริเวณสะโพก
 X_3 คือ ส่วนรอบวงร่างกายบริเวณแขนท่อนบน
 X_4 คือ ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณสะบักหลัง

แจคสัน และพอลล็อก (Jackson and Pollock. 1977 : 197-201) ได้ทำการวิจัยเรื่องสมการในการพยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายสำหรับผู้ชาย กลุ่มตัวอย่างเป็นชายอายุระหว่าง 18-61 ปี จำนวน 403 คน ทุกคนอาสาสมัครเข้ารับการทดสอบในครั้งนี้ การทดลองทำในเวลา 4 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มสำหรับคำนวณความเที่ยงตรงจำนวน 308 คน และเพื่อทำการตรวจสอบ (Cross Validation) อีกจำนวน 59 คน

กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการวัดส่วนสูง ซึ่งน้ำหนัก วัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณอก (Chest) รักแร้ (Axilla) แขนท่อนบนด้านหลัง (Triceps) สะบักหลัง (Subscapula) ท้อง (Abdomen) เหนือสันสะโพก (Supra-Iliac) และแขนท่อนล่าง (Forearm) ส่วนการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายใช้การชั่งน้ำหนักไดน้ำ สำหรับการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันนั้นใช้สูตรของซีรี (Siri) คือ

$$F = 100 (4.95/BD - 4.50)$$

เนื่องจากการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังเป็นการวัดองค์ประกอบเดียวกัน จึงได้นำผลของการวัดแต่ละตำแหน่งรวมกัน การรวมหลาย ๆ ตำแหน่งทำให้การประเมินค่าจำนวนไขมันใต้ผิวหนังผู้วิจัยได้เลือกการรวมการวัด 3 ตำแหน่งซึ่งมีความสัมพันธ์กันสูงกับการใช้การวัด 7 ตำแหน่ง และอาจจะทำการทดสอบได้สะดวกสบายมากกว่า

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าสมการที่สามารถนำมาพยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายมีทั้งหมด 8 สมการ โดยเป็นสมการที่รวมการวัดความหนาไขมันใต้ผิวหนัง 7 ตำแหน่งจำนวน 4 สมการ และอีก 4 สมการเป็นการรวมการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง 3 ตำแหน่ง

สัดส่วนที่ใช้	สมการ	R	SEE
	รวมการวัดความหนาไขมันใต้ผิวหนัง 7 ตำแหน่ง		
S,S ² , age	BD = 1.11200000 - 0.0043499 (X ₁) + 0.00000055 (X ₁) ² - 0.00039926 (X ₃)	0.902	0.0078
S,S ² , age,C	BD = 1.1010000 - 0.00041150 (X ₁) + 0.00000069 (X ₁) ² - 0.00022631 (X ₃) - 0.0059239 (X ₄) + 0.0190632 (X ₅)	0.916	0.0073
S,age	BD = 1.21394 - 0.03101 (X ₁) - 0.00029 (X ₃)	0.893	0.0082
S,age,C	BD = 1.17615 - 0.02394 (X ₁) - 0.00022 (X ₃) - 0.0070 (X ₄) + 0.02120 (X ₅)	0.917	0.0073
	รวมการวัดความหนาไขมันใต้ผิวหนัง 3 ตำแหน่ง		
S,S ² , age	BD = 1.1093800 - 0.0008267 (X ₂) + 0.0000016 (X ₂) ² - 0.0002574 (X ₃)	0.905	0.0077
S,S ² , age,C	BD = 1.0990750 - 0.0008209 (X ₂) + 0.0000026 (X ₂) - 0.0002017 (X ₃) - 0.005675 (X ₄) + 0.0018586 (X ₅)	0.918	0.0072
S, age,C	BD = 1.15737 - 0.02288 (X ₂) - 0.00019 (X ₃) - 0.0075(X ₄) + 0.0223 (X ₅)	0.915	0.0073

115622013

- เมื่อ
- S = ผลรวมความหนาไขมันใต้ผิวหนัง
 - C = ส่วนรอบของร่างกาย
 - X_1 = ผลรวมของ ออก รักแร้ แขนท่อนบนด้านหลัง สะบักหลัง ท้อง เหนือสันสะโพก และหน้าขา
 - X_2 = ผลรวมของ ออก ท้อง และหน้าขา
 - X_3 = อายุ
 - X_4 = ส่วนรอบของ ข้อมือ
 - X_5 = ส่วนรอบของ แขนท่อนล่าง

แจคสัน และพอลล็อค (Jackson and Pollock. 1980 : 497-504) ได้ทำการวิจัยเรื่องสมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายสำหรับเพศหญิง กลุ่มตัวอย่างเป็นหญิงที่มีอายุระหว่าง 18-55 ปี จำนวน 331 คน โดยอาสาสมัครเข้าทำการทดสอบ การทดลองครั้งนี้ทำในเวลา 6 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มสำหรับคำนวณความเที่ยงตรงจำนวน 249 คน และเพื่อทำครอสแวลิดชัน (Cross - Validation) อีกจำนวน 82 คน

กลุ่มตัวอย่างควรรับประทานอาหารเย็นอย่างน้อย 6 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ และรายงานตัวอย่างน้อย 3 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ หลีกเลี่ยงการสูบบุหรี่ หลีกเลี่ยงเกี่ยวกับการมีประจำเดือน จะทำการทดสอบ 7 วันก่อนหรือหลังการมีประจำเดือน

ทุกคนจะได้รับการวัดส่วนสูง ชั่งน้ำหนัก วัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณ หน้าอก (Chest) รักแร้ (Axilla) แขนท่อนบนด้านหลัง (Triceps) ใต้สะบักหลัง (Subscapula) ท้อง (Abdomen) เหนือสันสะโพก (Suprailiac) และหน้าขา (Thigh) และวัดส่วนรอบของร่างกายบริเวณสะโพก (Glutius) ส่วนการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายใช้การชั่งน้ำหนักได้น้ำ สำหรับการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันนั้นใช้สูตรของซีรี (Siri)

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังเป็นการวัดองค์ประกอบเดียวกัน จึงได้นำเอาการวัดตำแหน่งต่าง ๆ มารวมกัน เช่น 3 4 และ 7 ตำแหน่ง แต่การรวม 3 และ 4 ตำแหน่งนั้นสามารถดำเนินการได้ง่ายและสะดวกมากกว่า ในการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปสมการในการคำนวณความหนาแน่นของร่างกายจำนวน 18 สมการ ผู้วิจัยเสนอแนะว่าสมการที่ 13 คือ การวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง จำนวน 3 ตำแหน่ง คือแขนท่อนบนด้านหลัง เหนือสะโพก และหน้าขา ทั้งนี้เพราะทำได้ง่ายกับประชากรจำนวนมาก ($r = .842$)

$$BD = 1.0994921 - 0.0009929 (x_3) + 0.0000023 (x_3)^2 - 0.0001392 (x_4)$$

เมื่อ x_3 = ผลรวมของความหนาของไขมันใต้ผิวหนังที่ตำแหน่งแขนท่อนบนด้านหลัง เหนือสันสะโพก และหน้าขา

x_4 = อายุ

เดวิส และคณะ (Davis and others. 1985 : 255-261) ได้ทำการศึกษาเรื่องเทคนิคในการประเมินเปอร์เซ็นต์ไขมันสำหรับเพศชาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสมการในการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายได้อย่างง่าย และต้องการอุปกรณ์ไม่มาก กลุ่มตัวอย่างเป็นพนักงานสาธารณสุข จำนวน 430 คน มีอายุระหว่าง 18-58 ปี ในการทดสอบผู้เข้ารับการทดสอบควรรับประทานอาหารก่อน

การทดสอบอย่างน้อย 12 ชั่วโมง การทดสอบประกอบด้วยการชั่งน้ำหนัก เพื่อดำเนินการหาความหนาแน่นของร่างกาย ค้นหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายโดยใช้สูตรของซีรี ก่อนการชั่งน้ำหนักได้น้ำ ทุกคนได้รับการวัดสัดส่วนร่างกายด้วยการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง 4 ตำแหน่ง คืออก (Pectoralis) สะบักหลัง (Subscapula) แขนท่อนบนด้านหลัง (Triceps) เหนือสันสะโพก (Suprailiac) และวัดส่วนรอบวงของร่างกาย 2 ตำแหน่ง คือคอ (Neck) และข้อมือ (Waist) ในการทำครอสแวลิดชัน (Cross-Validation) กลุ่มตัวอย่าง คือพนักงานดับเพลิง จำนวน 218 คน และข้าราชการทหารเรือของสหรัฐอเมริกา จำนวน 100 คน ผลการศึกษาพบว่าได้ยอมรับกับสมการ 2 ชุด ดังนี้ คือ

1. เปอร์เซ็นต์ไขมัน = $-16.985 + \text{อายุ} (0.081) + \text{รอบเอว} (.583) - \text{ความสูง} (.112)$
(R = .86, SEE = 3.34)
2. เปอร์เซ็นต์ไขมัน = $-28.407 + \text{รอบอก} (.252) + \text{รอบเอว} (.571) + \text{น้ำหนัก} (.106)$
(R = .88, SEE = 3.10)

ถ้าต้องการนำสมการไปใช้ควรพิจารณาสมการแรกเพราะมีการวัดเฉพาะส่วนรอบวงของร่างกายตำแหน่งเดียว คือข้อมือเท่านั้น ทำให้สะดวกและรวดเร็ว

เมย์ฮิวส์ และคณะ (Mayhews and Others. 1985 : 120 – 126) ได้ทำการศึกษาเรื่องความแม่นยำของสมการในการประเมินค่าจำนวนไขมันในร่างกายโดยวิธีวัดสัดส่วนของร่างกายสำหรับนักกีฬาหญิง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาหญิง ระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 111 คน ซึ่งเป็นตัวแทนนักกีฬา 7 ประเภท นักกีฬาทุกคนได้รับการวัดความหนาไขมันใต้ผิวหนัง 7 ตำแหน่ง ได้แก่ แขนท่อนบนด้านหลัง สะบักหลัง เหนือสันสะโพก ท้อง หน้าขา เข่า และน่อง การวัดส่วนรอบร่างกาย 10 ตำแหน่ง คือคอ แขนท่อนบน แขนท่อนล่าง อกระดับราวนมและต่ำกว่าราวนม เอว สะโพก หน้าขา ได้กั้นย้อย และน่อง และวัดความกว้างของกระดูก 7 ตำแหน่ง คือ ความกว้างของข้อมือ ความกว้างของเอว ความกว้างของสะโพก ความกว้างของข้อศอก ความกว้างของข้อมือ ความกว้างของเข่า ความกว้างของข้อเท้า ในการค้นหาความหนาแน่นของร่างกายใช้การชั่งน้ำหนักได้น้ำแล้วนำมาค้นหาเปอร์เซ็นต์ไขมันด้วยการใช้สูตรของโบรเชคและคณะ (Brozek and Other) ผลการวิจัยพบว่าสมการที่ใช้ในการค้นหาความหนาแน่นของร่างกายจำนวน 13 สมการนั้น มีเพียง 2 สมการ คือ สมการของแจ็คสันและพอลล็อค (Jackson and Pollock. 1980) และเมย์ฮิวส์ (Mayhews. 1983)

ฟลิทเชอร์ และ แมคนอตตัน (Fletcher and McNoughton. 1987 : 211-216) ได้ทำการศึกษาวิธีการประเมินเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย 3 วิธีกับนักกีฬายานจำนวนทั้งสิ้น 11 คน แบ่งเป็นประเภทถนน 4 คน ประเภทลู่วิ่ง 7 คน ค่าเฉลี่ยของอายุ 20.4 ปี ความสูง 176.1 เซนติเมตร น้ำหนัก 68.3 กิโลกรัม ประเมินเปอร์เซ็นต์ไขมัน 3 วิธีดังนี้

วิธีที่ 1 ใช้การวัดสัดส่วนของร่างกายมาค้นหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายโดยใช้สมการของแจ็คสัน และ พอลล็อค (Jackson and Pollock. 1978)

วิธีที่ 2 ใช้วิธีชั่งน้ำหนักได้น้ำเพื่อหาความหนาแน่นของร่างกายโดยใช้วิธีของ แคทช์ และ แมคอาร์ดล (Katch and McArdle) ค้นหาเปอร์เซ็นต์ไขมันโดยใช้สูตรของซีรี (Siri)

วิธีที่ 3 ใช้เทคนิคเอกซเรย์ (X-ray) โดยวิธีของ แคทช์ และเบนกี กับ เบนกี และวิลมอร์ (Katch and Benhke with Benhke and Wilmore)

ผลของการวิจัยพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างวิธีทั้งสามเป็นดังนี้

1. เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไขมันของนักชกจักรยานทั้งกลุ่มดังนี้

วิธีวัดความหนาของผิวหนังกับการชั่งน้ำหนักได้น้ำ	$R = 0.80$
วิธีวัดความหนาของผิวหนังกับวิธีเอกซเรย์	$R = 0.79$
วิธีชั่งน้ำหนักได้น้ำกับวิธีเอกซเรย์	$R = 0.81$
2. เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไขมันของนักชกจักรยานประเภทถนนดังนี้

วิธีวัดความหนาของผิวหนังกับการชั่งน้ำหนักได้น้ำ	$R = 0.93$
วิธีวัดความหนาของผิวหนังกับวิธีเอกซเรย์	$R = 0.75$
วิธีชั่งน้ำหนักได้น้ำกับวิธีเอกซเรย์	$R = 0.91$
3. เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไขมันของนักชกจักรยานประเภทลู่วิ่งดังนี้

วิธีวัดความหนาของผิวหนังกับการชั่งน้ำหนักได้น้ำ	$R = 0.92$
วิธีวัดความหนาของผิวหนังกับวิธีเอกซเรย์	$R = 0.71$
วิธีชั่งน้ำหนักได้น้ำกับวิธีเอกซเรย์	$R = 0.75$

สรุปได้ว่าทั้ง 3 วิธีสามารถทำนายเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายได้อย่างมีความแม่นยำสูง ฉะนั้นในการที่จะนำวิธีใดไปใช้ จะต้องขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในเรื่องของระยะเวลา วิธีการเก็บข้อมูล และศักยภาพของความคลาดเคลื่อน

ออสโตรเฟ (Ostrove, 1988 : 2580) ได้ทำการวิจัยเรื่อง เปรียบเทียบการวัดไขมันใต้ผิวหนัง ด้วยคาลิเปอร์ (Caliper) กับวิธีอัลตราโซนิก (Ultrasonic) และการพัฒนาสมการถดถอยที่ใช้พยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายในเพศหญิงจากการวัดไขมันใต้ผิวหนังและจากอัลตราโซนิกในหญิงอายุระหว่าง 24 - 72 ปี จำนวน 77 คน และอายุ 18 - 26 ปี จำนวน 66 คน วัดส่วนสูง น้ำหนัก และวัดไขมันใต้ผิวหนัง 7 แห่ง คือ แขนท่อนบนด้านหลัง แขนท่อนบนด้านหน้า ได้สะบักหลัง สันสะโพก ท้อง หน้าขา และน่อง คำนวณความหนาแน่นของร่างกายใช้การชั่งน้ำหนักได้น้ำ ค่าเฉลี่ยความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณแขนท่อนบนด้านหน้า 11 มิลลิเมตร และหน้าขา 33.6 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยวิธีวัดด้วยอัลตราโซนิก 5.9 มิลลิเมตรที่แขนท่อนบนด้านหน้า และ 12.9 มิลลิเมตรที่ท้อง ค่าสหสัมพันธ์ของการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังกับวิธีอัลตราโซนิกที่ตำแหน่งเดียวกัน $r = .65$ ที่แขนท่อนบนด้านหลัง และท้อง ค่าความสัมพันธ์ $r = .72$ ที่น่อง $r = .76$ ที่เหนือสะโพก ส่วนวิธีอัลตราโซนิกกับความหนาแน่นของร่างกายมีค่าความสัมพันธ์ $r = .26$ และ $r = .71$ ที่น่อง และเหนือสันสะโพกตามลำดับ ข้อมูลที่ได้ทำการสร้างสมการ 103 คน และหาความเที่ยงตรง 40 คน ได้สมการพยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกาย จำนวน 18 สมการ 9 สมการเป็นอายุกับวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง อีก 9 สมการเป็นอายุกับวิธีอัลตราโซนิก ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณมีค่า $R = .725 - .871$ ในการวัดไขมันใต้ผิวหนัง และ $R = .767 - .853$ เมื่อใช้วิธีอัลตราโซนิก จากการศึกษาพบว่า วิธีอัลตราโซนิกสามารถวัดไขมันใต้ผิวหนังเพื่อใช้พยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายในผู้หญิงได้ แต่การพยากรณ์ก็ไม่มีคุณภาพดีไปกว่าสมการที่ได้จากการวัดไขมันความหนาของใต้ผิวหนังด้วยคาลิเปอร์

ฮิล (Hill, 1992 : 992) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ไขมันที่มีการคำนวณด้วย 3 วิธี คือ การชั่งน้ำหนักได้น้ำ วิธีวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง และใช้เทคนิคอินฟราเรด โดยให้การชั่งน้ำหนักได้น้ำเป็นเกณฑ์เทียบกับการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง และใช้เทคนิคอินฟราเรด (วัดโดยใช้เครื่องมือ

ยี่ห้อ Futrex - 5000) ผู้รับการทดลอง 200 คน เป็นหญิง 115 คน เป็นชาย 85 คน ความเที่ยงตรงของเครื่อง (Futrex - 5000) เท่ากับ .997 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างการชั่งน้ำหนักได้น้ำกับการใช้เครื่อง (Futrex - 5000) เท่ากับ .71 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันจากการชั่งน้ำหนักได้น้ำคือ 19.3 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับวิธีใช้เครื่อง (Futrex - 5000) คือ 21.6 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดสอบความแตกต่างนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายโดยวิธีชั่งน้ำหนักได้น้ำกับการใช้เครื่อง (Futrex - 5000) พบว่าการใช้เครื่อง (Futrex - 5000) มีค่าความเที่ยงตรงไม่เท่ากับการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังกับการชั่งน้ำหนักได้น้ำ

แอนนา (Anna. 1994 : 929) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายกับดัชนีน้ำหนักตัวและสัดส่วนไขมัน บริเวณเอว - สะโพก ในวัยกลางคนในระดับอ้วนต่าง ๆ ศึกษาในวัยกลางคนชาย 60 คน หญิง 61 คน โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (Percent Body Fat) กับดัชนีน้ำหนักตัว (Body Mass Indices = BMI) และอัตราส่วนของไขมันบริเวณเอว - สะโพก (Waist to Hip Ratio = WHR) โดยวิธีของเพียร์สันโปรดักโมเมนต์ (Pearson Product Moment) ทุก ๆ ความสัมพันธ์ของชายและหญิง ซึ่งแบ่งกลุ่มโดยศึกษา 3 กลุ่ม คือ มีไขมัน อ้วนปานกลาง และอ้วนมาก ผลการศึกษาพบว่าทุกกลุ่มตัวอย่างและความอ้วนในกลุ่มต่าง ๆ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายพบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในกลุ่มไขมันปกติ ไขมันปานกลาง และอัตราส่วนของไขมันบริเวณเอว - สะโพก ก็คล้ายตามในทำนองเดียวกัน สรุปได้ว่าดัชนีน้ำหนักตัว และอัตราส่วนของไขมันบริเวณเอว - สะโพก สามารถใช้หาความสัมพันธ์ด้านความอ้วนของกลุ่มประชากรได้

งานวิจัยในประเทศ

ประยุทธ์ ประจัญบาน (2527 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายกับองค์ประกอบทางชีวเคมีของไขมันในเลือดของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีความบกพร่องทางสติปัญญาระดับอายุ 7-15 ปี ของโรงเรียนปัญญาภูมิกร และโรงเรียนราชานุกูล ปีการศึกษา 2537 จำนวน 135 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามระดับอายุ และระดับเปอร์เซ็นต์ไขมันกับองค์ประกอบทางชีวเคมี โดยวิธีวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ผลการศึกษาพบว่า

1. เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายกับคอเลสเตอรอล ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในระดับอายุ 7-9 ปี
2. เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายกับไตรกลีเซอไรด์ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในระดับอายุ 7-9 ปี
3. เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายกับคอเลสเตอรอล มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .01 ในระดับอายุ 10-12 ปี
4. เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายกับไตรกลีเซอไรด์ ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในระดับอายุ 10-12 ปี
5. เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายกับคอเลสเตอรอล มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในระดับอายุ 13-15 ปี
6. เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายกับไตรกลีเซอไรด์ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในระดับอายุ 13-15 ปี

7. เปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายกับเอชดีแอล ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 ในทุกระดับอายุ

จุไร เรืองพยัคฆ์ (2533 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาถึงปริมาณไขมันในร่างกายของบุคคลที่ประกอบอาชีพต่างกัน กลุ่มตัวอย่างเป็นชายไทย 12 กลุ่มอาชีพ ซึ่งได้แก่ ครูวิชาการ ครูพลศึกษา ตำรวจประจำสำนักงาน ตำรวจจราจร ตำรวจในห้างร้าน แม่ค้าขายหาบเร่ พนักงานธนาคาร ชาวสวน ทำงานบริษัท พนักงานเก็บค่าโดยสาร และกรรมการก่อสร้างอายุระหว่าง 25-35 ปี เก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง (Skinfold Caliper) วัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง 2 แห่ง คือ ด้านหลังแขนท่อนบนและสะบักหลัง พบว่าเฉลี่ยปริมาณไขมันในร่างกาย 12 กลุ่ม เรียงจากมากไปหาน้อย ได้แก่ ตำรวจในห้างร้าน ตำรวจประจำสำนักงาน ครูวิชาการ พนักงานขับรถ พนักงานธนาคาร ตำรวจจราจร กรรมการก่อสร้าง แม่ค้าหาบเร่ ทำงานบริษัท พนักงานเก็บค่าโดยสาร ครูพลศึกษา และชาวสวน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20.07, 17.36, 15.84, 14.80, 13.86, 13.78, 13.68, 13.1, 12.53 และ 10.90 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และพบว่าอาชีพชาวสวนมีปริมาณไขมันในร่างกายน้อยกว่าพนักงานเก็บค่าโดยสาร ทำงานบริษัท แม่ค้าหาบเร่ กรรมการก่อสร้าง พนักงานธนาคาร พนักงานขับรถ ครูวิชาการ ตำรวจประจำสำนักงาน และแม่ค้าในห้างร้าน อาชีพพนักงานเก็บค่าโดยสาร ทำงานบริษัท แม่ค้าขายหาบเร่ กรรมการก่อสร้าง และตำรวจจราจร มีปริมาณไขมันในร่างกายน้อยกว่าครูวิชาการ ตำรวจประจำสำนักงาน และตำรวจในห้างร้าน อาชีพพนักงานธนาคาร พนักงานขับรถ มีปริมาณไขมันในร่างกายน้อยกว่าตำรวจในห้างร้าน

ทรงวุฒิ ทับทิมเล็ก (2534 : บทคัดย่อ) ได้สร้างสมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกาย โดยวิธีวัดสัดส่วนของร่างกาย เมื่อนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายสำหรับนักเรียนหญิงระดับมัธยมศึกษา กลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนหญิงระดับมัธยมศึกษาที่มีอายุระหว่าง 13-15 ปี จำนวน 90 คน โดยทำการวัดส่วน ชั่งน้ำหนัก วัดความจุปอด วัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง 4 ตำแหน่ง คือ ต้นแขนด้านหน้า (Biceps) ต้นแขนด้านหลัง (Triceps) สะบักหลัง (Subscapular) และเหนือสันสะโพก (Suprailum) วัดส่วนรอบวงของร่างกาย 4 ตำแหน่ง คือรอบต้นแขน (Biceps Extension) รอบท้อง (Abdominal) รอบสะโพก (Glutius Maximus) และรอบหน้าขา (Thigh) วัดความกว้างของร่างกาย 2 ตำแหน่ง คือหัวเข่า (Knee) และสะโพก (Bitrochantic) ส่วนการประเมินความหนาแน่นของร่างกายใช้การชั่งน้ำหนักได้นำสำหรับการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันใช้สูตรของ คีย์และโบรเซค (Keys and Brozek : 1963) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย t-test วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way Anova) และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธี LSD ของตุกี (turkey) ผลปรากฏว่า

1. ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังที่มีความสัมพันธ์สูงกับความหนาแน่นของร่างกายและเป็นตัวแทนในการประเมินไขมันใต้ดีที่สุดในกลุ่มอายุ 13-15 ปี คือต้นแขนด้านหลัง (-.59)
2. ส่วนรอบวงของร่างกายที่มีความสัมพันธ์สูงกับความหนาแน่นของร่างกายและเป็นตัวแทนในการประเมินไขมันใต้ดีที่สุดในกลุ่มอายุ 13-15 ปี คือรอบสะโพก (-.52)
3. อายุและน้ำหนักร่างกายก็มีความสัมพันธ์สูงกับความหนาแน่นของร่างกาย ($r = -.51$, $r = -.52$ ตามลำดับ)
4. สมการที่ใช้คำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายของกลุ่มอายุ 13-15 ปี มี 4 สมการ ส่วนสมการที่ใช้ได้ดีกับกลุ่มอายุ 15 ปี มี 2 สมการ

สมการที่ใช้คำนวณความหนาแน่นของร่างกายของเด็กหญิงอายุระหว่าง 13-15 ปี คือ

จำนวนตัวแปร	อายุ	สมการ	R ²	SEE
1	13-15	$Y = 1.18954 - .001731 \text{ (Glutius C.)}$	.52	.0168
2	13-15	$Y = 1.201054 - .004587 \text{ (Glutius C.)}$ $+ .002749 \text{ (Thigh C.)}$	.59	.016
3	13-15	$Y = 1.23983 - .003483 \text{ (Glutius C.)}$ $+ .002105 \text{ (Thigh C.)} - .005238 \text{ (Age)}$	.61	.016
4	13-15	$Y = 1.23013 - .003188 \text{ (Glutius C.)}$ $+ .002366 \text{ (Thigh C.)} - .007138 \text{ (Age)}$ $- .001414 \text{ (Biceps SF.)}$	.64	.015
1	13	$Y = 1.21497 - .001639 \text{ (Weight)}$	.49	.0185
1	15	$Y = 1.06525 - .001627 \text{ (Tricep SF.)}$	.59	9.748.
2	15	$Y = 1.06700 - .003018 \text{ (Tricep SF.)}$	.71	8.662

นัยนา จันทรธลอง (2537 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายกับ สุขสมรรถนะของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชายมัธยมศึกษาตอนต้น 400 คน นักเรียนหญิงมัธยมศึกษาตอนต้น 400 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการวัดไขมันใต้ผิวหนัง 6 จุด และวัด ส่วนรอบร่างกาย 6 จุด ชั่งน้ำหนักไดน้ำ และวัดสุขสมรรถนะด้วยแบบทดสอบสุขสมรรถนะของสมาคมสุขภาพศึกษา พลศึกษา นันทนาการและการเดินร่ำของสหรัฐอเมริกา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และหาสมการพยากรณ์เปอร์เซ็นต์ไขมันด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ วิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ทางเดียว และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ เชฟเฟ ผลการวิจัยพบว่า

1. เปอร์เซ็นต์ไขมันของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นชาย และหญิงมีความสัมพันธ์เชิงลบกับ สุขสมรรถนะอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

2. สมการที่พยากรณ์เปอร์เซ็นต์ไขมันของนักเรียนชายมัธยมศึกษาตอนต้น คือ
 $\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = -12.07929 + .37923 \text{ (ท้อง)} + 0.7804 \text{ (น่อง)} + 0.43788 \text{ (ใต้สะบักหลัง)}$

3. สมการที่พยากรณ์เปอร์เซ็นต์ไขมันของนักเรียนหญิงมัธยมศึกษาตอนต้น คือ
 $\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = -11.26714 + 0.71820 \text{ (ท้อง)} + 0.39552 \text{ (รอบข้อมือ)}$

4. นักเรียนชายมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำ และปกติมีสุขสมรรถนะสูงกว่านักเรียนชายมัธยมศึกษาตอนต้น ที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

5. นักเรียนหญิงมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันปกติและสูงปานกลาง มีสุขสมรรถนะสูงกว่านักเรียนหญิงมัธยมศึกษาตอนต้น ที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

พจนา วงศ์ภา (2540 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเรื่องปริมาณไขมันในร่างกายที่มีผลต่อความสามารถในการนำเข้าออกซิเจนสูงสุด โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาปริมาณไขมันในร่างกายที่มีผลต่อความสามารถในการนำเข้าออกซิเจนสูงสุด ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นครูเพศหญิงที่มีอายุระหว่าง 30-40 ปี ที่สอนอยู่ในโรงเรียนระดับประถมศึกษา สังกัดสำนักงานการศึกษา จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 90 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ใช้ปริมาณไขมันในร่างกายเป็นเกณฑ์ในการจำแนก

กลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 30 คน คือกลุ่มผอมมีปริมาณไขมันในร่างกายน้อยกว่าร้อยละ 20 กลุ่มเหมาะสมมีปริมาณไขมันในร่างกายระหว่างร้อยละ 20-25 กลุ่มอ้วนมีปริมาณไขมันในร่างกายมากกว่าร้อยละ 30 และทำการทดสอบความสามารถในการนำเข้าออกซิเจนสูงสุด โดยวิธีของออสตรานด์ ผลการวิจัยพบว่า

1. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักของร่างกาย ของกลุ่มผอมเท่ากับ 48.81 และ 3.46 กิโลกรัม กลุ่มเหมาะสมเท่ากับ 52.02 และ 4.68 กิโลกรัม และกลุ่มอ้วนเท่ากับ 62.45 และ 9.10 กิโลกรัม ตามลำดับ
2. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณไขมันของร่างกายของกลุ่มเท่ากับร้อยละ 16.99 และ 1.61 กลุ่มเหมาะสมเท่ากับร้อยละ 23.44 และ 1.64 และกลุ่มอ้วนเท่ากับร้อยละ 35.70 และ 7.70 ตามลำดับ
3. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการนำเข้าออกซิเจนสูงสุด กลุ่มผอมเท่ากับ 37.11 และ 6.30 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที กลุ่มเหมาะสมเท่ากับ 34.74 และ 4.30 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที โดยกลุ่มอ้วนเท่ากับ 28.96 และ 5.54 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ตามลำดับ
4. ความสามารถในการนำเข้าออกซิเจนสูงสุดระหว่างกลุ่มผอม กลุ่มเหมาะสม และกลุ่มอ้วนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่ระหว่างกลุ่มผอมกับกลุ่มเหมาะสมไม่แตกต่างกัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักศึกษาชายวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ สังกัดกรมพลศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 120 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการอาสาสมัคร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่

1. การชั่งน้ำหนักได้น้ำ
2. การวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง
3. สมการความหนาแน่นของร่างกายของสโลน (Sloan)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่

1. เลนจ์ คาลิเปอร์ (Lange Caliper) วัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังที่มีความกด 10 กรัม/ตารางมิลลิเมตร
2. ถังน้ำไฟเบอร์ บรรจุน้ำ 3,000 ลิตร ใช้บรรจุน้ำเพื่อชั่งน้ำหนักตัวได้น้ำ
3. แก้วอิเล็กทรอนิกส์ 1 ตัว
4. เครื่องชั่งน้ำหนักได้น้ำชนิดแขวนระบบอิเล็กทรอนิกส์ รับน้ำหนักได้ 30 กิโลกรัม อ่านค่าโดยละเอียด 0.02 กิโลกรัม (20 กรัม) ผลัดภัณฑ์ของ "UWE"
5. เครื่องวัดความจุปอดชนิดเปียก (Wet Spirometer)
6. ปรีทวัดอุณหภูมิ
7. เครื่องชั่งน้ำหนักในอากาศระบบอิเล็กทรอนิกส์ ขนาดพิกัด 150 กิโลกรัม อ่านค่าโดยละเอียด 0.02 กิโลกรัม (20 กรัม) ผลัดภัณฑ์ของ "UWE"
8. แบบบันทึกข้อมูลของผู้รับการทดสอบ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. นำหนังสือขอความร่วมมือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรโธม ไปติดต่อขอความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ เพื่อแจ้งวัตถุประสงค์และขอความร่วมมือในการวิจัย
2. ก่อนทำการทดสอบผู้วิจัยได้หาความเชื่อมั่นในการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังของผู้วิจัย โดยใช้นักศึกษาชายที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 50 คน ทำการวัด 2 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้จากการวัดมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
3. ทำการทดสอบโดยการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง และชั่งน้ำหนักได้น้ำตั้งแต่ 8.00 น. โดยผู้ทดสอบจะต้องไม่รับประทานอาหารและดื่มน้ำก่อนทำการชั่งน้ำหนักได้น้ำอย่างน้อย 6 ชั่วโมง

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้เข้ารับการทดสอบรายงานตัวก่อนการทดสอบ พร้อมทั้งใส่ชุดว่ายน้ำ
2. ผู้ทดสอบชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง
3. ผู้วิจัยวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง 9 ตำแหน่งคือ ออก แขนท่อนบนด้านหน้า รักแร้ หน้าท้อง เหนือสันสะโพก หน้าขา ได้สะบักหลัง แขนท่อนบนด้านหลัง และน่อง
4. ผู้ทดสอบเป่าเครื่องวัดความจุปอด เพื่อหาอากาศตกค้างตามทางเดินหายใจ (R.V.)
5. วัดอุณหภูมิของน้ำในถังเพื่อหาความหนาแน่นของน้ำขณะนั้น
6. ผู้รับการทดสอบลงไปในถังที่ใส่น้ำ ภายในมีเก้าอี้ซึ่งต่อกับเครื่องชั่งน้ำหนักเพื่อให้ผู้รับการทดสอบนั่งก้มหน้าเป่าอากาศออกให้เต็มที่เพื่อชั่งน้ำหนักได้น้ำ
7. คำนวณหาปริมาณอากาศที่หลงเหลือภายในปอดหลังหายใจออกเต็มที่โดยใช้สูตร

$$R.V. = (V.C. \times 0.24) + 100$$

8. คำนวณหาความหนาแน่นของร่างกาย โดยใช้สูตรดังนี้ (Fox and Others. 1993 : 546)

$$B.D. = \frac{W_a}{K - (R.V. + 100)}$$

เมื่อ B.D. = ความหนาแน่นของร่างกายมีหน่วยเป็น (กรัม/มิลลิลิตร)

W_a = น้ำหนักร่างกายในอากาศ (กรัม)

K = น้ำหนักของร่างกายในอากาศ (กรัม) ลบด้วยน้ำหนักร่างกายในน้ำ (กรัม) เสร็จแล้วหารด้วยความหนาแน่นของน้ำในอุณหภูมิของน้ำขณะชั่ง (กรัม/มิลลิลิตร)

R.V. = ปริมาณของอากาศที่หลงเหลืออยู่ในปอดภายหลังการหายใจออกเต็มที่ (มิลลิลิตร)

100 = ค่าประมาณอากาศตกค้างในทางเดินอาหาร (มิลลิลิตร)

9. นำค่าความหนาแน่นของร่างกายที่คำนวณได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายโดยใช้สูตรของซีรี (Sin) ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{495}{\text{B.D.}} - 450$$

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for Social Sciences for Windows = SPSS for Windows) ตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ความจุปอด ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังแต่ละแห่ง ความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย
2. หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ในการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังทั้ง 9 ตำแหน่งจำนวน 2 ครั้งของผู้วิจัยโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน
3. วิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Equation) โดยใช้สมการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Equation) แบบขั้นบันได (Stepwise Multiple Regression) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้
 - 3.1 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระแต่ละตัว
 - 3.2 ตัวแปรอิสระที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายสูงที่สุดจะเข้าสู่สมการ
 - 3.3 ทดสอบความมีนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์ถดถอย ถ้ามีนัยสำคัญทางสถิติจะดำเนินการขั้นตอนต่อไป ถ้าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จะหยุดดำเนินการ แสดงว่าไม่มีตัวแปรใดเลยที่มีความสัมพันธ์ และพยากรณ์ตัวแปรตามได้
 - 3.4 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ส่วนย่อยระหว่างตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระแต่ละตัวที่ยังไม่ได้เข้าสู่สมการ
 - 3.5 คำนวณค่าสัดส่วนของความแปรปรวนที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรเดิมที่มีอยู่ (Tolerance) ของตัวแปรอิสระแต่ละตัวที่ยังไม่ได้เข้าสู่สมการ เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ
 - 3.6 ตัวแปรอิสระที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ส่วนย่อยสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าสัดส่วนของความแปรปรวนในข้อ 3.5 สูงกว่าหรือเท่ากับค่าที่กำหนดไว้ จะเข้าสู่สมการซึ่งค่าปกติของโปรแกรม SPSS for Windows คือ .0001
 - 3.7 ทดสอบความมีนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์การถดถอยส่วนย่อยของตัวแปรอิสระทุกตัวที่อยู่ในสมการ ถ้าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระตัวใดมีนัยสำคัญทางสถิติ ตัวแปรตัวนั้นจะยังคงอยู่ในสมการ แต่ถ้าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ตัวแปรตัวนั้นจะถูกตัดออกจากสมการในขั้นตอนต่อไป
 - 3.8 ดำเนินการซ้ำตั้งแต่ขั้นที่ 3.4 ถึง 3.7 จนกระทั่งไม่มีตัวแปรใดเข้าสู่สมการ และไม่มีตัวแปรตัวใดถูกไล่ออกจากสมการ จะได้สมการถดถอยพหุคูณที่ดีที่สุด โดยมีตัวแปรอิสระที่อยู่ในสมการเป็นตัวพยากรณ์

4. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย จากสมการพยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับวิธีการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ ด้วยการทดสอบค่าที (t-test)

5. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย จากสมการพยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับสมการพยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายของสโลน (Sloan. 1967 : 311-315) ด้วยการทดสอบค่าที (t-test) เมื่อ

$$B.D. = 1.1043 - 0.001327 (a) - 0.00131 (b)$$

a = ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าขา หน่วยเป็นมิลลิเมตร

b = ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณใต้สะบักหลัง หน่วยเป็นมิลลิเมตร

6. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

$\bar{X}$	=	ค่าเฉลี่ย
S.D.	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
N	=	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
R^2	=	ค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์
S.E.E.	=	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า
t	=	ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณาความแตกต่าง
B.D.	=	ความหนาแน่นของร่างกาย
X_1	=	ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณอก
X_2	=	ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณแขนท่อนบนด้านหน้า
X_3	=	ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณรักแร้
X_4	=	ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าท้อง
X_5	=	ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณเหนือส้นสะโพก
X_6	=	ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าขา
X_7	=	ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณใต้สะบักหลัง
X_8	=	ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณแขนท่อนบนด้านหลัง
X_9	=	ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณน่อง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for Social Sciences for Windows = SPSS for Windows) ตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ความจุปอด ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังแต่ละแห่ง ความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย
2. หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ในการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังทั้ง 9 ตำแหน่งจำนวน 2 ครั้งของผู้วิจัยโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน
3. วิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Equation) โดยใช้สมการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Equation) แบบขั้นบันได (Stepwise Multiple Regression)
4. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย จากสมการพยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับวิธีการชั่งน้ำหนักได้น้ำ ด้วย การทดสอบค่าที (t-test)

5. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย จากสมการพยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับกับสมการพยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายของสโลน (Sloan) ด้วยการทดสอบค่าที (t-test) เมื่อ

$$B.D. = 1.1043 - 0.001327 (a) - 0.00131 (b)$$

a = ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าขา หน่วยเป็นมิลลิเมตร

b = ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณใต้สะบักหลัง หน่วยเป็นมิลลิเมตร

6. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

7. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอในรูปตารางความเรียงดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ความจุปอด ความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง ความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายของนักศึกษาชาย

รายการ	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	$\bar{X}$	S.D.
อายุ	17	24	19.85	1.05
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	40.70	74.50	59.12	5.92
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	152	180	168.93	5.17
ความจุปอด (มิลลิลิตร)	652	1192	909.85	109.36
ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณอก (มม.)	4.00	14.50	8.18	2.10
ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณแขนท่อนบนด้านหน้า(มม.)	3.50	9.00	6.02	1.42
ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณรักแร้ (มม.)	5.00	14.50	9.34	2.02
ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าท้อง (มม.)	5.50	27.50	13.89	4.58
ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณเหนือสันสะโพก (มม.)	6.00	24.50	12.43	3.79
ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าขา (มม.)	6.50	24.50	13.13	3.72
ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณใต้สะบักหลัง (มม.)	7.50	26.50	14.08	3.14
ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณแขนท่อนบนด้านหลัง (มม.)	5.00	17.00	10.33	2.15
ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณน่อง (มม.)	4.50	14.50	8.55	1.79
ความหนาแน่นของร่างกาย (กรัม/มิลลิลิตร)	1.0313	1.0890	1.0662	0.0116
เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย	4.54	29.98	14.31	5.10

จากตาราง 4 แสดงว่า

นักศึกษาชายมีอายุเฉลี่ย 19.85 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 59.12 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 168.93 เซนติเมตร ความจุปอดเฉลี่ย 909.85 มิลลิลิตร ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณอกเฉลี่ย 8.18 มิลลิเมตร ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณแขนท่อนบนด้านหน้าเฉลี่ย 6.02 มิลลิเมตร ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณรักแร้เฉลี่ย 9.34 มิลลิเมตร ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าท้องเฉลี่ย 13.89 มิลลิเมตร ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณเหนือสันสะโพกเฉลี่ย 12.43 มิลลิเมตร ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าขาเฉลี่ย 13.13 มิลลิเมตร ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณใต้สะบักหลังเฉลี่ย 14.08 มิลลิเมตร ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณแขนท่อนบนด้านหลังเฉลี่ย 10.33 มิลลิเมตร ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณน่องเฉลี่ย 8.55 มิลลิเมตร ความหนาแน่นของร่างกายเฉลี่ย 1.0662 (กรัม/มิลลิลิตร) เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายเฉลี่ย 14.31 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของร่างกาย กับตัวแปรอิสระ

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
B.D.	-.660	-.570	-.618	-.701	-.627	-.829	-.399	-.397	-.565

$$p = .05$$

จากตาราง 5 แสดงว่า

ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของร่างกายมากที่สุดคือ ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าขา (-.829) รองลงไปคือ หน้าท้อง (-.701) อก (-.660) เหนือสันสะโพก (-.627) รักแร้ (-.618) แขนท่อนบนด้านหน้า (-.570) น่อง (-.565) ได้สะบักหลัง (-.399) และแขนท่อนบนด้านหลัง (-.397) ตามลำดับ

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์สมการความหนาแน่นของร่างกายของนักศึกษาชาย โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นบันได

สมการ	R^2	S.E.E.
(1) B.D. = $1.100 - 0.002586 (X_6)$	0.69	0.0065
(2) B.D. = $1.102 - 0.002078 (X_6) - 0.0005864 (X_4)$	0.71	0.0063
(3) B.D. = $1.096 - 0.002251 (X_6) - 0.0007846 (X_4)$ + $0.001059 (X_8)$	0.74	0.0060

จากตาราง 6 แสดงว่า สมการที่ใช้พยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายของนักศึกษาชายมี 3 สมการ คือ

(1) B.D. = $1.100 - 0.002586$ (หน้าขา) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์เท่ากับ 0.69 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าเท่ากับ 0.0065

(2) B.D. = $1.102 - 0.002078$ (หน้าขา) - 0.0005864 (หน้าท้อง) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์เท่ากับ 0.71 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าเท่ากับ 0.0063

(3) B.D. = $1.096 - 0.002251$ (หน้าขา) - 0.0007846 (หน้าท้อง) + 0.001059 (แขนท่อนบนด้านหลัง) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์เท่ากับ 0.74 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าเท่ากับ 0.0060

ตาราง 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของร่างกายจากการชั่งน้ำหนักได้น้ำ กับความหนาแน่นของร่างกายที่ได้จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ความหนาแน่นของร่างกาย	N	$\bar{X}$	S.D.	t
จากการชั่งน้ำหนักได้น้ำ	120	1.0662	0.0162	-0.475
จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (สมการ 3)	120	1.0665	0.0010	

$$t_{(.05 ; df \ 119)} = 1.98$$

จากตาราง 7 แสดงว่า

ความหนาแน่นของร่างกายจากการชั่งน้ำหนักได้น้ำ กับความหนาแน่นของร่างกายจากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

ตาราง 8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายจากการชั่งน้ำหนักได้น้ำ กับเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่ได้จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย	N	$\bar{X}$	S.D.	t
จากการชั่งน้ำหนักได้น้ำ	120	14.31	5.10	0.533
จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (สมการ 3)	120	14.18	4.39	

$$t_{(.05 ; df \ 119)} = 1.98$$

จากตาราง 8 แสดงว่า

เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายจากวิธีการชั่งน้ำหนักได้น้ำ กับเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายจากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05

ตาราง 9 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของร่างกายที่ได้จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับความหนาแน่นของร่างกายที่ได้จากสมการของสโลน (Sloan)

ความหนาแน่นของร่างกาย	N	$\bar{X}$	S.D.	t
จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (สมการ 3)	120	1.0665	0.0010	-4.349
จากสมการของสโลน (Sloan)	120	1.0684	0.0078	

$$t_{(.05 ; df \ 119)} = 1.98$$

จากตาราง 9 แสดงว่า

ความหนาแน่นของร่างกายจากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับความหนาแน่นของร่างกายจากสมการของสโลน (Sloan) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 10 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่ได้จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่ได้จากสมการของสโลน (Sloan)

เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย	N	$\bar{X}$	S.D.	t
จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (สมการ 3)	120	14.18	4.39	4.347
จากสมการของสโลน (Sloan)	120	13.32	3.42	

$$t_{(.05 ; df \ 119)} = 1.98$$

จากตาราง 10 แสดงว่า

เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่ได้จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่ได้จากสมการของสโลน (Sloan) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สังเขปความมุ่งหมาย สมมุติฐาน และวิธีดำเนินการวิจัย

ความมุ่งหมายในการวิจัย

เพื่อสร้างสมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายจากการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังสำหรับประมาณค่าปริมาณไขมันในร่างกายของนักศึกษาชาย

วิธีการดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาชายของวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ จำนวน 120 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการอาสาสมัคร

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. นำหนังสือขอความร่วมมือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ไปติดต่อขอความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการวิทยาลัยพลศึกษากรุงเทพ เพื่อแจ้งวัตถุประสงค์ และขอความร่วมมือในการวิจัย

2. ก่อนทำการทดสอบผู้วิจัยได้หาความเชื่อมั่นในการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังของผู้วิจัยกับนักศึกษาชายที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 50 คน โดยทำการวัด 2 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้จากการวัดมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

3. ทำการทดสอบโดยการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง 9 ตำแหน่ง วัดความจุปอด และชั่งน้ำหนักได้น้ำตั้งแต่ 8.00 น. โดยผู้ทดสอบจะต้องไม่รับประทานอาหารและดื่มน้ำก่อนทำการชั่งน้ำหนักได้น้ำอย่างน้อย 6 ชั่วโมง

4. นำค่าที่ได้จากการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังทั้ง 9 ตำแหน่ง กับค่าความหนาแน่นของร่างกายที่ได้จากการชั่งน้ำหนักได้น้ำ มาสร้างสมการความหนาแน่นของร่างกายโดยวิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณแบบขั้นบันได

5. นำค่าความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ที่คำนวณได้จากสมการความหนาแน่นของร่างกายที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย กับค่าความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ที่คำนวณได้โดยวิธีการชั่งน้ำหนักได้น้ำ

6. นำค่าความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ที่คำนวณได้จากสมการความหนาแน่นของร่างกายที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย กับค่าความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายจากสมการความหนาแน่นของร่างกายของสโลน (Sloan)

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for Social Sciences for Windows (SPSS for Windows) ตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ความจุปอด ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังแต่ละแห่ง ความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย
2. หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ในการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังทั้ง 9 ตำแหน่ง จำนวน 2 ครั้งของผู้วิจัยโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน
3. วิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Equation) โดยใช้สมการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Equation) แบบขั้นบันได (Stepwise Multiple Regression)
4. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย จากสมการความหนาแน่นของร่างกายที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับวิธีการชั่งน้ำหนักได้น้ำ ด้วยการทดสอบค่าที (t-test)
5. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของร่างกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย จากสมการความหนาแน่นของร่างกายที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับสมการความหนาแน่นของร่างกายของสโลน (Sloan) ด้วยการทดสอบค่าที (t-test)

สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัย เรื่อง สมการความหนาแน่นของร่างกายจากการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังสำหรับประมาณค่าปริมาณไขมันในร่างกายของนักศึกษาชาย ได้เก็บข้อมูล และดำเนินการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. สมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายสำหรับนักศึกษาชายคือ

$$(1) \text{ B.D.} = 1.100 - 0.002586 (\text{หน้าขา})$$

$$R^2 = 0.69 \text{ S.E.E.} = 0.0065$$

$$(2) \text{ B.D.} = 1.102 - 0.002078 (\text{หน้าขา}) - 0.0005864 (\text{หน้าท้อง})$$

$$R^2 = 0.71 \text{ S.E.E.} = 0.0063$$

$$(3) \text{ B.D.} = 1.096 - 0.002251 (\text{หน้าขา}) - 0.0007846 (\text{หน้าท้อง})$$

$$+ 0.001059 (\text{แขนท่อนบนด้านหลัง})$$

$$R^2 = 0.74 \text{ S.E.E.} = 0.0060$$

2. ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของร่างกายของนักศึกษาชาย มีค่าเท่ากับ 1.0662 (กรัม/มิลลิลิตร)

3. ค่าเฉลี่ยของจำนวนเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายของนักศึกษาชาย มีค่าเท่ากับ 14.31

เปอร์เซ็นต์

4. ตำแหน่งของความหนาของไขมันใต้ผิวหนังที่สามารถพยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายของนักศึกษาชายคือ ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าขา หน้าท้อง และแขนท่อนบนด้านหลัง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ (R^2) = 0.74

5. ค่าของความหนาแน่นของร่างกายที่คำนวณได้จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับค่าของความหนาแน่นของร่างกายจากวิธีการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

6. ค่าปริมาณจำนวนเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่คำนวณได้จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับค่าปริมาณจำนวนเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายจากการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

7. ค่าของความหนาแน่นของร่างกายที่คำนวณได้จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับค่าความหนาแน่นของร่างกายที่คำนวณได้จากสมการของสโลน (Sloan) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

8. ค่าปริมาณจำนวนเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่คำนวณได้จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับค่าปริมาณจำนวนเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายที่คำนวณได้จากสมการของสโลน (Sloan) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

จากผลการวิจัย เรื่อง สมการความหนาแน่นของร่างกายจากการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังสำหรับประมาณค่าปริมาณไขมันในร่างกายของนักศึกษาชาย พบว่าสมการในการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกายที่เหมาะสมที่สุด เพราะมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์สูงที่สุด คือ

$$\begin{aligned} \text{B.D.} &= 1.096 - 0.002251 (\text{หน้าขา}) - 0.0007846 (\text{หน้าท้อง}) \\ &\quad + 0.001059 (\text{แขนท่อนบนด้านหลัง}) \\ R^2 &= 0.74 \quad \text{S.E.E.} = 0.0060 \end{aligned}$$

ตัวแปรความหนาของไขมันใต้ผิวหนังที่ใช้พยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายของนักศึกษาชายคือ ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าขา หน้าท้อง และแขนท่อนบนด้านหลัง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของการพยากรณ์ (R^2) = 0.74 นั่นคือตัวแปรทั้ง 3 ตัวร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของความหนาแน่นของร่างกายได้ร้อยละ 74 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาความหนาแน่นของร่างกายของบุคคลอื่นที่ได้ศึกษามาก่อน จะมีตัวแปรความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าขา หน้าท้อง และแขนท่อนบนด้านหลังดังกล่าวร่วมในการพยากรณ์ความหนาแน่นของร่างกายด้วย เช่นสมการของเบนกี และวิลมอร์ (Behnke and Wilmore. 1974 : 39-50) $\text{B.D.} = 1.08543 - 0.00086 (\text{หน้าท้อง}) - 0.0004 (\text{หน้าขา})$ สมการของฟอร์ลิส และซินนิง (Forsyth and Sinning. 1973 : 174-180) $\text{B.D.} = 1.10647 - 0.00162 (\text{ใต้สะบักหลัง}) - 0.00144 (\text{หน้าท้อง}) - 0.00077 (\text{แขนท่อนบนด้านหลัง}) + 0.00071 (\text{รักแร้})$

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยการทดสอบค่าที (t-test) จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ พบว่าค่าความหนาแน่นของร่างกาย และค่าจำนวนเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 แต่เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยการทดสอบค่าที (t-test) จากสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับสมการของสโลน (Sloan) พบว่าค่าความ

หนาแน่นของร่างกาย และค่าจำนวนเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จะเห็นได้ว่าสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้เพื่อคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกาย และประมาณค่าจำนวนเปอร์เซ็นต์ไขมันได้ ถูกต้อง และแม่นยำกว่าสมการของสโลน (Sloan) เนื่องจากสมการของสโลนมีค่าความหนาแน่นของร่างกาย และจำนวนเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายแตกต่างกันกับสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เมื่อทดสอบด้วยค่าที (t-test) ซึ่งจากการวิจัยของประไพ ส.บุรี และคณะ (2527 : 281-284) ได้รายงานการวิจัยว่า ความแตกต่างในการกระจายของไขมันส่วนร่างกายตามเชื้อพันธุ์ต่าง ๆ ทำให้การใช้ความหนาแน่นของผิวหนังส่วนใดของร่างกายเพียงส่วนเดียวหรือสองส่วน เพื่อเป็นตัวแทนของความหนาแน่นของไขมันได้ผิวหนัง หรือไขมันทั้งหมด ก่อให้เกิดความผิดพลาดได้ง่าย และไม่สามารถใช้ผลที่รายงานไว้มาเปรียบเทียบกันได้ โดยเฉพาะถ้าต่างเชื้อพันธุ์กัน สอดคล้องกับการวิจัยของวิกเกอรี่ (ทรงวุฒิ ทับทิมเล็ก. 2534 : 48 ; อ้างอิงจาก Vickery. 1986 : 120-121) ได้ทำการวิจัยผลของเชื้อชาติ และโครงสร้างของร่างกาย ซึ่งเป็นตัวชี้ถึงความหนาแน่นของร่างกายของเด็กหนุ่ม โดยนำค่าความหนาแน่นของร่างกายจากการชั่งน้ำหนักได้นำมาเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของร่างกายจากการคำนวณจากสูตรที่ใช้วัดความหนาแน่นของไขมันได้ผิวหนัง และการวัดรูปร่างของร่างกาย พบว่าเชื้อชาติ และโครงสร้างด้านการวัดรูปร่างของร่างกายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ระหว่างผิวขาวและผิวดำ รวมถึงความหนาแน่นของร่างกายด้วย

สมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้จะเป็สมการที่เหมาะสมกับคนไทย เพราะในปัจจุบันการคำนวณหาความหนาแน่นของร่างกาย และการประมาณค่าจำนวนไขมันในร่างกายจะนำสมการ หรือสูตรของต่างประเทศมาใช้ซึ่งอาจเกิดความคลาดเคลื่อน รวมทั้งสมการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถใช้กับคนจำนวนมาก เพราะมีความสะดวก รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่าย เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้วัดไขมันได้ผิวหนังมีราคาไม่แพงมาก และยังมีความเที่ยงตรงเมื่อเทียบกับวิธีการชั่งน้ำหนักได้นำที่มีความเที่ยงตรงมากที่สุด แต่มีข้อจำกัดในการใช้ เพราะเครื่องมือราคาแพง และเสียเวลาในการทดสอบมาก

ข้อเสนอแนะ

สมการความหนาแน่นของร่างกายที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ สามารถนำไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาในแนวทางเดียวกันนี้กับเพศหญิง
2. ควรมีการศึกษาในแนวทางเดียวกันนี้กับกลุ่มตัวอย่างเพศชายในหลาย ๆ กลุ่มอายุ
3. ควรมีการศึกษาโดยใช้ตัวแปรเพิ่มมากขึ้น เช่น การวัดส่วนรอบร่างกาย การวัดความกว้างยาวของกระดูก

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- จรรยาพร ธรณินทร์. (2521). *คู่มือปฏิบัติการทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- จุไร เรื่องพยัคฆ์. (2533). *ปริมาณไขมันในร่างกายของบุคคลที่ประกอบอาชีพต่างกัน*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จุฬารณ รุ่งพิสุทธิพงษ์. (2534). "ผลกระทบของโรคอ้วนต่อสุขภาพ," ใน *ก้าวไปกับโภชนาการเพื่อสุขภาพ*. บรรณาธิการโดยสาคร ธนมิตร, ประไพศรี ศิริจักรวรกุล และประภาศรี ภูเสถียร. หน้า 186-195. กรุงเทพฯ : สื่ออักษร.
- ดำรง กิจกุล. (2532). *คู่มือลดความอ้วน*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์หมอชาวบ้าน.
- ทรงวุฒิ ทับทิมเล็ก. (2534). *สมการในการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายสำหรับนักเรียนหญิงระดับมัธยมศึกษา*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ทัศนวรรณ ภูอารีย์. (2537). *โภชนาการมนุษย์*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นัยนา จันทรธอง. (2537). *การหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายกับสมรรถนะของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ ค.ด. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2543). *สถิติวิเคราะห์เพื่อการวิจัย*. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์.
- บุญเรียง ขจรศิลป์. (2543). *การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลในการวิจัยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประไพ ส.บุรี, สันต์ หัตถิรัตน์, ศิริพัฒน์ วัฒนาเกษตร และวิภา ณ ระนอง. (2527, มิถุนายน). "ความหนาของผิวหนังและปริมาณไขมันในผู้ใหญ่ไทย." *แพทยสภาสาร*. 6 : 281-284.
- ประทุม ม่วงมี. (2527). *รากฐานทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกายและการพลศึกษา*. กรุงเทพฯ : บุรพาสาสน์.
- ประยูรศักดิ์ ประจัญบาน. (2527). *การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายกับองค์ประกอบทางชีวเคมีของไขมันในเลือดของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ผาณิต บิลมาต. (2538). *การประมาณไขมันในร่างกายสำหรับการออกกำลังกายและเล่นกีฬา*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพลศึกษา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พจนา วงศ์ภา. (2540). *ปริมาณไขมันในร่างกายที่มีผลต่อความสามารถในการนำเข้าออกซิเจนสูงสุด*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พิชิต ภูจิจันทร์. (2535). *สรีรวิทยาการออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

- อดิสร กันธรณี. (2530). ผลการฝึกระบบหมุนเวียนที่มีต่อความอดทนของระบบหมุนเวียนโลหิตและเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกายของผู้ชายสูงอายุ. วิทยานิพนธ์ อ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- อรพินท์ สุกพิพัฒน์. (2538). อาหารโภชนาการและสารเป็นพิษ. กรุงเทพฯ : แสงการพิมพ์.
- Anna, Mark Edward. (1994). "Relationship of Percent Body Fat to Body Mass Indices and Waist-to-Hip Ratio for Middle-Ages Males and Females within Various Categories of Obesity," *Masters Abstracts International*. 32(3) : 929.
- Behnke, A. and J.H. Wilmore. (1974). *Evaluation and Regulation of Body Build and Composition*. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall.
- Davis, P.O., C.O. Dotson. and A.V. Curtis. (1985, December). "A Simplified Technique for the Determination of Percent Body Fat in Adult Males," *Journal Of Sports Medicine*. 25 : 255-261.
- Fletcher, D. and L. McNaughton. (1987, March). "Three Methods of Assessing Percent Body Fat in Elite Cyclists," *Journal Of Sports Medicine*. 27 : 211-216.
- Forsyth, H.L. and W.E. Sinning. (1973, June). "The Anthropometric Estimation of body Density and Lean body weight of Male Athletes," *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 5 : 174-180.
- Fox, E., R. Bowers. and M. Foss. (1993). *The Physiological Basic for Exercise and Sport*. Iowa : Brown and Benchmark.
- Hill, James William. (1992). "A Comparison of Percent Body Fat Calculated by Three Methods : Hydrostatic Weighing, Skinfolds, and Near Infrared Technique." *Masters Abstracts International*. 30(4) : 992.
- Heyward, V.H. (1991). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*. Illinois : Human Kinetic Books.
- Jackson, A.S. and M.L. Pollock. (1977, April). "Prediction Accuracy of Body Density, Lean Body Weight and Total Body Volume Equations," *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 9 : 197-201.
- Jackson, A.S. and M.L. Pollock. (1978, November). "Generalized Equations for Predicting Body Density of Men," *British Journal Nutrition*. 40 : 497-504.
- Jackson, A.S., M.L. Pollock and A. Ward. (1980, June). "Generalized Equation for Predicting Body Density of Women," *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 12 : 175-182.
- Katch, F.I. And E.D. Michael. (1968, January). "Prediction of Body Density from Skinfold and Girth Measurement of College Females," *Journal of Applied Physiology*. 25 : 92-94.
- Lohman, T.G. and M.L. Pollock. (1981, January). "Which Calipers How Much Training," *Journal of Physical Education Recreation and dance*. 52 : 27-29.
- Lohman, T.G. (1982, October). "Measurement of Body Composition in Children," *Journal of Physical Education Recreation and Dance*. 53 : 67-70.

- Marrow, J.R. (1995). *Measurement and Evaluation in Human Performance*. Illinois : Human Kinetic Books.
- Mayhews, J.L. (1981, September). "Body composition," *Journal of Physical Education Recreation and Dance*. 52 : 38-40.
- Mayhews, J.L. et al. (1985, September). "Accuracy of Anthropometric Equations for Estimating Body Composition in Female Athletic," *Journal of Sports Medicine*. 25 : 120-126.
- Ostrove, Steven Michael. (1989, March). "A Comparison of Subcutaneous Fat Measured by Skinfold Caliper and A Portable Ultrasonoscope and The Development of Generalized Regression Equations for Predicting Body Density in Females," *Dissertation Abstracts International*. 49(9) : 2580.
- Plowman, S.A. and D.L. Smith. (1997). *Exercise Physiology for Health Fitness and Performance*. Boston : Allyn and Bacon.
- Pollock, M.L. and J.H. Wilmore. (1990). *Exercise in Health and Disease Evaluation and Prescription for Prevention and Rehabilitation*. Philadelphia : W.B. Saunders.
- Sloan, A.W., J.J. Burt and C.S. Blyth. (1962, June). "Estimation of Body Fat in Young Women," *Journal of Applied Physiology*. 17 : 967-970.
- Sloan, A.W. (1976, September). "Estimation of Body Fat in Young Men," *Journal of Applied Physiology*. 23 : 311-315.
- Wilmore, J.H. and A.R. Behnke. (1969, July). "An Anthropometric Estimation of Body Density and Lean Body Weight in Young Men," *Journal of Applied Physiology*. 27 : 25-31.
- Wilmore, J.H. (1983, January). "Body Composition in Sport and Exercise : Direction for Future Research," *Medicine and Science in Sports Exercise*. 15 : 21-31.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง และการบันทึกผล

วิธีวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง

เฮย์วาร์ด (Heyward. 1991 : 162) ได้กำหนดมาตรฐานแสดงการปฏิบัติที่จะเพิ่มความเที่ยงตรงและความแน่นอนในการวัดไขมันใต้ผิวหนัง ดังนี้

1. ทำการวัดไขมันใต้ผิวหนังในด้านขวาของร่างกาย
2. ควรระมัดระวังตำแหน่งที่ตั้งของการวัดไขมันใต้ผิวหนัง
3. จับไขมันใต้ผิวหนังให้มั่นคงระหว่างนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ของมือซ้ายหยิบรอยพับสูง 1

เซนติเมตร เหนือตำแหน่งที่วัด

4. หยิบรอยพับโดยวางนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ประมาณ 8 เซนติเมตร บนเส้นที่ได้จากกับความยาวแกนของไขมันใต้ผิวหนัง แกนยาวเป็นเส้นแนวธรรมชาติของผิวหนัง ความหนาของเนื้อเยื่อ ไขมันที่กั้นระหว่างนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้กับการหยิบรอยพับ

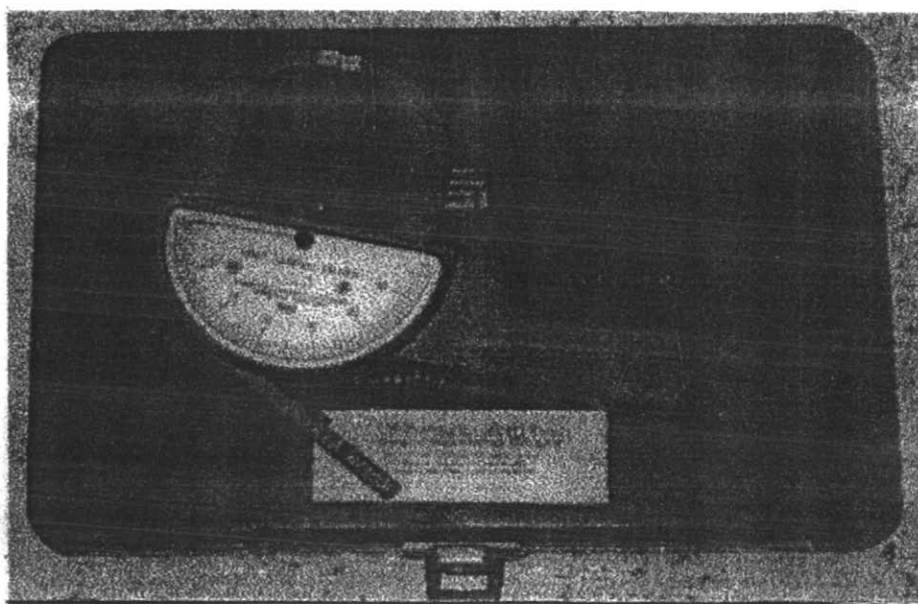
5. รักษาการหยิบรอยพับชั่วครู่ขณะทำการวัด
6. วางตำแหน่งก้ามสำหรับใช้หนีบของคาลิเปอร์ที่เส้นตั้งฉากกับผิวหนังเป็นจำนวน 1

เซนติเมตร ต่ำกว่านิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้และปล่อยปากคีมช้า ๆ

7. ทำการวัดไขมันใต้ผิวหนัง 4 วินาที ภายหลังปล่อยปากคีม

อุปกรณ์

ใช้เครื่องวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังเลนจ์ คาลิเปอร์ (Lange Caliper) ดังภาพประกอบ 1

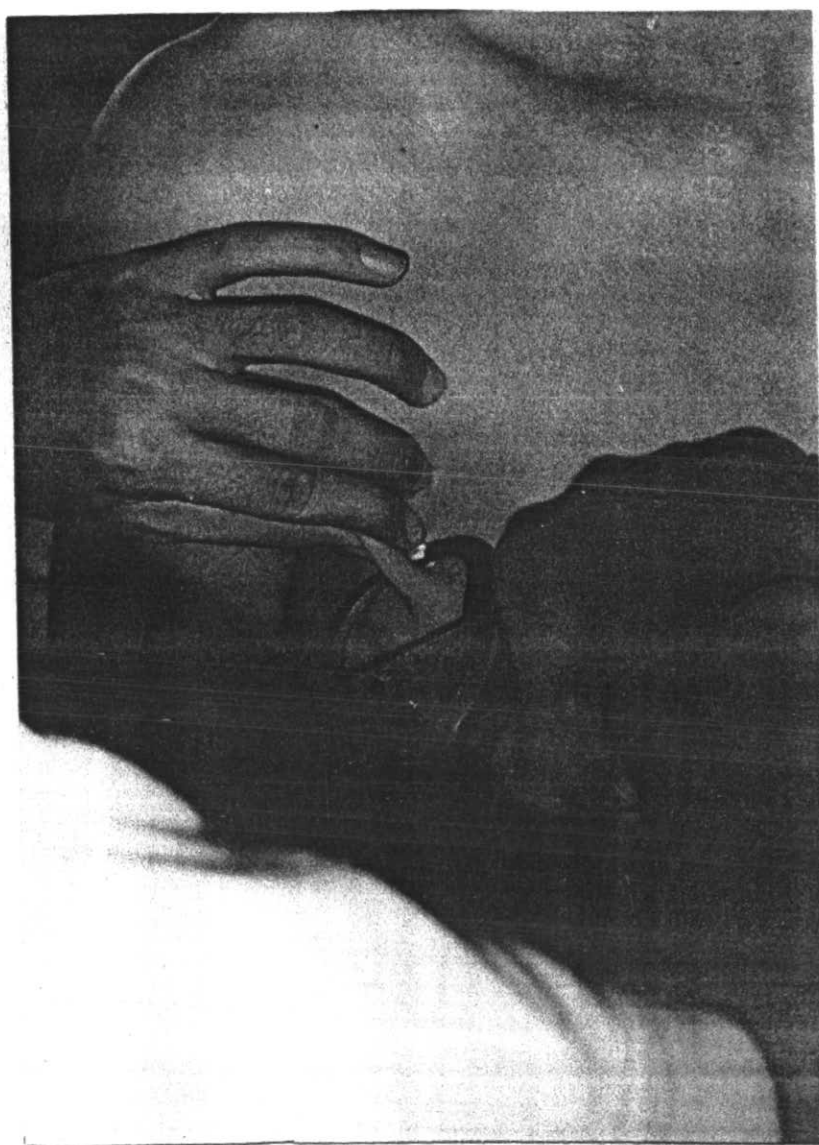


ภาพประกอบ 1 แสดงลักษณะของเครื่องมือวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง

วิธีการ และตำแหน่งการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง

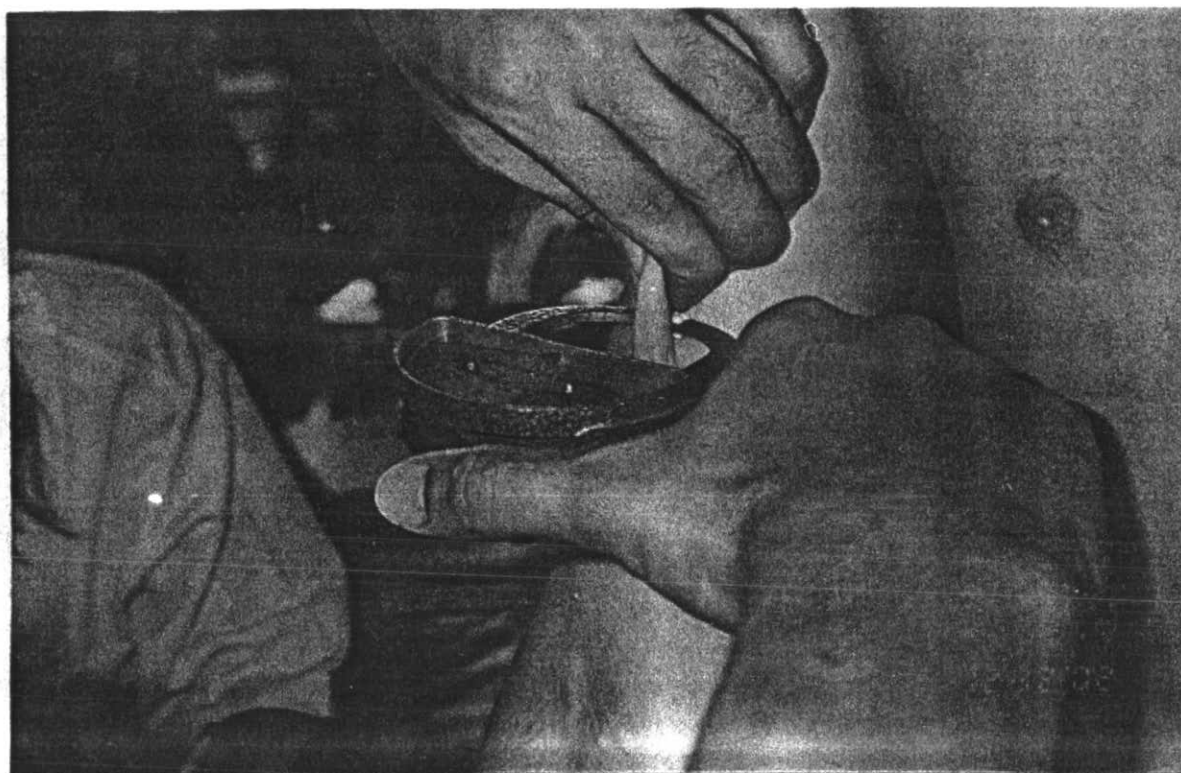
ใช้นิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้วางบนผิวหนังตรงบริเวณที่ต้องการจะวัด โดยให้นิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ห่างกันประมาณ 1 เซนติเมตร หยิบไขมันใต้ผิวหนังขึ้นแล้วใช้คาลิเปอร์วัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง อ่านค่าความหนาของไขมันใต้ผิวหนังที่หน้าปัดคาลิเปอร์ ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร โดยทำการวัดครั้งที่ 1 ให้ครบทุกตำแหน่งแล้วบันทึกค่าที่ได้ลงในใบบันทึก ทำการวัดครั้งที่ 2 อีกครั้ง แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

1. หน้าอก แนวของรอยพับหยาบๆ มุม หยิบรอยพับตรงบริเวณกึ่งกลางระหว่างรักแร้กับราวนม ดังภาพประกอบ 2



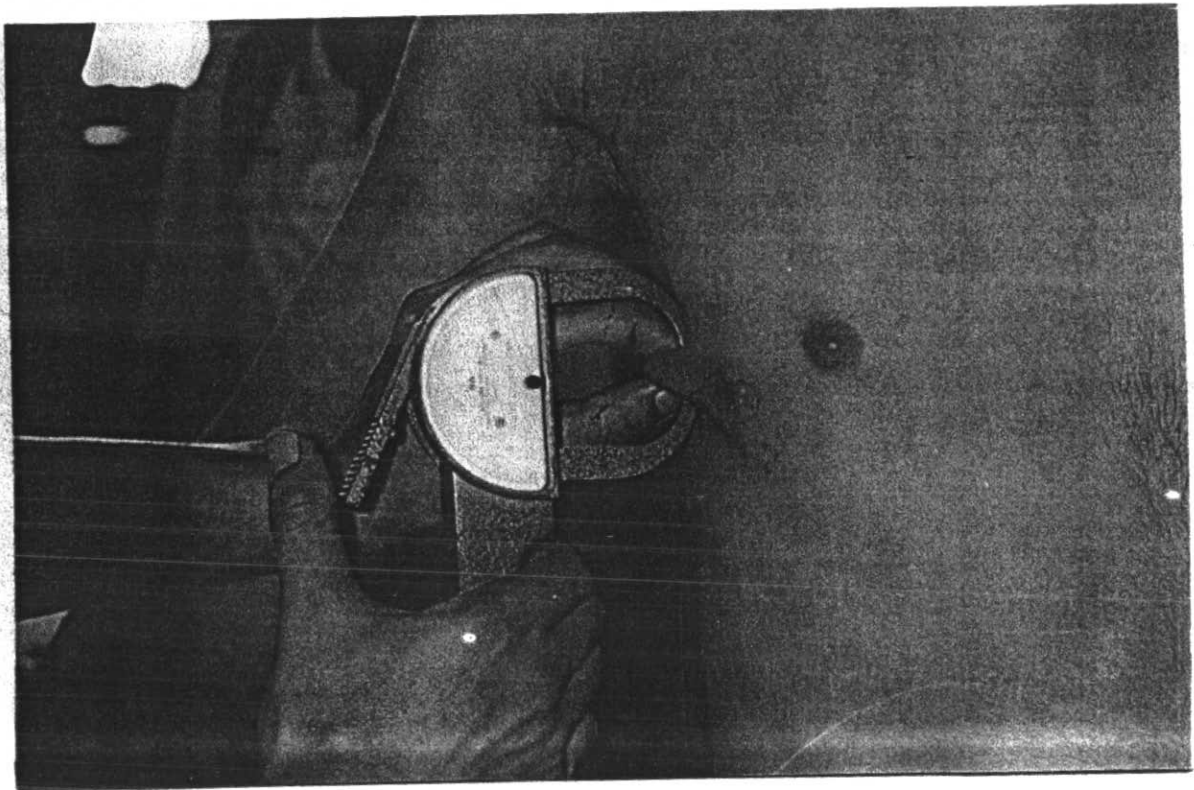
ภาพประกอบ 2 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าอก

2. แขนท่อนบนด้านหน้า แนวของรอยพับตั้งตรง หยิบรอยพับตรงบริเวณส่วนที่โป่งออกมาของกล้ามเนื้อ Biceps Brachii กึ่งกลางระหว่างปุ่มกระดูกหัวไหล่กับแอ่งด้านหน้าศอก ดังภาพประกอบ 3



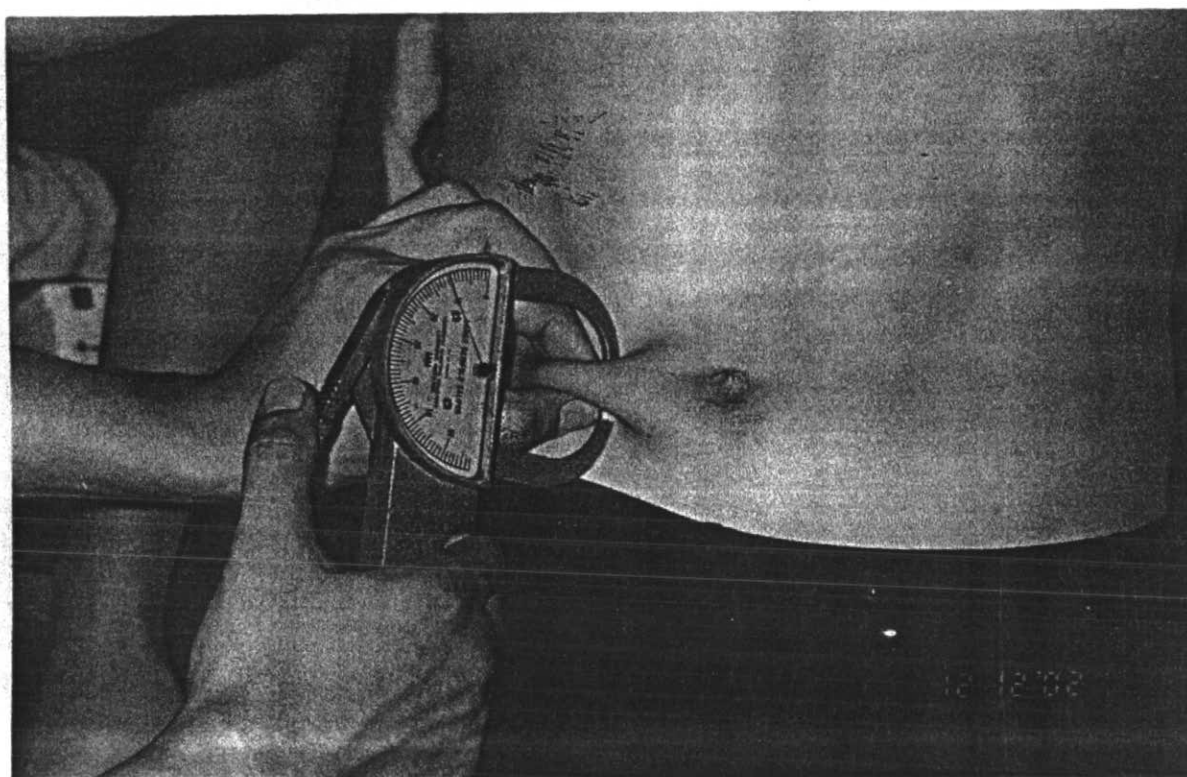
ภาพประกอบ 3 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณแขนท่อนบนด้านหน้า

3. รักแร้ แนวของรอยพับระนาบขอบฟ้า หยิบรอยพับตรงบริเวณรักแร้ที่ระดับของข้อต่อกระดูกสันเป้ (จุดที่กระดูกอ่อนของซี่โครงซี่ที่ 5-6 ที่ต่อกับกระดูกหน้าอก) ดังภาพประกอบ 4



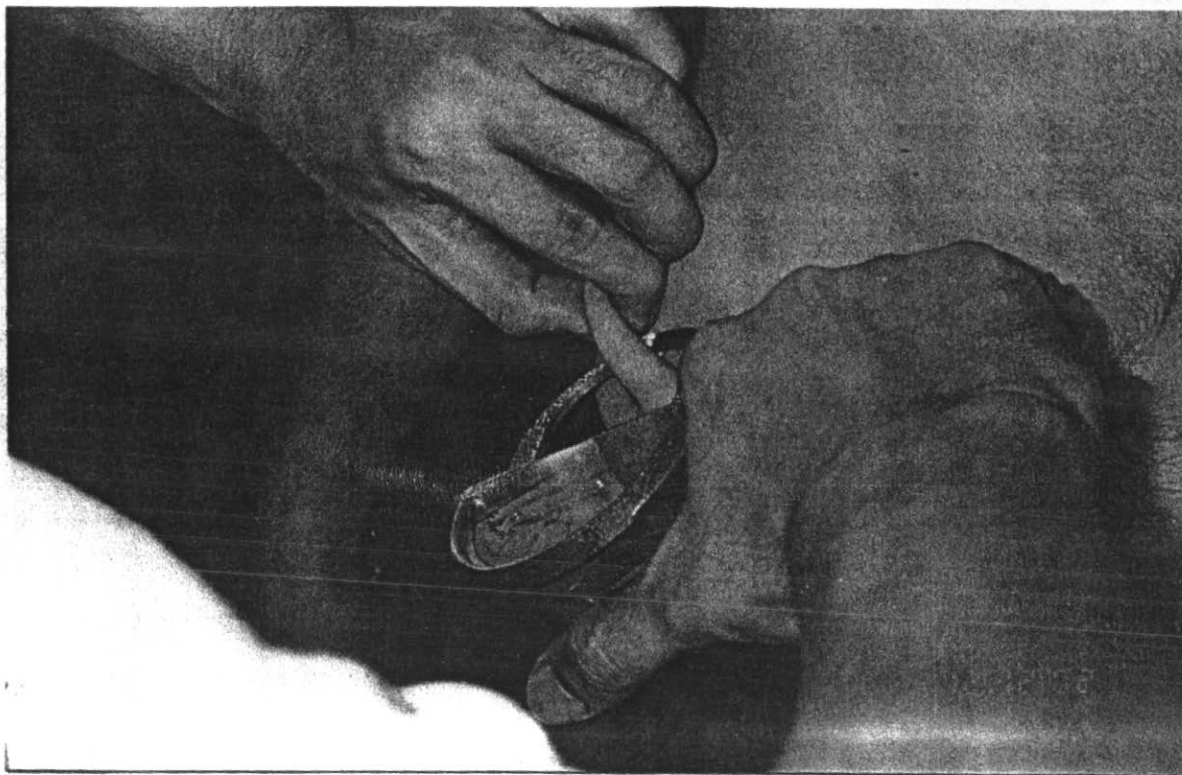
ภาพประกอบ 4 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณรักแร้

4. หน้าท้อง แนวของรอยพับกระหนาบขอบฟ้า ทียบรอยพับตรงบริเวณห่างจากจุดศูนย์กลางของสะดือออกไปด้านข้าง 3 เซนติเมตร และลงมาด้านล่าง 1 เซนติเมตร ดังภาพประกอบ 5



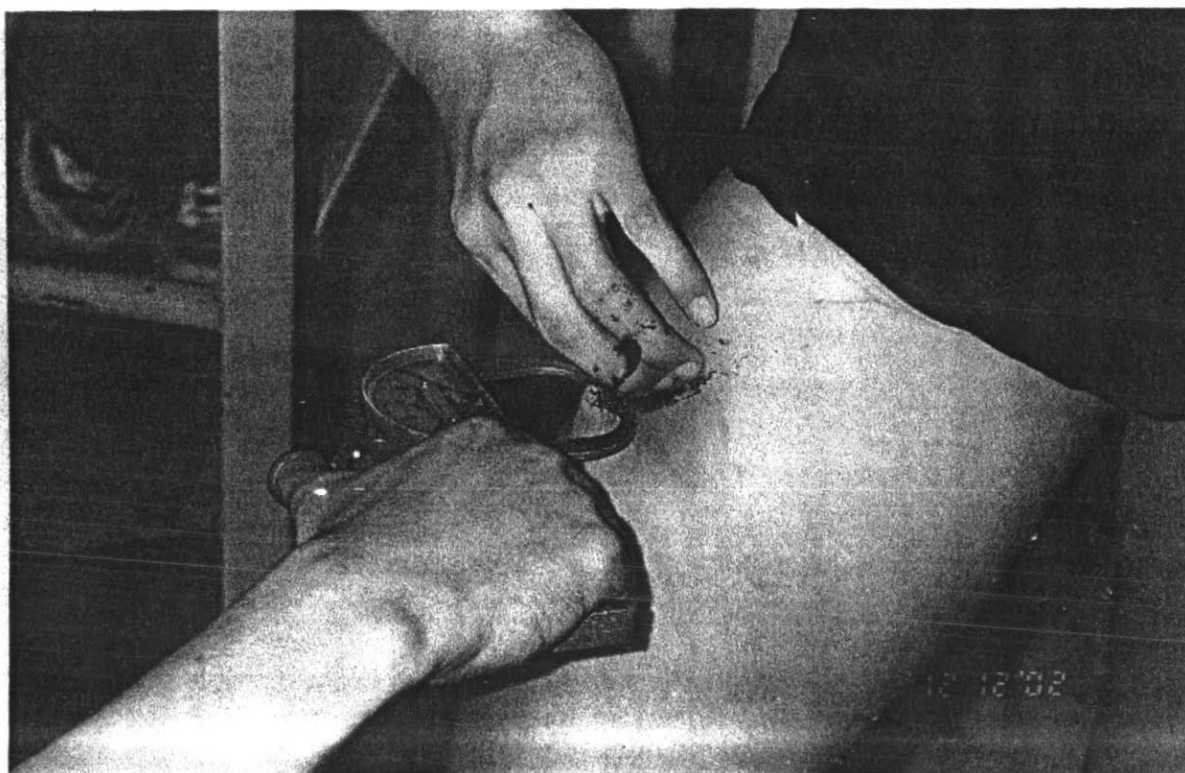
ภาพประกอบ 5 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าท้อง

5. เนื้อสันสะโพก แนวของรอยพับเอียง/ลาด หยิบรอยพับตรงบริเวณเนื้อยอดกระดูก Iliac
ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณเนื้อสันสะโพก

6. หน้าขา แนวของรอยพับตั้งตรง ทียบรอยพับตรงบริเวณตรงกลางด้านหน้าของต้นขาระหว่างขาหนีบกับข้อกระดูกสะบ้า ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าขา

7. ได้สะบักหลัง แนวของรอยพับทะแยงมุม หยิบรอยพับตรงบริเวณแนวธรรมชาติใต้กระดูกสะบักหลังโดยต่ำกว่ามุมของสะบักหลัง ดังภาพประกอบ 8



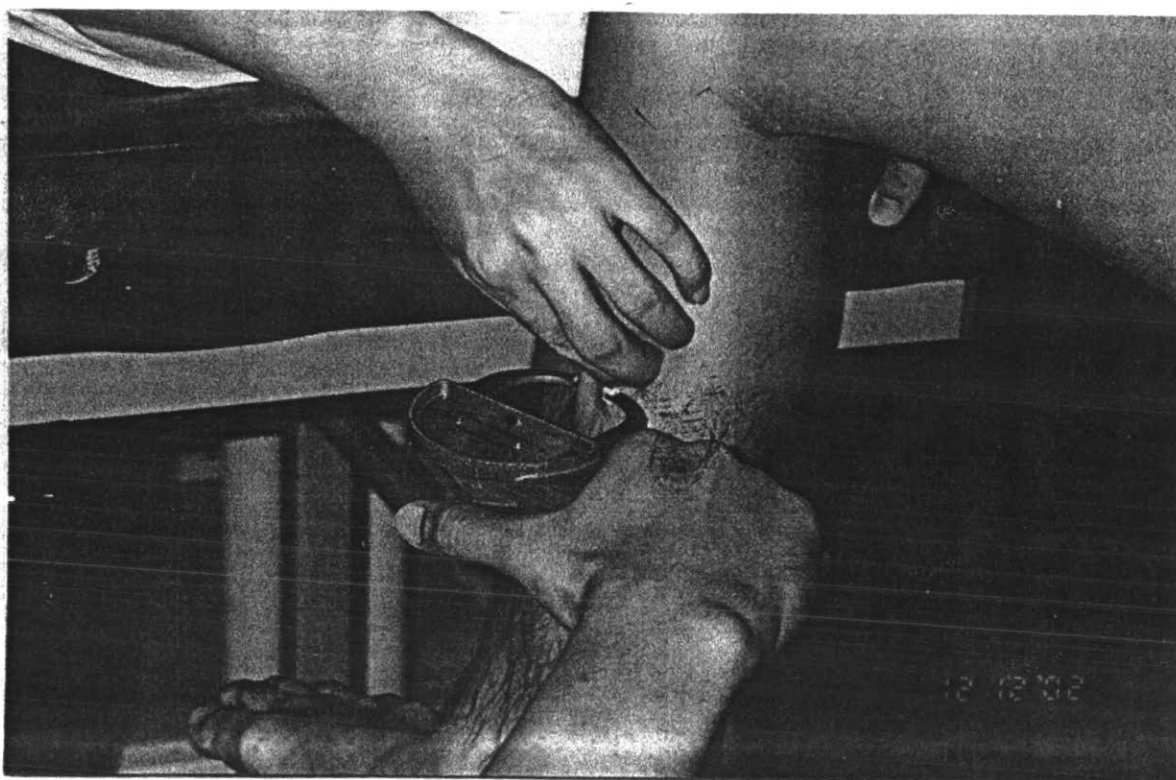
ภาพประกอบ 8 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณใต้สะบักหลัง

8. แขนท่อนบนด้านหลัง แนวของรอยพับตั้งตรง หยิบรอยพับตรงบริเวณจุดกึ่งกลางระหว่างปุ่มกระดูกหัวไหล่กับขอบด้านล่างของปุ่มกระดูกข้อศอก ดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณแขนท่อนบนด้านหลัง

9. น้อง แนวของรอยพับตั้งตรง ทียบรอยพับตรงบริเวณระดับของรอบน่องที่ใหญ่ที่สุดโดยงอเข่า และสะโพก 90 องศา ดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 แสดงลักษณะการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณน่อง

ใบบันทึกการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง

ชื่อ - นามสกุล.....ชั้นปีที่.....อายุ.....

ตัวแปร	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	เฉลี่ย
ความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง (มิลลิเมตร)			
1. ออก			
2. แขนท่อนบนด้านหน้า			
3. รักแร้			
4. หน้าท้อง			
5. เนื้อสันสะโพก			
6. หน้าขา			
7. ใต้สะบักหลัง			
8. แขนท่อนบนด้านหลัง			
9. น่อง			

ภาคผนวก ข

การชั่งน้ำหนัก การวัดความจุปอด การชั่งน้ำหนักได้น้ำ และการบันทึกผล

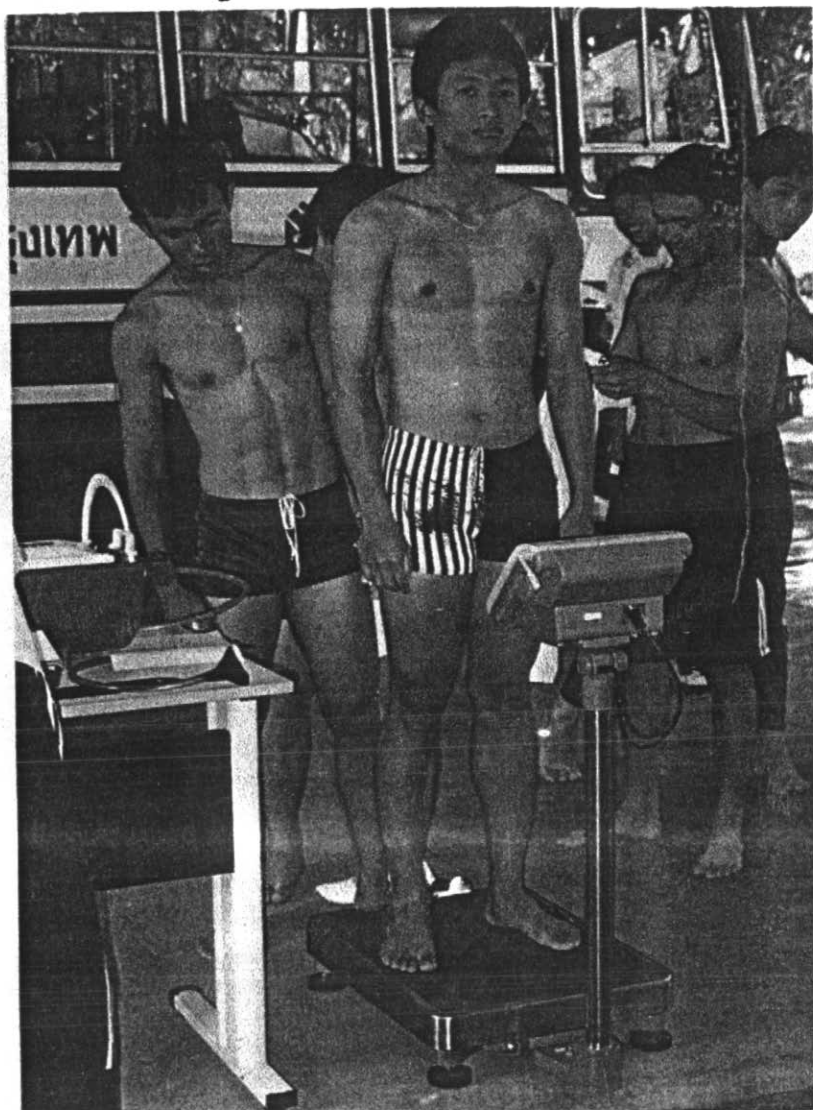
การชั่งน้ำหนัก

วัตถุประสงค์

เพื่อทราบน้ำหนักของร่างกายทั้งหมด

อุปกรณ์

เครื่องชั่งน้ำหนักขนาดมาตรฐาน ดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 แสดงลักษณะการชั่งน้ำหนัก

วิธีปฏิบัติ

ผู้รับการทดสอบนำกางเกงว้ายน้ำมาชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกค่าที่ได้ลงในใบบันทึก ผู้รับการทดสอบสวมชุดว้ายน้ำแล้วขึ้นไปยืนบนเครื่องชั่งน้ำหนักด้วยเท้าทั้งสองข้าง ลำตัวตรง และนิ่ง นำค่าที่ได้จากการชั่งน้ำหนักตัวลงกับค่าที่ได้จากการชั่งน้ำหนักกางเกงว้ายน้ำ จะได้ค่าน้ำหนักของร่างกายที่แท้จริง

การบันทึก

บันทึกน้ำหนักเป็นกิโลกรัม

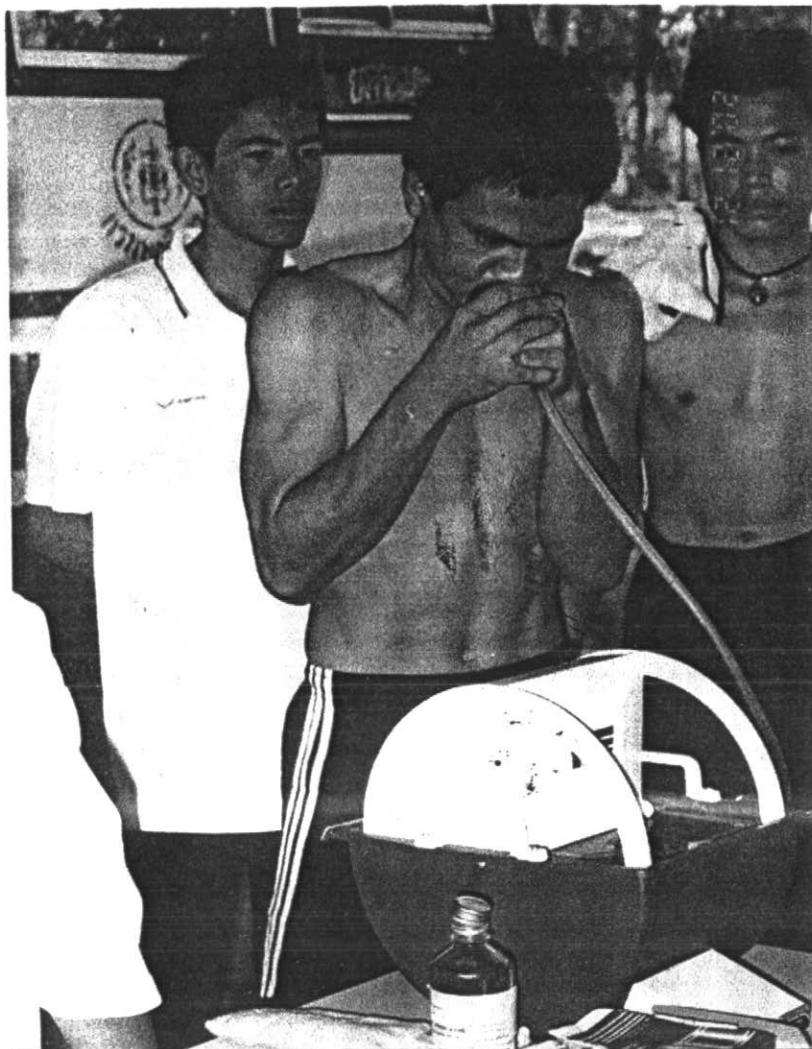
การวัดความจุปอด

วัตถุประสงค์

เพื่อทราบค่าความจุปอดของร่างกาย

อุปกรณ์

เครื่องวัดความจุปอดมาตรฐานชนิดเป็ยก ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 แสดงลักษณะการวัดความจุปอด

วิธีปฏิบัติ

ผู้วิจัยนำปรอทมาวัดอุณหภูมิของน้ำในเครื่องวัดความจุปอดแล้วปรับค่าให้ตรงกัน ผู้เข้ารับการทดสอบทดสอบหลอดหายใจเข้าให้เต็มที่ 3 ครั้ง เสร็จแล้วสูดหายใจให้เต็มที่กลั้นลมหายใจไว้ นำปากไปประกบกับที่เป่าให้สนิท แล้วเป่าลมออกจากทางปากให้หมด ทำ 3 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยการบันทึก

บันทึกค่าความจุปอดเป็นมิลลิลิตร

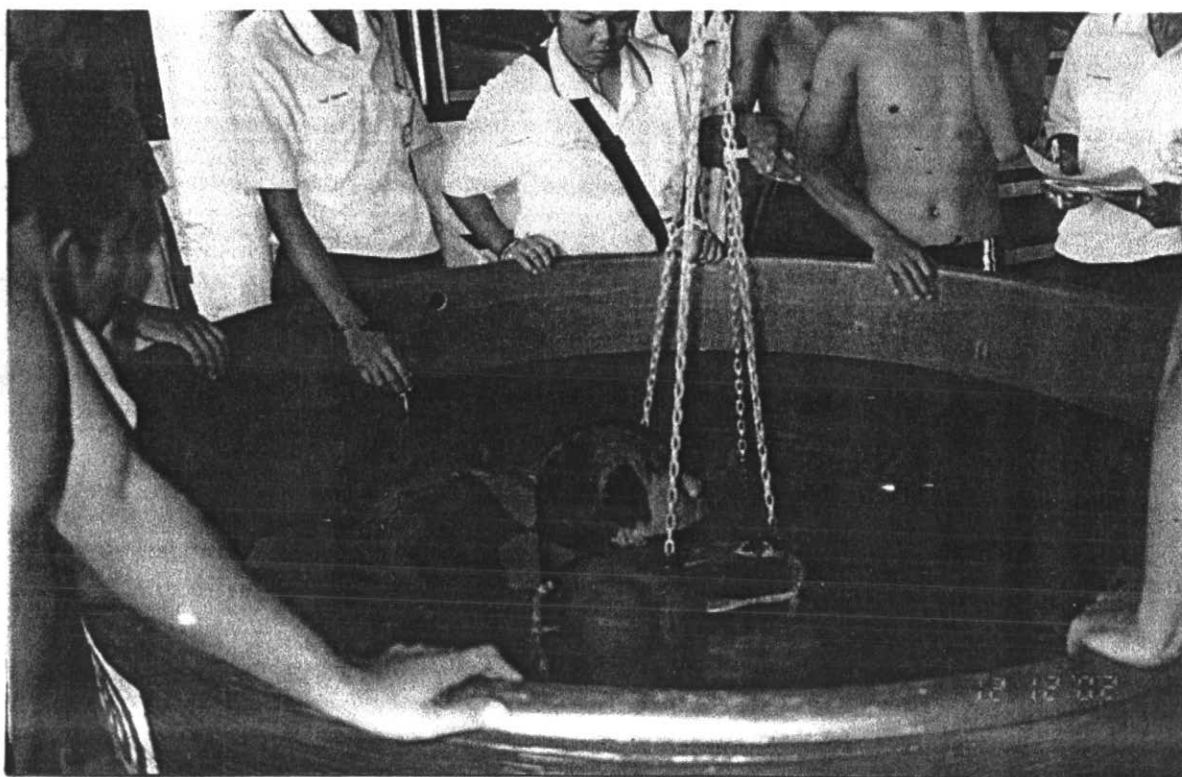
วิธีการชั่งน้ำหนักได้น้ำ

เฮย์วาร์ด (Heyward. 1991 : 147) ได้กำหนดแนวทางในการใช้วิธีการชั่งน้ำหนักได้น้ำมีเทคนิค ดังนี้

1. ผู้ถูกทดสอบถอดเสื้อผ้าหรือสวมชุดว่ายน้ำที่มีน้ำหนักเบา
2. ผู้ถูกทดสอบถ่ายปัสสาวะและขับก๊าซออกมาให้มากที่สุด รวมทั้งถ่ายอุจจาระถ้าเป็นไปได้ก่อนการทดสอบ
3. ควรระมัดระวังตัวเลขก่อนหลังการวัดกับที่แขวนน้ำหนักสำหรับชั่ง และจดบันทึกลำดับตัวเลขให้ตรงกัน
4. แก้วและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้กับเครื่องแขวนแก้วจากตัวเลขจะเป็นน้ำหนักได้น้ำและจดบันทึก
5. อุณหภูมิของน้ำควรตรวจสอบความถูกต้องก่อนการทดสอบ และควรจะมีระดับระหว่าง 34-36 องศาเซลเซียส
6. ผู้ถูกทดสอบจะกำหนดตำแหน่งที่นั่งบนเก้าอี้ หลังจากนั้นเอาฟองอากาศออกจากชุดว่ายน้ำและเส้นผม เช็ดตัวอาจใช้ผ้าเช็ดตัวหรือตัวกับตำแหน่งที่สะดวก
7. ผู้ถูกทดสอบจะหายใจออกมาเต็มที่เท่าที่จะทำได้ เมื่อดำน้ำลงไปในถังเอาน้ำหนักที่มากที่สุดของการหายใจออกสูงสุดเป็นน้ำหนักร่างกายในน้ำทั้งหมด ผู้ถูกทดสอบควรที่จะพยายามค้างนิ่งอยู่กับที่เท่าที่จะทำได้ตลอดเวลาปฏิบัติ
8. ทำการทดลองอย่างน้อย 3-10 ครั้ง น้ำค่าที่มากที่สุด 3 ครั้ง มาหาค่าเฉลี่ยและจดบันทึกเท่ากับน้ำหนักร่างกายในน้ำทั้งหมด
9. น้ำหนักร่างกายในน้ำสุทธิ คือ การหาค่าโดยหักลบน้ำหนักของแก้ว อุปกรณ์ที่ใช้ชั่ง และชุดว่ายน้ำจากน้ำหนักร่างกายในน้ำทั้งหมด

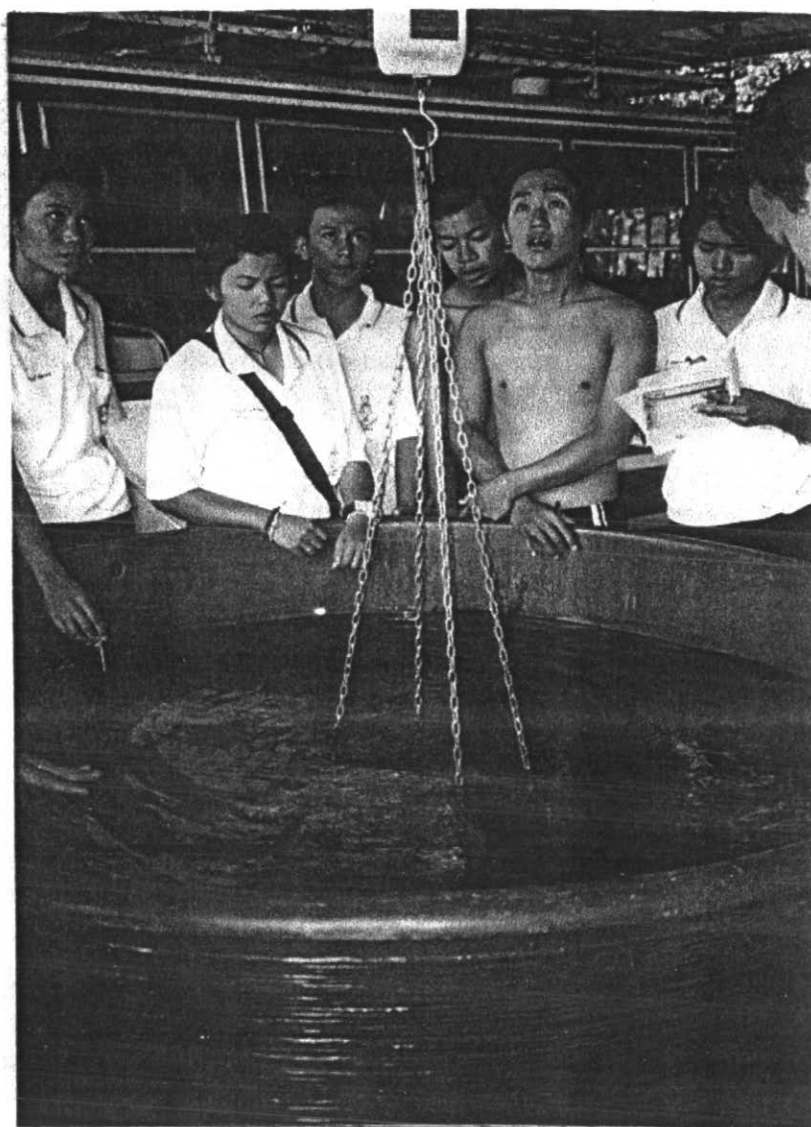
วิธีปฏิบัติ

1. ผู้รับการทดสอบใส่ชุดว่ายน้ำพร้อมกับอาบนํ้าชำระร่างกายก่อนลงชั่งน้ำหนักได้น้ำ บันทึกน้ำหนักของอุปกรณ์ลงในใบบันทึก ผู้รับการทดสอบลงไปนั่งบนเก้าอี้ในถังน้ำโดยให้ศีรษะอยู่เหนือน้ำพร้อมกับใช้เข็มขัดรัดให้ตัวติดกับเก้าอี้ เอามือจับที่ขอบเก้าอี้ และวางเท้าอยู่บนที่พักเท้า อย่าให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายสัมผัสถึงน้ำ ดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 แสดงลักษณะก่อนชั่งน้ำหนักได้น้ำ

2. ผู้รับการทดสอบกัมหนาคำน้าโดยไม่ให้ศีรษะขึ้นมาเหนือผิวน้ำ แล้วเป่าลมหายใจออกในน้ำให้หมด กลั้นหายใจไว้ โดยพยายามทำตัวให้นิ่งที่สุด เสร็จแล้วบันทึกค่าที่ได้ลงในใบบันทึก ให้ทำทั้งหมด 10 ครั้ง แล้วนำค่าที่มากที่สุด 3 ครั้ง มาหาค่าเฉลี่ย ขณะทดสอบจะนำปรอทมาวัดอุณหภูมิของน้ำ แล้วบันทึกค่าที่ได้ลงในใบบันทึก เพื่อหาความหนาแน่นของน้ำ โดยนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับตารางความหนาแน่นของน้ำในตาราง 2 ดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 แสดงลักษณะกำลังชั่งน้ำหนักได้น้ำ

ใบบันทึกข้อมูลการชั่งน้ำหนักได้น้ำ

ชื่อ _____ ชั้นปีที่ _____

น้ำหนัก (W_a) _____ (กรัม) เพศ _____

ส่วนสูง _____ (ซม.) อายุ _____ ปี

1. V.C. 1. _____ 2. _____ 3. _____ เจลลี่ _____ (ซี.ซี.)

2. อุณหภูมิของน้ำ _____ ($^{\circ}\text{C}$) ความหนาแน่นของน้ำ (W_d) _____

3. น้ำหนักได้น้ำ

1. _____ 2. _____

3. _____ 4. _____

5. _____ 6. _____

7. _____ 8. _____

9. _____ 10. _____

เจลลี่ _____ (กรัม)

4. น้ำหนักได้น้ำของอุปกรณ์ _____ (กรัม)

5. น้ำหนักได้น้ำสุทธิ (W_w) = น้ำหนักได้น้ำ - น้ำหนักได้น้ำของอุปกรณ์ (กรัม)

= _____

= _____

6. R.V. = $(V.C. \times 0.24) + 100$ ซี.ซี.

= _____

= _____

7. K = $\frac{W_a - W_w}{W_d}$

= _____

= _____

8. B.D. = $\frac{W_a}{K - (R.V.)}$

= _____

= _____ (กรัม/ซี.ซี.)

9. % Fat (Siri) = $[(4.95 / B.D.) - 4.5] \times 100$

= _____

= _____

ภาคผนวก ค

ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ในการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง

ตาราง 11 แสดงค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ในการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง

การวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณอก	.87
ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณแขนท่อนบนด้านหน้า	.85
ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณรักแร้	.85
ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าท้อง	.91
ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณเหนือสันสะโพก	.92
ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณหน้าขา	.86
ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณใต้สะบักหลัง	.88
ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณแขนท่อนบนด้านหลัง	.85
ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังบริเวณน่อง	.85

ภาคผนวก ง

**ผลความหนาแน่นของร่างกาย ความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง
และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย**

ตาราง 12 แสดงค่าความหนาแน่นของร่างกาย ความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย

No.	B.D.	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	%BF
1	1.0606	6.00	5.50	7.00	12.50	8.00	11.00	17.00	9.00	8.00	16.73
2	1.0693	6.50	5.00	9.00	12.00	11.00	3.00	15.50	11.00	8.00	12.91
3	1.0430	13.00	8.50	11.00	27.00	23.00	20.00	20.50	12.00	10.00	24.59
4	1.0418	12.00	9.00	12.00	20.50	17.50	22.00	18.50	11.00	11.00	25.12
5	1.0313	11.00	9.00	11.00	19.50	21.00	24.50	13.00	11.00	10.50	29.98
6	1.0454	11.00	9.00	12.50	23.50	17.50	23.00	18.50	10.00	11.00	23.51
7	1.0880	5.00	5.00	6.00	6.50	7.00	8.50	11.00	6.00	6.00	4.98
8	1.0678	9.00	5.00	10.50	12.50	11.00	14.00	14.00	11.00	9.00	13.58
9	1.0520	11.50	8.00	12.00	17.50	14.00	16.50	14.50	12.50	10.50	20.53
10	1.0707	5.50	5.00	6.00	9.00	12.00	12.50	12.00	9.50	7.00	12.31
11	1.0737	7.00	6.00	8.00	10.50	10.00	11.50	11.00	10.50	9.00	11.03
12	1.0525	9.50	6.50	12.00	16.50	13.50	15.50	13.50	11.00	11.00	20.32
13	1.0517	10.50	7.50	11.00	17.00	14.00	15.00	14.00	11.00	10.00	20.65
14	1.0599	7.00	6.00	8.50	11.00	13.50	11.50	14.00	9.50	8.00	17.01
15	1.0523	9.00	6.50	11.00	17.00	13.50	15.50	14.00	9.50	11.00	20.41
16	1.0631	8.00	7.00	10.00	11.50	12.00	14.50	13.50	9.00	7.00	15.63
17	1.0678	9.50	7.00	12.00	20.00	13.00	12.00	18.50	9.50	8.50	13.56
18	1.0731	8.50	7.00	10.00	13.50	14.00	11.50	15.50	10.00	9.00	11.28
19	1.0684	9.00	5.00	10.00	11.00	10.00	12.50	12.50	10.00	8.00	13.31
20	1.0644	11.00	9.00	12.00	12.00	10.00	17.50	14.50	10.50	11.50	15.05
21	1.0704	9.50	7.00	12.00	14.00	17.00	17.50	18.00	12.50	11.00	12.42
22	1.0532	9.00	7.50	13.50	17.00	14.00	15.50	14.00	11.50	7.00	20.00
23	1.0684	6.00	5.50	8.00	11.00	10.50	12.00	14.50	9.50	8.00	13.30
24	1.0655	7.00	5.50	8.50	11.00	9.00	11.50	8.50	7.50	7.50	14.58
25	1.0648	8.00	5.50	9.50	12.50	9.00	12.00	10.00	9.50	7.00	14.88
26	1.0621	9.50	8.00	10.50	12.50	12.00	14.50	14.00	11.00	8.00	16.05
27	1.0785	7.50	5.00	11.00	13.00	13.00	9.00	15.00	11.00	9.00	8.98
28	1.0867	6.00	6.00	7.00	7.50	8.00	9.50	12.00	7.00	7.00	5.52
29	1.0694	5.50	5.00	7.00	10.00	13.00	13.50	13.00	10.50	8.00	12.86
30	1.0724	8.00	7.00	9.00	11.50	11.00	12.50	12.00	11.50	10.00	11.58
31	1.0784	9.00	5.00	9.00	13.00	13.50	10.00	15.00	11.00	9.00	9.02
32	1.0704	8.00	5.00	9.00	13.00	13.50	10.00	15.00	9.00	9.00	12.46
33	1.0698	9.50	6.00	10.50	18.00	12.00	12.00	13.00	12.00	9.50	12.70

ตาราง 12 (ต่อ)

No.	B.D.	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	%BF
34	1.0779	7.00	6.00	8.00	12.00	8.00	8.00	13.00	9.00	8.00	9.21
35	1.0741	8.00	8.00	9.00	13.00	15.00	11.50	14.00	12.50	8.50	10.87
36	1.0706	7.00	7.00	8.00	10.00	12.00	13.00	12.00	9.00	7.50	12.37
37	1.0773	8.00	8.00	9.50	13.00	15.00	12.00	12.00	10.00	9.00	9.48
38	1.0765	9.00	7.50	10.00	13.00	12.00	11.00	12.00	12.00	9.50	9.82
39	1.0711	12.00	6.50	12.00	19.50	18.50	14.00	17.00	12.50	10.50	12.13
40	1.0680	7.00	5.50	9.50	12.50	11.50	13.50	16.00	15.50	8.50	13.48
41	1.0779	7.00	5.50	7.00	8.50	7.50	7.50	12.00	7.50	6.00	9.23
42	1.0816	7.00	6.00	8.50	11.00	13.00	11.50	16.00	12.50	8.00	7.68
43	1.0705	10.50	7.00	11.00	18.00	17.00	18.00	18.00	14.50	10.50	12.39
44	1.0575	8.00	5.50	9.50	17.00	14.00	12.50	15.00	12.00	9.00	18.07
45	1.0660	11.50	7.50	12.00	14.00	13.00	15.00	19.00	13.00	11.50	14.34
46	1.0628	9.00	8.00	10.00	12.00	12.00	14.00	13.50	10.50	9.50	15.75
47	1.0736	7.50	6.50	8.50	11.50	10.00	11.50	11.50	10.00	8.00	11.07
48	1.0741	7.00	5.00	8.00	11.00	11.00	13.50	12.50	10.50	8.00	10.86
49	1.0673	10.00	8.00	11.50	21.00	14.00	13.00	20.00	11.00	10.50	13.80
50	1.0580	8.00	6.00	10.50	27.50	20.00	17.50	18.50	14.00	9.50	17.88
51	1.0523	11.00	7.50	12.50	17.50	14.00	16.00	14.50	15.00	11.00	20.39
52	1.0661	8.00	5.00	8.00	12.00	8.00	12.00	9.50	8.50	8.00	14.33
53	1.0766	6.00	5.00	6.50	11.00	8.00	8.00	15.00	7.50	6.00	9.79
54	1.0733	8.00	6.50	9.50	12.50	13.50	10.50	14.50	10.00	9.00	11.18
55	1.0683	8.50	5.00	9.00	11.50	10.00	13.50	13.00	11.00	9.00	13.36
56	1.0816	7.50	4.50	8.50	14.50	11.00	9.00	12.00	10.00	8.00	7.65
57	1.0581	7.50	5.50	8.00	13.50	9.00	12.00	18.00	9.50	8.00	17.82
58	1.0624	11.00	5.00	12.00	15.00	13.00	18.50	15.00	13.00	11.00	15.91
59	1.0460	13.00	9.00	13.50	22.00	20.50	18.50	20.50	15.00	13.00	23.23
60	1.0435	14.50	9.00	14.50	25.00	24.50	21.50	26.50	17.00	14.50	24.35
61	1.0616	5.00	4.50	6.00	11.50	7.00	10.00	16.00	8.00	7.00	16.26
62	1.0704	5.50	4.00	8.00	11.00	10.00	12.00	14.50	10.00	9.00	12.45
63	1.0441	12.00	7.50	10.00	26.00	22.00	19.00	9.50	11.00	9.00	24.11
64	1.0429	11.00	8.00	11.00	19.50	16.50	21.00	17.50	10.00	10.00	24.64
65	1.0324	10.00	8.00	10.00	18.50	20.00	23.50	12.00	10.00	9.50	29.48
66	1.0465	10.00	8.00	11.50	22.50	16.50	22.00	17.50	9.00	10.00	23.03
67	1.0890	4.00	4.00	5.00	5.50	6.00	7.50	10.00	5.00	5.00	4.54

ตาราง 12 (ต่อ)

No.	B.D.	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	%BF
68	1.0689	8.00	4.00	9.50	11.50	10.00	13.00	13.00	10.00	8.00	13.11
69	1.0531	10.50	7.00	11.00	16.50	13.00	15.50	13.50	11.50	9.50	20.05
70	1.0718	4.50	4.00	5.00	8.00	11.00	11.50	11.00	8.50	6.00	11.85
71	1.0747	6.00	5.00	7.00	9.50	9.00	10.50	10.00	9.50	8.00	10.57
72	1.0535	8.50	5.50	11.00	15.50	12.50	14.50	12.50	10.00	10.00	19.84
73	1.0528	9.50	6.50	10.00	16.00	13.00	14.00	13.00	10.00	9.00	20.17
74	1.0610	6.00	5.00	7.50	10.00	12.50	10.50	13.00	8.50	7.00	16.54
75	1.0533	8.00	5.50	10.00	16.00	12.50	14.50	13.00	8.50	10.00	19.94
76	1.0796	8.00	4.00	8.00	12.00	12.50	9.00	14.00	10.00	8.00	8.51
77	1.0716	7.00	4.00	8.00	12.00	12.50	9.00	14.00	8.00	8.00	11.94
78	1.0710	8.50	5.00	9.50	17.00	11.00	11.00	12.00	11.00	8.50	12.17
79	1.0791	6.00	5.00	7.00	11.00	7.00	7.00	12.00	8.00	7.00	8.70
80	1.0753	7.00	7.00	8.00	12.00	14.00	10.50	13.00	11.50	4.50	10.35
81	1.0718	6.00	6.00	7.00	9.00	11.00	12.00	11.00	8.00	6.50	11.84
82	1.0785	7.00	7.00	8.50	12.00	14.00	11.00	11.00	9.00	8.00	8.96
83	1.0777	8.00	6.50	9.00	12.00	11.00	10.00	11.00	11.00	8.50	9.30
84	1.0723	11.00	5.50	11.00	18.50	17.50	13.00	16.00	11.50	9.50	11.61
85	1.0692	6.00	4.50	8.50	11.50	10.50	12.50	15.00	14.50	7.50	12.96
86	1.0791	6.00	4.50	6.00	7.50	6.50	6.50	11.00	6.50	5.00	8.72
87	1.0828	6.00	5.00	7.50	10.00	12.00	10.50	15.00	11.50	7.00	7.16
88	1.0717	9.50	6.00	10.00	17.00	16.00	17.00	17.00	13.50	9.50	11.87
89	1.0587	7.00	4.50	8.50	16.00	13.00	11.50	14.00	11.00	8.00	17.53
90	1.0672	10.50	6.50	11.00	13.00	12.00	14.00	18.00	12.00	10.50	13.82
91	1.0641	7.00	6.00	9.00	10.50	11.00	13.50	12.50	8.00	6.00	9.02
92	1.0689	8.50	6.00	11.00	19.00	12.00	11.00	17.50	8.50	7.50	12.46
93	1.0742	7.50	6.00	9.00	12.50	13.00	10.50	14.50	9.00	8.00	12.70
94	1.0695	8.00	4.00	9.00	10.00	9.00	11.50	11.50	9.00	7.00	9.21
95	1.0655	10.00	8.00	11.00	11.00	9.00	16.50	13.50	9.50	10.50	10.87
96	1.0715	8.50	6.00	11.00	13.00	16.00	16.50	17.00	11.50	10.00	12.37
97	1.0543	8.00	6.50	12.50	16.00	13.00	14.50	13.00	10.50	6.00	9.48
98	1.0695	5.00	4.50	7.00	10.00	9.50	11.00	13.50	8.50	7.00	9.82
99	1.0665	6.00	4.50	7.50	10.00	8.00	10.50	7.50	6.50	6.50	12.13
100	1.0659	7.00	4.50	8.50	11.50	8.00	11.00	9.00	8.50	6.00	13.48
101	1.0632	8.50	7.00	9.50	11.50	11.00	13.50	13.00	10.00	7.00	9.23

ตาราง 12 (ต่อ)

No.	B.D.	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	%BF
102	1.0795	6.50	4.00	10.00	12.00	12.00	8.00	14.00	10.00	8.00	7.68
103	1.0877	5.00	5.00	6.00	6.50	7.00	8.50	11.00	6.00	6.00	12.39
104	1.0705	4.50	4.00	6.00	9.00	12.00	12.50	12.00	9.50	7.00	18.07
105	1.0735	7.00	6.00	8.00	10.50	10.00	11.50	11.00	10.50	9.00	14.34
106	1.0640	8.00	7.00	9.00	11.00	11.00	13.00	12.50	9.50	8.50	15.22
107	1.0748	6.50	5.50	7.50	10.50	9.00	10.50	10.50	9.00	7.00	10.55
108	1.0753	6.00	4.00	7.00	10.00	10.00	12.50	11.50	9.50	7.00	10.34
109	1.0685	9.00	7.00	10.50	20.00	13.00	12.00	19.00	10.00	9.50	13.27
110	1.0592	7.00	5.00	9.50	26.50	19.00	16.50	17.50	13.00	8.50	17.34
111	1.0536	10.00	6.50	11.50	16.50	13.00	15.00	13.50	14.00	10.00	19.83
112	1.0673	7.00	4.00	7.00	11.00	7.00	11.00	8.50	7.50	7.00	13.80
113	1.0778	5.00	4.00	5.50	10.00	7.00	7.00	14.00	6.50	5.00	9.27
114	1.0745	7.00	5.50	8.50	11.50	12.50	9.50	13.50	9.00	8.00	10.66
115	1.0695	7.50	4.00	8.00	10.50	9.00	12.50	12.00	10.00	8.00	12.84
116	1.0828	6.50	3.50	7.50	13.50	10.00	8.00	11.00	9.00	7.00	7.14
117	1.0593	6.50	4.50	7.00	12.50	8.00	11.00	17.00	8.50	7.00	17.28
118	1.0637	10.00	4.00	11.00	14.00	12.00	17.50	14.00	12.00	10.00	15.38
119	1.0472	12.00	8.00	12.50	21.00	19.50	17.50	19.50	14.00	12.00	22.68
120	1.0447	13.50	8.00	13.50	24.00	23.50	20.00	25.50	16.00	13.50	23.80
$\bar{X}$	1.0662	8.18	6.02	9.34	13.89	12.43	13.13	14.08	10.33	8.55	14.31
SD.	0.0116	2.10	1.42	2.02	4.58	3.79	3.72	3.14	2.15	1.79	5.10

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นายบวรรังสี จอกแก้ว
วันเดือนปีที่เกิด	8 มิถุนายน 2516
สถานที่เกิด	เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	11 หมู่ 1 ถนนลาดปลาเค้า แขวงจรเข้บัว เขตลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร 10230
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ 1 ระดับ 5
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนศึกษานารี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2534	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย
พ.ศ. 2536	ประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับสูง (ป.กศ.สูง) จากวิทยาลัยพลศึกษา กรุงเทพ
พ.ศ. 2538	กศ.บ. (พลศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2546	กศ.ม. (พลศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ