การเปรียบเทียบระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักต่อการสลายของกระดูกและสุขสมรรถนะในหญิงวัยทำงาน

นางสาวนิศากร ตันติวิบูลชัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A COMPARISON BETWEEN THE EFFECTS OF WALKING EXERCISE WITH AND WITHOUT WEIGHTED VESTS ON BONE RESORPTION AND HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS IN WORKING WOMEN

Miss Nisakorn Tantiwiboonchai

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Sports Science

Faculty of Sports Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักต่อการสลายของกระดูกและสุขสมรรถนะในหญิงวัยทำงาน
โดย	นางสาวนิศากร ตันติวิบูลชัย
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์คลินิก เกียรติคุณ นายแพทย์ ฉรงค์ บุณยะรัตเวช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิศากร ตันติวิบูลชัย : การเปรียบเทียบระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักต่อการสลายของกระดูกและสุขสมรรถนะในหญิงวัยทำงาน. (A COMPARISON BETWEEN THE EFFECTS OF WALKING EXERCISE WITH AND WITHOUT WEIGHTED VESTS ON BONE RESORPTION AND HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS IN WORKING WOMEN) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รศ.นพ.พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์, 202 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักต่อการสลายของกระดูก และสุขสมรรถนะ ในหญิงวัยทำงาน ในกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัคร จำนวน 48 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่มีการสร้างการสลายของกระดูกในอัตราปกติ (NB) จำนวน 23 คน และกลุ่มที่มีการสร้างกระดูกและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ (HB) จำนวน 25 คน แล้วนำมาสุ่มเข้ากลุ่มแบบกำหนด (random assignment) ลงในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมทั้งหมด 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มทดลอง NB ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (NBEW) จำนวน 12 คน กลุ่มที่ 2 คือกลุ่มทดลอง HB ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (HBEW) จำนวน 12 คน กลุ่มที่ 3 คือกลุ่มควบคุม NB ไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (NBE) จำนวน 11 คน และกลุ่มที่ 4 คือกลุ่มควบคุม HB ไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (HBE) จำนวน 13 คน ทุกกลุ่มเดินบนลู่กล ที่ระดับความชัน 0 เปอร์เซ็นต์ ครั้งละ 30 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่ความหนัก 65-75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด โดยกลุ่มทดลองเริ่มใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก 2 % ของน้ำหนักตัว และเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 2% ในทุกสัปดาห์ จนกระทั่งครบ 8% ของน้ำหนักตัว ทดสอบค่าการสร้างของกระดูก (P1NP) และการสลายของกระดูก (β-crossLaps) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ส่วนสุขสมรรถนะ ทำการทดสอบก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมและความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ และเปรียบเทียบเป็นรายคู่ด้วยวิธีแอลเอสดี

ผลการวิจัยพบว่า

1. การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลอง (กลุ่มที่ 1 NBEW และกลุ่มที่ 2 HBEW) และกลุ่มควบคุม (กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE) หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า ค่าการสร้างและการสลายของกระดูก และสุขสมรรถนะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. การเปรียบเทียบก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ภายในกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ (กลุ่มที่ 2 HBEW และกลุ่มที่ 4 HBE) พบว่า ค่าการสลายของกระดูกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงลดลง 24.17 % และ 25.31 % ตามลำดับ

3. การเปรียบเทียบก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ภายในกลุ่มทดลอง (กลุ่มที่ 1 NBEW และกลุ่มที่ 2 HBEW) และกลุ่มควบคุม (กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE) พบว่า มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน และขา และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า : การเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ในหญิงวัยทำงานมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการสร้างและการสลายของกระดูก และสุขสมรรถนะดีขึ้น จึงสามารถนำไปใช้เพื่อเป็นทางเลือกในการออกกำลังกายของหญิงวัยทำงานทั่วไปได้

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต นิศากร ตันติวิบูลชัย

ปีการศึกษา 2552 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

5178616039 : MAJOR SPORTS SCIENCE

KEYWORDS : WALKING EXERCISE / WEIGHTED VESTS / BONE RESORPTION / HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS

NISAKORN TANTIWIBOONCHAI : A COMPARISON BETWEEN THE EFFECTS OF WALKING EXERCISE WITH AND WITHOUT WEIGHTED VESTS ON BONE RESORPTION AND HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS IN WORKING WOMEN. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF.THANOMWONG KRITPET, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF.PONGSAK YUKTANANDANA, M.D., 202 pp.

The purpose of this study was to compare the effects of walking exercise with and without weighted vests on bone resorption and other health-related physical fitness in working women. Forty eight female personnels of Chulalongkorn University aged 30-60 years old voluntarily participated in the study. The subjects were categorized into two groups: normal bone turnover group: NB (n=23) and high bone turnover group: HB (n=25). Both groups were randomly assigned into four groups: the first group was the experimental NB group performing walking exercise wearing weighted vests (NBEW, n=12); the second group was the experimental HB group performing walking exercise wearing weighted vests (HBEW, n=12); the third group was the control NB group performing walking exercise without wearing weighted vests (NBE, n=11) and the fourth group was the control HB group performing walking exercise without wearing weighted vests (HBE, n=13). The treatment was a 30-minutes walking exercise on treadmill at 0 % of grade, 3 times per week for 12 weeks with an intensity of 65-75 % of subject's maximal heart rate. The vest load was progressively increased each week starting from 2% of the body weight until it reached 8% of the body weight of each participant. Bone turnover was determined from P1NP (bone formation) and β-crossLaps (bone resorption) which were collected during the pre-test and post-test. Health-related physical fitness was measured during pre-test, mid-test (after 6 weeks) and post-test (after 12 weeks). The obtained data were analyzed in terms of mean and standard deviation, paired t-test, one way analysis of covariance, one way analysis of variance with repeated measure and multiple comparisons by using Least Significant Difference (LSD) at the .05 level.

The results were as follow:

1. After 12 weeks of training, bone formation marker, bone resorption marker and health-related physical fitness had no significant difference between the experimental groups (NBEW and HBEW) and the control groups (NBE and HBE).

2. Before and after 12 weeks of training, bone resorption marker significantly decreased within high bone turnover group (HBEW and HBE), within group HBEW decreased of 24.17 %, and within group HBE decreased of 25.31 %.

3. Before, after 6 weeks and after 12 weeks of training, health-related physical fitness: fat free mass, percent fat, flexibility, muscle strength and endurance of legs and arms, and maximum oxygen uptake in all groups were significantly changed.

In conclusion: walking exercise with and without weighted vests can reduce bone resorption and improved health-related physical fitness. As a result, working women have more alternative exercise programs.

Field of Study : Sports Science

Academic Year : 2009

Student's Signature Nisakorn Tantiwiboonchai

Advisor's Signature T Kritpet

Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำ คำปรึกษา และ ความเมตตากรุณา จากรองศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ นายแพทย์ พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์คลินิก เกียรติคุณ นายแพทย์ ณรงค์ บุณยะรัตเวช รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อคิด คำแนะนำ และตรวจแก้ไข ปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์คลินิก เกียรติคุณ นายแพทย์ ณรงค์ บุณยะรัตเวช รองศาสตราจารย์ ดร.ประวิตร เจนวรรธนะกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถาวร กมุทศรี ผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้ความกรุณาในการตรวจพิจารณาเครื่องมือ ให้ข้อคิดเห็น และคำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไข

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่านที่ให้ความรู้และคำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆที่ดีเสมอมา รวมทั้งคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา และบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับทุนอุดหนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ วิทยา ศรีมาดา และคุณโสภิจี ปสาทรัตน์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการพิเศษรวม อปร.11 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการ รวมทั้งเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และโรงหล่อกลึงฮั่วหลุน ที่ให้คำปรึกษา เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์สำหรับการทำวิจัย และคอยอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ และบุคลากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด และขอขอบคุณเพื่อนๆ รวมทั้งรุ่นพี่ และรุ่นน้อง คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ ทุกคนในครอบครัว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นายสุฤทธิ์ ตันติวิบูลชัย และนางนันทา ตันติวิบูลชัย บิดา และมารดาที่ให้การสนับสนุนในเรื่องการศึกษาให้คำแนะนำ อบรมสั่งสอน ตลอดจนเป็นแบบอย่างในการดำรงชีวิต และเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่ง ส่งผลให้สามารถประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญภาพ..... ฐ
สารบัญแผนภูมิ..... ฑ

บทที่

1 บทนำ..... 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 4
สมมติฐานของการวิจัย..... 5
ขอบเขตของการวิจัย..... 5
ข้อตกลงเบื้องต้น..... 6
ข้อจำกัดของงานวิจัย..... 6
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย..... 6
ประโยชน์ที่จะได้รับ..... 8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 9
เอกสารที่เกี่ยวข้อง..... 10
พัฒนาการของวัยผู้ใหญ่..... 10
ชีวภาพของกระดูก..... 12
โรคกระดูกพรุน..... 18
การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน..... 23
การประเมินโดยการตรวจวัดทางชีวเคมีของการสร้างและการสลายของกระดูก 25
แนวทางในการป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุน..... 31
กิจกรรมทางกายและความแข็งแรงของกระดูก..... 32
การเดินออกกำลังกาย..... 34

บทที่		หน้า
	ชุดเพิ่มน้ำหนัก	36
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	39
	งานวิจัยภายในประเทศ	39
	งานวิจัยในต่างประเทศ	44
3	วิธีดำเนินการวิจัย	55
	ประชากร	55
	กลุ่มตัวอย่าง	55
	เกณฑ์การคัดเข้าของกลุ่มตัวอย่าง	55
	เกณฑ์การคัดออกของกลุ่มตัวอย่าง	56
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	57
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	58
	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	59
	การวิเคราะห์ข้อมูล	62
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	64
5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	117
	สรุปผลการวิจัย	118
	อภิปรายผลการวิจัย	120
	ข้อเสนอแนะ	128
รายการอ้างอิง		129
ภาคผนวก		137
	ภาคผนวก ก ใบรับรองโครงการวิจัย	138
	ภาคผนวก ข ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย	140
	ภาคผนวก ค หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย	147
	ภาคผนวก ง แบบคัดกรองอาสาสมัคร	150
	ภาคผนวก จ แบบสอบถามประวัติสุขภาพ	152
	ภาคผนวก ฉ ขั้นตอนการเดินออกกำลังกาย	155
	ภาคผนวก ช แบบเสื้อเพิ่มน้ำหนัก	157
	ภาคผนวก ซ วิธีการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาและสุขสมรรถนะ	161
	ภาคผนวก ฌ วิธีการทดสอบความหนาแน่นของกระดูกส้นเท้า	172
	ภาคผนวก ญ แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาสุขสมรรถนะ	174

บทที่ หน้า

ภาคผนวก ฎ แผ่นพับข้อมูลความรู้เกี่ยวกับโรคกระดูกพรุนสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย 176
ภาคผนวก ฏ ผลการประเมินในการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหา..... 179
ภาคผนวก ฐ ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการออกกำลังกาย..... 184
ภาคผนวก ฑ ข้อมูลการเดินออกกำลังกาย 12 สัปดาห์..... 186
ภาคผนวก ฒ ข้อมูลประวัติสุขภาพ..... 190
ภาคผนวก ณ ข้อมูลก่อนการทดลองของทุกกลุ่ม (กลุ่มตัวอย่างจำนวน 63 คน)..... 194
ภาคผนวก ด วิธีการใช้เครื่องนับก้าว..... 196
ภาคผนวก ต ข้อมูลการทดสอบแรงปฏิกริยาที่กระทำต่อพื้นในแนวดิ่งขณะเดินบนลู่วิ่ง.. 198
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 202

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สรุปสารทางชีวเคมีของวงจรการสลายกระดูกเก่าและการสร้างกระดูกใหม่.....	27
2	ค่าปกติของระดับโบนมาร์กเกอร์ในสตรีวัยเจริญพันธุ์.....	29
3	แสดงวิธีการคำนวณเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของการสร้างกระดูก.....	29
4	สรุปงานวิจัยที่มีการใช้ชุดเพิ่มน้ำหนัก.....	52
5	การเพิ่มความหนักของเสื้อเพิ่มน้ำหนัก.....	61
6	ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลการออกกำลังกายของทุกกลุ่ม	66
7	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ ของค่าการสร้างของกระดูก และการสลายของกระดูก ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	68
8	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าการสร้างและการสลายของกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	70
9	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างของกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	71
10	การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าการสร้าง และการสลายของกระดูก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลอง (EW) และกลุ่มควบคุม (E).....	72
11	การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าการสร้าง และการสลายของกระดูก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	73
12	การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าการสร้าง และการสลายของกระดูก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ (NB) และกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ (HB).....	74
13	การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าการสร้างของกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	75

ตารางที่		หน้า
14	การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และข้อมูลสุขสมรรถนะ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลอง (EW) และกลุ่มควบคุม (E).....	76
15	การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และข้อมูลสุขสมรรถนะ หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลอง (EW) และกลุ่มควบคุม (E).....	79
16	การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และข้อมูลสุขสมรรถนะ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม..	82
17	การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ โดยวิธีแอลเอสดี ของทุกกลุ่ม.....	85
18	การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และข้อมูลสุขสมรรถนะ หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม	86
19	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาและสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในกลุ่มที่ 1 (NBEW).....	89
20	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 (NBEW).....	92
21	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาและสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในกลุ่มที่ 2 (HBEW).....	94
22	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 2 (HBEW).....	97
23	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาและสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในกลุ่มที่ 3 (NBE).....	99

ตารางที่		หน้า
24	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 3 (NBE)……	102
25	การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในกลุ่มที่ 4 (HBE)……..	104
26	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 4 (HBE)……	107

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความหนาแน่นของกระดูกของเพศหญิงในวัยต่างๆ.....	11
2	วงจรการปรับแต่งกระดูก.....	16
3	ส่วนประกอบต่างๆของคอลลาเจน.....	26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการวิจัย……..……	54
2	สรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย…….……..	63
3	ค่าเฉลี่ยของการสร้างของกระดูกก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	109
4	ค่าเฉลี่ยของการสลายของกระดูกก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	109
5	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการสร้างและสลายของกระดูกหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	110
6	ค่าเฉลี่ยของการสร้างของกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	110
7	ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	111
8	ค่าเฉลี่ยของมวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมันก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	111
9	ค่าเฉลี่ยของไขมันก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	112
10	ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ไขมันก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	112
11	ค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม…….....	113
12	ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขาก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	114
13	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	114
14	ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขนก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	115
15	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	115

แผนภูมิที่		หน้า
16	ค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	116
17	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	116

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประชากรวัยทำงาน อายุ 30-60 ปี เป็นวัยทำงานที่มีความสำคัญของชาติ เนื่องจากมีประสบการณ์และมีศักยภาพในการทำงาน รวมทั้งเป็นวัยที่มีตำแหน่งหน้าที่การงานที่ต้องมีความรับผิดชอบ ทำให้ส่วนใหญ่ละเลยการดูแลส่งเสริมสุขภาพตนเอง มีพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม เช่น รับประทานอาหารเกินพอดี และขาดการออกกำลังกาย

วัยผู้ใหญ่ตอนต้นถือว่าเป็นวัยที่ร่างกายมีความสมบูรณ์เต็มที่ (แสงจันทร์ ทองมาก, 2541) จนกระทั่งเมื่อเข้าสู่ช่วงอายุ 30 ขึ้นไป หากไม่มีการออกกำลังกาย หรือดูแลสุขภาพอย่างสม่ำเสมอ จะพบว่า เนื้อกระดูกจะค่อยๆ ลดลงไป พร้อมกับการเปลี่ยนแปลงในทางเสื่อมของอวัยวะอื่นๆในร่างกาย (ธวัช ประสาทฤทธา, 2549) ทำให้สุขภาพเริ่มมีปัญหา และเมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ตอนกลางจะพบว่าร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลงในหลายๆด้าน ซึ่งประชากรวัยนี้เป็นวัยก่อนย่างเข้าสู่วัยสูงอายุ ผู้ที่อยู่ในช่วงนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงของร่างกายมากมาย โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับฮอร์โมนเพศ ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพกาย สุขภาพจิต และสังคม (อุรุษา เทพพิสัย, 2547) โรคที่พบบ่อยในกลุ่มนี้ ได้แก่ โรคหลอดเลือดและหัวใจ โรคไขมันในเลือดสูง และโรคกระดูกพรุน ซึ่งมีผลมาจากการมีมวลกระดูกลดลง ทำให้กระดูกมีความเปราะบาง และแข็งแรงลดลง โดยเฉพาะในเพศหญิง ที่เข้าสู่ช่วงหมดประจำเดือน ระดับฮอร์โมนเอสโตรเจนจะลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้กระบวนการสลายของกระดูกเพิ่มขึ้น จึงเป็นสาเหตุทำให้ความหนาแน่นของมวลกระดูกลดลงเร็วกว่าเพศชายเมื่อเทียบในระดับอายุเดียวกัน (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549; ทิพยเนตร อริยปิติพัทธ์, 2549; อุดม วิศฎสนทร, 2543;นิตยา ศรีสังวาลย์, 2543) ด้วยปัจจัยดังกล่าวทำให้เพศหญิงมีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคกระดูกพรุนมากกว่าเพศชาย และจากข้อมูลทางสถิติพบว่าเพศหญิงเป็นโรคกระดูกพรุนมากกว่าเพศชาย 3 เท่า (ทิพยเนตร อริยปิติพัทธ์, 2549)

การเกิดโรคกระดูกพรุน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรูปร่าง โดยเฉพาะส่วนของกระดูกสันหลัง ในประเทศไทยได้มีการสำรวจความชุกของโรคกระดูกพรุนในปี พ.ศ. 2541 และ พ.ศ. 2544 ตามลำดับ พบว่า ร้อยละ 19-21 ของสตรีที่มีอายุ 40 ปี ขึ้นไป เป็นโรคกระดูกพรุนบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbar spine,L1-L4) และร้อยละ 11-13 เป็นโรคกระดูกพรุนบริเวณคอของกระดูกสะโพก (femoral neck) (สำนักวิชาการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2548) และยังพบว่าโรคกระดูกพรุนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดกระดูกหักในผู้สูงอายุ เมื่อพิจารณาแยกเป็นแต่ละส่วนของร่างกาย พบว่า กระดูกหักที่ข้อมือเริ่มมากขึ้นเมื่ออายุ 50 ปีขึ้นไป ตามด้วยกระดูกสันหลังเมื่ออายุ 60 ปีขึ้นไป และกระดูกสะโพกเมื่ออายุ 70 ปีขึ้นไป (สมชาย

เอื้อรัตนวงศ์, 2544) จากข้อมูลในประเทศสิงคโปร์พบว่า ผู้ป่วย 1 ใน 5 ที่มีกระดูกสะโพกหักหรือร้าวเนื่อง จากภาวะโรคกระดูกพรุน จะเสียชีวิตภายใน 1 ปี และพบว่า 1 ใน 3 ของคนเหล่านี้จะพิการเดินไม่ได้ต้องใช้รถเข็น หรือเคลื่อนไหวร่างกายไม่ได้เลย (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549) มีการประเมินว่าถ้าสามารถชะลอการสูญเสียของเนื้อกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือนออกไปได้อีก 5 ปี จะสามารถลดอุบัติการณ์กระดูกสะโพกหักในสตรีได้ถึง 50 % (สุทธิชัย จิตะพันธ์กุล, 2544)

ในปัจจุบันมีวิธีการป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนหลายวิธี เช่น การรับประทานอาหารที่ถูกต้อง การจัดวางท่าทางที่ถูกต้อง การออกกำลังกาย และการใช้ยาบางชนิด การรักษาด้วยยาในบางกรณีมีข้อจำกัด และอาจเกิดผลข้างเคียง นอกจากนั้นแล้วยังต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นด้วย (เสกอักษรานุเคราะห์, 2539) ดังนั้นหากเราเลือกวิธีการป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนที่ไม่เป็นอันตราย เพียงแค่เราปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ชีวิตประจำวัน เพิ่มกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายให้มากขึ้น โดยการออกกำลังกาย ซึ่งนอกจากจะช่วยในเรื่องของโรคกระดูกพรุนแล้วนั้น ยังส่งผลดีต่อสุขภาพร่างกายในด้านอื่นด้วย

การออกกำลังกาย คือการที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง ร่างกายมีการยืด-หด ตัวของกล้ามเนื้อ มีการเคลื่อนไหวของข้อต่อ อาจมีการลงน้ำหนักหรือไม่มีการลงน้ำหนักต่อโครงสร้างร่างกาย การออกกำลังกายที่ถูกต้องเพื่อป้องกันการเกิดภาวะกระดูกพรุน ที่สำคัญมี 3 ชนิด ได้แก่ การออกกำลังกายที่มีการลงน้ำหนัก (weight bearing exercise) เพื่อเสริมสร้างเนื้อกระดูกโดยรวม การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (strengthening exercise) รวมทั้งการฝึกการทรงตัว (balancing exercise) (วิไล คุปต์นิรัติศัยกุล, 2552) โดยรัชตะ รัชตะนาวิน (2543)ได้กล่าวถึงผลการศึกษาของอุมาพร สุทัศน์วรวุฒิ ซึ่งพบว่า คนไทยในวัยเจริญเติบโตออกกำลังกายค่อนข้างน้อย และจากผลการศึกษาของนพวรรณ เปียซื่อได้ผลชัดเจนว่าคนไทยในกรุงเทพมหานครออกกำลังกายน้อยกว่าคนในชนบท และพบว่าผู้ที่ออกกำลังกายมากกว่าจะมีมวลกระดูกสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการออกกำลังกายที่ไม่เต็มที่นี้เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งของโรคกระดูกพรุน (รัชตะ รัชตะนาวิน, 2543) รูปแบบการออกกำลังกายชนิดต่างๆ ที่เพิ่มความทนทานและมีการลงน้ำหนัก (weight-bearing endurance activities) เช่น การเดินเร็ว หรือเดินขึ้นลงบันได จ๊อกกิ้ง เทนนิส เป็นต้น กีฬาหรือกิจกรรมที่มีการกระโดดร่วมด้วย เช่น วอลเลย์บอล บาสเกตบอล และการบริหารกล้ามเนื้อด้วยแรงต้านเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เช่น การยกน้ำหนัก หรือดึงยางยืด การออกกำลังกายในรูปแบบดังกล่าวจะมีผลดีต่อกระดูก และกิจกรรมที่เพิ่มความทนทานและมีการลงน้ำหนักความหนักที่ใช้ควรอยู่ในระดับปานกลางถึงหนัก ควรปฏิบัติ 3-5 ครั้ง/สัปดาห์ ระยะเวลา 30-60 นาที/วัน (ฉกาจ ผ่องอักษร, 2552) มานพ ภู่สุวรรณ์ ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และพงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์ (Phoosuwan, Kritpet, and Yuktanandana, 2009) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการฝึกโยคะแบบลงน้ำหนัก ผลพบว่าการฝึกโยคะแบบลงน้ำหนัก มีผลต่อการชะลอการสลายของกระดูก โคชร์ทและคณะ (Kohrt et al.,1997) ได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกริยากระทำต่อข้อ

ต่อ เช่น การยกน้ำหนัก และการพายเรือ หรือ แบบที่มีแรงปฏิกริยากระทำต่อพื้น เช่น การเดิน การวิ่ง การก้าวขึ้นบันได ในหญิงสูงอายุ พบว่าการออกกำลังกายทั้ง 2 แบบทำให้ความหนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณสันหลัง โคนขา และกระดูกแขนเพิ่มขึ้น ส่วนบริเวณกระดูกสะโพกนั้นเพิ่มขึ้นเฉพาะในการออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกริยากระทำต่อพื้น

การเดินออกกำลังกายเป็นกิจกรรมหนึ่งที่ช่วยพัฒนาระบบไหลเวียน ความอ่อนตัว และทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และกระดูกเพิ่มขึ้นด้วย โดยมีความหนัก ระยะเวลา และความถี่เช่นเดียวกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกทั่วไป ฮาโตริ และคณะ (Hatori et al., 1992)ได้ทำการศึกษาผลของการเดินออกกำลังกายในความหนักที่ระดับจุดเริ่มล้าต่อการสูญเสียของมวลกระดูกเป็นระยะเวลา 7 เดือน ได้ผลสรุปว่า การออกกำลังกายในความหนักระดับจุดเริ่มล้ามีความปลอดภัยและมีผลต่อการป้องกันการสูญเสียของมวลกระดูก นอกจากนี้แล้วยังมีแนวคิดเกี่ยวกับการเพิ่มน้ำหนักตัวขณะออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดย ชอว์ และ สโนว์ (Shaw and Snow, 1998) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายโดยการใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักเพื่อปรับปรุงปัจจัยเกี่ยวกับการหกล้มในผู้สูงอายุ ซึ่งใช้รูปแบบการออกกำลังกายแบบแรงต้าน (resistance exercise) ซึ่งช่วงเริ่มต้นใช้ความหนักของเสื้อ 5% ของน้ำหนักตัว ปรับเพิ่ม 1-2 % ทุก 2 สัปดาห์ เมื่อถึง 10 % แล้วหลังจากนั้นเพิ่ม 0.5-1% ในทุก 2 สัปดาห์ หลังจากนั้น 8-12 สัปดาห์ ให้ลด ความหนัก 4 % เป็นเวลา 2 สัปดาห์ แล้วจึงเพิ่มน้ำหนักตามวิธีดังกล่าวจนครบ 9 เดือน ซึ่งความหนักสูงสุดที่ใช้ในช่วงสุดท้ายนั้นประมาณ 16-20% ผลที่ได้พบว่า ในกลุ่มที่มีการออกกำลังกายมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ต่อมา สโนว์และคณะ (Snow et al., 2000) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักออกกำลังกายในระยะยาวเพื่อป้องกันการสูญเสียของมวลกระดูกบริเวณสะโพกในหญิงวัยหมดประจำเดือน ซึ่งใช้วิธีการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขณะที่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (weighted vests) 11 ปอนด์ ผลที่ได้พบว่า ในกลุ่มที่ได้รับการฝึกมีการสูญเสียของมวลกระดูกน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ฝึกตามโปรแกรมดังกล่าว นอกจากนี้แล้ว มิลลิเกน และคณะ (Milliken et al., 2001)ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการออกกำลังกายต่อการเปลี่ยนแปลงของกระดูก อินซูลินลิงค์โกรธห์เฟคเตอร์ และความหนาแน่นของมวลกระดูกในหญิงวัยหมดประจำเดือนที่ได้รับและไม่ได้รับฮอร์โมนทดแทน ซึ่งรูปแบบการออกกำลังกายที่ใช้มีทั้งการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีการลงน้ำหนัก (aerobic weight bearing) และออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (resistance training) รวมกัน การออกกำลังกายแบบแอโรบิกใช้วิธีการเดินขึ้นบันได เดินออกกำลังกาย และการกระโดดเชือก เมื่อออกกำลังกายไประยะหนึ่งแล้วทำการเพิ่มความหนักในการออกกำลังกายด้วยการใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก 10 ปอนด์ ผลที่ได้พบว่า การใช้ฮอร์โมนทดแทน และการออกกำลังกายทำให้ความหนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณสันหลัง และกระดูกคอสะโพกเพิ่มขึ้น จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นนี้มีการใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนักเพื่อเพิ่มความหนักในการออกกำลังกายและยังทำให้แรงกดต่อกระดูกสะโพกและกระดูกสันหลังเพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลต่อการชะลอการสลายของมวลกระดูกได้ ภนารี

พานเพียรศิลป์ (2541) ได้อ้างถึงทฤษฎีของวูฟ ที่กล่าวว่า ว่าแรงหรือน้ำหนัก (weight bearing) ที่กดลงบนกระดูกมากขึ้น จะทำให้ กระดูกยาว(long bone) รับแรงชนิดกด (bending load) ส่งผลกระตุ้นกลไกทำให้แร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของกระดูกเพิ่มขึ้นด้วย ผลที่ตามมาคือ ทำให้กระดูกแข็งแรงขึ้น และทำให้กระดูกมีโอกาสหักได้น้อยลงเมื่อได้รับแรงกดในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน การรับน้ำหนัก (weight bearing) ของกระดูก และการหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นแรงกลส่วนใหญ่ที่ออกแรงกระทำต่อกระดูก สภาวะที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหวน้อยกว่าปกติ (hypodynamic) และสภาวะที่ร่างกายมีการเคลื่อนที่มากกว่าปกติ (hyperdynamic) มีผลต่อการรักษาระดับสมดุลของกระดูก การเปลี่ยนแปลงของกระดูกเป็นสัดส่วนโดยตรงกับน้ำหนักหรือแรงที่กระทำต่อกระดูก และพบว่าปริมาณของแรงที่กระทำต่อกระดูกมีความสำคัญมากกว่าความถี่ของแรงที่กระทำต่อกระดูก (ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541) และจากการศึกษาถึงความ สัมพันธ์ระหว่างกล้ามเนื้อและมวลกระดูก พบว่าในกลุ่มที่มีการออกกำลังกายจะทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงมากขึ้น และเป็นที่ทราบกันว่ามวลกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเนื้อเป็นอย่างมาก และด้วยเหตุนี้มวลกล้ามเนื้อทั่วร่างกายย่อมมีความสัมพันธ์กับมวลกระดูก และพื้นที่หน้าตัดของกระดูกด้วย (Beck et al., 2001)

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าการศึกษาวิจัยส่วนใหญ่ทำการศึกษาในหญิงวัยหมดประจำเดือน หรือวัยสูงอายุ แต่เนื่องด้วยหลักทางสรีรวิทยาที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าผู้หญิงวัยทำงานที่มีอายุ 30 ขึ้นไป เนื้อกระดูกจะค่อยๆลดลง จนกระทั่งบางมากในผู้สูงอายุ โดยเฉพาะบริเวณกระดูกสันหลังและกระดูกสะโพก ดังนั้นควรมีการป้องกันและรักษาตั้งแต่ระยะแรกเริ่มเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุน และยังพบว่าในต่างประเทศได้ทำการทดลองเปรียบเทียบรูปแบบของการใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักขณะออกกำลังกายกับกลุ่มที่ไม่ได้ออกกำลังกาย หรือในกลุ่มที่ใช้ฮอร์โมนทดแทน ซึ่งยังไม่มีงานวิจัยเรื่องใดที่ศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนักกับการออกกำลังกายที่เหมือนกัน ประกอบกับการวิจัยเกี่ยวกับการใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนักขณะออกกำลังกายยังไม่พบว่ามีการศึกษาในประเทศไทย ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะทำการศึกษาการออกกำลังกายในหญิงวัยทำงาน (อายุ 30–60 ปี) ด้วยการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก มีผลต่อการสร้างและการสลายของกระดูก และสุขสมรรถนะอย่างไร ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการออกกำลังกายเพื่อป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุนและเพื่อส่งเสริมสุขภาพ ผู้วิจัยคาดว่าการเดินแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก จะทำให้การเดินออกกำลังกายมีประสิทธิภาพส่งผลต่อสุขสมรรถนะดีกว่า และลดอัตราการสลายของกระดูกได้มากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักต่อการสร้างและการสลายของกระดูก

2. เพื่อเปรียบเทียบการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ต่อสุขสมรรถนะ

3. เพื่อศึกษาผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มหนักต่อการสร้างและการสลายของกระดูกในกลุ่มผู้หญิงที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ และสูงกว่าปกติ

สมมติฐานของการวิจัย

1. การเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก จะส่งผลต่อ การชะลอการสลายของกระดูก และสุขสมรรถนะ มากกว่าการเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก

2. หญิงวัยทำงาน ในกลุ่มที่มีการสร้างกระดูก และการสลายกระดูกในอัตราปกติ ที่ออกกำลังกายด้วยวิธีการเดินแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก จะส่งผลทำให้มีการชะลอการสลายของกระดูกมากกว่าการเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก

3. หญิงวัยทำงาน ในกลุ่มที่มีการสร้างกระดูก และการสลายกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติที่ออกกำลังกาย ด้วยวิธีการเดินแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก จะส่งผลทำให้มีการชะลอการสลายของกระดูก มากกว่าการเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก

ขอบเขตของการวิจัย

1. ตัวแปรจากการวิจัยครั้งนี้ศึกษาการเปรียบเทียบผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่ม น้ำหนักส่งผลต่อการสร้างของกระดูก การสลายของกระดูก และสุขสมรรถนะทางกาย โดยจำแนกตัวแปรที่ศึกษาดังนี้

1.1 ตัวแปรอิสระ (independent variables) คือรูปแบบการเดินออกกำลังกาย

1.1.1 เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก

1.1.2 เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก

1.2 ตัวแปรตาม (dependent variables)

1.2.1 ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา ประกอบด้วย น้ำหนัก ส่วนสูง อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และความดันโลหิตขณะพัก อัตราส่วนเอวต่อสะโพก และดัชนีมวลกาย

1.2.2 ข้อมูลด้านสุขสมรรถนะประกอบด้วย

1.2.2.1 ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและการหายใจ (สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด)

1.2.2.2 ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา (การลุก-นั่ง เก้าอี้ 1 นาที) ความแข็งแรงและความอดทนของกลุ่มกล้ามเนื้อแขน และไหล่ (ดันพื้น 1 นาที “modified knee push up”)

1.2.2.3 ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ (นั่งงอตัว)

1.2.2.4 องค์ประกอบของร่างกาย เช่น มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน ไขมัน และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย

1.2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับกระดูก (bone marker) ประกอบด้วย

1.2.3.1 ค่าการสร้างของกระดูก (P1NP)

1.2.3.2 ค่าการสลายของกระดูก (β-crossLaps)

ประกอบด้วย การสร้างของกระดูก ตรวจค่าพีวันเอ็นพี (P1NP) และการสลายของกระดูกตรวจค่าเบต้าครอสแล็ป (β-crossLaps)

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้คืออาสาสมัครซึ่งเป็นบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 30-60 ปี เพศหญิง และกลุ่มตัวอย่างใช้เวลาในการออกกำลังกาย 12 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆ 30 นาที

3. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่ดื่มชา หรือกาแฟเกิน 2 แก้วต่อวัน ไม่ดื่มสุราและสูบบุหรี่

4. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่มีภาวะของโรคข้อเสื่อม และรับประทานยาหรือฮอร์โมนที่มีผลต่อกระดูก มาก่อนการเข้าร่วมการวิจัยอย่างน้อย 1 ปี

5. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่เป็นโรคหัวใจ หรือโรคที่เป็นอุปสรรคสำหรับการเดินออกกำลังกาย

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครที่เต็มใจเข้าร่วมการวิจัย และได้รับการชี้แจงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนกับขั้นตอนการวิจัยและปฏิบัติตามเงื่อนไขในการวิจัยพร้อมทั้งลงชื่อยินยอมเพื่อเข้าร่วมทำการทดลอง

2. ตลอดระยะเวลาการทดลอง กลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกตามโปรแกรมที่กำหนด และต้องไม่ทำการออกกำลังกายชนิดอื่นเพิ่มเติม

3. กลุ่มตัวอย่างได้รับการกระตุ้นและแรงจูงใจให้มีการออกกำลังกายตามโปรแกรมอย่างสม่ำเสมอ

4. ใช้สถานที่ทำการทดลองเหมือนกัน และผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลการออกกำลังกายด้วยตนเองทุกครั้ง

ข้อจำกัดของการวิจัย

ผู้วิจัยได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการดูแลรักษาสุขภาพร่างกาย แต่ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมพฤติกรรม การดำรงชีวิตประจำวันของกลุ่มตัวอย่าง เช่น การรับประทานอาหาร การนอนหลับพักผ่อน กิจวัตรการทำงานเป็นต้น

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (weighted vests) หมายถึง การเพิ่มน้ำหนัก โดยการใส่เสื้อที่มีลักษณะคล้ายเสื้อไม่มีแขน (เสื้อกั๊ก) มีช่องบรรจุแผ่นน้ำหนักเพื่อใช้ในการเพิ่มน้ำหนักตัวให้แก่ร่างกาย และเพื่อใช้ในการปรับ เปลี่ยนน้ำหนักตามความเหมาะสม ลักษณะของเสื้อสามารถปรับขนาดได้เพื่อให้มีขนาดพอดีกับรูปร่าง

การเดินออกกำลังกาย หมายถึง การออกกำลังกายด้วยการเดินเร็วอย่างต่อเนื่องบนลู่กล ที่ระดับความชัน 0 % เป็นเวลา 30 นาที ด้วยความหนัก 65- 75% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ก่อนการเดินออกกำลังกายทำการอบอุ่นร่างกาย 5 นาที และหลังการเดินออกกำลังกายทำการผ่อนคลายร่างกาย 10 นาที รวมเวลาทั้งหมด 45 นาที

การตรวจโบนมาร์กเกอร์ (bone marker) หมายถึง การตรวจดูความเปลี่ยนแปลงของกระดูกในขณะที่เกิดจากการทำงานของ ออสทีโอบลาสท์ (การสร้างของกระดูก) และ ออสทีโอคลาสท์ (การสลายตัวของกระดูก)โดยการตรวจด้วยขบวนการเคมีที่สามารถบอกการสลายและการสร้างมวลกระดูกได้ ในภาวะการสร้างของกระดูก ทำการตรวจค่าพีวันเอ็นพี (P1NP: procollagen type 1 nitrogenous terminal propeptides) มีค่าปกติอยู่ในช่วง 40.78-48.35 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และการสลายของกระดูก ทำการตรวจค่าเบต้าครอสแล็ป (β-crossLaps) มีค่าปกติอยู่ในช่วง อยู่ในช่วง 0.293-0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550; 2551)

การสร้างกระดูกและการสลายกระดูกในอัตราปกติ หมายถึง การสลายของกระดูก คือ ค่าเบต้าครอสแล็ปในเลือด (β-crossLaps) อยู่ในช่วง 0.293-0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และการสร้างของกระดูก คือ ค่าพีวันเอ็นพี (P1NP) อยู่ในช่วง 40.78-48.35 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

การสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ หมายถึง การสลายของกระดูก คือค่าเบต้าครอสแล็ปในเลือด (β-crossLaps) สูงกว่า 0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และการสร้างของกระดูก คือ ค่าพีวันเอ็นพี (P1NP) สูงกว่า 48.35 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

สุขสมรรถนะ (health-related physical fitness) หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติภารกิจประจำวันอย่างต่อเนื่องด้วยความกระฉับกระเฉงและตื่นตัว ปราศจากความเมื่อยล้า โดยมีองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ (cardiorespiratory endurance) ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (muscular strength and endurance) ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ (muscular flexibility) และองค์ประกอบของร่างกาย (body composition)

ผู้หญิงวัยทำงาน (working women) หมายถึง กลุ่มผู้หญิงวัยทำงานที่ทำงานนั่งโต๊ะในสำนักงาน ที่มีอายุ 30-60 ปี

ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักมีผลอย่างไรต่อสุขสมรรถนะ
2. ผลที่ได้จากการศึกษานำไปประยุกต์ใช้สำหรับการออกกำลังกายในหญิงวัยทำงานเพื่อป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุน
3. เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับรูปแบบการออกกำลังกายที่ส่งผลต่อการสร้างและการสลายของกระดูก
4. เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการเพิ่มความหนักของเสื้อเพิ่มน้ำหนักที่ใช้ในขณะออกกำลังกายที่เหมาะสมในหญิงวัยทำงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารวบรวมเอกสาร ตำราและงานวิจัยทั้งในประเทศ และต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้ โดยได้นำเสนอดังหัวข้อหลักต่อไปนี้

ก. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. พัฒนาการของวัยผู้ใหญ่
2. ชีวภาพของกระดูก
3. โรคกระดูกพรุน
4. การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน
5. การประเมินโดยการตรวจวัดทางชีวเคมีของการสร้าง และการสลายของกระดูก (biochemical bone markers)
6. แนวทางในการป้องกัน และรักษาโรคกระดูกพรุน
7. กิจกรรมทางกายและความแข็งแรงของกระดูก
8. การเดินออกกำลังกาย
9. ชุดเพิ่มน้ำหนัก (weight clothing)

ข. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ
2. งานวิจัยในต่างประเทศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. พัฒนาการของวัยผู้ใหญ่ (พวงเพ็ญ ชุณหปราณ, 2536; แสงจันทร์ ทองมาก, 2541)

ผู้ที่เติบโตจากวัยรุ่นเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ และวัยสูงอายุ ได้ผ่านพัฒนาการตามวัยมาแล้วหลายขั้นตอน แต่ละวัยที่ผ่านมามีทั้งพัฒนาการทางร่างกาย สติปัญญา จิตใจ อารมณ์ และสังคม วัยผู้ใหญ่และวัยผู้สูงอายุ แต่ละวัยมีพัฒนาการที่ต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

1 อายุ 20-35 เป็นระยะวัยผู้ใหญ่ตอนต้น (early-adulthood)

2 อายุ 36-60 ปี เป็นระยะวัยผู้ใหญ่ตอนกลาง (middle- adulthood)

3 อายุ 60 ปี ขึ้นไป เป็นระยะวัยผู้ใหญ่ตอนปลาย หรือวัยสูงอายุ จนถึงระยะปลายของชีวิต (late-adulthood / later maturity)

พัฒนาการของวัยผู้ใหญ่ตอนต้น

วัยผู้ใหญ่ตอนต้น หรือวัยหนุ่มสาว หมายถึงบุคคลที่มีอายุระหว่าง 20-35 ปี ผู้ใหญ่ตอนต้นหลายคนเป็นบุคคลที่มีความสามารถ และรู้จักค้นคว้า หาทางเลือกที่ดีสำหรับตัวเอง ในระยะนี้ เป็นระยะที่ให้เวลากับคน ในการเจริญงอกงาม และพยายามเชื่อมโยงความยุ่งยากต่างๆที่เกิดขึ้น เพื่อก้าวไปสู่การเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณภาพ

การเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย เมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ การเจริญเติบโตจะค่อยๆลดลง แต่ก็คงมีการเจริญเติบโตต่อไปอีกเล็กน้อย ระบบต่างๆของร่างกายทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์เต็มที่ จนถึงอายุ 30 ปี หลังจากนั้นจะลดลง การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้ร่างกายแข็งแรง โดยมากแล้วเมื่อคนเข้าสู่ภาวะผู้ใหญ่แล้วก็จะเริ่มมีชีวิตที่สุขสบาย ไม่ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ ไม่มีการวางแผนออกกำลังกาย เปลี่ยนการทำงานเป็นงานอดิเรก มีรูปแบบการรับประทานอาหารที่เปลี่ยนไป ได้มีการวิจัยแล้วพบว่า ความสามารถในการทำงาน สุขภาพ อัตราการสูงอายุ จะมีการพัฒนาไปในทางที่ดี ในคนที่ออกกำลังกายสม่ำเสมอ

การเปลี่ยนแปลงของร่างกายจากผู้ใหญ่ตอนต้น ไปถึงวัยผู้ใหญ่ตอนกลาง มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ จนบางครั้งทำให้บุคคลนั้นไม่รู้สึกตัว จนล่วงเลยไปถึงอายุ 40 หรือ 50 ปี

พัฒนาการของวัยผู้ใหญ่ตอนกลาง

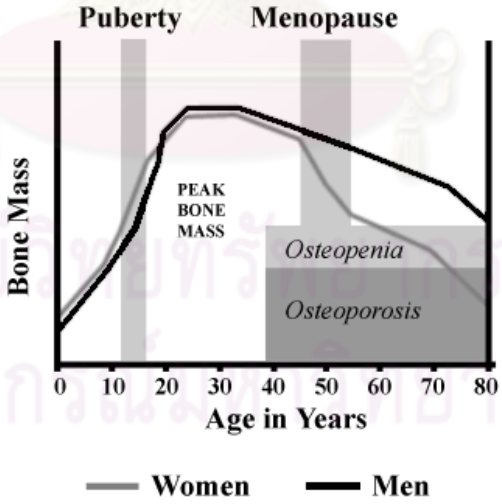
วัยผู้ใหญ่ตอนกลาง หมายถึง ผู้ที่มีอายุระหว่าง 35-60 ปี ผู้ใหญ่ตอนกลางหรือวัยกลางคนจัดเป็นทรัพยากรที่สำคัญของชาติ เนื่องจากอยู่ในช่วงวัยที่เป็นกำลังการผลิต และจากการที่เป็นวัยที่ผ่านชีวิต สะสมประสบการณ์ต่างๆ ของชีวิตมากมาย จึงทำให้ประชากรวัยนี้มีความสามารถและมีศักยภาพในการทำงาน ซึ่งสังเกตได้จากการดำรงตำแหน่งหน้าที่ระดับสูงในแต่ละหน่วยงาน

การเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย จะมีมากจนทำให้รู้สึกตกใจ และเป็นกังวล การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัด คือ ความคล่องแคล่วว่องไวทางกาย และความฉับไวของสมองซึ่งเริ่มจะ

คิดช้าลง ความจำเสื่อมลง มีการเปลี่ยนแปลงของการมองเห็นคือ สายตาจะยาวขึ้น หลอดเลือดมีความยืดหยุ่นน้อยลง โดยเฉพาะหลอดเลือดโคโรนารี่ เป็นเหตุให้วัยกลางคนเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดหัวใจ และโดยเฉพาะเพศหญิงที่อยู่ในวัยหมดประจำ เดือน จะขาดฮอร์โมนเอสโตรเจนซึ่งเสมือนตัวป้องกันระดับคอเลสเตอรอลในเลือดไม่ให้สูง นอกจากนี้เลือดที่บีบออกจากหัวใจน้อยลง และอัตราการกรองของไตก็น้อยลงด้วย ร่างกายมีการเผาผลาญลดลง มีการหลุดของแคลเซียมออกจากกระดูกทำให้กระดูกบางลงและค่อยๆ เกิดกระดูกพรุนขึ้น จากการที่เกิดกระดูกพรุนทำให้หมอนรองกระดูกค่อยๆ ยุบตัวลง มักจะเกิดที่กระดูกคอ และช่วงอกส่วนบน ซึ่งทำให้ร่างกายเตี้ยลงกว่าเดิม และหลังค่อม หญิงที่มีอายุ 55 ปี จะเสี่ยงต่อกระดูกหักมากกว่าชายที่อายุเท่ากัน 10 เท่า กระดูกที่เสี่ยงต่อการหักมากที่สุดคือ กระดูกแขน กระดูกสะโพก และกระดูกสันหลัง (แสงจันทร์ ทองมาก, 2541; อุรุษา เทพพิสัย, 2546)

พัฒนาการของกระดูกในแต่ละช่วงอายุ (ธวัช ประสาทฤทธา, 2549)

ร่างกายของมนุษย์จะมีการพัฒนากระดูกอย่างต่อเนื่องตั้งแต่แรกเกิดจนถึงอายุ 18-20 ปี จากนั้นจะคงสภาพความแข็งแรงถึงอายุ 25-30 ปี หลังจากนั้นกระดูกจะค่อยๆบางลง แต่ยังไม่มีอาการ และการแสดงที่สำคัญ หลังจากอายุ 40 ปี เนื้อกระดูกเริ่มบางเพิ่มขึ้น (ประมาณร้อยละ 0.5-1 ต่อปี) จากการสลายของเนื้อกระดูก หลังจากอายุ 50 ปี เพศหญิงเริ่มเข้าสู่วัยหมดประจำเดือน เนื้อกระดูกเริ่มบางลง ประมาณร้อยละ 2-3 ต่อปี



รูปที่ 1 แสดงความหนาแน่นของกระดูกของเพศหญิงในวัยต่างๆ (ดัดแปลงมาจาก Guilliams, 2009)

2. ชีวภาพของกระดูก

โครงสร้างของกระดูก

กระดูกของคนเราปกติมีน้ำหนักประมาณ 4 กิโลกรัม มีปริมาตรทั้งหมดประมาณ 1,750 มิลลิลิตร และมีปริมาณแคลเซียมทั้งหมดประมาณ 1,500 กรัม (ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550) กระดูกเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ชนิดหนึ่งในร่างกายประกอบด้วย

1. เซลล์
2. สารระหว่างเซลล์ (extracellular matrix)
3. แร่ธาตุของกระดูก (bone mineral)

ในส่วนของสารระหว่างเซลล์ เกิดจากโครงข่ายของเส้นใยคอลลาเจน โดยมีแร่ธาตุของกระดูก ซึ่งส่วนใหญ่ คือ แคลเซียมแทรกตัวอยู่ทำให้กระดูกมีความแข็งแกร่ง โดยทั่วไปกระดูกทำหน้าที่ดังนี้คือ

1. ในด้านการป้องกัน โดยเป็นโครงสร้างที่แข็งแกร่ง ในการป้องกันอวัยวะสำคัญในร่างกาย เช่น สมอง ตับ ปอด และหัวใจ
2. ด้านการเคลื่อนไหว โดยเป็นที่ยึดเกาะสำหรับกล้ามเนื้อเพื่อการเคลื่อนไหวของร่างกาย
3. ด้านเมแทบอลิซึม โดยเป็นแหล่งเก็บสะสม และปลดปล่อยแร่ธาตุต่างๆ ของร่างกาย โดยเฉพาะแคลเซียม ทั้งนี้ร้อยละ 90 ของแคลเซียมในร่างกายสะสมอยู่ในกระดูก
4. ด้านฮีโมโพเอซิส (hemopoiesis) โดยเป็นแหล่งสังเคราะห์ ไซโตไคน์ (cytokine) ที่จำเป็นต่อการพัฒนาเซลล์ต่างๆในไขกระดูก (bone marrow)

การจำแนกประเภทกระดูก

กระดูกทั่วร่างกายสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ

1. กระดูกเนื้อแน่น (compact bone หรือ cortical bone)
2. กระดูกเนื้อพรุน (trabecular bone หรือ cancellous bone)

กระดูกเนื้อแน่น (cortical bone) มีสัดส่วนอยู่ร้อยละ 80 ของกระดูกทั่วร่างกาย แต่การย่อยสลายของกระดูกเก่าและการสร้างกระดูกใหม่เกิดขึ้นในกระดูกเนื้อแน่นเพียงร้อยละ 20 ตรงข้ามกับกระดูกเนื้อพรุน (trabecular bone) ซึ่งเป็นสัดส่วนของกระดูกทั่วร่างกายเพียงร้อยละ 20 แต่กระบวน การสลายและการสร้างของกระดูกเกิดในส่วนนี้ถึงร้อยละ 80 ด้วยเหตุนี้จึงพบว่า ในกระดูกที่มีส่วนประกอบของ กระดูกเนื้อพรุนอยู่มาก เช่น กระดูกสันหลังจะพบโรคกระดูกพรุนได้เร็วกว่า และมากกว่า (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543)

เซลล์กระดูก (bone cells) (ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

กระดูกประกอบด้วยเซลล์ 5 ชนิด ซึ่งมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงบทบาทตามความต้องการของร่างกายในขณะที่โครงร่างมีการเจริญเติบโต

1. เซลล์ออสทีโอเจนิค (osteogenic cells) เป็นเซลล์ที่มีขนาดเล็ก เป็นเซลล์รูปกระสวย (spindle-shaped) ส่วนมากพบในชั้นที่ลึกที่สุดของเพอริออสเตียม (periosteum) และในเอ็นดอสเตียม (endosteum) เซลล์เหล่านี้มีอัตราการแบ่งตัวแบบไมโทซิสที่สูงและสามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ที่สร้างกระดูก (bone formation) เรียกว่า ออสทีโอบลาสท์ (osteoblast) ขณะที่มีการซ่อมแซมกระดูก

2. เซลล์ออสทีโอบลาสท์ (osteoblast cells) ทำหน้าที่สังเคราะห์ และหลั่ง “ground substance” ที่ยังไม่มีการรวมตัวของแร่ธาตุเรียกว่า ออสทีออยด์ (osteoid) เมื่อมีการรวมตัวของแคลเซียมในไฟบรัสออสทีออยด์ ทำให้ออสทีออยด์กลายไปเป็นเนื้อกระดูก (bone matrix) ออสทีโอบลาสท์มีหน้าที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแคลเซียม และฟอสเฟตเข้าและออกจากกระดูกอย่างเป็นไปตามลำดับขั้น คือเมื่อมีการสะสมของแคลเซียมในกระดูก (calcification) ก็จะมีการสลายแคลเซียมออกจากกระดูก (decalcification) ออสทีโอบลาสท์มักจะพบในบริเวณที่มีการเจริญเติบโตของกระดูกรวมทั้งบริเวณเพอริออสเตียมด้วย

3. เซลล์ออสทีโอไซต์ (osteocytes cells) เป็นเซลล์ของกระดูกที่แสดงว่ากระดูกมีการพัฒนาเต็มที่แล้ว ออสทีโอไซต์แต่ละเซลล์ที่มีอยู่ในช่องว่าง (lacuna) ภายในเนื้อกระดูก (bone matrix) และมีไซโตพลาสซึมที่มีรูปร่างเหมือนขายาวๆ ยื่นออกมาผ่านทะลุเนื้อกระดูกเข้าไปในช่องทางเดินเล็ก (canaliculi) ขายาวๆ ที่ยื่นออกมาทำหน้าที่เหมือนกับเป็นรอยเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ออสทีโอไซต์ ซึ่งเซลล์ออสทีโอไซต์เปลี่ยนแปลงมาจากเซลล์ออสทีโอบลาสท์ซึ่งจะหลั่งเนื้อเยื่อกระดูกออกมาอยู่รอบๆ ตัวเอง เซลล์ออสทีโอบลาสท์และเซลล์ออสทีโอคลาสท์มีบทบาทสำคัญในการควบคุมสมดุลร่างกายโดยช่วยให้เกิดการหลั่งแคลเซียมจากเนื้อกระดูกเข้าสู่เลือด ซึ่งเป็นการควบคุมความเข้มข้นของแคลเซียมในเลือด ออสทีโอไซต์ก็มีส่วนรักษาเนื้อกระดูกให้คงที่และอยู่ในสภาพที่ดีโดยการหลั่งเอนไซม์ และรักษาความเข้มข้นของเกลือแร่ที่บรรจุอยู่ภายใน

4. เซลล์ออสทีโอคลาสท์ (osteoclast cell) เป็นเซลล์ขนาดใหญ่ที่มีนิวเคลียสหลายอัน เคลื่อนที่อยู่บนผิวกระดูกมีหน้าที่สลาย และดูดซึมเนื้อกระดูกจากบริเวณที่มีการทำลายกระดูก เซลล์ออสทีโอคลาสท์พบทั่วไปในบริเวณที่มีการสลายกระดูกขณะที่ร่างกายมีการเจริญเติบโตอย่างปกติ และมีการเจริญมาจากเซลล์เม็ดเลือดขาวที่เรียกว่าโมโนไซต์

5. เซลล์โบน-ไลนิง (bone-lining cells) เป็นเซลล์ที่พบอยู่บนผิวของกระดูกในผู้ใหญ่เป็นส่วนใหญ่ เชื่อกันว่าเซลล์เหล่านี้เจริญมาจากเซลล์ออสทีโอบลาสท์มีหน้าที่ยับยั้งการทำงานทางสรีรวิทยาของเซลล์ออสทีโอบลาสท์และเป็นเซลล์ที่มีรูปร่างแบนเกาะอยู่บนผิวของกระดูก เซลล์เหล่านี้มีหน้าที่มากมายหลายอย่างทำหน้าที่เหมือนเป็นเซลล์ออสทีโอเจนิคซึ่งมีการแบ่งตัวและ

เปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ออสทีโอบลาสท์ บางครั้งเซลล์เหล่านี้ส่วนใหญ่จะทำหน้าที่เป็น “Ion barrier” ที่อยู่รอบๆ เนื้อเยื่อกระดูก

พัฒนาการของกระดูก (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543; เสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. การเจริญของกระดูก (growth)

การเจริญของกระดูก (growth) คือการเพิ่มหรือการขยายขนาดของกระดูก ในช่วงเด็กหรือวัยรุ่น เป็นการเจริญเติบโตตามแนวยาวของกระดูก (longitudinal growth) อันเนื่องมาจากการเพิ่ม (proliferation) ของเนื้อเยื่อกระดูกอ่อน

2. การเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (modeling)

การเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (modeling) เป็นกระบวนการซึ่งมีการปรับเปลี่ยนรูปร่างของกระดูก เพื่อตอบสนองต่อสรีระ และอิทธิพลจากการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้น กระดูกสามารถที่จะกว้างออก หรือปรับแนวของตัวมันเองโดยใช้กลไกการเคลื่อนย้ายกระดูกในตำแหน่งที่ไม่ต้องการ และเพิ่มกระดูกในตำแหน่งที่ต้องการ ยกตัวอย่างเช่น การกว้างออกของกระดูกยาว (long bone) เกิดจากการสร้างชั้นกระดูกใหม่ (new layer) ที่ผิวของเยื่อหุ้มกระดูก (periosteal surface) ในขณะที่มีการเคลื่อนย้ายกระดูกในด้านพื้นผิวของเยื่อโพรงกระดูก ปรากฏการณ์นี้จะเห็นได้ชัดเจนในช่วงวัยเด็ก และจะค่อยหมดความสามารถนี้ไปเมื่ออายุมากขึ้น การที่กระดูกยาวสามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างไปตามแรงกดที่กระทำกับมันได้ เราเรียกอีกอย่างว่า “กฎของวูฟ (Wolff’s law)”

3. การปรับแต่งกระดูก (remodeling)

การปรับแต่งกระดูก (remodeling) เป็นกระบวนการสลายกระดูกเก่า และสร้างกระดูกใหม่ซึ่งเกิดขึ้นตลอดเวลา และจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปตลอดชีวิตโดยมีการเคลื่อนย้ายกระดูกเก่า ที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง (bone resorption) ออกตามมาด้วยการสร้างกระดูกทดแทนใหม่ที่ตำแหน่งนั้นๆ (bone formation) ความแตกต่างจากการเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (modeling) อยู่ที่การเคลื่อนย้ายของกระดูก และการแทนที่ของกระดูก ในการปรับแต่งกระดูก (remodeling) จะต้องเกิดขึ้นที่ตำแหน่งเดียวกันเสมอ ในระดับที่เล็กมาก (microscopic) และการปรับแต่งกระดูก เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในทุกๆกระดูกของร่างกายตลอดเวลา แต่ในระดับที่เล็กมากนี้ทำให้เราแทบไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงใดๆ ทั้งในแง่ปริมาณ หรือรูปร่างกระดูกเลย (ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550) กระบวนการดังกล่าวนี้มีความสัมพันธ์กับการปรับสมดุลของแคลเซียมในร่างกาย (calcium homeostasis) กระบวนการนี้เป็นการทำงานของเซลล์ 2 ชนิด คือ เซลล์สลายกระดูก (osteoclast) ซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยสลายกระดูกเก่า และเซลล์สร้างกระดูก (osteoblast) ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างกระดูกใหม่ กระบวนการสลายและการสร้างกระดูกมักจะเกิดที่บริเวณผิวด้านในของกระดูก

(endosteum) ทั้งนี้กระบวน การสร้างและการสลายกระดูกจะทำให้มีการสร้างกระดูกใหม่ทดแทนที่กระดูกเก่าในอัตราร้อยละ 2-10 ต่อปี ดังนั้นการสร้างกระดูกใหม่แทนที่กระดูกเก่าจนครบทั่วร่างกายจึงอาจใช้เวลา 9-11 ปี (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543)

4. การซ่อมแซมกระดูก (repair)

การซ่อมแซมกระดูก (repair) เป็นการซ่อมแซมเมื่อมีการเสื่อมหรือหักของกระดูก ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปตลอดชีวิต

หน้าที่ของการปรับแต่งกระดูก (function of bone remodeling) (ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550)

หน้าที่หลักของการปรับแต่งกระดูก (bone remodeling) ที่ยอมรับกันในปัจจุบันมีอยู่ 2 ประการ

1. เพื่อให้มีการคงสภาพของกลไกการสะสมของกระดูก (mechanical property) โดยการแทนที่กระดูกเก่าด้วยการสร้างกระดูกใหม่ที่มีความแข็งแรง (mechanical strength) ดีกว่า

2. เพื่อควบคุมความสมดุลของแร่ธาตุต่างๆ (mineral homeostasis) ในร่างกาย กระดูกถือได้ว่าเป็นแหล่งสะสมธาตุแคลเซี่ยมและฟอสฟอรัสใหญ่ที่สุดของร่างกาย การนำแร่ธาตุเหล่านี้มาใช้และการเก็บแร่ธาตุกลับไปเมื่อเกินความต้องการ ต้องอาศัยกลไกของการปรับแต่งกระดูก (bone remodeling) จะเห็นว่าในขณะที่อัตราการหมุนเวียนของกระดูก (bone turnover rate) ในกระดูกเนื้อแน่น (cortical bone) มีเพียง 2-3% ต่อปี ซึ่งมีความเหมาะสมพอเพียงในการรักษากลไกความแข็งแรงของกระดูก (maintain mechanical strength) แต่อัตราการหมุนเวียนของกระดูก (bone turnover rate) ในกระดูกเนื้อพรุน (cancellous bone) มีมากกว่า ซึ่งสนับสนุนความคิดที่ว่า กระดูกเนื้อพรุนทำหน้าที่ในแง่ของการรักษาภาวะสมดุลของแร่ธาตุในร่างกาย มากกว่าที่จะทำหน้าที่ในแง่ของความแข็งแรง

การปรับแต่งกระดูก (bone remodeling) (ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550; สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด, 2551)

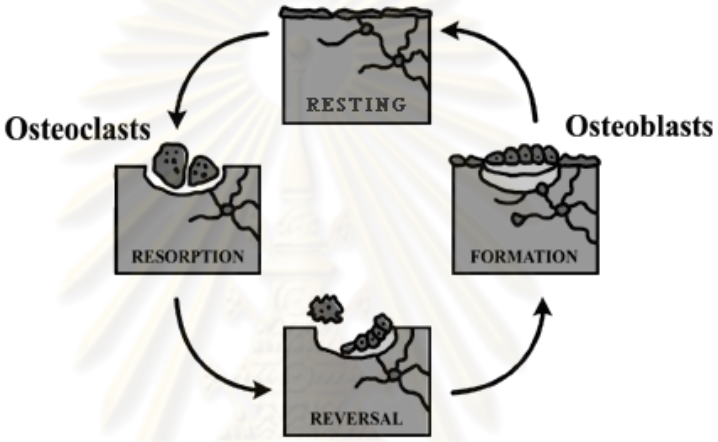
การทำงานของเซลล์กระดูกทั้งหลายจะทำให้เกิดการสร้าง และการทำลายกระดูกบนผิวกระดูก ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการเจริญเติบโตและพัฒนาของกระดูก เป็นปรากฏการณ์ที่ถือได้ว่าเป็นกุญแจสำคัญในการอธิบายกลไกการควบคุม “มวลกระดูก” (bone mass) และความบกพร่องในหน้าที่ทางสรีรวิทยา (pathophysiology) ของการเกิด ภาวะกระดูกพรุน กลไกในการหมุนเวียนกระดูกและการเกิดกระดูกใหม่เพื่อทดแทนกระดูกเก่า เรียกวงจรนี้ว่า “วงจรการปรับแต่งกระดูก” (bone remodeling cycle) แบ่งออกเป็น 4 ระยะ

1. ระยะพัก หรือระยะเริ่มต้น (resting stage / activation phase) ระยะนี้เซลล์ที่เรียงตัวอยู่บนผิวกระดูกจะถูกกระตุ้นให้เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงด้วยแรงกล ฮอร์โมน หรืออื่นๆ

2. ระยะทำลายกระดูก (resorption stage) ระยะนี้เซลล์สลายกระดูก (osteoclast) จะเข้ามาสลายกระดูกทำให้เกิดเป็นหลุมบนผิวกระดูก

3. ระยะเปลี่ยนกลับเป็นตรงกันข้าม (reversal stage) ระยะนี้เซลล์ที่มีลักษณะคล้ายมาโครฟาจ (macrophage) จะเข้ามาในหลุมกระดูก และสร้างเส้นซีเมนต์ (cement line) เพื่อจำกัดการทำลายกระดูก และเป็นตัวเชื่อมกระดูกเก่ากับกระดูกใหม่

4. ระยะสร้างกระดูก (formation stage) ระยะนี้เซลล์สร้างกระดูก (osteoblast) จะเข้ามาและสร้างเนื้อกระดูก (matrix) เติมลงในหลุมจนเต็ม ต่อมาจะมีการตกตะกอนเกลือแคลเซียมเพื่อให้เกิดเป็นกระดูกที่สมบูรณ์



รูปที่ 2 แสดงวงจรการปรับแต่งกระดูก (ดัดแปลงมาจาก Guilliams, 2009)

ระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่ระยะที่ 1-4 เป็นเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการปรับแต่งกระดูกอย่างสมบูรณ์ จะเรียกว่า “ระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูก” (remodeling period) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น “ระยะเวลาในการสลายกระดูก” (resorption period / erosion period) และ “ระยะเวลาในการสร้างกระดูก” (formation period) ในกระดูกเนื้อแน่น (cortical bone) ระยะเวลาในการสลายจะกินเวลาประมาณ 30 วัน ซึ่งในช่วงเวลานี้ อุโมงค์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 150 ไมโครเมตร (μm) หรือเรียกว่า “cutting cone” จะถูกขุดโดยออสทีโอคลาสท์ (osteoclast) หลังจากนั้นจะมีระยะเปลี่ยนกลับเป็นตรงกันข้าม (reversal stage) ซึ่งกินเวลาสั้นๆแค่ 5 วัน ระยะเวลาในการสร้างกระดูก ก็เริ่มต้นขึ้นและจะกินเวลาทั้งสิ้น 90 วัน รวมแล้วระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูกสำหรับกระดูกเนื้อแน่นจะใช้เวลาประมาณ 100 วัน สำหรับกระดูกเนื้อพรุน (trabecular bone) จะใช้เวลานานกว่าโดยระยะเวลาในการสลาย จะกินเวลาประมาณ 45 วัน มีระยะเปลี่ยนกลับเป็นตรงกันข้าม (reversal stage) ประมาณ 7 วัน และระยะเวลาในการสร้างกระดูก จะกินเวลา 145 วัน รวมแล้วระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูกในกระดูกเนื้อพรุน จะใช้เวลาทั้งสิ้น 200 วัน จะได้ความหนาของกระดูกใหม่ที่เกิดขึ้นประมาณ 60 ไมโครเมตร เวลาต่างๆนี้ล้วนเป็นค่าประมาณโดยเฉลี่ยทั้งสิ้น เพราะกระดูกแต่

ละอันจะใช้เวลาไม่เท่ากันในการปรับแต่งกระดูก โดยทั่วไปแล้ว ระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูก หรืออาจเรียกว่า “life span” ของหน่วยการปรับแต่งกระดูก (bone remodeling unit) จะอยู่ที่ประมาณ 3-9 เดือน โดยเฉลี่ยแล้วเราแทบจะผลัดเปลี่ยนกระดูกใหม่ทั้งหมดใน 10 ปี ปริมาณของเนื้อกระดูกซึ่งผลัดเปลี่ยนในหนึ่งหน่วยเวลาย่อมขึ้นอยู่กับจำนวนของตำแหน่งที่มีการปรับแต่ง (active remodeling sites) ที่เกิดขึ้นเราเรียกอัตราการเกิดของตำแหน่งที่มีการปรับแต่ง หรือหน่วยการปรับแต่งกระดูก นี้ว่า “ความถี่ในการกระตุ้น” (activation frequency) ภาษาธรรมดาจะเรียกว่า “อัตราการหมุนเวียนกระดูก” (bone turnover rate) (ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550) ในวัยผู้ใหญ่กระบวนการปรับแต่งกระดูกจะเกิดขึ้นตลอดเวลา โดยปริมาณของกระดูกที่สร้างขึ้นใหม่จะใกล้เคียงกับกระดูกที่ถูกทำลาย ดังนั้น ปริมาณรวมของกระดูกทั้งหมดจะคงที่เสมอ เรียกว่า “กลไกคู่ควบ” (coupling mechanism) ซึ่งกลไกนี้มีความสำคัญอย่างมาก ทั้งนี้ เนื่องจากถ้ากลไกนี้ถูกรบกวนจะทำให้เกิดภาวะผิดปกติขึ้นได้ เช่น ภาวะกระดูกบาง (osteopenia) และภาวะกระดูกหนา (osteosclerosis) (สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด, 2551)

กระบวนการปรับแต่งกระดูก (bone remodeling) เป็นกระบวนการที่สลับซับซ้อน และถูกควบคุมด้วยฮอร์โมนต่างๆในร่างกาย ได้แก่ ฮอร์โมนเพศ ฮอร์โมนพาราไทรอยด์ (parathyroid), แคลซิโทนิน (calcitonin) โกรธห์ฮฮร์โมน (growth hormone) เป็นต้น นอกจากนี้ยังถูกควบคุมโดยปัจจัยการเจริญเติบโตเฉพาะที่ (local growth factors) และไซโตไคน์ (cytokines) หลายชนิด โดยเชื่อว่าฮอร์โมนต่างๆจะเป็นตัวกระตุ้นเซลล์กระดูกให้สร้างปัจจัยการเจริญเติบโตเฉพาะที่ (local growth factor) หรือไซโตไคน์ (cytokines) เพื่อกระตุ้นหรือยับยั้งการสร้างหรือสลายเนื้อกระดูกอีกต่อหนึ่ง

สำหรับฮอร์โมนในร่างกายที่มีบทบาทสำคัญโดยเฉพาะในสตรีวัยหมดประจำเดือน คือ ฮอร์โมนเอสโตรเจน (estrogen) เนื่องจากพบว่าในวัยนี้จะมีการสูญเสียแคลเซียมจากกระดูกไปอย่างรวดเร็ว และมีการสลายของกระดูก (bone resorption) จากการขาดฮอร์โมนเอสโตรเจน ในสตรีที่ได้รับฮอร์โมนเอสโตรเจน ทดแทนในวัยหมดประจำเดือน พบว่าสามารถป้องกันการสูญเสียเนื้อกระดูกได้ โดยฮอร์โมนเอสโตรเจนไปกระตุ้นให้ต่อมไทรอยด์สร้างแคลซิโทนิน (calcitonin) ซึ่งจะไปออกฤทธิ์ยับยั้งกระบวนการสลายกระดูก (bone resorption) อย่างไรก็ตามกลไกในการป้องกันการสูญเสียเนื้อกระดูกดังกล่าว ยังไม่เป็นที่ทราบอย่างกระจ่างแจ้ง แต่เชื่อว่าเป็นกระบวนการที่กระตุ้นผ่านเซลล์กระดูกให้สร้างหรือยับยั้งโดยปัจจัยการเจริญเติบโตเฉพาะที่ (local growth factors) หรือไซโตไคน์ (cytokines) ซึ่งไปยับยั้งการรวมตัวของเซลล์ตัวนำ (precursor) ไปเป็นออสทีโอคลาสท์ (osteoclast) รวมทั้งยับยั้งการสลายกระดูกของออสทีโอคลาสท์ (osteoclast) อีกด้วย (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

3. โรคกระดูกพรุน

โรคกระดูกพรุน หมายถึง ภาวะที่มีค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกลดลง และโครงสร้างระดับเล็กๆของเนื้อเยื่อกระดูกเสื่อมลง เป็นสาเหตุที่ทำให้กระดูกเปราะบาง และผลที่ตามมาคือเพิ่มความเสี่ยงต่อการหักของกระดูก การเกิดกระดูกพรุน เป็นผลมาจากการสูญเสียแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของกระดูกมากเกินไป ทำให้ความหนาแน่นของกระดูกลดลง (WHO, 1996)

โรคกระดูกพรุน หมายถึง ภาวะที่มีการสูญเสียเนื้อกระดูกทำให้ความหนาแน่นของเนื้อกระดูกลดลง ส่งผลทำให้กระดูกบาง ผุ และมีความเสี่ยงสูงต่อการทรุดตัวลงของกระดูกและอาจเกิดการหักได้ง่าย (อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, 2540)

โรคกระดูกพรุน หมายถึงภาวะที่ความหนาแน่นของมวลกระดูกน้อยลง จนถึงจุดหนึ่งกระดูกนั้นอาจทรุดลงไปเอง เพราะรับน้ำหนักไม่ไหว หรือกระดูกหักเมื่อมีการกระทบเพียงเบาๆ นับเป็นโรคทาง เมทาบอลิกของกระดูกที่พบมากที่สุด มีสาเหตุหลายอย่าง แต่ที่สำคัญที่สุดและเป็นสาเหตุที่พบบ่อยที่สุดคือ ภาวะกระดูกพรุนหลังหมดประจำเดือน โรคกระดูกพรุนซึ่งตามเกณฑ์ที่ใช้กันคือ ความหนาแน่นของกระดูกลดลงมากกว่า -2.5 SD (เสก อักษรานุเคราะห์, 2543)

โรคกระดูกพรุน หมายถึง ภาวะที่เนื้อกระดูกของร่างกายลดลงอย่างมาก เนื่องจากในร่างกายมีการสร้างกระดูกน้อยกว่าการทำลายกระดูก เป็นผลให้ โครงสร้างร่างกายโดยเฉพาะบริเวณกระดูกสันหลัง กระดูกสะโพก และกระดูกข้อมือไม่แข็งแรง เสี่ยงต่อภาวะกระดูกหักหรือยุบตัวได้ง่าย และไม่สามารถรับน้ำหนักได้ดีเช่นเดิม (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549)

โรคกระดูกพรุน หมายถึง ความผิดปกติของกระดูกที่มีการสูญเสียของเนื้อเยื่อกระดูก ทำให้กระดูกอ่อนแอลง เป็นสาเหตุทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหักเพิ่มขึ้น (William and Shiel, 2009)

ชนิดของโรคกระดูกพรุน (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543)

การจำแนกชนิดของโรคกระดูกพรุนแบ่งได้ 3 วิธี ดังนี้

1. จำแนกตามอัตราการย่อยสลายกระดูกเก่าและการสร้างกระดูกใหม่ โดยแบ่งเป็น
   1.1 กลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงเร็ว (high bone turnover)
   1.2 กลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงช้า (low bone turnover)
2. จำแนกตามวิธีของริกส์และเมลโตน (Riggs and Melton) โดยแบ่งแยกโรคกระดูกพรุนออกเป็น

2.1 ประเภทที่ 1 โรคกระดูกพรุนที่พบในสตรีวัยหมดประจำเดือน (postmenopausal osteoporosis, type I) อายุ 51-65 ปี เป็นผลเนื่องจากขาดฮอร์โมนเอสโตรเจนทำให้มีการสูญเสียเนื้อกระดูกโดยเฉพาะกระดูกเนื้อพรุน (trabecular) ซึ่งสัมพันธ์กับการหักของกระดูกสันหลัง (vertebra) และปลายแขน (Colles' fracture)

2.2 ประเภทที่ 2 โรคกระดูกพรุนที่พบในผู้สูงอายุ (age-related หรือ senile osteoporosis, type II) อายุมากกว่า 75 ปี ซึ่งเกิดขึ้นในผู้สูงอายุทั้งเพศชายและเพศหญิงเนื่องจากการดูดซึมของแคลเซียมในลำไส้ลดลง ทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดลดลง และเกิดภาวะฮอร์โมนพาราไทรอยด์สูงชนิดทุติยภูมิ (secondary hyperparathyroidism) จึงมีผลในการดึงแคลเซียมออกจากกระดูกเพื่อให้ระดับแคลเซียมคงที่ จึงมีการสูญเสียทั้งกระดูกเนื้อแน่น (cortical) และกระดูกเนื้อพรุน (trabecular) สัมพันธ์กับการหักของกระดูกสะโพก (hip fracture) กระดูกเชิงกราน (pelvic fracture) และกระดูกยาวในส่วนต่างๆของร่างกาย

3. จำแนกออกเป็นโรคกระดูกพรุนชนิดปฐมภูมิ (primary หรือ idiopathic osteoporosis) และทุติยภูมิ (secondary osteoporosis)

3.1 โรคกระดูกพรุนชนิดปฐมภูมิ หมายถึง โรคกระดูกพรุนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของร่างกายตามธรรมชาติ เช่น หมดประจำเดือนตามธรรมชาติในอายุที่ควรจะเป็น หรือโรคกระดูกพรุนจากการสูญเสียกระดูกในผู้สูงอายุ (senile osteoporosis)

3.2 โรคกระดูกพรุนชนิดทุติยภูมิ หมายถึง โรคกระดูกพรุนที่ปรากฏจากสาเหตุต่างๆ ชัดเจนนอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น เช่น จากโรคทางอายุรกรรม โรคของระบบต่อมไร้ท่อ จากการใช้ยาบางชนิด เป็นต้น

ลักษณะอาการของโรคกระดูกพรุน

โรคกระดูกพรุน เป็นโรคที่ไม่ได้เกิดขึ้นทันทีทันใด แต่จะค่อยเป็นค่อยไป เราจึงควรทำความเข้าใจกับอาการและอาการแสดงของโรคดังนี้ (อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, 2540)

1. อาการแสดงในระยะแรก ในระยะนี้จะไม่ปรากฏอาการใดๆให้เห็นว่าเป็นโรคกระดูกพรุน แต่จะมีภาวะการขาดหรือการลดลงของฮอร์โมนเอสโตรเจนอย่างมาก

2. อาการแสดงในระยะยาว แบ่งเป็นความรุนแรง 3 ระดับ คือ

2.1 ระดับเล็กน้อย (mild) ผู้ป่วยไม่มีอาการ และอาการแสดง แต่เมื่อตรวจความหนาแน่นของกระดูก (bone mineral density) จะมีความหนาแน่นของเนื้อกระดูกไม่ต่ำกว่า 80 % หรือประมาณ – 1.5 SD

2.2 ระดับปานกลาง (moderate) ผู้ป่วยจะมีอาการปวดกระดูกเล็กน้อย ตรวจความหนาแน่นของกระดูก (bone mineral density) จะมีค่าประมาณ 70 % หรือ -2.5 SD และไม่ปรากฏว่ากระดูกส่วนใดหักหรือทรุด

2.3 ระดับรุนแรง (severe) ผู้ป่วยจะมีอาการปวดกระดูกมาก ตรวจหาความหนาแน่นของกระดูก (bone mineral density) มีค่าต่ำกว่า 40 % หรือ -3.5 SD บางรายอาจพบว่ามีกระดูกหักหรือกระดูกทรุดเกิดขึ้น เช่น กระดูกสันหลังทรุดตัวลง

ผลกระทบจากการเกิดโรคกระดูกพรุน

โรคกระดูกพรุน และการเกิดโรคกระดูกหักก่อให้เกิดผลกระทบหลายๆ ด้าน ดังต่อไปนี้ (สมชาย เอื้อรัตนวงศ์, 2544)

1. ค่าใช้จ่ายในการดูแลสุขภาพเป็นจำนวนมาก ยากแก่การประเมิน เนื่องจากจะเป็นค่ายา ค่าผ่าตัด ค่าใช้จ่ายในการพักรักษาตัว การขาดงาน และอื่นๆ อีกมากมาย

2. ตัวผู้ป่วยเองพบว่ามีอัตราการเสียชีวิต (mortality) เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะภายในปีแรก หลังเกิดกระดูกสะโพกหัก และร้อยละ 50 ของผู้ที่มีชีวิตรอดอยู่จะไม่กลับสู่ภาวะปกติ และเมื่อศึกษาถึงสาเหตุของการเสียชีวิต พบว่าภาวะกระดูกหักที่สะโพกจากโรคกระดูกพรุน ร้อยละ 14 จากภาวะกระดูกหักโดยตรง ร้อยละ 17 จากโรคเรื้อรังประจำตัวที่ผู้ป่วยมีอยู่ และร้อยละ 69 ตายจากสาเหตุอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการมีกระดูกสะโพกหัก สำหรับอัตราการเสียชีวิตของกระดูกหักที่กระดูกสันหลัง คาดว่าจะสูงกว่าที่สะโพก

3. เป็นภาระของทางหน่วยงานราชการ หรือหน่วยงานเอกชนที่ต้องจัดเตรียมงบประมาณเพื่อดูแลผู้ป่วย เนื่องจากไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ

4. ตัวผู้ป่วยเองมีปัญหาในการดูแลตัวเอง มีปัญหาการเจ็บปวด คุณภาพชีวิตแย่ลง มีปัญหาสุขภาพทางกาย และสุขภาพจิตตามมา

ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน

ปัจจัยเสี่ยงต่อภาวะโรคกระดูกพรุน แยกได้ 2 ปัจจัยหลัก คือ (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549)

1. ปัจจัยเสี่ยงที่ควบคุมไม่ได้ ได้แก่

1.1 กรรมพันธุ์ ผู้ที่มีโครงร่างใหญ่ แข็งแรง จากการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของพ่อแม่ได้เปรียบกว่าคนที่พ่อแม่มีรูปร่างเล็ก (หมายถึง ความสูงไม่ได้มาตรฐาน รวมทั้งขนาดหรือความหนาของรูปร่าง) (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549) หรือ มีประวัติบุคคลในครอบครัวญาติใกล้ชิดเป็นโรคกระดูกพรุน หรือกระดูกหักง่ายจากการบาดเจ็บที่ไม่รุนแรง (Finn, 1997)

1.2 ปัจจัยด้านฮอร์โมน ได้แก่ ภาวะพร่องฮอร์โมนเอสโตรเจน และภาวะไทรอยด์ฮอร์โมนมากกว่าปกติ

1.2.1 ภาวะพร่องฮอร์โมนเอสโตรเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสตรีที่มีการหมดประจำเดือนเร็วก่อนอายุ 45 ปี และสตรีที่ได้รับการผ่าตัดรังไข่ทั้ง 2 ข้างจะทำให้ความหนาแน่นของกระดูกมีการสูญเสียอย่าง รวดเร็วมากกว่าเพศชายในวัยเดียวกัน (Christiansen, 1991; Rose and Rose, 1994; Speroff et al., 1994)

1.2.2 ภาวะไทรอยด์ฮอร์โมนมากกว่าปกติ โรคต่อมพาราไทรอยด์ทำงานมากกว่าปกติ ทำให้การดูดซึมแคลเซียมในลำไส้ลดลงผิดปกติ ส่งผลกระทบต่อการสลายของเนื้อกระดูกเพิ่มขึ้น (Holmes, 1998)

1.3 เพศ เพศหญิงมีโอกาสเกิดโรคกระดูกพรุนมากกว่าเพศชายถึง 4 เท่า เนื่องจากการลดลงของฮอร์โมนเอสโตรเจนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการลดลงของเนื้อกระดูกโดยตรง (Christiansen, 1991; Rose and Rose, 1994)

1.4 เชื้อชาติ ประชากรในประเทศแถบทวีปเอเชีย (ผิวเหลือง) มีความแข็งแรงของกระดูกน้อยกว่าชาวตะวันตก (ผิวขาว) ซึ่งชนชาติที่มีกระดูกแข็งแรงมากที่สุดได้แก่ชนชาติแอฟริกัน (ผิวดำ) (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549)

1.5 อายุ ในช่วงวัยเด็กกระดูกของคนเราจะมีความหนาแน่นของเนื้อกระดูกน้อยแล้วค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นจนถึงสูงสุดในวัยประมาณ 30 ปี หลังจากนั้นกระดูกจะค่อยๆบางลง จนบางมากในวัยสูงอายุ (พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์, 2550) และอายุที่มากขึ้นทำให้ความสามารถในการดูดซึมแคลเซียมจากลำไส้ลดลง (อารีรัตน์ สังวรวงศ์พนา, 2540)

2. ปัจจัยเสี่ยงที่ควบคุมได้ ได้แก่

2.1 ด้านโภชนาการ ได้แก่ การได้รับสารอาหารที่มีแคลเซียมไม่เพียงพอ การได้รับวิตามินดีไม่เพียงพอ และการรับประทานอาหารโปรตีนจากเนื้อสัตว์จำนวนมาก

2.1.1 การได้รับสารอาหารที่มีแคลเซียมไม่เพียงพอ หรือการขาดสารอาหารที่มีแคลเซียมเรื้อรังเนื่องจากแคลเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อกระดูกร้อยละ 98 แคลเซียมเป็นส่วนสำคัญในการสร้าง เนื้อกระดูก ใหม่และช่วยทำให้กระดูกแข็งแรง (Christiansen, 1991; Rose and Rose, 1994)

2.1.2 การได้รับวิตามินดีไม่เพียงพอ วิตามินดีเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อกระดูก ช่วยสร้างโปรตีนในการดูดซึมของแคลเซียม ทำให้แคลเซียมมีการดูดซึมได้ดี และช่วยในการสร้างของเนื้อกระดูก โดยปกติร่างกายสามารถได้รับวิตามินดีจากการบริโภค เช่น น้ำมันตับปลา เมล็ดธัญญาพืชทั้งเปลือก ขนมปัง มาการีน และจากแสงแดด เป็นต้น การขาดวิตามินดีทำให้ลำไส้ดูดซึมแคลเซียมได้ลดลง ทำให้แคลเซียมในกระแสเลือดลดต่ำลง ซึ่งจะส่งผล กระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนพาราไทรอยด์ออกมาสลายเนื้อกระดูกเพื่อเพิ่มระดับแคลเซียมในเลือดให้กลับสู่ปกติ ทำให้กระบวนการสลายเนื้อกระดูกเพิ่มมากขึ้น (Christiansen, 1991; Finn,1997; Rose and Rose, 1994)

2.1.3 การรับประทานอาหารโปรตีนจากเนื้อสัตว์จำนวนมาก การได้รับฟอสฟอรัสจากเนื้อสัตว์มากเกินไปเป็นประจำ ทำให้แคลเซียมถูกขับออกจากร่างกาย ก่อให้เกิดการขาดแคลเซียมตามมา (สุคนธ์ ไข่แก้ว, 2540)

2.1.4 การรับประทานอาหารรสเค็มจัด หากร่างกายได้รับโซเดียมมาก อาจส่งผลให้ร่างกายขับแคลเซียมทางปัสสาวะมากกว่าปกติ ซึ่งโซเดียมพบได้ในเครื่องปรุงรสจำพวกเกลือแกง และผงชูรส ดังนั้นการบริโภคผงชูรสปริมาณมากเสี่ยงต่อการเกิดภาวะกระดูกพรุน (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549)

2.2 ปัจจัยด้านพฤติกรรมสุขภาพ ได้แก่ การสูบบุหรี่ การเสพสิ่งเสพติด การดื่มสุราหรือเครื่องดื่มแอลกอฮอร์ การเสพเฮโรอีนและทินเนอร์ การดื่มน้ำชา กาแฟ น้ำอัดลมที่มีส่วนผสมของโคลาโคล่าเป็นประจำ และขาดการออกกำลังกาย

2.2.1 การสูบบุหรี่ การสูบบุหรี่อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานจะทำให้ความสามารถของการดูดซึมแคลเซียมลดลง (Christiansen, 1991)

2.2.2 การเสพสิ่งเสพติด เช่น การดื่มสุราหรือเครื่องดื่มแอลกอฮอร์ การเสพเฮโรอีน และทินเนอร์ จะส่ง ผลต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนตามมา (Christiansen, 1991)

2.2.3 การดื่มน้ำชา กาแฟ น้ำอัดลมที่มีส่วนผสมของคาร์บอเนตเป็นประจำทำให้ลดความ สามารถในการดูดซึมแคลเซียม (Christiansen, 1991; Rose & Rose, 1994) และนอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่า การดื่มกาแฟ มากกว่า 2 ถ้วยต่อวัน จะเพิ่มอัตราการสูญเสียเนื้อกระดูกที่รวดเร็วมากขึ้นกว่าสตรีที่ไม่ดื่มกาแฟ (Barrett-Connor et al., 1994)

2.2.4 การขาดการออกกำลังกาย สตรีที่นั่งทำงานเป็นเวลานานๆ การขาดการเคลื่อนไหวของร่างกายเป็น เวลานาน จะทำให้การสูญเสียเนื้อกระดูกสูงขึ้นและทำให้เกิดกระดูกหักง่ายกว่าคนที่ออกกำลังกายปกติ (อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, 2540)

2.3 ปัจจัยด้านการเจ็บป่วย ได้แก่ การเจ็บป่วยด้วยโรคทางด้านอายุรกรรม โดยเฉพาะโรคของต่อมไร้ท่อ เช่น โรคไทรอยด์เป็นพิษ ฮอร์โมนพาราไทรอยด์สูง โรคเบาหวาน เป็นต้น โรคของระบบทางเดินอาหารผิดปกติ การได้รับการผ่าตัดเพื่อรักษาโรคกระเพาะ และโรคตับเรื้อรัง จะทำให้เกิดการดูดซึมของแคลเซียมลดลง (อุรุษา เทพพิสัย และคณะ, 2547)

2.4 ปัจจัยด้านการใช้ยา การรักษาโดยฉายรังสี หรือให้สารเคมี

2.4.1 การใช้ยาติดต่อกันนานๆ อย่างเช่น ยาลดกรด ยาขับปัสสาวะ ยาป้องกันอาการชัก ยารักษาโรคหัวใจ ยารักษาโรคเบาหวาน กลูโคคอร์ติคอยส์ ยาเตตร้าไซคลิน เฮปาริน เป็นต้น การได้รับยาเหล่านี้เป็นเวลานาน จะขัดขวางการดูดซึมแคลเซียม (อุรุษา เทพพิสัย และคณะ, 2547; Christiansen, 1991; Holmes, 1998)

2.4.2 การรักษาโดยฉายรังสี หรือให้สารเคมี เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เซลล์กระดูกถูกทำลายนำไปสู่ภาวะกระดูกพรุน รวมถึงการปลูกถ่ายอวัยวะก็เป็นปัจจัยเสี่ยงอย่างหนึ่งเพราะในกระบวนการดังกล่าวต้องใช้ยาไซโคลสพอริน เอ ที่มีสรรพคุณป้องกันการปฏิเสธและไม่ยอมรับของร่างกายต่ออวัยวะที่นำมาปลูก ซึ่งยาพวกนี้ทำให้กระดูกบาง (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549)

2.5 ปัจจัยอื่นๆ เช่น น้ำหนักตัวน้อย โครงร่างเล็ก ผอม หรือดัชนีมวลกายต่ำกว่าปกติ เป็นต้น ซึ่งค่าดัชนีมวลกายสามารถคิดได้จากน้ำหนัก (กิโลกรัม) หารด้วยความสูง (เมตร^2) และเกณฑ์การแบ่งกลุ่มดัชนีมวลกายขององค์การอนามัยโลก (WHO, 1996) กำหนดไว้ดังนี้ 18.50-24.99 กิโลกรัม/เมตร^2(ปกติ) 25.00-29.99 กิโลกรัม/เมตร^2(น้ำหนักเกิน) และ 30.00-39.99 กิโลกรัม/เมตร^2 (อ้วนมาก)โดยเฉพาะกลุ่มสตรีที่มีดัชนีมวลกายต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ จะเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุน

สูงกว่าสตรีที่มีดัชนีมวลกายปกติหรือในคนอ้วน (Speroff et al., 1994) เนื่องจากไขมันเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการผลิตเอสโตรเจน เมื่อรังไข่หยุดทำงาน การผลิตเอสโตรเจนส่วนหนึ่งได้มาจากไขมันในร่างกาย ซึ่งจะช่วยป้องกันโรคกระดูกพรุน (Rose and Rose, 1994) และสตรีที่มีโครงร่างเล็กจะมีโอกาสเกิดโรคกระดูกพรุนได้มากกว่าสตรีที่มีโครงร่างใหญ่ เพราะสตรีโครงร่างเล็กจะมีปริมาณกระดูกเนื้อแน่นน้อยกว่า (Lappe, 1993)

4. การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน

บุคคลที่ควรได้รับการตรวจวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนเพื่อจะได้ทราบว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหัก ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก ได้แก่ บุคคลดังต่อไปนี้ (อุรุษา เทพพิสัย, 2546)

1. ผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนตามธรรมชาติ (natural menopause) หรือหมดประจำเดือนก่อนอายุ 40 ปี (premature menopause) หมดประจำเดือนจากการผ่าตัดรังไข่ออกทั้ง 2 ข้าง (surgical menopause) หรือจากการใช้รังสีบำบัด เคมีบำบัดในการรักษาโรคต่างๆ

2. บุคคลที่มีปัจจัยเสี่ยงที่ส่งเสริมให้เกิดโรคกระดูกพรุน เช่น เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร, โรคทางต่อมไร้ท่อ, โรคเรื้อรังทางอายุรกรรม และการรับประทานยาที่มีผลต่อกระดูก

วิธีการตรวจโรคกระดูกพรุน มีดังนี้

1. การซักประวัติ เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งที่ช่วยประกอบการพิจารณาในการวินิจฉัยโรคอีกทั้งนำมาประกอบการวางแผนในการรักษาพยาบาลให้แก่ผู้ป่วยที่เริ่มมีอาการ หรือยังไม่มีอาการได้อย่างเหมาะสม ซึ่งการซักประวัติมีดังนี้ (สมชาย เอื้อรัตนวงศ์, 2544; อุรุษา เทพพิสัย, 2546; อารีรัตน์ สังวรพงษ์พนา, 2540)

1.1 ประวัติส่วนตัว ซักถามเกี่ยวกับ ชื่อ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ส่วนสูง ขนาดรูปร่าง ในช่วงระยะเวลา 5-10 ปี มีส่วนสูงลดลงจากปกติกี่เซนติเมตร น้ำหนักกี่กิโลกรัม ประวัติการมีประจำเดือน การใช้ยาคุมกำเนิด การใช้ฮอร์โมนเพศ การดื่มสุรา กาแฟ และสูบบุหรี่ การดำรงชีวิตประจำวันเกี่ยวกับภาวะโภชนาการ การออกกำลังกาย ประวัติการเจ็บป่วยและการใช้ยาชนิดใดเป็นประจำ ทั้งนี้เพราะยาบางชนิดเป็นปัจจัยส่งเสริมที่ทำให้เกิดโรคกระดูกโปร่งบางหรือกระดูกพรุน รวมถึงอาการของภาวะการขาดฮอร์โมนเอสโตรเจน นอกจากนี้ในบางรายอาจมีประวัติมาพบแพทย์ด้วยการปวดหลัง มีลักษณะหลังโค้งงุ้มที่เรียกว่า “Dowager’s hump” ซึ่งการซักประวัติจะต้องทำอย่างรอบคอบ

1.2 ประวัติทางกรรมพันธุ์ กรรมพันธุ์มีส่วนส่งเสริมสัมพันธ์กับการเกิดโรคกระดูกพรุน ดังนั้นควรมีการซักประวัติครอบครัว ประวัติที่ควรซักถามอาทิเช่น มีบุคคลในครอบครัวเป็นโรคกระดูกโปร่งบางหรือกระดูกพรุนหรือไม่ ร่างกายมีขนาดกล้ามเนื้อเล็กและไม่

แข็งแรงหรือไม่ มีลักษณะเส้นผมเล็กและบางหรือไม่ ผิวหนังมีลักษณะบางหรือไม่ ลักษณะสีผิว ขาว เหลือง หรือดำ ฯลฯ

ประวัติเหล่านี้อาจจะช่วยอธิบายสาเหตุของการเกิดกระดูกพรุน และจำแนกกระดูกพรุนว่าเป็นชนิดปฐมภูมิหรือทุติยภูมิ (primary or secondary osteoporosis) สามารถจะช่วยเป็นแนวทางในการรักษาแต่ไม่สามารถวินิจฉัยได้แน่นอน

2. การตรวจเนื้อกระดูกทางพยาธิวิทยา (bone biopsy) การตรวจวิธีนี้มีความแน่นอนในการบอกความหนาแน่นของกระดูก สามารถวินิจฉัยโรคกระดูกบางได้ก่อนกระดูกหัก ถือเป็น “gold standard” ในการวินิจฉัยโรคกระดูกบาง อาจใช้ในการวินิจฉัยแยกโรคอื่นๆ ในกรณีที่สงสัย ได้แก่ มะเร็งของกระดูก หรือในบางรายของภาวะกระดูกนิ่มและงอโค้ง (osteomalacia) ที่ผิดปกติเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามวิธีที่นำมาใช้ในทางปฏิบัติควรเป็นวิธีที่ไม่เกิดอันตราย หรือไม่เกิดความเจ็บปวดแก่ผู้ป่วย (กอบจิตต์ ลิมปพะยอม, 2543; เสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

3. การตรวจความหนาแน่นของกระดูก (quantitative bone mineral analysis) ทำได้หลายวิธีดังนี้ (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539; อุรุษา เทพพิสัย, 2546)

3.1 วิธีเอ็กซเรย์ธรรมดา การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนด้วยวิธีนี้ ร่างกายจะต้องสูญเสียเนื้อกระดูกไปถึงร้อยละ 25-30 จึงจะสามารถตรวจพบความผิดปกติได้ ปัจจุบันใช้ในการวินิจฉัยกระดูกหัก อันเนื่องมาจากกระดูกพรุน

3.2 การวัดความหนาแน่นของกระดูกโดยเครื่อง “photon absorptiometer” โดยมีเครื่องมือ ดังนี้

3.2.1 “Single photon absorptiometry (SPA)” ส่วนมากใช้วัดบริเวณปลายของกระดูกแขน (radius)ซึ่งมีกระดูกเนื้อพรุน (trabedcular) เป็นส่วนประกอบสำคัญ แต่ไม่สามารถใช้วัดในบริเวณกระดูกสันหลังหรือสะโพก ซึ่งต้องผ่านเนื้อเยื่อต่างๆมากมาย

3.2.2 “Dual photon absorptiometry (DPA)” เครื่องนี้สามารถวัดความหนาแน่นของกระดูกมากขึ้น เครื่องมือชนิดนี้สามารถวัดกระดูกในส่วนที่มีเนื้อหนาๆ ได้ เช่น กระดูกสันหลัง และกระดูกสะโพก

3.2.3 “Dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA)” เป็นเครื่องมือในลักษณะเดียวกับ “DPA” ต่างกันที่แหล่งพลังงานใช้จากแหล่งกำเนิดเอ็กซเรย์ ดังนั้นจึงใช้เวลาในการตรวจที่สั้นกว่า ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับก็น้อยกว่า และมีความแม่นยำสูงกว่า 2 วิธีแรกที่กล่าว

3.3 “Quantitative computed tomography (QCT)” เป็นเครื่องมือที่สามารถวัดความหนาแน่นของกระดูกเนื้อพรุน (trabecular) และกระดูกเนื้อแน่น (cortical) แยกออกจากกันได้ สามารถเลือกวัดความหนาแน่นเฉพาะบริเวณ และสามารถวัดได้เป็น 3 มิติ จึงมีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถแยก “extraosseous calcium” ออกได้ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความ

ผิดพลาดในการวัดความหนาแน่นของกระดูกด้วยวิธีอื่นๆ อย่างไรก็ตามข้อจำกัดคือเป็นเครื่องมือที่มีค่าใช้จ่ายสูง และผู้ป่วยจะได้รับรังสีในปริมาณที่สูงกว่าวิธีการต่างๆที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

3.4 เครื่องคลื่นเสียงความถี่สูง (quantitative ultrasound) เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า "broadband ultrasonic attenuation (BUA)" ทำการวัดโดยให้ผู้ป่วยวางส้นไว้บริเวณช่องตรงกลาง ใช้เวลาในการตรวจเพียง 1-10 นาที ผู้ป่วยจะไม่ได้รับรังสีใดๆ เป็นวิธีที่ปลอดภัยไม่ก่อให้เกิดความเจ็บปวด

องค์การอนามัยโลกได้กำหนดเกณฑ์การแปรผลการตรวจวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) เป็นดังนี้ (เสก อักษรานุเคราะห์, 2543)

1. ภาวะปกติ คือ ความหนาแน่นของกระดูกปกติ จะมีค่า "T-score" ไม่ต่ำกว่า -1.0 SD

2. ภาวะกระดูกโปร่งบาง (osteopenia) คือ ความหนาแน่นของกระดูกจะมีค่า "T-score" อยู่ระหว่าง -1.0 SD ถึง -2.5 SD (ของค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกสูงสุด "Peak bone mass" ที่อายุ 30 ปี)

3. ภาวะกระดูกพรุน (osteoporosis) คือ ความหนาแน่นของกระดูกลดลง จะมีค่า "T-score" น้อยกว่า -2.5 SD

5. การประเมิน โดยการตรวจวัดทางชีวเคมีของการสร้าง และการสลายของกระดูก (biochemical bone markers)

การตรวจหาสารทางชีวเคมีของวงจรการสลายกระดูกเก่าและการสร้างกระดูกใหม่ (biochemical markers of bone turnover) การตรวจหาสารในกลุ่มนี้ประกอบด้วยสารทางชีวเคมีของการสลายกระดูก (markers of bone resorption) และสารชีวเคมีของการสร้างกระดูก (markers of bone formation) ซึ่งสารทางชีวเคมีมากมายที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใหม่ในปัจจุบัน ในการนำมาใช้ในงานวิจัยพบว่ามีความแปรปรวนระหว่างบุคคลได้มากจึงเหมาะที่จะใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลง หรือผลการรักษาในแต่ละรายโดยเปรียบเทียบค่าที่จุดเริ่มต้น สำหรับประโยชน์ของการตรวจในวิธีนี้คือสามารถเห็นผลจากการรักษาได้ในระยะเวลาสั้นๆเพียง 1-3 เดือน (นิมิต เตชไกรชนะ, 2546)

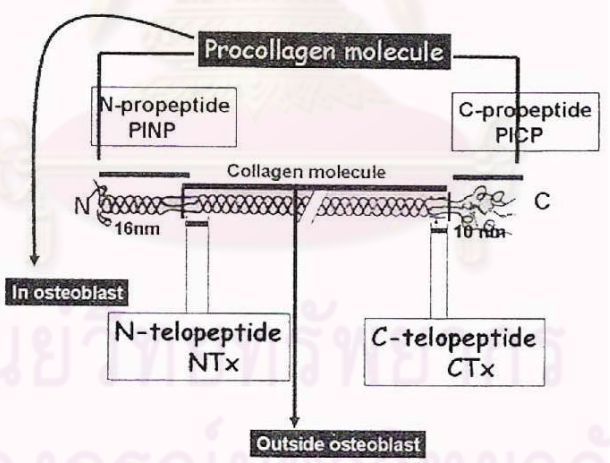
กระดูกประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ เกลือแร่ มี 65 เปอร์เซ็นต์ ในจำนวนนี้เป็นแคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม นอกนั้นเป็น "Trace elements" สำหรับส่วนที่เป็นโปรตีนมี 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแบ่งได้ 2 ชนิดคือ โปรตีนที่อยู่ในรูปของคอลลาเจน 23 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นโปรตีนชนิดช่วยเสริมความแข็งแรงหรือยึดส่วนประกอบอื่นๆ ของกระดูกเรียกว่า นอนคอลลาเจนโปรตีน (noncollagen protein) ได้แก่ ออสทีโอแคลซิน (osteocalcin) ออสทีโอพอนติน (osteopontin) ออสทีโอเนคติน (osteonectin) ฯลฯ ส่วนน้ำมีในกระดูก 10 %

เมื่อกระดูกมีการเปลี่ยนแปลงจากการทำงานของเซลล์กระดูกได้แก่ ออสทีโอคลาสท์ทำหน้าที่ละลายกระดูกเพื่อเบิกทางให้เซลล์สร้างกระดูกออสทีโอบลาสท์ทำงาน สิ่งที่เกิดจากการสลายหรือสร้างกระดูกจะหลุดเข้าสู่เลือดพร้อมกับเอนไซม์ของเซลล์กระดูกที่ใช้ในกิจกรรมนั้น ซึ่งสามารถตรวจด้วยขบวนการเคมีพิเศษจะบอกได้ว่าเป็นสิ่งใดที่เกิดจากกิจกรรมของออสทีโอบลาสท์หรือออสทีโอคลาสท์ หรืออีกนัยหนึ่งสามารถบอกภาวะการสร้างหรือสลายของกระดูกได้ การตรวจวิธีนี้เรียกว่า ไบโอเคมีคัลโบนมาร์กเกอร์ (biochemical bone markers) (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

การตรวจดูความเปลี่ยนแปลงของกระดูกในขณะที่เกิดจากการทำงานของออสทีโอบลาสท์และออสทีโอคลาสท์ ลักษณะการทำงานเป็น 2 ลักษณะ คือ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2551)

1. การสร้างเนื้อกระดูก โดยเซลล์ออสทีโอบลาสท์ ที่สร้างเมทริก (matrix) ที่ประกอบด้วยโปรตีนต่างๆ ตลอดจนคอลลาเจน และในขณะทำงานเซลล์ก็จะปล่อยเอนไซม์ ออกมาหลายชนิด

1.1 คอลลาเจน (collagen) ลักษณะของคอลลาเจนเป็นชนิด “type I” ซึ่งจะพบมากที่สุดในกระดูก เอ็นกล้ามเนื้อ เอ็นข้อต่อ พังผืด และผิวหนัง เมื่อออสทีโอบลาสท์สร้างคอลลาเจน จะมีส่วนปลายของคอลลาเจน ที่ไม่พันกัน (propeptide) ออกมาสู่เลือด ซึ่งมี 2 หางได้แก่ “Procollagen type 1 Nitrogenous terminal Propeptide: P1NP” และ“Procollagen type 1 Carboxyl terminal Propeptide: P1CP” ถ้าตรวจเลือดพบว่ามีส่วนของคอลลาเจนนี้สูงกว่าปกติจัดว่าขณะนี้มีการสร้างกระดูก (bone formation) เกิดขึ้น หรือแสดงว่า ออสทีโอบลาสท์เริ่มทำงานในการสร้างเนื้อเยื่อกระดูก



รูปที่ 3 แสดงส่วนประกอบต่างๆของคอลลาเจน (ณรงค์ บุณยะรัตเวช และทวี ทรงพัฒนาศิลป์, 2549)

1.2 ออสทีแคลซิน (osteocalcin) เป็นโปรตีนที่พบมากในกระดูก (99%) สร้างโดยออสทีโอบลาสท์ ขณะที่ออสทีโอบลาสท์สร้างกระดูกจะมีการสร้างออสทีโอแคลซินเป็นขั้นตอน จะมีบางส่วนของออสทีโอแคลซินที่หลุดสู่เลือด แต่ ออสทีโอแคลซินเป็นมาร์กเกอร์ได้ 2 แบบ คือ บอกได้ทั้งภาวะการสร้างกระดูก และการสลายของกระดูก เพราะในกระดูกจะมีออสทีโอแคลซินอยู่ หากว่าถูกสลายออก โดยออสทีโอคลาสท์ก็จะออกสู่เลือดได้เช่นกัน แต่อาจต่างกันตรงที่จำนวน “intact osteocalcin” ไม่มากเท่ากับการสร้างกระดูก

1.3 เอนไซม์ ขณะที่เกิดการสร้างกระดูก ค่า “bone alkaline phosphatase” จะเพิ่มสูงกว่าปกติ หรือ “total alkaline phosphatase”

2. การสลายตัวของเนื้อกระดูก

2.1 ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันคือ การวัดส่วนของคอลลาเจน ที่ถูกออสทีโอคลาสท์ย่อยละลายออกมาเป็นส่วนๆ (fragments) ที่ใช้เป็นมาร์กเกอร์กันมาก คือ ส่วน “telopeptide” ที่ “cross link” มาเกาะในตำแหน่งกรดอะมิโนแอสปาติกเชื่อมกับกลัยซีน (D-G) เพราะคอลลาเจน ส่วนนี้เมื่อหลุดออกมา จะคงสภาพพันธะอยู่ตลอดเวลา จึงเหมาะใช้เป็นมาร์กเกอร์ ส่วนนี้เรียกว่า “BatacrossLaps” บางครั้งสับสนเรียกว่า “CTx” ความจริงแล้ว “CTx” คือส่วนคอลลาเจนตรง “telopeptide”(Tx) ทางปลาย “C” ถ้าทางปลาย “N” จะเรียกว่า “NTx” อย่างไรก็ตามทั้ง “CTx” และ“NTx” ก็เป็น “resorptive markers” เช่นกันเพราะจะสลายแยกออกมาได้เมื่อถูกออสทีโอคลาสท์ย่อย

ในเมืองไทยสารเคมีที่ใช้ตรวจ “BatacrossLaps” หาซื้อได้ง่ายกว่าจึงนิยมตรวจ “BatacrossLaps” ซึ่งเป็นส่วนที่ “crosslink” มาเกาะตรงตำแหน่งกรดกลัยซีนกับแอสปาติก ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ “telopeptide” ซึ่งมีพันธะพิเศษเชื่อมระหว่างกรดสองชนิดนี้ที่ทนทานต่อการถูกย่อยไม่สลายง่ายโดยเอนไซม์ในร่างกายสำหรับส่วนอื่นๆ ของคอลลาเจน มักใช้ในงานวิจัย

2.2 การวัดเอนไซม์ จากออสทีโอคลาสท์ ที่เรียกว่า “Tratrate Resistant Acid Phosphatase” (TRAP) นิยมวัดในงานวิจัยแบบ “immuno assay” “TRAP” มี 2 ชนิด คือ “TRAP5a” และ “TRAP5b” นิยมตรวจ “TRAP5b” มากกว่า สามารถทำการวัดได้ทั้งในเลือด และปัสสาวะ (urine)

ตารางที่ 1 ตารางสรุปสารทางชีวเคมีของวงจรการสลายกระดูกเก่าและการสร้างกระดูกใหม่ (biochemical markers of bone turnover) (ทวี ทรงพัฒนาศิลป์, 2548)

“Biochemical Markers of Bone Resorption”	**“Biochemical Markers of Bone Formation”**
- “Urine Calcium” - “Urine total hydroxylproline” - “Urine pyridioline and deoxypyridioline cross-links ” (Pyr / Dpy) - “Serum cross-linked N- and C- terminal telopeptides of collagen type 1” (NTx / CTx) - “Serum tartrate-resisteant acid phosphatase” (TRAP)	- “Serum total alkaline phosphatase” (ALP) - “Serum bone-specific alkaline phosphatase” (BSALP) - “Serum osteocalcin” (OC) - “Serum N-amd C-terminal propeptides of collagen type 1” (P1NP / P1CP)

การตรวจโบนมาร์กเกอร์เฉพาะ (bone markers)

เพื่อเป็นการแปลผลได้ดีควรขอตรวจ 3 รายการ คือ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

1. เบต้าครอสแล็ป (β-crossLaps) เพื่อดูกระบวนการสลายของมวลกระดูก (bone resorption)
2. เอ็นมิดออสตีโอแคลซิน (NMID osteocalcin) เพื่อดูกระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก (bone turnover)
3. พีวันเอ็นพี (P1NP) หรือ พีวันซีพี (P1CP) เพื่อดูกระบวนการสร้างของมวลกระดูก (bone formation)

การแปลผล (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

ต้องพิจารณาว่าค่าที่วัดได้นั้นเป็นค่าปกติ หรือผิดปกติ ถ้าค่าโบนมาร์กเกอร์สูง อาจมีความหมายว่า ปกติ หรือผิดปกติ โดยการพิจารณาค่าปกติจำเป็นต้องมีการอ้างถึง เช่น ในสตรีวัยหมดประจำเดือนตรวจแล้วได้ค่าสูงผิดสังเกต แต่จะแปลผลว่าผิดปกติหรือปกติจำเป็นต้องนำค่าไปเปรียบเทียบค่ามาตรฐาน ค่ามาตรฐานที่นำมาเปรียบเทียบที่เหมาะสมควรเป็นค่าจากสตรีวัยเจริญพันธุ์ที่ร่างกายแข็งแรงไม่มีโรคใดๆ หากว่าเมื่อเปรียบเทียบแล้วได้ค่าสูงกว่าถือว่าผิดปกติ ยกเว้นในวัยกำลังเจริญเติบโตค่าที่วัดได้สูงจะจัดเป็นค่าปกติได้ ดังนั้นจำเป็นจะต้องหาค่ามาตรฐานในกลุ่มสตรีวัยเจริญพันธุ์เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ จากการศึกษาพบว่าค่าการสลายกระดูก เบต้าครอสแล็ป (CTx) = 0.31 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ค่าการสร้างกระดูก พีวันเอ็นพี = 44.5 นาโนกรัม/มิลลิลิตร และค่าเอ็นมิดออสทีโอแคลซิน = 16.46 นาโนกรัม/มิลลิลิตร (ตารางที่ 2) ถ้าตรวจค่า “CTx” สูง บางครั้งไม่ได้บ่งบอกว่ามีพยาธิสภาพที่กระดูกได้ร้อยเปอร์เซ็นต์ดังที่ได้กล่าวไว้ เช่น อาจอยู่ในระหว่างการเจริญผิดปกติ หรือกระดูกกำลังเจริญเติบโตตามปกติ หรือมีการสลายตัวของอวัยวะบางอย่างที่มีคอลลาเจนชนิดที่ 1 (collagen type 1) เช่น ผิวหนัง

เมื่อเป็นเช่นนี้เราจำเป็นต้องตรวจการสร้างของกระดูก (bone formation marker) ควบคู่ไปด้วย หากพบว่าค่ามาร์กเกอร์ทั้ง 2 ชนิดสูง แสดงว่าอยู่ในภาวะที่เรียกว่า “high bone turnover” ซึ่งพบในวัยกำลังเจริญเติบโต หากว่าถ้าค่าต่ำทั้งคู่เรียกว่า “low bone turnover” ซึ่งทั้ง 2 กรณีผู้รักษาจำเป็นต้องตัดสินใจจะปล่อยให้อยู่ในสภาพเช่นนี้นานเท่าใด เพราะการเปลี่ยนมากไปจะเป็นอันตรายต่อกระดูกได้ อาจมี “bone crack” เกิดขึ้น และหากพบว่าค่า “CTx” สูงขึ้น แต่ค่าการสร้างกระดูกไม่สูงตาม อาจต้องค้นหาสาเหตุเพิ่ม หรือในกรณีค่า “CTx” ต่ำกว่าปกติ ควรพิจารณาว่ามีการได้รับยา “anti-resorption” เช่น “bisphosphonate” “calcitonin” และ“estrogen” อยู่หรือไม่ และควรพิจารณาดูว่าการสร้างกระดูก (P1NP) ต่ำกว่าปกติหรือไม่ เช่นกันส่วนใหญ่ ก็ต่ำกว่าปกติ คือไม่มีการสร้างกระดูกเกิดขึ้น เช่นนี้ซึ่งจัดเป็นภาวะ “low bone turnover”

ตารางที่ 2 แสดงค่าปกติของระดับ “Bone markers”ในสตรีวัยเจริญพันธุ์
(ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550; 2551)

โบนมาร์เกอร์ (bone markers)	คุณสมบัติ (identify)	ค่าเฉลี่ย (ng/ml.)	95% CI
เบต้าครอสเล็ป (β-crossLaps) (n=356)	การสลายของมวลกระดูก	0.310 ± 0.169	0.293-0.328
เอ็นมิดออสทีโอแคลซิน (NMID Osteocalcin) (n=123)	กระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก	16.46 ± 0.179	14.9-18.02
พีวันเอ็นพี (P1NP) (n= 109)	การสร้างของมวลกระดูก	44.5 ± 19.92	40.78-48.35

หลังจากได้รับการรักษา การดูค่าการสร้างของกระดูกว่าดีขึ้นเพียงใด จำเป็นต้องตรวจทั้งค่าการสลายของกระดูก (β-crossLaps) และการสร้างของกระดูก (P1NP) เพื่อดูค่าการสร้างของกระดูกว่ามีแนวโน้มดีขึ้น หรือลดลง หลังจากการรักษาเพียงใด ในกรณีนี้จำเป็นต้องปรับค่าการสลายของกระดูกให้อยู่ในระดับเดียวกัน จึงจะดูความแตกต่างของค่าการสร้างของกระดูก ก่อนและหลังได้รับการรักษาได้ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2552)

ตารางที่ 3 แสดงวิธีการคำนวณเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของการสร้างของกระดูก
(ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2552)

ค่าการสร้างของกระดูก ก่อนได้รับการรักษา = (ค่า P1NP ก่อนการรักษา ÷ ค่า β-crossLaps ก่อนการรักษา) ×0.31
ค่าการสร้างของกระดูก หลังได้รับการรักษา = (ค่า P1NP หลังการรักษา ÷ ค่า β-crossLaps หลังการรักษา) × 0.31
* 0.31 คือ ค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก (maen β-crossLaps ในสตรีวัยเจริญพันธุ์) *

ปัจจัยในการแปลผลโบนมาร์กเกอร์ (bone markers)

การแปลผลโบนมาร์กเกอร์ จำเป็นจะต้องพิจารณารายละเอียด โดยนำปัจจัยต่อไปนี้มาพิจารณาด้วย (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2551)

1. อายุ โบนมาร์กเกอร์ทุกชนิดเปลี่ยนแปลงตามอายุ ในวัยเด็กต่ำกว่า 13-15 ปี 15-25 ปี 25-49 ปี และ 50 ปีขึ้นไปจะมีค่าไม่เหมือนกัน กล่าวโดยกว้างคือ อายุน้อยค่าโบนมาร์กเกอร์จะสูงกว่าอายุมาก
2. เพศ ในเพศชายมักสูงกว่าเพศหญิงเป็นส่วนใหญ่
3. เวลาโบนมาร์กเกอร์เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าสูงสุดประมาณ 4.00 นาฬิกา ดังนั้นการตรวจเปรียบเทียบควรกำหนดเวลาให้ตรงกัน ในทางปฏิบัติที่ควรตรวจเลือดก็คือ ในเวลาเช้า 8.00-9.00 น.

4. อาหาร มีการพบว่าการตรวจโบนมาร์กเกอร์ก่อนอาหาร (งดอาหาร) จะให้ผลดีกว่าหลังอาหาร โดยเฉพาะค่าเบต้าครอสแล็ป ค่าจะไม่แกว่งมากในกรณีตรวจก่อนรับประทานอาหาร

5. ตัวอย่างที่ตรวจ การตรวจโบนมาร์กเกอร์ จากซีรั่ม (เจาะเลือด) จะได้ผลดีกว่าการตรวจปัสสาวะ 24 ชั่วโมง เนื่องจากค่าไม่แกว่งมาก ซึ่งโดยทั่วไปนิยมจากการตรวจทางเลือด

6. ปัจจัยอื่นในเลือด ทางที่ดีผู้ได้รับการตรวจ โบนมาร์กเกอร์ ควรได้รับการตรวจเลือดทั่วไป (screening blood) และควรจะได้นำมาพิจารณาประกอบการแปลผล เช่น ตรวจหน้าที่ไต ตับ เบาหวาน เพราะถ้ามีโรคเหล่านี้อยู่จะทำให้ค่า โบนมาร์กเกอร์ เปลี่ยนด้วย

7. ยาที่ได้รับมาก่อน เช่น ยาในกลุ่มที่ลดการสลายของกระดูก และยาในกลุ่มบำรุงกระดูก ซึ่งอาจทำให้ค่าของการสลายกระดูก (resorption bone markers) เพิ่มหรือลดลงได้ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

8. ชนิดของ โบนมาร์กเกอร์ จำเป็นจะต้องตรวจคู่กัน คือ ตรวจการสร้างของกระดูก และการสลายของกระดูก เช่น เบต้าครอสแล็ป กับ พีวันเอ็นพี หรือ พีวันซีพี การตรวจรายการเดียวจะแปลผลได้ไม่ถูกต้อง กล่าวโดยสรุปจำเป็นต้องตรวจ 2 รายการเพื่อดูการทำงาน (turnover) ของเซลล์กระดูกว่าจัดเป็น ระดับสูง หรือต่ำ ถ้าค่าทั้ง 2 สูงเกินค่าปกติ ก็จัดว่าเป็น “high bone turnover” คือเปลี่ยนแปลงตามกันแบบความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear correlation)

9. ค่ามาตรฐาน การแปลผล โบนมาร์กเกอร์ จำเป็นต้องอาศัยค่าปกติเปรียบกับค่าที่ตรวจได้ เช่น การตรวจ โบนมาร์กเกอร์ ในสตรีวัยหมดประจำเดือนรายหนึ่งได้ค่า เบต้าครอสแล็ป = 0.922 นาโนกรัม/มิลลิลิตร จะทราบว่าปกติหรือไม่ ต้องนำไปเปรียบเทียบกับค่าปกติ (จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มคนวัยหมดประจำเดือนจะไม่ถูกต้อง)

การเลือกค่าปกติมีความจำเป็นเพื่อนำมาเปรียบเทียบ เนื่องจากสตรีวัยหมดประจำเดือนจัดว่ามีความบกพร่องในร่างกาย เช่น ฮอร์โมนเอสโตรเจนลดลง ถ้าจะเอาค่าโบนมาร์กเกอร์ ในประชากรกลุ่มนี้ว่าเป็นค่าปกติ ย่อมไม่ถูกต้อง เพราะค่าจะมีช่วงกว้างมาก และได้จากกลุ่มประชากรที่ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาประชากรที่สมบูรณ์ไม่ป่วยเป็นโรค ถ้าเป็นสตรีก็ต้องเลือกวัย 35-45 ปี ที่ยังมีประจำเดือนปกติมาเป็นค่าปกติ

ประโยชน์ของโบนมาร์กเกอร์ (bone markers) (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2551)

1. เพื่อดูสภาพกระดูกของกลุ่มเสี่ยงได้แก่ วัยหมดประจำเดือน ได้รับยาบางชนิด เช่น สเตียรอยด์, เคมีบำบัด, ยาประเภทไทรอยด์นานๆ หากว่าตรวจแล้วมี การสลายของกระดูก (bone resorption markers) สูงกว่าปกติ ต้องแก้ไข มิเช่นนั้นในอนาคตจะกลายเป็น โรคกระดูกพรุนได้

2. ใช้ติดตามผลการรักษาจากยาโรคกระดูก โดยตรวจโบนมาร์กเกอร์ ก่อนได้รับยา และตรวจหลังได้รับยาตามระยะสมควรว่าผลของยาในแง่การสร้างกระดูก หรือการสลายกระดูก

3. ใช้ดูสภาพของกระดูกว่าอยู่ในสภาพดีหรือไม่ โดยพิจารณาจาก การสร้างกระดูก, การสลายกระดูก หรือ โบนเทิร์นโอเวอร์ ว่าผิดปกติหรือไม่

6. แนวทางในการป้องกัน และรักษาโรคกระดูกพรุน

สามารถจำแนกได้เป็นแนวทางหลัก 2 ประการคือ (สำนักพัฒนาวิชาการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2548)

1. ทางเลือกที่มิต้องใช้ยา (non-pharmacological modality) ได้แก่

1.1 การออกกำลังกายชนิดที่มีการลงน้ำหนัก โดยพิจารณาให้เหมาะสมกับวัยและสภาพร่างกาย เช่น เดิน วิ่งเหยาะ ปั่นจักรยาน การรำมวยจีน เป็นต้น

1.2 การรับประทานอาหารที่มีแคลเซียมอย่างเพียงพอ โดยพิจารณาการได้รับแคลเซียมจากอาหารเป็นอันดับแรก ในรายที่จำเป็นต้องรับประทานแคลเซียมชนิดเม็ด ควรรับประทานพร้อมอาหารหรือหลังอาหารทันที

1.3 ควรได้รับแสงแดดอ่อนๆ อย่างเพียงพอ เพื่อให้ผิวหนังสามารถสร้างวิตามินดี

1.4 หลีกเลี่ยงพฤติกรรมเสี่ยงต่อสุขภาพที่เป็นความเสี่ยงต่อภาวะกระดูกพรุนและกระดูกหัก ได้แก่ การสูบบุหรี่ ดื่มสุราเกินขนาด รับประทานยากลูโคคอติคอยด์เป็นระยะเวลานาน เป็นต้น

1.6 ดูแลรักษาโรคทางอายุรกรรมที่อาจมีผลให้สูญเสียกระดูกได้เร็วขึ้น เช่น โรคไทรอยด์เป็นพิษ

2. ทางเลือกที่ต้องอาศัยยา (pharmacological modality) สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 วิธีหลักได้แก่

2.1 การใช้ฮอร์โมนเพศ (hormone therapy, HT) เมื่อกล่าวถึงฮอร์โมนทดแทนโดยทั่วไปหมายถึง ฮอร์โมนทดแทนที่มีเอสโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญ หรือ “Tibolone” ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของโปรเจสโตเจน (progestogen) ที่ชื่อว่า “Norethynodrel” และอาการข้างเคียงที่เกิดจากการใช้ฮอร์โมนทดแทนทั้งชนิดเอสโตรเจนและโปรเจสโตเจนที่สำคัญและพบบ่อย คือ มีเลือดออกทางช่องคลอด เจ็บเต้านม ปวดศีรษะ ไมเกรนและน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น

2.2 การใช้ยาที่มิใช่ฮอร์โมนเพศ (non-HT)

2.2.1 “Bisphosphonates”

2.2.2 “Selective estrogen receptor modulator” (SERMs) ได้แก่ Raloxifene

2.2.3 แคลซิโตนิน (calcitonin)

2.2.4 แคลเซียมร่วมกับวิตามินดี (calcium ± vitamin D)

2.2.5 ไฟโตฮอร์โมน (phytohormones)

2.2.6 วิตามินเค2 (vitamin K2)

6. กิจกรรมทางกายและความแข็งแรงของกระดูก

กิจกรรมทางกายที่มีการใช้น้ำหนักมีผลต่อ ความแข็งของกระดูก กิจกรรมทางกายที่มีแรงมากกระทำในปริมาณมาก อย่างเช่น พลัยโอเมตริก ยิมนาสติก และการฝึกในแรงต้านมากๆ พบว่าช่วยเพิ่มกระบวนการสร้างกระดูกในวัยเด็กและวัยรุ่น นอกจากนี้แล้วการได้รับการออกกำลังกายในวัยเด็ก มีอิทธิพลทำให้มีการคงสภาพของมวลกระดูกในวัยผู้ใหญ่ ด้วยเหตุนี้จึงขอแนะนำว่า การออกกำลังกายจนเป็นนิสัยในวัยเด็กสามารถทำให้กระดูกมีความแข็งแรงได้ยาวนาน

ในวัยผู้ใหญ่เป้าหมายของการออกกำลังกาย คือ ต้องการรักษาระดับความหนาแน่นของมวลกระดูกให้คงที่ จากการศึกษาพบว่า เมื่ออายุเพิ่มขึ้นความหนาแน่นของมวลกระดูกลดลง และความสัมพันธ์ของความเสี่ยงที่จะเกิดการหักของกระดูกพบว่าลดลง ในคนที่มีกิจกรรมทางกายในปริมาณที่พอเหมาะ อย่างไรก็ตามจากการค้นคว้ายังไม่สามารถบอกได้ว่าต้องออกกำลังกายมากแค่ไหนที่ให้ผลพอๆกับการรักษาด้วยยา ในที่นี้จึงบอกเพียงแค่การออกกำลังกายสามารถชะลอการลดลงของมวลกระดูกได้เมื่ออายุมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ในทางเภสัชวิทยา จึงแนะนำการป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุนด้วยการให้ผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน ปฏิบัติกิจกรรมทางกายอย่างสม่ำเสมอจนเป็นกิจวัตร (Kohrt et al., 2004)

รูปแบบการออกกำลังกายในผู้ใหญ่

ชนิดการออกกำลังกาย (mode): กิจกรรมประเภทความทนทานที่ใช้น้ำหนักตัว เช่น เทนนิส ขึ้นบันได วิ่งสลับเดิน กิจกรรมประเภทกระโดดเช่น วอลเลย์บอล บาสเกตบอล การฝึกด้วยแรงต้าน เช่นการยกน้ำหนัก (ควรใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่)

ความหนัก (intensity): ระดับปานกลางจนถึงระดับมากเป็นครั้งคราว

ความถี่ (frequency): กิจกรรมประเภทความทนทานฝึก 3-5 ครั้ง ต่อสัปดาห์ การฝึกด้วยแรงต้าน 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์

ระยะเวลา (Duration): 30-60 นาที ซึ่งรูปแบบของกิจกรรม ต้องมีการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อหลัก

ในการกำหนดการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ ควรที่จะมีการฝึกความทนทานโดยใช้น้ำหนักตัวและฝึกโดยใช้แรงต้าน เพื่อที่จะรักษาปริมาณของมวลกระดูก แต่นอกจากนี้ ควรที่จะออกแบบให้กิจกรรมดังกล่าวมีการฝึกเพื่อความสามารถในการทรงตัวเพื่อป้องกันการหกล้มด้วย (Kohrt et al., 2004)

ผลของการออกกำลังกายต่อกระดูก (ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

ได้มีการรายงานเป็นครั้งแรก เมื่อปี 1971 ว่าการออกกำลังกายมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของแร่ธาตุในกระดูก ในปี 1971 โดยใช้รูปแบบของการศึกษาในแนวนอน (cross-

sectional design) ความหนาแน่นของแร่ธาตุในกระดูกมีค่าสูงขึ้นในนักกีฬา เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มคนที่ไม่ได้ออกกำลังกายและนักกีฬายกน้ำหนักมีส่วนประกอบของแร่ธาตุในกระดูกมากที่สุด จากการศึกษาในแนวนอนพบว่าความหนาแน่นของแร่ธาตุในกระดูกในนักกีฬายกน้ำหนักทุกคนมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีความเชื่อกันว่าจำนวนของมวลกล้ามเนื้อเป็นสัดส่วนโดยตรงกับส่วนประกอบของแร่ธาตุในกระดูก

การออกกำลังกายมีผลต่อการรักษาปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในกระดูกในนักกีฬาที่ไม่มีประจำเดือนแต่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่ทำให้กระดูกมีการรับน้ำหนัก อย่างไรก็ตามการออกกำลังกายที่มีส่วนทำให้กระดูกได้รับน้ำหนักสามารถที่จะรักษาปริมาณแร่ธาตุในกระดูกได้มากกว่าการออกกำลังกายที่ไม่มีแรงหรือน้ำหนักกระทำต่อกระดูก

กระดูกที่มีความหนาของเนื้อกระดูกเพิ่มขึ้น (bone hypertrophy) หรือความหนาของเนื้อกระดูกลดลง(bone atrophy) เป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของขนาดและความถี่ของตัวกระตุ้นที่เป็นแรง (mechanical stimulus) จากค่าปกติ การลงน้ำหนักที่ส่วนขา และกระดูกสันหลังเป็นตัวกระตุ้นที่มีผลมากกว่าตัวกระตุ้นที่กระทำต่อกระดูกในบริเวณที่ไม่ได้รับน้ำหนักร่างกาย เช่น กระดูกซี่โครง แขน และกระโหลกศรีษะ ตัวอย่าง เช่น แรงกระแทกที่บริเวณส้นเท้าขณะเดิน มีค่า 1.2-1.5 เท่าของน้ำหนักตัวซึ่งมีค่ามากกว่าแรงกระทำที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแขนขณะทำกิจวัตรกระจำวัน ดังนั้นกระดูกส้นเท้า (calcaneus) มักจะได้รับแรงกระทำ (stress) ที่มากกว่ากระดูกแขน (radius) ดังนั้นเมื่อกระดูกทั้ง 2 อยู่ในสภาพที่ไม่ต้องรับน้ำหนัก เช่น นักบินที่อยู่ในอวกาศ พบว่าเนื้อกระดูกของส้นเท้า จะสูญหายไปมากกว่าเนื้อกระดูกของแขน

สำหรับคนที่มีอายุระหว่าง 40-60 ปีพบว่าการออกกำลังกายเป็นเวลาประมาณ 10 ปี มักจะมีผลทำให้ความหนาแน่นของแร่ธาตุในกระดูกมีค่าเพิ่มขึ้นมากหรือกระบวนการสลายกระดูกเกิดน้อยลงเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในปัจจุบันยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าการออกกำลังกายที่ผลต่อส่วนประกอบของแร่ธาตุในกระดูกอย่างไรในผู้สูงอายุ

น้ำหนักหรือแรงที่กระทำต่อกระดูกกระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกเพิ่มขึ้น น้ำหนักของร่างกายที่กระทำต่อกระดูกเป็นผลจากการออกกำลังกายซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เป็นแรงกดหรือแรงบิด แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก หรือแรงต้านทานที่กระทำต่อกระดูก (resisting impact) สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกใหม่ เนื่องจากร่างกายประกอบด้วยกล้ามเนื้อจำนวนมากกว่า 600 มัด ซึ่งมีที่เกาะต้นและที่เกาะปลายอยู่บนกระดูกจำนวนมากมายที่ประกอบเป็นโครงร่างของร่างกายประมาณ 206 ชิ้น การหดตัวของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะการหดตัวที่ต้องออกแรงต้านกับแรงโน้มถ่วงหรือแรงต้านทานจากภายนอกร่างกายสามารถที่จะทำให้เกิดแรงจำนวนมากต่อกล้ามเนื้อ เอ็น กระดูกและข้อต่อ และแรงเหล่านี้มีผลต่อความหนาแน่นของเนื้อกระดูก (bone matrix) ความจริงดังกล่าวนี้ได้มีการเปิดเผยโดยนักบินอวกาศของ

สหรัฐอเมริกาที่พยายามออกกำลังกายในสภาพไร้น้ำหนักเพื่อที่จะลดการสลายกระดูกขณะที่ทำการบินอยู่ในอวกาศ

8. การเดินออกกำลังกาย

การเดินออกกำลังกายจัดอยู่ในประเภท “Endurance Rhythmic Exercise” ซึ่งมีการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องแต่ไม่หักโหมเหมือนการวิ่ง การเดินออกกำลังกายเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิก เดินด้วยความเร็วที่มากกว่าปกติเล็กน้อย เป็นการเดินด้วยจังหวะสม่ำเสมอ เป็นกิจกรรมที่มีความนิยมอย่างกว้างขวาง เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้ทักษะความชำนาญพิเศษใดๆ ทั้งปลอดภัยและไม่บาดเจ็บง่าย จึงเหมาะกับคนวัยเสื่อม หรือคนที่เป็นโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจ โรคความดันโลหิต เป็นต้น (เสก อักษรานุเคราะห์, 2525)

การเดินแบ่งตามความเร็วได้ 4 แบบ คือ (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2541)

1. เดินทอดน่อง (normal walking)
2. เดินเร็ว (brisk walking)
3. เดินสาวเท้า (stride walking)
4. เดินทน (race walking)

เดินทอดน่อง เป็นการเดินแบบสบายๆ ที่เดินอยู่ทุกวัน อาจไม่หนักพอต่อการเสริมสร้างสมรรถภาพของระบบไหลเวียน และหายใจ แต่ถ้าเดินอย่างสม่ำเสมอเกือบทุกวัน และนานพอให้เกิดการเผาผลาญพลังงานประมาณ 150 แคลลอรี่ต่อวัน จะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้

เดินเร็ว เป็นการเดินที่กระฉับกระเฉงขึ้น และก้าวยาวกว่าการทอดน่อง ใช้ความเร็วเพิ่มขึ้น 4.8-5.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (3 - 3.5 ไมล์ต่อชั่วโมง) เป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ช่วยเสริมสร้างสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิต และหายใจ มีประโยชน์สำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก หรือต้องการออกกำลังกายระดับปานกลาง

เดินสาวเท้า เป็นการเดินเร็วขึ้นไปอีกเป็น 5.6-8.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (3.5 - 5.5 ไมล์ต่อชั่วโมง) สาวเท้ายาวไปข้างหน้าพร้อมเหวี่ยงแขนอย่างแรงไปข้างหลัง เพื่อเพิ่มความหนัก ถือว่าเป็นการออกกำลังกายความหนักสูง อาจถือน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (1-3 ปอนด์) ไปด้วยหรือสะพายหลังด้วยน้ำหนักประมาณ 3-6 กิโลกรัม (6-12 ปอนด์) เพิ่มเพื่อการเผาผลาญพลังงาน และเพิ่มสมรรถภาพการไหลเวียนโลหิต และหายใจ

เดินทน แตกต่างจากการเดินที่กล่าวมาทั้ง 3 แบบข้างต้น โดยทุกส่วนของร่างกายมีบทบาทในการเคลื่อนไหว ไม่ว่าจะเป็นกล้ามเนื้อบริเวณหัวไหล่ แขน ลำตัว ไม่เพียงแต่เหนือกว่าการเดินเร็ว หรือเดินสาวเท้า หากยังเท่ากับการวิ่ง ที่ความเร็วประมาณ 8.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ท่าทางในการเดิน

เทคนิคของการเดินแบบแอโรบิกก็คือ ศีรษะต้องตั้งตรงอยู่เสมอ และเมื่อศีรษะตั้งตรงอยู่เสมอแล้ว ไหล่ก็จะไม่ค่อมแม้ว่าเราจะไม่ยืดไหล่ก็ตามนั่นก็คือ ช่วงไหล่ยังสามารถรู้สึกผ่อนคลายไม่เครียด และพยายามให้ศีรษะอยู่ในแนวเส้นศูนย์ถ่วงของตัวเรา เมื่อจะเดินต้องเดินตัวตรง ไม่มีส่วนล่างหรือส่วนบนของลำตัวที่ล้ำหน้าอีกส่วนไปก่อน และนั่นจะทำให้น้ำหนักตัวทั้งหมดตกลงบนเท้าอย่างแท้จริง (วิจักขณา เรียบเรียง, 2544)

ท่าทางการเดินที่เหมาะสมนอกจาก ศรีษะและลำตัวตั้งตรงแล้วนั้น สายตาต้องมองไปข้างหน้า เพื่อหลีกเลี่ยงการเดินชนผู้คนและสิ่งของ หลีกเลี่ยงการก้มหน้าหรือเอียงตัวไปข้างหน้ามากเกินไปเพื่อป้องกันการปวดคอและปวดหลัง ให้วางเท้าปกติแต่เพิ่มความถี่ของการเดินให้มากขึ้น ควรเดินแกว่งแขน แต่ไม่ควรเดินแกว่งแรงไป และไม่ควรแกว่งแขนข้ามแนวกลางลำตัว เพราะอาจทำให้กล้ามเนื้อบริเวณหลังและไหล่บาดเจ็บ การไม่แกว่งแขนเลย ทำให้การเดินอาจไม่ได้ผลเท่าที่ควร เพราะการแกว่งแขนขา สลับกัน ช่วยเพิ่มการทรงตัว และความเร็วในการเดิน ทำให้การเดินมีประสิทธิภาพมากขึ้น การเดินควรใช้แรงเหวี่ยงจากสะโพก ก้าวเท้าไปข้างหน้า ลงน้ำหนักที่ส้นเท้าก่อนแล้วถ่ายน้ำหนักลงเต็มฝ่าเท้า ยกส้นเท้าขึ้นถ่ายน้ำหนักสู่ปลายเท้าก่อนยกเท้าก้าวไป รองเท้าสำหรับการเดินก็มีความสำคัญ ควรมีการยืดหยุ่น กระชับเท้า และน้ำหนักเบา เพื่อป้องกันการบาดเจ็บ (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2541)

ขั้นตอนการเดินออกกำลังกาย (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2541)

ขั้นตอนที่ 1 คือ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแขน ขา หลัง ประมาณ 5-10 นาที

ขั้นตอนที่ 2 คือ การเดินช้าๆ เพื่อกระตุ้นให้ร่างกายมีการปรับตัว ประมาณ 5-10 นาที

ขั้นตอนที่ 3 คือ การเดินออกกำลังกาย ประมาณ 20-30 นาที

ขั้นตอนที่ 4 คือ การผ่อนคลายร่างกาย โดยการเดินช้าๆ ตามด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อประมาณ 5-10 นาที

ประโยชน์ของการเดินออกกำลังกาย (Barough, 2003)

1. ผ่อนคลายความเครียด ทำให้สุขภาพจิตดีขึ้น
2. กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงอดทน และความอ่อนตัวเพิ่มขึ้น
3. ช่วยควบคุมน้ำหนัก และลดการสะสมของไขมัน
4. เพิ่มระบบภูมิคุ้มกันให้ร่างกาย
5. ช่วยบรรเทาอาการเจ็บปวดในช่วงมีประจำเดือน
6. เพิ่มความแข็งแรงของกระดูก และป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุน
7. ลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง และลดความเสี่ยงในการเป็นเบาหวานชนิดที่ 2
8. สมรรถภาพการไหลเวียนโลหิตดีขึ้น

9. ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน
10. ช่วยในการนอนหลับ
11. บรรเทาอาการเจ็บปวด และความรุนแรงของโรคข้อเสื่อม
12. ทำให้มีการเผาผลาญพลังงานดี
13. เพิ่มเอชดีแอล (HDL) ในเลือด และลดภาวะความดันโลหิตสูง
14. ช่วยในการเลิกบุหรี่ และส่งเสริมภาวะโภชนาการ
15. บรรเทาและป้องกันการปวดหลัง

9. ชุดเพิ่มน้ำหนัก (weight clothing) (Wikipedia, 2009)

ชุดเพิ่มน้ำหนัก (weight clothing)

การใช้ชุดเพิ่มน้ำหนักเป็นการเพิ่มน้ำหนักให้ส่วนต่างๆของร่างกาย เป็นการรวมน้ำหนักเข้ากับร่างกาย ซึ่งทำให้มือสามารถเคลื่อนไวได้อย่างอิสระ ไม่เหมือนกับการถือน้ำหนักหรือการใช้เครื่องยกน้ำหนัก ผู้ที่ใช้มีแนวโน้มในการเคลื่อนที่มากกว่าปกติ

การใช้ชุดเพิ่มน้ำหนัก คือเป็นรูปแบบของการฝึกแบบใช้แรงต้าน ในการเพิ่มความหนัก ทำให้เกิดแรงมากระทำต่อร่างกาย เป็นการเพิ่มแรงต้านในการเคลื่อนที่อีกด้วย เนื่องจากต้องมีแรงที่มากขึ้นหรือเอาชนะความเฉื่อยของความหนักของร่างกาย ดีพอๆกับการที่มีแรงในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งต้องออกแรงมากขึ้นในการทำให้ช้าลง อย่างไรก็ตามควรให้ความสนใจกับความปลอดภัยในการเพิ่มน้ำหนักในบางส่วนเช่น ข้อมือ และข้อเท้า

โดยทั่วไปการใช้น้ำหนักเพียงเล็กน้อย จะใช้เวลาฝึกนานหรือทำซ้ำหลายครั้ง เพื่อเพิ่มความทนทาน อย่างเช่นการวิ่ง การว่ายน้ำ การต่อย การเตะ หรือการกระโดด การใช้น้ำหนักมากสามารถใช้ได้เช่นเดียวกัน คือ ต้องใช้เคลื่อนไหวช้าๆ ควบคุมการเคลื่อนไหว และเป็นการเพิ่มน้ำหนักในการฝึกแบบใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน

ชุดเพิ่มน้ำหนักแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. ชุดเพิ่มน้ำหนักร่างกายส่วนล่าง (lower body weighted clothing)
    - 1.1 ชุดเพิ่มน้ำหนักต้นขา (thigh weights)
    - 1.2 ชุดเพิ่มน้ำหนักข้อเท้า (ankle weights)
    - 1.3 รองเท้าเพิ่มน้ำหนัก (weighted footwear)
2. ชุดเพิ่มน้ำหนักแกนกลางร่างกาย (core weighted clothing)
    - 2.1 สายรัดสะโพกเพื่อลากน้ำหนัก (hip drags)
    - 2.2 เข็มขัดรัดสะโพกเพื่อดึงน้ำหนัก (dip belts)
    - 2.3 เข็มขัดเพิ่มน้ำหนัก (weighted belts)

2.4 เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (weighted vests)

2.5 ชุดเพิ่มน้ำหนักคอ (neck weights)

2.6 ชุดเพิ่มน้ำหนักที่ศรีษะ (head weights)

2.7 กระเป๋าสะพายเพิ่มน้ำหนัก (weighted backpack)

2.8 ชุดที่เป็นระบบการกระจายน้ำหนัก หรือการรวมน้ำหนัก (distributed weights/integrated weights systems)

3. ชุดเพิ่มน้ำหนักร่างกายส่วนบน (upper body weights clothing)

3.1 ชุดเพิ่มน้ำหนักแขนท่อนบน (upper-arm weights)

3.2 ชุดเพิ่มน้ำหนักข้อมือ (wrist weights)

3.3 ถุงมือเพิ่มน้ำหนัก (weighted gloves)

ในการเพิ่มน้ำหนักขณะเดินออกกำลังกายในช่วง 6 สัปดาห์ผู้ชายสามารถเพิ่มได้ถึง 6 กิโลกรัม และในผู้หญิงเพิ่มได้ถึง 4 กิโลกรัม (Yanker and Burton, 1900)

เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (weighted vests)

เสื้อเพิ่มน้ำหนักเป็นที่นิยมใช้ทั่วไป เนื่องจากเป็นการเพิ่มน้ำหนักในบริเวณส่วนแกนกลางของร่างกาย รวมทั้งเป็นการกระตุ้นในส่วนที่มีไขมันสะสมในร่างกายมากที่สุด มีประโยชน์สำหรับการเพิ่มความหนักในการเคลื่อนไหว และสามารถใช้มือถือน้ำหนักเพิ่มได้ด้วย

การใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนักเป็นการเพิ่มน้ำหนักที่ดีที่สุด เพราะมีความปลอดภัย มีความเป็นธรรมชาติมากที่สุด หมายถึงการเลียนแบบการมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นโดยไม่ทำให้กล้ามเนื้อเสียสมดุล สามารถเพิ่มแรงต้านในขณะที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหว รูปแบบการออกกำลังกายที่ใช้โดยทั่วไป เช่น การดันพื้น (pull-ups) การดึงข้อ (dips) การย่อและยืน ด้วยแขนหรือขา(pushup) การย่อขา (squats) และการย่อขาข้างเดียว (single leg squats)

ปัญหาของการใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก คือ การใช้ขณะดันพื้น และการย่อยืน ต้องรัดบริเวณหัวไหล่ให้แน่น ซึ่งทำให้ขอบเสื้อกดแน่นมาก อาจทำให้เจ็บได้ ในผู้ที่มีความแข็งแรงหรือความอ่อนตัวน้อย ควรจะกำหนดขอบเขตการเคลื่อนไหว เพื่อหลีกเลี่ยงการบาดเจ็บ เช่น การก้มตัวไปด้านหน้า และการงอตัวไปด้านหลัง ปัญหาอีกอย่างหนึ่งของการใช้ คือ เมื่อสวมแล้ว ทำให้การหายใจไม่สะดวก และทำให้ร้อนจนเกินไป ในระหว่างการใช้ การระบายอากาศของเสื้อไม่ดีซึ่งมีสาเหตุมาจากวัสดุที่ใช้ เช่น ไนลอน และนีโอพลีน ในช่วงหลังมานี้ มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเสื้อเพิ่มน้ำหนัก เพื่อให้สวมใส่สบาย โดยการใช้วัสดุที่มีการยืดขยายตัวตามทิศทางการเลื่อนไหว การขยายของช่วงอกขณะหายใจ สามารถปรับเปลี่ยนขนาดได้ตามความต้องการ ออกแบบเพื่อให้สวมใส่ไว้ในเสื้อผ้าได้ และมีการนำฟองน้ำกันกระแทกมาเย็บรวมกับเสื้อ

ชุดที่เป็นระบบการกระจายน้ำหนัก หรือการรวมน้ำหนัก (distributed weights/integrated weights systems)

การกระจายน้ำหนักไปยังส่วนต่างๆของร่างกายเป็นการปรับปรุงจากรูปแบบเดิม ซึ่งทำให้การแบกรับน้ำหนักง่ายขึ้น นอกจากนั้นแล้วยังเป็นการลดภาวะที่จะทำให้กล้ามเนื้อ และเอ็นตึงเกินไป โดยทั่วไปแล้วจะใช้การเพิ่มน้ำหนักที่ข้อมือกับข้อเท้าพร้อมกัน

การรวมน้ำหนัก โดยทั่วไปสามารถประยุกต์การใช้น้ำหนักจาก ต้นแขน(biceps) ท่อนแขนระหว่างข้อมือและศอก (forearms) ต้นขา (thighs) และน่อง (calves) และอาจใช้กับเสื้อเพิ่มน้ำหนักสามารถใช้ได้ในชีวิตประจำวันเพื่อให้มีการเผาผลาญพลังงานเพิ่มขึ้น

ข้อควรระวังในการใช้ชุดเพิ่มน้ำหนัก (Peak performance newsletter, 2008)

1. ก่อนเพิ่มน้ำหนักควรฝึกในน้ำหนักระดับเดิมก่อน เพื่อให้เกิดการปรับตัว
2. ถ้าต้องการใส่เพื่อให้เกิดประโยชน์สำหรับกิจกรรมในระหว่างประจำวัน (daily activities) ไม่ควรใช้ในการออกกำลังกายอีก
3. ไม่ควรใช้น้ำหนัก 10% ของน้ำหนักร่างกายในการเริ่มต้นฝึก ควรเริ่มจาก 2 % ของน้ำหนักตัวแล้วค่อยเพิ่มน้ำหนักจนถึง 10% ของน้ำหนักตัว
4. ควรใส่ให้กระชับพอดี
5. ไม่ควรใส่ชุดเพิ่มน้ำหนักข้อเท้าสำหรับการออกกำลังกายโดยการวิ่ง เพราะอาจเพิ่มความเสี่ยงในการบาดเจ็บได้ อย่างไรก็ตามถ้าต้องการเพิ่มความหนักในการวิ่งขึ้นเขาควรใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนักมากกว่า ควรเริ่มฝึกวิ่งโดยไม่ใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนักในช่วงระยะหนึ่งก่อน หลังจากนั้นจึงเริ่มใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนักที่ 2% ของน้ำหนักร่างกาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยภายในประเทศ

วารุณี วรศักดิ์เสนีย์ (2538) ได้ศึกษาเรื่องผลของการเดินที่มีต่อระบบไหลเวียนโลหิตและสารชีวเคมีในโลหิตของหญิงสูงอายุ กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิงสูงอายุ จำนวน 30 คน มีอายุระหว่าง 60-70 ปี แบ่งออกเป็น 2 กลุมๆละ 15 คน กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มทดลอง ออกกำลังกายด้วยการเดินตามโปรแกรมและกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองใช้เวลาในการทดลอง 12 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วันๆ ละ 30 นาที ได้ทำการวัดระบบไหลเวียนโลหิตและสารชีวเคมีในโลหิต ทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ในช่วงก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 4 สัปดาห์ หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่า

1. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว กลูโคส คอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอร์ไรด์ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ของกลุ่มทดลอง หลังการทดลอง 4, 8 และ12 สัปดาห์ กับก่อนการทดลอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว กลูโคส คอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอร์ไรด์ ของกลุ่มทดลอง ระหว่างหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และ 12 สัปดาห์ กับก่อนการทดลอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ .05

4. เอชดีแอล-คอเลสเตอรอล และแอลดีแอล-คอเลสเตอรอล ระหว่างก่อนการทดลองและระหว่างหลังการทดลอง 4,8และ12 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

บุญส่ง องค์พิพัฒนกุล (2542) ศึกษาวิธีการป้องกันการลดลงของความหนาแน่นของกระดูกในสตรีไทยวัยหมดประจำเดือนระยะต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อบอกประสิทธิภาพของแคลเซียมและขนาดที่เหมาะสมของเอสโตรเจน, อินตราน่าซอลแคลซิโตรนิน และแคลซิไตร- ออล ในการป้องกันโรคกระดูกพรุนในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยศึกษาผลต่อความหนาแน่นของกระดูกในสตรีไทยวัยหมดประจำเดือนไม่เกิน 6 ปี ทำการเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมเป็นเวลานาน 2 ปี

ผลการศึกษาพบว่า

1. แคลเซียม 750 มิลลิกรัมต่อวันโดยที่มีหรือไม่มีอินตราน่าซอลแคลซิโตรนิน 50 IU ต่อวันไม่สามารถป้องกันการลดลงของความหนาแน่นของกระดูกที่บริเวณกระดูกต้นขาส่วนคอ (femoral neck) ได้

2. แคลเซียมร่วมกับ “Conjugated equine estrogen” ทั้งขนาด 0.3 มิลลิกรัม และ 0.625 มิลลิกรัม ต่อ วันสามารถป้องกันการลดลงของความหนาแน่นที่บริเวณกระดูกต้นขา (femor) นอกจากนี้ ยังสามารถเพิ่มความหนาแน่นที่บริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว

3. แคลเซียมร่วมกับแคลซิไตรออล ขนาด 0.25 และ 0.5 ไมโครกรัมต่อวันมีผลคล้ายเอสโตรเจน คือ ป้องกันการลดลงของความหนาแน่นที่บริเวณกระดูกต้นขา นอกจากนี้ ยังสามารถเพิ่มความหนาแน่นที่บริเวณที่บริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว

และบุญส่ง องค์พิพัฒนกุล ยังได้ทำการศึกษาการหาอัตราการลดลงของความหนาแน่นของกระดูกในสตรีไทยหลังวัยหมดประจำเดือนและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการลดลงของความหนาแน่นของกระดูกในสตรีไทยหลังวัยหมดประจำเดือนไม่เกิน 6 ปี เป็น เวลานาน 2 ปี

ผลการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นของกระดูกที่บริเวณกระดูกสันหลังไม่ได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเวลา 2 ปี อย่างไรก็ตาม ความหนาแน่นของกระดูกที่บริเวณสะโพกลดลงประมาณ 3.9 เปอร์เซ็นต์

บุปผา อินต๊ะแก้ว (2544) ได้ศึกษาเรื่อง ตัวกำหนดความเชื่อด้านสุขภาพและพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนของสตรีวัยหมดประจำเดือน กลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีวัยหมดประจำเดือนที่มีอายุ 40-59 ปีในจังหวัดเชียงใหม่จำนวน 333 คน ได้มาจากการสุ่มเลือกแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล แบบสอบถามตัวกำหนดความเชื่อด้านสุขภาพเกี่ยวกับโรคกระดูกพรุน และแบบสอบถามพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนของสตรีวัยหมดประจำเดือน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา และหาอำนาจการทำนายโดยใช้สถิติวิเคราะห์จำแนกประเภทแบบขั้นตอน

ผลการศึกษาพบว่า

1. สตรีวัยหมดประจำเดือนปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนโดยรวมอย่างสม่ำเสมอเพียงร้อยละ 2.40 แต่ปฏิบัติไม่สม่ำเสมอถึงร้อยละ 97.60

2. สตรีวัยหมดประจำเดือนมีการรับรู้โอกาสเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุน และการรับรู้อุปสรรคของการปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนระดับค่อนข้างต่ำ ขณะที่การรับรู้ความรุนแรงของการเกิดโรคกระดูกพรุน และการรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนระดับค่อนข้างสูง นอกจากนี้สตรีวัยหมดประจำเดือนร้อยละ 75.07 ไม่มีสิ่งกระตุ้นของการปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนโดยรวม

3. จากตัวกำหนดความเชื่อด้านสุขภาพ 4 องค์ประกอบ การรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุน การรับรู้โอกาสเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุน และการรับรู้อุปสรรคของการปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนเป็นปัจจัยทำนายจำแนกกลุ่มของสตรีวัย

หมดประจำเดือนที่ปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนโดยรวม ซึ่งมีค่าอำนาจการทำนายจากมากที่สุดถึงน้อยที่สุดตามลำดับ ส่วนการรับรู้ความรุนแรงของการเกิดโรคกระดูกพรุนไม่เป็นปัจจัยทำนายจำแนกกลุ่มดังกล่าว

จากผลการวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะให้พยาบาลส่งเสริมพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนโดยรวม ของสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยมุ่งเน้นเพิ่มการรับรู้โอกาสเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุนให้มากขึ้น

วิสุทธิ์ สุวิทยะศิริ และโอกาส ไทยพิสุทธิกุล (2545) ได้ศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกายกับความหนาแน่นของมวลกระดูกในสตรีวัยหมดระดู ทำการเก็บข้อมูลในหญิงวัยหมดระดูโดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ก่อนหมดระดู (premenopause) 52 ราย ใกล้หมดระดู (perimenopause) 96 ราย และหลังหมดระดู (postmenopause) 190 ราย

ผลการศึกษาพบว่า สตรีวัยหมดระดูในกลุ่มวัยก่อนหมดระดู, วัยเริ่มหมดระดู และวัยหลังหมดระดู มีค่าเฉลี่ย ดัชนีมวลกาย ต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของมวลกระดูกสันหลังส่วนเอว (L2-L4) และกระดูกข้อสะโพก ลดลงตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกาย และความหนาแน่นของมวลกระดูกพบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในกลุ่มวัยเริ่มหมดระดู และกลุ่มวัยหลังหมดระดู โดยความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในกลุ่มวัยเริ่มหมดระดู มีค่ามากกว่า กลุ่มวัยหลังหมดระดู ส่วนในกลุ่มวัยก่อนหมดระดู ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกาย และความหนาแน่นของมวลกระดูก ของกระดูกทุกตำแหน่งที่ทำการศึกษา

นงพะงา ศิวานุวัฒน์ (2548) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบผลการเดินแบบสะสมและแบบต่อเนื่องที่มีต่อสมรรถภาพทางกายเกี่ยวกับสุขภาพของหญิงวัยทำงาน โดยกลุ่มผู้เข้าร่วมการทดลองครั้งนี้เป็นหญิงวัยทำงานที่มีกิจกรรมทางกายอยู่ในระดับเคลื่อนไหวออกกำลังกายน้อย (inactivity) มีอายุ 45-59 ปี จำนวน 40 คน และนำผลการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (maximum oxygen uptake) เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) จำแนกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่หนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 15 คน ดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติ กลุ่มที่สอง เป็นกลุ่มทดลองเดินแบบสะสม จำนวน 11 คน โดยเดินเป็นช่วงๆละ 10 นาที ทั้งนี้ไม่รวมระยะเวลาในการอบอุ่นร่างกายและผ่อนคลายร่างกาย แบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงเช้า 10 นาที ช่วงกลางวัน 10 นาที และช่วงเย็น 10 นาที สะสมรวม 30 นาทีต่อวัน 3 วันต่อสัปดาห์ กลุ่มที่สาม เป็นกลุ่มทดลองเดินแบบต่อเนื่องจำนวน 14 คน โดยเดินแบบต่อเนื่อง 30 นาทีต่อวัน 3 วันต่อสัปดาห์ กลุ่มทดลองที่สองและที่สาม เดินบนสายพานด้วยความหนักของงาน 65-75% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ใช้เวลาในการทดลอง 10 สัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่า ทั้ง 3 กลุ่ม มีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิต ความจุปอด ความอ่อนตัว ความอดทนของกล้ามเนื้อแขนและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ พบว่า กลุ่มที่หนึ่ง มีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดต่างจากกลุ่มที่สอง และกลุ่มที่สาม ทั้งนี้สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างกลุ่มที่สอง และกลุ่มที่สามไม่ต่างกัน ส่วนตัวแปรสมรรถภาพทางกายเกี่ยวกับสุขภาพ ก่อนและหลังการทดลอง 10 สัปดาห์ของทั้ง 3 กลุ่ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศิริพร ศิริกาญจนโกวิท (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบผลของการเดินแบบหนักสลับเบาและแบบต่อเนื่องที่มีต่อสุขสมรรถนะของหญิงสูงอายุ อาสาสมัครเข้าร่วมการทดลองครั้งนี้ อายุ 55-60 ปี จำนวน 30 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มแบบง่าย เป็น 2 กลุ่มทดลอง กลุ่มที่ 1 มี 15 คน เดินแบบหนักสลับเบาบนสายพาน สลับช่วงความหนักของการออกกำลังกายสูงเท่ากับ 80-90 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรองช่วงละ 3 นาที และช่วงความหนักของการออกกำลังกายต่ำเท่ากับ 30-40% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง ช่วงละ 3 นาที และกลุ่มที่สองมี 15 คน เดินแบบต่อเนื่องบนสายพาน ด้วยความหนักของการออกกำลังกายเท่ากับ 60-70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสำรองทั้งสองกลุ่มใช้เวลา 30 นาที/ 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ทำการวัดสุขสมรรถนะก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 10 สัปดาห์ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยค่า “ที” (t-test)

ผลการศึกษาพบว่า

หลังการทดลอง กลุ่มทดลองเดินแบบหนักสลับเบามีค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของแต่ละบุคคลเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มทดลองเดินแบบต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะพัก ความอ่อนตัว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ระหว่างกลุ่มทดลองไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการวิจัย โปรแกรมการเดินแบบหนักสลับเบา มีผลทำให้สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของแต่ละบุคคลเพิ่มขึ้นมากกว่าโปรแกรมการเดินออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง

ศศิภา จินาจิ้น (2550) ได้ศึกษาเรื่องผลการเดินที่มีต่อสุขสมรรถนะของกลุ่มวัยทำงานที่มีภาวะน้ำหนักเกิน กลุ่มผู้เข้าร่วมการทดลองเป็นบุคคลวัยทำงาน อายุระหว่าง 30-59 ปี เพศชายและเพศหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกิน ค่าดัชนีมวลกายระหว่าง 25-29.9 ก./ตร.ม. จำนวน 37 คน ทำการเก็บข้อมูลพื้นฐานการเดินต่อวันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ โดยอาสาสมัครทุกคนได้รับเครื่องนับก้าวยี่ห้อ ออมรอน รุ่น เฮชเจ 109 โดยติดเครื่องนับก้าวตั้งแต่เวลาตื่นนอนถึงเวลาเข้านอน ไว้ที่เอว

ด้านขวา สุ่มแบบง่ายแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เดินตามปกติจำนวน 18 คน และกลุ่มที่ 2 เดินตามจำนวนก้าวที่กำหนด (7,500-9,999 ก้าวต่อวัน)จำนวน 19 คน ระยะเวลาการทดลอง 12 สัปดาห์ ทำการวัดดัชนีมวลกาย รอบเอว รอบสะโพก อัตราส่วนเอวต่อสะโพก อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะพัก เปอร์เซนต์ไขมัน สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด พลังงานที่ใช้ต่อวัน และจำนวนการเดินต่อวัน ก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 7 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12

ผลการศึกษาพบว่า

1. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 กลุ่มที่ 2 เดินตามจำนวนก้าวที่กำหนดของเพศชาย มีดัชนีมวลกาย รอบเอว รอบสะโพก อัตราส่วนเอวต่อสะโพก อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด พลังงานที่ใช้ต่อวัน และจำนวนการเดินต่อวัน ดีกว่ากลุ่มที่ 1 เดินตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีการพัฒนาเกือบทุกตัวแปรดีกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 กลุ่มที่ 2 เดินตามจำนวนก้าวที่กำหนดของเพศหญิง มีดัชนี มวลกาย รอบเอว อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด พลังงานที่ใช้ต่อวันและจำนวนการเดินต่อวัน ดีกว่ากลุ่มที่ 1 เดินตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีพัฒนาการเกือบทุกตัวแปรดีกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

สรุปผลการวิจัย การเพิ่มกิจกรรมทางกายด้วยการเดิน 7,500-9,999 ก้าวต่อวัน มีผลที่ดีขึ้นต่อสุขสมรรถนะของบุคคลวัยทำงานที่มีภาวะน้ำหนักเกินทั้งเพศชายและเพศหญิง

นันทพร ภาษิต (2551) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการเดินแบบปกติและการเดินแบบทิศทางที่มีผลต่อสุขสมรรถะในสตรีวัยทำงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีวัยทำงานอายุ 30-45 ปี จำนวน 39 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองกลุ่มเดินแบบปกติจำนวน 19 คน และกลุ่มแบบทิศทางจำนวน 20 คน ใช้เวลาเดิน 30 นาที/วัน 3 วัน/สัปดาห์ ที่จำนวนก้าว 126 ก้าวต่อนาที ทำการวัดสุขสมรรถนะก่อนการทดลอง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 5 และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 10

ผลการศึกษาพบว่า

1. หลังการทดลอง 10 สัปดาห์ กลุ่มที่เดินแบบทิศทาง มีอัตราการเต้นขิงหัวใจขณะพัก สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและอดทนของกล้ามเนื้อขา และการทรงตัว ดีกว่ากลุ่มเดินแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการทดลอง 10 สัปดาห์ กลุ่มเดินแบบปกติ และกลุ่มเดินแบบทิศทางมีอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เปอร์เซ็นต์ไขมัน เปอร์เซ็นต์มวลร่างกายปราศจากไขมัน มวลกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและอดทนของกล้ามเนื้อขา การทรงตัว

เวลาปฏิกริยาเชิงซ้อนต่อเสียง และการใช้พลังงานขณะพัก พัฒนาการดีกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย การฝึกเดินแบบปกติและการฝึกเดินแบบทิศทางส่งผลต่อการพัฒนาสุขสมรรถนะในสตรีวัยทำงาน แต่อย่างไรก็ตามการเดินแบบทิศทางมีผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและอดทนของกล้ามเนื้อขาและการทรงตัว ดีขึ้นมากกว่าการเดินแบบปกติ

มานพ ภู่สุวรรณ์ ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และพงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์ (Phoosuwan, Kritpet, and Yuktanandana, 2009) ได้ศึกษาเรื่องผลของการฝึกโยคะแบบลงน้ำหนักที่มีต่อการสลายมวลกระดูกของสตรีวัยหมดประจำเดือน ทำการศึกษาในหญิงวัยหมดประจำเดือนอายุระหว่าง 50-60 ปี แบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มที่ได้รับการฝึกโยคะแบบลงน้ำหนัก 19 คน และกลุ่มควบคุม คือกลุ่มที่ใช้ชีวิตประจำวันปกติ 14 คน ทำการเก็บข้อมูล คือการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) การสร้างมวลกระดูก (P1NP) และแบบสอบถามมาตรฐานชีวิต (SF-36) โดยทำการทดลอง 12 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆ ละ 50 นาที

ผลการศึกษาพบว่า

หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกโยคะแบบลงน้ำหนัก และกลุ่มใช้ชีวิตประจำวันตามปกติมีค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มฝึกโยคะมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงลดลงมากกว่า สำหรับคุณภาพชีวิตโดยใช้แบบสอบถามมาตรฐานเอสเอฟ 36 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย การฝึกโยคะแบบลงน้ำหนักมีผลต่อการชะลอการสลายมวลกระดูกได้ดีขึ้นและช่วยส่งเสริมให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

2. งานวิจัยในต่างประเทศ

ฟรานซิส และคณะ (Francis et al., 1986) ได้ศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนแปลงการใช้ออกซิเจนที่สัมพันธ์กับการเดิน และการวิ่งบนลู่กลขณะถือน้ำหนักในมือ มีผู้เข้าร่วม 10 คน (อายุเฉลี่ย 26 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 66.5 กก.) รูปแบบการทดลองมีการเดินและวิ่งที่ความเร็ว 4.8, 5.6 และ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยมีการถือน้ำหนัก ซึ่งแบ่งออกเป็น 1) ไม่มีการถือน้ำหนัก 2) ถือน้ำหนัก 0.91 กก. 3) ถือน้ำหนัก 1.81 กก. (ถือน้ำหนักในมือแต่ละข้างตามที่กำหนด)

ผลการศึกษาพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในการใช้ออกซิเจน ขณะวิ่งถือน้ำหนัก และไม่ถือน้ำหนัก โดยทางกลับกัน การเดินโดยถือน้ำหนักไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในการใช้ออกซิเจน การวิ่งขณะที่มีการถือน้ำหนักด้วยนั้นพบว่า มีการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น

1.8 มล./กก./นาที ในการถือน้ำหนัก 0.91 กก. และ การใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น 2.7 มล./กก./นาที ในการถือน้ำหนัก 1.81 กก. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นค่อนข้างน้อย แต่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในการใช้ออกซิเจนชี้ให้เห็นว่า ผลของการใช้ออกซิเจนขณะที่มีการถือน้ำหนักในการออกกำลังเบานั้นแทบจะไม่มีผล ควรใช้น้ำหนักต้านเพื่อเพิ่มแรงกระตุ้นในกิจกรรมที่ไม่หนัก

ฮาโตริ และคณะ (Hatori et al., 1992) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการเดินออกกำลังกายในความหนักที่ระดับจุดเริ่มล้าต่อการสูญเสียมวลกระดูกสันหลังในหญิงวัยหมดประจำเดือน จุดประสงค์ของการวิจัยคือ เพื่อกำหนดระดับความหนักที่เหมาะสมของการออกกำลังกายเพื่อป้องกันการสูญเสียมวลกระดูกในหญิงวัยหมดประจำเดือน โดยใช้หลักเกณฑ์ของจุดเริ่มล้า ผู้เข้าร่วมเป็นหญิงวัยหมดประจำเดือนจำนวน 33 คน ทำการสุ่มแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มซี (C) คือกลุ่มควบคุม จำนวน 12 คน ไม่มีการออกกำลังกาย กลุ่มเอช (H) และกลุ่มเอ็ม (M) เป็นกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกาย ผู้เข้าร่วมทั้งหมดทำการทดสอบบนลู่กล และวัดระดับจุดเริ่มล้าด้วยการวิเคราะห์แก๊ส ในกลุ่มที่ออกกำลังกายใช้วิธีการเดินที่ระดับความเร็วที่ทำให้ชีพจรเกินจุดเริ่มล้า คือกลุ่มเอช มีจำนวน 12 คน และกลุ่มที่ความหนักต่ำกว่าจุดเริ่มล้า คือกลุ่มเอ็ม จำนวน 9 คนใช้เวลาในการออกกำลังกาย 30 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 7 เดือน

ผลการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นของมวลกระดูกในกลุ่มซีลดลง $1.7 \pm 2.7\%$ แต่ในกลุ่มเอชเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญคือ $1.1 \pm 2.9\%$ ในกลุ่มเอ็มลดลง $1.0 \pm 3.1\%$ ซึ่งไม่แตกต่างจากกลุ่มซี ในกลุ่มซี ซีรั่มออสทีโอแคลซินและไฮดรอกซีโพรลีน ที่ขับถ่ายออกทางปัสสาวะ มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในกลุ่มที่มีการออกกำลังกายไม่มีการเปลี่ยนแปลง แคลเซียมที่ถูกขับออกมาทางปัสสาวะ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มที่มีการออกกำลังกาย สรุปว่า ผลของกายออกกำลังกายในช่วงสั้นคือ 7 เดือน ในระดับความหนักที่จุดเริ่มล้ามีความปลอดภัย และมีผลในการป้องกันการสูญเสียของกระดูก ในหญิงวัยหมดประจำเดือน

คริสโตเฟอร์สัน (Christopherson, 1994) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการเพิ่มน้ำหนักตัว 6 กิโลกรัมขณะออกกำลังกาย ต่อสมรรถภาพทางกาย องค์ประกอบทางกาย และไขมันในเลือด ในหญิงวัยกลางคน จุดประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อประเมินผลของการใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนัก 6 กิโลกรัม ต่อสมรรถภาพทางกายของหญิงวัยกลางคน ขณะที่ทำการทดสอบบนลู่กล และผลของการใช้ในการออกกำลังกาย 12 สัปดาห์ (240 นาที ต่อสัปดาห์ ที่ความเร็ว 3.5-4.0 ไมล์ ต่อ ชั่วโมง) ข้อมูลของผู้เข้าร่วมแยกเป็น หญิงวัยก่อนหมดประจำเดือนจำนวน 22 คน อายุเฉลี่ย 44.2 ปี ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มน้ำหนักตัว 6 กิโลกรัม ทำให้เวลาในการทดสอบบนลู่กลสั้นลง อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งหมายความว่าการเพิ่มน้ำหนักตัวทำให้มีปริมาณงานสูงขึ้น จากข้อมูลของหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือน จำนวน 17 คน และหญิงวัยหมดประจำเดือน 1 คน อายุเฉลี่ย 45.7 ปี

ผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมการเดินออกกำลังกายดังกล่าวพัฒนาสมรรถภาพทางกายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในกลุ่มทดลองมีการพัฒนาที่ดีขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม แต่เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การปรับปรุงเกี่ยวกับไขมันในเลือดพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่เพิ่มน้ำหนักตัวขณะออกกำลังกาย เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีการเพิ่มน้ำหนักตัวขณะออกกำลังกาย แต่ในหญิง (จำนวน 8 คน) ที่ช่วงเริ่มต้นมีระดับเอชแอลดี (HLD) ต่ำ พบว่า มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ข้อมูลเกี่ยวกับการรับประทานอาหาร โดยทำการรวบรวมในช่วงเริ่มต้นเดินออกกำลังกาย ซึ่งเป็นการสำรวจแบบสุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ องค์ประกอบของร่างกายไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ จากข้อมูลที่ได้นี้ สนับสนุนสมมติฐานที่ว่า การเพิ่มน้ำหนักตัวขณะออกกำลังกาย 6 กิโลกรัม ทำให้ปริมาณงานของการเดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และประสิทธิภาพในการเดินนั้นมีความปลอดภัย มีผลทำให้สมรรถภาพทางกายปรับปรุงดีขึ้นในหญิงวัยกลางคน

คอนเนลลี่ และคณะ (Connelly et al., 1995) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงความแข็งแรงในการเหยียดเข่าด้วยการใส่ที่น้ำหนัก บริเวณข้อเท้า ในผู้สูงอายุเพศหญิง วัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อดู การปรับปรุงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา (quadriceps) ด้วยความหนักปานกลางและมีวิธีไม่ยุ่งยาก มีจำนวนผู้เข้าร่วมการฝึกเป็นเพศหญิงจำนวน 10 คน อายุเฉลี่ย 81 ปี ฝึก 8 สัปดาห์ โดยทำการฝึกในสถานที่ดูแลผู้สูงอายุพิการฝึกที่ระดับความหนัก 30% - 50% ของความสามารถในการยกได้ 1 ครั้ง (1-RM) ยก 10 ครั้ง ทำซ้ำ 3 รอบ ฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการยกได้ 1 ครั้ง (1-RM) เพิ่มขึ้น 61.4% ความแข็งแรงแบบกล้ามเนื้อยืดตัวหดตัวคงที่เพิ่มขึ้น 35.3% ที่มุมเข่า 90 องศา เพิ่มขึ้น 20.3% ที่มุมเข่า 60 องศา และเพิ่มขึ้น 45.4% สรุป คือ ในกลุ่มที่มีการออกกำลังกายแบบเคลื่อนไหวโดยมีแรงต้านในระดับต่ำจนถึงปานกลางสามารถเพิ่มความแข็งแรงในการออกกำลังกายสำหรับเพศหญิงสูงอายุ ในสถานที่ดูแลคนสูงอายุ

ทอร์เซน และคณะ (Thorsen et al., 1995) ได้ศึกษาผลของการเดินเร็วต่อโบนมาร์กเกอร์และการเปลี่ยนแปลงของแคลเซียมในหญิงวัยหมดประจำเดือน โดยทำการศึกษาในหญิงวัยหมดประจำเดือน 12 คน ทำการวัดผลฉับพลันที่เกิดจากการเดินออกกำลังกาย (50% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด) 90 นาที ทำการทดสอบแคลซิโอโทรปิกฮอร์โมน และมาร์กเกอร์ชนิดที่เกิดจากการสร้างคอลลาเจน พีวันซีพี (P1CP) และมาร์กเกอร์ชนิดที่เกิดจากการสึกกร่อนของคอลลาเจน วันซีทีพี (1CTP) โดยทดสอบก่อนการออกกำลังกาย และ หลังออกกำลังกาย 1 ชม. 24 ชม. และ72 ชม. และทำการวัดความหนาแน่นของกระดูก (DXA)

ผลการศึกษาพบว่า การเดินเร็วไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแคลเซียมไอออน พาราไทรอยด์ฮอร์โมน แคลซิโทนิน หรือออสทีโอแคลซิน โดยพีวันซีพีหลังการออกกำลังกาย 24 และ 72 ชั่วโมงมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ หลังการออกกำลังกาย 1 ชั่วโมงซีรั่มวันซีทีพีมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังการออกกำลังกาย 72 ชั่วโมง หลังการออกกำลังกาย 72 ชั่วโมงซีรั่มพีวันซีพี และวันซีทีพี เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงของซีรั่มมาร์กเกอร์ของคอลลาเจนในกระดูก แสดงให้เห็นว่า การออกกำลังกายแบบทนทานในระดับปานกลางส่งผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของกระดูกในหญิงวัยหมดประจำเดือน

โคชร์ท และคณะ (Kohrt et al., 1997) ได้ทำการศึกษาว่าผลของการออกกำลังกายแบบที่มีแรงปฏิกริยาต่อข้อต่อ หรือแบบที่มีแรงปฏิกริยาต่อพื้นแบบไหนส่งผลต่อ ความหนาแน่นของมวลกระดูกในหญิงสูงอายุ การศึกษาที่เป็นการเปรียบเทียบผลของการฝึก 2 แบบ โดยใช้ระยะเวลาฝึก 11 เดือน ที่มีผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในผู้หญิงสูงอายุที่ทำงานแบบนั่งโต๊ะมีผู้เข้าร่วม 39 คน อายุ 60-70 ปี โดยแบ่งเป็นกลุ่ม กลุ่มเอ ทำการออกกำลังกาย ที่มีแรงกระทำต่อพื้น (ground-reaction force) คือการเดินวิ่งขึ้น บันได กลุ่ม บี ทำการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำต่อข่อต่อ (joint-reaction force) คือการยกน้ำหนัก การพายเรือ และกลุ่ม ซี คือกลุ่มควบคุม (ไม่มีการออกกำลังกาย) ทำการวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก บริเวณกระดูกสันหลัง กระดูกโคนขา และกระดูกแขน โดยวัด 5 ครั้ง (วัดทุก 3 เดือน)

ผลการศึกษาพบว่าในกลุ่ม เอ และบี มวลกระดูกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญคล้ายกัน และความหนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณคอของกระดูกสะโพกพบว่า การออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกริยาต่อพื้นกลุ่ม เอ มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกลุ่ม บี และในกลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ในระหว่างการออกกำลังกายพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของมวลกระดูก มีการเปลี่ยนแปลงผกผันกับปริมาณไขมันในร่างกาย คือ มวลกระดูกเพิ่มขึ้น และปริมาณไขมันลดลง ถึงแม้ว่าความหนาแน่นของกระดูกบริเวณคอกระดูกสะโพก มีการตอบสนองต่อการฝึกที่มีแรงปฏิกริยาต่อพื้น การปรับตัวในบางส่วน เช่นขนาดของกล้ามเนื้อและความแข็งแรง การปรับตัวเหล่านั้นเป็นการฝึกแบบจำเพาะเจาะจงก็คือ การออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกริยาต่อข้อต่อนั้นๆ เป็นการฝึกที่ช่วยในการป้องกันการหักของกระดูกซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงจากการหกล้ม ดังนั้น ในการออกกำลังกายแบบทั่วไปของการใช้การฝึกทั้ง 2 แบบผสมผสานกันสำหรับการออกกำลังกาย

กรีนเดล และคณะ (Greendale et al., 2000) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสุ่มทดลองโดยใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนักสำหรับการเดินในผู้สูงอายุ ที่มีผลต่อความแข็งแรง สมรรถภาพทางกาย และคุณภาพชีวิต จุดประสงค์เพื่อประเมินการใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนักส่งผลต่อความแข็งแรง สมรรถภาพทาง

กาย และคุณภาพชีวิตหรือไม่ ผู้เข้าร่วมการทดลองมีทั้งเพศชายและเพศหญิงจำนวน 62 คน อายุเฉลี่ย 74 ปี แบ่งกลุ่มการทดลองแบบสุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก กลุ่มที่ 2 ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก 3% ของน้ำหนักตัว กลุ่มที่ 3 ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก 5% ของน้ำหนักตัว เสื้อเพิ่มน้ำหนักทำจากผ้าไนลอน และมีกระเป๋าเพื่อใช้ในการเพิ่มหรือลดน้ำหนักได้ ในกลุ่มที่มีการใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก กำหนดให้ใส่วันละ 2 ชั่วโมง 4 วันต่อสัปดาห์ ใส่เดินเพื่อทำกิจกรรมทั่วไป ทำการทดลองทั้งหมด 27 สัปดาห์ การวัดความแข็งแรงในการเหยียดเข่า และเวลาในการเดิน 8 ฟุต และ50 ฟุต การลุกนั่งจากเก้าอี้ 5 ครั้ง การขึ้นบันได 13 ขั้น การยืนขาเดียว และตรวจโบนมาร์กเกอร์ คือ ซีรั่มออสทีโอแคลซิน และตรวจสารในปัสสาวะ เอ็นเทโรเปปไทด์ และทำการประเมินคุณภาพชีวิต

ผลการศึกษาพบว่า ไม่มีความแตกต่าง สรุป การใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของร่างกาย และการเปลี่ยนแปลงของกระดูก ผู้วิจัยให้ความเห็นว่า ความหนักของการใช้เสื้อนั้นต่ำ จึงไม่ส่งผลกระตุ้นทำให้เกิดต่อความแข็งแรง และไม่สามารถกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของกระดูกได้

สโนว์ และคณะ(Snow et al., 2000) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เสื้อน้ำหนักในการออกกำลังกาย ในระยะยาว เพื่อป้องกันการสูญเสียของมวลกระดูก บริเวณสะโพกในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน จำนวน 18 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 9 คน กลุ่มแรกได้รับการฝึกโดยการฝึกกระโดดพร้อมกับการใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (weighted vests) 3 ครั้ง ต่อสัปดาห์ ฝึก 32 สัปดาห์ใน 1 ปี และต่อเนื่องกันจนครบ 5 ปี กับกลุ่ม ควบคุม คือไม่ต้องฝึกตามโปรแกรมดังกล่าว

ผลการศึกษาพบว่าในกลุ่มก็ได้รับการฝึกเมื่อทำการทดสอบความหนาแน่นของมวลกระดูกในบริเวณ คอของกระดูกโคนขา ปุ่มบริเวณกระดูกขา และกระดูกสะโพกทั้งหมด มีการเปลี่ยนแปลงคือ ลดลงน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก สรุป คือการฝึกแบบดังกล่าวในระยะเวลา 5 ปี สามารถป้องกันการสูญเสียของกระดูกสะโพกในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนได้

มิลลิเกน และคณะ (Milliken et al., 2001) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการออกกำลังกายต่อการเปลี่ยนแปลงของกระดูก อินซูลินลิงค์โกรธห์เฟคเตอร์และความหนาแน่นของแร่ธาตุกระดูกในหญิงวัยหมดประจำเดือนที่ได้รับและไม่ได้รับฮอร์โมนทดแทน จุดประสงค์แรกของการวิจัยคือ การออกกำลังกายแบบลงน้ำหนักและใช้แรงต้านเป็นเวลา 12 เดือน มีผลต่อความหนาแน่นของแร่ธาตุของกระดูก และการเปลี่ยนแปลงของกระดูกในกลุ่มหญิงวัยหมดประจำเดือนทั้ง 2 กลุ่มคือกลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนทดแทน และ ไม่ได้รับฮอร์โมนทดแทน จุดประสงค์ที่ 2 คือลักษณะเฉพาะของการเปลี่ยนแปลงในอิซูลินลิงค์โกรธห์เฟคเตอร์ชนิดที่ 1และชนิดที่ 2 และอินซูลินลิงค์โกรธห์พันธะโปรตีน 3 ในการตอบสนองต่อการออกกำลังกาย ผู้เข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้เป็นผู้ที่หมดประจำเดือนผ่านมาแล้ว 3-10 ปี (อายุ 40-65 ปี) แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ไม่ได้รับ

ฮอร์โมนทดแทนและไม่ออกกำลังกายจำนวน 27 คน กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนทดแทนแต่ไม่ออกกำลังกายจำนวน 21 คน กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่ไม่ได้รับฮอร์โมนทดแทนแต่ออกกำลังกายจำนวน 25 คน และกลุ่มที่ 4 กลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนทดแทนและออกกำลังกายจำนวน17คน กลุ่มที่ออกกำลังกายใช้เวลา 75 นาที 3 วันต่อสัปดาห์ มีรูปแบบการออกกำลังกายแบ่งออกเป็น 3 ช่วงดังนี้ 1) ออกกำลังกายแบบแอโรบิกชนิดที่มีการลงน้ำหนัก 20 นาที เช่น กระโดด กระโดดเชือก ก้าวเสต็ป (step) หลังจากฝึกแล้ว 4 เดือน เริ่มใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก 10 ปอนด์ ขณะเดิน สัปดาห์ละ 2 ครั้ง 2) ออกกำลังกายแบบออกแรงต้าน 35 นาที 3) ออกกำลังกายแบบยืดเหยียดและการทรงตัว 10 นาที

ผลการศึกษาพบว่า การใช้ฮอร์โมนทำให้ความหนาแน่นของแร่ธาตุของกระดูกเพิ่มขึ้นเกือบมากที่สุด อย่างไรก็ตามการรวมกันระหว่างการออกกำลังกายและการใช้ฮอร์โมนให้ผลดีกว่าการใช้ฮอร์โมนเพียงอย่างเดียว การออกกำลังกายเพียงอย่างเดียวช่วยเพิ่มความหนาแน่นของแร่ธาตุของกระดูกพอประมาณ การเปลี่ยนแปลงของกระดูกในกระบวนการสร้างและการสลายของกระดูกคือ ถูกยับยั้งในกลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนทดแทนโดยไม่ต้องคำนึงถึงการออกกำลังกาย การเปลี่ยนแปลงในกระบวนการสร้างและการสลายของกระดูกที่มีผลจากการได้รับการออกกำลังกาย เมื่อพิจารณาเฉพาะในกลุ่มที่ไม่ได้รับฮอร์โมนทดแทนพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามทิศทางของการเปลี่ยนแปลง บ่งบอกถึงผลของการออกกำลังกายทำให้การเปลี่ยนแปลงของกระดูกเพิ่มขึ้นตามข้อเท็จจริงที่กล่าวเกี่ยวกับการสูญเสียของมวลกระดูก ผลการตรวจอินซูลินลิงค์โกรธห์เฟคเตอร์ชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 และอินซูลินลิงค์โกรธห์พันธะโปรตีน 3 ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการออกกำลังกาย

โทซัน และคณะ (Tosun et al., 2006) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลฉับพลันในการออกกำลังกายแบบแอโรบิกขณะที่มีการเพิ่มน้ำหนักตัว และไม่มีการเพิ่มน้ำหนักตัวต่อโบนเทิร์นโอเวอร์ในหญิงสุขภาพดี งานวิจัยชิ้นนี้มีจุดประสงค์เพื่อสำรวจว่าผลฉับพลันของการออกกำลังกายต่อโบนเทิร์นโอเวอร์ และเพื่อพิจารณาว่า การเดินเร็วขณะที่มีการเพิ่มน้ำหนักตัว หรือไม่มีการเพิ่มน้ำหนักตัว ทำให้มีการปลี่ยนแปลงของกระดูก (bone metabolism) ต่างกัน ผู้เข้าร่วมเป็นเพศหญิงที่มีสุขภาพดี และทำการออกกำลังกายทั้ง 2 รูป คือ เดินบนลู่กล 30 นาที (E) และเดินเร็วบนลู่กลขณะที่มีการเพิ่มน้ำหนักตัวด้วยการสะพายเป้ 5 กิโลกรัม (WE) ความหนักที่ใช้ในการเดินคือ 50-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ในแต่ละรูปแบบการออกกำลังกายใช้เวลาพัก 7 วัน ทำการตรวจ ซีรั่มพาราไทรอยด์ฮอร์โมน (PTH) ออสทีโอแคลซิน (OC) แคลโทนิน (CT) พีวันซีพี (P1CP) พีวันเอ็นพี (P1NP) วันซีทีพี (1CTP) ตัวแปรที่กล่าวมาข้างต้นทำการเก็บข้อมูลก่อนออกกำลังกาย ในนาทีที่ 30 และนาทีที่ 45 ส่วนอัลคาไลน์ ฟอสเฟต (ALP) ทำการเก็บข้อมูลก่อนออกกำลังกาย และ 24 ชั่วโมงหลังออกกำลังกาย และดิอ๊อกซีไพริดิโอรีน (D-Pyr) เก็บข้อมูลก่อนการทดลอง หลังการออกกำลัง

กาย 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ทำการเก็บข้อมูลทุกตัวแปรในแต่ละรูปแบบการออกกำลังกาย รวมทั้งในภาวะพัก (resting)

ผลการศึกษาพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในปริมาณซีรั่มเอแอลพี และพาราไทรอยด์ฮอร์โมน เท่านั้น เมื่อพิจาณาในปริมาณ เอแอลพี หลังการออกกำลังกาย 24 ชั่วโมง การเดินเร็วเพียงอย่างเดียวทำให้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การเดินเร็วพร้อมกับการเพิ่มน้ำหนักตัวทำให้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การเปลี่ยนแปลงปริมาณซีรั่มพาราไทรอยด์หลังการออกกำลังกายพบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ช่วงระหว่างวันไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ การเดินเร็วทำให้ระดับพาราไทรอยด์ฮอร์โมนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ (เพิ่มขึ้นในนาทีที่ 30 และกลับลดลงเท่าเดิมในนาทีที่ 45) การเดินออกกำลังกายพร้อมกับการเพิ่มน้ำหนักตัว ก็เช่นเดียวกัน ทำให้ระดับพาราไทรอยด์ฮอร์โมนเกิดการเปลี่ยงแปลง ถึงแม้ว่าจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยก็ตาม การเดินเร็ว 30 นาที มีผลกระตุ้นต่อโบนเทิร์นโอเวอร์ โดยกลไกต่างๆนอกจากนี้แล้ว การเพิ่มแรงกดต่อกระดูกก็เป็นส่วนหนึ่งเช่นกัน

เครนโทร และคณะ (Klentrou et al., 2007) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการฝึกด้วยการใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักต่อโบนมาร์เกอร์และความแข็งแรงในการเคลื่อนที่ในหญิงวัยหมดประเดือน ผู้เข้าร่วมการทดลองเป็นหญิงวัยหมดประจำเดือนอย่างน้อย 1 ปี แบ่งกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มออกกำลังกาย จำนวน 9 คน กลุ่มควบคุมจำนวน 7 คน กลุ่มออกกำลังกายได้รับการออกกำลังกายหลายรูปแบบ คือ การเดิน การฝึกความแข็งแรงกลุ่มกล้ามเนื้อขา หน้าท้อง และหลัง และฝึกการทรงตัว โดยมีการใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนักตัวขณะออกกำลังกาย ความหนักของเสื้อเริ่มต้นที่ 3% ของน้ำหนักตัว เพิ่มขึ้น 4% ทุก 3 สัปดาห์จนถึง 15 % ของน้ำหนักตัว ทำการฝึก 12 สัปดาห์ๆละ 1 วัน โบนเทิร์นโอเวอร์ที่ทำการวัด คือ ซีรั่มออสทีโอแคลซิน (OC) และ เอ็นทีเอกซ์ (NTx) วัดความแข็งแรงของเข่าและข้อเท้าที่มุม 60° และ 180° โดยใช้เครื่องไอโซคิเนติก ไดนาโมมิเตอร์

ผลการศึกษาพบว่า เอ็นทีเอกซ์ลดลง 14.5% ในกลุ่มที่มีการออกกำลังกาย และออสทีโอแคลซินไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ และในกลุ่มที่มีการออกกำลังกายมีการปรับปรุงความแข็งแรงของการงอปลายเท้าที่มุม 60° เพิ่มขึ้น 40% ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณไขมันในร่างกาย คือ มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และมวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ในกลุ่มที่มีการออกกำลังกาย งานวิจัยนี้เป็นการพิสูจน์ว่า การเพิ่มน้ำหนักตัวในขณะออกกำลังกายในหญิงวัยหมดประจำเดือนช่วยเพิ่มความแข็งแรง และมีผลต่อโบนเทิร์นโอเวอร์

อีวานส์ และคณะ (Evans et al., 2008) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของรูปแบบการฝึกทหารใหม่ในระยะเวลา 4 เดือน ต่อโบนมาร์กเกอร์ โดยทำการฝึกในเพศชายจำนวน 58 คน และเพศหญิง 199 คน อายุ 19 ปี ทั้งเพศชายและเพศหญิงได้รับการฝึกเหมือนกัน ทำการเก็บตัวอย่างเลือด 3 ครั้ง

คือ ก่อนฝึก หลังฝึก 2 เดือน และหลังฝึก 4 เดือน และทดสอบสมรรถภาพร่างกาย 2 ครั้ง คือ ก่อนฝึกและหลังฝึก 4 เดือน การวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด โดยวิเคราะห์ค่าการสร้างของกระดูก (BAP และ P1NP) ค่าการสลายของกระดูก (CTx และTRAP5b) สารในระบบต่อมไร้ท่อ (parathyroid hormone, calcium,) ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์โดยใช้ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว หาความสัมพันธ์ และการถดถอย

ผลการศึกษาพบว่า โบนเทิร์นโอเวอร์ (bone turnover) ของกระดูกในเพศชายสูงกว่าในเพศหญิง และทั้งเพศชายและเพศหญิงมีการเพิ่มขึ้นเหมือนกันหลังจากผ่านการฝึก 2 เดือน สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดและซีรั่มแคลเซียมสามารถทำนายการสร้างของกระดูกได้ (BAP) เมื่อเทียบกับค่าพื้นฐาน ซีรั่มแคลเซียมและพาราไทรอยด์ฮอร์โมน ในเพศชายและเพศหญิงลดลงจากการฝึก 2 เดือนแรก และเพิ่มขึ้นเท่าเดิมหลังจากฝึก 4 เดือน การเปลี่ยนแปลงของสารในระบบต่อมไร้ท่อมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ กับการเปลี่ยนแปลงของโบนมาร์กเกอร์(bone marker) สรุป การฝึกแบบทหาร 2 เดือนพบว่าโบนมาร์กเกอร์เพิ่มขึ้น กล่าวได้ว่า การเริ่มฝึกความแข็งแรงนั้นทำให้เกิดการหมุนเวียนของการสร้างกระดูกที่คล้ายคลึงกันในเพศชายเพศหญิง อย่างไรก็ตามโบนมาร์กเกอร์ในเพศชาย สูงกว่าเพศหญิง การสร้างของกระดูกอาจสัมพันธ์กับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนและซีรั่มแคลเซียม และอาจมีผลการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของสารในระบบต่อมไร้ท่อที่สัมพันธ์กันด้านโภชนาการ

นอบฟ์ และคณะ (Knobf et al., 2008) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกาย โดยการเพิ่มน้ำหนักตัวขณะออกกำลังกายสำหรับบุคคลที่เป็นโรคเกี่ยวกับถุงน้ำดี ต่อการปรับแต่งกระดูกและองค์ประกอบทางกาย รูปแบบการทดลองกำหนดให้มี 1 กลุ่มการทดลอง กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศหญิงที่อยู่ในวัยหมดประจำเดือน ที่เป็นโรคมะเร็งในถุงน้ำดีขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 ผู้เข้าร่วมการทดลองจำนวน 26 คน และทำการเดินออกกำลังกายเป็นเวลา 24 สัปดาห์ๆละ 3 วัน ในสัปดาห์ที่ 1 เดินออกกำลังกาย 10-20 นาที โดยใส่เข็มขัดน้ำหนัก 1 ปอนด์ สัปดาห์ที่ 2 เดินออกกำลังกาย 20 นาที ความหนัก 50-60% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดโดยใส่เข็มขัดน้ำหนัก 2-3 ปอนด์ สัปดาห์ที่ 3-4 เดินออกกำลังกาย 30 นาที ความหนัก 60-65% โดยใส่เข็มขัดน้ำหนัก 3-5 ปอนด์ สัปดาห์ที่ 5-24 เดินออกกำลังกาย 45 นาที ความหนัก 65-75% โดยใส่เข็มขัดน้ำหนัก 5 ปอนด์ ทำการวัดการปรับแต่งของกระดูกโดยซีรั่มไบโอมาร์กเกอร์ คือ เอ็นทีเอ็กซ์ (NTx) และซีรั่มออสทีโอแคลซิน (serum osteocalcin) และประเมินองค์ประกอบทางกาย ทำการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 16 และสัปดาห์ที่ 24

ผลการศึกษาพบว่า ซีรั่มออสทีโอแคลซิน ซีรั่มเอ็นทีเอ็กซ์ มวลกล้ามเนื้อ และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ปริมาณไขมันในร่างกายเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่ใช้ยาในการรักษาต่อมไร้ท่อ ผู้เข้าร่วมการทดลองสามารถควบคุมน้ำหนักตัวได้ สรุป รูปแบบการ

เดินออกกำลังกายแบบดังกล่าวนี้สำหรับผู้ที่เป็นโรคเกี่ยวกับถุงน้ำดีสามารถกระทำได้ และวิธีการออกกำลังกายดังกล่าวสามารถใช้ในการควบคุมน้ำหนักและมวลกระดูกได้

ตารางที่ 4 สรุปงานวิจัยที่มีการใช้ชุดเพิ่มน้ำหนัก

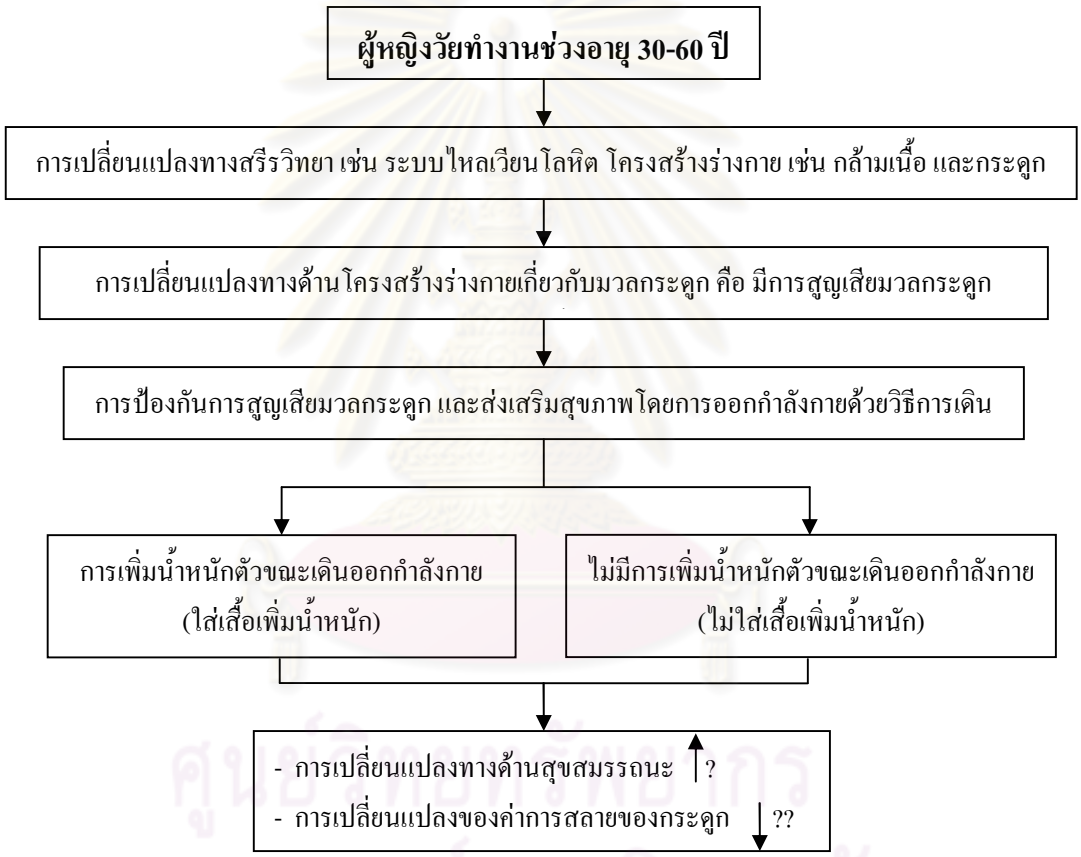
ผู้วิจัย และปีที่วิจัย	ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ระยะเวลา	วิธีการ	ผล
ฟรานซิส และคณะ ปี ค.ศ. 1986	การเดินและวิ่งโดยถือน้ำหนักในมือแต่ละข้าง ผู้เข้าร่วมอายุเฉลี่ย 26 ปี (ผลฉับพลัน) 1)ไม่มีน้ำหนัก 2) ถือน้ำหนัก 0.91 กก. 3) ถือน้ำหนัก1.81 กก.	การใช้ออกซิเจนขณะวิ่งหรือเดิน	ในแต่ละการทดลองใช้เวลา 6 นาที	- เดินที่ความเร็ว 4.8 กม. / ชม. (ทดสอบทั้ง 3 ตัวแปร) - เดินที่ความเร็ว 5.6 กม. /ชม. (ทดสอบทั้ง 3 ตัวแปร) -วิ่งที่ความเร็ว 8 กม. /ชม. (ทดสอบทั้ง 3 ตัวแปร)	ไม่พบความแตกต่างในการใช้ออกซิเจนในกลุ่มเดิน แต่ในกลุ่มวิ่งพบว่าการใช้น้ำหนักมากขณะวิ่งมีผลต่อการใช้ออกซิเจนมากกว่า
คริสโตเฟอร์สัน ปี ค.ศ.1994	หญิงวัยกลางคน - ออกกำลังกายโดยใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก 6 ก.ก. ขณะออกกำลังกาย - ออกกำลังกายโดยไม่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ขณะออกกำลังกาย	- สมรรถภาพทางกาย - องค์ประกอบทางกาย - ไขมันในเลือด	12 สัปดาห์	เดินบนลู่กลที่ความเร็ว 3.5-4.0 ไมล์ต่อชั่วโมง 240 นาทีต่อ สัปดาห์	- สมรรถภาพทางกายดีขึ้น ในกลุ่มที่ใส่เสื้อ - องค์ประกอบทางกายไม่เปลี่ยนแปลง - ไขมันในเลือดไม่เปลี่ยนแปลง
กรีนเดล และคณะ ปี ค.ศ.2000	ผู้สูงอายุ ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักในการทำกิจกรรมระหว่างวัน 1) กลุ่มควบคุม 2) กลุ่มใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก 3% 3) กลุ่มใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก 5%	- ความแข็งแรง - โบนมาร์กเกอร์ - คุณภาพชีวิต	27 สัปดาห์	ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักขณะทำกิจกรรมทั่วไป 2 ชั่วโมงต่อวัน สัปดาห์ละ 4 วัน	ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม และไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงและการเปลี่ยนแปลงของกระดูก
สโนว์ และคณะ ปี ค.ศ. 2000	ผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน - ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก 11 ปอนด์ กระโดด - กลุ่มควบคุม	ความหนาแน่นของมวลกระดูก	5 ปี	ฝึกกระโดด 3 ครั้ง ต่อสัปดาห์ ฝึก 32 สัปดาห์ใน 1 ปี และต่อเนื่องกันจนครบ 5 ปี	กลุ่มที่ทำการฝึกมีการเปลี่ยนแปลงของกระดูก คือ ลดลงน้อยกว่ากลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4 สรุปงานวิจัยที่มีการใช้ชุดเพิ่มน้ำหนัก (ต่อ)

ผู้วิจัย และปีที่วิจัย	ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ระยะเวลา	วิธีการ	ผล
มิลลิเกน และคณะ ปี ค.ศ. 2001	ผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน 1) ใช้ฮอร์โมนและออกกำลังกาย 2) ใช้ฮอร์โมนแต่ไม่ออกกำลังกาย 3) ไม่ใช้ฮอร์โมนแต่ออกกำลังกาย 4) ไม่ใช้ฮอร์โมนและไม่ออกกำลังกาย	- มวลกระดูก - โบนมาร์กเกอร์ - อิซูลินลิงค์โกรธห์	ใช้เวลา 60 นาที ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 12 สัปดาห์	การออกกำลังกายมี 3 รูปแบบ - เดิน, กระโดด เดินขึ้นบันได พร้อมกับใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก 10 ปอนด์ - การออกกำลังกายโดยใช้แรงต้าน - การยืดเหยียด การทรงตัว รวมเวลาเป็น 60 นาที	การใช้ฮอร์โมนและการออกกำลังกายมีผลต่อโบนมาร์กเกอร์ และทำให้มวลกะดูกเพิ่มขึ้นด้วย
โทซัน และคณะ ปี ค.ศ. 2006	ผลฉับพลันในการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในหญิงสุขภาพดี - ขณะที่มีการเพิ่มน้ำหนักตัว - ขณะที่ไม่มีการเพิ่มน้ำหนักตัว	ตรวจโบนมาร์กเกอร์	30 นาที ในแต่ละรูปแบบ	ความหนักที่ใช้ในการเดิน คือ 50-85%HRmax - เดินบนลู่กล 30 นาที - เดินบนลู่กลขณะที่มีการเพิ่มน้ำหนักตัวด้วยการสะพายเป้ 5 กิโลกรัม	มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในปริมาณซีรั่มเอแอลพี และพาราไทรอยด์ฮอร์โมน
เครนโทร และคณะ ปี ค.ศ. 2007	หญิงวัยหมดประเดือน - กลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายหลายรูปแบบ คือ การเดิน การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และฝึกการทรงตัว - กลุ่มควบคุม	- ซีรั่มออสทีโอแคลซิน (Osteocalain) - เอ็นทีเอ็กซ์ (NTx) - ความแข็งแรงของหัวเข่าและข้อเท้า	12 สัปดาห์	การออกกำลังกายหลากหลายวิธี และเพิ่มความหนักของเสื้อในแต่ละสัปดาห์จนถึง15% ของน้ำหนักร่างกาย ฝึก 1 วันต่อสัปดาห์	ในกลุ่มที่ออกกำลังกายโดยใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก - ความแข็งแรงของข้อเท้าเพิ่มขึ้น - เอ็นทีเอกซ์ลดลง 15% -ออสทีโอแคลซินไม่เปลี่ยนแปลง
นอบฟ์ และคณะ ปี ค.ศ. 2008	ผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน ที่เป็นโรคมะเร็งในถุงน้ำดีขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 ออกกำลังกาย โดยใส่เข็มขัดน้ำหนัก 5 ปอนด์	- องค์ประกอบทางกาย - ซีรั่มเอ็นทีเอกซ์ (NTx) - ซีรั่มออสทีโอแคลซิน (Osteocalcin)	24 สัปดาห์	เดินที่ความหนัก 65-75% HRmax ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์วันละ 45นาที	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใน - ซีรั่มเอ็นทีเอกซ์ (NTx) - ซีรั่มออสทีโอแคลซิน (Osteocalcin) -องค์ประกอบทางกาย

กรอบแนวคิดงานวิจัย

ผู้หญิงวัยทำงานที่มีอายุ 30 ปีขึ้น กระดูกจะค่อยๆบางลง จนกระทั่งเข้าสู่วัยหมดประจำเดือน จะมีการสูญเสียกระดูกในอัตราที่เพิ่มขึ้น และมีความเสี่ยงในการเกิดโรคกระดูกพรุนมากกว่าเพศชาย เนื่องจากฮอร์โมนเพศที่ลดลง การออกกำลังกายที่มีการลงน้ำหนักเป็นวิธีที่สามารถป้องและชะลอการเกิดโรคกระดูกพรุนได้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงผลของการเดินออกกำลังกายขณะที่มีการเพิ่มน้ำหนักตัว โดยใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่มีการเพิ่มน้ำหนักตัวโดยไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ว่ามีผลอย่างไรต่อการสลายของกระดูก และสุขสมรรถนะ ในผู้หญิงวัยทำงาน อายุระหว่าง 30 – 60 ปี



แผนภูมิที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ต่อการสลายของกระดูกและสุขสมรรถนะในหญิงวัยทำงาน เป็นวิธีการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research design) โดยออกแบบการทดลองให้มีการทดสอบก่อนการทดลอง (pre-test) แล้วจึงมีการทดสอบหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ (mid-test) และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ (post-test) ทุกกลุ่ม

ประชากร

ผู้หญิงวัยทำงาน อายุระหว่าง 30-60 ปี

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง เป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุระหว่าง 30-60 ปี ที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัย มีสุขภาพแข็งแรง สามารถเข้าร่วมโครงการวิจัยได้ตามระยะเวลาที่กำหนด และผ่านการประเมินแบบคัดกรองอาสาสมัครก่อนเข้าร่วมการเดินออกกำลังกาย การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ใช้หลัก การกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่มีการแบ่ง 4 กลุ่ม โดยใช้ตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของ โคเฮน (Cohen, 1969) โดยค่าแอลฟาที่ระดับความมีนัยสำคัญ.05 กำหนดค่าขนาดของผลกระทบ (effect size) ที่.40 และค่าอำนาจการทดสอบ (power of the test) ที่.70 ได้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 15 คน รวมทั้งหมด 60 คน และเนื่องจากงานวิจัยมีระยะเวลาในการทดลอง 3 เดือน ผู้วิจัยจึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างการ “dropout” ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างรวมทั้งหมด 68 คน มีผู้ผ่านการประเมินแบบคัดกรองอาสาสมัครจำนวน 63 คน มีผู้ออกจากโครงการวิจัยจำนวน 15 คน เนื่องจากประสบอุบัติเหตุจนได้รับบาดเจ็บและไม่สบายจำนวน 5 คน ออกจากงานจำนวน 1 คน ไม่ประสงค์จะเข้าร่วมการวิจัยต่อจำนวน 3 คน และขาดการออกกำลังกายเกิน 2 สัปดาห์ติดต่อกันจำนวน 6 คน เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง มีกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 48 คน

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเข้าของกลุ่มตัวอย่าง

1. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นเพศหญิง อาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย มีอายุระหว่าง 30-60 ปี
2. มีสุขภาพแข็งแรง ไม่เป็นอุปสรรคในการเดินออกกำลังกาย และผ่านการประเมินแบบคัดกรองอาสาสมัคร

3. น้ำหนักตัวอยู่ในเกณฑ์ไม่อ้วน (ค่าดัชนีมวลกายไม่เกิน30)

4. กลุ่มตัวอย่างไม่ได้ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ หรือไม่เกิน 2 ครั้งต่อสัปดาห์

5. มีภาวะโภชนาการปกติ และต้องไม่ดื่ม ชา หรือกาแฟดำ เฉลี่ย มากกว่า 2 แก้วต่อวัน

6. ไม่ดื่มสุรา สูบบุหรี่ และรับประทานยาหรือฮอร์โมนที่มีผลต่อกระดูกมาก่อนเข้าร่วมการศึกษาอย่างน้อย 1 ปี

7. กลุ่มตัวอย่างต้องมีความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้า ไม่ต่ำกว่า -3 SD หรือไม่มีอาการของโรคกระดูกพรุน ที่เป็นอุปสรรคในการออกกำลังกาย เช่น กระดูกสันหลังหัก

8. กลุ่มตัวอย่างไม่มีประวัติเป็นโรคตับ โรคข้อเข่าเสื่อม และโรคหัวใจ

เกณฑ์การคัดออกของกลุ่มตัวอย่าง

1. กลุ่มตัวอย่างไม่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดของการวิจัย

2. กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจหรือเข้าร่วมการวิจัยอีกต่อไป

3. กลุ่มตัวอย่างขาดการออกกำลังกายติดต่อกัน มากกว่า 2 สัปดาห์ ขณะทำการทดลอง

4. กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุสุดวิสัยไม่สามารถเข้าร่วมทำการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดอุบัติเหตุในช่วงทำการทดลองจนไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองต่อได้

ผู้วิจัยทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

<u>กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (EW)</u>

กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่มีการสร้างกระดูกและการสลายกระดูกในอัตราปกติ (กลุ่มที่ 1 NBEW: normal bone turnover walking exercise with weighted vests)

กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่มีการสร้างกระดูกและการสลายกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ (กลุ่มที่ 2 HBEW: high bone turnover walking exercise with weighted vests)

<u>กลุ่มควบคุม คือ กลุ่มที่เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (E)</u>

กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่มีการสร้างกระดูกและการสลายกระดูกในอัตราปกติ (กลุ่มที่ 3 NBE: normal bone turnover walking exercise)

กลุ่มที่ 4 กลุ่มที่มีการสร้างกระดูกและการสลายกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ (กลุ่มที่ 4 HBE: high bone turnover walking exercise)

การแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาค่าการสร้างและการสลายของกระดูก ว่าจัดอยู่ในอัตราปกติ หรือสูงกว่าปกติ ใช้เกณฑ์ ดังนี้ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550; 2551)

1) กลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ โดยการสลายของกระดูก คือ ค่าเบต้าครอสแล็ป (β-crossLaps) อยู่ในช่วง 0.293-0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ng/ml.) และการสร้างของกระดูก คือ ค่าพีวันเอ็นพี (P1NP) อยู่ในช่วง 40.78-48.35 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ng/ml.)

2) กลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ โดยการสลายของกระดูก คือ ค่าเบต้าครอสแล็ป (β-crossLaps) สูงกว่า 0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ng/ml.) และการสร้างของกระดูก คือ ค่าพีวันเอ็นพี (P1NP) สูงกว่า 48.35 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ng/ml.)

ผลการทดสอบก่อนการทดลองได้กลุ่มตัวอย่างที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ (NB) จำนวน 23 คน และกลุ่มตัวอย่างที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ (HB) จำนวน 25 คน หลังจากนั้นนำมาสุ่มแบบกำหนดลงในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมทั้งหมด 4 กลุ่ม (หากพบกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราต่ำกว่าปกติเล็กน้อย ผู้วิจัยได้จัดให้อยู่ในกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย

1.1 แบบคัดกรองอาสาสมัคร (ภาคผนวก ง)

1.2 แบบสอบถามประวัติสุขภาพ (ภาคผนวก จ)

1.3 เครื่องตรวจความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้า ยี่ห้อ “SAHARA^{R}” ของบริษัทโฮโลจิค ประเทศสหรัฐอเมริกา (ภาคผนวก ฌ)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

2.1 เครื่องมือในการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา (ภาคผนวก ซ)

2.1.1 เครื่องวัดส่วนสูง

2.1.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ อินบอดี้ (InBody) รุ่น 220

2.2.3 เครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิตอล ยี่ห้อ เทอรูโม (Terumo) รุ่น “ES-H55”

2.2 เครื่องมือในการทดสอบสุขสมรรถนะ (ภาคผนวก ซ)

2.2.1 เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย ยี่ห้อ อินบอดี้ (InBody) รุ่น 220

2.2.2 ลู่กล (treadmill) ยี่ห้อ มาราธอน (Maratron) รุ่น โอแซดวัน (OZ1)

2.2.3 การวัดสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยใช้หลักของบอลกี้ (modified Balke treadmill test)

2.2.4 เครื่องวัดความอ่อนตัว (sit and reach box)

2.2.5 นาฬิกาจับเวลา

2.2.6 เครื่องส่งสัญญาณ และวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate monitor) ยี่ห้อ โพลาร์รุ่น “M53” ประเทศฟินแลนด์

2.2.7 เก้าอี้ที่มีพนักพิง (สูง 48 เซนติเมตร)

2.3 เครื่องมือในการทดสอบการสร้างและการสลายของกระดูก

2.3.1 เครื่องตรวจวิเคราะห์ฮอร์โมนแบบอัตโนมัติ ยี่ห้อ ฮิตาชิ (Elecsys 2010) ประเทศญี่ปุ่น

2.3.2 น้ำยาตรวจชีวเคมีโดยวิธีโบนมาร์เกอร์ของบริษัทโรชไดแกอโนติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1 ชุดเพิ่มน้ำหนัก (ภาคผนวก ช)

3.2 แผ่นน้ำหนัก ขนาด 0.5 กิโลกรัม 0.125 กิโลกรัม และ 0.1 กิโลกรัม

3.3 แบบบันทึกข้อมูลการออกกำลังกาย (ภาคผนวก ฐ)

3.4 เครื่องนับก้าว ยี่ห้อ โอมรอน (Omron) รุ่น “HJ-113” (ภาคผนวก ด)

3.5 ลู่กล (treadmill)

3.6 เครื่องส่งสัญญาณ และวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate monitor) ยี่ห้อโพลาร์รุ่น “M53” ประเทศฟินแลนด์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 6 (เฉพาะผลทดสอบสุขสมรรถนะ) และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 12 ดังนี้

1. การคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์อาสาสมัครโดยสอบถามตามแบบคัดกรองอาสาสมัครและทำการทดสอบความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้า ต้องไม่ต่ำกว่า -3 SD

1.2 อาสาสมัครทำการตอบแบบสอบถามประวัติสุขภาพ

2. เก็บข้อมูลก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง

2.1 ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา

2.1.1 อายุ (ปี)

2.1.2 ส่วนสูง (เซนติเมตร)

2.1.3 น้ำหนัก (กิโลกรัม)

2.1.4 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)

2.1.5 ความดันโลหิตขณะพัก (มิลลิเมตรปรอท)

2.2 ข้อมูลด้านสุขสมรรถนะ

2.2.1 องค์ประกอบของร่างกาย

2.2.2 ความอ่อนตัว (เซนติเมตร)

2.2.3 ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา (ลุก-นั่งเก้าอี้ 1 นาที) (ครั้ง/นาที)

2.2.4 ความแข็งแรงและความอดทนของกลุ่มกล้ามเนื้อแขน และหัวไหล่ (ดันพื้น 1 นาที “modified knee push-up”) (ครั้ง/นาที)

2.2.5 สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)

หมายเหตุ:

ผู้วิจัยจะทำการควบคุมการทดสอบสุขสมรรถนะ และการทดลองด้วยตนเอง และมีผู้ช่วยในโครงการวิจัย คือ นิสิตระดับปริญญาบัณฑิต ที่มีประสบการณ์ในการทดสอบสมรรถภาพ โดยแบ่งเป็น นิสิตที่ช่วยดูแลการทดลองจำนวน 8 คน และนิสิตที่ช่วยในดูแลการทดสอบจำนวน 5 คน ทั้งนี้ก่อนเริ่มโครงการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการอบรมให้ความรู้ และอธิบายขั้นตอนในการทดสอบ และขั้นตอนในการทดลองให้แก่นิสิตผู้ช่วยในโครงการวิจัย

2.3 ข้อมูลการสร้างและการสลายของกระดูก

2.3.1 การสร้างของกระดูกทำการทดสอบพีวันเอ็นพีในเลือด (P1NP) และการสลายของกระดูกทำการทดสอบเบต้าครอสแล็ปในเลือด (β-crossLaps) ทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยเก็บตัวอย่างเลือดปริมาณ 3 ซีซี ทำการตรวจด้วยน้ำยาตรวจชีวเคมีโดยวิธีโบนมาร์กเกอร์ของบริษัทโรชไดเกอโนติกส์ (ประเทศไทย) และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องตรวจวิเคราะห์ฮอร์โมนอัตโนมัติ ยี่ห้อ ฮิตาชิ (Elecsys 2010 ประเทศญี่ปุ่น) และนำผลก่อนการทดลองที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของสตรีวัยเจริญพันธุ์ของณรงค์ บุณยะรัตเวช (2550; 2551) (ดังตารางที่ 2) เพื่อทำการแบ่งกลุ่ม

2.3.2 นำผลค่าการสร้างของกระดูกไปเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก โดยใช้วิธีการคำนวณของณรงค์ บุณยะรัตเวช (2552) (ดังตารางที่ 3)

3. เก็บข้อมูลระหว่างการทดลอง

3.1 บันทึกพลังงานที่ใช้ขณะออกกำลังกาย จากการแสดงผลของเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (polar รุ่น M53) ซึ่งมีโปรมแกรมการคำนวณพลังงานโดยอัตโนมัติ โดยทำการบันทึกทุกครั้งที่มีการออกกำลังกาย

1.1 บันทึกความเร็ว ระยะทาง ที่ใช้ในการเดิน จากหน้าจอแสดงผลของลู่กล และจำนวนก้าว จากเครื่องนับก้าว โดยทำการบันทึกทุกครั้งที่มีการออกกำลังกาย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งขั้นตอนในการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมการก่อนการทดลอง

1. ทำการศึกษาค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเดินออกกำลังกาย และการใช้ชุดเพิ่มน้ำหนักในการออกกำลังกาย ที่ส่งผลต่อกระดูก

2. ทำการออกแบบเสื้อเพิ่มน้ำหนัก เลือกวัสดุในการตัดเย็บเสื้อเพิ่มน้ำหนัก วัสดุที่ใช้ในการเพิ่มน้ำหนัก และออกแบบโปรแกรมการเดินออกกำลังกาย (ภาคผนวก ช)

3. ผู้วิจัยนำโปรแกรมการเดินออกกำลังกาย ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน พิจารณาความเหมาะสม และนำมาปรับปรุงเพื่อทำให้โปรแกรมการออกกำลังกายมีประสิทธิภาพ (ภาคผนวก ฎ)

4. ผู้วิจัยจัดทำหนังสือเพื่อขอการรับรองจริยธรรมการทำวิจัยของมนุษย์ จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ภาคผนวก ก)

5. ผู้วิจัยมีการทำโครงการศึกษานำร่อง (pilot study) ผลของการใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนักขณะเดินออกกำลังกาย เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คน กลุ่มตัวอย่างทำการทดลองทั้ง 2 แบบ คือ 1) เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก 2) เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ระยะเวลาพักในแต่ละการทดลอง คือ 7 วัน โดยทำการประเมินการใช้พลังงาน อัตราการเต้นของหัวใจ ความเร็วที่ใช้ และระยะทาง และนำผลที่ได้ทดสอบหาความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

6. ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อขอความร่วมมือ และประกาศรับสมัครอาสาสมัคร จากหน่วยงานต่างๆในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. คัดกรองกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลองโดยให้อาสาสมัครตอบแบบคัดกรองอาสาสมัครแบบสอบถามประวัติสุขภาพ และทดสอบความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้าซึ่งต้องไม่ต่ำกว่า -3 SD (ภาคผนวก ง ภาคผนวก จ และภาคผนวก ฌ)

8. ผู้วิจัยชี้แจงให้ผู้เข้าร่วมการทดลอง ทราบถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการทดลอง และการขอความร่วมมือ ให้ผู้เข้ารับการทดลองปฏิบัติตามข้อกำหนด

ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบก่อนการทดลอง

1. บันทึกข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา คือ อายุ ส่วนสูง น้ำหนักตัว ความดันโลหิตขณะพัก อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ภาคผนวก ญ)

2. ทดสอบสุขสมรรถนะ คือ ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ความแข็งแรงและความอดทนของกลุ่มกล้ามเนื้อแขน มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน ไขมันเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยวิ่งบนลู่กล ใช้เกณฑ์ของบอลกี้ (Balke treadmill test) (ภาคผนวก ซ)

3. ทดสอบการสร้างและการสลายของกระดูก โดยทำการเจาะเลือดที่ห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

4. แบ่งเป็น 4 กลุ่ม โดยมี กลุ่มทดลองที่เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก แบ่งเป็นกลุ่มที่ 1 กลุ่มทดลองที่มีการสร้างกระดูกและการสลายกระดูกในอัตราปกติ (กลุ่มที่ 1 NBEW)

จำนวน 12 คน กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่มีการสร้างกระดูกและการสลายกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ (กลุ่มที่ 2 HBEW) จำนวน 12 คน และกลุ่มควบคุมที่เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก แบ่งเป็น กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่มีการสร้างกระดูกและการสลายกระดูกในอัตราปกติ (กลุ่มที่ 3 NBE) จำนวน 11 คน และกลุ่มที่ 4 กลุ่มที่มีการสร้างกระดูกและการสลายกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ (กลุ่มที่ 4 HBE) จำนวน 13 คน

ขั้นตอนที่ 3 ขณะทำการทดลอง

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคน ทำการออกกำลังกายที่ศูนย์สุขภาพคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ออกกำลังกายในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์) โดยทำการเดินออกกำลังกายบนลู่กล ที่ระดับความชัน 0 % และทุกครั้งที่ออกกำลังกายต้องสวมเครื่องส่งสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจ และนาฬิกาแสดงผล (heart rate monitor)

2. นำผลความเร็วเฉลี่ยที่ใช้เดินออกกำลังกายในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 เป็นความเร็วเริ่มต้นในสัปดาห์ที่ 3 ไปจนครบ 12 สัปดาห์ และสามารถเพิ่มความเร็ว หรือลดความเร็วได้ ถ้าผู้เข้าร่วมการวิจัยยังเดินไม่ถึงตามระดับความหนักของอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมาย (target heart rate) ที่กำหนด

3. ผู้เข้าร่วมการวิจัย ทำการออกกำลังกายตามรูปแบบ และระยะเวลาที่กำหนด โดยทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการเดินช้าๆ 5 นาที ตามด้วยการเดินออกกำลังกาย 30 นาที และการผ่อนคลายร่างกาย 10 นาที ประกอบด้วย การเดินช้าๆ 5 นาที การยืดเหยียดกล้ามเนื้ออีก 5 นาที รวมเวลาทั้งหมด 45 นาที

4. ความหนักที่ใช้ในการเดินออกกำลังกาย แบ่งเป็น ช่วงที่ 1) สัปดาห์ที่ 1- 2 ออกกำลังกายที่ความหนัก 55-64% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 30นาที และช่วงที่ 2) สัปดาห์ที่ 3-12 ออกกำลังกายที่ความหนัก 65-75% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 30 นาที และกลุ่มที่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักมีการเพิ่มความหนักของเสื้อตามตารางที่ 5 (ภาคผนวก ช ข้อมูลการเพิ่มความหนักของเสื้อเพิ่มน้ำหนัก)

5. ผู้วิจัยทำการบันทึกพลังงาน ความเร็ว ระยะทาง และจำนวนก้าว ที่ใช้ในการเดินออกกำลังกาย

6. ในระหว่างการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ผู้วิจัยทำการทดสอบสุขสมรรถนะผู้เข้าร่วมการวิจัย เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงในด้านสุขสมรรถนะ

ตารางที่ 5 แสดงการเพิ่มความหนักของเสื้อเพิ่มน้ำหนัก

กลุ่ม	สัปดาห์				
	1-2	**3**	**4**	**5**	**6-12**
กลุ่มทดลอง (กลุ่มที่ 1 NBEW และกลุ่มที่ 2 HBEW) (ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก)	0%	2%	4%	6%	8%
กลุ่มควบคุม (กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE) (ไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก)	-	-	-	-	-

ขั้นตอนที่ 4 หลังการทดลอง

ดำเนินการทดสอบและเก็บข้อมูลเหมือนขั้นตอนที่ 2 (ข้อที่ 1-4)

หมายเหตุ:

1. ผู้วิจัยพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยทำหนังสือชี้แจงอธิบายวัตถุประสงค์และขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลพร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำวิจัย ข้อมูลทุกอย่างจะถือเป็นความลับ และนำมาใช้ตามวัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น ผลการวิจัยจะนำเสนอในภาพรวม

2. หากกลุ่มตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ได้รับบาดเจ็บเนื่องจากการศึกษาทดลอง ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ต้องแจ้งให้ผู้วิจัยทราบโดยทันที ซึ่งจะได้รับความช่วยเหลือเบื้องต้น โดยการให้หยุดพักเพื่อสังเกตอาการ หรือปฐมพยาบาลเบื้องต้น และหากอาการไม่ดีขึ้นจะนำส่งโรงพยาบาล โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ได้รับการดูแลรักษาอย่างเหมาะสม

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง มาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาค่าต่างๆ ดังนี้

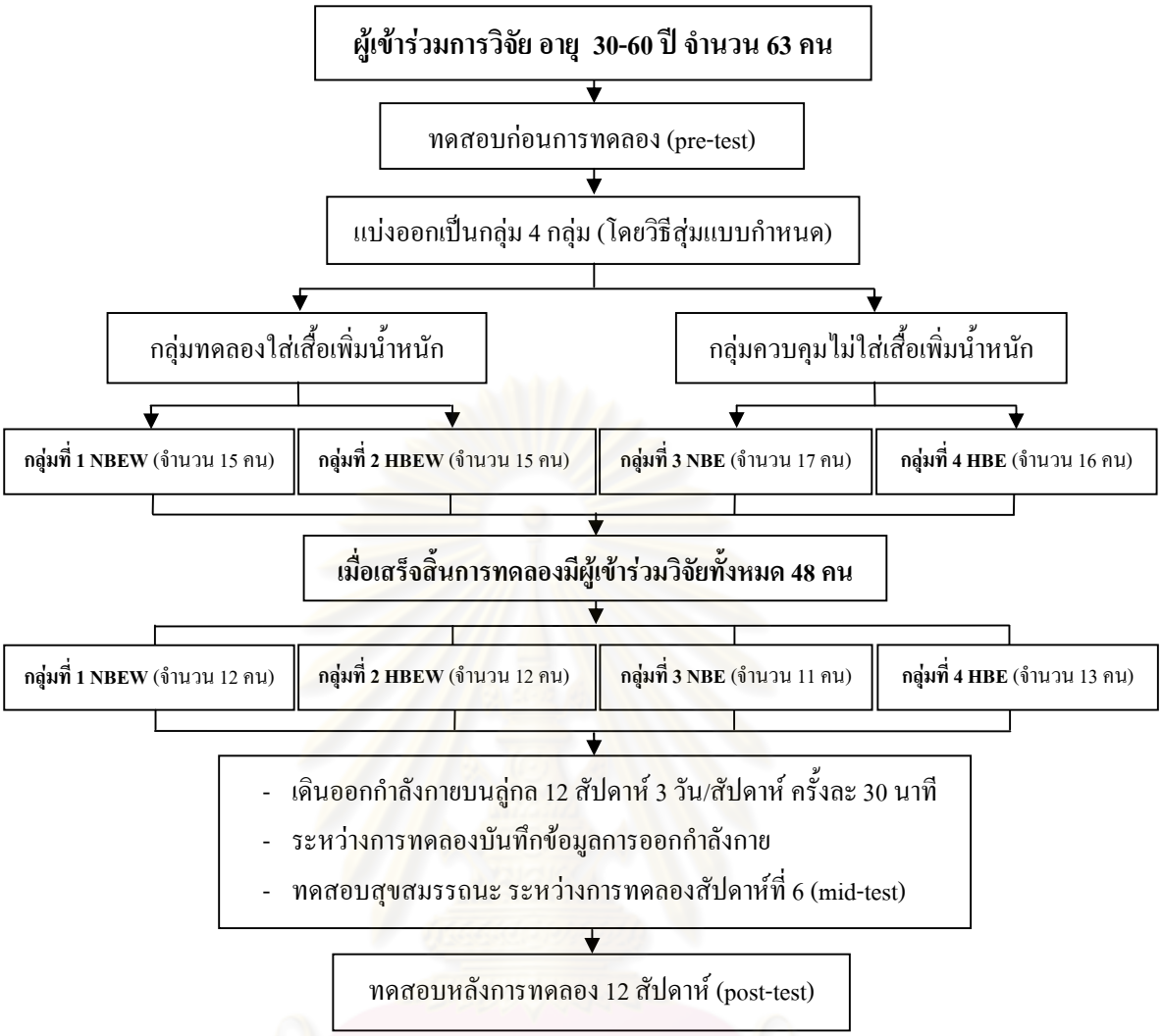
1. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดย หาค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรก่อนการทดลอง และหลังการทดลองโดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (pair – t test) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มการทดลอง เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วมโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (one - way analysis of covariance) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

4. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปร ระหว่างก่อนออกกำลังกาย หลังออกกำลังกาย 6 สัปดาห์ และหลังออกกำลังกาย 12 สัปดาห์ ภายในกลุ่มการทดลอง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way analysis of variance with repeated measure) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

5. วิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ ด้วยวิธีแอลเอสดี หากพบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสุขสมรรถนะ



แผนภูมิที่ 2 สรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ต่อการสลายของกระดูก และสุขสมรรถนะ ในหญิงวัยทำงาน โดยทำการทดสอบก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ และทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม และภายในกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่มีการสร้างการสลายกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 1 NBEW: normal bone turnover walking exercise with weighted vests) จำนวน 12 คน กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่มีการสร้างการสลายกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 2 HBEW: high bone turnover walking exercise with weighted vests) จำนวน 12 คน กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่มีการสร้างการสลายกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 3 NBE: normal bone turnover walking exercise) จำนวน 11 คน และกลุ่มที่ 4 กลุ่มที่มีการสร้างการสลายกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 4 HBE: high bone turnover walking exercise) จำนวน 13 คน โดยนำผลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ และนำผลการวิเคราะห์มานำเสนอในรูปตาราง และแผนภูมิ ประกอบความเรียง โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 7 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (maen) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลการออกกำลังกาย ของทุกกลุ่ม

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (maen) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (pair - t test) และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างและการสลายของกระดูก ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (maen) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าการสร้างของกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ของค่าการสลายของกระดูก (β-crossLaps) ค่าการสร้างของกระดูก (P1NP) และค่าการสร้างของกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ระหว่างกลุ่ม หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม และเมื่อพบความแตกต่างทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธี แอลเอสดี

ตอนที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาและสุขสมรรถนะ ภายในกลุ่ม เมื่อพบความแตกต่างทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธี แอลเอสดี และผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (maen) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขมรรถนะของทุกกลุ่ม

ตอนที่ 7 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าการสร้างและการสลายของกระดูก ค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา สุขสมรรถนะของทุกกลุ่ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (maen) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลการออกกำลังกาย ของทุกกลุ่ม

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลการออกกำลังกายของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE)

ข้อมูลพื้นฐาน	กลุ่มทดลอง เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (EW)		กลุ่มควบคุม เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (E)	
	กลุ่มที่ 1 (NBEW)	กลุ่มที่ 2 (HBEW)	กลุ่มที่ 3 (NBE)	กลุ่มที่ 4 (HBE)
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$
1. อายุ (ปี)	39.58 ± 5.20	43.50 ± 10.07	41.91 ± 6.82	49.46 ± 6.32
2. ส่วนสูง (ซม.)	156.33 ± 3.98	155.88 ± 4.19	154.55 ± 8.02	155.15 ± 4.85
3. ความหนาแน่นของกระดูกส้นเท้า (ข้างขวา)				
3.1 ค่า T-Score	-0.33 ± 1.29	-0.57 ± 1.06	-0.15 ± 1.10	-0.83 ± 0.75
3.2 ความหนาแน่นของกระดูก (BMD)	0.53 ± 0.13	0.51 ± 0.11	0.55 ± 0.11	0.49 ± 0.07
4. อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะ ออกกำลังกาย (ครั้ง/นาที)	122.32 ± 5.82	119.58 ± 7.10	120.27 ± 2.94	118.81 ± 9.20
5. พลังงานที่ใช้ขณะออกกำลังกาย (กิโลแคลอรี่)	154.65 ± 24.11	148.39 ± 27.57	145.07 ± 24.44	142.39 ± 43.78
6. ความเร็ว (กม./ชม.)	5.22 ± 0.15	5.29 ± 0.26	5.20 ± 0.09	5.10 ± 0.25
7. ระยะทาง (เมตร)	2820.01 ± 87.40	2804.55 ± 83.26	2911.72 ± 170.13	2719.16 ± 172.83
8. จำนวนก้าว (ก้าว)	3958.64 ± 185.82	4166.79 ± 167.79	3960.54 ± 146.29	4016.39 ± 223.67

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 6 แสดงข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลการออกกำลังกาย ของกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มที่ 1 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 1 NBEW) กลุ่มที่ 2 ทีมีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 2 HBEW) กลุ่มที่ 3 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 3 NBE) กลุ่มที่ 4 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 4 HBE) มีอายุเฉลี่ย 39.58 ปี 43.50ปี 41.91 ปี และ 49.46 ปี มีส่วนสูงเฉลี่ย 156.33 เซนติเมตร 155.88 เซนติเมตร 154.55 เซนติเมตร และ 155.15 เซนติเมตร มีค่า T-Score -0.33, -0.57, -0.15 และ-0.83 มีอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายเฉลี่ย 122.32 ครั้ง/นาที 119.58 ครั้ง/นาที 120.27 ครั้ง/นาที และ 118.81 ครั้ง/นาที มีค่าพลังงานที่ใช้ขณะออกกำลังกายเฉลี่ย 154.65 กิโลแคลลอรี่ 148.39 กิโลแคลอรี่ 145.07 กิโลแคลอรี่ และ142.39 กิโลแคลอรี่ มีค่าความเร็วเฉลี่ย 5.22 กม./ชม. 5.29 กม./ชม. 5.20 กม./ชม. และ 5.10 กม./ชม. มีค่าระยะทางเฉลี่ย 2820.01 เมตร 2804.55 เมตร 2911.72 เมตร และ2719.16 เมตร มีค่าจำนวนก้าวเฉลี่ย 3958.64 ก้าว 4166.79 ก้าว 3960.54 ก้าว และ4016.39 ก้าว ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (maen) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (pair-t test) และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างและการสลายของกระดูก ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE)

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (maen) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (pair-t test) ของค่าการสร้างของกระดูก (P1NP) และการสลายของกระดูก (β-crossLaps) ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE)

ตัวแปร	กลุ่มทดลองเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (EW)								กลุ่มควบคุมเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (E)							
	กลุ่มที่ 1 (NBEW)				กลุ่มที่ 2 (HBEW)				กลุ่มที่ 3 (NBE)				กลุ่มที่ 4 (HBE)			
	ก่อนการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	หลังการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	t	P	ก่อนการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	หลังการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	t	P	ก่อนการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	หลังการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	t	P	ก่อนการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	หลังการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	t	P
1. การสร้างกระดูก (P1NP) (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)	32.834 (9.461)	31.963 (9.838)	.520	.613	54.502 (10.852)	51.035 (15.752)	1.120	.287	30.570 (8.377)	31.20 (10.662)	-.349	.734	55.564 (14.684)	52.865 (14.294)	.520	.613
2. การสลายกระดูก (β-crossLaps) (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)	0.215 (0.078)	0.200 (0.084)	1.395	.190	0.484 (0.250)	0.367 (0.118)	2.837	.016*	0.215 (0.074)	0.186 (0.079)	1.73	.114	0.478 (0.123)	0.357 (0.126)	3.756	.003*

* แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 7 แสดงว่ากลุ่มที่ 2 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 2 HBEW) และกลุ่มที่ 4 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 4 HBE) ค่าเฉลี่ยการสลายของกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าการสร้างและการสลายของกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE)

ตัวแปร	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง 12 สัปดาห์			
	กลุ่มทดลองดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (EW)		กลุ่มควบคุมเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (E)	
	กลุ่มที่ 1 (NBEW)	กลุ่มที่ 2 (HBEW)	กลุ่มที่ 3 (NBE)	กลุ่มที่ 4 (HBE)
1. การสร้างกระดูก (P1NP)	-2.653	-6.361	2.077	-4.857
2. การสลายของกระดูก (β-crossLaps)	-6.977	-24.174	-13.488	-25.314

จากตารางที่ 8 แสดงว่าหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มที่ 2 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (HBEW) มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการสลายของกระดูกลดลง 24.174 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 4 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (HBE) มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการสลายของกระดูกลดลง 25.314 เปอร์เซ็นต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (maen) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าการสร้างของกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างของกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

ตัวแปร	กลุ่มทดลองเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (EW)						กลุ่มควบคุมเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (E)					
	กลุ่มที่ 1 (NBEW)			กลุ่มที่ 2 (HBEW)			กลุ่มที่ 3 (NBE)			กลุ่มที่ 4 (HBE)		
	ก่อนการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	หลังการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	หลังการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	หลังการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	หลังการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง
การสร้างกระดูก (P1NP) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก (mean β-crossLaps)	49.39 (11.30)	53.46 (13.31)	8.03	39.40 (14.02)	45.16 (15.33)	14.64	47.08 (15.68)	57.25 (19.80)	21.58	38.18 (13.82)	48.45 (13.56)	26.91

จากตารางที่ 9 แสดงว่าหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มที่ 1 (NBEW) กลุ่มที่ 2 (HBEW) กลุ่มที่ 3 (NBE) และกลุ่มที่ 4 (HBE) พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการสร้างกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก เพิ่มขึ้น 8.03 % 14.64 % 21.58 % และ 26.91 % ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ของค่าการสลายของกระดูก (β-crossLaps) และค่าการสร้างของกระดูก (P1NP) ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าการสร้างและการสลายของกระดูก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (EW) และกลุ่มควบคุมที่เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (E) เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
1. การสร้างกระดูก	ตัวแปรร่วม (Covariance)	6805.469	1	6805.469	55.131	.000*
(P1NP)	รูปแบบ (Main effect)	14.722	1	14.722	.199	.731
(นาโนกรัม/มิลลิลิตร)	ความคลาดเคลื่อน (Error)	5554.856	45	123.441		
	รวม	97938.899	48			
2. การสลายของกระดูก	ตัวแปรร่วม (Covariance)	.609	1	.609	125.076	.000*
(β-crossLaps)	รูปแบบ (Main effect)	.001	1	.001	.196	.660
(นาโนกรัม/มิลลิลิตร)	ความคลาดเคลื่อน (Error)	.219	45	.005		
	รวม	4.614	48			

* $P \leq .05$

จากตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม พบว่า ค่าการสร้างของกระดูก และค่าการสลายของกระดูก ของทุกกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วม คือ ค่าเฉลี่ยการสร้างของกระดูก และค่าเฉลี่ยการสลายของกระดูก ก่อนการทดลองมีความสัมพันธ์และใช้พยากรณ์ตัวแปรตามคือ ค่าเฉลี่ยการสร้างของกระดูก และค่าเฉลี่ยการสลายของกระดูกหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่าตัวแปรทั้งสอง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าการสร้างและการสลายของกระดูก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE) เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
1. การสร้างกระดูก	ตัวแปรร่วม (Covariance)	2042.236	1	2042.236	16.444	.000*
(P1NP)	รูปแบบ (Main effect)	229.263	3	76.421	.615	.609
(นาโนกรัม/มิลลิลิตร)	ความคลาดเคลื่อน (Error)	5340.314	43	124.193		
	รวม	97939.899	48			
2. การสลายของกระดูก	ตัวแปรร่วม (Covariance)	.271	1	0.271	54.734	.000*
(β-crossLaps)	รูปแบบ (Main effect)	.007	3	.002	.469	.706
(นาโนกรัม/มิลลิลิตร)	ความคลาดเคลื่อน (Error)	.213	43	.005		
	รวม	4.614	48			

* $P \leq .05$

จากตารางที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม พบว่า ค่าการสร้างของกระดูก และค่าการสลายของกระดูก ของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วม คือ ค่าเฉลี่ยการสร้างของกระดูก และค่าเฉลี่ยการสลายของกระดูก ก่อนการทดลองมีความสัมพันธ์และใช้พยากรณ์ตัวแปรตามคือ ค่าเฉลี่ยการสร้างของกระดูก และค่าเฉลี่ยการสลายของกระดูกหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่าตัวแปรทั้งสอง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าการสร้างและการสลายของกระดูก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ (NB) และกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ (HB) เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
1. การสร้างกระดูก	ตัวแปรร่วม (Covariance)	2055.494	1	2055.494	17.285	.000*
(P1NP)	รูปแบบ (Main effect)	218.329	1	218.329	1.836	.182
(นาโนกรัม/มิลลิลิตร)	ความคลาดเคลื่อน (Error)	5351.249	45	118.917		
	รวม	97938.899	48			
2. การสลายของกระดูก	ตัวแปรร่วม (Covariance)	.271	1	.271	57.003	.000*
(β-crossLaps)	รูปแบบ (Main effect)	.006	1	.006	1.188	.282
(นาโนกรัม/มิลลิลิตร)	ความคลาดเคลื่อน (Error)	.214	45	.005		
	รวม	4.614	48			

* $P \leq .05$

จากตารางที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม พบว่า ค่าการสร้างของกระดูก และค่าการสลายของกระดูก ของกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ (NB) และกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ (HB) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วม คือ ค่าเฉลี่ยการสร้างของกระดูก และค่าเฉลี่ยการสลายของกระดูก ก่อนการทดลองมีความสัมพันธ์และใช้พยากรณ์ตัวแปรตามคือ ค่าเฉลี่ยการสร้างของกระดูก และค่าเฉลี่ยการสลายของกระดูกหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่าตัวแปรทั้งสอง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าการสร้างของกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE) เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
การสร้างกระดูก(P1NP)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	4648.924	1	4648.924	33.0254	.000*
เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน	รูปแบบ (Main effect)	308.541	3	102.847	.736	.537
การสลายของกระดูก	ความคลาดเคลื่อน (Error)	6011.353	43	139.799		
(mean β-crossLaps)	รวม	135865.893	48			

* $P \leq .05$

จากตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม พบว่า ค่าการสร้างของกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก ของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วม คือ ค่าเฉลี่ยการสร้างของกระดูก และค่าเฉลี่ยการสลายของกระดูกก่อนการทดลองมีความสัมพันธ์และใช้พยากรณ์ตัวแปรตามคือ ค่าเฉลี่ยการสร้างของกระดูก และค่าเฉลี่ยการสลายของกระดูกหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่าตัวแปรทั้งสอง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ระหว่างกลุ่ม หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม และเมื่อพบความแตกต่างทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธี แอลเอสดี

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และข้อมูลสุขสมรรถนะ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (EW) และกลุ่มควบคุมที่เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (E) เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา						
1. น้ำหนักตัว (กก.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	2290.141	1	2990.141	9525.749	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.326	1	.326	1.040	.313
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	14.126	45	.314		
	รวม	153244.060	48			
2. ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	478.136	1	478.136	5412.042	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.001	1	.001	.009	.926
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	3.976	45	.088		
	รวม	26261.900	48			
3. อัตราส่วนเอวต่อสะโพก	ตัวแปรร่วม (Covariance)	.160	1	.160	1321.629	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	8.45E-005	1	8.45E-005	.699	.408
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	.005	45	.000		
	รวม	36.029	48			
4. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1096.276	1	1096.276	20.948	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	48.894	1	48.894	.934	.339
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	2355.016	45	52.334		
	รวม	289619.000	48			
5. ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	4613.072	1	4613.072	53.497	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	16.047	1	16.047	.186	.668
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	3880.387	45	86.231		
	รวม	602511.000	48			
6. ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	2121.789	1	2121.789	37.819	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	305.814	1	305.814	5.451	.024*
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	2524.669	45	56.104		
	รวม	239413.000	48			

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลสุขสมรรถนะ						
7. มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน (กก.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	222.903	1	222.903	953.035	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.154	1	.154	.658	.421
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	10.525	45	.234		
	รวม	19520.470	48			
8. ไขมัน (กก.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1535.259	1	1535.259	2417.969	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.028	1	.028	.045	.834
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	28.572	45	.635		
	รวม	18456.940	48			
9. เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1761.225	1	1761.225	911.773	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.297	1	.297	.154	.697
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	86.924	45	1.932		
	รวม	53563.200	48			
10. ความอ่อนตัว (ซม.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1577.810	1	1577.810	223.171	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.849	1	.849	.120	.731
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	318.148	45	7.070		
	รวม	3997.000	48			
11. ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ท่าลุก-นั่งเก้าอี้ (ครั้ง/นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1184.800	1	1184.800	105.569	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	25.021	1	25.021	2.229	.142
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	05.034	45	111.223		
	รวม	35934.000	48			
12. ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน ท่าดันพื้น (ครั้ง/นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1564.390	1	1564.390	53.329	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	4.038	1	4.038	.138	.712
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1320.069	45	29.335		
	รวม	39473.000	48			
13. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	586.773	1	586.773	53.682	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	42.731	1	42.731	3.909	.054*
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	491.877	45	10.931		
	รวม	51772.860	48			

* $P \leq .05$

จากตารางที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม พบว่า ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยาในด้านความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก และสุขสมรรถนะในด้านสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของ

กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วม คือ ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตขณะหัวใจคลายขณะพัก และค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนการทดลองมีความสัมพันธ์และใช้พยากรณ์ตัวแปรตามคือ ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตขณะพัก และค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าตัวแปรทั้งสอง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา คือ น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย อัตราส่วนเอวต่อสะโพก อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก และค่าเฉลี่ยของสุขสมรรถนะ คือ มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน ไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน ของทุกกลุ่ม พบว่า ตัวแปรดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วม มีความสัมพันธ์และใช้พยากรณ์ตัวแปรตามของตัวแปรแต่ละตัว หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และข้อมูลสุขสมรรถนะ หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (EW) และกลุ่มควบคุมที่เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (E) เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา						
1. น้ำหนักตัว (กก.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	2894.812	1	2894.812	2816.741	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.016	1	.016	.015	.903
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	46.247	45	1.028		
	รวม	152527.680	48			
2. ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	468.319	1	468.319	2241.108	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.001	1	.001	.004	.952
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	9.404	45	.209		
	รวม	26016.580	48			
3. อัตราส่วนเอวต่อสะโพก	ตัวแปรร่วม (Covariance)	.145	1	.145	675.868	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	2.04E-006	1	2.04E-006	.010	.923
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	.010	45	.000		
	รวม	36.106	48			
4. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1452.841	1	1452.841	24.170	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	5.454	1	5.454	.091	.339
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	2704.950	45	60.110		
	รวม	286237.000	48			
5. ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	4255.317	1	4255.317	33.355	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	135.757	1	135.757	1.064	.308
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	5741.016	45	127.578		
	รวม	594730.000	48			
6. ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1915.152	1	1915.152	24.101	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	228.609	1	228.609	2.877	.097
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	3575.806	45	79.462		
	รวม	227503.000	48			

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลสุขสมรรถนะ						
7. มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน (กก.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	205.171	1	205.171	675.967	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.037	1	.037	.122	.728
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	13.658	45	.304		
	รวม	19955.400	48			
8. ไขมัน (กก.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1534.179	1	1534.179	1564.804	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.004	1	.004	.004	.952
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	44.119	45	.980		
	รวม	17545.040	48			
9. เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1827.044	1	1827.044	699.722	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.041	1	.041	.016	.901
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	117.499	45	2.611		
	รวม	50897.110	48			
10. ความอ่อนตัว (ซม.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1305.096	1	1305.096	202.640	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.557	1	.557	.087	.770
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	289.821	45	6.440		
	รวม	5470.000	48			
11. ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ท่าลุก-นั่งเก้าอี้ (ครั้ง/นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1754.404	1	1754.404	67.822	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	1.423	1	1.423	.055	.816
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1164.055	45	25.868		
	รวม	55527.000	48			
12. ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน ท่าดันพื้น (ครั้ง/นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1878.911	1	1878.991	42.180	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	16.949	1	16.949	.380	.540
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	2004.593	45	44.547		
	รวม	51768.000	48			
13. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	387.306	1	387.306	15.099	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	87.361	1	87.361	3.406	.072
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1154.282	45	25.651		
	รวม	72432.410	48			

* $P \leq .05$

จากตารางที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม พบว่าข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา คือ น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย อัตราส่วนเอวต่อสะโพก อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจ

บีบตัวขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก และค่าเฉลี่ยของสุขสมรรถนะคือ มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน ไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วม มีความสัมพันธ์และใช้พยากรณ์ตัวแปรตามของตัวแปรแต่ละตัว หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และข้อมูลสุขสมรรถนะ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE) เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา						
1. น้ำหนักตัว (กก.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	2982.755	1	2982.755	10233.294	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	1.918	3	.639	2.194	.103
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	12.533	43	.291		
	รวม	153244.060	48			
2. ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	477.176	1	477.176	5942.307	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.523	3	.174	2.173	.105
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	3.453	43	.080		
	รวม	26261.900	48			
3. อัตราส่วนเอวต่อสะโพก	ตัวแปรร่วม (Covariance)	.152	1	.152	1203.743	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.000	3	3.83E-005	.304	.822
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	.005	43	.000		
	รวม	36.029	48			
4. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1086.536	1	1086.536	19.839	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	48.911	3	16.304	.298	.827
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	2354.999	43	54.767		
	รวม	289619.000	48			
5. ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	3959.251	1	3959.251	46.817	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	260.016	3	86.672	1.025	.391
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	3636.418	43	84.568		
	รวม	602511.00	48			
6. ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	2071.744	1	2071.744	35.611	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	328.897	3	109.632	1.884	.146
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	2501.585	43	58.176		
	รวม	239413.000	48			

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลสุขสมรรถนะ						
7. มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน (กก.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	221.839	1	221.839	927.761	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.397	3	.132	.544	.649
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	10.282	43	.239		
	รวม	19520.470	48			
8. ไขมัน (กก.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1506.317	1	1506.317	2292.486	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.347	3	.116	.176	.912
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	28.254	43	.657		
	รวม	18456.940	48			
9. เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1721.087	1	1721.087	854.091	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.571	3	.190	.094	.963
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	86.650	43	2.015		
	รวม	53563.200	48			
10. ความอ่อนตัว (ซม.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1432.649	1	1432.649	195.199	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	3.401	3	1.134	.154	.926
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	315.596	43	7.339		
	รวม	3997.000	48			
11. ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ท่าลุก-นั่งเก้าอี้ (ครั้ง/นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1175.757	1	1175.757	109.500	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	68.341	3	22.780	2.122	.111
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	461.714	43	10.738		
	รวม	35934.000	48			
12. ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน ท่าดันพื้น (ครั้ง/นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1522.075	1	1522.075	51.773	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	59.946	3	19.982	.680	.569
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1264.161	43	29.399		
	รวม	39473.000	48			
13. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	413.220	1	413.220	41.823	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	109.763	3	36.588	3.703	.019*
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	424.845	43	9.880		
	รวม	51772.860	48			

* $P \leq .05$

จากตารางที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม พบว่า สุขสมรรถนะในด้านสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE)

มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วม คือ ค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนการทดลองมีความสัมพันธ์และใช้พยากรณ์ตัวแปรตามคือ ค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าตัวแปรทั้งสอง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา คือ น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย อัตราส่วนเอวต่อสะโพก อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก และค่าเฉลี่ยของสุขสมรรถนะคือ มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน ไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน ของทุกกลุ่ม พบว่า ตัวแปรดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วม มีความสัมพันธ์และใช้พยากรณ์ตัวแปรตามของตัวแปรแต่ละตัว หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที) หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ โดยวิธีแอลเอสดี ของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE)

กลุ่ม		กลุ่มทดลอง เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก		กลุ่มควบคุม เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก	
		(NBEW)	(HBEW)	(NBE)	HBE)
	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	35.35	33.86	33.59	27.42
กลุ่มที่ 1 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (NBEW)	35.35	-	1.49 (P=.41)	1.76 (P=.34)	7.93* (P=.00)
กลุ่มที่ 2 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (HBEW)	33.86		-	0.27 (P=.88)	6.44* (P=.00)
กลุ่มที่ 3 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (NBE)	33.59			-	6.17* (P=.00)
กลุ่มที่ 4 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (HBE)	27.42				-

* $P \leq .05$

จากตารางที่ 17 แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของกลุ่มที่ 1 (กลุ่มที่ 1 NBEW) กับกลุ่มที่ 4 (กลุ่มที่ 4 HBE) กลุ่มที่ 2 (กลุ่มที่ 2 HBEW) กับกลุ่มที่ 4 (กลุ่มที่ 4 HBE) และกลุ่มที่ 3 (กลุ่มที่ 3 NBE)กับกลุ่มที่ 4 (กลุ่มที่ 4 HBE) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของกลุ่มที่ 1 (กลุ่มที่ 1 NBEW $\overline{X}$ = 35.35 มล./กก./นาที) กลุ่มที่ 2 (กลุ่มที่ 2 HBEW $\overline{X}$ = 33.86 มล./กก./นาที) และกลุ่มที่ 3 (กลุ่มที่ 3 NBE $\overline{X}$ = 33.59 มล./กก./นาที) สูงกว่ากลุ่มที่ 4 (กลุ่มที่ 4 HBE $\overline{X}$ = 27.42 มล./กก./นาที)

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และข้อมูลสุขสมรรถนะ หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE) เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา						
1. น้ำหนักตัว (กก.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	2883.503	1	2883.503	2752.301	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	1.213	3	.404	.386	.764
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	45.050	43	1.048		
	รวม	152527.680	48			
2. ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	466.112	1	466.112	2229.747	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.415	3	.138	.662	.580
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	8.989	43	.209		
	รวม	26016.580	48			
3. อัตราส่วนเอวต่อสะโพก	ตัวแปรร่วม (Covariance)	.138	1	.138	617.995	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	5.25E-005	3	1.75E-005	.078	.971
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	.010	43	.000		
	รวม	36.106	48			
4. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1452.853	1	1452.853	23.131	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	9.570	3	3.190	.051	.985
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	2700.835	43	62.810		
	รวม	286237.000	48			
5. ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	3920.953	1	3920.953	29.639	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	188.228	3	62.743	.474	.702
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	5688.546	43	132.292		
	รวม	594730.000	48			
6. ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1846.384	1	1846.384	22.267	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	238.803	3	79.601	.960	.420
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	3565.612	43	82.921		
	รวม	227503.000	48			

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลสุขสมรรถนะ						
7. มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน (กก.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	204.745	1	204.745	651.323	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.178	3	.059	.189	.903
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	13.517	43	.314		
	รวม	19955.400	48			
8. ไขมัน (กก.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1510.093	1	1510.093	1503.965	000*
	รูปแบบ (Main effect)	.948	3	.316	.315	.815
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	43.175	43	1.004		
	รวม	17545.040	48			
9. เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1797.913	1	1797.913	669.205	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	2.015	3	.672	.250	.861
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	115.526	43	2.687		
	รวม	50897.110	48			
10. ความอ่อนตัว (ซม.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1162.745	1	1162.745	176.814	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	7.606	3	2.535	.386	.764
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	282.733	43	6.576		
	รวม	5470.000	48			
11. ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ท่าลุก-นั่งเก้าอี้ (ครั้ง/นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1754.269	1	1754.269	64.948	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	4.023	3	4.465	.050	.985
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1161.454	43	27.011		
	รวม	55527.000	48			
12. ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน ท่าดันพื้น (ครั้ง/นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1840.963	1	1840.963	40.203	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	52.485	3	17.495	.382	.766
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1969.056	43	45.792		
	รวม	51768.000	48			
13. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	245.353	1	245.353	9.913	.003*
	รูปแบบ (Main effect)	177.334	3	59.111	2.388	.082
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1064.309	43	24.751		
	รวม	72432.410	48			

* $P \leq .05$

จากตารางที่ 18 แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม พบว่าข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา คือ น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย อัตราส่วนเอวต่อสะโพก อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจ

บีบตัวขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก และค่าเฉลี่ยของสุขสมรรถนะคือ มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน ไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วม มีความสัมพันธ์และใช้พยากรณ์ตัวแปรตามของตัวแปรแต่ละตัว หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ภายในกลุ่ม เมื่อพบความแตกต่างทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธี แอลเอสดี และผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (maen) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขมรรถนะของทุกกลุ่ม

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในกลุ่มที่ 1 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 1 NBEW)

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา						
1. น้ำหนักตัว (กก.)	ระหว่างบุคคล	996.962	11	90.633		
	ภายในบุคคล	.167	2	.084	.321	.729
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	5.766	22	.261		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	5.900	24	.246		
2. ดัชนีมวลกาย	ระหว่างบุคคล	173.922	11	15.811		
(กก./ตร.ม.)	ภายในบุคคล	.267	2	.134	1.553	.234
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	1.893	22	.086		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	2.160		.090		
			24			
3. อัตราส่วนเอวต่อ	ระหว่างบุคคล	.076	11	.007		
สะโพก	ภายในบุคคล	.000	2	.000	.274	.763
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	.002	22	.000		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	.002	24	.000		
4. อัตราการเต้นของ	ระหว่างบุคคล	1325.639	11	120.513		
หัวใจขณะพัก	ภายในบุคคล	80.222	2	40.111	1.432	.260
(ครั้ง/นาที)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	616.444	22	28.020		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	696.667	24	29.028		
5. ความดันโลหิตขณะ	ระหว่างบุคคล	3586.306	11	326.028		
หัวใจบีบตัวขณะพัก	ภายในบุคคล	161.056	2	80.528	1.685	.209
(มม.ปรอท)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	1051.611	22	47.801		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	1212.667	24	50.528		
6. ความดันโลหิตขณะ	ระหว่างบุคคล	1986.889	11	180.626		
หัวใจคลายตัวขณะพัก	ภายในบุคคล	328.722	2	164.361	4.254	.027*
(มม.ปรอท)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	849.944	22	38.634		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	1178.667	24	49.111		

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลสุขสมรรถนะ						
7. มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน (กก.)	ระหว่างบุคคล	68.749	11	6.250		
	ภายในบุคคล	.969	2	.484	3.493	.048*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	3.051	22	.139		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	4.020	24	.167		
8. ไขมัน (กก.)	ระหว่างบุคคล	494.263	11	44.933		
	ภายในบุคคล	3.015	2	1.507	6.339	.007*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	5.232	22	.238		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	8.247	24	.344		
9. เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	ระหว่างบุคคล	695.710	11	63.246		
	ภายในบุคคล	10.751	2	5.375	6.680	.005*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	17.703	22	.805		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	28.453	24	1.186		
10. ความอ่อนตัว (ซม.)	ระหว่างบุคคล	674.750	11	61.341		
	ภายในบุคคล	50.667	2	25.333	7.813	.003*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	71.333	22	3.242		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	122.000	24	5.083		
11. ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ท่าลุก-นั่งเก้าอี้ (ครั้ง/นาที)	ระหว่างบุคคล	1929.000	11	175.364		
	ภายในบุคคล	494.000	2	247.000	19.978	.000*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	272.000	22	12.364		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	766.000	24	31.917		
12. ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน ท่าดันพื้น (ครั้ง/นาที)	ระหว่างบุคคล	2391.889	11	217.444		
	ภายในบุคคล	402.889	2	201.444	22.184	.000*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	199.778	22	9.081		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	602.667	24	25.111		
13. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	ระหว่างบุคคล	644.263	11	58.569		
	ภายในบุคคล	747.044	2	373.522	31.547	.000*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	260.483	22	11.840		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	1007.527	24	41.980		

* $P \leq .05$

จากตารางที่ 19 แสดงว่า ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 1 NBEW) มีความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน ไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ

ขา ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 20

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 20 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 1 NBEW)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 6 สัปดาห์		หลังการทดลอง 12 สัปดาห์	
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	% การเปลี่ยนแปลง	$\bar{X} \pm SD$	% การเปลี่ยนแปลง
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา					
1. น้ำหนักตัว (กก.)	54.69 ± 5.43	54.82 ± 5.54	0.24	54.66 ± 5.57	-0.05
2. ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	22.38 ± 2.28	22.54 ± 2.38	0.71	22.34 ± 2.26	-0.18
3. อัตราส่วนเอวต่อสะโพก	0.83 ± 4.51	0.83 ± 0.05	0.00	0.83 ± 4.95	0.00
4. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	78.75 ± 0.04	75.58 ± 7.14	-4.03	75.58 ± 0.05	-4.03
5. ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ขณะพัก (มม.ปรอท)	109.00 ± 1.44	104.25 ± 8.93	-4.36	104.83 ± 1.45	-3.83
6. ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ขณะพัก (มม.ปรอท)	72.08 ± 3.81	66.50 ± 7.80	-7.74	65.08 ± 4.04	-9.71
ข้อมูลสุขสมรรถนะ					
องค์ประกอบของร่างกาย					
7. มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน(กก.)	20.17 ± 1.44	20.33 ± 1.53	0.79	20.57 ± 1.45	1.98
8. ไขมัน (กก.)	17.19 ± 3.81	17.04 ± 4.47	-0.87	16.52 ± 4.04	-3.90
9. เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	31.11 ± 4.51	30.77 ± 3.82	-1.09	29.82 ± 4.95	-4.15
ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ					
10. ความอ่อนตัว (ซม.)	9.58 ± 3.55	9.92 ± 5.21	3.55	12.25 ± 5.29	27.87
ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ					
11. ขา ท่าลุก-นั่งเก้าอี้ (ครั้ง/นาที)	24.33 ± 7.02	27.83 ± 6.93	14.39	33.33 ± 10.14*	36.99
12. แขน ท่าดันพื้น (ครั้ง/นาที)	25.33 ± 8.36	30.00 ± 8.32	18.44	33.50 ± 9.82*	32.25
ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ					
13. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	30.53 ± 5.12	35.35 ± 4.49*	15.79	41.66 ± 5.99*#	36.46

ผลการทดสอบแบบรายคู่ * คือ แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการทดสอบแบบรายคู่ # คือ แตกต่างจากหลังการทดลอง 6 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 20 แสดงค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ของกลุ่มที่ 1 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 1 NBEW) พบว่า มีค่าความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขาเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขนเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเฉลี่ย หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในกลุ่มที่ 2 มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 2 HBEW)

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา						
1. น้ำหนักตัว (กก.)	ระหว่างบุคคล	2251.368	11	204.670		
	ภายในบุคคล	.152	2	.076	.226	.799
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	7.368	22	.335		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	7.520	24	.313		
2. ดัชนีมวลกาย	ระหว่างบุคคล	410.632	11	37.330		
(กก./ตร.ม.)	ภายในบุคคล	.001	2	.000	.004	.996
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	1.619	22	.074		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	1.620	24	.067		
3. อัตราส่วนเอวต่อ	ระหว่างบุคคล	.139	11	.013		
สะโพก	ภายในบุคคล	.000	2	.000	.061	.941
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	.003	22	.000		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	.003	24	.000		
4. อัตราการเต้นของ	ระหว่างบุคคล	2168.972	11	197.179		
หัวใจขณะพัก	ภายในบุคคล	46.722	2	23.361	.378	.690
(ครั้ง/นาที)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	1360.611	22	61.846		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	1407.333	24	58.639		
5. ความดันโลหิตขณะ	ระหว่างบุคคล	5113.639	11	464.876		
หัวใจบีบตัวขณะพัก	ภายในบุคคล	239.056	2	119.528	1.264	.302
(มม.ปรอท)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	2080.278	22	94.558		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	2319.333	24	96.639		
6. ความดันโลหิตขณะ	ระหว่างบุคคล	3012.750	11	273.886		
หัวใจคลายตัวขณะพัก	ภายในบุคคล	483.500	2	241.750	4.483	.023*
(มม.ปรอท)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	1186.500	22	53.932		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	1670.00	24	69.583		

ตารางที่ 21 (ต่อ)

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลสุขสมรรถนะ						
7. มวลกล้ามเนื้อ	ระหว่างบุคคล	239.863	11	21.806		
ปราศจากไขมัน (กก.)	ภายในบุคคล	1.895	2	.948	7.062	.004*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	2.952	22	.134		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	4.847	24	.202		
8. ไขมัน (กก.)	ระหว่างบุคคล	917.103	11	83.373		
	ภายในบุคคล	4.134	2	2.067	4.213	.028*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	10.793	22	.491		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	14.927	24	.622		
9. เปอร์เซ็นต์ไขมัน	ระหว่างบุคคล	1368.582	11	124.417		
(%)	ภายในบุคคล	13.867	2	6.934	5.126	0.15*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	29.759	22	1.353		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	43.627	24	1.818		
10. ความอ่อนตัว (ซม.)	ระหว่างบุคคล	1415.889	11	128.717		
	ภายในบุคคล	54.889	2	27.444	15.179	.000*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	39.778	22	1.808		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	94.667	24	3.944		
11. ความแข็งแรงและ	ระหว่างบุคคล	554.889	11	50.444		
ความอดทนของกล้าม	ภายในบุคคล	659.056	2	329.528	42.409	.000*
เนื้อขา ท่าลุก-นั่งเก้าอี้	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	170.944	22	7.770		
(ครั้ง/นาที)	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	830.000	24	34.583		
12. ความแข็งแรงและ	ระหว่างบุคคล	1812.000	11	164.727		
ความอดทนของกล้าม	ภายในบุคคล	276.000	2	138.250	10.728	.001*
เนื้อแขน ท่าดันพื้น	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	283.000	22	12.886		
(ครั้ง/นาที)	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	560.000	24	23.333		
13. สมรรถภาพการใช้	ระหว่างบุคคล	379.536	11	34.503		
ออกซิเจนสูงสุด	ภายในบุคคล	598.176	2	299.088	47.309	.000*
(มล./กก./นาที)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	139.084	22	6.322		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	737.260	24	30.719		

* $P \leq .05$

จากตารางที่ 21 แสดงว่า ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 2 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 2 HBEW) มีความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน ไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและความอดทนของ

กล้ามเนื้อขา ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 22

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 22 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 2 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 2 HBEW)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 6 สัปดาห์		หลังการทดลอง 12 สัปดาห์	
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	% การเปลี่ยนแปลง	$\bar{X} \pm SD$	% การเปลี่ยนแปลง
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา					
1. น้ำหนักตัว (กก.)	55.53 ± 8.27	55.62 ± 8.23	0.16	54.66 ± 5.57	0.27
2. ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	22.93 ± 3.52	22.93 ± 3.52	0.00	22.34 ± 2.26	0.00
3. อัตราส่วนเอวต่อสะโพก	0.86 ± 0.06	0.86 ± 0.07	0.19	0.83 ± 4.95	0.10
4. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	77.25 ± 12.45	74.83 ± 9.35	-3.13	75.58 ± 0.05	-3.13
5. ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ขณะพัก (มม.ปรอท)	116.08 ± 13.53	114.50 ± 14.28	-1.36	104.83 ± 1.45	-5.24
6. ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ขณะพัก (มม.ปรอท)	75.33 ± 13.34	68.58 ± 8.71	-8.96	65.08 ± 4.04	-11.28
ข้อมูลสุขสมรรถนะ					
องค์ประกอบของร่างกาย					
7. มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน(กก.)	20.08 ± 2.75	20.25 ± 2.61	0.85	20.63 ± 2.78	2.74
8. ไขมัน (กก.)	18.18 ± 5.26	17.98 ± 5.39	-1.10	17.38 ± 5.26	-4.40
9. เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	32.22 ± 6.42	31.73 ± 6.54	-1.52	30.73 ± 6.57	-4.62
ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ					
10. ความอ่อนตัว (ซม.)	6.50 ± 7.14	7.00 ± 6.47	7.69	9.33 ± 6.29	43.54
ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ					
11. ขา ท่าลุก-นั่งเก้าอี้ (ครั้ง/นาที)	24.08 ± 4.12	25.00 ± 4.31	3.82	33.58 ± 3.52*#	39.45
12. แขน ท่าดันพื้น (ครั้ง/นาที)	23.50 ± 8.72	26.25 ± 6.20	11.70	30.25 ± 7.82*	28.72
ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ					
13. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	29.91 ± 3.85	33.86 ± 3.35*	13.21	39.83 ± 4.60*#	33.17

ผลการทดสอบแบบรายคู่ * คือ แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการทดสอบแบบรายคู่ # คือ แตกต่างจากหลังการทดลอง 6 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 22 แสดงค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ของกลุ่มที่ 2 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 2 HBEW) พบว่า มีค่าความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขาเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขนเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเฉลี่ย หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในกลุ่มที่ 3 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 3 NBE)

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา						
1. น้ำหนักตัว (กก.)	ระหว่างบุคคล	2349.143	10	234.914		
	ภายในบุคคล	1.699	2	.849	1.510	.245
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	11.248	20	.562		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	12.947	22	.588		
2. ดัชนีมวลกาย	ระหว่างบุคคล	210.174	10	21.017		
(กก./ตร.ม.)	ภายในบุคคล	.284	2	.142	1.526	.242
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	1.862	20	.093		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	2.147	22	.098		
3. อัตราส่วนเอวต่อ	ระหว่างบุคคล	.073	10	.007		
สะโพก	ภายในบุคคล	.000	2	.000	.204	.817
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	.003	20	.000		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	.003	22	.000		
4. อัตราการเต้นของ	ระหว่างบุคคล	965.394	10	96.539		
หัวใจขณะพัก	ภายในบุคคล	145.515	2	72.758	1.794	.192
(ครั้ง/นาที)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	811.152	20	40.558		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	956.667	22	43.485		
5. ความดันโลหิตขณะ	ระหว่างบุคคล	2494.303	10	249.430		
หัวใจบีบตัวขณะพัก	ภายในบุคคล	110.606	2	55.303	.768	.477
(มม.ปรอท)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	1440.061	20	72.003		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	1550.667	22	70.485		
6. ความดันโลหิตขณะ	ระหว่างบุคคล	1595.636	10	159.564		
หัวใจคลายตัวขณะพัก	ภายในบุคคล	47.697	2	23.848	.368	.697
(มม.ปรอท)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	1295.636	20	64.782		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	1343.333	22	61.061		

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลสุขสมรรถนะ						
7. มวลกล้ามเนื้อ	ระหว่างบุคคล	181.807	10	18.181		
ปราศจากไขมัน (กก.)	ภายในบุคคล	1.484	2	.742	7.339	.004*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	2.022	20	.101		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	3.507	22	.159		
8. ไขมัน (กก.)	ระหว่างบุคคล	964.567	10	96.457		
	ภายในบุคคล	1.601	2	.800	2.263	.130
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	7.073	20	.354		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	8.673	22	.394		
9. เปอร์เซ็นต์ไขมัน	ระหว่างบุคคล	959.412	10	95.941		
(%)	ภายในบุคคล	7.136	2	3.568	5.656	.011*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	12.617	20	.631		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	19.753	22	.898		
10. ความอ่อนตัว (ซม.)	ระหว่างบุคคล	1309.879	10	130.988		
	ภายในบุคคล	99.152	2	49.576	9.832	.001*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	100.848	20	5.042		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	200.000	22	9.091		
11. ความแข็งแรงและ	ระหว่างบุคคล	1818.909	10	181.891		
ความอดทนของกล้าม	ภายในบุคคล	599.455	2	299.727	20.352	.000*
เนื้อขา ท่าลุก-นั่งเก้าอี้	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	294.545	20	14.727		
(ครั้ง/นาที)	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	894.000	22	40.636		
12. ความแข็งแรงและ	ระหว่างบุคคล	1620.061	10	162.006		
ความอดทนของกล้าม	ภายในบุคคล	577.515	2	288.758	16.572	.000*
เนื้อแขน ท่าดันพื้น	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	348.485	20	17.424		
(ครั้ง/นาที)	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	926.000	22	42.091		
13. สมรรถภาพการใช้	ระหว่างบุคคล	590.116	10	59.021		
ออกซิเจนสูงสุด	ภายในบุคคล	450.351	2	270.175	24.572	.000*
(มล./กก./นาที)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	219.909	20	10.995		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	760.260	22	34.557		

* $P \leq .05$

จากตารางที่ 23 แสดงว่า ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 3 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 3 NBE) มีมวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ

แขน และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 24

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 24 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 3 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 3 NBE)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 6 สัปดาห์		หลังการทดลอง 12 สัปดาห์	
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	% การเปลี่ยนแปลง	$\bar{X} \pm SD$	% การเปลี่ยนแปลง
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา					
1. น้ำหนักตัว (กก.)	55.61 ± 9.03	56.16 ± 8.99	0.89	55.92 ± 8.59	0.56
2. ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	23.21 ± 2.62	23.44 ± 2.68	0.99	23.33 ± 2.68	0.52
3. อัตราส่วนเอวต่อสะโพก	0.87 ± 0.05	0.87 ± 0.05	0.00	0.87 ± 0.05	0.00
4. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	83.27 ± 7.91	79.73 ± 5.95	-4.25	78.27 ± 8.92	-6.00
5. ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ขณะพัก (มม.ปรอท)	113.55 ± 11.62	109.45 ± 11.17	-3.61	109.91 ± 11.55	-3.21
6. ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ขณะพัก (มม.ปรอท)	68.09 ± 8.94	70.73 ± 10.43	-3.88	68.27 ± 10.11	0.26
ข้อมูลสุขสมรรถนะ					
องค์ประกอบของร่างกาย					
7. มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน(กก.)	19.64 ± 2.49	20.05 ± 2.63	2.09	20.12 ± 2.29	2.44
8. ไขมัน (กก.)	18.95 ± 5.77	18.85 ± 5.62	-0.53	18.44 ± 5.68	-2.69
9. เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	32.52 ± 5.65	33.02 ± 5.59	-1.49	32.38 ± 5.83	-3.40
ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ					
10. ความอ่อนตัว (ซม.)	4.73 ± 7.16	6.18 ± 7.49	30.66	8.91 ± 5.80	88.37
ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ					
11. ขา ท่าลุก-นั่งเก้าอี้ (ครั้ง/นาที)	23.36 ± 5.89	27.45 ± 7.26	17.51	33.09 ± 10.14*	41.65
12. แขน ท่าดันพื้น (ครั้ง/นาที)	21.82 ± 7.40	27.91 ± 7.80	27.91	32.00 ± 9.01*	46.65
ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ					
13. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	29.32 ± 4.69	33.59 ± 5.45	14.56	39.20 ± 5.41*#	33.70

ผลการทดสอบแบบรายคู่ * คือ แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการทดสอบแบบรายคู่ # คือ แตกต่างจากหลังการทดลอง 6 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 24 แสดงค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ของกลุ่มที่ 3 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 3 NBE) พบว่า มีค่าความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขาเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขนเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในกลุ่มที่ 4 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 4 HBE)

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา						
1. น้ำหนักตัว (กก.)	ระหว่างบุคคล	3247.281	12	270.607		
	ภายในบุคคล	.162	2	.081	.567	.575
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	3.431	24	.143		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	3.593	26	.138		
2. ดัชนีมวลกาย	ระหว่างบุคคล	615.390	12	51.283		
(กก./ตร.ม.)	ภายในบุคคล	.157	2	.079	2.374	.115
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	.796	24	.033		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	.953	26	.037		
3. อัตราส่วนเอวต่อ	ระหว่างบุคคล	.133	12	.001		
สะโพก	ภายในบุคคล	.000	2	.000	.905	.418
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	.002	24	.000		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	.002	26	.000		
4. อัตราการเต้นของ	ระหว่างบุคคล	4836.923	12	403.077		
หัวใจขณะพัก	ภายในบุคคล	70.308	2	35.154	1.593	.224
(ครั้ง/นาที)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	529.692	24	22.071		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	600.000	26	23.077		
5. ความดันโลหิตขณะ	ระหว่างบุคคล	9685.026	12	807.085		
หัวใจบีบตัวขณะพัก	ภายในบุคคล	44.667	2	22.333	.774	.472
(มม.ปรอท)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	692.667	24	28.861		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	737.333	26	28.359		
6. ความดันโลหิตขณะ	ระหว่างบุคคล	6624.769	12	552.064		
หัวใจคลายตัวขณะพัก	ภายในบุคคล	222.000	2	111.000	2.787	.082
(มม.ปรอท)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	956.000	24	39.833		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	1178.000	26	45.308		

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
ข้อมูลสุขสมรรถนะ						
7. มวลกล้ามเนื้อ	ระหว่างบุคคล	184.543	12	15.379		
ปราศจากไขมัน (กก.)	ภายในบุคคล	1.294	2	.647	4.025	.031*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	3.859	24	.161		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	5.153	26	.198		
8. ไขมัน (กก.)	ระหว่างบุคคล	2154.193	12	179.516		
	ภายในบุคคล	4.973	2	2.486	6.255	.007*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	9.541	24	.398		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	14.541	26	.558		
9. เปอร์เซ็นต์ไขมัน	ระหว่างบุคคล	2323.876	12	193.656		
(%)	ภายในบุคคล	17.167	2	8.583	6.420	.006*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	32.087	24	1.337		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	49.253	26	1.894		
10. ความอ่อนตัว (ซม.)	ระหว่างบุคคล	1408.769	12	117.397		
	ภายในบุคคล	111.744	2	55.872	12.311	.000*
	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	108.923	24	4.538		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	220.667	26	8.487		
11. ความแข็งแรงและ	ระหว่างบุคคล	990.103	12	62.509		
ความอดทนของกล้าม	ภายในบุคคล	575.436	2	287.718	37.549	.000*
เนื้อขา ท่าลุก-นั่งเก้าอี้	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	183.897	24	7.662		
(ครั้ง/นาที)	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	759.333	26	29.205		
12. ความแข็งแรงและ	ระหว่างบุคคล	2701.231	12	225.103		
ความอดทนของกล้าม	ภายในบุคคล	482.462	2	241.231	7.351	.003*
เนื้อแขน ท่าดันพื้น	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	787.538	24	32.814		
(ครั้ง/นาที)	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	1270.000	26	48.846		
13. สมรรถภาพการใช้	ระหว่างบุคคล	703.751	12	58.646		
ออกซิเจนสูงสุด	ภายในบุคคล	475.650	2	237.825	24.778	.000*
(มล./กก./นาที)	ความคลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ	230.357	24	9.598		
	ความคลาดเคลื่อนส่วนที่เหลือ	706.007	26	27.154		

* $P \leq .05$

จากตารางที่ 25 แสดงว่า ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 4 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 4 HBE) มีมวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน ไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ความแข็งแรงและความอดทน

ของกล้ามเนื้อแขน และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 26 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 4 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 4 HBE)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 6 สัปดาห์		หลังการทดลอง 12 สัปดาห์	
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	% การเปลี่ยนแปลง	$\bar{X} \pm SD$	% การเปลี่ยนแปลง
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา					
1. น้ำหนักตัว (กก.)	57.05 ± 9.39	57.09 ± 9.60	0.07	56.94 ± 9.52	-0.19
2. ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	23.76 ± 4.07	23.75 ± 4.18	-0.04	23.62 ± 4.16	-0.59
3. อัตราส่วนเอวต่อสะโพก	0.89 ± 0.06	0.90 ± 0.06	1.12	0.90 ± 0.06	1.12
4. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	81.08 ± 13.33	78.69 ± 11.42	-2.95	77.92 ± 11.80	-3.90
5. ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ขณะพัก (มม.ปรอท)	118.38 ± 15.80	116.15 ± 16.40	-1.08	116.08 ± 18.61	-1.94
6. ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ขณะพัก (มม.ปรอท)	77.23 ± 16.31	73.54 ± 12.91	-4.78	71.46 ± 14.11	-7.47
ข้อมูลสุขสมรรถนะ					
องค์ประกอบของร่างกาย					
7. มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน(กก.)	19.37 ± 2.39	19.58 ± 2.27	1.08	19.82 ± 2.19	2.20
8. ไขมัน (กก.)	21.15 ± 7.52	20.85 ± 7.85	-1.42	20.29 ± 7.89	-4.07
9. เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	36.09 ± 7.76	35.44 ± 8.19	-1.80	34.48 ± 8.31	-4.46
ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ					
10. ความอ่อนตัว (ซม.)	0.77 ± 7.77	2.15± 5.97	179.22	4.85 ± 5.52	529.81
ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ					
11. ขา ท่าลุก-นั่งเก้าอี้ (ครั้ง/นาที)	23.15 ± 5.58	26.62 ± 5.62	14.99	32.46 ± 5.92*#	40.22
12. แขน ท่าดันพื้น (ครั้ง/นาที)	22.08 ± 10.78	26.38 ± 9.10	19.47	30.69 ± 9.58*	38.99
ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ					
13. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	24.90 ± 5.39	27.42 ± 4.04	10.12	33.24 ± 5.70*#	33.49

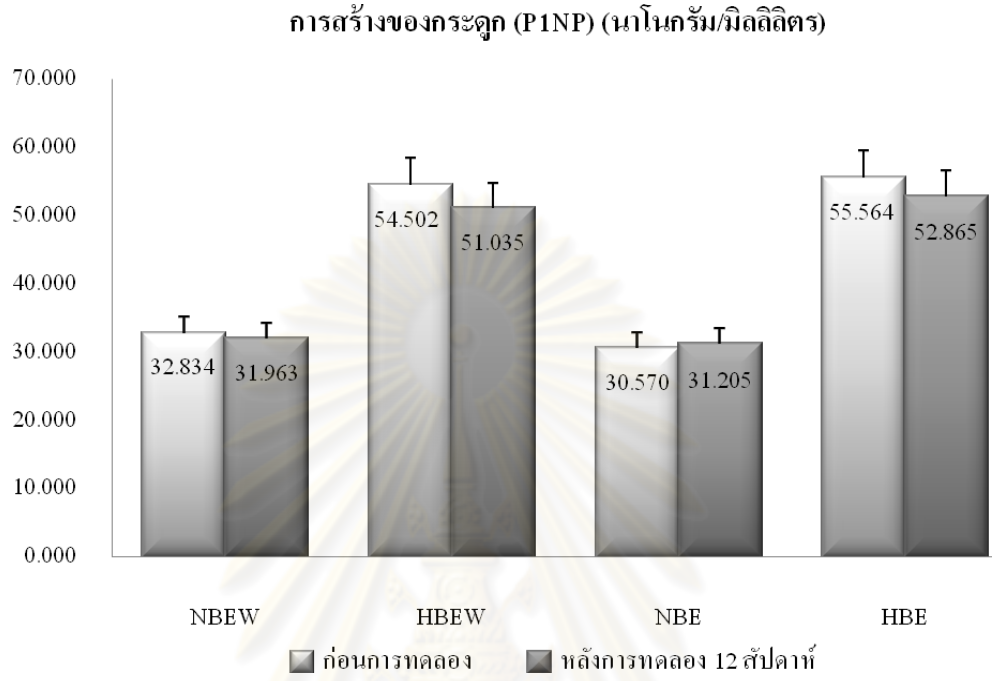
ผลการทดสอบแบบรายคู่ * คือ แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการทดสอบแบบรายคู่ # คือ แตกต่างจากหลังการทดลอง 6 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05

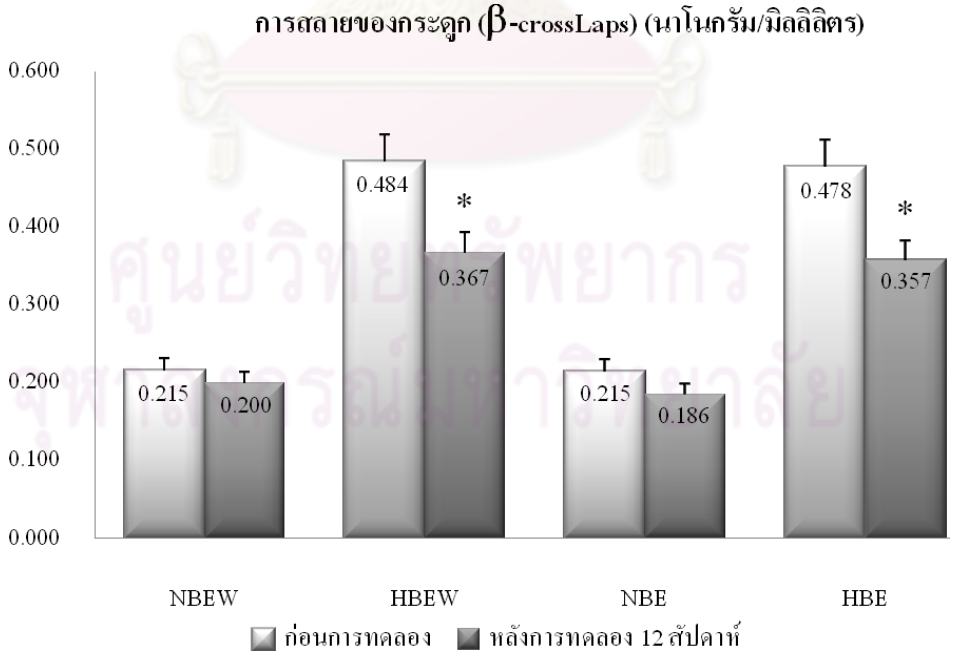
จากตารางที่ 26 แสดงค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีแอลเอสดี ของกลุ่มที่ 4 ที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 4 HBE) พบว่า มีค่าความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขาเฉลี่ยหลังการทดลอง 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีค่าความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขนเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 7 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างและการสลายของกระดูก ค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะทางกายของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE)

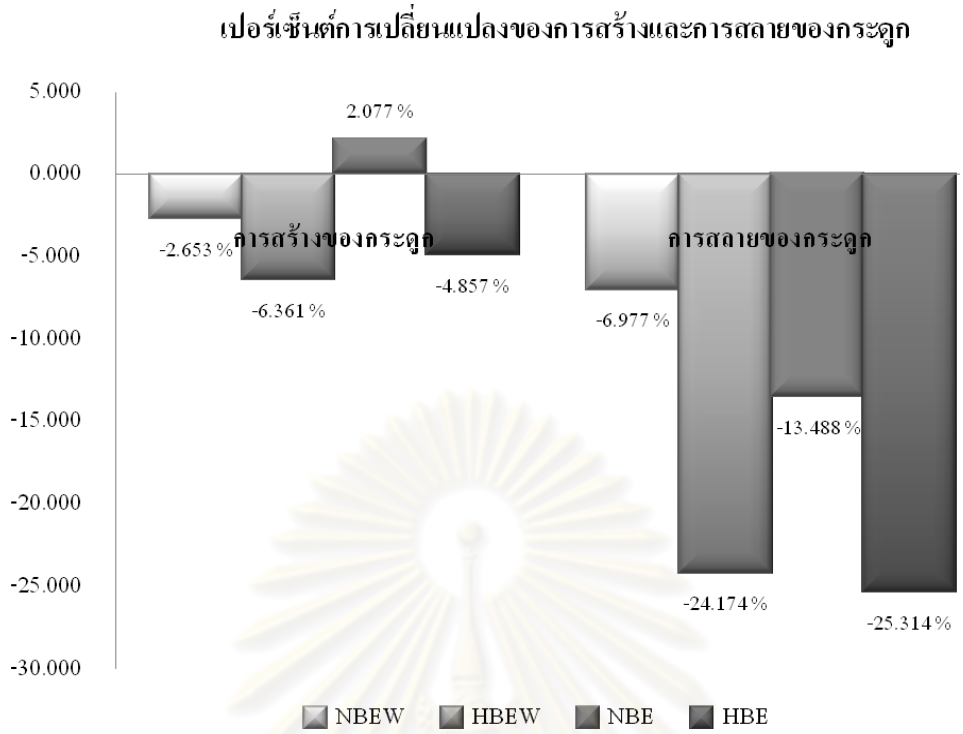


แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของการสร้างของกระดูกก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

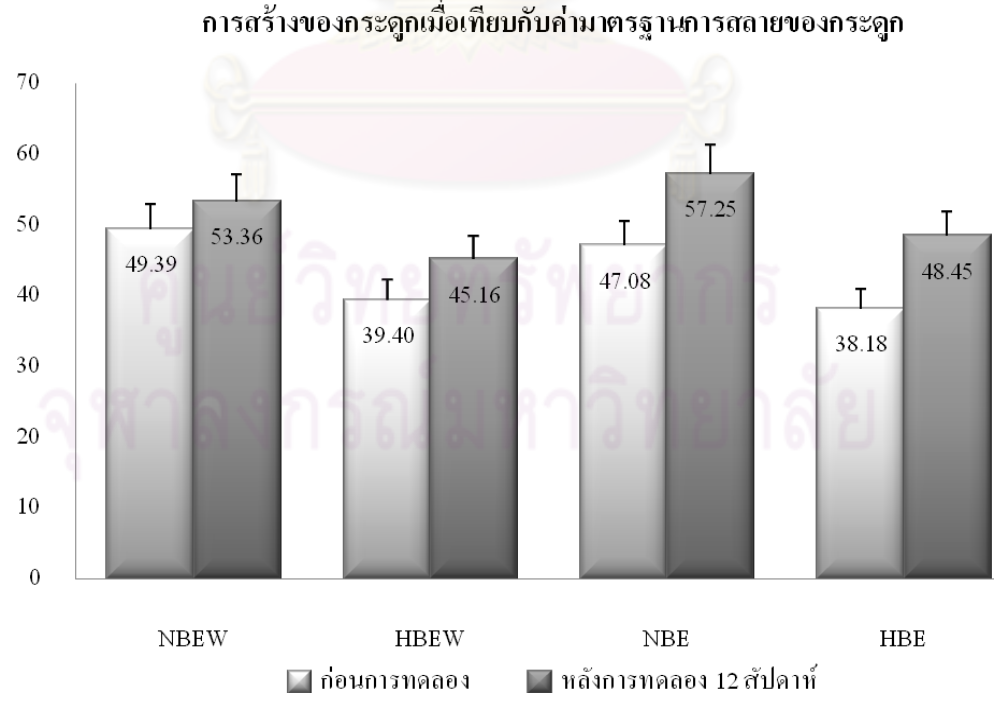


* แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

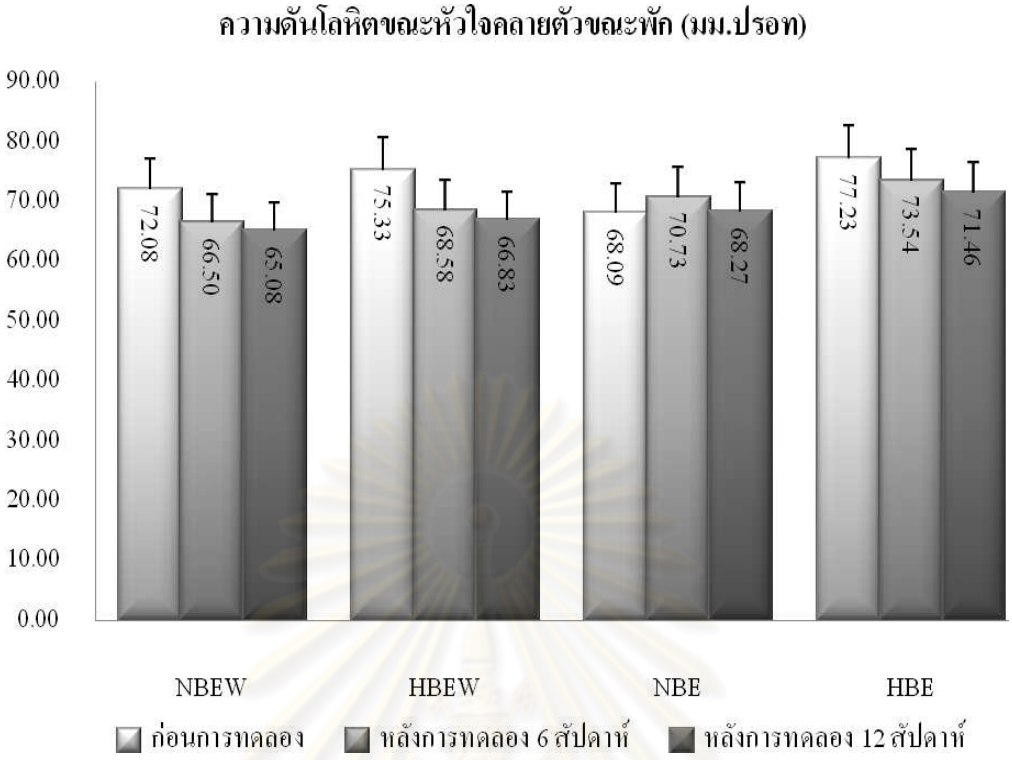
แผนภูมิที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของการสลายของกระดูกก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์



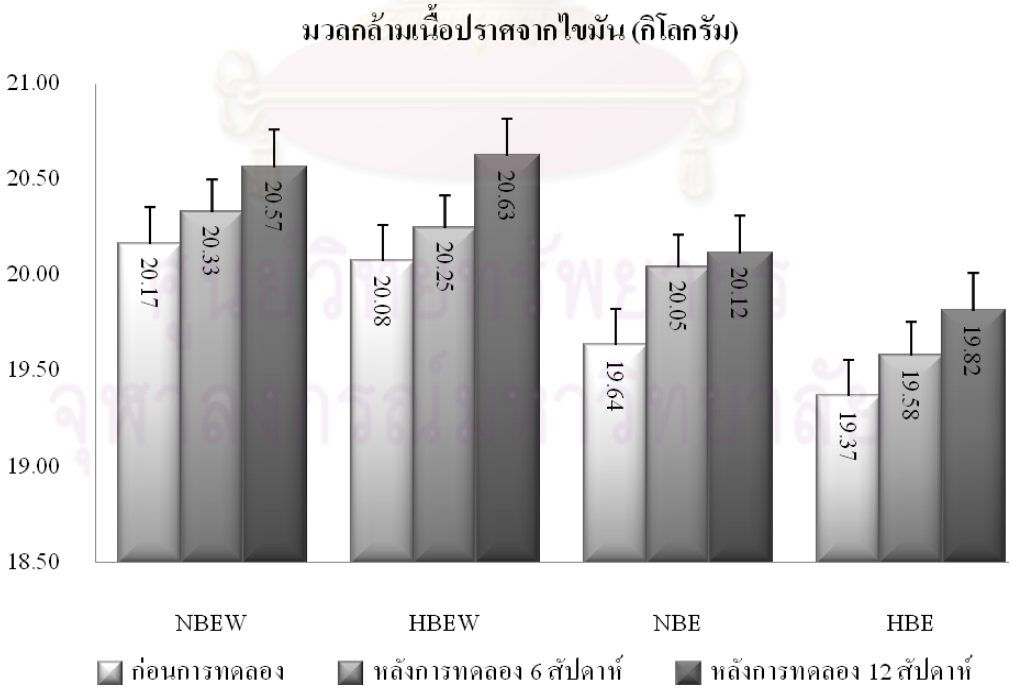
แผนภูมิที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการสร้างและสลายของกระดูกหลังการทดลอง 12 สัปดาห์



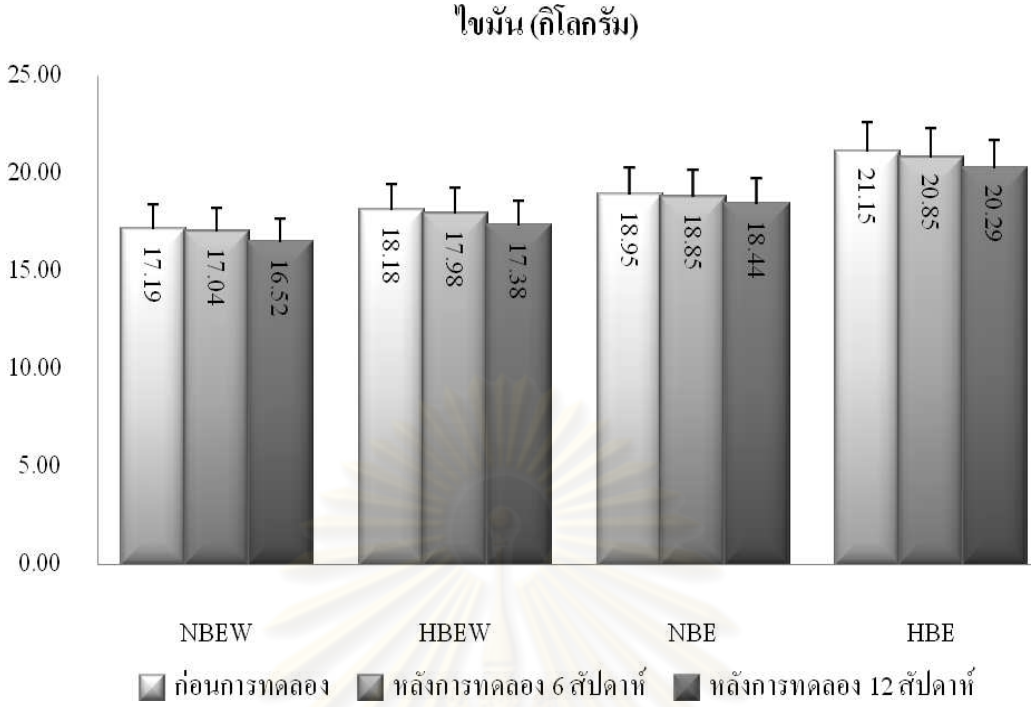
แผนภูมิที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของการสร้างของกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์



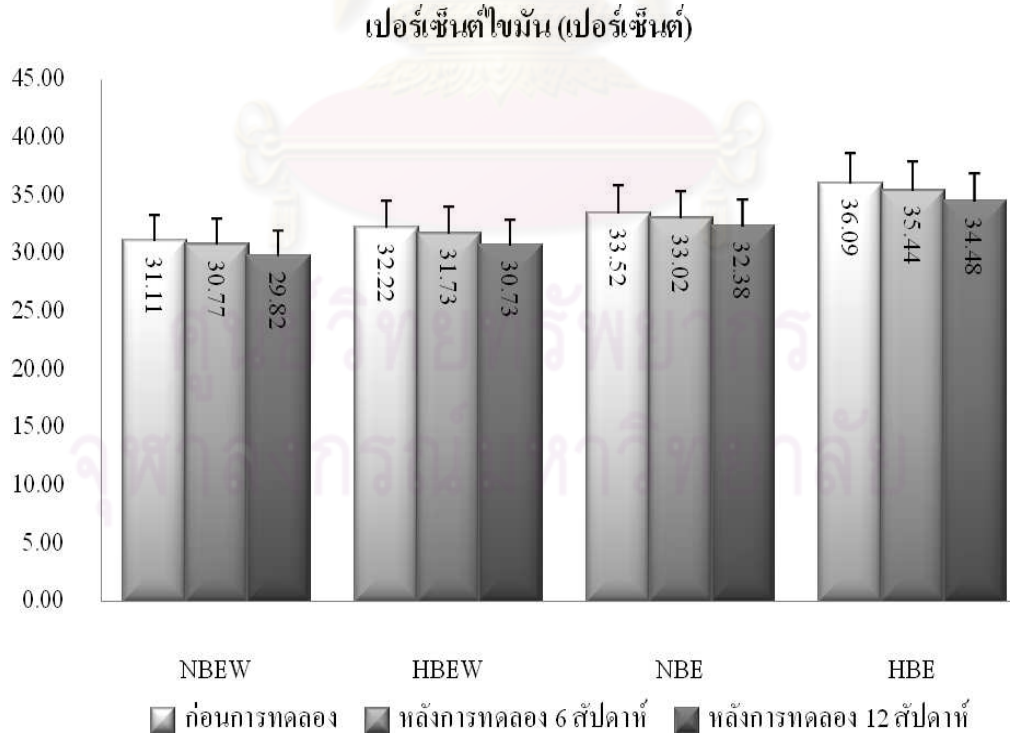
แผนภูมิที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยของความดัน โลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม



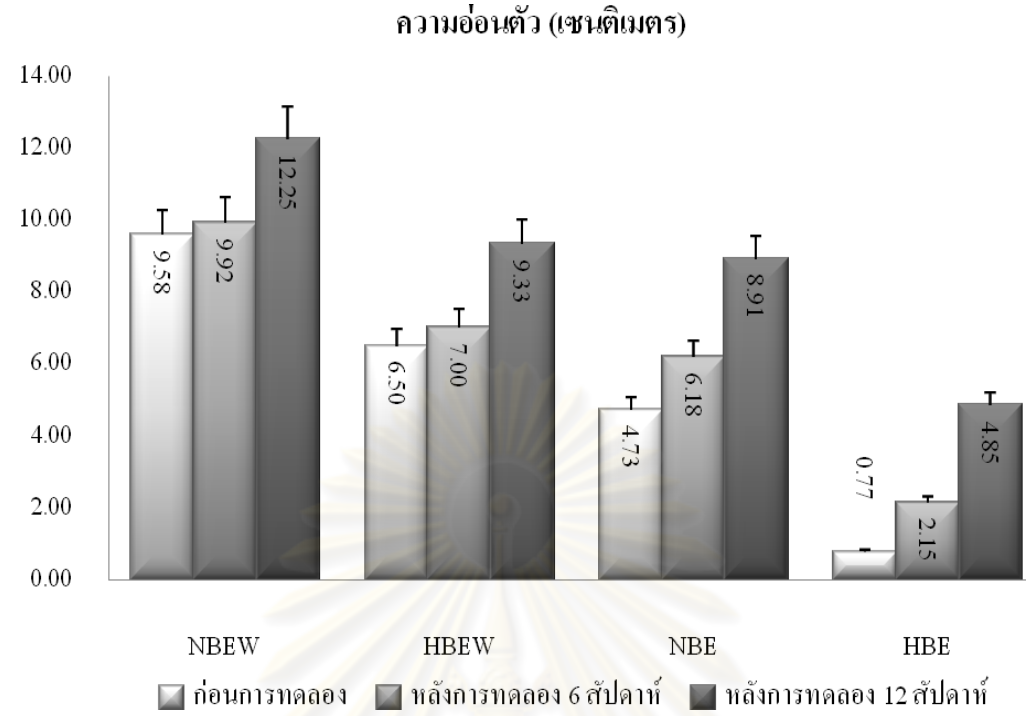
แผนภูมิที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยของมวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมันก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม



แผนภูมิที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยของไขมันก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

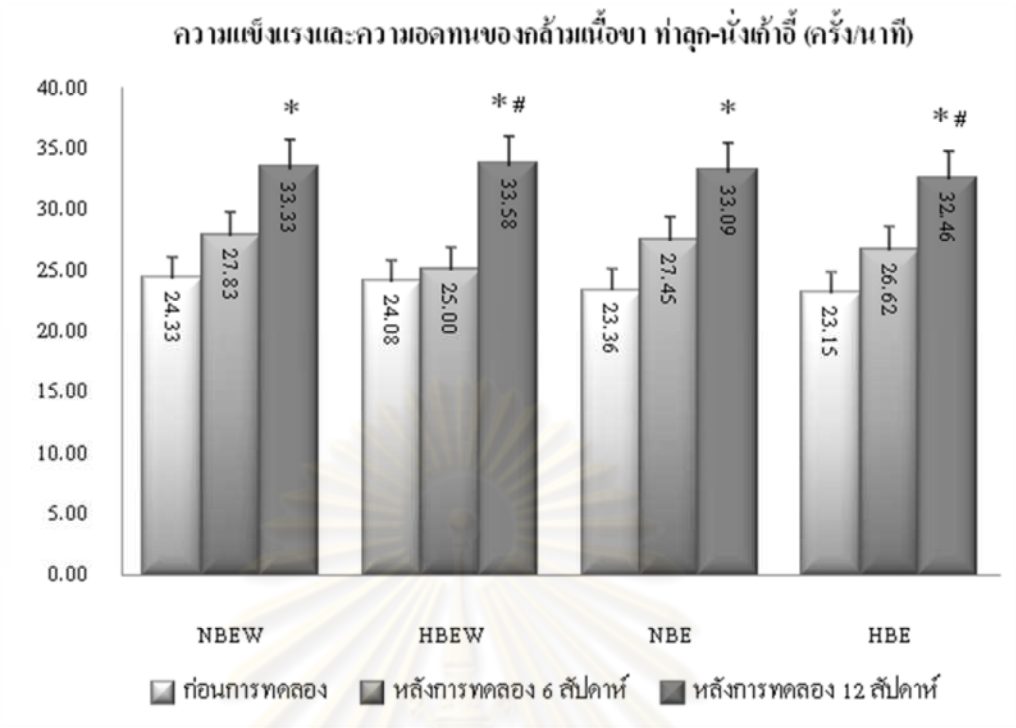


แผนภูมิที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ไขมันก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม



แผนภูมิที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ยของความอ่อนตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

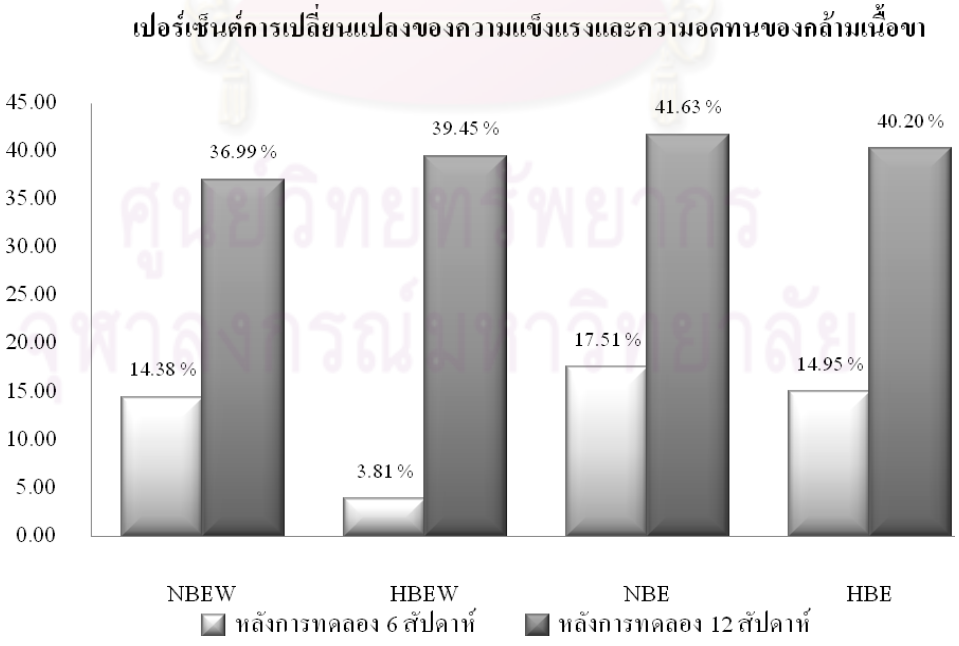
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



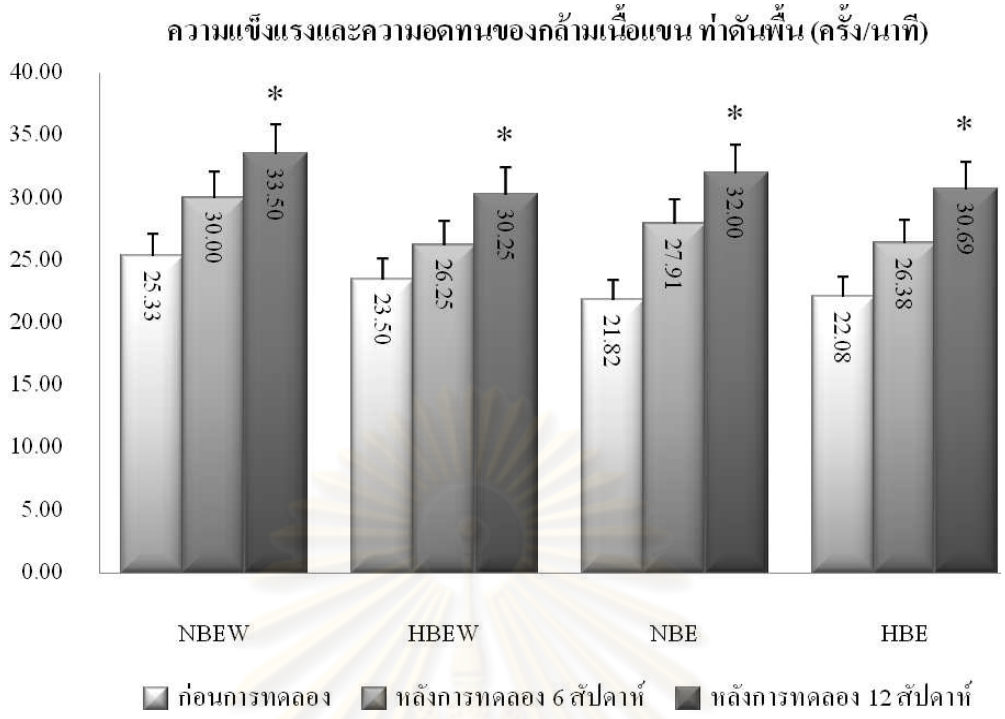
* แตกต่างจากก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แตกต่างจากหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขาก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

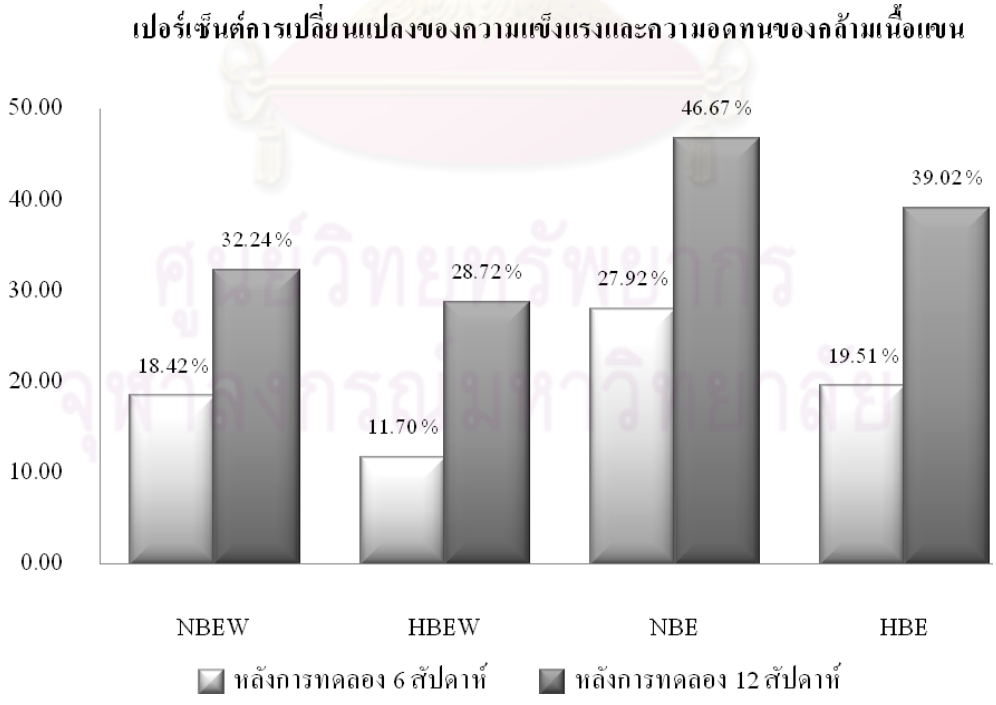


แผนภูมิที่ 13 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

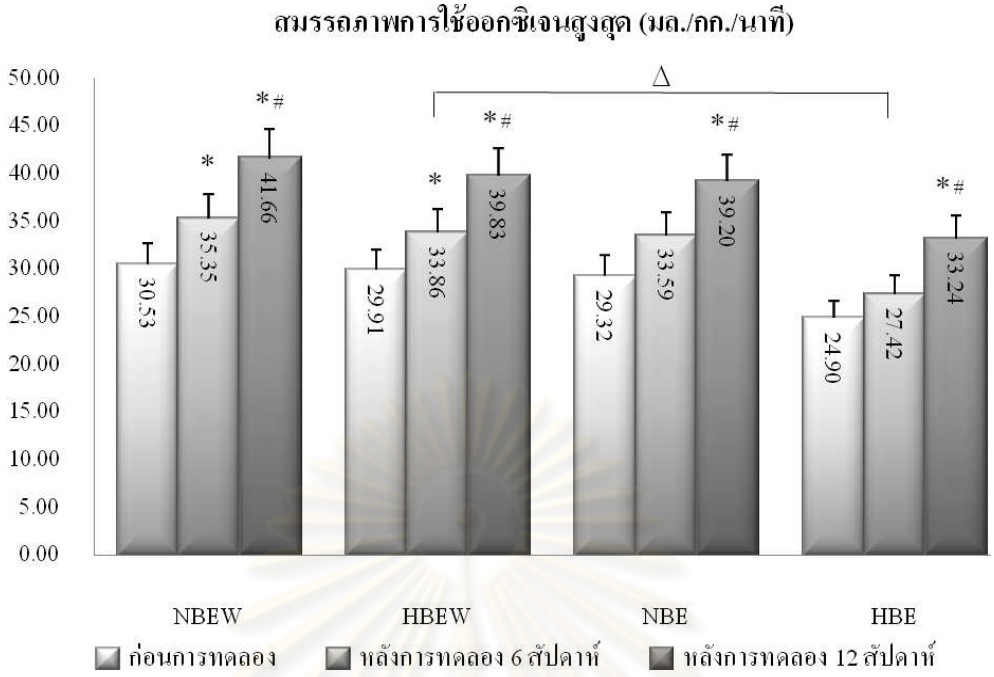


* แตกต่างจากก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขนก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม



แผนภูมิที่ 15 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

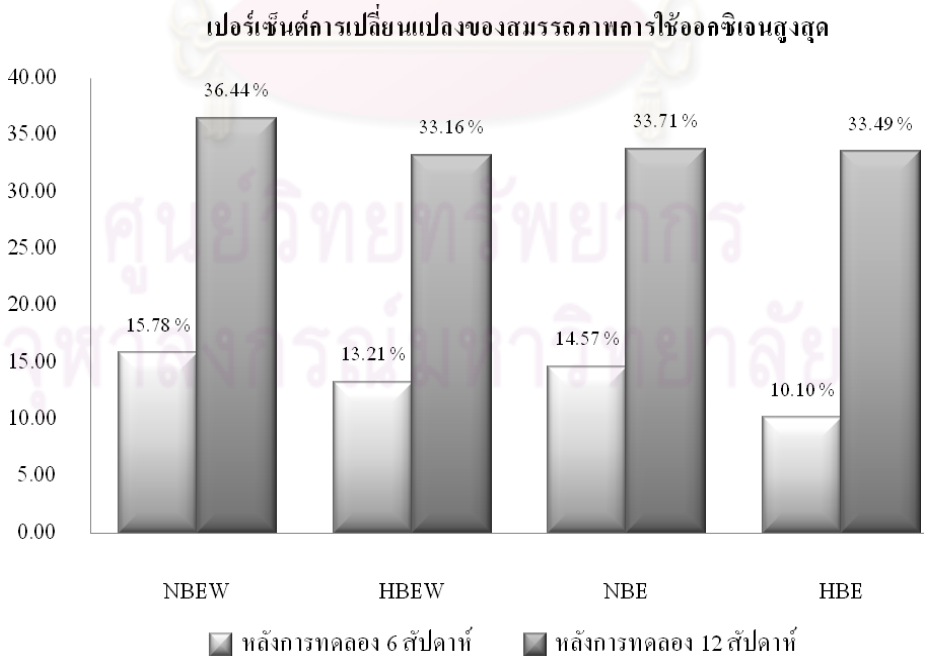


* แตกต่างจากก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แตกต่างจากหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Δ แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม



แผนภูมิที่ 17 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ที่ส่งผลต่อการสร้างและการสลายของกระดูก และสุขสมรรถนะในหญิงวัยทำงาน การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research design) แบบมีกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยได้มีการพัฒนารูปแบบของเสื้อเพิ่มน้ำหนัก โดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ และการตรวจหาความเที่ยงของโปรแกรมการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักกับกลุ่มทดลองที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจริง กลุ่มตัวอย่างที่ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้คือ อาสาสมัครที่เป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุระหว่าง 30-60 ปี มีสุขภาพแข็งแรงโดยผ่านการประเมินแบบคัดกรองอาสาสมัครจำนวน 63 คน มีผู้ออกจากโครงการวิจัยจำนวน 15 คน เนื่องจากประสบอุบัติเหตุจนได้รับบาดเจ็บและไม่สบายจำนวน 5 คน ออกจากงานจำนวน 1 คน ไม่ประสงค์จะเข้าร่วมการวิจัยต่อจำนวน 3 คน และขาดการออกกำลังกายเกิน 2 สัปดาห์ติดต่อกันจำนวน 6 คน เมื่อเสร็จสิ้นการทดลอง มีกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 48 คน

ทำการทดสอบค่าการสร้างการสลายของกระดูกก่อนการทดลอง โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายในอัตราปกติจำนวน 23 คน และกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติจำนวน 25 คน และนำมาสุ่มแบบกำหนด (random assignment) ลงในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทั้งหมด 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักจำนวน 12 คน (กลุ่มที่ 1 NBEW) กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักจำนวน 12 คน (กลุ่มที่ 2 HBEW) กลุ่มควบคุม 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่มีอัตราการสร้างและการสลายกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มนำหนักจำนวน 11 คน (กลุ่มที่ 3 NBE) และกลุ่มที่ 4 กลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 4 HBE) จำนวน 13 คน โดยทุกกลุ่มเดินออกกำลังกายบนลู่กล ที่ระดับความชัน 0 เปอร์เซ็นต์ ครั้งละ 30 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่ความหนัก 65-75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

ผู้วิจัยทำการทดสอบสุขสมรรถนะของกลุ่มตัวอย่าง 3 ครั้ง คือ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ และทำการทดสอบค่าการสร้างและการสลายของกระดูก 2 ครั้ง คือ ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์นำผลที่ได้จากการทดสอบของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมทั้ง 4 กลุ่ม มาวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(standard deviation) ทดสอบค่าทีแบบรายคู่ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำภายในกลุ่ม เมื่อพบความแตกต่างจึงวิเคราะห์ความแตกต่างแบบรายคู่โดยวิธี แอลเอสดี และวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ระหว่างกลุ่มหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ โดยใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย

1. การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองที่เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 1 NBEW และกลุ่มที่ 2 HBEW) และกลุ่มควบคุมที่เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE) หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของการสร้างและการสลายของกระดูก และสุขสมรรถนะ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนั้นแล้วยังพบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพักและสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างกลุ่มทดลอง (กลุ่มที่ 1 NBEW และกลุ่มที่ 2 HBEW) และกลุ่มควบคุม (กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของการสร้างและการสลายของกระดูกก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ (กลุ่มที่ 2 HBEW และกลุ่มที่ 4 HBE) พบว่า ค่าเฉลี่ยการสลายของกระดูกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. การเปรียบเทียบก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ภายในทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE) พบว่า มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีการเปลี่ยนแปลงดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ พบว่าความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ในทุกกลุ่ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการสร้าง และการสลายของกระดูก และสุขสมรรถนะ ซึ่งจะนำเสนอค่าตั้งแต่ 10 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ดังนี้

4.1 การเปลี่ยนแปลงของการสลายของกระดูก (เปอร์เซ็นต์)

- กลุ่มที่ 2 (HBEW) ลดลง 24.17 (ลดลง 0.117 ng./ml.)
- กลุ่มที่ 3 (NBE) ลดลง 13.49 (ลดลง 0.029 ng./ml.)
- กลุ่มที่ 4 (HBE) ลดลง 25.31 (ลดลง 0.121 ng./ml.)

4.2 การเปลี่ยนแปลงของความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก (เปอร์เซ็นต์)

- กลุ่มที่ 2 (HBEW) ลดลง 11.28 (ลดลง 7 มม.ปรอท)

4.3 การเปลี่ยนแปลงของความอ่อนตัว(เปอร์เซ็นต์)

4.3.1 หลังการทดลอง 6 สัปดาห์

- กลุ่มที่ 3 (NBE) เพิ่มขึ้น 30.66
- กลุ่มที่ 4 (HBE) เพิ่มขึ้น 179.22

5.3.2 หลังการทดลอง 12 สัปดาห์

- กลุ่มที่ 1 (NBEW) เพิ่มขึ้น 27.87 (เพิ่มขึ้น 2.67 ซม.)
- กลุ่มที่ 2 (HBEW) เพิ่มขึ้น 43.54 (เพิ่มขึ้น 2.83 ซม.)
- กลุ่มที่ 3 (NBE) เพิ่มขึ้น 88.37 (เพิ่มขึ้น 4.18 ซม.)
- กลุ่มที่ 4 (HBE) เพิ่มขึ้น 529.87 (เพิ่มขึ้น 4.08 ซม.)

4.4 การเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา (เปอร์เซ็นต์)

4.4.1 หลังการทดลอง 6 สัปดาห์

- กลุ่มที่ 1 (NBEW) เพิ่มขึ้น 14.39
- กลุ่มที่ 3 (NBE) เพิ่มขึ้น 17.51
- กลุ่มที่ 4 (HBE) เพิ่มขึ้น 14.99

4.4.2 หลังการทดลอง 12 สัปดาห์

- กลุ่มที่ 1 (NBEW) เพิ่มขึ้น 36.99 (เพิ่มขึ้น 9 ครั้ง/นาที)
- กลุ่มที่ 2 (HBEW) เพิ่มขึ้น 39.45 (เพิ่มขึ้น 9.5 ครั้ง/นาที)
- กลุ่มที่ 3 (NBE) เพิ่มขึ้น 41.65 (เพิ่มขึ้น 9.73 ครั้ง/นาที)
- กลุ่มที่ 4 (HBE) เพิ่มขึ้น 40.22 (เพิ่มขึ้น 9.31 ครั้ง/นาที)

4.5 การเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน (เปอร์เซ็นต์)

4.5.1 หลังการทดลอง 6 สัปดาห์

- กลุ่มที่ 1 (NBEW) เพิ่มขึ้น 18.44
- กลุ่มที่ 2 (HBEW) เพิ่มขึ้น 11.70
- กลุ่มที่ 3 (NBE) เพิ่มขึ้น 27.91
- กลุ่มที่ 4 (HBE) เพิ่มขึ้น 19.47

4.5.2 หลังการทดลอง 12 สัปดาห์

- กลุ่มที่ 1 (NBEW) เพิ่มขึ้น 32.25 (เพิ่มขึ้น 8.17 ครั้ง/นาที)
- กลุ่มที่ 2 (HBEW) เพิ่มขึ้น 28.72 (เพิ่มขึ้น 6.75 ครั้ง/นาที)
- กลุ่มที่ 3 (NBE) เพิ่มขึ้น 46.65 (เพิ่มขึ้น 10.18 ครั้ง/นาที)
- กลุ่มที่ 4 (HBE) เพิ่มขึ้น 38.99 (เพิ่มขึ้น 8.61 ครั้ง/นาที)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 การเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (เปอร์เซ็นต์)

4.6.1 หลังการทดลอง 6 สัปดาห์

- กลุ่มที่ 1 (NBEW) เพิ่มขึ้น 15.79 (เพิ่มขึ้น 4.82 มล./กก./นาที)
- กลุ่มที่ 2 (HBEW) เพิ่มขึ้น 13.21 (เพิ่มขึ้น 3.95 มล./กก./นาที)
- กลุ่มที่ 3 (NBE) เพิ่มขึ้น 14.56 (เพิ่มขึ้น 4.27 มล./กก./นาที)
- กลุ่มที่ 4 (HBE) เพิ่มขึ้น 10.12 (เพิ่มขึ้น 2.52 มล./กก./นาที)

4.6.2 หลังการทดลอง 12 สัปดาห์

- กลุ่มที่ 1 (NBEW) เพิ่มขึ้น 36.46 (เพิ่มขึ้น 11.13 มล./กก./นาที)
- กลุ่มที่ 2 (HBEW) เพิ่มขึ้น 33.17 (เพิ่มขึ้น 9.92 มล./กก./นาที)
- กลุ่มที่ 3 (NBE) เพิ่มขึ้น 33.70 (เพิ่มขึ้น 9.88 มล./กก./นาที)
- กลุ่มที่ 4 (HBE) เพิ่มขึ้น 33.4 (เพิ่มขึ้น 8.34 มล./กก./นาที)

อภิปรายผลการวิจัย

จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า การเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก จะส่งผลต่อกระดูกและสุขสมรรถนะ มากกว่าการเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ผลการวิจัยพบว่าหลังการออกกำลังกาย 12 สัปดาห์ ทั้งกลุ่มที่เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และกลุ่มที่เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก มีค่าการสร้างและการสลายของกระดูก และสุขสมรรถนะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากอาจเป็นเพราะความหนักของเสื้อที่ใช้ไม่หนักพอที่จะสามารถส่งผลต่อการกระตุ้นของกระดูกเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งผลสอดคล้องกับการศึกษาของ กรีนเดล และคณะ (Greendale et al., 2000) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักสำหรับการเดินทำกิจกรรมต่างๆของผู้สูงอายุ ซึ่งใช้น้ำหนักเพียง 5 % ของน้ำหนักตัว ผลพบว่าไม่มีความแตกต่างต่อการเปลี่ยนแปลงของกระดูก และความแข็งแรงของร่างกาย นอกจากนั้นแล้วยังมีอีกหลายงานวิจัยที่ใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนักขณะออกกำลังกาย (Klentrou et al., 2007; Milliken et al., 2001; Snow et al., 2000) ซึ่งพบว่าการใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักขณะออกกำลังกายส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกระดูก แต่ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความหนักของเสื้อที่ใช้คือ 15-20% ของน้ำหนักตัว และรูปแบบการทดลองใช้ระยะเวลาในการศึกษาที่นานกว่า ใช้การเพิ่มความหนักของเสื้อตามหลักการความก้าวหน้าในการฝึก รวมทั้งไม่ได้ทำการเปรียบเทียบโดยตรงกับกลุ่มที่ไม่ได้ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้หลักการเพิ่มความหนักของเสื้อในแต่ละสัปดาห์ใกล้เคียงกับงานวิจัยเรื่องอื่นๆ และเมื่อครบ 6 สัปดาห์ ผู้วิจัยได้คงความหนักของเสื้อไว้ที่ 8 % ของน้ำหนักตัว เนื่องจากก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย หรือออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ อีกทั้งยังไม่คุ้นเคยกับการใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ผู้วิจัยจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นสำคัญ

จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าในกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ ที่เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก จะส่งผลทำให้มีการชะลอการสลายของกระดูกมากกว่าการเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ผลการวิจัยพบว่าการเดินออกกำลังกายทั้ง 2 รูปแบบส่งผลต่อชะลอการสลายของกระดูกไม่แตกต่างกัน ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้

จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าในกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงปกติ ที่เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก จะส่งผลทำให้มีการชะลอการสลายของกระดูกมากกว่าการเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ผลการวิจัยพบว่าการเดินออกกำลังกายทั้ง 2 รูปแบบส่งผลต่อชะลอการสลายของกระดูกไม่แตกต่างกัน ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่เมื่อพิจารณาหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าผลของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของกลุ่มทดลองที่เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 2 HBEW) มีพัฒนาการดีกว่ากลุ่มควบคุมที่เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 4 HBE) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แต่เมื่อพิจารณาในด้านการเปลี่ยนแปลงก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่าตัวแปรส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น ซึ่งอภิปรายผลดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การสร้างและการสลายของกระดูก

การเดินออกกำลังกายที่ความหนักระดับปานกลาง ของทั้ง 2 รูปแบบ คือเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ส่งผลต่อการชะลอการสลายของกระดูก โดยผลของการทดลองแสดงให้เห็นถึงการลดลงของค่าการสลายของกระดูก (β-crassLaps) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ (กลุ่มที่ 2 HBEW และกลุ่มที่ 4 HBE) มีการสลายของกระดูกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ ยามาซากิ และคณะ(Yamazaki et al., 2004)ได้ศึกษาผลของการเดินออกกำลังกายต่อการสร้างและการสลายของกระดูก ในสตรีวัยหมดประจำเดือนที่มีภาวะกระดูกบางหรือกระดูกพรุน หลังการทดสอบ 3 เดือน พบว่าการสลายของกระดูก (N-telopeptide: NTx) ลดลง 25 % นอกจากนั้นแล้วฮาโตริและคณะ (Hatori et al., 1992) ยังพบว่าการเดินออกกำลังกายที่ระดับจุดเริ่มล้ามีผลต่อการป้องกันการสูญเสียมวลกระดูก คือส่งผลทำให้ความหนาแน่นของมวลกระดูกเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่เดินออกกำลังกาย และในกลุ่มที่ไม่ได้ออกกำลังกายมีออสทีโอแคลซิน และไฮดรอกซีโพรีนขับถ่ายออกทางปัสสาวะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งไฮดรอกซีโพรีนเป็นโบนมาร์กเกอร์ของการสลายกระดูก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภู่สุวรรณ์ และคณะ (Phoosuwan et al., 2009) ซึ่งพบว่าการฝึกโยคะแบบลงน้ำหนักมีผลทำให้การสลายของกระดูกลดลง ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่า การเดินออกกำลังกายที่ความหนักระดับปานกลางทั้ง 2 รูปแบบ ทำให้การสลายของกระดูกลดลง ซึ่งกลไกเกี่ยวกับการปรับตัวของกระดูกเป็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับการสะสม และการรักษาสภาพความสมบูรณ์ของโครงสร้างกระดูก โดยกระบวนการเปลี่ยนแปลงนั้นเกิดจากปัจจัย

สิ่งแวดล้อมภายนอกที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหว และชนิดของการเคลื่อนไหวที่ส่งผลต่อภาวะสมดุลทางเคมีในร่างกาย (Buckwalter et al., 2000) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามถึงประวัติสุขภาพ พบว่าผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยในกลุ่ม “HB” นั้นมีอายุค่อนข้างมาก และกว่าครึ่งหนึ่งของทั้งหมด (จำนวน 13 คน) ที่อยู่ในช่วงวัยหมดประจำเดือนแล้ว (ภาคผนวก ฒ) โดยทวี ทรงพัฒนศิลป์ (2550) กล่าวว่า ในหญิงวัยหมดประจำเดือน จะมีฮอร์โมนเอสโตรเจนลดลง ซึ่งหน้าที่ของฮอร์โมนเอสโตรเจนจะมีผลต่อเซลล์สร้างกระดูกทำให้มีการทำงานเพิ่มขึ้น (จุไรพร สมบุญวงค์ และคณะ, 2546) นอกจากนั้นแล้วฮอร์โมนเอสโตรเจนยังมีหน้าที่ควบคุมอายุที่เหมาะสมของเซลล์สลายกระดูก (ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550) การลดลงของฮอร์โมนเอสโตรเจนนั้นทำให้การควบคุมของระบบไซโตไคน์ต่างๆในไขกระดูก (bone marrow microenvironment) เสียไป จึงทำให้มีการสลายของกระดูกเพิ่มขึ้น ซึ่งกลไกดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดในกลุ่ม “HB” (กลุ่มที่ 2 HBEW และ กลุ่มที่ 4 HBE) จึงมีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ การที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติถือว่า เป็นภาวะผิดปกติ การออกกำลังกายในระดับปานกลาง ทำให้มีการปรับปรุงการสร้างและการสลายของกระดูกให้ดีขึ้น คือปรับจากการสร้างและการสลายของกระดูกอัตราสูงกว่าปกติให้เข้าสู่อัตราปกติ ถ้าเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม “NB” และ กลุ่ม “HB” จะพบว่า กลุ่ม “HB” ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแล้วพบว่า ลดลง 24-25% ซึ่งเป็นกลไกการปรับตัวของกระดูกให้เข้าสู่ภาวะสมดุล นอกจากนั้นแล้วโทซันและคณะ (Tosun et al., 2006) ยังกล่าวไว้ว่าในหญิงวัยเจริญพันธุ์จะไม่ค่อยเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นเพราะอิทธิพลของกิจกรรมในระดับปานกลางในกลุ่มดังกล่าวจะไม่ค่อยมีการตอบสนองต่อภาวะสมดุลของแคลเซียม ดังนั้นจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้กลุ่ม “NB” ซึ่งส่วนมากยังอยู่ในช่วงวัยที่ยังมีประจำเดือน (จำนวน 20 คน) เมื่อเดินออกกำลังกายในระดับปานกลาง แล้วส่งผลต่อค่าการสลายของกระดูกลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การสร้างและการสลายของกระดูกเป็นกลไกการปรับแต่งของกระดูกที่เกิดขึ้นตลอดเวลาทุกช่วงอายุ โดยการกลไกที่เกิดขึ้นนั้นมีหน้าที่หลักอยู่ 2 ประการคือ เพื่อรักษาคุณภาพของกระดูกให้มีความแข็งแรง และเพื่อควบคุมสมดุลของเกลือแร่ในร่างกาย กลไกการปรับแต่งของกระดูกถ้ามีการทำงานของเซลล์สลายกระดูกที่มากขึ้น การทำงานของเซลล์สร้างกระดูกก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วยซึ่งกระบวนการนี้เป็นกลไกควบคู่ที่ต้องเกิดขึ้นแน่นอน อย่างไรก็ตามกว่าที่การสร้างของกระดูกจะเกิดตามทันการสลายของกระดูกนั้น การสร้างของกระดูกต้องใช้ระยะเวลานานกว่า 2-3 เท่า เพื่อที่จะสร้างเนื้อทดแทนได้ในปริมาณเท่าเดิม ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุที่ว่าหากมีการสลายของกระดูกที่เพิ่มขึ้นจะทำให้กระดูกเกิดความพรุนมากขึ้น (ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550) จากผลการทดการลองนี้ซึ่งพบว่าการเดินออกกำลังกายช่วยลดการสลายของกระดูก และทำให้การสร้างของกระดูกลดลงเล็กน้อยด้วย ทั้งนี้เป็นเพราะกลไกควบคู่ของการสร้างและการสลายของกระดูกที่เกิดขึ้น คือเมื่อเซลล์สลายกระดูกทำงานลดลง ส่งผลทำให้เซลล์สร้างกระดูกทำงานลดลงตามไปด้วย แต่เมื่อดูอัตราส่วนที่

ลดลงจะพบว่าการสร้างของกระดูกลดลงเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นเพราะการเดินออกกำลังกายนั้นถือว่าเป็นกิจกรรมที่มีแรงกดต่อกระดูก (weight bearing exercise) การเดินเร็วจะทำให้เกิดแรงปฏิกริยาระหว่างพื้นและตัวบุคคลเพิ่มขึ้นประมาณ 1.6 เท่าของน้ำหนักตัว แรงปฏิกริยาที่เกิดขึ้นจะส่งต่อไปยังกระดูก และข้อต่อบริเวณข้อเท้า ข้อเข่า ข้อสะโพก และกระดูกสันหลัง (Nordin et al., 2001; Rose et al.,1994) โดยสนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด (2551) ได้กล่าวว่า การใช้แรงเชิงกลที่พอดีหรือมากกว่าระดับที่สามารถกระตุ้นให้มีการสร้างกระดูกขึ้นใหม่ได้ และมีการกระทำซ้ำๆทำให้มีการเพิ่มขึ้นของเซลล์สร้างกระดูก และโปรตีนในบริเวณที่ได้รับแรงเชิงกล เป็นผลทำให้กระดูกมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นแล้วสมาคมวิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาของประเทศสหรัฐอเมริกา (ACSM, 2008) ยังให้เหตุผลเพิ่มเติมว่า กิจกรรมที่มีแรงกดต่อกระดูกจะกระตุ้นให้เซลล์สร้างกระดูก (osteoblast) ทำงานมากขึ้น และการทำงานของเซลล์สลายกระดูก (osteoclast) จะคงที่หรือลดลงเล็กน้อย เป็นผลทำให้เพิ่มความแข็งแรง และความหนาแน่นของกระดูก โดยกลไกการตอบสนองต่อแรงที่มากระทำต่อกระดูกนั้นเกิดภายในเซลล์กระดูกซึ่งจะมีของเหลวเป็นตัวตรวจพบว่ามีแรงจากทิศทางใด ทำให้เซลล์ออสทีโอไซต์สามารถรับรู้ได้ว่ามีแรงกระทำจากทิศทางไหน และตอบสนองต่อทิศทางเหล่านั้นได้ และส่งต่อไปจนถึงเซลล์สร้างกระดูกทำให้กระตุ้นกลไกการสร้างของกระดูก (ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550) การดูว่าค่าการสร้างของกระดูกดีเพียงใดจำเป็นต้องตรวจทั้งค่าการสลายกระดูก (β-crossLaps) และการสร้างกระดูก (P1NP) เพื่อดูว่าค่าการสร้างกระดูกหลังการรักษาสูงกว่าค่าก่อนการรักษาเพียงใด ในกรณีนี้จำเป็นต้องปรับให้ค่าการสลายกระดูกให้อยู่ในระดับเดียวกัน จึงจะดูความแตกต่างของค่าการสร้างกระดูกก่อนและหลังการได้รับการรักษาได้ วิธีการ คือต้องนำค่าการสร้างและการสลายกระดูกก่อนการรักษา เทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2552) จากผลการทดลองครั้งนี้เมื่อนำไปเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก พบว่าค่าการสร้างของกระดูกหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง (ภาคผนวก ต) แต่ด้วยระยะเวลาในการทดลอง 3 เดือน อาจไม่เพียงพอที่จะทำให้การสร้างของกระดูกเกิดขึ้นอย่างชัดเจนเนื่องจากวงจรการสร้างของกระดูกใช้เวลานานกว่าการสลายของกระดูก โดยทวี ทรงพัฒนศิลป์ (2550; 2552)ได้กล่าวไว้ว่ากลไกในการหมุนเวียนกระดูก และการเกิดกระดูกใหม่เพื่อทดแทนกระดูกเก่า เรียกวงจรนี้ว่า “วงจรการปรับแต่งกระดูก” (bone remodeling cycle) แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่ระยะที่ 1-4 เป็นเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการปรับแต่งกระดูกอย่างสมบูรณ์ จะเรียกว่า “ระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูก” (remodeling period) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น “ระยะเวลาในการสลายกระดูก” (resorption period / erosion period) และ “ระยะเวลาในการสร้างกระดูก” (formation period) ในกระดูกเนื้อแน่น (cortical bone) ระยะเวลาในการสลายจะกินเวลาประมาณ 30 วัน ซึ่งในช่วงเวลานี้ จะเกิดอุโมงค์ขนาดเล็กที่ถูกสลายโดยออสทีโอคลาสท์ (osteoclast) หลังจากนั้นจะมีระยะเปลี่ยนกลับเป็นตรงกันข้าม (reversal

stage) ซึ่งกินเวลาสั้นๆแค่ 5 วัน ระยะเวลาในการสร้างกระดูก ก็เริ่มต้นขึ้นและจะกินเวลาทั้งสิ้น 90 วัน รวมแล้วระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูกสำหรับกระดูกเนื้อแน่นจะใช้เวลาประมาณ 100 วัน สำหรับกระดูกเนื้อพรุน (trabecular bone) จะใช้เวลานานกว่าโดย ระยะเวลาในการสลาย จะกินเวลาประมาณ 45 วัน มีระยะเปลี่ยนกลับเป็นตรงกันข้าม (reversal stage) ประมาณ 7 วัน แล ระยะเวลาในการสร้างกระดูก จะกินเวลา 145 วัน รวมแล้วระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูกในกระดูกเนื้อพรุน จะใช้เวลาทั้งสิ้น 200 วัน เวลาต่างๆนี้ล้วนเป็นค่าประมาณโดยเฉลี่ยทั้งสิ้น เพราะกระดูกแต่ละอันจะใช้เวลาไม่เท่ากันในการปรับแต่งกระดูก โดยทั่วไปแล้ว ระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูกหรืออาจเรียกว่า “life span” ของหน่วยการปรับแต่งกระดูก (bone remodeling unit) จะอยู่ที่ประมาณ 3-9 เดือน

ผลที่ได้จากการทดลองนี้เมื่อนำไปเทียบกับการใช้ฮอร์โมนทดแทนซึ่งมีการรายงานว่าการรักษาด้วยวิธีดังกล่าวทำให้อัตราการสร้างและการสลายของกระดูกลดลง โดยสามารถลดการสลายของกระดูกได้ 40-60% (Eastell et al., 2001) การรักษาโดยการใช้ฮอร์โมนทดแทน หรือยานั้นถึงแม้จะมีแนวโน้มว่าได้ผลดีกว่า แต่อาจส่งผลข้างเคียง และเสียค่าใช่จ่ายสูง การเลือกวิธีการออกกำลังกายเพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันโรคกระดูกพรุนนั้น ไม่ได้ส่งผลดีต่อกระดูกเพียงอย่างเดียว แต่ยังส่งผลทำให้มีสมรรถภาพทางกายในด้านอื่นดีขึ้นอีกด้วย

2. ค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่าความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพักในกลุ่มทดลองที่เดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กลุ่มที่ 1 NBEW และกลุ่มที่ 2 HBEW) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และในกลุ่มควบคุมพบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดี สอดคล้องกับการศึกษาของนันทพร ภาษิต (2551) ได้ศึกษาผลของการเดินแบบปกติและการเดินแบบทิศทางที่มีผลต่อสุขสมรรถนะในสตรีวัยทำงาน อายุระหว่าง 30-45 ปี พบว่าการเดินออกกำลังกายทำให้ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เป็นเพราะว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ทำให้ความยืดหยุ่นของหลอดเลือดดีขึ้น ความต้านทานของหลอดเลือดส่วนปลายลดลง (เสก อักษรานุเคราะห์, 2534) การลดลงของแรงต้านของหลอดเลือดทำให้ความดันโลหิตขณะพักลดลง (Swain and Leutholtz, 2007) ขณะออกกำลังกายจะพบว่าค่าความดันโลหิตจะเพิ่มขึ้น เป็นการช่วยเร่งให้เลือดไหลผ่านกล้ามเนื้อและผิวหนังมากขึ้น ถ้ามีการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง จะช่วยลดระดับความดันโลหิต เนื่องจากการทำงานของระบบซิมพาเทติกลดลง เป็นผลทำให้ความต้านทานรอบนอกลดลง เนื่องจากลดการหดตัวของหลอดเลือดจากผลของระบบซิมพาเทติก (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และดรุณวรรณ จักรพันธุ์, 2544; McArdle et al., 2000)

3. สุขสมรรถนะ

มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำภายในทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE) พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การที่กล้ามเนื้อที่มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นเป็นผลมาจากการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อซึ่งเป็นกระบวน การตอบสนองต่อการกระตุ้นเพราะร่างกายจะเกิดการเรียนรู้ และปรับสภาพให้สอดคล้องกับกิจกรรมที่หนักมากขึ้น (สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด, 2551)

การเปลี่ยนแปลงของไขมันจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ภายในกลุ่มที่ 1 NBEW กลุ่มที่ 2 HBEW และกลุ่มที่ 4 HBE พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ในกลุ่มที่ 3 NBE พบว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อทำการเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับคริสโตเฟอร์สัน (Christopherson, 1994) ได้ทำการศึกษาเรื่องผลของการเพิ่มน้ำหนักตัว 6 กิโลกรัมขณะออกกำลังกาย ต่อสมรรถภาพทางกาย องค์ประกอบทางกาย และไขมันในเลือด ในหญิงวัยกลางคน ผลพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในด้านองค์ประกอบของร่างกายของกลุ่มทดลองที่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และกลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ซึ่งในการออกกำลังกายหนักระดับปานกลางนั้น ร่างกายใช้พลังงานจากทั้ง คาร์โบไฮเดรต และไขมันในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งในชั่วโมงแรกครึ่งหนึ่งของพลังงานที่ใช้เกิดจากการเผาผลาญไขมัน (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536) ทั้งนี้แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ไขมันในการวิจัยครั้งนี้ก็เช่นกัน เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ พบว่าทุกกลุ่มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่น เดียวกันกับผลการเปลี่ยนแปลงของไขมันในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริพร ศิริกาญจนโกวิท (2549) ได้ศึกษาผลของการเดินแบบหนักสลับเบาและแบบต่อเนื่องที่มีต่อสุขสมรรถนะของหญิงสูงอายุ พบว่าการเดินแบบต่อเนื่อง และหนักสลับเบาส่งผลทำให้มีเปอร์เซ็นต์ไขมันลดลง แต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ

การเปลี่ยนแปลงของความอ่อนตัว จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำภายในทุกกลุ่ม พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม แสดงให้เห็นว่าการเดินออกกำลังกายทั้งแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักช่วยพัฒนาความอ่อนตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ประกอบไปด้วยการเดินช้าเพื่อให้ร่างกายปรับตัว ก่อนที่จะเริ่มเดินเร็ว และหลังจากออกกำลังกายครบ 30 นาที ก็ทำการผ่อนคลายร่างกายด้วยการเดินช้าๆต่อ การอบอุ่นร่างกายจะทำให้กล้ามเนื้อมีความยืดหยุ่นมากขึ้น และการออกกำลังกายอยู่เป็นประจำอย่างต่อเนื่องจะทำให้สามารถคงสภาพความอ่อนตัวที่มีอยู่ และอาจเพิ่มความอ่อนได้มากขึ้นด้วย (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536)

การเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ เมื่อพิจารณาความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ภายในทุกกลุ่ม พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ พบว่า ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของทุกกลุ่ม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับผลการวิจัยของนงพะงา ศิวานุวัฒน์ (2549) ได้ทำการศึกษาผลของการเดินแบบสะสม และแบบต่อเนื่องที่มีต่อสมรรถภาพทางกายเกี่ยวกับสุขภาพของหญิงวัยทำงาน พบว่ากลุ่มทดลองที่เดินแบบสะสม และเดินแบบต่อเนื่องมีความแข็งแรงอดทนของขาเพิ่มขึ้น ซึ่งผลในการวิจัยครั้งนี้มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากกล้ามเนื้อบริเวณที่ใช้งานมีขนาดเพิ่มขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อมีการเผาผลาญพลังงานเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีความทนทานต่อการสะสมของกรดแลคติกได้มากขึ้นด้วย (McArdle, 2000) ผลของการฝึกทำให้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อสลายได้มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากไมโทคอนเดรียในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นทั้งจำนวนและขนาด และมีการเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับวงจรการสร้างพลังงานแบบใช้ออกซิเจน (Kreb's cycle) นอกจากนั้นยังพบอีกว่าหลังการฝึกจะทำให้กล้ามเนื้อมีการเก็บไกลโคเจนเพิ่มขึ้นด้วย (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536) นอกจากนี้แล้ว สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด (2551) ยังกล่าวว่าการเพิ่มความอดทนของกล้ามเนื้อส่งผลให้มีการลดขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว แล้วเพิ่มคุณสมบัติเหมือนชนิดหดตัวช้า คือกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วเปลี่ยนคุณสมบัติเป็นชนิดหดตัวช้า เพราะเส้นใยชนิดหดตัวช้ามีความสามารถในการทำงานแบบใช้ออกซิเจนได้ดีกว่า และเจริญ กระบวนรัตน์ (2544: อ้างถึงใน นงพะงา ศิวานุวัฒน์, 2548) ได้กล่าวสรุปว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์กัน คือ ความอดทนของกล้ามเนื้อจะเปลี่ยนไปตามความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ถ้าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นความอดทนของกล้ามเนื้อก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าความหนักของเพิ่มน้ำหนักต่ำเกินกว่าที่จะส่งผลกระตุ้นให้เกิดความแข็งแรงที่มากกว่าได้ ซึ่งเครนโทรและคณะ (Klentrou et al., 2007)ได้ให้เหตุผลว่านอกจากการใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนักแล้วนั้นปัจจัยอื่นๆ เช่น ความถี่ ปริมาณความหนัก และรูปแบบของกิจกรรม ปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อความแข็งแรงด้วย โดยเครนโทร และคณะได้ใช้ความหนักของเสื้อที่ 15 %ของน้ำหนักตัว และใช้รูปแบบการออกกำลังกายที่หลากหลาย และทำการออกกำลังกาย 1 วันต่อสัปดาห์ผลที่ได้พบว่ามีเพียงความแข็งแรงของข้อเท้าในท่างุ้มปลายเท้า (plantar flexion 60°/s) ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสรุปได้ว่าการเดินออกกำลังกายเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อขาอย่างต่อเนื่องดังนั้นกล้ามเนื้อในส่วนดัง กล่าวจึงมีการปรับตัวเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการทำงานที่มากกว่าการทำกิจกรรมในระดับปกติ และการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำภายในทุก พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อทำการ

เปรียบเทียบเป็นรายคู่ พบว่า ค่าเฉลี่ยก่อนทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของทุกกลุ่ม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยโรส และคณะ (Rose et al., 1994) กล่าวว่าการเคลื่อนที่ในรูปแบบการเดินจะเกิดแรงปฏิกริยากับพื้น ซึ่งแรงส่วนนี้จะส่งผ่านจากร่างกายส่วนล่างไปยังลำตัว และแขน และเพื่อเป็นการส่งผ่านแรงทำให้ร่างกายสามารถเคลื่อนที่ไปด้านหน้าได้ โดยจะเห็นได้ว่าการเดินช้าจะมีการแกว่งแขนเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าเดินในความเร็วที่เพิ่มขึ้นแขนจะมีการทำงานมากขึ้น คือจะแกว่งแขนเร็วและมากขึ้น จึงเป็นเหตุผลทำให้การเดินออกกำลังกายมีการใช้กล้ามเนื้อแขนที่มากขึ้นส่งผลให้แขนมีความแข็งแรงขึ้นด้วย

การเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ภายในทุกกลุ่ม พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ พบว่า ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของทุกกลุ่ม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้ผู้วิจัยใช้ความหนัก 65-75% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ซึ่งเป็นระดับที่ส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถภาพการไหลเวียนของโลหิตได้ (McArdle, 2000) การเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากร่างกายมีการปรับปรุงในส่วนการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต คือ กล้ามเนื้อหัวใจมีขนาดหนาขึ้น การทำงานของหัวใจที่มีประสิทธิภาพ สามารถยืด-หดตัวได้มากขึ้น ทำให้ปริมาณเลือดที่หัวใจบีบออกแต่ละครั้ง (stroke volume) เพิ่มขึ้น(ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และดรุณวรรณ จักรพันธุ์, 2544) ซึ่งทำให้มีปริมาณออกซิเจนที่กล้ามเนื้อจะได้รับเพิ่มขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อสามารถนำออกซิเจนไปใช้ได้มากขึ้นด้วย (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536) การพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดนั้นขึ้นอยู่กับระดับการฝึกของแต่ละบุคคล และพบว่าสามารถพัฒนาเพิ่มขึ้น 6-20 % และในบางรายอาจพบว่าสามารถเพิ่มขึ้นได้ถึง 50% (McArdle, 2000) แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลอง (กลุ่มที่ 1 NBEW และกลุ่มที่ 2 HBEW) และกลุ่มควบคุม (กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE) หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มทดลองมีเปลี่ยนแปลงที่ดีกว่า คือกลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเร็วกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักทำให้สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นได้เร็วกว่ากลุ่มควบคุมที่เดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก สอดคล้องกับ ฟรานซิส และคณะ (Francis et al., 1986) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเดินและวิ่งโดยถือน้ำหนักในมือ พบว่าการถือน้ำหนักในมือทำให้มีการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการไม่ถือน้ำหนักในขณะออกกำลังกาย และสอดคล้องกับคริสโตเฟอร์สัน (Christopherson, 1994) ได้ทำการวิจัยการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก 6 กก. พบว่าสมรรถภาพทางกายของกลุ่มที่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักพัฒนาดีขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม และเมื่อเปรียบเทียบหลังการทดลอง 12 สัปดาห์พบว่า ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในกลุ่มทดลองร่างกายเริ่มปรับตัวกับน้ำหนักของเสื้อที่เพิ่มขึ้นได้ ร่างกายจึงมีการเปลี่ยนแปลงได้ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

1. การเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ช่วยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระดูก และสุขสมรรถนะดีขึ้น นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักช่วยทำให้สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเปลี่ยนแปลงได้เร็วกว่าการเดินแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก

2. การเดินออกกำลังกายในกลุ่มผู้หญิงที่มีการสลายของกระดูกสูงช่วยลดการสลายของกระดูกได้ดีกว่ากลุ่มผู้หญิงที่มีการสลายของกระดูกปกติ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษารูปแบบการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก โดยใช้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้กระบวนการเปลี่ยนแปลงของกระดูกเกิดขึ้นอย่างชัดเจน

2. เพื่อขยายผลให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงการสร้างและการสลายของกระดูกให้ครบวงจร ควรเพิ่มระยะเวลาการศึกษาเป็น 6 เดือน

3. ควรศึกษาการใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนักในรูปแบบการออกกำลังกายชนิดอื่นๆ เช่น การฝึกกระโดดขณะใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และการฝึกแบบการสั่นขณะใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. **คู่มือการออกกำลังกายสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2543.

กอบจิตต ลิมปพะยอม. **วัยหมดระดู.** กรุงเทพฯ: เรือนแกวการพิมพ, 2543.

กัลยา วานิชย์บัญชา. **การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวด้วย SPSS for Windows**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

กัลยา วานิชย์บัญชา. **การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: ธรรมสาร, 2546.

การกีฬาแห่งประเทศไทย. **การศึกษาสมรรถภาพทางกายของประชาชนไทยโดยการทดสอบอย่างง่าย**. กรุงเทพฯ: นิวไทยมิตรภาพการพิมพ์ (1996), 2546.

จันทร์เต็ม เก่งสกุล. **โรคกระดูกพรุนและการตรวจวัดความหนาแน่น.** [ออนไลน์]. 2547. แหล่งที่มา: http://www.vichaiyut.com/jul/27_01-2547/27_01-2547_p31-33.pdf [2552, 8 สิงหาคม]

จุไรพร สมบุญวงค์ และคณะ. **สรีรวิทยาพื้นฐาน เล่มที่ 3**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ฉกาจ ผ่องอักษร. สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย และผลต่อสุขภาพของกระดูก Physiology of exercise and bone health effects. ใน ณรงค บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2009**, 1-36. พิมพครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท เมดิคัส, 2552.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์. **สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ธรรกมลการพิมพ์, 2536.

ณรงค บุณยะรัตเวช. Bone markers. ใน ณรงค บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2007**, 37-50. พิมพครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท เมดิคัส, 2550.

ณรงค บุณยะรัตเวช. Clinical application of bone markers. ใน ณรงค บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2008**, 80-98. พิมพครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท เมดิคัส, 2551.

ณรงค บุณยะรัตเวช. Tutorial bone markers. ใน ณรงค บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2009**, 48-58. พิมพครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท เมดิคัส, 2552.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และกุลธิดา เชิงสะอาด. **ปทานานุกรมศัพท์กีฬา พลศึกษา และวิทยาศาสตร์การกีฬา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และดรุณวรรณ จักรพันธุ์. **เวชศาสตร์การกีฬา1**. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 3902301 สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ทวี ทรงพัฒนาศิลป์. Bone remodeling: An update. ใน ณรงค บุณยะรัตเวช และทวี ทรงพัฒนาศิลป์ (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2005**, 1-46. พิมพครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท เมดิคัส, 2549.

ทวี ทรงพัฒนาศิลป. Progress in bone biology: The reviews and new insights. ใน ณรงค บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2007**, 1-35. พิมพครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท เมดิคัส, 2550.

ทวี ทรงพัฒนาศิลป์. Research updates in osteoporosis: From discovery to clinic. ใน ณรงค บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2009**, 59-91. พิมพครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท เมดิคัส, 2552.

ทิพยเนตร อริยปิติพัทธ์ และสุพรรณ สุขอรุณ. **สหเวชจุฬาฯเพื่อประชาชน เล่มที่ 2**. กรุงเทพฯ: ฝ่ายเอกสารและตำรา คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2548.

ธวัช ประสาทฤทธา. **รอบรู้เรื่องกระดูกพรุน**. กรุงเทพฯ: เรือนปัญญา, 2549.

นงพะงา ศิวานุวัฒน์. **การเปรียบเทียบผลของการเดินแบบสะสมและแบบต่อเนื่องที่มีต่อสมรรถภาพทางกายเกี่ยวกับสุขภาพของหญิงวัยทำงาน**. วิทยานิพนธปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

นันทพร ภาษิต. **การเปรียบเทียบผลของการฝึกการเดินแบบปกติและการเดินแบบทิศทางที่มีผลต่อสุขสมรรถนะในสตรีวัยทำงาน**. วิทยานิพนธปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

นิตยา ศรีสังวาลย์. **70คำถามสำหรับคนวัยทอง**. กรุงเทพฯ: สนพ.สุภาพใจ, 2543.

นิมิต เตชไกรชนะ. ฮอรโมนทดแทนและโรคกระดูกพรุน. ใน นิมิต เตชไกรชนะ (บรรณาธิการ), **ฮอรโมนทดแทนในวัยหมดระดู**. กรุงเทพฯ : บียอนด เอ็นเทอรไพรช, 2543.

บุญสง องคพิพัฒนกุล. การหาอัตราการลดลงของความหนาแนนของกระดูกในสตรีไทยหลังวัยหมดประจำเดือนและปจจัยที่เกี่ยวของ. ใน รัชตะ รัชตะนาวิน และคณะ, **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์: โครงการวิจัยเรื่อง การปองกันและรักษาโรคกระดูกพรุนในคนไทย**, 28-29 คณะแพทยศาสตร โรงพยาบาลรามาธิบดี, มหาวิทยาลัยมหิดล. 2544.

บุญสง องคพิพัฒนกุล. วิธีการปองกันการลดลงของความหนาแนนของกระดูกในสตรีไทยวัยหมดประจำเดือนระยะตน. ใน รัชตะ รัชตะนาวิน และคณะ, **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ: โครงการวิจัยเรื่อง การปองกันและรักษาโรคกระดูกพรุนในคนไทย, 24-25**. คณะแพทยศาสตร โรงพยาบาลรามาธิบดี, มหาวิทยาลัยมหิดล. 2544.

บุปผา อินตะแกว. **ตัวกำหนดความเชื่อดานสุขภาพและพฤติกรรมปองกันโรคกระดูกพรุนของสตรีวัยหมดประจำเดือน**. วิทยานิพนธปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาการพยาบาลสตรีบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม, 2544.

ประเสริฐ อัสสันตชัย. ภาวะกระดูกพรุนในผู้สูงอายุ. ใน สุทธิชัย จิตะพันธ์กุล(บรรณาธิการ), **การประชุมวิชาการประจำปี พ.ศ. 2544 "Prevention and Remedies of Disability" วันที่ 28-30 พฤศจิกายน 2544**, 47-59. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

พงศศักดิ์ ยุกตะนันทน. **Bone Care Kit กระดูก 206 ชิ้นที่ควรใสใจ**. พิมพครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: 1759 ดับเบิลเอ ปริ้น เอ็กซเพรส, 2550.

พวงเพ็ญ ชุณหปราณ. **เอกสารคำสอน: รายวิชา 867601 การพยาบาลในผู้ใหญ่ 4 (4-0-12)**. คณะพยาบาลศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

ภนารี พานเพียรศิลป์. **สรีวิทยาการออกกำลังกาย.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2541.

รัชตะ รัชตะนาวิน. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์: โครงการวิจัยเรื่อง การป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนในคนไทย**. คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี, มหาวิทยาลัยมหิดล, 2544.

วารุณี วรศักดิ์เสนีย์. **เดินที่มีต่อระบบไหลเวียนโลหิตและสารชีวเคมีในโลหิตของหญิงสูงอายุ**. วิทยานิพนธปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

วิจักขณา เรียบเรียง. **เดินเพื่อสุขภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี: หนังสือสายน้ำ, 2544.

วิไล คุปต์นิรัติศัยกุล. โรคกระดูกพรุน: ภัยเงียบของสุขภาพ. ใน มณีรัตน ไชยานนท์ และธีรพงษ์ ตัณฑวิเชียร(บรรณาธการ), **เวชศาสตร์ร่วมสมัย: วิชาการแพทย์ก้าวหน้า ประสานใจพัฒนาคุณภาพชีวิตไทย**, 217-225. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: พี.เอ.ลีฟวิ่ง, 2552.

วิสุทธิ์ สุวิทยะศิริ และโอกาส ไทยพิสุทธิกุล. ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกายกับความหนาแน่นของมวลกระดูกในสตรีวัยหมดระดู. **วชิรเวชสาร** 46, 3 (2545)

ศศิภา จินาจิ้น. **ผลของการที่มีต่อสุขสมรรถนะของกลุ่มวัยทำงานที่มีภาวะน้ำหนักเกิน**. วิทยานิพนธปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

ศิริพร ศิริกาญจนโกวิท. **การศึกษาเปรียบเทียบผลของการเดินแบบหนักสลับเบาและแบบต่อเนื่องที่มีต่อสุขสมรรถนะของหญิงสูงอายุ**. วิทยานิพนธปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด. **การฝึกด้วยน้ำหนัก: การประยุกต์กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาสู่เทคนิคปฏิบัติ**. กรุงเทพฯ: วี.พริ้น (1991), 2551.

สมชาย เอื้อรัตนวงศ. **โรคกระดูกพรุนในโรคขอ (Osteoporosis in Rheumatic Diseases)**. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ, 2544.

สุคนธ ไขแกว. สตรีวัยหมดประจำเดือน: การดูแลตนเองเพื่อปองกันโรคกระดูกพรุน. **วารสารพยาบาลศาสตร์** 15, 1 (2540)

สำนักวิชาการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. **แนวทางเวชปฏิบัติเรื่อง โรคกระดูกพรุน**. ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2548.

เสก อักษรานุเคราะห์. **การออกกำลังกายสำหรับคนวัยเสื่อม**. กรุงเทพฯ; โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

เสก อักษรานุเคราะห์. โรคกระดูกบาง กระดูกทรุด (Oteoporosis). ใน เสก อักษรานุเคราะห์ (บรรณาธิการ), **ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู**. เล่มที่ 2, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: เทคนิค, 2539.

เสก อักษรานุเคราะห. **โรคกระดูกโปรงบาง กระดูกพรุน กระดูกทรุด**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เอ็ม เอส ดี, 2543.

แสงจันทร์ ทองมาก. สุขภาพวัยผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ. ใน คณาจารย์สถาบันพระบรมราชชนก. **การพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ เล่มที่ 1**. พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี: ยุทธรินทร์ การพิมพ์ จำกัด, 2541.

หะทัย เทพพิสัย และอุรุษา เทพพิสัย. สตรีวัยหมดประจำเดือน. เชียงใหม, 2541. (**เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง Menopause**: Health promoting clinic ณ โรงแรมโลตัสปางสวนแกว).

อารีรัตน สังวรวงษพนา. **โรคกระดูกโปรงบางกับวัยทอง**. ภาควิชาสุขภาพจิตและการพยาบาลจิตเวช คณะพยาบาลศาสตร มหาวิทยาลัยบูรพา, 2540.

อุดม วิศฎสนทร และรัตนวดี ณ นคร. **โรคกระดูกพรุน-ปวดหลัง**. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์, 2543.

อุรุษา เทพพิสัย, มยุรี จิรภิญโญ, อภิชาติ จิตต์เจริญ และจิตติมา มโนทัย. **ความก้าวหน้าของการรักษาชาย-หญิงวัยทอง**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ข้าวฝ่าง, 2546.

อุรุษา เทพพิสัย, มยุรี จิรภิญโญ, อภิชาติ จิตต์เจริญ และจิตติมา มโนทัย. **สุขภาพองค์รวมในชาย-หญิงวัยทอง**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ข้าวฝ่าง, 2547.

เอื้อมพร สกุลแก้ว. **กระดูกพรุน**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ใกล้หมอ, 2549.

ภาษาอังกฤษ

American Collage of Sports Medicine. **ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription**. 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2006.

American Collage of Sports Medicine. **ACSM's Health-Related Physical Fitness Assessment Manual**. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2006.

American Collage of Sports Medicine. **ACSM's Resource manual for guidelines for exercise testing and prescription**. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2008.

Back, R. B., Shaw, J., and Snow, C. M. Physical activity and osteoporosis. In R. Marcus; D. Feldman; and J. Kelsy (eds.), **Osteoporosis**, pp. 701-720. San Diego: Academic Press, 2001.

Barough, N. **Walking for fitness**. London: Dorling Kindersley Ltd, 2003.

Barrett-Connor, E., Channg, J. C., and Edelstein, S. L. Coffee-associated osteoporosis offset by daily milk consumption. **Journal of American Medical Association** 26 (1994): 280-283.

Bass, S. L., Nowson, C., and Daly, R. M. Reducing the risk of osteoporosis: the role of exercise and diet. In M. E. Morris; and A. MM. Schoo (eds.), **Optimizing exercise and physical activity in older people**, pp. 99-186. Chaina: BUTTERWORTH-HEINEMANN, 2004.

Buckwalter, J. A., Einhorn, T. A., Simon, S. R. **Orthopaedic basic science: Biology and biomechanicsof the musculoskeletal system**. 2nd ed. American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2000.

Christiansen, C. Consensus development conference: prophylaxis and treatment of osteoporosis. **The American Journal of Medicine** 90 (1991): 107-110.

Christopherson, D. J. **The effect of a 6 kg. weight load on functional capacity body composition and the lipid profile in middle-aged women**. Doctoral Dissertation, University of Michigan, 1994.

Connelly, D. M., and Vandervoort, A. A. Improvement in knee extensor strength of institutionalized elderly women after exercise with ankle weights. **Physiotherapy Canada** 47, 1(1995): 15-23.

Cullen, D. M., Iwaniec, U. T., and Barger-Lux, M. J. Skeletal response to exercise and training. In W. E. Garrett, JR; and D. T. Kirkendall (eds.), **Exercise and sport science**, pp. 227-237. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2000.

Eastell, R., Baumann, M., Hoyle, N. R., and Wieczorek, L. **Bone markers: Biochemical and clinicalperspectives**. London: Martin Dunitz, 2001.

Evans, R. K., Antczak, A. J., Lester, M., Yanovich, R., Israeli, E., and Moran, D. S. Effect of a 4-monthrecruit training program on markers of bone metabolism. **Medicine and Science in Sport and Exercise** 40, 11 (2008): 660-670.

Finn, S. C. Good news for women: nutrition may hold the key to a healthier life. **Journal of Women's Health** 6 (1997): 659-660.

Francis, K. and Hoobler, T. Changes in oxygen consumption associated with treadmill walking and running with light hand-carried weights. **Ergonomics** 29, 8 (1986): 999-1004.

Froelicher, V. F., Myers, J. **Manual of exercise testing**. 3rd ed. Philadelphia: Mosby, 2007.

Greendale, G. A., Salem, G. J., Young, J. T., Mark, D., Michael, M., Wang, M. Y., and Reuben, D. B. A randomized trail of weighted vest use in ambulatory older adult: strength, performance, and quality of life outcome. **The American Geriatrics Society** 48 (2000): 305-311.

Guilliams, T. G. **Osteoporosis: protecting and strengthening bones naturally**. [Online]. 2009. Available from: http://www.clarysageorganics.com/article_osteoperosis.html [2009, 27 July]

Hatori, M., Hasegawa, A., Adachi, H., Shinozaki, A., Hayashi, R., Okano, H., Mizunuma, H., and Murata, K. The effects of walking at the anaerobic threshold level on vertebral bone loss in postmenopausal women. **Calcified Tissue International** 52 (1993): 411- 414.

Holmes, S. Osteoporosis: The hidden illness. **Nursing Times** 94, 1 (1998): 20-23.

Klentrou, P., Slack, J., Roy, B., and Ladpuceur, M. Effects of exercise training with weighted vests on bone turnover and isokinetic strength in postmenopause women. **Journal of Aging and Physical Activity** 15, 3 (2007): 287-299.

Knobf, M. T., Insogna, K., Dipietro, L., Fennie, K., and Thomson, A. S. An aerobic weight-loaded pilot exrecise intervention for breast cancer survivors: bone remodeling and body composition outcomes. **Biological Research for Nursing** 10, 1 (2008): 34-43.

Kohrt, W. M., Bloomflield, S. A., Little, K. D., Nelson, M. E., and Yingling, V. R. Physical activity and bone health. **Medicine and Science in Sport and Exercise** 36, 11 (2004): 1985-1996.

Kohrt , W. M., Ehsan, A., and Birge, JR. S. J. Effect of exercise involving predominantly either joint-reaction or ground-reaction force on bone mineral density in older women. **Journal of Bone and Mineral Research** 12, 8 (1997): 1253-1261.

Lappe, J. M. Bone fragility: Assessment of risk and strategies for prevention**. Journal of Obstetric Gynecology and Neonatal Nursing** 23 (1993): 260-268.

Mandelbaum, B. R., Teurlings, L., and Buckwalter, J. A. Bone adaptation to exercise in the basic science of sports medicine. In W. E. Garrett, JR.; K. P. Speer; and D. T. Kirkendall (eds.), **Principle and practice of orthopaedic sports medicine**, pp. 75-85. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2000.

Maughan, R. J., and Shirreffs, S. M. **Biochemistry of exercise IX**. Illinois: Human Kinetics Publishers, 1996.

McArdle, W. D., Katch, F. I., and Katch, V. L. **Essentials of exercise physiology**. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2000.

Milliken, L. A., and et al. Effect of exercise training on bone remodeling, insulin-like growth factors and bone mineral density in postmenopausal women with and without hormone replacement therapy. **Calcified Tissue International** 72 (2003): 478-484.

Nordin, M., and Frankel, V. H. **Basic biomechanics of the musculoskeletal system**. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2001.

Peak performance newsletter. **Weight training vests, ankle weights**. [Online]. 2008. Available from: http://www.pponline.co.uk/encyc/0001.htm [2009, 29 May]

Phoosuwan, M., Kritpet, T., and Yuktanandana, P. The effect of weight bearing yoga training on the bone resorption markers of the postmenopausal women. **Journal of the Medical Association of Thailand** 92, 5 (2009): 102-107.

Powers, S. K., and Howley, E. T. **Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance**. 4th ed. New York: The McGraw-Hill Companies, 2001.

Robergs, R. A., and Keteyian, S. J. **Fundamentals of exercise physiology: For fitness, performance, and health**. 2nd ed. New York: The McGraw-Hill Companies, 2003.

Robergs, R. A., and Roberts, S. O. **Exercise physiology: Exercise, performance, and clinical applications**. Missouri: Mosby-Year Book, 1997.

Rose, J., and Gamble, J. G. **Human walking**. 2nd ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1994.

Rose, L., and Rose, M. **Osteoporosis: The silent epidemic**, Sydney: Allen and Unwin, 1994.

Shaw, J. M., and Snow, C. M. Weighted vest exercise improves indices of fall risk in older women. **Journal of Gerontology: Medical Science** 53, 1(1998): 53-58.

Snow, C. M., and Shaw, J. M., Winters, K. M., and Witzke, K. A. Long-term exercise using weighted vests prevents hip bone loss in postmenopausal women. **Journal of Gerontology: Medical Science** 55, 9 (2000): 489-491.

Speroff, L., Glass, R. H., and Kase, N. G. **Menopause and postmenopausal therapy** (1994): 583-649.

Swain, D. P., and Leutholtz, B. C. **Exercise prescription: A case study approach to the ACSM Guidelines**. 2nd ed. Illinois: Human Kinetics, 2007.

Thorsen, A., Kristoffersson, A., and Lorentzon, R. The effect of brisk walking on markers of bone and calcium metabolism in postmenopausal women. **Calcified Tissue International** 58 (1996): 221-225.

Tosun, A., Bölükbası, N., Çıngı, E., Beyazova, M., and Ünlü, M. Acute effects of a single session of aerobic exercise with or without weight-lifting on bone turnover in healthy young women. **Modern Rheumatology** 16 (2006): 300-304.

Wikipedia. **Weighted clothing, Ankle weights**. [Online]. 2009. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Weighted_clothing#Ankle_weights [2009, 30 June]

William, C., and Shiel, Jr. **Osteoporosis**. [Online]. 2009. Available from: http://www.medicinenet.com/osteoporosis/article.htm [2009, 30 July]

Winter, E. M., Jones, A. M., Davison, R.C. R., Bromley, P. D., and Mercer, T. H. **Sport and exercise physiology testing guidelines.** 1st ed. Oxon: Routledge, 2007.

World Health Oganization. Research on the menopause in the 1990s. **Technical Report Series 866**. Geneva: Author, 1996.

Yamasaki, S., Ichimura, S., Iwamoto, J., Takeda, T., and Toyama, Y. Effect of walking exercise on bone metabolism in postmenopausal women with osteopenia/osteoporosis. **Journal of Bone and Mineral Metabolism** 22 (2004): 500-508.

Yanker, G., and Burton, K. **Walking medicine: the lifetime guide to preventive and rehabilitative exercisewalking programs**. San Francisco: McGRAW-HILL PUBLISHING COMPANY, 1990.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ใบรับรองโครงการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

COA No. 124/2552

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 092.1/ 52 : การเปรียบเทียบระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ต่อการสลายของกระดูกและสุขสมรรถนะในหญิงวัยทำงาน

ผู้วิจัยหลัก : นางสาวนิศากร ตันติวิบูลชัย นิสิตระดับมหาบัณฑิต

หน่วยงาน : สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พิจารณา โดยใช้หลัก ของ The International Conference on Harmonization – Good Clinical Practice (ICH-GCP) อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม.....
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปรีดา ทัศนประดิษฐ)
ประธาน

ลงนาม.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 9 พฤศจิกายน 2552 **วันหมดอายุ** : 8 พฤศจิกายน 2553

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1) โครงการวิจัย
2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย
4) แบบสอบถาม

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1

เลขที่โครงการวิจัย 092.1/52
วันที่รับรอง - 9 พ.ย. 2552
วันหมดอายุ - 8 พ.ย. 2553

เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ

2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย

3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด

*4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) **เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น แล้วส่งสำเนาใบแรกที่ใช้เอกสารดังกล่าวมาที่คณะกรรมการ***

5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ

6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ

7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-11) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

ภาคผนวก ข
ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย "การเปรียบเทียบระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ต่อการสลายของกระดูกและสุขสมรรถนะ ในหญิงวัยทำงาน"
(A COMPARISON BETWEEN EFFECTS OF WALKING EXERCISE WITH AND WITHOUT WEIGHTED VESTS ON BONE RESORPTION AND HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS IN WORKING WOMEN)

ชื่อผู้วิจัย นางสาวนิศากร ตันติวิบูลชัย ตำแหน่ง นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา
แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย บ้านเลขที่ 87 ถนน ราษฎร์บำรุง ตำบลตะกั่วป่า อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา 82110
โทรศัพท์ที่บ้าน 076-421014 โทรศัพท์มือถือ 086-6272552 E-mail: minima_am@hotmail.com

ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับ การวิจัยเพื่อเปรียบเทียบระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายขณะที่มีการเพิ่มน้ำหนักตัวด้วยการใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและ ไม่มีการเพิ่มน้ำหนักตัว คือไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ต่อการสลายของกระดูก และสุขสมรรถนะในหญิงวัยทำงาน อายุระหว่าง 30-60 ปี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบการเดินอออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักต่อการสร้างและการสลายของกระดูก
2. เพื่อเปรียบเทียบการเดินอออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักต่อสุขสมรรถนะ

กลุ่มตัวอย่าง หรือผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัย เป็นอาสาสมัคร จากบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุระหว่าง 30-60ปี *จำนวน 68 คน* จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มผู้วิจัย ออกเป็น 4 กลุ่ม *กลุ่มละ 17 คน* โดยมีกระบวนการจัดกลุ่มการออกกำลังกายดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่มีการสร้างกระดูกและการสลายกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายโดยใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก

กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่มีการสร้างกระดูกและการสลายกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายโดยใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก

กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่มีการสร้างกระดูกและการสลายกระดูกในอัตราปกติ เดินออกกำลังกายโดยไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก

กลุ่มที่ 4 กลุ่มที่มีการสร้างกระดูกและการสลายกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ เดินออกกำลังกายโดยไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก

เลขที่โครงการวิจัย 092.1/52
วันที่รับรอง - 9 พ.ย. 2552
วันหมดอายุ - 8 พ.ย. 2553

การแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาการสร้างและการสลายกระดูกว่าจัดอยู่ในอัตราปกติ หรือสูงกว่าปกติ โดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

1) การสลายของกระดูก คือ ค่าเบต้าครอสแล็ป*ในเลือด* (β-crossLap) อยู่ในช่วง 0.293-0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ng/ml.) และการสร้างของกระดูก คือ ค่าพีวันเอ็นพี*ในเลือด* (PINP) อยู่ในช่วง 40.78-48.35 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ng/ml.) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ

2) การสลายของกระดูก คือ ค่าเบต้าครอสแล็ป*ในเลือด* (β-crossLap) สูงกว่า 0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ng/ml.) และ การสร้างของกระดูก คือ ค่าพีวันเอ็นพี*ในเลือด* (PINP) สูงกว่า 48.35 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ng/ml.) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ

กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย มีกระบวนการดังนี้

1. เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย
   1.1 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นอาสาสมัครสตรี มีอายุระหว่าง 30-60 ปี
   1.2 มีสุขภาพแข็งแรง ไม่เป็นอุปสรรคในการเดินออกกำลังกาย และผ่านการประเมินแบบคัดกรองอาสาสมัคร ก่อนเข้าร่วมการวิจัย
   1.3 น้ำหนักตัวอยู่ในเกณฑ์ไม่อ้วน (ค่าดัชนีมวลกายไม่เกิน30)
   1.4 กลุ่มตัวอย่างไม่ได้ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ หรือไม่เกิน 2 ครั้งต่อสัปดาห์
   1.5 มีภาวะโภชนาการปกติ และต้องไม่ดื่ม ชา หรือกาแฟดำ เฉลี่ย มากกว่า 2 แก้วต่อวัน
   1.6 ไม่ดื่มสุรา สูบบุหรี่ และรับประทานยาหรือฮอร์โมนที่มีผลต่อกระดูกมาก่อนเข้าร่วมการศึกษาอย่างน้อย 1 ปี
   1.7 กลุ่มตัวอย่างต้องมีความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้า ไม่ต่ำกว่า -3 SD หรือไม่มีภาวะกระดูกพรุน
   1.8 กลุ่มตัวอย่างไม่มีประวัติเป็นโรคตับ, โรคไต, โรคข้อเข่าเสื่อม และโรคหัวใจ
2. เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย
   2.1 กลุ่มตัวอย่างไม่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดของการวิจัย
   2.2 กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจหรือเข้าร่วมการวิจัยอีกต่อไป
   2.3 กลุ่มตัวอย่างขาดการออกกำลังกายติดต่อกัน มากกว่า 2 สัปดาห์ ในการทดลอง
   2.4 กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุสุดวิสัยไม่สามารถเข้าร่วมทำการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดอุบัติเหตุในช่วงทำการทดลองจนไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองต่อได้

เลขที่โครงการวิจัย 041.1/51
วันที่รับรอง - 9 พ.ย. 2552
วันหมดอายุ - 8 พ.ย. 2553

3. ข้อตกลงเบื้องต้น
   3.1 กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครที่เต็มใจเข้าร่วมการวิจัยและได้รับการชี้แจงอย่างรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนกับขั้นตอนการวิจัยและปฏิบัติตามเงื่อนไขในการวิจัยพร้อมทั้งลงชื่อยินยอมเพื่อเข้าร่วมทำการทดลอง
   3.2 ตลอดระยะเวลาการทดลอง กลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกตามโปรแกรมที่กำหนด และต้องไม่ทำการออกกำลังกายชนิดอื่นเพิ่มเติม และตอบแบบบันทึกพฤติกรรมประจำวันระหว่าง

การทดลองทุกสัปดาห์ตามสภาพความเป็นจริง

3.3 กลุ่มตัวอย่างได้รับการกระตุ้นและแรงจูงใจให้มีการออกกำลังกายตามโปรแกรมอย่างสม่ำเสมอ

3.4 ใช้สถานที่ทำการทดลองเหมือนกัน และผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลการออกกำลังกายด้วยตนเองทุกครั้ง

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้วิจัยเปิดรับอาสาสมัครที่เป็นบุคลากร เข้าร่วมในงานวิจัยนี้
2. ผู้วิจัยทำการคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง
3. ผู้วิจัยชี้แจง และอธิบายวิธีการทดลองให้กับผู้เข้าร่ววิจัย และลงให้นามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมวิจัย
4. ดำเนินการเจาะเลือดของกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลองรวม ทั้งหมด 2 ครั้งๆ ละประมาณครึ่งช้อนชา (3 ซีซี) โดยปริมาณเลือดที่เจาะออกมาของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยจะทำการศึกษาเฉพาะงานวิจัยนี้เท่านั้นและจะถูกทำลายทิ้งโดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์
5. การแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาการสร้างและการสลายกระดูก ว่าจัดอยู่ในอัตราปกติ หรือสูงกว่าปกติ โดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

5.1 การสลายของกระดูก คือ ค่าเบต้าครอสแล็ป*ในเลือด* (β-crossLap) อยู่ในช่วง 0.293-0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ng/ml.) และการสร้างของกระดูก คือ ค่าพีวันเอ็นพี*ในเลือด* (PINP) อยู่ในช่วง 40.78-48.35 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ng/ml.) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราปกติ จำนวน 34 คน

5.2 การสลายของกระดูก คือ ค่าเบต้าครอสแล็ป*ในเลือด* (β-crossLap) สูงกว่า 0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ng/ml.) และ การสร้างของกระดูก คือ ค่าพีวันเอ็นพี*ในเลือด* (PINP) สูงกว่า 48.35 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ng/ml.) จัดอยู่ในกลุ่มที่มีการสร้างและการสลายของกระดูกในอัตราสูงกว่าปกติ จำนวน 34 คน

ทำการแบ่งกลุ่มย่อยด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลาก เข้ากลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายโดยใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และกลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายโดยไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก กลุ่มละ 17 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 68 คน

6. เก็บรวบรวมข้อมูล*โดยทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนการทดลอง ครั้งที่ 2 ระหว่างการทดลองในสัปดาห์ที่ 6 ซึ่งทำการทดสอบเฉพาะสุขสมรรถนะ และครั้งที่ 3 หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลการทดสอบด้วยตนเอง* และ*ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทำการบันทึกพฤติกรรมประจำวัน* โดยบันทึกทุกๆสัปดาห์ เป็นระยะเวลา3 เดือน *รายละเอียดการทดสอบประกอบด้วย*

6.1. ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา (ทำการทดสอบ 3 ครั้ง)

- *อายุ (ปี)*
- *ส่วนสูง (เซนติเมตร)*
- *น้ำหนัก (กิโลกรัม)*
- *อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)*

เลขที่โครงการวิจัย 092.1/57
วันที่รับรอง - 9 พ.ย. 2552
วันหมดอายุ - 8 พ.ย. 2553

- *ความดันโลหิตขณะพัก (มิลลิเมตรปรอท)*

6.2. การทดสอบสุขสมรรถนะ (ทำการทดสอบ 3 ครั้ง)

ใช้เวลาในการทดสอบสุขสมรรถนนะ ประมาณ 40 นาที

6.2.1 เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย

6.2.2 ความอ่อนตัว (นั่งงอตัวก้มแตะปลายเท้า)

6.2.3 ความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อขา (ลุก-นั่งเก้าอี้ 1 นาที) (ครั้ง/นาที)

6.2.4 ความแข็งแรงอดทนของกลุ่มกล้ามเนื้อแขน และหัวไหล่ (ดันพื้น 1 นาที "modified knee push-up") (ครั้ง/นาที)

6.2.5 สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (เดิน หรือวิ่งทดสอบบนลู่กล)

6.3. การสร้างและการสลายของกระดูก (ทำการทดสอบ 2 ครั้ง)

ทำการทดสอบในช่วงเช้า 8.00-9.00น. และทำการทดสอบโดยห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยเจาะเลือดปริมาณ 3 ซีซี (ประมาณครึ่งช้อนชา)

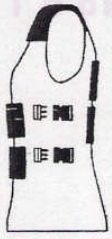
7. ผู้วิจัยดำเนินการออกกำลังกายตามรูปแบบที่กำหนด โดยทำการออกกำลังกายบนลู่กลที่ระดับความชัน 0 % เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ๆ ละ 3 ครั้งๆ ละ 30 นาที *(วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์)* ความหนัก 65-75 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด *(ออกกำลังกายในระดับปานกลาง-หนัก)* ก่อนออกกำลังกายทำการอบอุ่นร่างกาย 10 นาที และหลังออกกำลังกายทำการผ่อนคลายร่างกาย 10 นาที รวมเวลาทั้งหมด 50 นาที

แบบเสื้อเพิ่มน้ำหนัก

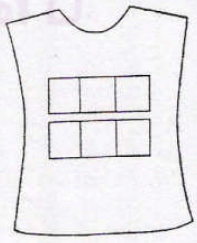
ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์น้ำหนักเฉลี่ยของคนไทยในวัย 30-60 ปี (การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2546) ในการออกแบบความหนักสูงสุดของเสื้อ การเพิ่มน้ำหนักในสัปดาห์ที่ 3-6 จะเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 2% ของน้ำหนักตัว ซึ่งมีความหนักประมาณ 1-1.5 กิโลกรัม ดังนั้นเมื่อถึงสัปดาห์ที่ 8 เสื้อเพิ่มน้ำหนักจะมีความหนักประมาณ 4-6 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัวของแต่ละบุคคล (เสื้อเพิ่มน้ำหนักสามารถใส่แผ่นน้ำหนักได้ถึง 8 กิโลกรัม)

<u>ด้านหน้า</u> *ความกว้างของช่องสี่เหลี่ยมมีขนาด 8 x 9 ตารางเซนติเมตร สามารถใส่แผ่นน้ำหนักขนาด 0.5 กิโลกรัม แต่ละช่องมีที่ปิดด้านบนเพื่อป้องกันแผ่นน้ำหนักหล่น และใช้ก้ามปูเป็นวัสดุในการปรับขนาดของเสื้อเพื่อให้มีความกระชับ ขณะเดินออกกำลังกาย*

<u>ด้านข้าง</u> *ใช้ก้ามปูเป็นวัสดุในการปรับขนาดของเสื้อเพื่อให้มีความกระชับขณะเดินออกกำลังกาย*



<u>ด้านหลัง</u> *ช่องใส่แผ่นน้ำหนักมีขนาดเท่ากับช่องใส่แผ่นน้ำหนักด้านหน้า*



ปรับปรุงเมื่อ 23 มกราคม 2552

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน จุฬาฯ 1

เลขที่โครงการวิจัย 092.1/52

วันที่รับรอง - 9 พ.ย. 2552

วันหมดอายุ - 8 พ.ย. 2553

แผ่นน้ำหนัก

แผ่นน้ำหนักที่ใช้เป็นวัสดุที่ทำจากเหล็กหนา มีขนาดดังนี้

- *ขนาด 1.2 x 7 x 8 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม*
- *ขนาด 0.3 x 7 x 8 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำหนัก 0.125 กิโลกรัม*
- *ขนาด 0.3 x 5.8 x 7.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำหนัก 0.1 กิโลกรัม*

หมายเหตุ ในตำแหน่งที่มีช่องเพิ่มน้ำหนัก มีการเย็บฟองน้ำ เพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่เกิดจากแรงกระแทกของแผ่นน้ำหนัก ที่อาจเกิดขึ้นในขณะเดินออกกำลังกาย

ความเสี่ยงของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยที่อาจจะได้รับจากการเข้าร่วมวิจัยมีดังนี้

ความเสี่ยงจากการเจาะเลือด การเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำที่แขนมักจะทำให้เจ็บขณะแทง เข็มและอาจเป็นรอยเขียวช้ำได้หรือมีการติดเชื้อบริเวณที่เข็มแทงได้ กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยบางคนอาจเวียนศีรษะ มึนงงหรืออาจจะเป็นลมได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายการวิเคราะห์ผลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้เท่านั้น

อนึ่ง ปริมาณเลือดที่เจาะออกมาของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยจะทำการศึกษาเฉพาะงานวิจัยนี้เท่านั้นและจะถูกทำลายทิ้งโดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ หากกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยต้องการทราบผลการตรวจเลือดอื่นๆ ที่นอกเหนือจากการวิจัยนี้กรุณาแจ้งความจำนงต่อผู้วิจัยพร้อมทั้งต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการตรวจเลือดเพื่อวิเคราะห์ผลนั้นๆ เอง

ความเสี่ยงจากการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก เพื่อความปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมการเดินออกกำลังกายกับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน ก่อนนำมาใช้ในการวิจัย ในขณะที่ทำการเดินออกกำลังกายโดยใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักกลุ่มตัวอย่างอาจรู้สึกปวดเมื่อยตามร่างกายหรือรู้สึกอึดอัดหายใจไม่สะดวก แต่อาการดังกล่าวจะหายไปในเวลาอันสั้น ทั้งนี้ก่อนและหลังจากการเดินออกกำลังกายทุกครั้งจะมีการอบอุ่นร่างกาย และการผ่อนคลายร่างกายเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้น

หากกลุ่มผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ได้รับบาดเจ็บเนื่องจากการศึกษาทดลอง ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยทราบโดยทันที ซึ่งจะได้รับความช่วยเหลือเบื้องต้น เช่น ให้หยุดพักเพื่อสังเกตอาการ หรือปฐมพยาบาลเบื้องต้น และจะนำส่งโรงพยาบาล โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ได้รับการดูแลรักษาอย่างเหมาะสม

เลขที่โครงการวิจัย 092.1/52
วันที่รับรอง - 9 พ.ย. 2552
วันหมดอายุ - 8 พ.ย. 2553

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับรูปแบบการออกกำลังกายที่ส่งผลต่อการสร้างและการสลายของกระดูก และผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการออกกำลังกายในผู้หญิงวัยทำงาน เพื่อป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุน อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมสุขภาพในด้านอื่นๆด้วย

การเข้าร่วมเป็นกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเป็นโดย**สมัครใจ** และสามารถ**ปฏิเสธ**ที่จะเข้าร่วมหรือ**ถอนตัว**จากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว **เพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่**

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็น**ความลับ** หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

ประโยชน์ของกลุ่มตัวอย่างที่จะได้รับจากการเข้าร่วมวิจัย คือ *ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของกระดูก โดยดูการสร้าง และการสลายของกระดูกว่าอยู่ในภาวะปกติตามวัยหรือไม่* และหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง หากผู้เข้าร่วมวิจัยท่านใดต้องการเสื้อเพิ่มน้ำหนักเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อ ผู้วิจัยจะจัดเตรียมเสื้อเพิ่มน้ำหนักให้*โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม*

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

เลขที่โครงการวิจัย 092.1/52
วันที่รับรอง - 9 พ.ย. 2552
วันหมดอายุ - 8 พ.ย. 2553

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย **การเปรียบเทียบระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ต่อการสลายของกระดูกและสุขสมรรถนะ ในหญิงวัยทำงาน**

ชื่อผู้วิจัย นางสาวนิศากร ตันติวิบูลชัย

ที่อยู่ที่ติดต่อ บ้านเลขที่ 87 ถนน ราษฎร์บำรุง ตำบลตะกั่วป่า อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา 82110

โทรศัพท์ที่บ้าน 076-421014 โทรศัพท์มือถือ **086-6272552** E-mail: MINIMA_AM@HOTMAIL.COM

ข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และ**ได้รับคำอธิบาย**จากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว**

ข้าพเจ้าจึง**สมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอม ตอบแบบสอบถามประวัติสุขภาพ เข้าร่วมการออกกำลังกายตามรูปแบบที่กำหนด เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆ ละ 50 นาที *(วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์)* และทำการทดสอบ*ทั้งหมด 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนการทดลอง ครั้งที่ 2 ระหว่างการทดลองในสัปดาห์ที่ 6 ซึ่งทำการทดสอบเฉพาะสุขสมรรถนะ และครั้งที่ 3 หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลการทดสอบด้วยตนเอง (ใช้เวลาในการทดสอบสุขสมรรถนนะ ประมาณ 40 นาที)* รายละเอียดการทดสอบประกอบด้วย

1. ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา *(ทำการทดสอบ 3 ครั้ง)*
   - อายุ (ปี)
   - ส่วนสูง (เซนติเมตร)
   - น้ำหนัก (กิโลกรัม)
   - อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)
   - ความดันโลหิตขณะพัก (มิลลิเมตรปรอท)
2. ข้อมูลด้านสุขสมรรถนะ *(ทำการทดสอบ 3 ครั้ง)*
   - เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย
   - ความอ่อนตัว (เซนติเมตร)
   - ความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อขา (ลุก-นั่งเก้าอี้ 1 นาที) (ครั้ง/นาที)
   - ความแข็งแรงอดทนของกลุ่มกล้ามเนื้อแขน และหัวไหล่ (ดันพื้น 1 นาที) (ครั้ง/นาที)
   - สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2Max) (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)

* ตัวเอียง หมายถึง ต้องปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมในแต่ละเอกสาร ปรับปรุงเมื่อ 23 มกราคม 2552

เลขที่โครงการวิจัย 092.1/52

วันที่รับรอง - 9 พ.ย. 2552

วันหมดอายุ - 8 พ.ย. 2553

3. การสร้างและการสลายของกระดูก *(ทำการทดสอบ 2 ครั้ง)*

การสร้างของกระดูกทำการทดสอบพีวันเอ็นพี*ในเลือด* (PINP) และการสลายของกระดูกทำการทดสอบเบต้าครอสแล็ป*ในเลือด* (β-CrossLaps) *ทำการทดสอบในช่วงเช้า 8:00-9.00 น.* และทำการทดสอบโดยห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยเจาะเลือดปริมาณ 3 ซีซี (ประมาณครึ่งช้อนชา)

ข้าพเจ้ามีสิทธิ**ถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะ**เก็บรักษาเป็นความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า *และจะทำลายเลือดทิ้งหลังสิ้นสุดการวิจัย*

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

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
(นางสาวนิศากร ตันติวิบูลชัย)	(.....)
ผู้วิจัยหลัก	ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
ลงชื่อ.....	ลงชื่อ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์)	(.....)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	พยาน

เลขที่โครงการวิจัย 092.1/52
วันที่รับรอง - 9 พ.ย. 2552
วันหมดอายุ - 8 พ.ย. 2553

ภาคผนวก ง

แบบคัดกรองอาสาสมัคร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบคัดกรองอาสาสมัคร

การเปรียบเทียบระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และ ไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ต่อการสลายของกระดูก และสุขสมรรถนะในหญิงวัยทำงาน

วันที่ทำการคัดกรอง...../...../.....

ชื่อ-นามสกุล..... อายุ.....ปี

กรุณาทำเครื่องหมาย X ลงในช่องที่ถูกต้อง

สำหรับเจ้าหน้าที่ดำเนินการคัดกรอง

1. ไม่เป็นโรคหัวใจ หรือมีภาวะแน่นหน้าอกขณะทำกิจกรรมหนักๆ เช่น การเดินขึ้นบันได หรือ ยกของหนัก ☐ ไม่ใช่ ☐ ใช่
2. ดัชนีมวลกาย (BMI) ไม่เกิน 30 ☐ ไม่ใช่ ☐ ใช่
3. ไม่ดื่ม หรือเลิกดื่มแอลกอฮอล์มามาแล้วมากกว่า 1 ปี หรือดื่มเฉลี่ยไม่เกิน 2 เปก/วัน ☐ ไม่ใช่ ☐ ใช่
4. ไม่ดื่มชา หรือกาแฟดำ หรือดื่มไม่เกิน 2 ถ้วยมาตรฐาน/วัน (250 ซี.ซี. ต่อแก้ว/ต่อถ้วย) ☐ ไม่ใช่ ☐ ใช่
5. ไม่สูบบุหรี่ หรือเลิกสูบบุหรี่มาแล้วมากกว่า 1 ปี ☐ ไม่ใช่ ☐ ใช่
6. ไม่ได้รับฮอร์โมนทดแทน เช่น โปรเจสเตอโรน ☐ ไม่ใช่ ☐ ใช่
7. ไม่ได้รับยาที่ส่งผลต่อการยั้บยั้งการสลายมวลกระดูก เช่น บิสฟอสฟาเนต ยาลูกกลอน ☐ ไม่ใช่ ☐ ใช่
8. มีค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้าไม่ต่ำกว่า -3 SD ☐ ไม่ใช่ ☐ ใช่

หมายเหตุ ในกรณีที่มีการทำเครื่องหมาย X ในช่อง ไม่ใช่ หมายถึง อาสาสมัครไม่สามารถเข้าร่วม

สรุปการคัดกรอง : ☐ สามารถเข้าร่วมโครงการ ☐ ไม่สามารถเข้าร่วมโครงการ

ลงชื่อผู้ดำเนินการคัดกรอง ..... (ตัวบรรจง)

เลขที่โครงการวิจัย 092.1/52

วันที่รับรอง - 9 พ.ย. 2552

วันหมดอายุ - 8 พ.ย. 2553

ภาคผนวก จ

แบบสอบถามประวัติสุขภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามประวัติสุขภาพ

โปรดทำเครื่องหมาย X หรือ ✓ ลงใน □ ที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด และเติมรายละเอียดลงในช่องว่าง ต่อไปนี้

ชื่อ-สกุล..... อายุ .....ปี อาชีพ.....

ส่วนสูงในปัจจุบัน.....เซนติเมตร ส่วนสูงในช่วง 3-5 ปีที่ผ่านมา.....เซนติเมตร

1. โรคประจำตัว □ โรคไต □ โรคตับ □ โรคความดันโลหิต
   □ โรคหัวใจ □ อื่นๆ โปรดระบุ.....
2. ประวัติครอบครัว เคยมีบุคคลในครอบครัวกระดูกหักจากการล้มเล็กน้อย หรือ ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคกระดูกพรุนหรือไม่
   □ มี โปรดระบุความเกี่ยวข้อง..... □ ไม่มี
3. ประวัติของท่านเคยกระดูกหักจากการล้มเล็กน้อยเมื่ออายุระหว่าง 20-ปัจจุบัน
   □ เคย โปรดระบุสาเหตุ ..... □ ไม่เคย
4. ประวัติการมีประจำเดือน เริ่มมีประจำเดือนเมื่ออายุ.....ปี
   □ สม่ำเสมอทุกเดือน □ ไม่สม่ำเสมอโปรดระบุ.....
   ปริมาณประจำเดือน □ ปกติ □ มากกว่าหรือน้อยปกติ
   หมดประจำเดือน (เฉพาะผู้ที่เริ่มหมดประจำเดือน หรือหมดประจำเดือนแล้ว)
   □ น้อยกว่า 1 ปี □ 1-5 ปี □ 5-10 ปี □ มากกว่า 10 ปี
5. หลังหมดประจำเดือนได้รับฮอร์โมนเพศเสริมหรือไม่ (เฉพาะผู้ที่หมดประจำเดือน)
   □ ไม่เคยได้รับ □ เคยได้รับ
   เมื่อ □ หมดประจำเดือนๆแรก
   □ หมดประจำเดือนนาน.....ปี
   รูปแบบของยาฮอร์โมนเพศที่ได้รับ
   □ ยารับประทาน □ ยาทา □ อื่นๆ
6. เคยทำการผ่าตัดรังไข่ออกทั้งสองข้างใช่หรือไม่
   □ ไม่เคย □ เคย เมื่ออายุ.....ปี
7. ประวัติการใช้ยาคุมกำเนิด
   □ ไม่เคย □ เคย โดยใช้ □ ชนิดรับประทาน
   □ ชนิดฉีด

เลขที่โครงการวิจัย 098.1/52
วันที่รับรอง - 9 พ.ย. 2552
วันหมดอายุ - 8 พ.ย. 2553

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8. ประวัติการดื่มนม

☐ ไม่ดื่ม

☐ ดื่มไม่สม่ำเสมอ อย่างน้อย.....แก้ว/สัปดาห์ มานาน.....ปี

☐ ดื่มสม่ำเสมอ อย่างน้อย.....แก้ว/วัน มานาน.....ปี

9. การออกกำลังกาย

☐ ไม่ออกกำลังกาย

☐ ออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ ☐ ออกกำลังกายสม่ำเสมอ

โปรดระบุชนิดของการออกกำลังกาย.....

ออกกำลังกาย.....ครั้ง/สัปดาห์ นาน.....นาที/ครั้ง

10. การได้รับแสงแดด

☐ ไม่สม่ำสมอ นาน.....นาที/วัน

☐ เป็นประจำ นาน.....นาที/วัน

11. การรับประทานแคลเซียมและผลิตภัณฑ์จากแคลเซียม หรือวิตามินดี

☐ ไม่รับประทาน ☐ รับประทานเป็นบางครั้ง

☐ รับประทานสม่ำเสมอ

โปรดระบุปริมาณ.....มิลลิกรัม/วัน

12. ท่านเคยใช้ยาข้อใดเป็นประจำในรอบ 1 ปี ที่ผ่านมา

☐ ไม่เคยใช้ยาชนิดใดเป็นประจำ

☐ เคย ระบุประเภทยา ☐ ไทรอยด์ฮอร์โมน ☐ เฮพฟาริน

☐ สเตียรอยด์ ☐ ยากันชัก

☐ เตตราไซคลิน ☐ ยาลูกกลอน

☐ อื่นๆ..... ☐ ไม่ทราบ

13. รายละเอียดอื่นๆ (โปรดระบุ เช่น มีอาการปวดหลัง ปวดเข่า เป็นต้น)

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้เข้าร่วมการวิจัย

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่โครงการวิจัย 092.1/52

วันที่รับรอง - 9 พ.ย. 2552

วันหมดอายุ - 8 พ.ย. 2553

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ
ขั้นตอนการเดินออกกำลังกาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการเดินออกกำลังกาย

ขั้นตอนการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก กลุ่มที่ 1 NBEW และกลุ่มที่ 2 HBEW

1. สวมเครื่องส่งสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจให้กระชับพอดี
2. บันทึกข้อมูลส่วนสูง น้ำหนัก อายุ เพศ ลงนาฬิกา โพลาร์
3. ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก แล้วเดินช้าๆเพื่ออบอุ่นร่างกาย 5 นาที
4. เริ่มเดินออกกำลังกายบนลู่กล โดยปรับความเร็วเพิ่มขึ้นเพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงที่กำหนด
5. เดินออกกำลังกาย 30 นาที โดยให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงที่กำหนด
6. ผ่อนคลายร่างกาย โดย เดินช้าๆ 5 นาที
7. ถอดเสื้อเพิ่มน้ำหนัก แล้วยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 5 นาที

ขั้นตอนการเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE

1. สวมเครื่องส่งสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจให้กระชับพอดี
2. บันทึกข้อมูลส่วนสูง น้ำหนัก อายุ เพศ ลงนาฬิกา โพลาร์
3. อบอุ่นร่างกาย เดินช้าๆ 10 นาที
4. เริ่มเดินออกกำลังกายบนลู่กล โดยปรับความเร็วเพิ่มขึ้นเพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงที่กำหนด
5. เดินออกกำลังกาย 30 นาที โดยให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงที่กำหนด
6. ผ่อนคลายร่างกาย 10 นาที โดย เดินช้าๆ 5 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 5 นาที

* ทุกกลุ่มการทดลอง ทำการเดินออกกำลังกายบนลู่กล ที่ระดับความชัน 0% *

ความหนักที่ใช้ในการออกกำลังกาย

ใช้ร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (% maximal heart rate, HRmax) เป็นตัวกำหนดความหนัก

<u>วิธีการคำนวณ</u>

อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HRmax) = 220-อายุ

ร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจ (% HRmax) = % × (220-อายุ)

ในสัปดาห์ที่ 1- 2 ออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 55-64 % HRmax
(ออกกำลังกายในระดับปานกลาง)

ในสัปดาห์ที่ 3-12 ออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 65-75 % HRmax
(ออกกำลังกายในระดับปานกลาง - หนัก)

ภาคผนวก ช
แบบเสื้อเพิ่มน้ำหนัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบเสื้อเพิ่มน้ำหนัก

ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์น้ำหนักเฉลี่ยของคนไทยในวัย 30-60 ปี (การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2546) ในการออกแบบความหนักสูงสุดของเสื้อ การเพิ่มน้ำหนักในสัปดาห์ที่ 3-6 จะเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 2% ของน้ำหนักตัว ซึ่งมีความหนักประมาณ 1-1.5 กิโลกรัม ดังนั้นเมื่อถึงสัปดาห์ที่ 8 เสื้อเพิ่มน้ำหนักจะมีความหนักประมาณ 4-6 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัวของแต่ละบุคคล (เสื้อเพิ่มน้ำหนักสามารถใส่แผ่นน้ำหนักได้ถึง 8 กิโลกรัม)

<u>ด้านหน้า</u> ความกว้างของช่องสี่เหลี่ยมมีขนาด 8 × 9 ตารางเซนติเมตร สามารถใส่แผ่นน้ำหนักขนาด 0.5 กิโลกรัม แต่ละช่องมีที่ปิดด้านบนเพื่อป้องกันแผ่นน้ำหนักหล่น และใช้ก้ามปูเป็นวัสดุในการปรับขนาดของเสื้อเพื่อให้มีความกระชับ ขณะเดินออกกำลังกาย

<u>ด้านข้าง</u> ใช้ก้ามปูเป็นวัสดุในการปรับขนาดของเสื้อเพื่อให้มีความกระชับขณะเดินออกกำลังกาย

<u>ด้านหลัง</u> ช่องใส่แผ่นมีขนาดเท่ากับช่องใส่แผ่นน้ำหนักด้านหน้า

<u>แผ่นน้ำหนัก</u>

แผ่นน้ำหนักที่ใช้เป็นวัสดุที่ทำจากเหล็กหนา มีขนาดดังนี้

1. ขนาด 1.2 × 7 ×8 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม
2. ขนาด 0.3 × 7 × 8 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำหนัก 0.125 กิโลกรัม
3. ขนาด 0.3 × 5.8 × 7.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำหนัก 0.1กิโลกรัม

หมายเหตุ ในตำแหน่งที่มีช่องเพิ่มน้ำหนัก มีการเย็บฟองน้ำ เพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่เกิดจากแรงกระแทกของแผ่นน้ำหนัก ที่อาจเกิดขึ้นในขณะเดินออกกำลังกาย

ข้อมูลการเพิ่มความหนักของเสื้อเพิ่มน้ำหนัก กลุ่มที่ 1 NBEW

ลำดับ	น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	น้ำหนักของเสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กิโลกรัม)			
		2%	4%	6%	8%
1	60.10	1.20	2.40	3.61	4.81
2	51.80	1.04	2.07	3.11	4.14
3	55.50	1.11	2.22	3.33	4.44
4	45.70	0.91	1.83	2.74	3.66
5	56.30	1.13	2.25	3.38	4.50
6	46.00	0.92	1.84	2.76	3.68
7	55.40	1.11	2.22	3.32	4.43
8	61.20	1.22	2.45	3.67	4.90
9	56.90	1.14	2.28	3.41	4.55
10	49.00	0.98	1.96	2.94	3.92
11	57.50	1.15	2.30	3.45	4.60
12	60.90	1.22	2.44	3.65	4.87

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลการเพิ่มความหนักของเสื้อเพิ่มน้ำหนัก กลุ่มที่ 2 HBEW

ลำดับ	น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	น้ำหนักของเสื้อเพิ่มน้ำหนัก (กิโลกรัม)			
		2%	4%	6%	8%
1	66.20	1.32	2.65	3.97	5.30
2	49.00	0.98	1.96	2.94	3.92
3	59.20	1.18	2.37	3.55	4.74
4	65.80	1.32	2.63	3.95	5.26
5	46.00	0.92	1.84	2.76	3.68
6	59.30	1.19	2.37	3.56	4.74
7	44.00	0.88	1.76	2.64	3.52
8	56.00	1.12	2.24	3.36	4.48
9	53.30	1.07	2.13	3.20	4.26
10	52.20	1.04	2.09	3.13	4.18
11	47.30	0.95	1.89	2.84	3.78
12	68.00	1.36	2.72	4.08	5.44

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ซ
วิธีการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาและสุขสมรรถนะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการทดสอบสุขสมรรถนะ

การเตรียมตัวของผู้ทดสอบ

1. อธิบายรายละเอียดต่างๆ ให้ผู้ทดสอบได้รับทราบก่อน
2. ผู้ทดสอบควรได้รับการแนะนำเพื่อเตรียมตัวก่อนการทดสอบดังนี้

2.1 สวมใส่เสื้อผ้าที่สบาย หลวม และเหมาะสมกับการทดสอบ

2.2 ตลอดช่วง 1 วันก่อนการทดสอบ ให้ดื่มน้ำอย่างให้พอเพียง

2.3 ให้งดอาหาร บุหรี่ สุรา หรือกาแฟ ก่อนการทดสอบ อย่างน้อยที่สุด 3ชั่วโมง

2.4 ในวันที่ทำการทดสอบให้งดการออกกำลังกาย หรือการเคลื่อนไหวที่ทำให้เหน็ดเหนื่อยมาก

2.5 ในคืนก่อนการทดสอบ นอนหลับให้เพียงพอ (ประมาณ 6-8 ชั่วโมง)

ลำดับการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ

1. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก
2. ความดันโลหิตขณะพัก
3. องค์ประกอบของร่างกาย
4. ความอ่อนตัว
5. ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา (ลุก-นั่งเก้าอี้ 1 นาที) (ครั้ง/นาที)
6. ความแข็งแรงและความอดทนของกลุ่มกล้ามเนื้อแขน และหัวไหล่ (ดันพื้น 1 นาที “modified knee push-up”) (ครั้ง/นาที)
7. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (modified Balke treadmill test)

* ก่อนเริ่มการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยนั่งพัก 5-10 นาที *

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก

<u>เครื่องมือ</u>

1. นาฬิกาเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ โพลาร์ รุ่นเอ็ม 53
2. สายคาดและเครื่องส่งสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate monitor)

<u>วิธีการ</u>

1. ให้ผู้เข้าร่วมโครงการสวมสายคาดและเครื่องส่งสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจบริเวณใต้รอบอก ปรับขนาดให้กระชับพอดี
2. ผู้วิจัยกดปุ่ม “start”ที่นาฬิกา เพื่อทำการเชื่อมต่อสัญญาณ

<u>การบันทึก</u> บันทึกผลอัตราการเต้นของหัวใจที่ปรากฏบริเวณหน้าจอนาฬิกา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความดันโลหิตขณะพัก

<u>เครื่องมือ</u>

1. เครื่องวัดความดันโลหิต แบบดิจิตอล ยี่ห้อ เทอรูโม รุ่น ES-H55

<u>วิธีการ</u>

1. ให้ผู้เข้าร่วมสวมปลอกวัดความดัน บริเวณต้นแขนปรับขนาดให้กระชับพอดี
2. ผู้วิจัยกดเริ่มบีบเครื่องวัดความดัน โดยบีบจนถึงประมาณ 160-180 มม.ปรอท แล้วจึงทำการปล่อยความดัน

<u>การบันทึก</u> ทำการบันทึกความดันขณะหัวใจบีบตัว และความดันขณะหัวใจคลายตัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

องค์ประกอบของร่างกาย (body composition)

<u>เครื่องมือ</u>

1. เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย ยี่ห้อ อินบอดี้ (InBody) รุ่น 220

<u>วิธีการ</u>

1. บันทึกข้อมูล อายุ ส่วนสูง และเพศของผู้เข้ารับการทดลอง ตามโปรแกรมการทำงานของเครื่องมือ
2. ผู้เข้ารับการทดลองถอดรองเท้า และถุงเท้า
3. ขึ้นยืนบนเครื่อง และใช้มือจับตามตำแหน่งที่กำหนด
4. หน้ามองตรง ยืนนิ่งๆ 5 วินาที

<u>การบันทึก</u>

บันทึกผลดัชนีมวลกาย อัตราส่วนเอวต่อสะโพก กล้ามเนื้อปราศจากไขมัน ไขมัน และเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย จากการประมวลผลของเครื่องมือ

ความอ่อนตัว (flexibility)

<u>เครื่องมือ</u>

1. ม้าวัดความอ่อนตัวมีที่ยันเท้า และมาตรวัดระยะทางเป็น +30 ซม. และ-30 ซม.
2. เสื่อ พรม หรือเบาะสำหรับรองพื้นนั่ง
3. ใช้วิธีนั่งงอตัว (sit and reach)

<u>วิธีการ</u>

1. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบนั่งเหยียดขาตรง โดยเท้าทั้งสองตั้งฉากกับพื้น และชิดกัน ฝ่าเท้าจรดแนบกับที่ยันเท้า
2. เหยียดแขนตรงขนานกับพื้นและค่อยๆก้มตัวไปข้างหน้าให้มืออยู่บนม้าวัด จนไม่สามารถก้มได้ต่อไป ให้ปลายนิ้วมือเสมอกัน และรักษาระยะทางไว้ได้ 2 วินาทีขึ้นไป
3. อ่านระยะจากจุด “0” ถึงปลายนิ้ว (ห้ามโยกตัว หรืองอตัวแรงๆ)

<u>การบันทึก</u>

บันทึกระยะทางเป็นเซนติเมตร ถ้าปลายนิ้วมือเลยปลายเท้าบันทึกค่าเป็น + ถ้าไม่ถึงปลายเท้าค่าเป็น – ใช้ค่าที่ดีกว่าจากการทดสอบ 2 ครั้ง (กกท, 2545)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ

ความแข็งแรงและความอดทนของกลุ่มกล้ามเนื้อแขนและไหล่

<u>เครื่องมือ</u>

1. นาฬิกาจับเวลา
2. เสื่อ หรือพรม หรือกระดานสำหรับรองพื้น
3. ใช้วิธีการดันพื้นแบบประยุกต์ 1 นาที (modified 1-minute push - ups)

<u>วิธีการ</u>

1. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบนอนคว่ำเหยียดขา เข่าแตะพื้น เหยียดแขนตรง ฝ่ามือคว่ำแตะพื้น ปลายนิ้วชี้ไปข้างหน้า
2. ผ่อนแรงแขนลดลำตัวให้ต่ำลงหน้าอกเกือบชิดพื้น หรือให้ศอกเป็นมุมฉาก แล้วยกตัวขึ้นใหม่ เหมือนท่าเริ่ม
3. ทำต่อเนื่องอย่างถูกต้อง และให้ได้จำนวนมากที่สุดภายในเวลา 1 นาที

<u>การบันทึก</u>

บันทึกจำนวนครั้งที่สามารถทำได้มากที่สุด ในเวลา 1 นาที

หมายเหตุ: ดัดแปลงจากการกีฬาแห่งประเทศไทย, 2546

ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ

ความแข็งแรงและความ**อดทนของกล้ามเนื้อขา**

<u>เครื่องมือ</u>

1. นาฬิกาจับเวลา
2. เก้าอี้มีพนักพิง (สูงไม่เกิน 50 เซนติเมตร)

<u>วิธีการ</u>

1. ให้ผู้เข้ารับการทดลองนั่งบนเก้าอี้
2. เมื่อได้รับเสียงสัญญาณ ให้เริ่มทำการทดสอบ โดยทำการลุกยืน และนั่งต่อเนื่องกันจนครบ 1 นาที

<u>การบันทึก</u>

บันทึกจำนวนครั้งที่สามารถทำได้มากที่สุดในเวลา 1 นาที

หมายเหตุ: ดัดแปลงจาก วินเทอร์ และคณะ (Winter et al., 2007)

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

<u>เครื่องมือ</u>

1. ลู่กล (treadmill)
2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (heart monitor)
3. เกณฑ์การทดสอบของบอลกี้ (modified Balke treadmill test)
4. ตารางความหนักของการออกกำลังกาย (RPE)

<u>วิธีการ</u>

1. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบใส่เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ
2. อธิบายลำดับขั้นการทดสอบ
3. เริ่มทดสอบโดยปรับความเร็ว และความชันจากขั้นที่ 1 ตามวิธีการของบอลกี้
4. เมื่อผ่านการทดสอบแต่ละขั้นทำการสอบถามระดับความเหนื่อยจากตารางแสดงความหนักของการออกกำลังกาย (RPE)
5. ทำการหยุดทดสอบเมื่อผู้เข้ารับการทดลองเหนื่อยจนไม่สามารถทดสอบต่อได้อีก
6. ผ่อนคลายร่างกาย 5 นาที

<u>การบันทึก</u>

ทำการบันทึกผลการใช้ออกซิเจน (VO_2max) ในขั้นที่ผู้เข้ารับการทดลองสามารถทำได้ โดยใช้เกณฑ์ของบอลกี้

การทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนโดยวิธีบอลกี้ (Modified Balke treadmill test)

วิธี Modified Balke treadmill test

ลำดับขั้น	ความเร็ว (กม./ชม.)	ความชัน (%)	เวลา (นาที)	METs	สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (มล./กก./นาที)
I	3.2	0	2	2.5	8.7
II	4.8	0	2	3.2	11.2
1	4.8	2.5	2	4.3	15
2	4.8	5	2	5.4	19
3	4.8	7.5	2	6.4	22.4
4	4.8	10	2	7.4	26
5	4.8	12.5	2	8.5	29.7
6	4.8	15	2	9.5	33.3
7	4.8	17.5	2	10.5	36.7
8	4.8	20	2	11.6	40.6
9	4.8	22.5	2	12.6	44.1
10	4.8	25	2	13.6	47.6

(ที่มา: McArdle et al., 2000; ACSM's, 2006; and Froelicher et al., 2007)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงระดับความหนักของการออกกำลังกาย (RPE)

(ที่มา: McArdle et al., 2000; and Froelicher et al., 2007)

ภาคผนวก ฌ
วิธีการทดสอบความหนาแน่นของกระดูกส้นเท้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

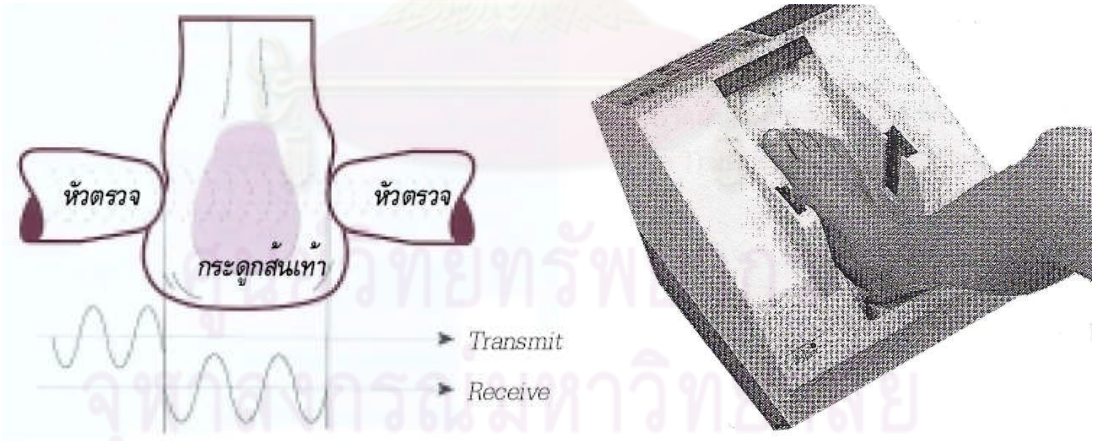
วิธีการทดสอบความหนาแน่นของกระดูกส้นเท้า

<u>เครื่องมือ</u>

1. เครื่องตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูก คลื่นเสียงความถี่สูง เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า “Broadband ultrasonic attenuation (BUA)” ยี่ห้อซาฮารา (SAHARA)
2. เก้าอี้นั่งที่มีพนักพิง

<u>วิธีการ</u>

1. ทำการตรวจในท่านั่ง
2. วางส้นเท้าระหว่าง “transducer” 2 ตัว ซึ่งตัวหนึ่งเป็นต้นกำเนิดเสียงให้เสียงวิ่งผ่านกระดูกส้นเท้าไปยัง “transducer” อีกตัวที่อยู่ตรงข้ามเพื่อรับสัญญาณเสียง โดยการผ่านคลื่นเสียงในระดับ 0.2-0.6 MHz ไปยังกระดูกส้นเท้า (calcaneus) ใช้เวลาในการตรวจเพียง 1-10 นาที การตัวกำหนดค่าพารามิเตอร์ ตัวบ่งชี้ถึงความหนาแน่นของกระดูก ค่าที่ได้จะแสดงในรูปของ “T” และ “Z scores” โดยจะนำมาเปรียบเทียบกับค่าปกติโดยค่า “T-score” จะเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย (mean) ของความหนาแน่นของมวลกระดูกสูงสุด (peak bone mass) (ค่าปกติของคนหนุ่มสาว) ค่า “Z-score” จะเปรียบเทียบกับค่าปกติในอายุกลุ่มเดียวกัน



บริเวณที่ทำการวัดความหนาแน่นของกระดูก ที่มา: (ดัดแปลงจาก จันทร์เต็ม เก่งสกุล, 2547)

ภาคผนวก ญ

แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาและสุขสมรรถนะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาและสุขสมรรถนะ

ลำดับที่……. ครั้งที่..... วันที่ทดสอบ.....

ชื่อ……..…….....นามสกุล……..…….……

First name……Last name…….……

อายุ.....ส่วนสูง.....

ก่อนการทดสอบ - นั่งพักเป็นเวลา 5 นาที เพื่อทำการทดสอบดังต่อไปนี้

อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ..... ครั้ง/นาที

ความดันโลหิตขณะพัก ..... มม.ปรอท

น้ำหนัก ..... กก. ดัชนีมวลกาย ……..…..….....…

มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน ..... กก. ไขมัน ..... กก.

เปอร์เซ็นต์ไขมัน ..... % ความอ่อนตัว ..... ซม.

ลุก-นั่งเก้าอี้ 1 นาที ..... ครั้ง ดันพื้น 1 นาที ..... ครั้ง

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด..... (มล./กก./นาที)

โดยวิธี Modified Balke treadmill test

HR Max (220 - อายุ) = ….....… ครั้ง/นาที HR Max (จากการทดสอบ) = ...…..... ครั้ง/นาที

ลำดับขั้น	ความเร็ว (กม./ชม.)	ความชัน (%)	เวลา (นาที)	METs	สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (มล./กก./นาที)	RPE	หมายเหตุ
I	3.2	0	2	2.5	8.7		
II	4.8	0	2 (4)	3.2	11.2		
1	4.8	2.5	2 (6)	4.3	15		
2	4.8	5	2 (8)	5.4	19		
3	4.8	7.5	2 (10)	6.4	22.4		
4	4.8	10	2 (12)	7.4	26		
5	4.8	12.5	2 (14)	8.5	29.7		
6	4.8	15	2 (16)	9.5	33.3		
7	4.8	17.5	2 (18)	10.5	36.7		
8	4.8	20	2 (20)	11.6	40.6		
9	4.8	22.5	2 (22)	12.6	44.1		
10	4.8	25	2 (24)	13.6	47.6		

** กรณีที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สามารถทดสอบให้จบในขั้นดังกล่าวให้ระบุในช่องหมายเหตุว่าสามารถทำการทดสอบได้นานเท่าไหร่ในขั้นดังกล่าว และให้ระบุ HR Max ในขั้นที่สามารถทำการทดสอบได้ด้วย **

ภาคผนวก ฎ

แผ่นพับข้อมูลความรู้เกี่ยวกับโรคกระดูกพรุนสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลเกี่ยวกับกระดูก

โครงสร้างของกระดูก

กระดูกของคนเราปกติมีน้ำหนักประมาณ 4 กิโลกรัม และมีปริมาณแคลเซียมทั้งหมดประมาณ 1,500 กรัม

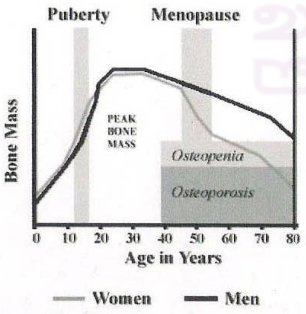
เซลล์กระดูกที่สำคัญมี 2 คือ

1) เซลล์ตัวดี (Osteoblast) มีหน้าที่สร้างกระดูก
2) เซลล์ตัวร้าย (Osteoclast) มีหน้าที่สลายกระดูก

เซลล์ทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถพบได้ตามผิวกระดูก และภายในโพรงกระดูก การปรับสภาพของกระดูกเกิดขึ้นตลอดเวลา (ธวัช ประสาทฤทธา)

การเกิดภาวะกระดูกพรุน

การเกิดภาวะกระดูกพรุน เกิดจากความไม่สมดุลระหว่างการสร้างและการสลายกระดูก ซึ่งเกิดอย่างต่อเนื่องตลอดอายุขัย โดยในวัยเด็กจะมีการสร้างกระดูกมากกว่าการสลาย จนถึงวัยประมาณ 30 ปี หลังจากนั้นกระดูกจะค่อยๆบางลงจนบางมากในวัยสูงอายุ (พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์)



กลไกที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน

- การได้รับสารแคลเซียมในอาหารต่ำกว่าเกณฑ์
- ระบบดูดซึมแคลเซียมในทางเดินอาหารบกพร่อง
- ไม่สามารถสะสมกระดูกให้ถึงขีดสูงสุด(PBM)ก่อนอายุ 20 ปี
- ขาดฮอร์โมนเอสโตรเจนในหญิงวัยหมดประจำเดือน
- มีการสลายของเนื้อกระดูกมากกว่าการสร้างกระดูกโดยกลไกระดับเซลล์
- อิทธิพลจากยาหรือฮอร์โมนต่างๆ เช่น ยาสเตียรอยด์ที่ได้รับเพื่อการรักษาโรคเรื้อรัง เช่นโรคเบาหวาน โรคธัยรอยด์
- ปัจจัยเกี่ยวข้องกับพันธุกรรม

ลักษณะอาการของโรคกระดูกพรุน

โรคกระดูกพรุน เป็นโรคที่ไม่ได้เกิดขึ้นทันที ทันใด แต่จะค่อยเป็นค่อยไป เราจึงควรทำความเข้าใจกับอาการและอาการแสดงของโรคดังนี้(เสก อักษรานุเคราะห์)

- กระดูกหักจากอุบัติเหตุเบาๆ
- ความสูงลดลงในเวลาอันรวดเร็ว (เกินปีละ1ซ.ม.)
- อาการหลังค่อม และปวดหลังแล้วยังมีอาการอื่นได้ เช่นแน่นท้อง ท้องอืด ท้องผูก การทำงานของปอดไม่ปกติ (เพราะช่องอกคับแคบลงมาก)
- อาการปวดหลังเนื่องจากกระดูกสันหลังทรุดหรือหัก

กลุ่มที่เสี่ยงต่อโรคกระดูกพรุน

- ผู้หญิงที่รูปร่างผอมบาง
- ผู้หญิงที่ประจำเดือนหมด เร็วก่อนกำหนด
- ผู้เป็นโรคมะเร็ง และผู้เป็นโรคเรื้อรัง
- ผู้ที่นอนบนเตียงเป็นเวลานานๆ
- ผู้ที่ใช้ยาประจำ
- ผู้ที่นั่งทำงานสำนักงาน
- เด็กผู้หญิงที่มีประจำเดื
- ผู้ที่มีประวัติครอบครัวเ โรคกระดูกพรุน
- ผู้ที่สูบบุหรี่ ดื่มกาแฟ ดื่มแอลกอฮอล์
- ผู้ที่ไม่ออกกำลังกาย ไม่ เล่นกีฬา อยู่แต่ในร่ม
- ผู้ที่มีน้ำหนักต่ำกว่าเกณ
- ผู้เป็นโรคต่อมไร้ท่อ

ความหนาแน่นของกระดูก (BMD)

โดยอาศัยเกณฑ์ของ WHO

- กระดูกบาง ค่า T Score -1 ถึง -2.5 SD.
- กระดูกพรุน ค่า T Score ลดลงมากกว่า -2.5 SD.

การป้องกัน และรักษาโรคกระดูกพรุน

สามารถจำแนกได้เป็นแนวทางหลัก 2 ประการ

1. <u>ทางเลือกที่ต้องอาศัยยา</u> สามารถจำแนกออกได้เ วิธีหลัก ได้แก่

1.1 การใช้ฮอร์โมนเพศ (hormone therapy, HT)

1.2 การใช้ยาที่มิใช่ฮอร์โมนเพศ (non-HT) Bisphosphonates, แคลซิโตนิน (calcitonin) เป็นต้น

2. <u>ทางเลือกที่มิต้องใช้ยา</u> ได้แก่

2.1 การออกกำลังกายชนิดที่มีการลงน้ำหนัก อย่างน้อย 30 นาที เช่น วิ่งเหยาะ ปั่นจักรยาน กระโดดเชือก เต้นแอโรบิก การยกน้ำหนัก เดินเร็ว เดินพร้อมสวมเสื้อถ่วงน้ำหนัก รำมวยจีน โยคะ เป็นต้น

2.2 การรับประทานอาหารที่มีแคลเซียมอย่างเพียงพอ

2.3 ควรได้รับแสงแดดอ่อนๆ อย่างเพียงพอ ประมาณ 15 นาทีต่อวัน เพื่อให้ผิวหนังสามารถสร้างวิตามินดี

2.4 หลีกเลี่ยงพฤติกรรมเสี่ยงต่อสุขภาพที่เป็น ความเสี่ยงต่อภาวะกระดูกพรุนและกระดูกหัก เช่น ดื่มแอลกอฮอล์ น้ำอัดลม ชา และกาแฟ เกินวันละ 2 แก้ว

2.5 ดูแลรักษาโรคทางอายุรกรรมที่อาจมีผลให้สูญเสียกระดูกได้เร็วขึ้น เช่น โรคไทรอยด์เป็นพิษ

ปริมาณแคลเซียมที่ร่างกายควรได้รับ

- ช่วงอายุ 3-8 ปี ควรได้รับ 800 มิลลิกรัมต่อวัน
- ช่วงอายุ 9-17 ปี ควรได้รับ 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน
- ช่วงอายุ 18-30 ปี ควรได้รับ 800 มิลลิกรัมต่อวัน
- ช่วงอายุ 31ปีขึ้นไป ควรได้รับ 1,200 มิลลิกรัมต่อวัน

ปริมาณสารแคลเซียมในอาหาร

ชนิดอาหาร	ปริมาณ	ปริมาณแคลเซียม (มก.)
นมสด	1 ถ้วย	291
นมพร่องมันเนย	1 ถ้วย	302
โยเกิร์ต	1 ถ้วย	415
เนยแข็งพร่องมันเนย	1 ถ้วย	155
เนยแข็งสวิส	1 ออนซ์	272
ปลาซาร์ดีน	3 ออนซ์	372
ปลาแซลมอนกระป๋อง	3 ออนซ์	167
กุ้ง	3 ออนซ์	53
ผักขม	1 ถ้วย	600
บร็อกโคลีต้ม	1/2 ถ้วย	89
กะหล่ำปลี (Collards)	1/2 ถ้วย	179
ข้าวโพด	1 ฝัก	42
ส้ม	1 ผล	41
องุ่น, แคนตาลูบ	100 กรัม	19
กล้วย	1ผล	7

เพื่อสุขภาพของกระดูก “รักกระดูก ให้ถูกทาง”

ขอเชิญเข้าร่วมโครงการออกกำลังกายเพื่อลดการสลายของกระดูก โดยออกกำลังกายเพียง 2 ครั้ง/สัปดาห์ ครั้งละ 50 นาที จะมีผลต่อกระดูกเพิ่มมากขึ้นตามหลักวิชาการ

ด้วยอภินันทนาการจาก

รศ.ดร.ฉนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์

นิศากร ตันติวิบูลชัย

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรคกระดูกพรุน

กระดูกพรุน รู้ทัน ป้องกันได้

ภาคผนวก ฏ

ผลการประเมินในการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการประเมินในการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหา

ผลการประเมินในการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมิน เกณฑ์ในการตัดสิน คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence, IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งมีรายชื่อดังนี้

1. ศาสตราจารย์คลินิก เกียรติคุณ นายแพทย์ ณรงค์ บุณยะรัตเวช
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ประวิตร เจนวรรธนะกุล
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถาวร กมุทศรี

รายการที่ 1 แบบประเมินองค์ประกอบของโปรแกรมการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าดัชนีความสอดคล้อง
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
1. เสื้อเพิ่มน้ำหนัก				
1.1 ความหนักของเสื้อเพิ่มน้ำหนัก - สัปดาห์ที่ 1 และ 2 ใส่เสื้อโดยไม่ใส่น้ำหนักเพิ่ม - สัปดาห์ที่ 3 เพิ่มน้ำหนักเสื้อ 2 %ของน้ำหนักตัว - สัปดาห์ที่ 4 เพิ่มน้ำหนักเสื้อ 4 %ของน้ำหนักตัว - สัปดาห์ที่ 5 เพิ่มน้ำหนักเสื้อ 6 %ของน้ำหนักตัว - สัปดาห์ที่ 6 - 12 เพิ่มน้ำหนักเสื้อ 8 %ของน้ำหนักตัว	3	3	0	0.5
1.2 รูปแบบของเสื้อเพิ่มน้ำหนัก	5	1	0	0.83
2. รูปแบบการออกกำลังกาย				
2.1 เดินออกกำลังกาย บนลู่กล ที่ระดับความชัน 0%	6	0	0	1
2.2 เวลาที่ใช้ในการออกกำลังกาย 20 นาที	5	1	0	0.83
2.3 ระยะเวลาในการอบอุ่น และผ่อนคลายร่างกายอย่างละ 10 นาที ประกอบด้วย - ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 5 นาที - เดินช้าๆ 5 นาที	6	0	0	1
2.4 ความถี่ในการออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์	6	0	0	1

ตารางรายการที่ 1 (ต่อ)

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าดัชนีความสอดคล้อง
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
2.5 ความหนักที่ใช้ในการเดินออกกำลังกาย - สัปดาห์ที่ 1-6 ความหนัก 55-65 % HRmax - สัปดาห์ที่ 7-12 ความหนัก 65-70 % HRmax	2	4	0	0.33
2.6 ระยะเวลาในการเดินออกกำลังกายทั้งหมด 12 สัปดาห์	5	1	0	0.83
3. การทดสอบสุขสมรรถนะ				
3.1 วัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ด้วยเครื่องวัดยี่ห้อ Maltron	4	2	0	0.66
3.2 วัดความแข็งแรงอดทนของกลุ่มกล้ามเนื้อแขนและหัวไหล่ ด้วยวิธีดันพื้น 1 นาที	3	3	0	0.5
3.3 วัดความแข็งแรงอดทนของกลุ่มกล้ามเนื้อขา ด้วยวิธีลุก-นั่งเก้าอี้ 1นาที	3	3	0	0.5
3.4 วัดความอ่อนตัว ด้วยวิธีนั่งก้มแตะปลายเท้า	5	1	0	0.83
3.5 สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทำการทดสอบบนลู่กลโดยใช้เกณฑ์การทดสอบของ Balke treadmill test	5	1	0	0.83
4. การวินิจฉัยกระดูกโดยการตรวจวัดทางชีวเคมี				
4.1 ตรวจการสร้างของกระดูกโดยตรวจ P1NP	5	1	0	0.83
4.2 ตรวจการสลายของกระดูกโดยตรวจ β-crossLaps	5	1	0	0.83
5. การบันทึกพลังงานขณะเดินออกกำลัง จากการคำณวนของนาฬิกา Polar รุ่น M53	5	1	0	0.83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการที่ 2 แบบประเมินองค์ประกอบของโปรแกรมการเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าดัชนีความสอดคล้อง
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
1. รูปแบบการออกกำลังกาย				
1.1 เดินออกกำลังกาย บนลู่กล ที่ระดับความชัน 0%	6	0	0	1
1.2 เวลาที่ใช้ในการออกกำลังกาย 20 นาที	5	1	0	0.83
1.3 ระยะเวลาในการอบอุ่น และผ่อนคลายร่างกายอย่างละ 10 นาที ประกอบด้วย - ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 5 นาที - เดินช้าๆ 5 นาที	6	0	0	1
1.4 ความถี่ในการออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์	6	0	0	1
1.5 ความหนักที่ใช้ในการเดินออกกำลังกาย - สัปดาห์ที่ 1-6 ความหนัก 55-65 % HRmax - สัปดาห์ที่ 7-12 ความหนัก 65-70 % HRmax	2	4	0	0.33
1.6 ระยะเวลาในการเดินออกกำลังกายทั้งหมด 12 สัปดาห์	5	1	0	0.83
2. การทดสอบสุขสมรรถนะ				
2.1 วัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ด้วยเครื่องวัดยี่ห้อ Maltron	4	2	0	0.66
2.2 วัดความแข็งแรงอดทนของกลุ่มกล้ามเนื้อแขน และหัวไหล่ ด้วยวิธีดันพื้น 1 นาที	3	3	0	0.5
2.3 วัดความแข็งแรงอดทนของกลุ่มกล้ามเนื้อขา ด้วยวิธีลุก-นั่ง เก้าอี้ 1นาที	3	3	0	0.5
2.4 วัดความอ่อนตัว ด้วยวิธีนั่งก้มแตะปลายเท้า	4	1	0	0.83
2.5 สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทำการทดสอบบนลู่กล โดยใช้เกณฑ์การทดสอบของ Balke treadmill test	5	1	0	0.83
3. การวินิจฉัยกระดูกโดยการตรวจวัดทางชีวเคมี				
3.1 ตรวจการสร้างของกระดูกโดยตรวจ P1NP	5	1	0	0.83
3.2 ตรวจการสลายของกระดูกโดยตรวจ β-crossLaps	5	1	0	0.83
4. การบันทึกพลังงานขณะเดินออกกำลัง จากการคำณวนของนาฬิกา Polar รุ่น M53	5	1	0	0.83

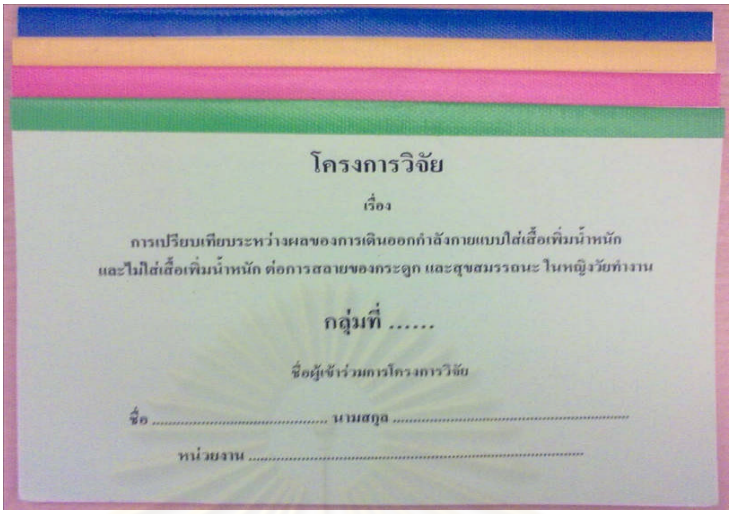
หมายเหตุ : ผลของค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ยอมรับที่ 0.5 ขึ้นไป ส่วนในบางรายการที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ต่ำกว่า 0.5 ทางผู้วิจัยจะทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเพื่อปรับปรุงให้มีความเหมาะสม และทำโครงการศึกษานำร่อง (pilot study) และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฐ
ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการออกกำลังกาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการออกกำลังกาย



โครงการวิจัย

เรื่อง

การเปรียบเทียบระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก
และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ต่อการสลายของกระดูก และสุขสมรรถนะ ในหญิงวัยทำงาน

กลุ่มที่ .....

ชื่อผู้เข้าร่วมการโครงการวิจัย

ชื่อ ..... นามสกุล .....

หน่วยงาน .....

ความหนักของการออกกำลังกาย

สัปดาห์ที่	ความหนัก (%HR max)	อัตราการเต้นของหัวใจ	หมายเหตุ
1-2	55-64%		
3-12	65-75%		

ความหนักของเสื้อเพิ่มน้ำหนัก

สัปดาห์ที่	ความหนัก (%Weight)	น้ำหนักเสื้อ (kg.)	หมายเหตุ
1-2	-		
3	2%		
4	4%		
5	6%		
6-12	8%		

*** เฉพาะกลุ่มที่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ***

ตารางบันทึกผลการออกกำลังกาย

สัปดาห์	ครั้งที่	ชีพจร		ความดันโลหิต		พลังงาน (kcal)	ระยะทาง (km.)	ความเร็ว (km/h)	จำนวนก้าว	หมายเหตุ
		ก่อนEX.	เฉลี่ย	ก่อนEX.	หลังEX.					
1	1									
	2									
	3									
2	1									
	2									
	3									
3	1									
	2									
	3									
4	1									
	2									
	3									

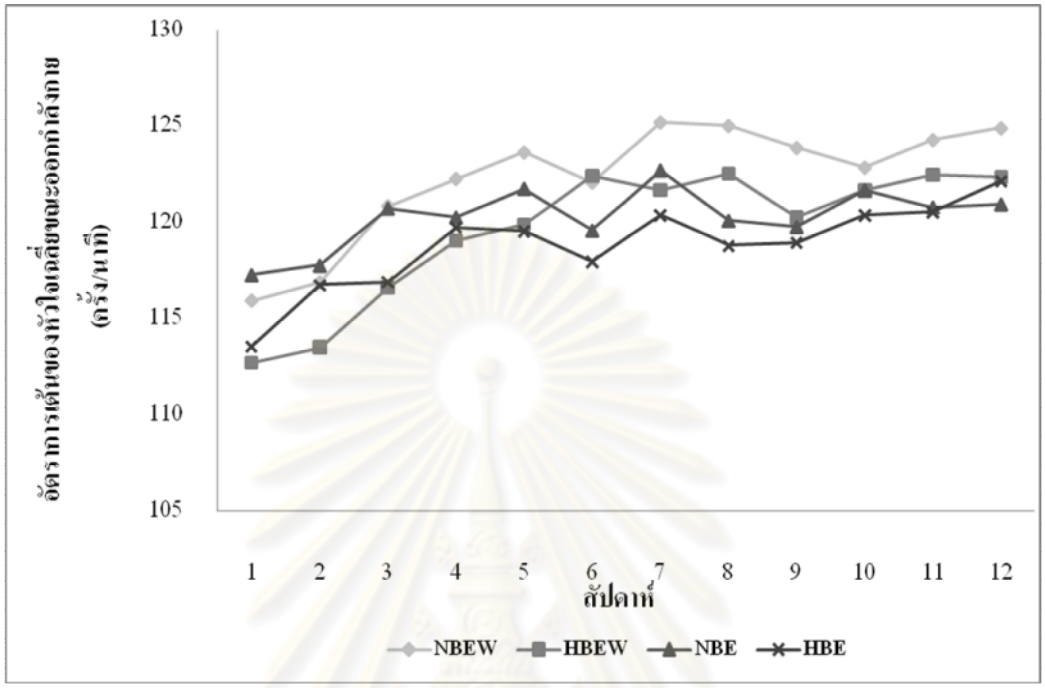
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฑ

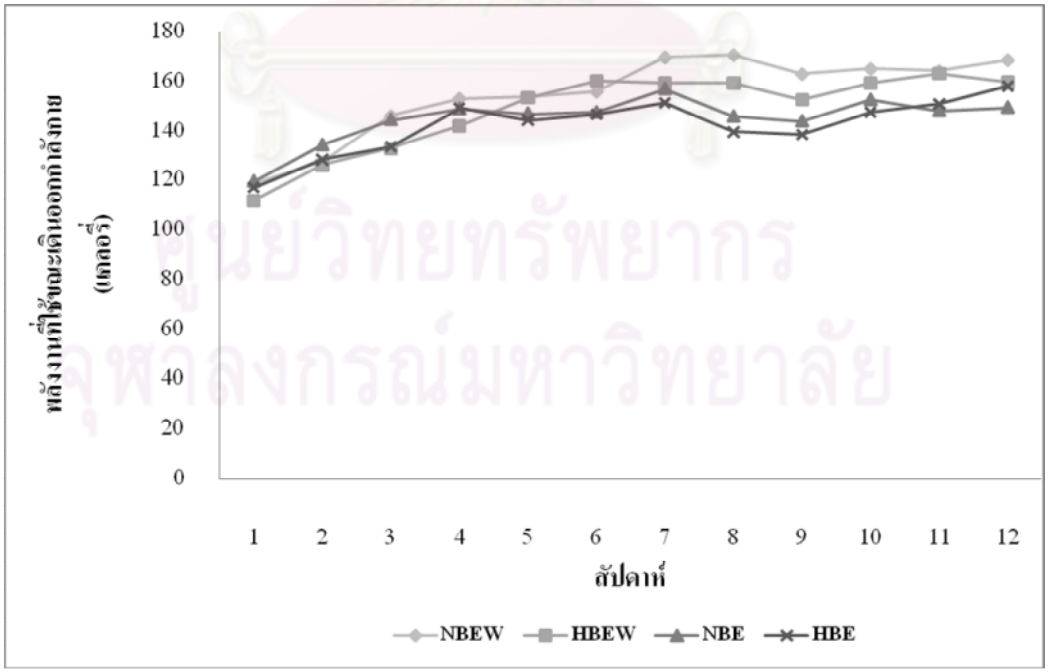
ข้อมูลการเดินออกกำลังกาย 12 สัปดาห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

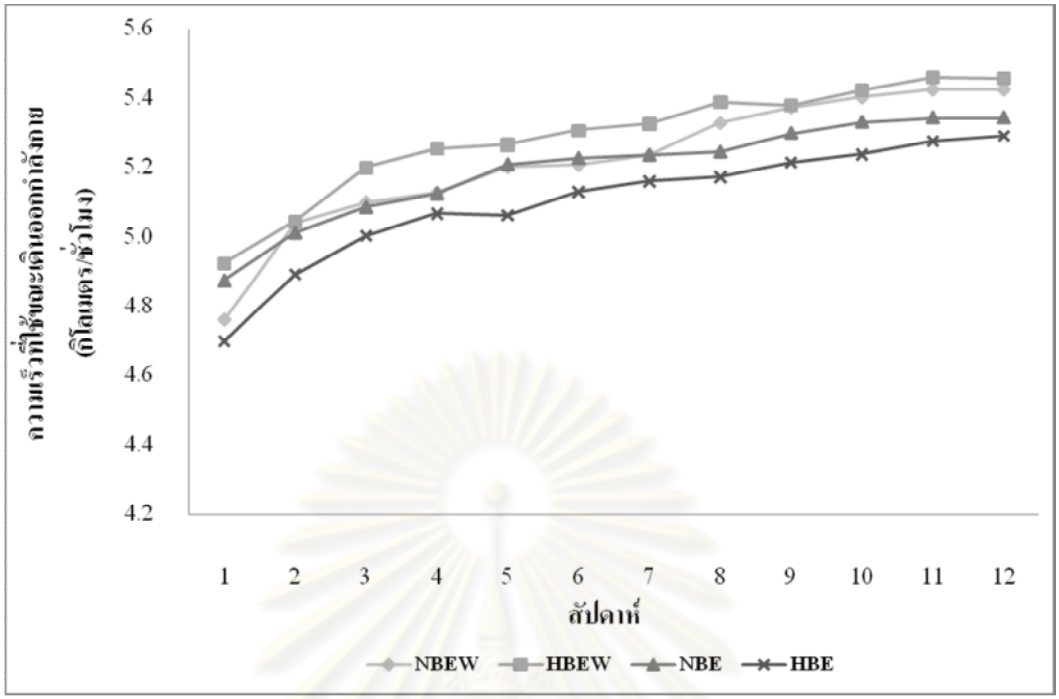
แผนภูมิแสดงข้อมูลการเดินออกกำลังกาย 12 สัปดาห์
ของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW, กลุ่มที่ 2 HBEW, กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE)



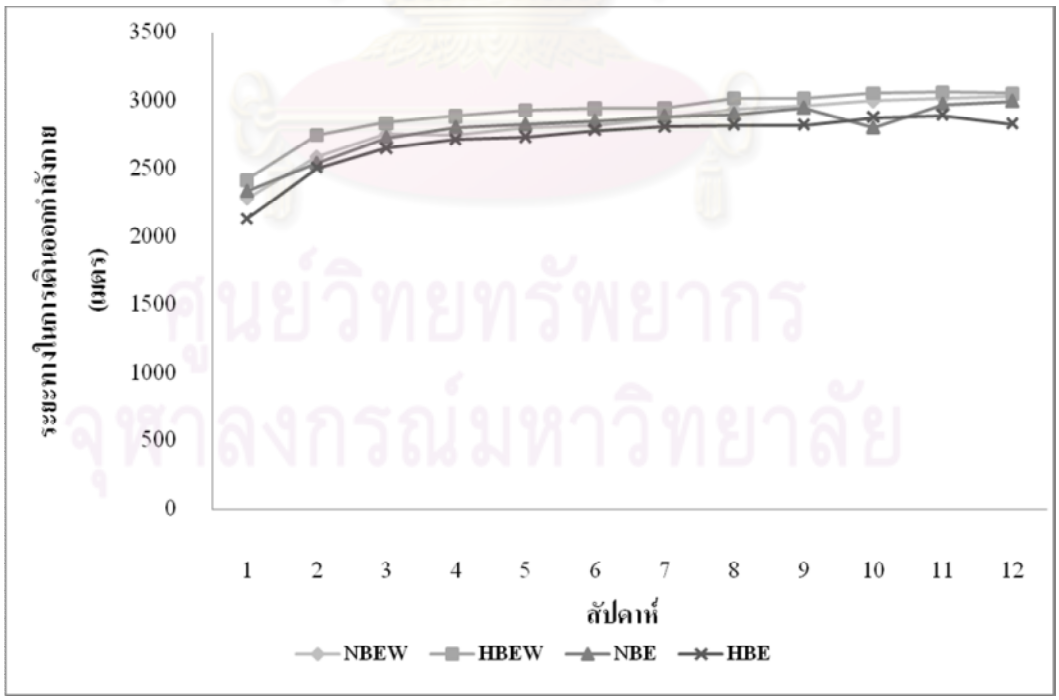
แผนภูมิ แสดงอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะเดินออกกำลังกาย 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม



แผนภูมิ แสดงพลังงานที่ใช้ขณะเดินออกกำลังกายเฉลี่ย 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

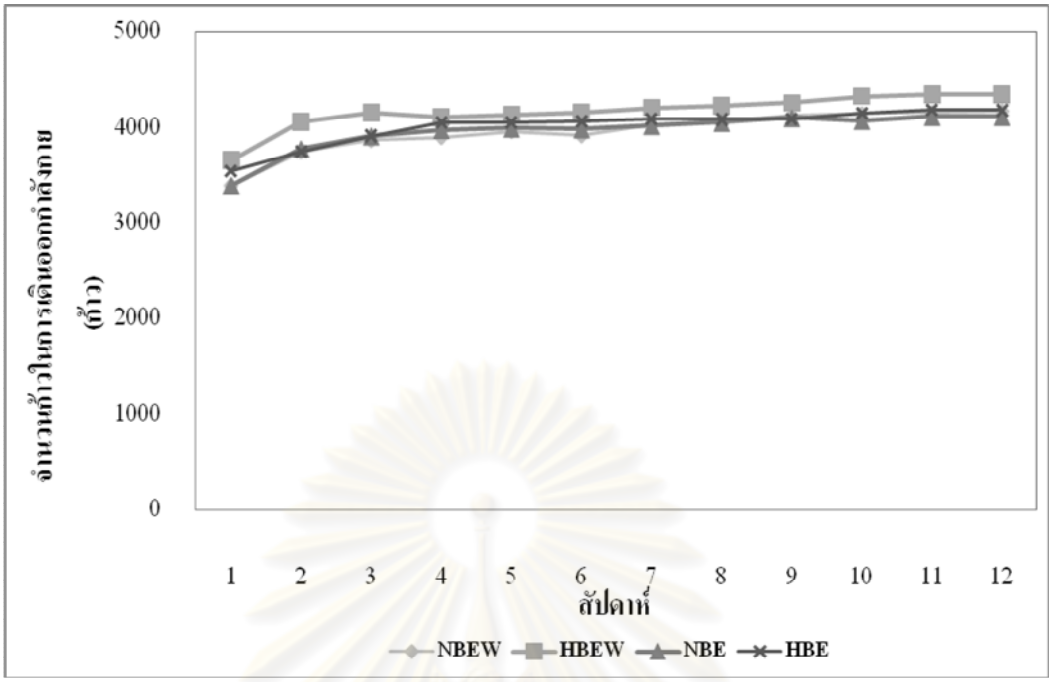


แผนภูมิ แสดงความเร็วที่ใช้ขณะเดินออกกำลังกายเฉลี่ย 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม



แผนภูมิ แสดงระยะทางที่ใช้ขณะเดินออกกำลังกายเฉลี่ย 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิ แสดงจำนวนก้าวที่ใช้ขณะเดินออกกำลังกายเฉลี่ย 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

ข้อมูลจำนวนครั้งในการเดินออกกำลังกาย 12 สัปดาห์
ของทุกกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 NBEW, กลุ่มที่ 2 HBEW, กลุ่มที่ 3 NBE และกลุ่มที่ 4 HBE)

ตาราง แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งในการเดินออกกำลังกาย ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ยจำนวนครั้งที่ออกกำลังกาย	คิดเป็นร้อยละ (จำนวน 36 ครั้ง)
กลุ่มที่1 NBEW	25.75	71.53
กลุ่มที่ 2 HBEW	25.58	71.05
กลุ่มที่ 3 NBE	24.73	68.69
กลุ่มที่ 4 HBE	23.85	64.34

ภาคผนวก ฒ

ข้อมูลประวัติสุขภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลประวัติสุขภาพ

ประวัติสุขภาพ	กลุ่ม								ร้อยละโดยรวม (n=48)
	กลุ่ม NBEW จำนวน		กลุ่ม HBEW จำนวน		กลุ่ม NBE จำนวน		กลุ่ม HBE จำนวน		
	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	
1. ส่วนสูงที่เปลี่ยนแปลง	0	0	1	2.1	0	0	0	0	2.1
2. โรคประจำตัว (รวม)	2	4.2	6	12.5	3	6.3	8	16.7	39.6
2.1 โรคไต	0		0		0		1		
2.2 โรคตับ	0		0		0		0		
2.3 โรคความดันโลหิต	1		2		0		1		
2.4 โรคหัวใจ	0		0		0		0		
2.5 โรคอื่นๆ	1		4		3		6		
3. ประวัติครอบครัว เคยมีบุคคลในครอบครัวกระดูกหักหรือได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคกระดูกพรุนหรือไม่									
3.1 มี	4	8.3	1	2.1	0	0	3	6.3	16.7
3.2 ไม่มี	8	16.7	11	22.9	11	22.9	10	22.9	83.3
4. ประวัติของท่านเคยกระดูกหักจากการล้มเล็กน้อยเมื่อมีอายุระหว่าง 20–ปัจจุบัน									
4.1 เคย	0	0	0	0	0	0	1	2.1	2.1
4.2 ไม่เคย	12	25	12	25	11	22.9	12	25	97.9
5. ประวัติการมีประจำเดือน									
5.1 เริ่มมีประจำเดือนเมื่ออายุ (ปี) *	13.5	-	13.8	-	13.7	-	13.8	-	-
5.2 สม่ำเสมอทุกเดือน	11	22.9	10	20.8	11	22.9	11	22.9	89.5
5.3 ไม่สม่ำเสมอ	1	2.1	2	4.2	0	0	2	4.2	10.5
<u>ปริมาณประจำเดือน</u>									
5.4 ปกติ	11	22.9	11	22.9	11	22.9	11	22.9	91.6
5.5 มากกว่าหรือน้อยกว่าปกติ	1	2.1	1	2.1	0	0	2	4.2	8.4
<u>สำหรับผู้ที่เริ่มหมดหรือหมดประจำเดือนแล้ว</u> (รวม)	1	2.1	4	8.3	2	4.2	9	18.8	33.4
5.6 น้อยกว่า 1 ปี	0	0	1	2.1	1	2.1	4	8.3	12.5
5.7 1 - 5 ปี	1	2.1	1	2.1	1	2.1	4	8.3	14.6
5.8 5 – 10 ปี	0	0	2	0	0	0	1	2.1	6.3
5.9 มากกว่า 10 ปี	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางแสดงข้อมูลประวัติสุขภาพ (ต่อ)

ประวัติสุขภาพ	กลุ่ม								ร้อยละโดยรวม (n=48)
	กลุ่ม NBEW จำนวน		กลุ่ม HBEW จำนวน		กลุ่ม NBE จำนวน		กลุ่ม HBE จำนวน		
	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	
6 หลังหมดประจำเดือนได้รับฮอร์โมนเพศเสริมหรือไม่ (เฉพาะผู้ที่หมดประจำเดือนแล้ว)									
6.1 ไม่เคยได้รับ	1	2.1	3	6.3	2	4.2	9	18.8	31.3
6.2 เคยได้รับ	0	0	1	2.1	0	0	0	0	2.1
6.2.1 หมดประจำเดือนๆแรก	0	0	1	2.1	0	0	0	0	2.1
6.2.2 หมดประจำเดือนนานแล้ว	0		0		0		0		0
<u>รูปแบบของยาฮอร์โมนเพศที่ได้รับ</u>									
6.2.3 ยารับประทาน	0		1		0		0		2.1
6.2.4 ยาทา	0		0		0		0		0
6.2.5 อื่นๆ	0		1		0		0		2.1
7 เคยทำการผ่าตัดรังไข่ออกทั้งสองข้างใช่หรือไม่									
7.1 ไม่เคย	11	22.9	9	18.8	11	22.9	13	27.1	91.7
7.2 เคย	1	2.1	3	6.3	0	0	0	0	8.3
7.2.1 อายุ (ปี) *	46	-	44	-	-	-	-	-	-
8 ประวัติการใช้ยาคุมกำเนิด									
8.1 ไม่เคย	6	12.5	10	20.8	6	12.5	6	12.5	58.3
8.2 เคย โดยใช้	6	12.5	2	4.2	5	10.4	7	14.6	41.7
8.2.1 ชนิดรับประทาน	5	10.4	1	2.1	5	10.4	6	12.5	35.4
8.2.2 ชนิดฉีด	1	2.1	1	2.1	0	0	2	2.1	8.3
9 ประวัติการดื่มนม									
9.1 ไม่ดื่ม	3	6.3	5	10.4	1	2.1	1	2.1	2.1
9.2 ดื่มไม่สม่ำเสมอ	7	14.6	7	14.6	7	14.6	12	25	25
9.2.1 จำนวน (แก้ว) *	2.1	-	1.7	-	1.9	-	2.2	-	-
9.2.2 ระยะเวลา (ปี) *	1.7	-	4.3	-	14.3	-	4.1	-	-
9.3 ดื่มสม่ำเสมอ	2	4.2	0	0	3	6.3	0	0	0
9.3.1 จำนวน (แก้ว) *	1.5	-	0	-	1.3	-	0	-	-
9.3.2 ระยะเวลา (ปี) *	6.5	-	0	-	15.7	-	0	-	-

ตารางแสดงข้อมูลประวัติสุขภาพ (ต่อ)

ประวัติสุขภาพ	กลุ่ม								ร้อยละโดยรวม (n=48)
	กลุ่ม NBEW จำนวน		กลุ่ม HBEW จำนวน		กลุ่ม NBE จำนวน		กลุ่ม HBE จำนวน		
	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	
10 การออกกำลังกาย									
10.1 ไม่ออกกำลังกาย	5	10.4	4	8.3	2	4.2	0	0	22.9
10.2 ออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ	5	10.4	5	10.4	8	16.7	11	22.9	60.4
10.3 ออกกำลังกายสม่ำเสมอ	2	4.2	3	6.3	1	2.1	2	4.2	16.7
11 การรับแสงแดด									
11.1 ไม่สม่ำเสมอ	9	18.8	10	20.8	3	6.3	10	20.8	66.7
11.1.1 ระยะเวลา(นาที) *	11.9	-	9	-	18.3	-	10.5	-	-
11.2 สม่ำเสมอ	3	6.3	2	4.2	8	16.7	3	6.3	33.3
11.2.1 ระยะเวลา(นาที) *	33.3	-	25	-	20.1	-	15	-	-
12 การรับประทานแคลเซียม และผลิตภัณฑ์จากแคลเซียม หรือวิตามินดี									
12.1 ไม่รับประทาน	9	18.8	9	18.8	7	14.6	5	10.4	62.5
12.2 รับประทานบางครั้ง	3	6.3	2	4.2	4	8.3	7	14.6	33.3
12.3 รับประทานสม่ำเสมอ	0	0	1	2.1	0	0	1	2.1	4.2
12.3.1 ปริมาณ (มล./วัน) *	0	-	350	-	0	-	500	-	-
13 ท่านเคยใช้ยาข้อใดเป็นประจำในรอบ 1 ปี ที่ผ่านมา									
13.1 ไม่เคยใช้ยาชนิดใดเป็นประจำ	6	12.5	10	20.8	7	14.6	10	20.8	68.8
13.2 เคย	6	12.5	2	4.2	4	8.3	3	6.3	31.3
<u>ระบุประเภทยา</u>									
13.2.1 ไทรอยด์ฮอร์โมน	1	2.1	0	0	0	0	1	2.1	4.2
13.2.2 เฮฟฟารีน	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.2.3 เสตียรอยด์	0	0	1	2.1	0	0	0	0	2.1
13.2.4 ยากันชัก	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.2.5 เตตราไซคลิน	0	0	1	2.1	0	0	0	0	2.1
13.2.6 ยาลูกกลอน	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.2.7 อื่นๆ	4	8.3	2	4.2	2	4.2	2	4.2	20.8
13.2.8 ไม่ทราบ	1	2.1	0	0	2	4.2	0	0	6.3
14 รายละเอียดอื่นๆ (โปรดระบุ เช่น มีอาการปวดหลัง ปวดเข่า เป็นต้น)	6	12.5	6	12.5	5	10.4	7	14.6	50

หมายเหตุ: เครื่องหมาย * แสดงถึงจำนวนเฉลี่ยของข้อมูลประวัติสุขภาพ แต่ไม่ได้แสดงเป็นจำนวนร้อยละ

ภาคผนวก ณ

ข้อมูลก่อนการทดลองของทุกกลุ่ม (กลุ่มตัวอย่างจำนวน 63 คน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลก่อนการทดลองของทุกกลุ่ม (กลุ่มตัวจำนวน 63 คน)

ข้อมูล	กลุ่ม			
	กลุ่มที่ 1 (NBEW)	**กลุ่มที่ 2 (HBEW)**	**กลุ่มที่ 3 (NBE)**	**กลุ่มที่ 4 (HBE)**
1. จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คน)	15	15	17	16
2. อายุ (ปี)	39.67	45.07	40.76	46.12
3. น้ำหนัก (กก.)	57.06	57.06	55.55	55.51
4. ส่วนสูง (ซม.)	156.53	156.97	156.29	156.00
5. ค่าการสร้างของกระดูก (P1NP) (ng./ml.)	33.55	52.17	29.46	55.86
6. ค่าการสลายของกระดูก (β-crossLaps) (ng./ml.)	0.223	0.472	0.215	0.482
7. ความหนาแน่นของกระดูกส้นเท้า (ข้างขวา)				
7.1 ค่า T-Score	-0.47	-0.72	-0.21	-0.63
7.2 BMD.	0.521	0.497	0.545	0.507

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ด
วิธีการใช้เครื่องนับก้าว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการใช้เครื่องนับก้าว

เครื่องมือ

1. เครื่องนับก้าว ยี่ห้อ โอมรอน รุ่น HJ-113

วิธีการ

1. ใช้ปลายปากกาหรือวัตถุปลายแหลม กดที่ปุ่ม reset ด้านหลังเครื่อง ข้อมูลทั้งหมดจะถูกลบทิ้ง
2. กดปุ่ม set จำนวน 4 ครั้งเพื่อให้เครื่องนับก้าว พร้อมสำหรับการใช้งาน (หน้าจอจะขึ้นเลข 0 และมีคำว่า step อยู่ด้านล่าง)
3. นำเครื่องนับก้าวใส่ในกระเป๋ากางเกง (ใส่ในแนวตั้ง) หรือติดไว้ด้านข้าง

การบันทึก

หลังจากออกกำลังกายครบ 30 นาที บันทึกจำนวนก้าวที่ปรากฏบนหน้าจอ

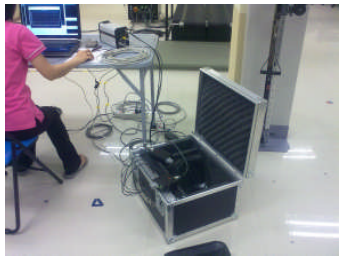
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ต
ข้อมูลการทดสอบแรงปฏิกริยาที่กระทำต่อพื้นในแนวดิ่งขณะเดินบนลู่วิ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลการทดสอบแรงปฏิกริยาที่กระทำต่อพื้นในแนวดิ่งขณะเดินบนลู่วิ่ง

<u>เครื่องมือ</u>

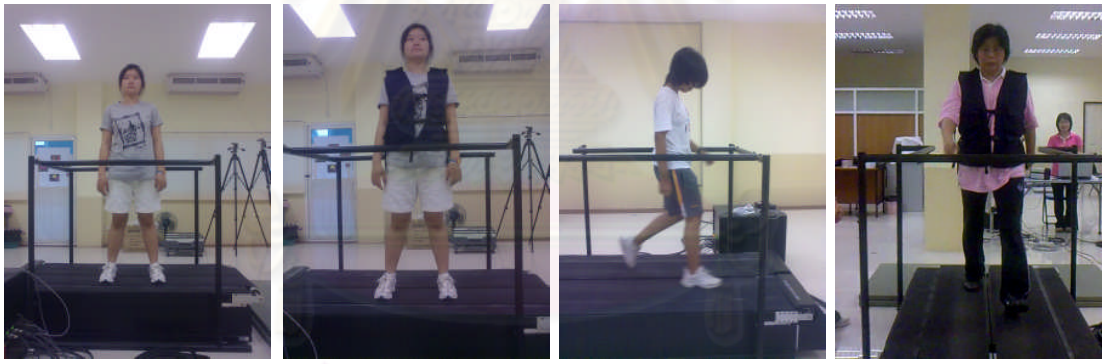


1. เครื่องลู่วิ่งไฟฟ้าที่มีแผ่นวัดแรงอยู่ใต้สายพาน (treadmill with force plate)
2. โปรแกรม QUALISYS

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

1. ผู้เข้าร่วมการทดลองยืนชั่งน้ำหนักตัวบนลู่วิ่งโดยไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก
2. ผู้เข้าร่วมการทดลองยืนชั่งน้ำหนักตัวบนลู่วิ่งโดยใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก
3. ผู้เข้าร่วมการทดลองเดินบนลู่วิ่งขณะไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก
4. ผู้เข้าร่วมการทดลองเดินบนลู่วิ่งขณะใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก

สถานที่ทำการทดสอบ: สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา สำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการ



* ทำการบันทึกผลแรงปฏิกริยาที่กระทำต่อพื้นในแต่ละขั้นตอน โดยโปรแกรม QUALISYS ความเร็วที่ใช้ในการเดิน คือ 5.4 กิโลเมตร/ชั่วโมง ทำการบันทึกข้อมูล 30 วินาที*

<u>ขั้นตอนในการวิเคราะห์</u>

1. ผู้วิจัยได้เลือกแรงปฏิกริยาสูงสุดในแนวดิ่งของก้าวข้างขวา และข้างซ้าย จำนวน 10 ก้าว ของผู้เข้าร่วมทั้งหมด 11 คน
2. นำแรงปฏิกริยาของก้าวข้างขวา และข้างซ้าย มาหาค่าเฉลี่ย
3. นำค่าเฉลี่ยของก้าวทั้ง 2 ข้างของผู้เข้าร่วมทั้งหมด 11 คน มาหาเฉลี่ยในแต่ละก้าว
4. หาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างแรงปฏิกริยาขณะใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแรงปฏิกริยาต่อพื้นในแนวดิ่งขณะเดินบนลู่วิ่ง

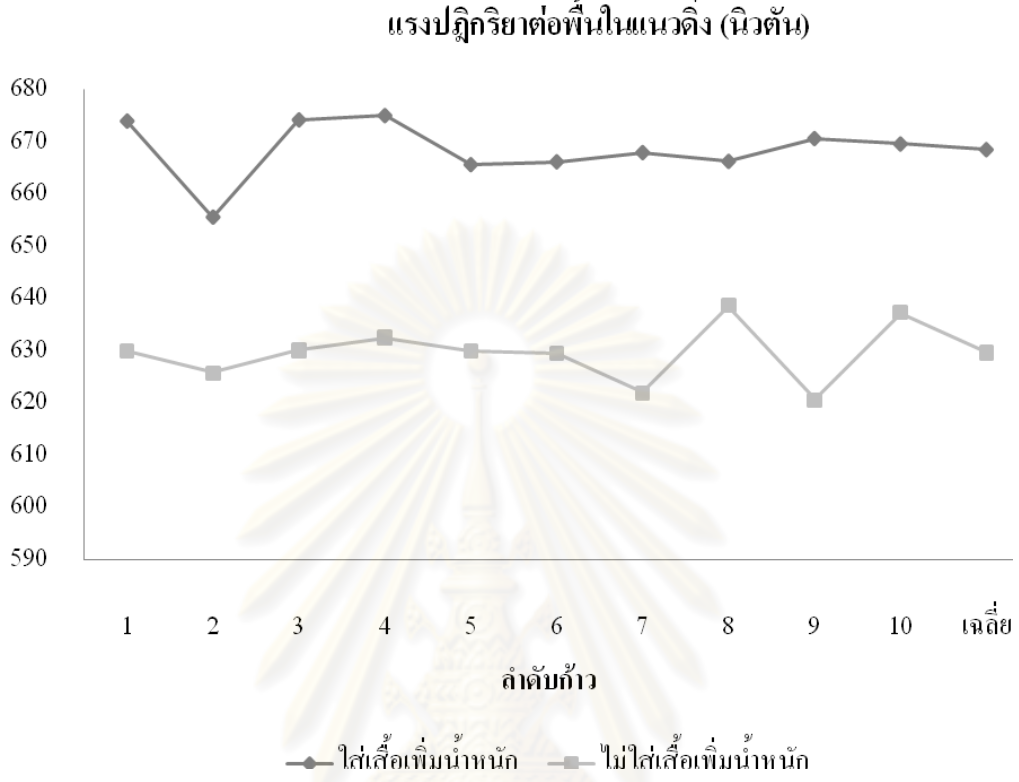
น้ำหนักตัว

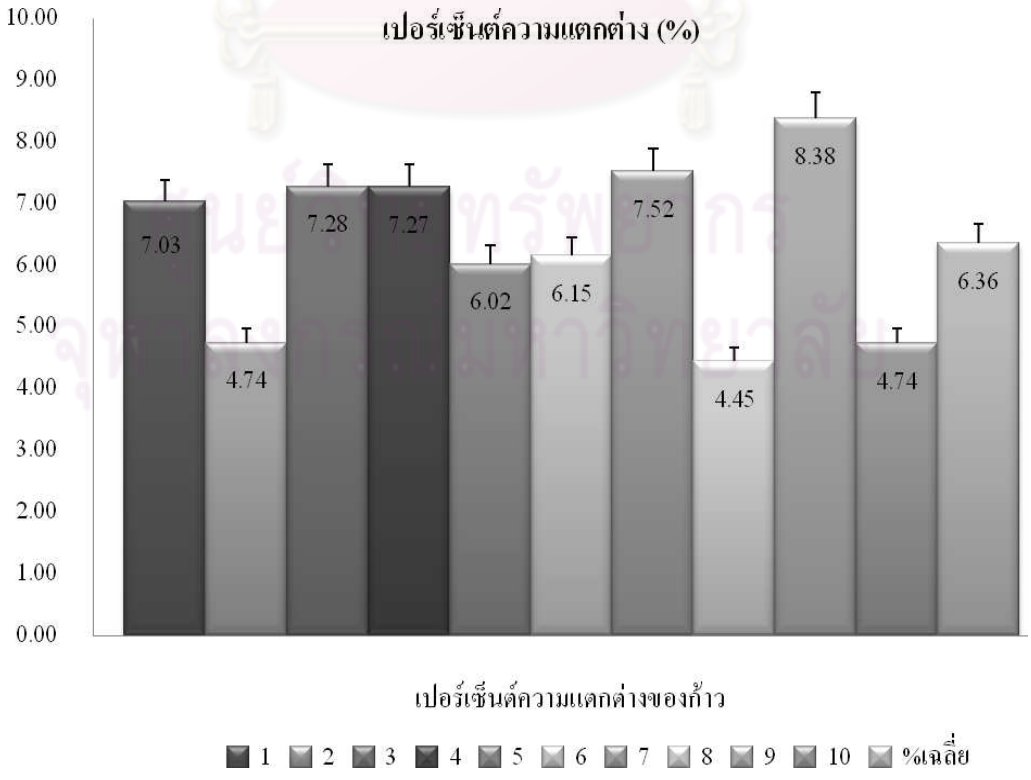
น้ำหนักตัว (นิวตัน)	น้ำหนักตัวขณะใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก (นิวตัน)	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง
504.86	543.01	7.56

แรงฏิกริยาต่อพื้นในแนวดิ่งขณะเดินบนลู่วิ่ง

ลำดับก้าว	ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก n=11 (นิวตัน)	ไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก n=11 (นิวตัน)	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของก้าว
1	673.99	630.00	7.03
2	655.62	625.77	4.74
3	674.23	630.10	7.28
4	675.04	632.57	7.27
5	665.66	629.93	6.02
6	666.20	629.54	6.15
7	667.97	621.98	7.52
8	666.28	638.61	4.45
9	670.65	620.64	8.38
10	669.60	637.31	4.74
เฉลี่ย	**668.52**	**629.64**	**6.36**

แผนภูมิแสดงข้อมูลแรงปฏิกริยาต่อพื้นในแนวดิ่งขณะเดินบนลู่วิ่ง ขณะใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก





ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล	:	นางสาวนิศากร ตันติวิบูลชัย
เกิดวันที่	:	13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2528
สถานที่เกิด	:	ภูเก็ต
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	:	87 ถนนราษฎร์บำรุง อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา 82110

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา	จากโรงเรียนสุทธินอนุสรณ์ จ.พังงา ปีการศึกษา 2540
สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา	จากโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย จ.ตรัง ปีการศึกษา 2546
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา เกียรตินิยมอันดับ 2 จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2550
เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท	ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย