

การเปรียบเทียบระหว่างผลของการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็งต่อการสลาย  
มวลกระดูก, สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน

นายวิทวัส สุขแก้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

A COMPARISON BETWEEN THE EFFECTS OF AEROBIC DANCE TRAINING ON MINI  
TRAMPOLINE AND HARD SURFACE ON BONE RESORPTION, HEALTH-RELATED  
PHYSICAL FITNESS AND BALANCE IN WORKING WOMEN

Mr. Wittawat Sukkeaw

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 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเปรียบเทียบระหว่างผลของการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิ  
แทรมโพลินและบนพื้นแข็งต่อการสลายมวลกระดูก,  
สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน

โดย

นายวิวัฒน์ สุขแก้ว

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์การกีฬา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพชร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ศาสตราจารย์คลินิก เกียรติคุณ นายแพทย์ ณรงค์ ภูณยะรัตเวช

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทราภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจลิม ชัยวัชรภรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพชร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ศาสตราจารย์คลินิก เกียรติคุณ นายแพทย์ณรงค์ ภูณยะรัตเวช)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิต คณิงสุขเกษม)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.สุดา กาญจนะวณิชย์)

วิทวัส สุขแก้ว : การเปรียบเทียบระหว่างผลของการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรัมโพลีนและบนพื้นแข็งต่อการสลายมวลกระดูก, สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน.

(A COMPARISON BETWEEN THE EFFECTS OF AEROBIC DANCE TRAINING ON MINI TRAMPOLINE AND HARD SURFACE ON BONE RESORPTION, HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS AND BALANCE IN WORKING WOMEN) อ.ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพชร, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ศ.คลินิก  
เกียรติคุณ นพ.ณรงค์ บุษยะรัตเวช, 231 หน้า.

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรัมโพลีนและพื้นแข็งต่อการสลายมวลกระดูก, สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครหญิงวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี และเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 63 คน โดยเข้ากลุ่มตามความสมัครใจ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรัมโพลีน 21 คน กลุ่มฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง 21 คน และกลุ่มควบคุม 21 คน กลุ่มที่ฝึกเดินแอโรบิกจะทำการฝึกเดินแอโรบิกพร้อมทั้งคาดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ความหนักของการออกกำลังกายคือ 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ครั้งละ 40 นาที 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมใช้ชีวิตประจำวันประกอบกับกิจกรรมทางกายตามปกติ เก็บข้อมูลทั้งก่อนและหลังการทดลอง ได้แก่ ทดสอบข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา การสร้างมวลกระดูก (PINP) การสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) สุขสมรรถนะ และการทรงตัว นำผลที่ได้จากการทดลองทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลองมาวิเคราะห์หาความแตกต่าง ภายในกลุ่มโดยทดสอบค่าทีแบบรายคู่ ( Paired t-test) และเปรียบเทียบ ระหว่างกลุ่มด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัยพบว่าหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มที่ออกกำลังกายทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าการสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) ลดลง และค่าการสร้างมวลกระดูก (PINP) เพิ่มขึ้น รวมทั้ง สุขสมรรถนะ และการทรงตัวดีขึ้น เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่กลุ่มที่เดินแอโรบิกบนมินิแตรัมโพลีนเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เดินแอโรบิกบนพื้นแข็งพบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และการทรงตัวดีกว่า และยังพบแรงกดของเท้าบนมินิแตรัมโพลีนมีน้อยกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า การเดินแอโรบิกบนมินิแตรัมโพลีนและบนพื้นแข็งมีผลต่อสารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัว แต่ในการเดินแอโรบิกบนมินิแตรัมโพลีนจะช่วยให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และการทรงตัวดีกว่า และลดการบาดเจ็บของข้อต่อจากแรงกดได้ดี ซึ่งเป็นการออกกำลังกายทางเลือกใหม่ของหญิงวัยทำงานทั่วไปได้

สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์การกีฬา..... ลายมือชื่อนิติ.....  
ปีการศึกษา.....2555..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....  
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

## 5478325739: MAJOR SPORTS SCIENCE

KEYWORDS : AEROBIC DANCE ON MINI TRAMPOLINE/ AEROBIC DANCE ON HARD SURFACE/ BONE RESORPTION ( $\beta$ -CrossLaps)/ HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS/ BALANCE/ WORKING WOMEN

WITTAWAT SUKKEAW: A COMPARISON BETWEEN THE EFFECTS OF AEROBIC DANCE TRAINING ON MINI TRAMPOLINE AND HARD SURFACE ON BONE RESORPTION, HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS AND BALANCE IN WORKING WOMEN. ADVISOR: THANOMWONG KRITPET, Ph.D., CO-ADVISOR: PROF. NARONG BUNYARATAVEJ, M.D., 231 pp.

The purpose of this study was to compare the effect of aerobic dance training on mini trampoline and hard surface on bone resorption health-related physical fitness and balance in working women. This study consisted of 63 female volunteers from Chulalongkorn University aged between 35-45 years and were divided into 3 groups. The subjects were, assigned to the following groups: a) aerobic dance on mini trampoline (21 females), b) aerobic dance on hard surface (21 females) and c) control group (21 females). All aerobic dance groups wore heart rate monitor during exercise. Aerobic dance group worked out three times per week, 40 minutes a day and for 12 weeks. The intensity was 60-80% of the maximum heart rate. The control group engaged in routinely physical activity. The collected data were bone formation (N-terminal propeptide of procollagen type I: P1NP) bone resorption (Telopeptide crosslinked:  $\beta$ -CrossLaps) health-related physical fitness and balance data. The obtained data from pre and post training were compared and analyzed by paired samples t-test and analysis of covariance, by using test a significant difference at .05 level.

The results of this study were as follow: after 12-weeks of training, the biochemical bone markers on mini trampoline and on hard surface aerobic dance training subjects were lower in bone resorption ( $\beta$ -CrossLaps) and increasing bone formation (P1NP), health-related physical fitness and balance were significantly different at .05 levels when compared to the control group. The aerobic dance on mini trampoline showed that leg muscular strength and balance were significantly better than aerobic dance on hard surface at .05 level.

In conclusion, the aerobic dance on mini trampoline and hard surface had the positive effects on biochemical bone markers. However, the aerobic dance on mini trampoline had more leg muscular strength and balance and reduced injuries of the joints. It is considered to be a new alternative exercise programs for working women.

Field of Study :.....Sports Science.....Student’s Signature : .....

Academic Year :.....2012.....Advisor’s Signature : .....

Co-advisor’s Signature : .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับคำแนะนำคำปรึกษาและความเมตตาจากรองศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์กฤษณ์เพ็ชรอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักและศาสตราจารย์คลินิกเกียรติคุณนายแพทย์ณรงค์บุนนาคเขตเวช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชรภรณ์, รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิต คณิงสุขเกษม และ อาจารย์ ดร.สุดา กาญจนะวณิชย์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ข้อคิดคำแนะนำและตรวจแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้อง และมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทிரภรณ์, อาจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ หล่อศิริรัตน์ , ดร.นพ.ณกาส ผ่องอักษร , อาจารย์ ดร.สุดา กาญจนะวณิชย์ และ นพ.อืด ลอประยูร ผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้ความกรุณาในการตรวจพิจารณาเครื่องมือให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไข

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่านที่ให้ความรู้และคำแนะนำข้อคิดเห็นต่างๆ ที่ดีเสมอมาคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทำวิจัย รวมทั้งทุนสนับสนุนคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา และทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยสำหรับการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอดและขอขอบคุณเพื่อนร่วมทั้งรุ่นพี่และรุ่นน้องคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาที่ให้คำแนะนำความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวโดยเฉพาะอย่างยิ่งนางสาวกนกพร แซ่เอ็ง และนางจ้อย แซ่ลั่ว ผู้เป็นมารดาและอาแม่ ที่ให้การสนับสนุนในเรื่องการศึกษาให้คำแนะนำ อบรมสั่งสอนตลอดจนเป็นแบบอย่างในการดำรงชีวิตและเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่งส่งผลให้สามารถประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฏ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฒ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
คำถามการวิจัย.....	5
สมมติฐานของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	6
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	7
เงื่อนไขในการออกกำลังกาย.....	7
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	7
ประโยชน์ที่ได้.....	9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
เอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	10
การเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการในวัยผู้ใหญ่.....	10
สรีรวิทยาของกระดูก.....	12
โรคกระดูกพรุน.....	23
การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน.....	30

บทที่	หน้า
การวินิจฉัยโดยการตรวจวัดทางชีวเคมีของการสร้าง และการสลายของ กระดูก.....	33
การป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุน.....	38
การออกกำลังกายแบบลงน้ำหนักกับมวลกระดูกทั้งบนพื้นแข็ง และบน มินิแทรมโพลีน.....	40
การเดินแอโรบิก.....	44
สมรรถภาพทางกายหรือสุขสมรรถนะ.....	48
การทรงตัวและระบบรับรู้การทรงตัว.....	52
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	54
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	61
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	62
ประชากร.....	62
กลุ่มตัวอย่าง.....	62
เกณฑ์การคัดเลือกผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....	62
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	65
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	67
ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง.....	68
สรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	73
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	74
ประโยชน์ที่ได้รับ.....	74
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	75
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	116
สรุปผลการวิจัย.....	117
อภิปรายผลการวิจัย.....	118
ข้อเสนอแนะ.....	124
รายการอ้างอิง.....	125
ภาคผนวก.....	135



ภาคผนวก ก ใบรับรองโครงการวิจัย.....	136
ภาคผนวก ข ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....	138
ภาคผนวก ค หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย.....	147
ภาคผนวก ง แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย.....	150
ภาคผนวก จ แบบคัดเลือกอสาสมัคร.....	152
ภาคผนวก ฉ แบบสอบถามประวัติสภาพทั่วไป.....	154
ภาคผนวก ช เครื่องตรวจวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกที่สันเท้า.....	157
ภาคผนวก ซ วิธีการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา.....	159
ภาคผนวก ฌ แบบทดสอบการทรงตัว.....	170
ภาคผนวก ฎ มินิแทรม โพลีน.....	172
ภาคผนวก ฏ การทดสอบแรงกดของเท้าบนมินิแทรม โพลีนและบนพื้นแข็ง.....	174
ภาคผนวก ฐ แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และ สุขสมรรถนะ.....	180
ภาคผนวก ส แบบบันทึกการทดสอบสารชีวเคมีของกระดูกและการทรงตัว.....	183
ภาคผนวก ฮ โปรแกรมการเดินแอโรบิกบนมินิแทรม โพลีนและบนพื้นแข็ง.....	185
ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการออกกำลังกาย.....	218
ผลการประเมินในการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหา.....	219
ใบประกาศเชิญชวนอาสาสมัคร.....	226
แผ่นพับใบความรู้.....	228
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	231

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าปกติของระดับ “Bone markers” ในสตรีวัยเจริญพันธุ์.....	35
2	แสดงวิธีคำนวณเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของการสร้างทั้งก่อน และหลังการ รักษากระดูก.....	36
3	แสดงดำเนินการทดลอง.....	71
4	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทาง เดียวของข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบน มินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม.....	77
5	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้การทดสอบค่าที่ แบบรายคู่ (Paired t-test) ค่าการสร้างมวลกระดูก (PINP) และการสลายมวล กระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดิน แอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม.....	78
6	ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูก (PINP) และการสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) ระหว่างก่อน การทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรม โพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม.....	80
7	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการ สร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value){(PINP)/( $\beta$ -CrossLaps)}x 0.31 ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการ ทดลอง 12 สัปดาห์ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้น และกลุ่มควบคุม.....	81
8	ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูก เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value){(PINP)/( $\beta$ - CrossLaps)}x 0.31 ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิก บนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม.....	83

ตารางที่		หน้า
9	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าการ สร้างมวลกระดูก และการสลายมวลกระดูก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของ กลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้น แข็ง และกลุ่มควบคุม เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม.....	84
10	ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูก โดยวิธีของ บอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโร- บิกบน มินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม.....	85
11	ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูก โดยวิธี ของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโร- บิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่ม ควบคุม.....	86
12	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่า การสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value){(P1NP)/(β-CrossLaps)}x 0.31 หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่ม ที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม.....	87
13	ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของการสร้างมวลกระดูกเมื่อ เทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value){(P1NP)/(β- CrossLaps)}x 0.31 โดยวิธีของ บอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโร- บิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม.....	88
14	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่า พื้นฐานทางสรีรวิทยา สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ก่อนการทดลอง และ หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรม โพลีน.....	89
15	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่า พื้นฐานทางสรีรวิทยา สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ก่อนการทดลอง และ หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง.....	91

ตารางที่	หน้า
16	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่า พื้นฐานทางสรีรวิทยา สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ก่อนการทดลอง และ หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มควบคุม..... 93
17	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า พื้นฐานทางสรีรวิทยา ระหว่างกลุ่ม หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และ กลุ่มควบคุม เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม ..... 95
18	ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอ โรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่ม ควบคุม..... 96
19	ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ขณะพักโดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม..... 97
20	ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจคลาย ตัวขณะพักโดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และ กลุ่มควบคุม..... 98
21	ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดิน แอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่ม ควบคุม..... 99
22	ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงและความอดทน ของกล้ามเนื้อขา โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของ กลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบน พื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม..... 100

ตารางที่	หน้า	
23	<p>ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดโดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรัมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม.....</p>	101
24	<p>ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความสามารถในการทรงตัวโดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรัมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม.....</p>	102
25	<p>การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบอิสระต่อกัน (independent t-test) ของแรงกดของเท้าในท่าเดินแอโรบิกหลัก 4 ท่า ทั้งเท้าซ้ายกับเท้าขวา คือ marching, easy walk, bouncing และ hopping ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรัมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง.....</p>	103

## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	การพัฒนาการเริ่มแรกของกระดูก.....	13
2	การสร้างและการสลายกระดูก.....	20

## สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	61
2	สรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	73
3	ค่าเฉลี่ยของการสร้างมวลกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์.....	104
4	ค่าเฉลี่ยของการสลายมวลกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์.....	105
5	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการสร้างมวลกระดูก และการสลายมวลกระดูกหลังการทดลอง 12 สัปดาห์.....	105
6	ค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value) ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์.....	106
7	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value) หลังการทดลอง 12 สัปดาห์.....	106
8	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์.....	107
9	ค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกาย ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	107
10	ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	108
11	ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	108
12	ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์.....	109
13	ค่าเฉลี่ยความอ่อนตัว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์.....	109
14	ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์.....	110

## แผนภูมิที่

## หน้า

15	ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์.....	110
16	ค่าเฉลี่ยความสามารถในการทรงตัว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์.....	111
17	ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอโรบิก Marching ของแรงกดเท้าซ้าย ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอโรบิก.....	111
18	ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอโรบิก Marching ของแรงกดเท้าขวา ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอโรบิก.....	112
19	ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอโรบิก Easy walk ของแรงกดเท้าซ้าย ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอโรบิก.....	112
20	ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอโรบิก Easy walk ของแรงกดเท้าขวา ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอโรบิก.....	113
21	ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอโรบิก Bouncing ของแรงกดเท้าซ้าย ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอโรบิก.....	113
22	ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอโรบิก Bouncing ของแรงกดเท้าขวา ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอโรบิก.....	114
23	ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอโรบิก Hopping ของแรงกดเท้าซ้าย ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอโรบิก.....	114
24	ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอโรบิก Hopping ของแรงกดเท้าขวา ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอโรบิก.....	115



# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นและความสำคัญของปัญหา

จากสภาพสังคมในปัจจุบันบุคคลวัยทำงานมีทั้งในภาครัฐ ภาคเอกชน และ รัฐวิสาหกิจ ถือว่าเป็นวัยที่มีความสำคัญต่อชาติในเรื่องของการพัฒนาประเทศ และพัฒนาด้าน เศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นวัยที่มีประสิทธิภาพ มีศักยภาพในการทำงาน และมีตำแหน่งหน้าที่การทำงาน ที่มีความรับผิดชอบแต่สิ่งเหล่านี้ทำให้บุคคลวัยทำงานขาดการออกกำลังกาย บริโภคอาหารที่ไม่ ถูกต้อง รวมถึงไม่มีการดูแลส่งเสริมสุขภาพตนเองอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการล้มป่วยหรือเกิดโรค ต่างๆ ที่ตามมา อาทิเช่น เมื่อผู้หญิงเข้าสู่วัยหมดประจำเดือนจะเริ่มเกิดภาวะของโรคกระดูกบางและ โรคกระดูกพรุน

ปัจจุบันมีวิธีการป้องกันและรักษาโรคกระดูกบางและโรคกระดูกพรุนหลายวิธี เช่น การรับประทานอาหารที่ถูกต้องตามหลักโภชนาการ การจัดวางท่าทางที่ถูกต้องในการออกกำลังกาย และการใช้ยาบางชนิด การรักษาด้วยยาบางกรณีมีข้อจำกัด และอาจเกิดผลข้างเคียง นอกจากนี้ยังต้องเสียค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น การออกกำลังกายจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ประหยัด ค่าใช้จ่ายแต่การออกกำลังกายที่ถูกต้องเพื่อป้องกันการเกิดภาวะกระดูกพรุน ที่สำคัญมี 3 ชนิด ได้แก่ การออกกำลังกายที่มีการลงน้ำหนัก (weight bearing exercise) เพื่อเสริมสร้างเนื้อกระดูก โดยรวม การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (strengthening exercise) รวมทั้ง การฝึกการทรงตัว (balancing exercise) (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539; วิลโล คูปตันริตติชัยกุล, 2552) ดังนั้น หากเราเลือกวิธีการป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนที่ไม่เป็นอันตราย เพียงมีการ ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ชีวิตประจำวัน เพิ่มกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายให้มากขึ้น โดยการ ออกกำลังกาย ซึ่งนอกจากจะช่วยในเรื่องของโรคกระดูกพรุนแล้วยังส่งผลดีต่อสุขภาพร่างกายใน ด้านอื่นๆ ด้วย (นิสากร ดันติวิบูลชัย, ฅนอมวงษ์ กฤษณ์เพ็ชร และ พงศ์ศักดิ์ ยุคตะนันท์, 2553)

การเจริญเติบโตจะมีการสะสมเพิ่มปริมาณของมวลกระดูกอยู่ตลอดเวลาเห็นได้จากที่ เด็กสูงใหญ่ขึ้น ในช่วงก่อนเข้าสู่วัยรุ่นจะมีการเจริญ และสะสมมวลกระดูกมากและเร็วที่สุด หลังจากนั้นการสะสมของมวลกระดูกจะเริ่มช้าลง จนเมื่อเข้าสู่ช่วงที่เป็นผู้ใหญ่เต็มที่อายุ 25-30 ปี การสะสมของมวลกระดูกจะหยุดลง ช่วงอายุ 30-35 ปี มวลกระดูกจะเพิ่มสูงสุดจนถึงอายุประมาณ

35-40 ปี ระดับมวลกระดูกจะเริ่มลดลงอย่างช้าๆ ประมาณร้อยละ 0.5-1 ต่อปีในเพศหญิงและเพศชาย แต่ในเพศหญิงภาวะหมดประจำเดือนจะเป็นตัวเร่งทำให้เกิดการสูญเสียมวลกระดูกร้อยละ 3-5 ต่อปี องค์การอนามัยโรค (WHO, 1996) ให้คำจำกัดความของโรคกระดูกพรุนเป็นภาวะที่มีความหนาแน่นของมวลกระดูกมีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นสูงสุดของมวลกระดูกในหญิงวัยเจริญพันธุ์โดยมีค่าคะแนนมาตรฐานที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ  $-2.5$  SD สาเหตุที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุนมีหลายสาเหตุ ได้แก่ พันธุกรรม โภชนาการที่ไม่ถูกต้อง ขาดแคลเซียม ขาดวิตามินดี ฮอร์โมนอื่นๆ ลดลง ขาดการออกกำลังกายที่มีการแบกรับน้ำหนัก ขาดบางชนิด และโรคบางชนิด (พนมกร ดิษฐสุวรรณ, 2001; วรุณี เจริญศิริ, 2009; อารีรัตน์ ตั้งวรวงษ์พนา, 2540; เอี่ยมพร สกุลแก้ว, 2549) เมื่อเข้าสู่ช่วงอายุ 30 ปีขึ้นไปหากไม่มีการออกกำลังกาย หรือดูแลสุขภาพอย่างสม่ำเสมอเนื้อกระดูกจะค่อยๆ ลดลงไปพร้อมทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงในภาวะเสื่อมของอวัยวะอื่นๆ ในร่างกาย (ธวัช ประสาทฤทธา, 2549)

Phoosuwan, Kritpet, and Yuktanandana (2009) ศึกษาการฝึกโยคะแบบลงน้ำหนัก พบว่าการฝึกโยคะแบบลงน้ำหนักมีผลต่อการชะลอการสลายมวลกระดูก Tantiwiboonchai, Kritpet, and Yuktanandana (2011) ศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก พบว่าการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักในหญิงวัยทำงานมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของภาวะการสร้างของมวลกระดูก การสลายของมวลกระดูกและสุขสมรรถนะดีขึ้น ยังมีการศึกษาของ Kohrt et al. (1997) ศึกษาผลของการออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยากระทำต่อข้อต่อหรือแบบที่มีแรงปฏิกิริยากระทำต่อพื้น พบว่าการออกกำลังกายทั้งสองแบบทำให้ความหนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณสันหลัง โคนขา บริเวณกระดูกแขนเพิ่มขึ้น ส่วนบริเวณกระดูกสะโพกเพิ่มขึ้นเฉพาะการออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยากระทำต่อพื้น รวมถึงการศึกษาของ Anek, Kanungsukasem, and Bunyaratavej (2011) ศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อการสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะและการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน พบว่าการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีผลต่อการชะลอการสลายมวลกระดูกและมีแนวโน้มในการสร้างมวลกระดูกได้ดี นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาสุขสมรรถนะและความสามารถในการทรงตัวพร้อมทั้งกล่าวว่าเป็นผลดีต่อสุขภาพและช่วยลดปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุนของสตรีได้ และยังมีการศึกษาของ White et al. (1984) ศึกษาผลของการออกกำลังกายที่ส่งผลต่อกระดูกของผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน พบว่า กลุ่มที่ออกกำลังกายด้วยการเดินและการเดินเอโรบิกมีการเพิ่มขึ้นของมวลกระดูก และการศึกษาของ Kitareewan et al. (2011) ศึกษาผลการออกกำลังกายบนลู่วิ่งต่อค่าชีวเคมีของกระดูกที่ความหนาแน่นระดับปานกลางในหญิงวัยมีกระดูกและวัยหมด

ระดู พบว่าการออกกำลังกายด้วยผู้เดินที่ความหนักระดับปานกลาง ครั้งละ 30 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ สามารถลดกระบวนการสลายและการผลิตเปลี่ยนเซลล์กระดูกได้ตั้งแต่เดือนแรกจนถึงเดือนที่ 3 ภายหลังการออกกำลังกายกระบวนการสร้างเซลล์กระดูกมีแนวโน้มที่จะลดลง จากการศึกษาทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าการที่มีแรงปฏิกิริยากระทำต่อข้อต่อหรือมีแรงปฏิกิริยากระทำต่อพื้น การกระโดดขึ้นลง การเดินแอโรบิก การเดินบนลู่วิ่ง การเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก จะสามารถช่วยชะลอการสลายของมวลกระดูก รวมทั้งยังช่วยพัฒนา สุขสมรรถนะและความสามารถในการทรงตัวที่ดีขึ้น

การออกกำลังกายด้วยการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรampoline (aerobic dance training on mini trampoline) เป็นกระบวนการฝึกการเคลื่อนไหวของร่างกายแบบลงน้ำหนักมีการใช้กล้ามเนื้อทุกส่วนของร่างกายประกอบด้วยจังหวะดนตรีบนมินิแตรampolineและการฝึกแบบต่อเนื่อง จะช่วยให้ร่างกายมีสมรรถภาพทางกายที่ดีขึ้น โดยเฉพาะความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิต และระบบหายใจ ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัวและองค์ประกอบของร่างกาย ไชยวัฒน์ นามบุญลือ (2554) ศึกษาผลของการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรampolineต่อการสลายมวลกระดูกและวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน พบว่าการเดินแอโรบิกบนมินิแตรampolineมีผลต่อการชะลอการสลายมวลกระดูก ส่วนการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรampolineกลางแจ้งยังช่วยเพิ่มระดับวิตามินดี จึงช่วยลดปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุน และเป็นการออกกำลังกายทางเลือกใหม่ของหญิงวัยทำงานทั่วไปได้ Aragao et al. (2011) ศึกษาการออกกำลังกายด้วยมินิแตรampolineที่สัมพันธ์กับความมั่นคงในการเคลื่อนไหว พบว่าสามารถช่วยเพิ่มการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีภาวะความเสื่อมของร่างกาย เพิ่มอัตราการเกิดจุดหมุนที่สะโพก และลดความเสี่ยงต่อการหกล้ม ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้กระดูกหักในผู้สูงอายุ รวมทั้งงานวิจัยของ Sovellius et al. (2006) ศึกษาการเปรียบเทียบการออกกำลังกายด้วยแตรampoline และการฝึกความแข็งแรงเพื่อลดภาวะอาการเคล็ดขัดยอกของนักบินรบ พบว่าการฝึกทั้งสองรูปแบบมีประสิทธิภาพช่วยลดภาวะการเคล็ดการฉีกขาดของกล้ามเนื้อบริเวณคอ ส่วนการฝึกด้วยแตรampolineช่วยเพิ่มความสามารถในการเคลื่อนไหว การทรงตัว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ จากการศึกษาทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายและการฝึกด้วยแตรampoline มีการพัฒนาในด้านการเคลื่อนไหว การทรงตัว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ

สำหรับการออกกำลังกายบนพื้นที่แตกต่างกันมีทั้งผลดีและผลเสียที่ไม่เหมือนกัน อาทิเช่น การออกกำลังกายด้วยการวิ่ง เอชชี่ กาญจนพิทักษ์ (2549) กล่าวถึงปัจจัยที่ทำให้ข้อเข่าเสื่อมจากการวิ่ง คือ น้ำหนักตัวของผู่วิ่งมากเกินไป ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่พุงข้อเท้าไม่ดี

ความเร็วของการวิ่ง ความลาดของเส้นทางวิ่ง พื้นรองเท้าที่ใช้สวมใส่ในการวิ่งและพื้นของเส้นทางวิ่งๆ ที่ดีต้องมีชนิดของพื้นที่สามารถลดแรงกระแทกของข้อเข่าได้ เช่น พื้นยางสังเคราะห์ สนามหญ้า จะช่วยในการดูดซับแรงกระแทกได้ดีแต่จะมีราคาแพงและหาได้ยาก สำหรับพื้นคอนกรีตและพื้นที่ลาดขามะตอยจะเป็นพื้นผิวที่เรียบซึ่งเป็นสิ่งที่ดีแต่จะดูดซับแรงกระแทกได้น้อย ถ้าเป็นแผ่นคอนกรีตอัดแรงพื้นผิวนอกจากไม่เรียบแล้วยังไม่ช่วยดูดซับแรงกระแทกของข้อเข่าด้วย Roan and writer (1989) ทำการทดสอบพื้นในการเดินแอโรบิกบนพื้นหลายชนิด พบว่า พื้นที่ทำให้เท้าเกิดการบาดเจ็บมากที่สุดคือ พื้นพรมที่ปูบนคอนกรีตจะบาดเจ็บถึง 50% และพื้นกระเบื้องที่ปูบนคอนกรีตจะบาดเจ็บถึง 47% พื้นที่ดีคือพื้นผิวที่ปูด้วยเบาะหนาวางบนพรมจะบาดเจ็บ 36% และพื้นไม้ที่ปูบนพื้นที่อากาศสามารถไหลผ่านได้ (airspace) 38% และการศึกษาของ Schoor et al. (2006) ทำการศึกษาเปรียบเทียบวัสดุที่นำมาทำการป้องกันสะโพก (hip protector) ทั้งแบบแข็งและแบบอ่อนเพื่อศึกษาว่ามีอิทธิพลต่อกระดูกอย่างไร โดยนำไปทดสอบแรงกระแทก พบว่าการป้องกันสะโพกที่ทำจากวัสดุแบบแข็งและแบบอ่อนสามารถลดแรงกระแทกได้แต่แบบอ่อนจะลดแรงกระแทกได้ดีกว่า รวมถึง ไพลิน แซ่ลิม ( 2554) ทำการพัฒนาขลุ่ยพื้นเพื่อลดการแตกหักของกระดูกสะโพกในผู้สูงอายุ พบว่าขลุ่ยพื้นที่สามารถลดแรงกระแทกได้ดีที่สุดคือขลุ่ยพื้นที่เป็นโฟมยางทำจากแผ่นรมควันที่เติมสารฟู 15 phr (part per hundred of rubber) ปริมาณ โฟมยาง 80% ของแม่พิมพ์ โดยสามารถลดแรงกระแทกได้ 39% โดยเทียบกับแรง 6370 นิวตัน ซึ่งเป็นแรงที่เกิดขึ้นบริเวณกระดูกส่วนกระดูกต้นขา (femoral) ในกรณีไม่มีขลุ่ยพื้น ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า วัสดุที่ทำแบบอ่อนในการป้องกันสะโพกจะลดแรงกระแทกได้ดีกว่าวัสดุแบบแข็ง รวมทั้งการออกกำลังกายบนพื้นที่แข็งมีผลต่อการดูดซับแรงกระแทกได้น้อยกว่าบนพื้นที่ความยืดหยุ่นที่มีการดูดซับแรงกระแทกได้มากและลดการบาดเจ็บของกระดูกได้ดีกว่า

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การออกกำลังกายหรือการฝึกในรูปแบบต่างๆ มีส่วนช่วยในการพัฒนาทางด้านร่างกายที่ดีขึ้นและช่วยชะลอการสลายของมวลกระดูก แต่สิ่งที่แตกต่างของการฝึกและการออกกำลังกายคือพื้นที่ใช้ในการออกกำลังกาย
2. การออกกำลังกายด้วยการเดินแอโรบิกบนมินิแทรม โพลีมีผลต่อสารชีวเคมีของกระดูก แต่ยังไม่ทราบว่า การเดินแอโรบิกที่กระทำบนพื้นแข็งจะแตกต่างหรือให้ผลดีต่อการกระทำบนมินิแทรมโพลี การสลายของมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงานได้ดีกว่ากัน
3. ขณะนี้ยังไม่พบงานเรื่องใดที่ศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างมินิแทรม โพลีและพื้นแข็งกับในแบบการออกกำลังกายที่เหมือนกัน

4. ผู้วิจัยสนใจที่จะทำการศึกษาการออกกำลังกายในหญิงวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี ซึ่งเป็นวัยที่มวลกระดูกเริ่มลดลงอย่างช้าๆ ก่อนเข้าวัยหมดประจำเดือน โดยการออกกำลังกายด้วยการเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็งจะมีผลการชะลอการสลายมวลกระดูกและส่งเสริมสุขสมรรถนะและการทรงตัวได้เหมือนกันหรือไม่

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงทำการศึกษาเพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการออกกำลังกายบนพื้นที่แตกต่างกันว่าพื้นชนิดใดช่วยป้องกันหรือช่วยชะลอการเกิดโรคกระดูกพรุนและส่งเสริมสุขภาพ รวมทั้งยังสามารถช่วยลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บของข้อต่อได้อีกด้วย

#### คำถามของการวิจัย

1. การฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นทั้งสองชนิดทั้งบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็งจะช่วยชะลอการสลายและสามารถเพิ่มแนวโน้มในการสร้างมวลกระดูกในหญิงวัยทำงานแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร
2. การฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นทั้งสองชนิดทั้งบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็งจะช่วยให้ สุขสมรรถนะในหญิงวัยทำงานแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร
3. การฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นทั้งสองชนิดทั้งบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็งจะช่วยให้ การทรงตัวในหญิงวัยทำงานแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและพื้นแข็งต่อการสลายของมวลกระดูก, สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน

#### สมมติฐานของการวิจัย

การออกกำลังกายด้วยการเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนมีผลต่อการชะลอการสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ได้มากกว่าพื้นแข็ง

#### ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุระหว่าง 35-45 ปี ที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัย
2. เปรียบเทียบแรงกดของเท้าบนพื้นไม้ป่ากับบนพื้นมินิแทรมโพลีน

### 3. ตัวแปรที่จะศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย

3.1 ตัวแปรอิสระ (independent variables) คือ การออกกำลังกายด้วยการเดินแอโรบิก ใช้เวลาในการฝึก 12 สัปดาห์ๆละ 3 วันๆละ 40 นาที ความหนักของอัตราการเดินหัวใจ 60-80% ของอัตราการเดินหัวใจสูงสุด ประกอบด้วย

- การออกกำลังกายด้วยการเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง
- การออกกำลังกายด้วยการเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน

### 3.2 ตัวแปรตาม (dependent variables) ประกอบด้วย

- ข้อมูลทางสรีรวิทยา ประกอบด้วย น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว
- ข้อมูลเกี่ยวกับกระดูก (bone marker) ได้แก่ ค่าการสร้างของกระดูกตรวจค่า พีวันเอ็นพี (PINP) และค่าการสลายของกระดูกตรวจค่าเบต้าครอสแล็ป ( $\beta$ -CrossLaps)
- ข้อมูลสุขสมรรถนะ ได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและการหายใจ และความอ่อนตัว
- ข้อมูลการทรงตัว

### ข้อตกลงเบื้องต้น

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครที่เต็มใจเข้าร่วมการวิจัยและได้รับการชี้แจงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการวิจัยต่างๆอย่างละเอียดพร้อมทั้งลงชื่อในใบยินยอมเพื่อเข้าร่วมการวิจัย
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยต้องไม่ดื่มชาหรือกาแฟเกิน 2 แก้วต่อวัน ไม่ดื่มสุราและสูบบุหรี่
3. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยต้องไม่มีโรคหัวใจหรือโรคที่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกายด้วยการเดินแอโรบิก
4. กลุ่มตัวอย่างได้รับการออกกำลังกายตามโปรแกรมที่กำหนดและต้องไม่ทำการออกกำลังกายชนิดอื่นๆ เพิ่มเติมหรือนอกเหนือจากข้อตกลงตลอดระยะเวลาของการวิจัย
5. กลุ่มตัวอย่างมีลำดับเลขที่ของตนเองในแต่ละกลุ่มเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของกลุ่มตัวอย่าง
6. ผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมและดูแลในการออกกำลังกายด้วยการเดินแอโรบิกบนพื้นทั้งสองชนิดด้วยตนเองทุกครั้ง

## 7. ใช้สถานที่และช่วงเวลาที่ทำการทดลองเดียวกัน

### ข้อจำกัดของการวิจัย

ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมพฤติกรรมและการทำกิจกรรมในการดำรงชีวิตประจำวันของกลุ่มตัวอย่างให้เหมือนกันทั้งหมด เช่น กิจวัตรการทำงาน การรับประทานอาหาร การพักผ่อน และการนอนหลับ เป็นต้น

### เงื่อนไขในการออกกำลังกาย

1. การออกกำลังด้วยการเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และการเดินแอโรบิกบนมินิแตรมโพลีนต้องสวมใส่เป็นรองเท้าที่ใช้ในการออกกำลังกายซึ่งเป็นแบบและรุ่นเดียวกันในขณะเดิน
2. ระยะเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกาย 40 นาที แบ่งออกเป็น ช่วงอบอุ่นร่างกาย 10 นาที ช่วงเดินแอโรบิก 20 นาที และช่วงคลายอุ่นรวมทั้งยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที

### คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

**มินิแตรมโพลีน (mini trampoline)** หมายถึง อุปกรณ์ที่มีหลายขนาดอยู่ที่การเลือกใช้สามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 100 กิโลกรัม โดยมีตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 122-140 เซนติเมตร (1.22-1.40 เมตร) ขาตั้งมีความสูงจากพื้นตั้งแต่ 21.5-28 เซนติเมตร โดยมีจำนวนขาตั้งประมาณ 6-8 ตัว สปริงยึดความมั่นคงและเพิ่มความยืดหยุ่นมีตั้งแต่ 30-44 ตัว และแผ่นรองมินิแตรมโพลีนมีทั้งแบบทอสานด้วยเส้นใยในลอน และแบบโพลีเอสเตอร์ (polyester) Wikipedia (2011) กล่าวว่า มินิแตรมโพลีนใช้ฝึกเพื่อพัฒนาทางด้านสุขสมรรถนะของร่างกาย และไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในกิจกรรมประเภทแข่งขัน ในการวิจัยในครั้งนี้จะใช้ขนาดมินิแตรมโพลีนเหมือนงานวิจัยของ ไชยวัฒน์ นามบุญลือ (2554) ที่ทำการศึกษา ผลของการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรมโพลีนต่อการสลายมวลกระดูกและวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน โดยใช้อุปกรณ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.22 เมตร มีความสูงจากพื้นประมาณ 21.5 เซนติเมตร สปริงยึดความมั่นคงและเพิ่มความยืดหยุ่น 44 ตัว และแผ่นรองมินิแตรมโพลีนทอสานด้วยเส้นใยในลอนมีความยืดหยุ่นและความทนทานสูงสามารถรับน้ำหนักได้ 100 กิโลกรัม

**พื้นแข็ง (hard surface)** หมายถึง พื้นที่ทำด้วยไม้ปาเก้ชนิดไม้ยางที่มาต่อกันจนเป็นพื้นขนาดกว้างปูไว้ ณ อาคาร จุฬาพัฒนา 10 เพื่อใช้ในการออกกำลังกายด้วยการเดินแอโรบิก

**การเต้นแอโรบิกบนมินิแตรampoline** (aerobic dance on mini trampoline) หมายถึง การออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกายด้วยการเคลื่อนไหวแบบลงน้ำหนัก มาผสมผสานสร้างเป็นรูปแบบของท่าเต้นประกอบกับจังหวะดนตรีบนมินิแตรampoline ทำแบบต่อเนื่องเป็นเวลา 40 นาที โดยแบ่งออกเป็น ช่วงอบอุ่นร่างกาย 10 นาที ช่วงเต้นแอโรบิก 20 นาที และช่วงคลายอุ่นรวมทั้งยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที

**การเต้นแอโรบิกบนพื้นแข็ง** (aerobic dance on hard surface) หมายถึง การออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกายด้วยการเคลื่อนไหวแบบลงน้ำหนัก มาผสมผสานสร้างเป็นรูปแบบของท่าเต้นประกอบกับจังหวะดนตรีบนพื้นแข็งโดยกระแทกบนพื้นไม้ปาเก้ทำแบบต่อเนื่องเป็นเวลา 40 นาที โดยแบ่งออกเป็น ช่วงอบอุ่นร่างกาย 10 นาที ช่วงเต้นแอโรบิก 20 นาที และช่วงคลายอุ่นรวมทั้งยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที

**แรงกระแทก** (impact force) หมายถึง แรงของร่างกายที่มากกระทบบนพื้นไม้ปาเก้และพื้นของมินิแตรampoline โดยตรงจนเกิดเป็นแรงปฏิกิริยาจากพื้น (ground reaction force) ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวในลักษณะของแนวตั้ง แรงที่ได้จะเป็นแรงเดียวกับที่กระแทกบนพื้นตามกฎข้อที่สามของนิวตัน คือ เมื่อวัตถุออกแรงกระทำต่อวัตถุที่ถูกกระทำจะออกแรงกระทำกลับในขนาดที่เท่ากัน (action = reaction)

**การสลายมวลกระดูก** (bone resorption) หมายถึง ภาวะที่มีการสลายกระดูกมากกว่าการสร้างกระดูกใหม่ขึ้นมาทดแทนหรืออาจมีสาเหตุอื่นๆ มาช่วยเร่งทำให้มีการสูญเสียมวลกระดูกและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนมากขึ้น (สมชาย เอื้อรัตนวงศ์, 2544)

**การตรวจโบนมาร์กเกอร์** (bone marker) หมายถึง การตรวจด้วยขบวนการเคมีพิเศษที่สามารถบอกภาวะการสลายและการสร้างมวลกระดูกได้ โดยภาวะการสลายมวลกระดูกจะมีค่าเบต้าครอสแลป ( $\beta$ -CrossLaps) ปกติอยู่ในช่วง 0.293-0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และภาวะการสร้างมวลกระดูกจะมีค่าพีวันเอ็นพี (P1NP) ปกติอยู่ในช่วง 40.78-48.35 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ณรงค์ บุญชะรัตเวช, 2550)

**การตรวจสอบการสร้างกระดูก** (bone formation) หมายถึง การตรวจสอบการสร้างมวลกระดูกที่คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ต่อการสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) แล้วคูณค่าคงตัว 0.31 (นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร) ซึ่งค่า 0.31 คือค่าเฉลี่ย



มาตรฐานของค่าการสลายมวลกระดูกของโบนมาร์กเกอร์ในหญิงวัยเจริญพันธุ์ (ณรงค์  
บุญยะรัตเวช, 2552)

**สุขสมรรถนะ** (health-related physical fitness) หมายถึง ความสามารถของร่างกายใน  
การปฏิบัติกิจกรรมต่างๆโดยปราศจากความเมื่อยล้าและปรับตัวคืนสู่สภาวะได้ปกติโดยใช้เวลา  
น้อยที่สุด มีองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ  
(cardiorespiratory endurance) ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (muscular strength and  
endurance) ความอ่อนตัว (flexibility) และองค์ประกอบของร่างกาย (body composition)

**การทรงตัว** (balance) หมายถึง ความสามารถในการรักษาสมดุลของร่างกายเอาไว้ได้  
ทั้งในขณะที่อยู่กับที่และเคลื่อนที่

**หญิงวัยทำงาน** (working women) หมายถึง กลุ่มผู้หญิงทำงานที่มีอายุ 35-45 ปี  
รอบเดือนปกติหรือขาดการมีรอบเดือนติดต่อกันไม่เกิน 2 เดือน ส่วนใหญ่ทำงานอยู่ในอาคารหรือ  
สำนักงาน

### ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงผลของการเดินแอโรบิกบนพื้นที่แตกต่างกันมีผลต่อการสลายของ  
มวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัว
2. เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการออกกำลังกายบนพื้นที่แตกต่างกันให้  
เหมาะสมกับหญิงวัยทำงานเพื่อป้องกันโรคกระดูกพรุน สุขสมรรถนะ และการทรงตัว
3. สามารถใช้เป็นทางเลือกหนึ่งต่อการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการออกกำลังกายที่ส่งผล  
ต่อการสร้างและการสลายของมวลกระดูก รวมถึงสุขสมรรถนะและการทรงตัว

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบระหว่างผลของการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็งต่อการสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงานจึงได้ทำการศึกษารวบรวมเอกสารตำราและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้โดยได้นำเสนอด้วยหัวข้อหลักต่อไปนี้

#### ก. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. การเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการในวัยผู้ใหญ่
2. สรีรวิทยาของกระดูก
3. โรคกระดูกพรุน
4. การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน
5. การวินิจฉัยโดยการตรวจวัดทางชีวเคมีของการสร้าง และการสลายของกระดูก
6. การป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุน
7. การออกกำลังกายแบบลงน้ำหนักกับมวลกระดูกทั้งบนพื้นแข็งและบนมินิแทรมโพลีน
8. การเดินแอโรบิก
9. สมรรถภาพทางกายหรือสุขสมรรถนะ
10. การทรงตัวและระบบรับรู้การทรงตัว

#### ข. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยภายในประเทศ
2. งานวิจัยในต่างประเทศ

#### ค. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

##### 1. การเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการในวัยผู้ใหญ่

ผู้ที่เติบโตจากวัยรุ่นเข้าสู่ผู้ใหญ่ และวัยผู้ใหญ่ได้ผ่านพัฒนาการตามวัยมาหลายขั้นตอน ซึ่งในแต่ละวัยมีการผ่านทั้งการพัฒนาทางด้านร่างกาย สติปัญญา จิตใจ อารมณ์ และสังคม วัยผู้ใหญ่แต่ละช่วงอายุมีการพัฒนาการต่างๆ ที่ต่างกันจนกระทั่งถึงวัยผู้ใหญ่ซึ่งสามารถ

แบ่งออกเป็น 3 ช่วงอายุ คือ (พวงเพ็ญ ชุณหปราณ, 2536; แสงจันทร์ ทองมาก, 2541; ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร และ สิทธิ พงษ์พิบูลย์, 2553)

1. อายุ 20-35 ปี เป็นระยะผู้ใหญ่ตอนต้นหรือวัยหนุ่มสาว (early-adulthood)
2. อายุ 36-60 ปี เป็นระยะวัยผู้ใหญ่ตอนกลางหรือวัยกลางคน (middle-adulthood)
3. อายุ 60 ปีขึ้นไป เป็นระยะวัยผู้ใหญ่ตอนปลายหรือวัยผู้สูงอายุ (late-adulthood/late maturity)

**การเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการในวัยผู้ใหญ่ตอนต้นหรือวัยหนุ่มสาวอายุ 20-35 ปี**  
(พวงเพ็ญ ชุณหปราณ, 2536; แสงจันทร์ ทองมาก, 2541)

วัยนี้มีความสามารถ และรู้จักค้นคว้าหาทางเลือกที่ดีสำหรับตนเอง ซึ่งเป็นระยะที่ให้เวลากับตนเองและกับคนอื่น ๆ ในการเจริญก้าวหน้า และพยายามเชื่อมโยงความยุ่งยากต่างๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อก้าวไปสู่การเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณภาพ

การเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายเมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่การเจริญเติบโตจะค่อยๆ ลดลงแต่ก็จะมี การเจริญเติบโตอีกเล็กน้อย การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้ร่างกายแข็งแรงมีความสามารถในการทำงาน อัตราการสูงอายุจะมีการพัฒนาไปในทางที่ดี อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของร่างกายจากผู้ใหญ่ตอนต้นไปถึงผู้ใหญ่ตอนกลางจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ จนบางครั้งทำให้บุคคลนั้นไม่รู้สึกร่างกายตัวเองเลยไปถึงอายุ 40 หรือ 50 ปี

**การเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการในวัยผู้ใหญ่ตอนกลางหรือวัยกลางคนอายุ 35-60 ปี**  
(แสงจันทร์ ทองมาก, 2541; อรุษา เทพพิสัย, 2546)

วัยนี้จัดว่าเป็นทรัพยากรของชาติ เพราะเป็นช่วงวัยที่อยู่ในกำลังผลิต และผ่านชีวิตที่สะสมประสบการณ์ต่างๆ ของชีวิตมากมาย จึงทำให้ประชากรวัยนี้มีทั้งความสามารถและศักยภาพในการทำงาน ซึ่งสังเกตและดูได้จากการทำงานและดำรงตำแหน่งหน้าที่ในระดับสูงของแต่ละหน่วยงาน

การเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายจะมีมากจนทำให้รู้สึกตกใจ และเป็นกังวล การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัด คือความคล่องแคล่วว่องไวทางกายและทางสมอง จะเริ่มมีการเคลื่อนไหวและคิดช้าลง ความจำเสื่อมลงรวมทั้งเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงในการมองเห็น คือสายตาสายตาจะยาวขึ้น หลอดเลือดมีความยืดหยุ่นน้อยลง โดยเฉพาะหลอดเลือดโคโรนารี เป็นเหตุให้วัยกลางคนเสี่ยงต่อ

หลอดเลือดหัวใจ และหญิงที่อยู่ในวัยหมดประจำเดือนจะขาดฮอร์โมนเอสโตรเจนซึ่งเสมือนเป็นป้องกันระดับคอเลสเตอรอลในเลือดไม่ให้สูง นอกจากนี้ยังมีเลือดที่บีบออกจากหัวใจในหนึ่งครั้ง และอัตราการกรองของไตก็น้อยลง ร่างกายมีการเผาผลาญลดลง มีการหลั่งของแคลเซียมออกจากกระดูกทำให้กระดูกบางลงและค่อยๆ เกิดกระดูกพรุนขึ้น จากการศึกษาที่แสดงว่ากระดูกพรุนทำให้หมอนรองกระดูกค่อยๆ ยุบตัวลงมักจะเกิดที่กระดูกคอและช่วงอกส่วนบน ซึ่งทำให้ร่างกายเตี้ยลงกว่าเดิม และหลังค่อม หญิงที่มีอายุ 55 ปี จะเสี่ยงต่อกระดูกหักมากกว่าชายที่อายุเท่ากัน 10 เท่า กระดูกที่เสี่ยงต่อการหักมากที่สุด ก็คือกระดูกแขน กระดูกสะโพก และกระดูกสันหลัง

### การเปลี่ยนแปลงและพัฒนาการของกระดูกในแต่ละช่วงอายุ

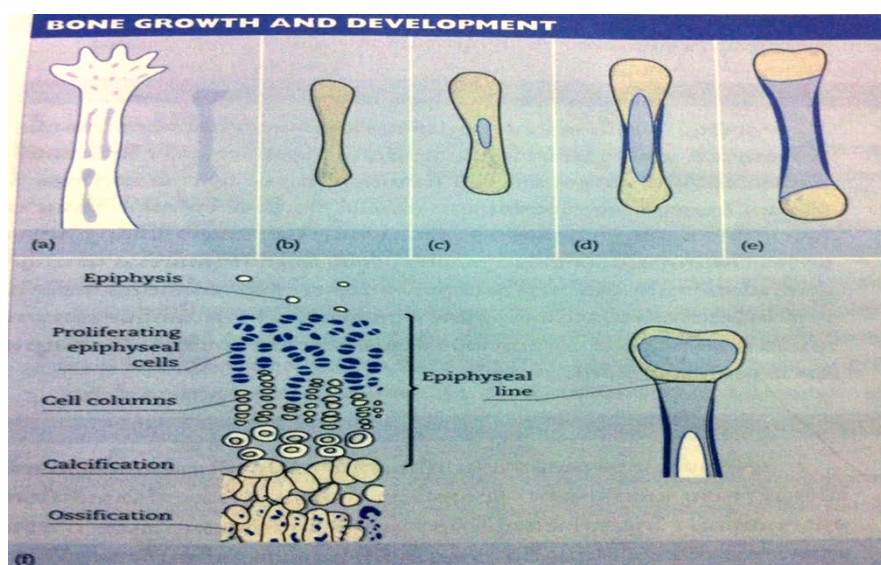
การเจริญเติบโตจะมีการสะสมเพิ่มปริมาณของมวลกระดูกอยู่ตลอดเวลาเห็นได้จากที่เด็กสูงใหญ่ขึ้น ในช่วงก่อนเข้าสู่วัยรุ่นจะมีการเจริญ และสะสมมวลกระดูกมากและเร็วที่สุด หลังจากนั้นการสะสมของมวลกระดูกจะเริ่มช้าลง จนเมื่อเข้าสู่ช่วงที่เป็นผู้ใหญ่เต็มที่อายุ 25-30 ปี การสะสมของมวลกระดูกจะหยุดลง ช่วงอายุ 30-35 ปี มวลกระดูกจะเพิ่มสูงสุดจนถึงอายุประมาณ 35-40 ปี ระดับมวลกระดูกจะเริ่มลดลงอย่างช้าๆ ประมาณร้อยละ 0.5-1 ต่อปีในเพศหญิงและเพศชาย แต่ในเพศหญิงภาวะหมดประจำเดือนจะเป็นตัวเร่งทำให้เกิดการสูญเสียมวลกระดูกร้อยละ 3-5 ต่อปี องค์การอนามัยโรค (WHO, 1996) ให้คำจำกัดความของโรคกระดูกพรุนเป็นภาวะที่มีความหนาแน่นของมวลกระดูกมีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นสูงสุดของมวลกระดูกในหญิงวัยเจริญพันธุ์โดยมีค่าคะแนนมาตรฐานที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ  $-2.5$  SD สาเหตุที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุนมีหลายสาเหตุ ได้แก่ พันธุกรรม โภชนาการที่ไม่ถูกต้อง ขาดแคลเซียม ขาดวิตามินดี ฮอร์โมนอื่นๆ ลดลง ขาดการออกกำลังกายที่มีการแบกรับน้ำหนัก ขาดบางชนิด และโรคบางชนิด (พนมกร ดิษฐสุวรรณ, 2001; วรวิทย์ เจริญศิริ, 2009; อารีรัตน์ สังวรพงษ์พนา, 2540; เอี่ยมพร สกุลแก้ว, 2549) เมื่อเข้าสู่ช่วงอายุ 30 ปีขึ้นไปหากไม่มีการออกกำลังกาย หรือดูแลสุขภาพอย่างสม่ำเสมอเนื้อกระดูกจะค่อยๆ ลดลงไปพร้อมทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงในภาวะเสื่อมของอวัยวะอื่นๆ ในร่างกาย (รัชชประสาทรุทธา, 2549)

## 2. สรีรวิทยาของกระดูก

### การพัฒนาการเริ่มแรกของกระดูก (อภิชัย คงเสรีพงศ์, 2542)

การพัฒนาการเริ่มแรกของกระดูกจะมีตั้งแต่มีชีวิตอยู่ในครรภ์มารดาด้วยกันจับตัวกันแน่นของเนื้อเยื่อ mesenchymal ในแกนของรยางค์ (limp) (รูปที่ 1a) และในสัปดาห์ที่ 6 เซลล์ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะเริ่มวางตัวกระดูกอ่อนเพื่อกำหนดรูปร่างของกระดูกในอนาคต (รูปที่ 1b) ที่จุด

ศูนย์กลางของมวลกระดูกอ่อนเซลล์จะขยายตัว (hypertrophy) และตาย และมีเส้นเลือดของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันงอกเข้ามา พร้อมทั้งจะมีการตกตะกอนของเกลือแคลเซียม ( calcifies) และมีการเปลี่ยนแปลงเป็นกระดูก (ossifies) ในที่สุด (รูปที่ 1c) กระบวนการนี้จะกระจายทั่วทั้งกระดูก (รูปที่ 1d) ดังนั้นในที่สุดจะประกอบด้วยก้าน (shaft) ของกระดูกที่มีกระดูกอ่อนที่ปลาย (รูปที่ 1e) ซึ่งเป็นตำแหน่งของ secondary ossification centers (รูปที่ 1f) กระดูกอ่อนที่ epiphysis จะยังคงปรากฏจนกว่ากระดูกจะเจริญเติบโตยาวเต็มที่ เซลล์แบ่งตัวของกระดูกอ่อน (proliferating cartilage cells) ที่ด้านก้านกระดูกยาว (diaphysis) จะก่อตัวเป็นแถวตอน (column) และเข้าสู่การเปลี่ยนแปลงเป็นลำดับในที่สุดจะเป็นโป่งขยายตัว (ballooning) ที่บริเวณที่มีเส้นเลือดเข้ามาถึง ส่งผลให้ epiphysis เจริญทีละน้อยออกจากจุดศูนย์กลางของก้านกระดูก การเจริญเติบโตในแนวกว้างเกิดจากการตกตะกอนของกระดูกใต้เยื่อหุ้มกระดูกที่ไม่ใช่กระดูกอ่อน (non-cartilaginous sub-periosteal bone) และกระดูกทั้งหมดจะถูกปรับแต่ง (remodeled) อย่างคงที่ขณะที่เด็กเจริญเติบโต



รูปที่ 1 แสดงการพัฒนาการเริ่มแรกของกระดูก (อภิรัชย์ คงเสรีพงศ์, 2542)

กระดูกแรกสุดที่มีการสร้างมักจะถูกเรียกว่า “woven bone” เพราะโครงสร้างทางจุลกายวิภาคศาสตร์จะมีเส้นใยเรียงตัวอย่างสุ่ม ซึ่งจะต่างจากกระดูกที่เจริญเต็มที่แล้วที่มีการเรียงตัวเป็นชั้นอย่างสม่ำเสมอกระดูกบางชิ้นมีการเจริญเติบโตในรูปแบบ intramembranous

ossification เท่านั้น ซึ่งเป็นการเจริญเติบโตที่ไม่มีช่วงของกระดูกอ่อน พบได้ใน กระดูกไหปลาร้า (clavicle) และกระดูกของกะโหลกศีรษะส่วนกรอบ (calvarium)

เสก อักษรานุเคราะห์ (2539); นิमित เตชไกรชนะ (2543) ได้แบ่งการพัฒนาการของกระดูกเป็น 4 ประเภท คือ

### 1. การเจริญของกระดูก (growth)

การเจริญของกระดูก คือการเพิ่มหรือการขยายขนาดของกระดูกในช่วงเด็กหรือวัยรุ่น เป็นการเจริญเติบโตตามแนวยาวของกระดูก (longitudinal growth) อันเนื่องมาจากการเพิ่มของเนื้อเยื่อกระดูกอ่อน (proliferation)

### 2. การเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (modeling)

การเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูกเป็นกระบวนการซึ่งมีการปรับเปลี่ยนรูปร่างของกระดูกเพื่อตอบสนองต่อสรีระ และอิทธิพลจากการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้น กระดูกสามารถที่จะกว้างออก หรือปรับแนวของมันเองโดยใช้กลไกการเคลื่อนย้ายกระดูกในตำแหน่งที่ไม่ต้องการและเพิ่มกระดูกในตำแหน่งที่ต้องการ ยกตัวอย่างเช่น การกว้างออกของกระดูกยาว (long bone) เกิดจากการสร้างชั้นกระดูกใหม่ (new layer) ที่ผิวของเยื่อหุ้มกระดูก (periosteal surface) ในขณะที่มีการเคลื่อนย้ายกระดูกในด้านพื้นผิวของเยื่อโพรงกระดูก ปรากฏการณ์นี้จะเห็นได้ชัดเจนในช่วงวัยเด็ก และจะค่อยหมดความสามารถนี้ไปเมื่ออายุมากขึ้น การที่กระดูกยาวสามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างไปตามแรงกดที่กระทำกับมันได้ เราเรียกอีกอย่างว่า “กฎของวูล์ฟ (Wolff’s law)”

### 3. การปรับแต่งกระดูก (remodeling)

การปรับแต่งกระดูกเป็นกระบวนการสลายกระดูกเก่า และสร้างกระดูกใหม่ซึ่งเกิดขึ้นตลอดเวลา และจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปตลอดชีวิต โดยมีการเคลื่อนย้ายกระดูกเก่าที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง (bone resorption) ออกตามมาด้วยการสร้างกระดูกทดแทนใหม่ที่ตำแหน่งนั้นๆ (bone formation) ความแตกต่างจากการเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (modeling) อยู่ที่การเคลื่อนย้ายของกระดูก และการแทนที่ของกระดูก ในการปรับแต่งกระดูกจะต้องเกิดขึ้นที่ตำแหน่งเดียวกันเสมอในระดับที่เล็กมาก (microscopic) และการปรับแต่งกระดูก เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในทุกๆ กระดูกของร่างกายตลอดเวลา แต่ในระดับที่เล็กมากนี้ทำให้เราแทบไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงใดๆ ทั้งในแง่ปริมาณ หรือรูปร่างกระดูกเลย (ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550) กระบวนการดังกล่าวนี้มีความสัมพันธ์กับการปรับสมดุลของแคลเซียมในร่างกาย (calcium homeostasis) กระบวนการนี้เป็นการทำงานของเซลล์ 2 ชนิด คือ เซลล์กระดูก (osteoclast) ซึ่งทำหน้าที่ในการ

ย่อยสลายกระดูกเก่า และเซลล์สร้างกระดูก (osteoblast) ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างกระดูกใหม่ กระบวนการสลายและการสร้างกระดูกมักจะเกิดที่บริเวณผิวด้านในของกระดูก (endosteum) ทั้งนี้ กระบวนการสร้างและการสลายกระดูกจะทำให้มีการสร้างกระดูกใหม่ทดแทนที่กระดูกเก่าใน อัตราร้อยละ 2-10 ต่อปี ดังนั้นการสร้างกระดูกใหม่แทนที่กระดูกเก่าจนครบทั่วร่างกายจึงอาจใช้เวลา 9-11 ปี (นิมิต เศษไกรชนะ, 2543)

#### 4. การซ่อมแซมกระดูก (repair)

การซ่อมแซมกระดูกเป็นการซ่อมแซมเมื่อมีการเสื่อมหรือหักของกระดูก ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปตลอดชีวิต

#### โครงสร้างและกายวิภาคของกระดูก (ดร.ณวรรณ สุขสม, 2552)

กระดูกประกอบด้วยกระดูกแข็งหรือกระดูก (bone) กระดูกอ่อน (cartilage) ข้อต่อ (joint) และเอ็นยึดข้อ (ligament) ซึ่งประกอบเป็นโครงร่างของร่างกาย กล่าวคือ กระดูกตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไปประกบกันกลายเป็นข้อต่อ โดยมีเอ็นยึดข้อและเยื่อหุ้มข้อยึดเอาไว้ในการเคลื่อนไหวของร่างกายนั้น การเคลื่อนไหวของกระดูกจะทำหน้าที่เหมือนคาน (lever) หมุนรอบแกนเมื่อมีแรงมากระทำ ข้อต่อจะทำหน้าที่เป็นจุดหมุน (fulcrum) และกล้ามเนื้อจะทำหน้าที่เป็นแรง (force) เมื่อกล้ามเนื้อที่เกาะข้ามข้อต่อนั้นหดตัว จะทำให้ร่างกายสามารถเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ได้

กระดูก คือ ส่วนที่เป็นกระดูกแท้มีความแข็งแรง เป็นส่วนที่ประกอบขึ้นเป็นโครงร่างของกระดูกซึ่งมีรูปร่างแตกต่างกันออกไป ประกอบด้วยกระดูกพรุน (spongy bone) เป็นกระดูกที่มีลักษณะพรุนคล้ายฟองน้ำ ประกอบด้วยกระดูกแข็งชิ้นเล็กๆ เรียกว่า ทราบคูลเลอร์ (trabeculae) เรียงตัวสานกัน ไปมาเป็นร่างแห มีช่องว่างเล็กๆ เป็นที่บรรจุไขกระดูก (bone marrow) และกระดูกทึบ (compact bone) เป็นกระดูกที่มีลักษณะแน่นแข็ง สีขาวคล้ายงาช้าง เป็นส่วนที่เคลือบแข็งอยู่ที่ลำตัว (shaft) ของกระดูก

กระดูกที่ประกอบเป็นระบบ โครงร่างของร่างกายมีทั้งหมด 206 ชิ้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มตามตำแหน่งที่มีอยู่ดังนี้ (ดร.ณวรรณ สุขสม, 2552)

1. กระดูกแกนกลาง (axial skeleton) เป็นกระดูกที่ประกอบเป็นแกนของร่างกายอยู่ที่บริเวณแกนกลางลำตัว มีจำนวน 80 ชิ้น ได้แก่

กระดูกของกะโหลกศีรษะ (skull)	22	ชิ้น
กระดูกหู (auditory ossicles)	6	ชิ้น

กระดูกคอ	(hyoid bone)	1	ชิ้น
กระดูกซี่โครง	(ribs)	24	ชิ้น
กระดูกหน้าอก	(sternum)	1	ชิ้น
กระดูกสันหลัง	(vertebrate)	26	ชิ้น

2. กระดูกทรงยางค์ (appendicular skeleton) เป็นกระดูกแข็งที่ประกอบเป็นร่างกาย รวมทั้งกระดูกที่ทำหน้าที่ยึดกระดูกทรงยางค์ไว้กับกระดูกแกนกลางของร่างกาย มีจำนวน 126 ชิ้น ได้แก่

กระดูกช่วงไหล่	(shoulder girdle)	4	ชิ้น
กระดูกแขน	(upper extremities)	60	ชิ้น
กระดูกสะโพก	(hip bone)	2	ชิ้น
กระดูกขา	(lower extremities)	60	ชิ้น

### เซลล์กระดูก (bone cell) (ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

กระดูกประกอบด้วยเซลล์ 5 ชนิด ซึ่งมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงบทบาทตามความต้องการของร่างกายในขณะที่โครงร่างมีการเจริญเติบโต

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

2. เซลล์ออสทีโอ بلاสท์ (osteoblast cells) ทำหน้าที่สังเคราะห์และหลั่ง “ground substance” ที่ยังไม่มีการรวมตัวของแร่ธาตุเรียกว่า ออสทีอยด์ (osteoid) เมื่อมีการรวมตัวของแคลเซียมในไฟบรัสออสทีอยด์ ทำให้ออสทีอยด์กลายเป็นเนื้อกระดูก (bone matrix) ออสทีโอ بلاสท์มีหน้าที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแคลเซียม และฟอสเฟตเข้าและออกจากกระดูกอย่างเป็นไปตามลำดับขั้น คือเมื่อมีการสะสมของแคลเซียมในกระดูก (calcification) ก็จะมีการสลายแคลเซียมออกจากกระดูก (decalcification) ออสทีโอ بلاสท์มักจะพบในบริเวณที่มีการเจริญเติบโตของกระดูกรวมทั้งบริเวณเพอริออสเตียมด้วย



3. เซลล์ออสทีโอไซต์ (osteocytes cell) เป็นเซลล์ของกระดูกที่แสดงว่ากระดูกมีการพัฒนาเต็มที่แล้ว ออสทีโอไซต์แต่ละเซลล์ที่มีอยู่ในช่องว่าง (lacuna) ภายในเนื้อกระดูก (bone matrix) และมีไซโทพลาสซึมที่มีรูปร่างเหมือนขาวยาวๆ ยื่นออกมาผ่านทะลุเนื้อกระดูกเข้าไปในช่องทางเดินเล็ก (canaliculi) ขาวยาวๆ ที่ยื่นออกมาทำหน้าที่เหมือนกันเป็นรอยเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ออสทีโอไซต์ ซึ่งเซลล์ออสทีโอไซต์เปลี่ยนแปลงมาจากเซลล์ออสทีโอ بلاสท์ซึ่งจะหลั่งเนื้อเยื่อกระดูกออกมาอยู่รอบๆ ตัวเอง เซลล์ออสทีโอ بلاสท์และเซลล์ออสทีโอคลาสท์มีบทบาทสำคัญในการควบคุมสมดุลร่างกายโดยช่วยให้เกิดการหลั่งแคลเซียมจากเนื้อกระดูกเข้าสู่เลือด ซึ่งเป็นการควบคุมความเข้มข้นของแคลเซียมในเลือด ออสทีโอไซต์ก็มีส่วนรักษาเนื้อกระดูกให้คงที่และอยู่ในสภาพที่ดีโดยการหลั่งเอนไซม์ และรักษาความเข้มข้นของเกลือแร่ที่บรรจุอยู่ภายใน

4. เซลล์ออสทีโอคลาสท์ (osteoclast cell) เป็นเซลล์ขนาดใหญ่ที่มีนิวเคลียสหลายอันเคลื่อนที่อยู่บนผิวกระดูกมีหน้าที่สลาย และดูดซึมเนื้อกระดูกจากบริเวณที่มีการทำลายกระดูก เซลล์ออสทีโอคลาสท์พบทั่วไปในบริเวณที่มีการสลายกระดูกขณะที่ยังคงมีการเจริญเติบโตอย่างปกติ และมีการเจริญมาจากเซลล์เม็ดเลือดขาวที่เรียกว่า โมโนไซต์

5. เซลล์บอน-ไลนิง (bone-lining cell) เป็นเซลล์ที่พบอยู่บนผิวของกระดูกในผู้ใหญ่เป็นส่วนใหญ่ เชื่อกันว่าเซลล์เหล่านี้เจริญมาจากเซลล์ออสทีโอ بلاสท์ที่มีหน้าที่ยับยั้งการทำงานทางสรีรวิทยาของเซลล์ออสทีโอ بلاสท์และเป็นเซลล์ที่มีรูปร่างแบนเกาะอยู่บนผิวของกระดูก เซลล์เหล่านี้มีหน้าที่มากมายหลายอย่างทำหน้าที่เหมือนเป็นเซลล์ออสทีโอเจนิคซึ่งมีการแบ่งตัวและเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ออสทีโอ بلاสท์ บางครั้งเซลล์เหล่านี้ส่วนใหญ่จะทำหน้าที่เป็น “ion barrier” ที่อยู่รอบๆ เนื้อเยื่อกระดูก

### การสร้าง การสลาย และการปรับแต่งกระดูก

การสร้างกระดูก (bone deposition หรือ bone formation) กระดูกมีการสร้างตลอดเวลาโดยเซลล์สร้างกระดูก (osteoclast) เซลล์สร้างกระดูกพบอยู่บนผิวด้านนอกของกระดูก และในโพรงกระดูก การทำงานของเซลล์กระดูกเกิดขึ้นตลอดเวลาในกระดูกที่ยังมีชีวิต (ประมาณ 4% ของผิวกระดูกในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่พบในผู้ใหญ่) ดังนั้นการสร้างกระดูกใหม่จึงเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ และการสลายกระดูก (bone resorption) จะเกิดขึ้นตลอดเวลาที่มีเซลล์สลายกระดูก ซึ่งเป็นเม็ดเลือดขาวขนาดใหญ่ฟาโกไซต์ (phagocyte) เป็นอนุพันธ์ของ โมโนไซต์ (monocyte) ที่สร้างจากไขกระดูกที่มีลักษณะเป็นเซลล์ที่มีหลายนิวเคลียส และอาจจะมีจำนวนนิวเคลียสได้มากถึง 50 นิวเคลียส เซลล์สลายกระดูกมีจำนวนน้อยกว่า 1% ที่วางตัวอยู่บนผิวกระดูกและทำหน้าที่ใน

การสลายกระดูก นอกจากนี้ยังพบว่ามีการไหลเวียนของฮอร์โมนที่ควบคุมความสามารถในการสลายกระดูกของเซลล์สลายกระดูก (ภานารี บุษราคัมตระกูล, 2553)

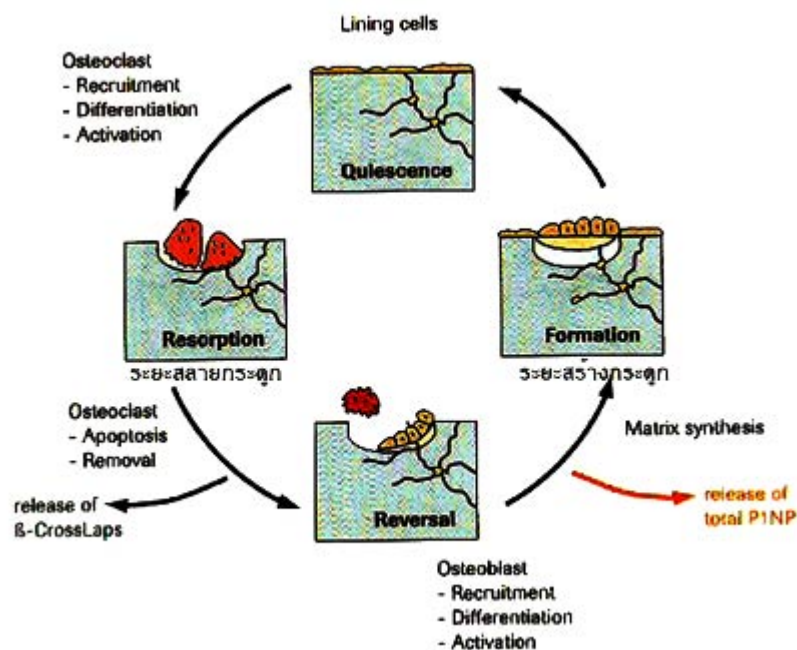
การสลายกระดูกเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดในบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงกับเซลล์สลายกระดูก กลไกในการสลายกระดูกมีดังต่อไปนี้เริ่มต้นจากเซลล์สลายกระดูกส่งสัญญาณไปยังบริเวณผิวกระดูก จากนั้นวิลโลสจะหลั่งสาร 2 ชนิด คือเอนไซม์ย่อยโปรตีน (proteolytic enzymes) ซึ่งหลั่งออกมาจากไลโซโซมของเซลล์สลายกระดูกและหลั่งกรดจำนวนมาก ได้แก่ กรดซิตริกและกรดแล็กติกซึ่งหลั่งออกมาจากไมโทคอนเดรีย และ “secretory vesicles” เอนไซม์จะย่อยสลายออร์แกนิก เมทริกซ์ของกระดูก และกรดจะทำให้เกิดการละลายเกลือในกระดูก เซลล์สลายกระดูกจะดูดซึมกระดูกชิ้นเล็กๆ และผลึกกระดูกโดยกระบวนการฟาโกไซโทซิส (phagocytosis) และหายไปหมดในที่สุด รวมทั้งหลั่งเข้าสู่กระแสเลือด (ภานารี บุษราคัมตระกูล, 2553)

การทำงานของเซลล์กระดูกทั้งหลายจะทำให้เกิดการสร้าง และการทำลายกระดูกบนผิวกระดูกซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการเจริญเติบโตและพัฒนาของกระดูกเป็นปรากฏการณ์ที่ถือว่าเป็นกุญแจสำคัญในการอธิบายกลไกการควบคุม “มวลกระดูก” (bone mass) และความบกพร่องในหน้าที่ทางสรีรวิทยา (pathophysiology) ของการเกิดภาวะกระดูกพรุน กลไกในการหมุนเวียนกระดูกและการเกิดกระดูกใหม่เพื่อทดแทนกระดูกเก่า เรียกว่า “วงจรการปรับแต่งกระดูก” (bone remodeling cycle) แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ (เสก อักษรานุเคราะห์ , 2539; ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550)

1. ระยะพักหรือระยะเริ่มต้น (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

ระยะที่ใช้ตั้งแต่ 1-4 เป็นเวลาที่ใช้ในการปรับแต่งกระดูกอย่างสมบูรณ์เรียกว่า “ระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูก” (remodeling period) ซึ่งแบ่งออกได้เป็นระยะเวลาในการสลายกระดูก (resorption period / erosion period) และ ระยะในการสร้างกระดูก (formation period) ในกระดูกเนื้อแน่น (cortical bone) ระยะเวลาในการสลายจะกินเวลาประมาณ 30 วันซึ่งในช่วงเวลานี้ อุโมงค์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 150 ไมโครเมตร หรือเรียกว่า “cutting cone” จะถูกขุดโดยออสทีโอคลาสต์ (osteoclast) หลังจากนั้นจะมีระยะเปลี่ยนกลับเป็นตรงกันข้าม (reversal stage) ซึ่งกินเวลาสั้น ๆ แค่ 5 วัน ระยะเวลาในการสร้างกระดูก ก็เริ่มต้นขึ้นและจะกินเวลาทั้งสิ้น 90 วัน รวมแล้วระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูกสำหรับกระดูกเนื้อแน่นจะใช้เวลาประมาณ 100 วัน สำหรับกระดูกเนื้อพรุน (trabecular bone) จะใช้เวลานานกว่าโดย ระยะเวลาในการสลายจะกินเวลาประมาณ 45 วัน มีระยะเวลาเปลี่ยนกลับเป็นตรงกันข้าม (reversal stage) ประมาณ 7 วัน และระยะเวลาในการสร้างกระดูกจะกินเวลา 145 วัน รวมแล้วระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูกในกระดูกเนื้อพรุนจะใช้เวลาทั้งสิ้น 200 วัน โดยทั่วไปแล้วระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูก หรืออาจเรียกว่า “life span” ของหน่วยการปรับแต่งกระดูก (bone remodeling unit) จะอยู่ที่ประมาณ 3-9 เดือน โดยเฉลี่ยแล้วเราแทบจะผลัดเปลี่ยนกระดูกใหม่ทั้งหมดใน 10 ปี

ในวัยผู้ใหญ่กระบวนการปรับแต่งกระดูกจะเกิดขึ้นตลอดเวลา โดยปริมาณของกระดูกที่สร้างขึ้นใหม่จะใกล้เคียงกับกระดูกที่ถูกทำลาย ดังนั้น ปริมาณรวมของกระดูกทั้งหมดจะคงที่เสมอ เรียกว่า “กลไกคู่ควบ” (coupling mechanism) ซึ่งกลไกนี้มีความสำคัญอย่างมาก ทั้งนี้ เนื่องจากถ้ากลไกนี้ถูกรบกวนจะทำให้เกิดภาวะผิดปกติขึ้นได้เช่น ภาวะกระดูกบาง (osteopenia) และภาวะกระดูกหนา (osteosclerosis) (สนธิยา สีละมาด และคุจเดือน สีละมาด, 2551)



รูปที่ 2 การสร้าง และการสลายของกระดูก (โรงพยาบาลเวชธานี, 2553)

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสร้างและการสลายของกระดูกโดยปกติจะมีค่าเท่ากัน ยกเว้นกระดูกที่อยู่ในสภาวะที่กำลังเจริญเติบโต ดังนั้นมวลรวมของกระดูกมีค่าคงที่การสลายกระดูกยังคงเกิดอยู่เพียงเล็กน้อยแต่เกิดในบริเวณที่กระดูกมีความหนาแน่น และพื้นที่ที่มีมวลเซลล์ของเซลล์สลายกระดูกเริ่มพัฒนาจะทำให้เกิดโพรงในกระดูกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.2-1 มิลลิเมตร และมีความยาวหลายมิลลิเมตรในเวลานี้เซลล์สลายกระดูกจะหายไป และจะมีเซลล์สร้างกระดูกเกิดอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาหลายเดือน กระดูกใหม่ที่เกิดขึ้นจะวางตัวเป็นวงเรียงติดกันเป็นชั้นๆ ที่ด้านในของโพรงกระดูกจนกว่าโพรงกระดูกจะถูกเติมจนเต็ม การสร้างกระดูกใหม่จะหยุดเมื่อเข้าไปใกล้เส้นเลือดที่ไปเลี้ยงกระดูกบริเวณนั้น ช่องทางที่เส้นเลือดวิ่งผ่านไปกระดูกเรียกว่า “Haversian canal” ซึ่งเป็นส่วนที่เหลือของโพรงกระดูกดั้งเดิม การสร้างกระดูกดังกล่าวเรียกว่า ออสติออน (osteon) การสร้างและการสลายกระดูกตลอดเวลามีความสำคัญทางสรีรวิทยาหลายๆ อย่างประการแรกกระดูกปรับเปลี่ยนความแข็งแรงตามความรุนแรงของแรงที่กระทำต่อกระดูก ดังนั้นความหนาของกระดูกจะเปลี่ยนแปลงไปตามน้ำหนักที่กระทำต่อกระดูก ประการที่สอง รูปร่างของกระดูกสามารถจัดเรียงตัวใหม่เพื่อพองแรงที่กระทำต่อกระดูกโดยปรับการสร้างและการสลายกระดูกไปตามรูปแบบของแรงที่กระทำต่อกระดูก ประการที่สาม กระดูกที่เก่าแล้วมีความเปราะและอ่อนแอจึงต้องการออร์แกนิกเมทริกซ์ใหม่ ขณะที่ออร์แกนิกเมทริกซ์เก่าเสื่อมสลายไป ในกรณีนี้ความแข็งแรงและเหนียวของกระดูกยังถูกรักษาให้อยู่ในสภาพเดิม อัตราการสร้าง

และการสลายกระดูกในเด็กเกิดอย่างรวดเร็ว และยังพบว่ากระดูกเด็กมีความแข็งแรงมากกว่ากระดูกของผู้สูงอายุที่มีอัตราการสร้างและการสลายเกิดอย่างช้าๆ (ภานารี บุษราคัมตระกูล, 2553)

ในขณะที่กระบวนการปรับแต่งกระดูก (bone remodeling) เป็นกระบวนการที่สลับซับซ้อนและถูกควบคุมด้วยฮอร์โมนต่างๆ ในร่างกาย ได้แก่ ฮอร์โมนเพศ (sex hormone) พาราไทรอยด์ฮอร์โมน (parathyroid hormone) แคลซิโทนิน (calcitonin) และโกรทฮอร์โมน (growth hormone) เป็นต้น นอกจากนี้ยังถูกควบคุมโดยปัจจัยการเจริญเติบโตเฉพาะที่ (local growth factors) และไซโตไคน์ (cytokines) หลายชนิดโดยเชื่อว่าฮอร์โมนต่างๆ จะเป็นตัวกระตุ้นเซลล์กระดูกให้สร้างปัจจัยการเจริญเติบโตเฉพาะที่หรือไซโตไคน์ เพื่อกระตุ้นหรือยับยั้งการสร้างหรือการสลายเนื้อกระดูกอีกต่อหนึ่ง สำหรับในสตรีวัยหมดประจำเดือนฮอร์โมนที่สำคัญคือ ฮอร์โมนเอสโตรเจน (estrogen hormone) เนื่องจากพบว่าในวัยนี้จะมีการสูญเสียแคลเซียมจากกระดูกไปอย่างรวดเร็วและมีการสลายมวลกระดูกจากการขาดฮอร์โมนเอสโตรเจน สำหรับสตรีที่ได้รับฮอร์โมนเอสโตรเจนทดแทนในวัยหมดประจำเดือนพบว่าสามารถป้องกันการสูญเสียเนื้อกระดูกได้โดยที่ฮอร์โมน เอสโตรเจนไปกระตุ้นต่อมไทรอยด์ให้สร้างแคลซิโทนิน (calcitonin) ซึ่งจะไปออกฤทธิ์ยับยั้งการสลายกระดูก อย่างไรก็ตามกลไกในการป้องกันการสูญเสียเนื้อกระดูกดังกล่าวยังไม่เป็นที่ทราบอย่างกระจ่างแจ้ง แต่เชื่อว่าเป็นกระบวนการที่กระตุ้นผ่านเซลล์กระดูกให้สร้างหรือยับยั้งโดยเฉพาะปัจจัยการเจริญเติบโตเฉพาะที่หรือไซโตไคน์ซึ่งไปยับยั้งการรวมตัวของเซลล์ตัวนำ (precursor) ไปเป็นออสทีโอคลาสต์รวมทั้งยับยั้งการสลายกระดูกของออสทีโอคลาสต์อีกด้วย (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

หน้าที่หลักของการปรับแต่งกระดูกที่ยอมรับกันในปัจจุบันมีอยู่ 2 ประการ ดังนี้ (ทวิทรงพัฒนศิลป์, 2550)

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

2. เพื่อควบคุมความสมดุลของแร่ธาตุต่างๆ (mineral homeostasis) ในร่างกาย กระดูกถือได้ว่าเป็นแหล่งสะสมธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสใหญ่ที่สุดของร่างกาย การนำแร่ธาตุเหล่านี้มาใช้และการเก็บแร่ธาตุกลับไปเมื่อเกินความต้องการ ต้องอาศัยกลไกของการปรับแต่งกระดูกจะเห็นว่าในขณะที่อัตราการหมุนเวียนของกระดูก (bone turnover rate) ในกระดูกเนื้อแน่น (cortical bone) มีเพียง 2-3% ต่อปี ซึ่งมีความเหมาะสมพอเพียงในการรักษาหลักความแข็งแรงของกระดูก (maintain mechanical strength) แต่อัตราการหมุนเวียนกระดูกในกระดูกเนื้อพรุน (cancellous

bone) มีมากกว่า ซึ่งสนับสนุนความคิดที่ว่า กระดูกเนื้อพรุนทำหน้าที่ในแง่ของการรักษาภาวะสมดุลของแร่ธาตุในร่างกายมากกว่าที่จะทำหน้าที่ในแง่ของความแข็งแรง

**ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการสร้างกระดูกและกระบวนการสลายกระดูกของมนุษย์ คือ ระดับแคลเซียมในเลือดซึ่งถูกควบคุมโดยฮอร์โมนที่สำคัญ ดังนี้**

1. พาราไทรอยด์ฮอร์โมน (parathyroid hormone) เมื่อระดับแคลเซียมในเลือดลดลงต่อมพาราไทรอยด์จะหลั่งพาราไทรอยด์ฮอร์โมนมากขึ้นซึ่งจะออกฤทธิ์โดยตรงต่อไตทำให้ไตผลิตวิตามินดี 3 เพื่อช่วยในการดูดซึมแคลเซียมในลำไส้เล็ก นอกจากนี้พาราไทรอยด์ฮอร์โมนจะกระตุ้นให้เพิ่มปริมาณและสมรรถภาพการทำงานของออสติโอคลาสต์ จึงมีการสลายกระดูกมากขึ้นระดับแคลเซียมในเลือดก็จะเพิ่มขึ้น (วิเชียร เลหาเจริญสมบัติ, 2538)

2. แคลซิโทนิน (calcitonin) เมื่อระดับแคลเซียมในเลือดเพิ่มขึ้นต่อมไทรอยด์จะหลั่งฮอร์โมนแคลซิโทนินซึ่งจะออกฤทธิ์โดยตรงต่อออสติโอคลาสต์ ทำให้กระบวนการสลายกระดูกลดลงและออกฤทธิ์ต่อไตให้ลดการดูดซึมแคลเซียมกลับเข้าสู่ร่างกาย นอกจากนี้ยังมีผลต่อลำไส้เล็กให้ลดการหลั่งกรดไฮโดรคลอริกทำให้การดูดซึมแคลเซียมในลำไส้เล็กลดลง (วิเชียร เลหาเจริญสมบัติ, 2538; วิวัฒน์ วจนะวิศิษฐ์, 2538)

3. แคลซิทรอล (calcitriol) หรือวิตามินดี 3 เป็นฮอร์โมนที่ช่วยการดูดซึมแคลเซียมในลำไส้เล็กโดยร่างกายได้รับวิตามินดีจากสารอาหาร เช่น ไข่แดง นมและตับ เป็นต้น ซึ่งอยู่ในรูปเออร์โกแคลซิเฟอรอล (ergocalciferol หรือ vitamin D<sub>2</sub>) และจากผิวหนังเมื่อผิวหนังได้รับแสงแดดอ่อนๆ นาน 15-20 นาที โดยไม่ต้องทาครีมกันแดดซึ่งรังสีอัลตราไวโอเล็ตจะเปลี่ยนวิตามินดีเฉื่อย (inert form) หรือ 7-ดีไฮโดรคอเลสเตอรอล (7-dehydrocholesterol) ที่ผิวหนังเป็นวิตามินดีที่สามารถนำไปใช้งานได้ (active form) หรือคอเลคาลซิเฟอรอล (cholecalciferol) (Dowd and Calvalieri, 1999; Erickson and Jones, 1992) ซึ่งวิตามินดีจากทั้งสองแหล่งจะต้องได้รับการไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation) ที่ตับและไตก่อนจึงจะได้วิตามินที่มีคุณภาพและพร้อมทำงาน (1,25 dihydroxy vitamin D<sub>3</sub> หรือ calcitriol) ซึ่งวิตามินดีนี้จะกระตุ้นลำไส้เล็กสร้างโปรตีนที่จะจับแคลเซียมกลายเป็นชีวแคลเซียมซึ่งสามารถซึมผ่านเข้าสู่ผนังลำไส้เล็กได้ดี (วิเชียร เลหาเจริญสมบัติ, 2538; เสก อักษรานูเคราะห์, 2539)

4. เอสโตรเจน (estrogen) เป็นฮอร์โมนเพศที่สังเคราะห์จากรังไข่ของเพศหญิงที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการสร้างกระดูกของร่างกาย ทำให้มีกระบวนการสร้างกระดูกเพิ่มขึ้นและลดกระบวนการสลายกระดูกรวมทั้งส่งเสริมการสังเคราะห์ฮอร์โมนแคลซิโทนินของต่อมไทรอยด์ นอกจากนี้พบว่าเอสโตรเจนทำให้ความไวของออสทีโอ بلاสท์ต่อพาราไทรอยด์ฮอร์โมนลดลง (วิเชียร เลหาเจริญสมบัติ, 2538; Ybarra, Ade and Romeo, 1996)

5. ไทรอยด์ฮอร์โมน (thyroid hormone) เป็นฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไทรอยด์มีผลต่อกระบวนการสร้างและการสลายกระดูกโดยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์เนื้อสาร โปรตีนและเพิ่มระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในเลือด แต่ในกรณีที่มีฮอร์โมนชนิดนี้มากกว่าปกติจะทำให้ภาพรวมของการกระตุ้นเป็นการทำลายทำให้มวลกระดูกลดน้อยลง เนื่องจากการสลายกระดูกต่อหน่วยเร็วกว่าการสร้างกระดูก (วิเชียร เลหาเจริญสมบัติ, 2538)

6. คอร์ติโคสเตอรอยด์ (corticosteroid hormone) เป็นฮอร์โมนที่สังเคราะห์จากต่อมหมวกไตส่วนนอกมีผลต่อออสทีโอ بلاสท์และเซลล์ของลำไส้เล็กโดยพบว่าคอร์ติโคสเตอรอยด์ฮอร์โมนจะยับยั้งการสร้างคอลลาเจนและทำให้ปฏิกิริยาของวิตามินดี 3 ในลำไส้เล็กที่จะช่วยการดูดซึมแคลเซียมลดลงทำให้แคลเซียมในเลือดลดลงซึ่งเป็นการกระตุ้นให้พาราไทรอยด์ฮอร์โมนหลังเพิ่มขึ้นจึงมีการสลายกระดูกเพิ่มขึ้น (วิเชียร เลหาเจริญสมบัติ, 2538)

เนื่องจากฮอร์โมนดังกล่าวข้างต้นและระดับแคลเซียมในกระแสเลือดเป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการสร้างกระดูกและกระบวนการสลายกระดูก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนและแคลเซียมในกระแสเลือดจึงเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน (วิเชียร เลหาเจริญสมบัติ , 2538; เสก อักษรานูเคราะห์, 2539; Erickson and Jones, 1992)

### 3. โรคกระดูกพรุน

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าได้มีผู้ที่ให้คำนิยามของคำว่าโรคกระดูกพรุน (osteoporosis) ไว้ดังนี้

โรคกระดูกพรุน หมายถึงภาวะที่ความหนาแน่นของมวลกระดูกมีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นสูงสุดของมวลกระดูกในเพศหญิงวัยเจริญพันธุ์ โดยมีค่าคะแนนมาตรฐานที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ -2.5 (WHO, 1996)

โรคกระดูกพรุน คือภาวะที่มีความแข็งแรงทนทานลดลง อันเนื่องมาจากเนื้อกระดูกบางลงจนเป็นเหตุให้เกิดการแตกหัก ยุบตัวลงได้ง่าย (สมพงษ์ สุวรรณวัลย์กร, 2543)

โรคกระดูกพรุนเป็น โรคที่เนื้อกระดูกน้อยลงจนทำให้กระดูกเปราะ และหักง่ายแม้ได้รับการกระทบกระแทกเพียงเล็กน้อย (บุญส่ง องค์กรพัฒนกุล, 2543)

กระดูกพรุน คือโรคที่มีเนื้อกระดูกน้อยกว่าปกติ และมีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของกระดูก เป็นผลให้กระดูกโปร่งบางและมีโอกาสกระดูกหักได้ง่าย โดยเฉพาะกระดูกสันหลัง กระดูกข้อสะโพก และกระดูกบริเวณข้อมือ (สุขจันทร์ พงษ์ประไพ, 2543)

โรคกระดูกพรุนเป็น โรคทางกระดูกที่มีการลดลงของมวลกระดูกและมีการเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างทางจุลภาค (microarchitecture) ในทางเสื่อมลง เป็นผลทำให้กระดูกเปราะมากขึ้น และเสี่ยงต่อกระดูกหัก ลักษณะที่ต่างจาก ออสทีโอมาลาเซีย (osteomalacia) คือ โรคกระดูกพรุนจะมีสัดส่วนของเกลือแร่ (mineral) และคอลลาเจน (collagen) ปกติ ในขณะที่ ออสทีโอมาลาเซีย มีการลดลงของส่วนนี้ (สมชาย เอื้อรัตนวงศ์, 2544)

นิยามของโรคกระดูกพรุนสามารถจำแนกออกได้ดังนี้ (สำนักพัฒนาวิชาการแพทยกรรม การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2548)

ในปี พ.ศ. 2534 ข้อสรุปจากการประชุม consensus development conference ได้ให้นิยามของกระดูกพรุนไว้ว่า เป็นโรคของกระดูกที่มีมวลกระดูกต่ำ (low bone mass) และมีการเสื่อมของโครงสร้างทางจุลภาค (microarchitectural deterioration) ทำให้กระดูกเปราะบาง และเพิ่มความเสี่ยงต่อกระดูกหัก

ในปี 2543 Nation Institute of Health (NIH) แห่งสหรัฐอเมริกาได้ปรับเปลี่ยนนิยามของโรคกระดูกพรุนครั้งนี้คือ เป็นโรคของกระดูกที่มีความแข็งแรงของกระดูก (bone strength) ลดลง ส่งผลให้เพิ่มความเสี่ยงต่อกระดูกหัก ความแข็งแรงของกระดูก ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ความหนาแน่นของกระดูก (bone density) และคุณภาพของกระดูก (bone quality)

โรคกระดูกพรุน หมายถึงโรคที่เนื้อเยื่อกระดูกมีการตกผลึกของแร่ธาตุต่างๆ ที่เกี่ยวกับการสร้างกระดูกเป็นปกติ แต่มวลกระดูกลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในกระดูกเนื้อพรุน (trabecular bone) กระดูกส่วนนอกมีความบางมาก และเป็นรูพรุนจึงทำให้กระดูกไม่แข็งแรง เสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหัก (ภานารี บุษราคัมตระกูล, 2553)



ดังนั้น โรคกระดูกพรุน หมายถึงภาวะที่ความหนาแน่นของมวลกระดูกมีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นสูงสุดของมวลกระดูกในเพศหญิงวัยเจริญพันธุ์ โดยมีค่าคะแนนมาตรฐานที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ  $-2.5$  SD และมีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของกระดูกเป็นผลทำให้กระดูกโปร่งบาง รวมทั้งเพิ่มความเสี่ยงต่อกระดูกหัก

### การเปลี่ยนแปลงของกระดูก

กระดูกเป็นอวัยวะที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยปกติเนื้อเยื่อกระดูกจะมีอายุขัยมีการเสื่อมสภาพทั้งหมดไป เซลล์กระดูกที่ทำหน้าที่ย่อยสลายจะทำงานย่อยสลายกระดูกทีละน้อยๆ ขณะเดียวกันเซลล์สร้างกระดูกจะทำหน้าที่สร้างเนื้อเยื่อกระดูกขึ้นใหม่ทดแทนอยู่ตลอดเวลา ในวัยเด็กขบวนการสร้างจะมีมากกว่าขบวนการสลายทำให้กระดูกมีการเติบโตมากขึ้นจนกระทั่งอายุราว 20-25 ปี ขบวนการทั้งสองจะมีความสมดุลย์กัน เมื่อเข้าสู่ช่วงที่เป็นผู้ใหญ่เต็มที่อายุ 25-30 ปี การสะสมของมวลกระดูกจะหยุดลง ช่วงอายุ 30-35 ปี มวลกระดูกจะเพิ่มสูงสุด จนถึงอายุประมาณ 35-40 ปี ระดับมวลกระดูกจะเริ่มลดลงอย่างช้าๆ ประมาณร้อยละ 0.5-1 ต่อปีในเพศหญิงและเพศชาย แต่ในเพศหญิงภาวะหมดประจำเดือนจะเป็นตัวเร่งทำให้เกิดการสูญเสียมวลกระดูกร้อยละ 3-5 ต่อปี (พนมกร ดิษฐสุวรรณ [online], 2001; วรุณี เจริญศิริ [online], 2009; สมพงษ์ สุวรรณวัลย์กร, 2543)

### ชนิดของโรคกระดูกพรุน

การจำแนกชนิดของโรคกระดูกพรุนแบ่งได้เป็น 3 วิธี

1. จำแนกตามอัตราการย่อยสลายกระดูกเก่าและการสร้างกระดูกใหม่ โดยแบ่งเป็น (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543)

1.1 กลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงเร็ว (high bone turnover)

1.2 กลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงช้า (low bone turnover)

2. จำแนกตามวิธีของริกส์และเมลตัน (Riggs and Melton) โดยแบ่งแยกโรคกระดูกพรุนออกเป็น

2.1 ประเภทที่ 1 โรคกระดูกพรุนที่พบในสตรีวัยหมดประจำเดือน (postmenopausal osteoporosis, type I) อายุ 51-65 ปี เป็นผลเนื่องจากขาดฮอร์โมนเอสโตรเจนทำให้มีการสูญเสียเนื้อกระดูกโดยเฉพาะกระดูกเนื้อพรุน (trabecular) ซึ่งสัมพันธ์กับการหักของกระดูกสันหลัง (vertebra) และปลายแขน (Colles' fracture) (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543) อัตราการสลายมวลกระดูกมีมากกว่า

อัตราการสร้างกระดูกทำให้มีการสูญเสียเนื้อกระดูกวันละประมาณ 50 มิลลิกรัม (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

2.2 ประเภทที่ 2 โรคกระดูกพรุนที่พบในผู้สูงอายุ (age-related หรือ senile osteoporosis, type II) อายุมากกว่า 75 ปี ซึ่งเกิดขึ้นในผู้สูงอายุทั้งเพศชายและเพศหญิงเนื่องจากการดูดซึมของแคลเซียมในลำไส้ลดลง ทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดลดลงและเกิดภาวะฮอร์โมนพาราไทรอยด์สูงชนิดทุติยภูมิ (secondary hyperparathyroidism) จึงมีผลในการดึงแคลเซียมออกมาจากกระดูกเพื่อให้ระดับแคลเซียมคงที่ จึงมีการสูญเสียทั้งกระดูกเนื้อแน่น (cortical) และกระดูกเนื้อพรุน (trabecular) สัมพันธ์กับการหักของกระดูกสะโพก (hip fracture) กระดูกเชิงกราน (pelvic fracture) และกระดูกขาในส่วนต่างๆ ของร่างกาย (นิमित เตชไกรชนะ, 2543)

3. จำแนกออกเป็นโรคกระดูกพรุนชนิดปฐมภูมิ (primary หรือ idiopathic osteoporosis) และทุติยภูมิ (secondary osteoporosis) (นิमित เตชไกรชนะ, 2543)

3.1 โรคกระดูกพรุนชนิดปฐมภูมิ หมายถึง โรคกระดูกพรุนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของร่างกายตามธรรมชาติ เช่น หมดประจำเดือนตามธรรมชาติในอายุที่ควรจะเป็น หรือโรคกระดูกพรุนจากการสูญเสียกระดูกในผู้สูงอายุ (senile osteoporosis)

3.2 โรคกระดูกพรุนชนิดทุติยภูมิ หมายถึง โรคกระดูกพรุนที่ปรากฏจากสาเหตุต่างๆ ชัดเจนนอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น เช่น จากโรคทางอายุรกรรม โรคของระบบต่อมไร้ท่อจากการใช้ยาบางชนิด เป็นต้น

### ลักษณะอาการของโรคกระดูกพรุน

โรคกระดูกพรุนเป็นโรคที่ไม่เกิดขึ้นทันทีทันใดแต่จะค่อยเป็นค่อยไป เราจึงควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอาการและอาการแสดงของโรคนี้ โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ (อารีรัตน์ สัจจรวงษ์พนา, 2540)

1. อาการแสดงในระยะแรก จะไม่ปรากฏอาการใดๆ ว่าเป็นโรคกระดูกพรุนแต่จะมีภาวะการฉีกขาดหรือการลดลงของฮอร์โมนเอสโตรเจนอย่างมาก และเมื่อขาดมากขึ้นทำให้ปรากฏอาการรวมถึงมีอาการแสดงของภาวะการฉีกขาดฮอร์โมนเอสโตรเจน

2. อาการแสดงในระยะยาว แบ่งเป็นความรุนแรงได้ 3 ระดับ ดังนี้

2.1 ระดับเล็กน้อย (mild) ผู้ป่วยไม่มีอาการ และอาการแสดง แต่เมื่อตรวจความหนาแน่นของกระดูกจะมีความหนาแน่นของเนื้อกระดูกไม่ต่ำกว่า 80% หรือประมาณ -1.5 SD

2.2 ระดับปานกลาง (moderate) ผู้ป่วยจะมีอาการปวดกระดูกเล็กน้อย ตรวจความหนาแน่นของกระดูกจะมีค่าประมาณ 60-80% หรือ -2.5 SD และไม่ปรากฏกระดูกส่วนใดหักหรือทรุด

2.3 ระดับรุนแรง (severe) ผู้ป่วยจะมีอาการปวดกระดูกมาก ตรวจหาความหนาแน่นของกระดูกจะมีค่าต่ำกว่า 60% หรือ -3.5 SD บางรายอาจพบว่ามีกระดูกหักหรือกระดูกทรุดเกิดขึ้น เช่น กระดูกสันหลังทรุดตัวลง

### ผลกระทบของการเกิดโรคกระดูกพรุน

โรคกระดูกพรุนและการเกิดกระดูกหักก่อให้เกิดผลกระทบในหลายๆ ด้านคือ (สมชาย เอื้อรัตนวงศ์, 2544)

1. ค่าใช้จ่ายในการดูแลสุขภาพเป็นจำนวนมหาศาล แลยากแก่การประเมิน เนื่องจากเป็นค่ายา ค่าผ่าตัด ค่าใช้จ่ายในการพักรักษาตัวในโรงพยาบาล การขาดงาน
2. ตัวผู้ป่วยเองพบมีการตายเพิ่มขึ้น เมื่อศึกษาสาเหตุการมรณตายพบว่ากระดูกหักที่สะโพกจากโรคกระดูกพรุน ร้อยละ 14 จากภาวะกระดูกหัก
3. เป็นภาระของทางหน่วยงานราชการหรือหน่วยงานเอกชนที่ต้องจัดเตรียมค่าใช้จ่ายให้สำหรับผู้ป่วยไว้พักฟื้น เนื่องจากไม่สามารถทำงานได้ปกติ
4. ตัวผู้ป่วยเองมีปัญหาในการดูแลตนเอง มีปัญหาการเจ็บปวด คุณภาพชีวิตลดลง และมีปัญหาสุขภาพจิตมากขึ้น

### ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน

ปัจจัยเสี่ยงต่อภาวะกระดูกพรุนแยกได้ 2 ปัจจัยหลัก คือ

1. ปัจจัยเสี่ยงที่ควบคุมไม่ได้ ได้แก่ กรรมพันธุ์ สอร์โมน เพศ เชื้อชาติ และอายุ

1.1 กรรมพันธุ์ ผู้ที่มีโครงร่างใหญ่แข็งแรง จากการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม หรือมีประวัติบุคคลในครอบครัวญาติใกล้ชิดเป็นโรคกระดูกพรุน หรือกระดูกหักง่ายจากการบาดเจ็บที่ไม่รุนแรง การถ่ายทอดพันธุกรรมของพ่อแม่ได้เปรียบกว่าคนที่รูปร่างเล็ก คือจะมีความสูงไม่ได้มาตรฐาน รวมทั้งขนาดหรือความหนาของรูปร่าง (เอี่ยมพร สกุลแก้ว , 2549; Fimm, 1997)

1.2 ปัจจัยด้านฮอร์โมน ได้แก่ ภาวะพร่องฮอร์โมนเอสโตรเจน และภาวะไทรอยด์ฮอร์โมน มากกว่าปกติ

1.2.1 ภาวะพร่องฮอร์โมนเอสโตรเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสตรีที่มีการหมดประจำเดือนเร็วก่อนอายุ 45 ปี และสตรีที่ได้รับการผ่าตัดรังไข่ 2 ข้างจะทำให้ความหนาแน่นของกระดูกมีการสูญเสียอย่างรวดเร็วมากกว่าเพศชายในวัยเดียวกัน ( Christiansen, 1991; Rose and Rose, 1994)

1.2.2 ภาวะไทรอยด์ฮอร์โมนมากกว่าปกติ โรคต่อมพาราไทรอยด์ทำงานมากกว่าปกติทำให้การดูดซึมแคลเซียมในลำไส้ลดลงผิดปกติ 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) (เอี่ยมพร สกุลแก้ว, 2549)

1.5 อายุ ในช่วงวัยเด็กกระดูกของคนเราจะมีความหนาแน่นของเนื้อกระดูกน้อยแล้วค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นจนถึงสูงสุดในวัยประมาณ 30 ปี หลังจากนั้นกระดูกจะค่อยๆ บางลง จนบางมากในวัยสูงอายุ (พงศักดิ์ ยุกตะนันท์, 2550)

## 2. ปัจจัยเสี่ยงที่ควบคุมได้ ได้แก่

2.1 ด้านโภชนาการ ได้แก่ การได้รับสารอาหารที่มีแคลเซียมไม่เพียงพอการได้รับวิตามินดีไม่เพียงพอและการรับประทานอาหารโปรตีนจากเนื้อสัตว์จำนวนมาก

2.1.1 การได้รับสารอาหารที่มีแคลเซียมไม่เพียงพอหรือการขาดสารอาหารที่มีแคลเซียมเรื้อรังเนื่องจากแคลเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อกระดูกร้อยละ 98 แคลเซียมเป็นส่วนสำคัญในการสร้างเนื้อกระดูกใหม่และช่วยทำให้กระดูกแข็งแรง (Christiansen, 1991; Rose and Rose, 1994)

2.1.2 การได้รับวิตามินดีไม่เพียงพอวิตามินดีเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อกระดูกช่วยสร้างโปรตีนในการดูดซึมของแคลเซียมทำให้แคลเซียมมีการดูดซึมได้ดีและช่วยในการสร้างของเนื้อกระดูกโดยปกติร่างกายสามารถได้รับวิตามินดีจากการบริโภค เช่น น้ำมันตับปลา เมล็ดธัญญาพืชทั้งเปลือก ขนมังคุด และจากแสงแดด เป็นต้น การขาดวิตามินดีทำให้ลำไส้ดูดซึมแคลเซียมได้ลดลงทำให้แคลเซียมในกระแสเลือดลดต่ำลงซึ่งจะส่งผลกระทบต่อให้มีการหลั่งฮอร์โมนพาราไทรอยด์ออกมาสลายเนื้อกระดูกเพื่อเพิ่มระดับแคลเซียมในเลือดให้

กลับสู่ปกติทำให้กระบวนการสลายเนื้อกระดูกเพิ่มมากขึ้น (Christiansen, 1991; Finn, 1997; Rose and Rose, 1994)

2.1.3 การรับประทานอาหารโปรตีนจากเนื้อสัตว์จำนวนมากกว่าการได้รับฟอสฟอรัสจากเนื้อสัตว์มากเกินไปเป็นประจำทำให้แคลเซียมถูกขับออกจากร่างกายก่อให้เกิดการขาดแคลเซียมตามมา (สุคนธ์ ไข่แก้ว, 2540)

2.1.4 การรับประทานอาหารรสเค็มจัด หากร่างกายได้รับโซเดียมมากอาจส่งผลให้ร่างกายขับแคลเซียมทางปัสสาวะมากกว่าปกติซึ่งโซเดียมพบได้ในเครื่องปรุงรสจำพวกเกลือแกงและผงชูรส ดังนั้นการบริโภคผงชูรสปริมาณมากเสี่ยงต่อการเกิดภาวะกระดูกพรุน (เอี่ยมพร สกุลแก้ว, 2549)

2.2 ปัจจัยด้านพฤติกรรมสุขภาพ ได้แก่ การสูบบุหรี่การเสพสิ่งเสพติดการดื่มสุราหรือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์การเสพรูอินและทินเนอร์การดื่มน้ำชา กาแฟ น้ำอัดลมที่มีส่วนผสมของโคลา โคล่าเป็นประจำและขาดการออกกำลังกาย

2.2.1 การสูบบุหรี่การสูบบุหรี่อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานจะทำให้ความสามารถของการดูดซึมแคลเซียมลดลง (Christiansen, 1991)

2.2.2 การเสพสิ่งเสพติด เช่น การดื่มสุราหรือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์การเสพรูอินและทินเนอร์จะส่งผลต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนตามมา (Christiansen, 1991)

2.2.3 การดื่มน้ำชา กาแฟ น้ำอัดลมที่มีส่วนผสมของคาร์บอนเป็นประจําทำให้ลดความสามารถในการดูดซึมแคลเซียม (Christiansen, 1991; Rose and Rose, 1994) และนอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าการดื่มน้ำชา กาแฟ มากกว่า 2 ถ้วย/วัน จะเพิ่มอัตราการสูญเสียเนื้อกระดูกที่รวดเร็วมากขึ้นกว่าสตรีที่ไม่ดื่มน้ำชา กาแฟ (Barrett-Connor, Channg and Edelstein, 1994)

2.2.4 การขาดการออกกำลังกายสตรีที่นั่งทำงานเป็นเวลานานๆ การขาดการเคลื่อนไหวของร่างกายเป็นเวลานานจะทำให้การสูญเสียเนื้อกระดูกสูงขึ้นและทำให้เกิดกระดูกหักง่ายกว่าคนที่ออกกำลังกายปกติ (อารีรัตน์ สังวรพงษ์พนา, 2540)

2.3 ปัจจัยด้านการเจ็บป่วย ได้แก่ การเจ็บป่วยด้วยโรคทางด้านอายุรกรรม โดยเฉพาะโรคของต่อมไร้ท่อ เช่น โรคไทรอยด์เป็นพิษ ฮอร์โมนพาราไทรอยด์สูง และโรคเบาหวาน เป็นต้น โรคของระบบทางเดินอาหารผิดปกติ การได้รับการผ่าตัดเพื่อรักษาโรคกระเพาะ และโรคตับเรื้อรังจะทำให้เกิดการดูดซึมของแคลเซียมลดลง (อุรุยา เทพพิสัย และคณะ, 2547)

2.4 ปัจจัยด้านการใช้ยาการรักษาโดยฉายรังสีหรือให้สารเคมี

2.4.1 การใช้ยาติดต่อกันนานๆ อย่างเช่น ยาลดกรดยับยั้งปัสสาวะยา ป้องกันอาการชักยารักษาโรคหัวใจยารักษาโรคเบาหวานกลูโคคอร์ติคอยด์สเตียรอยด์และ เฮปาริน เป็นต้นการได้รับยาเหล่านี้เป็นเวลานานจะขัดขวางการดูดซึมแคลเซียม (อูรูษา เทพพิสัย และคณะ, 2547; Christiansen, 1991; Holmes, 1998)

2.4.2 การรักษาโดยฉายรังสีหรือให้สารเคมีเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เซลล์ กระดูกถูกทำลายนำไปสู่ภาวะกระดูกพรุนรวมถึงการปลูกถ่ายอวัยวะก็เป็นปัจจัยเสี่ยงอย่างหนึ่ง เพราะในกระบวนการดังกล่าวต้องใช้ยาไซโคลสพอรินเอทีมีสรรพคุณป้องกันการปฏิเสธและไม่ ยอมรับของร่างกายต่ออวัยวะที่นำมาปลูกซึ่งยาพวกนี้ทำให้กระดูกบาง (เอี่ยมพร สกุลแก้ว, 2549)

2.5 ปัจจัยอื่นๆ เช่น น้ำหนักตัวน้อย โครงร่างเล็กผอมหรือดัชนีมวลกายต่ำกว่าปกติ เป็นต้น ซึ่งค่าดัชนีมวลกายสามารถคิดได้จากน้ำหนัก (กิโลกรัม) หารด้วยความสูงยกกำลังสอง (ตารางเมตร) และเกณฑ์การแบ่งกลุ่มดัชนีมวลกายขององค์การอนามัยโลก (WHO, 2000) กำหนด ไว้ดังนี้ < 18.5 กิโลกรัม/ตารางเมตร (ต่ำกว่าปกติ) 18.50-22.99 กิโลกรัม/ตารางเมตร (ปกติ) 23.00-24.99 กิโลกรัม/ตารางเมตร (น้ำหนักเกิน) 25.00-29.99 กิโลกรัม/ตารางเมตร (อ้วนมากระดับ 1) และ  $\geq 30$  กิโลกรัม/ตารางเมตร (อ้วนมากระดับ 2) โดยเฉพาะกลุ่มสตรีที่มีดัชนีมวลกายต่ำกว่า เกณฑ์ปกติจะเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนสูงกว่าสตรีที่มีดัชนีมวลกายปกติหรือในคนอ้วน (Speroff, Glass and Kase, 1994) เนื่องจากไขมันเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการผลิตเอสโตรเจน เมื่อรังไข่หยุดทำงานการผลิตเอสโตรเจนส่วนหนึ่งได้มาจากไขมันในร่างกายซึ่งจะช่วยป้องกันโรค กระดูกพรุน (Rose and Rose, 1994) และสตรีที่มีโครงร่างเล็กจะมีโอกาสเกิดโรคกระดูกพรุนได้ มากกว่าสตรีที่มีโครงร่างใหญ่เพราะสตรีโครงร่างเล็กจะมีปริมาณกระดูกเนื้อแน่นน้อยกว่า (Lappe, 1993)

สมชาย เอื้อรัตนวงศ์ (2544) กล่าวว่า โรคกระดูกพรุนเป็นปัญหาสุขภาพหลักโรคหนึ่ง เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับการเกิดกระดูกหัก จึงมีความสำคัญที่จะต้องทราบถึงสาเหตุและปัจจัย เสี่ยง เพื่อที่จะได้ป้องกันและรักษาได้ทันทั่วถึง ทำให้สามารถลดอัตราการเป็นโรค ลดค่าใช้จ่ายใน การดูแลรักษา

#### 4. การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน

บุคคลที่ควรได้รับการตรวจวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนเพื่อจะได้ทราบว่ามีความเสี่ยงต่อ การเกิดกระดูกหักถือว่าเป็นสิ่งสำคัญมากได้แก่ (สมชาย เอื้อรัตนวงศ์, 2544; อูรูษา เทพพิสัย, 2547)

1. ผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนตามธรรมชาติ (natural menopause) หรือหมดประจำเดือนก่อนอายุ 40 ปี (premature menopause) หมดประจำเดือนจากการผ่าตัดรังไข่ออกทั้ง 2 ข้าง (surgical menopause) หรือจากการใช้รังสีบำบัดเคมีบำบัดในการรักษาโรคต่างๆ
2. บุคคลที่มีปัจจัยเสี่ยงที่ส่งเสริมให้เกิดโรคกระดูกพรุนเช่นเป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร, โรคทางต่อมไร้ท่อ, โรคเรื้อรังทางอายุรกรรม และการรับประทานยาที่มีผลต่อกระดูก

### วิธีการตรวจโรคกระดูกพรุน ได้ดังนี้

1. การซักประวัติเป็นข้อมูลส่วนหนึ่งที่จะช่วยประกอบการพิจารณาในการวินิจฉัยโรค อีกทั้งนำมาประกอบการวางแผนในการรักษาพยาบาลให้แก่ผู้ป่วยที่เริ่มมีอาการหรือยังไม่มีอาการได้อย่างเหมาะสมซึ่งการซักประวัติมีดังนี้ (สมชาย เอื้อรัตนวงศ์, 2544; อรุษา เทพพิสัย, 2547)

1.1 ประวัติส่วนตัวซักถามเกี่ยวกับชื่อเพศอายุสถานภาพสมรสส่วนสูงขนาดรูปร่างในช่วงระยะเวลา 5-10 ปีมีส่วนสูงลดลงจากปกติที่เช่นติเมตร น้ำหนักก็กิโลกรัม ประวัติการมีประจำเดือน การใช้ยาคุมกำเนิด การใช้ฮอร์โมนเพศ การดื่มสุรกาาแฟและสูบบุหรี่ การดำรงชีวิตประจำวันเกี่ยวกับภาวะโภชนาการ การออกกำลังกาย ประวัติการเจ็บป่วย และการใช้ยาชนิดใดเป็นประจำ ทั้งนี้เพราะยาบางชนิดเป็นปัจจัยส่งเสริมที่ทำให้เกิดโรคกระดูกโปรงบางหรือกระดูกพรุน รวมถึงอาการของภาวะการขาดฮอร์โมนเอสโตรเจน นอกจากนี้ในบางรายอาจมีประวัติมาพบแพทย์ด้วยการปวดหลังมีลักษณะหลังโค้งงุ้มที่เรียกว่า “Dowager’s hump” ซึ่งการซักประวัติจะต้องทำอย่างรอบคอบ

1.2 ประวัติทางกรรมพันธุ์ซึ่งมีส่วนส่งเสริมสัมพันธ์กับการเกิดโรคกระดูกพรุน ดังนั้นควรมีการซักประวัติครอบครัวประวัติที่ควรซักถาม อาทิเช่น มีบุคคลในครอบครัวเป็นโรคกระดูกโปรงบางหรือกระดูกพรุน หรือไม่ร่างกายมีขนาดกล้ามเนื้อเล็กและไม่แข็งแรง หรือไม่มีลักษณะเส้นผมเล็กและบางหรือไม่ผิวหนังมีลักษณะบาง หรือไม่ลักษณะสีผิว ขาว เหลือง หรือดำ ฯลฯ ประวัติเหล่านี้จะช่วยอธิบายสาเหตุของการเกิดกระดูกพรุนและจำแนกกระดูกพรุนว่าเป็นชนิดปฐมภูมิหรือทุติยภูมิ (primary หรือ secondary osteoporosis) สามารถจะช่วยเป็นแนวทางในการรักษาแต่ไม่สามารถวินิจฉัยได้แน่นอน

2. การตรวจเนื้อกระดูกทางพยาธิวิทยา (bone biopsy) การตรวจวิธีนี้มีความแน่นอนในการบอกความหนาแน่นของกระดูกสามารถวินิจฉัยโรคกระดูกบางได้ก่อนกระดูกหักถือเป็น “gold standard” ในการวินิจฉัยโรคกระดูกบางอาจใช้ในการวินิจฉัยแยกโรคอื่นๆ ในกรณีที่ยังสงสัยได้แก่ มะเร็งของกระดูก หรือในบางรายของภาวะกระดูกนิ่มและงอโค้ง (osteomalacia) ที่ผิดปกติ

เพียงเล็กน้อยอย่างไรก็ตามวิธีที่นำมาใช้ในทางปฏิบัติควรเป็นวิธีที่ไม่เกิดอันตรายหรือไม่เกิดความเจ็บปวดแก่ผู้ป่วย (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539; กอบจิตต์ ลิ้มปะยอม, 2543)

3. การตรวจความหนาแน่นของกระดูก (quantitative bone mineral analysis) ทำได้หลายวิธีดังนี้ (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539; อรุษา เทพพิสัย, 2547)

3.1 วิธีเอ็กซเรย์ธรรมดาการวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนด้วยวิธีนี้ร่างกายจะต้องสูญเสียเนื้อกระดูกไปถึงร้อยละ 25-30 จึงจะสามารถตรวจพบความผิดปกติได้ ปัจจุบันใช้ในการวินิจฉัยกระดูกหักอันเนื่องมาจากกระดูกพรุน

3.2 การวัดความหนาแน่นของกระดูกโดยเครื่อง “photon absorptiometer” โดยมีเครื่องมือ ดังนี้

3.2.1 “Single photon absorptiometry (SPA)” ส่วนมากใช้วัดบริเวณปลายของกระดูกแขน (radius) ซึ่งมีกระดูกเนื้อพรุน (trabecular bone) เป็นส่วนประกอบสำคัญแต่ไม่สามารถใช้วัดในบริเวณกระดูกสันหลังหรือสะโพก ซึ่งต้องผ่านเนื้อเยื่อต่างๆ มากมาย

3.2.2 “Dual photon absorptiometry (DPA)” เครื่องนี้สามารถวัดความหนาแน่นของกระดูกมากขึ้นเครื่องมือชนิดนี้สามารถวัดกระดูกในส่วนที่มีเนื้อหนาๆ ได้เช่นกระดูกสันหลังและกระดูกสะโพก

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

3.3 “Quantitative computed tomography (QCT)” เป็นเครื่องมือที่สามารถวัดความหนาแน่นของกระดูกเนื้อพรุน (trabecular bone) และกระดูกเนื้อแน่น (cortical bone) แยกออกจากกันได้สามารถเลือกวัดความหนาแน่นเฉพาะบริเวณและสามารถวัดได้เป็น 3 มิติจึงมีหน่วยเป็นกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถแยก “extraosseous calcium” ออกได้ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดความหนาแน่นของกระดูกด้วยวิธีอื่นๆ อย่างไรก็ตามข้อจำกัดคือเป็นเครื่องมือที่มีค่าใช้จ่ายสูงและผู้ป่วยจะได้รับรังสีในปริมาณที่สูงกว่าวิธีการต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

3.4 เครื่องคลื่นเสียงความถี่สูง (quantitative ultrasound) เครื่องมือที่ใช้เรียกว่าบรอดแบนด์อัลตราโซนิกแอตทนูชัน “Broadband ultrasonic attenuation (BUA)” ทำการวัดโดยให้ผู้ป่วยวางสันไไว้บริเวณช่องตรงกลางใช้เวลาในการตรวจเพียง 1-10 นาทีผู้ป่วยจะไม่ได้รับรังสีใดๆ เป็นวิธีที่ปลอดภัยไม่ก่อให้เกิดความเจ็บปวด



องค์การอนามัยโรคได้กำหนดเกณฑ์การแปรผลการตรวจวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกโดยกำหนดค่า T-score ดังนี้ (เสก อักษรานุเคราะห์, 2543; อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา และ ฉันทนา จันทวงศ์, 2544)

- |   |   |
|---|---|
| 1. ภาวะปกติ (normal)                                  | = ค่า T-score > -1 S.D.                           |
| 2. ภาวะกระดูกโปร่งบาง (osteopenia)                    | = ค่า T-score อยู่ระหว่างมากกว่า -2.5 ถึง -1 S.D. |
| 3. ภาวะกระดูกพรุน (osteoporosis)                      | = ค่า T-score < -2.5 S.D. ลงไป                    |
| 4. ภาวะกระดูกพรุนที่เป็นอันตราย (severe osteoporosis) | = ค่า T-score < -2.5 S.D. ลงไปร่วมกับกระดูกหัก    |

#### 5. การวินิจฉัยโดยการตรวจวัดทางชีวเคมีของการสร้าง และการสลายของกระดูก

องค์ประกอบของกระดูกมีส่วนสำคัญ คือเกลือแร่ 65% ในจำนวนนี้เป็นแคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม นอกนั้นเป็น “ Trace elements” สำหรับส่วนที่เป็นโปรตีนมี 25% ซึ่งแบ่งได้ 2 ชนิด คือ โปรตีนที่อยู่ในรูปของคอลลาเจน 23% ส่วนอีก 2% เป็นโปรตีนชนิดช่วยเสริมความแข็งแรง หรือยึดส่วนประกอบอื่นๆของกระดูกเรียกว่า นอนคอลลาเจนโปรตีน (noncollagen protein) ได้แก่ ออสทีโอแคลซิน (osteocalcin) ออสทีโอพอนติน (osteopontin) ออสทีโอเนคติน (osteonectin) ฯลฯ ส่วนน้ำมีในกระดูก 10% (ณรงค์ บุญยรัตเวช, 2550)

เมื่อกระดูกมีการเปลี่ยนแปลงจากการทำงานของเซลล์กระดูก ได้แก่ เซลล์สลายกระดูก (osteoclast) ทำหน้าที่ละลายกระดูกเพื่อเบิกทางให้เซลล์สร้างกระดูก ( osteoblast) สิ่งที่เกิดจากการละลายหรือสร้างกระดูกจะหลุดเข้าสู่เลือดพร้อมกับเอนไซม์ของเซลล์กระดูกที่ใช้ในกิจกรรมนั้น ซึ่งสามารถตรวจด้วยขบวนการเคมีพิเศษจะบอกได้ว่าเป็นสิ่งใดที่เกิดจากกิจกรรมของ ออสทีโอโอบลาสต์ ( osteoblast) หรือออสทีโอคลาสต์ ( osteoclast) หรืออีกนัยหนึ่งสามารถบอกภาวะการสร้างหรือสลายของกระดูกได้ การตรวจวิธีนี้เรียกว่าไบโอเคมีคัลไบโอมาร์กเกอร์ (biochemical bone markers) (ณรงค์ บุญยรัตเวช, 2550)

#### การตรวจประเมินทางชีวเคมีของค่าการสลายกระดูก (biochemical bone markers of resorptive markers)

ในทางปฏิบัติการตรวจมาร์กเกอร์ ( markers) ชนิดนี้มีความสำคัญเนื่องจากเป็นตัวบอกระดับภาวะกระดูกมีการสูญเสียเนื้อกระดูกออกมาเช่นเดียวกับมีการเสียเลือด หากปล่อยไว้นานๆ อาจส่งผลให้เกิดอันตรายต่อกระดูกได้ เช่นบางลงหรือหักง่าย ค่าทางชีวเคมีของการสลายมวล

กระดูก (resorptive bone marker) ได้จากแหล่งที่มา 2 ทาง คือ แฟร็กเมนต์ (fragments) ของคอลลาเจน และเอ็นไซม์ที่ออสทีโอคลาสต์ใช้ย่อยสลายกระดูก (ณรงค์ บุญยะรัตเวช, 2550)

### การตรวจวินิจฉัยโบนมาร์เกอร์

การตรวจวินิจฉัยประกอบด้วยการตรวจ 3 รายการ ได้แก่ (ณรงค์ บุญยะรัตเวช, 2550)

1. เบต้าครอสแล็ป ( $\beta$ -CrossLaps) เพื่อดูกระบวนการสลายของมวลกระดูก (bone resorption)
2. เอ็นมิดออสตีโอแคลซิน (NMID osteocalcin) เพื่อดูกระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก (Bone turnover)
3. พีวันเอ็นพี (PINP) หรือพีวันซีพี (PICP) เพื่อดูกระบวนการสร้างของมวลกระดูก (bone formation)

### การแปลผล (ณรงค์ บุญยะรัตเวช, 2550)

ต้องพิจารณาว่าค่าที่วัดได้นั้นเป็นค่าปกติหรือผิดปกติ ถ้าค่าโบนมาร์กเกอร์สูงอาจมีความหมายว่าปกติหรือผิดปกติโดยการพิจารณาค่าปกติจำเป็นต้องมีการอ้างอิง เช่น ในสตรีวัยหมดประจำเดือนตรวจแล้วได้ค่าสูงผิดปกติแต่จะแปลผลว่าผิดปกติหรือปกติจำเป็นต้องนำค่าไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ค่ามาตรฐานที่นำมาเปรียบเทียบที่เหมาะสมควรเป็นค่าจากสตรีวัยเจริญพันธุ์ที่ร่างกายแข็งแรงไม่มีโรคใดๆ หากว่าเมื่อเปรียบเทียบแล้วได้ค่าสูงกว่าถือว่าผิดปกติยกเว้นในวัยกำลังเจริญเติบโตค่าที่วัดได้สูงจะจัดเป็นค่าปกติได้ดังนั้นจำเป็นต้องหาค่ามาตรฐานในกลุ่มสตรีวัยเจริญพันธุ์เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบจากการศึกษาพบว่าค่าการสลายกระดูก มีค่าเบต้าครอสแล็ป ( $\beta$ -CrossLaps) = 0.31 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ค่าการสร้างกระดูกพีวันเอ็นพี (PINP) = 44.5 นาโนกรัม/มิลลิลิตร และค่าเอ็นมิดออสตีโอแคลซิน = 16.46 นาโนกรัม/มิลลิลิตร (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าปกติของระดับ “bone markers” ในสตรีวัยเจริญพันธุ์ (ณรงค์ บุญยรัตเวช, 2551)

โบนมาร์เกอร์ (bone markers)	คุณสมบัติ (identify)	ค่าเฉลี่ย (ng/ml)	95%CI
เบต้าครอสเล็ป ( $\beta$ -CrossLaps) (n=356)	การสลายของมวล กระดูก	$0.310 \pm 0.169$	0.293-0.328
เอ็นมิดออสทีโอแคลซิน (NMID osteocalcin) (n=123)	กระบวนการโบนเทิร์น โอเวอร์ของกระดูก	$16.46 \pm 0.179$	14.9-18.02
พิวน์เอ็นพี (P1NP) (n=109)	การสร้างของมวล กระดูก	$44.5 \pm 19.92$	40.78-48.35

ถ้าตรวจค่า “CTx” สูงบางครั้งไม่ได้บ่งบอกว่ามีพยาธิสภาพที่กระดูกได้ร้อยเปอร์เซ็นต์ดังที่ได้กล่าวไว้เช่น อาจอยู่ในระหว่างการเจริญผิดปกติ หรือกระดูกกำลังเจริญเติบโตตามปกติ หรือมีการสลายตัวของอวัยวะบางอย่างที่มีคอลลาเจนชนิดที่ 1 (collagen type 1) เช่น ผิวหนัง

เมื่อเป็นเช่นนี้เราจำเป็นต้องตรวจภาวะการสร้างมวลกระดูก (bone formation marker) ควบคู่ไปด้วยหากพบค่ามาร์กเกอร์ทั้ง 2 ชนิดสูงแสดงว่าอยู่ในภาวะที่เรียกว่า “high bone turnover” ซึ่งพบในวัยกำลังเจริญเติบโตหากว่าถ้าค่าต่ำทั้งคู่เรียกว่า “low bone turnover” ซึ่งทั้ง 2 กรณีผู้รักษาจำเป็นต้องตัดสินใจจะปล่อยให้อยู่ในสภาพเช่นนี้นานเท่าใดเพราะการเปลี่ยนแปลงเกินไปจะเป็นอันตรายต่อกระดูกได้ อาจมี “bone crack” เกิดขึ้น และหากพบค่า “CTx” สูงขึ้น แต่ค่าการสร้างมวลกระดูกไม่สูงตามอาจต้องค้นหาสาเหตุเพิ่มหรือในกรณีค่า “CTx” ต่ำกว่าปกติ ควรพิจารณาว่ามีการได้รับยา “anti-resorption” เช่น “bisphosphonate” “calcitonin” และ “estrogen” อยู่หรือไม่และควรพิจารณาว่าภาวะการสร้าง มวลกระดูก (P1NP) ต่ำกว่าค่าปกติหรือไม่เช่นกัน ส่วนใหญ่ก็ต่ำกว่าค่าปกติคือไม่มีภาวะการสร้า งมวลกระดูกเกิดขึ้น ดังนั้นจึงจัดเป็นภาวะ “low bone turnover”

ตารางที่ 2 แสดงวิธีการคำนวณเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของการสร้างทั้งก่อน และหลังการรักษาของกระดูก (ณรงค์ บุญยะรัตเวช, 2552)

$$\text{ค่าการสร้างกระดูกก่อนได้รับการรักษา} = (\text{ค่า PINP ก่อนการรักษา} \div \text{ค่า } \beta\text{-CrossLaps ก่อนการรักษา}) \times 0.31^*$$

$$\text{ค่าการสร้างกระดูกหลังได้รับการรักษา} = (\text{ค่า PINP หลังการรักษา} \div \text{ค่า } \beta\text{-CrossLaps หลังการรักษา}) \times 0.31^*$$

\*0.31 คือ ค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก (mean  $\beta$ -CrossLaps ในสตรีวัยเจริญพันธุ์)

### ปัจจัยในการแปลผลโบนมาร์กเกอร์

การแปลผลไบโอเคมีคัลโบนมาร์กเกอร์หรือโบนมาร์กเกอร์จำเป็นต้องพิจารณารายละเอียดโดยนำปัจจัยต่อไปนี้มาพิจารณาด้วย (ณรงค์ บุญยะรัตเวช, 2551)

1. อายุ โบนมาร์กเกอร์ทุกชนิดเปลี่ยนแปลงตามอายุในวัยเด็กต่ำกว่า 13-15 ปี 15-25 ปี 25-49 ปี และ 50 ปีขึ้นไป จะมีค่าไม่เหมือนกัน กล่าวโดยกว้างคืออายุน้อยค่าโบนมาร์กเกอร์จะสูงกว่าอายุมาก
2. เพศ ในเพศชายมักสูงกว่าเพศหญิงเป็นส่วนใหญ่
3. เวลา โบนมาร์กเกอร์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา 24 ชั่วโมงมีค่าสูงสุดประมาณ 4.00 น. ดังนั้น การตรวจเปรียบเทียบควรกำหนดเวลาให้ตรงกัน ในทางปฏิบัติที่ควรตรวจเลือดก็คือนเวลาเช้า 8.00-9.00 น.
4. อาหาร มีการพบว่าการตรวจโบนมาร์กเกอร์ก่อนอาหาร (งดอาหาร) จะให้ผลดีกว่หลังอาหาร โดยเฉพาะค่าเบต้าครอสแล็ปค่าจะไม่แกว่งมากในกรณีตรวจก่อนรับประทานอาหาร
5. ตัวอย่างที่ตรวจ การตรวจโบนมาร์กเกอร์จากซีรัม (เจาะเลือด) จะให้ผลดีกว่การตรวจปัสสาวะ 24 ชั่วโมงเนื่องจากค่าไม่แกว่งมาก โดยทั่วไปนิยมจากการตรวจทางเลือด
6. ปัจจัยอื่นในเลือด ทางที่ดีผู้ได้รับการตรวจโบนมาร์กเกอร์ควรได้รับการตรวจเลือดทั่วไป (screening blood) และควรจะได้นำมาพิจารณาประกอบการแปลผล เช่น ตรวจหน้าที่ไตดับเบาหวานเพราะถ้ามีโรคเหล่านี้จะอยู่จะทำให้ค่าโบนมาร์กเกอร์เปลี่ยนด้วย

7. ยาที่ได้รับมาก่อน เช่น ยาในกลุ่มที่ลดการสลายมวลกระดูก และยาในกลุ่มบำรุงกระดูก อาจทำให้ค่าของการสลายกระดูก (resorption bone markers) เพิ่มหรือลดลงได้ (ณรงค์ บุญยรัตเวช, 2550)

8. ชนิดของโบนมาร์กเกอร์จำเป็นจะต้องตรวจคู่กันคือตรวจการสร้าง มวลกระดูกและการสลายมวลกระดูก เช่น เบต้าครอสเต็ปกับพีวันเอ็นพี การตรวจรายการเดียวจะแปลผลได้ไม่ถูกต้อง กล่าวโดยสรุปจำเป็นจะต้องตรวจ 2 รายการเพื่อดูการทำงาน (turnover) ของเซลล์กระดูกว่าจัดเป็นระดับสูงหรือต่ำถ้าค่าทั้ง 2 สูงเกินค่าปกติก็จัดว่าเป็น “high bone turnover” คือเปลี่ยนแปลงตามกันแบบความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear correlation)

9. ค่ามาตรฐานการแปลผลโบนมาร์กเกอร์จำเป็นจะต้องอาศัยค่าปกติเปรียบกับค่าที่ตรวจได้ เช่น การตรวจโบนมาร์กเกอร์ในสตรีวัยหมดประจำเดือนรายหนึ่งได้ค่าเบต้าครอสเต็ป = 0.922 นาโนกรัม/มิลลิลิตร จะทราบว่าปกติหรือไม่ต้องนำไปเปรียบเทียบกับค่าปกติ (จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มคนวัยหมดประจำเดือนจะไม่ถูกต้อง)

การเลือกค่าปกติมีความจำเป็นเพื่อนำมาเปรียบเทียบ เนื่องจากสตรีวัยหมดประจำเดือนจัดว่ามีความบกพร่องในร่างกาย เช่น ฮอร์โมนเอสโตรเจนลดลงถ้าจะเอาค่าโบนมาร์กเกอร์ในประชากรกลุ่มนี้ว่าเป็นค่าปกติย่อมไม่ถูกต้องเพราะค่าจะมีช่วงกว้างมากและได้จากกลุ่มประชากรที่ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาประชากรที่สมบูรณ์ไม่ป่วยเป็นโรคถ้าเป็นสตรีก็ต้องเลือกวัย 35-45 ปีที่ยังมีประจำเดือนปกติมาเป็นค่าปกติ

#### ประโยชน์ของโบนมาร์กเกอร์ (ณรงค์ บุญยรัตเวช, 2551)

1. เพื่อดูสภาพกระดูกของกลุ่มเสี่ยง ได้แก่ วัยหมดประจำเดือนได้รับยาบางชนิดเช่น สเตียรอยด์, เคมีบำบัด, ยาประเภทไทรอยด์นานๆ หากว่าตรวจแล้วมีการสลายมวลกระดูกสูงกว่าปกติต้องแก้ไขมิเช่นนั้นในอนาคตจะกลายเป็นโรคกระดูกพรุนได้

2. ใช้ติดตามผลการรักษาจากยาโรคกระดูกโดยตรวจโบนมาร์กเกอร์ก่อนได้รับยา และตรวจหลังได้รับยาตามระยะสมควรว่าผลของยาในแง่การสร้างกระดูกหรือการสลายกระดูก

3. ใช้ดูสภาพของกระดูกว่าอยู่ในสภาพดีหรือไม่ โดยพิจารณาจากการสร้างกระดูก , การสลายกระดูกหรือ โบนเทิร์นโอเวอร์ว่าผิดปกติหรือไม่

## 6. การป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุน

การป้องกันและการชะลอการเกิดโรคกระดูกพรุน มีดังนี้ (บุญใจ ศรีสถิตยัณรากุล, 2544; วิไล คุปต์นริศศัลยกุล, 2550)

1. อาหาร ควรรับประทานอาหารที่มีแคลเซียมให้เพียงพอกับปริมาณความต้องการของร่างกาย ซึ่งโดยปกติร่างกายควรได้รับปริมาณแคลเซียม 800-1,000 มิลลิกรัม/วัน สำหรับผู้สูงอายุควรได้รับแคลเซียม 1,500 มิลลิกรัม/วัน หลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารประเภทโปรตีนที่ได้จากเนื้อสัตว์ในปริมาณมากและรับประทานเป็นประจำ เพราะจะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสและกำมะถันในร่างกายเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ร่างกายมีภาวะกรด กลไกของร่างกายจะทำหน้าที่รักษาสมดุลของร่างกาย โดยจะกระตุ้นให้ร่างกายสลายแคลเซียมออกจากกระดูกเพื่อขับแคลเซียมออกทางไต ยกเว้นเนื้อปลา การรับประทานอาหารประเภทโปรตีนที่เหมาะสมไม่ควรรับประทานเกิน 100 กรัมต่อวัน หลีกเลี่ยงการบริโภคพืชผักชนิดเดียวกันติดต่อกันเป็นระยะเวลาอันยาวนานและปริมาณครั้งละมากๆ แต่ควรรับประทานผักหลายชนิด เพราะผักบางชนิดมีปริมาณกากใยสูง ซึ่งจะมีผลต่อขัดขวางการดูดซึมแคลเซียมในลำไส้ เช่น บลอคโคลี่ ผักคะน้า เป็นต้น และหลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารที่เค็มจัด เนื่องจากมีส่วนประกอบของโซเดียม เพราะเมื่อร่างกายขับโซเดียมออกทางปัสสาวะ แคลเซียมก็จะถูกขับออกมาด้วย

2. การออกกำลังกาย ควรออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ หากเป็นไปได้ควรออกกำลังกายทุกวัน หรือใน 1 สัปดาห์ ควรออกกำลังกายอย่างน้อย 3 ครั้งๆ ละ 30 นาที ควรออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาที่มีการลงน้ำหนักของแขนหรือขา เช่น เดินเร็ว เดินในน้ำ เต้นแอโรบิก ว่ายน้ำ และการเล่นจักรยานอยู่กับที่ เป็นต้น

3. ควรได้รับแสงแดดอ่อนๆ ในช่วงเช้าบ้าง เนื่องจากแสงยูวีจากแสงแดดสามารถเปลี่ยนสารที่อยู่ใต้ผิวหนังให้เป็นวิตามินดี ซึ่งเป็นสารสำคัญที่ช่วยดูดซึมแคลเซียม ดังนั้นจึงควรออกกำลังกายในช่วงเช้าหรือช่วงเย็นในบริเวณที่มีแสงแดดอ่อนๆ

4. เครื่องดื่ม ควรหลีกเลี่ยงการดื่มสุราหรือเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ทุกชนิด และเครื่องดื่มประเภทน้ำอัดลม เพราะเครื่องดื่มประเภทน้ำอัดลม เพราะเครื่องดื่มเหล่านี้มีสารประกอบที่ทำให้ร่างกายขับแคลเซียมออกทางปัสสาวะมากขึ้น และควรหลีกเลี่ยงหรือลดปริมาณการดื่มกาแฟหรือเครื่องดื่มประเภทที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน เนื่องจากคาเฟอีน เป็นสารที่กระตุ้นการสลายแคลเซียมออกจากกระดูกรวมทั้งทำให้ไตขับแคลเซียมออกทางปัสสาวะมากขึ้น

5. บุหรี่ไม่ควรสูบบุหรี่ เนื่องจากนิโคตินที่มีในบุหรี่เป็นสารที่กระตุ้นการสลายแคลเซียมออกจากกระดูก แต่หากไม่สามารถงดสูบบุหรี่ได้ ก็ให้ลดปริมาณลง

6. การรับประทานยา ควรหลีกเลี่ยงการรับประทานยาโดยไม่ได้รับการสั่งยาจากแพทย์ และไม่ควรรับประทานยาที่มีส่วนผสมของสเตียรอยด์ โดยเฉพาะยาชุด ยาลูกกลอน และยาคุม เพราะยาเหล่านี้จะทำลายเนื้อกระดูก มีผลทำให้เนื้อกระดูกบางและพรุน นอกจากนี้ควรหลีกเลี่ยงการรับประทานยาลดกรดและยาระบายเป็นประจำ เพราะยาลดกรดจะขัดขวางการดูดซึมแคลเซียม ส่วนยาระบายจะทำให้ไต่ดทับขั้วแคลเซียมออกทางปัสสาวะมากขึ้น

7. การหาแหล่งส่งเสริมสุขภาพ ควรไปรับบริการตรวจสุขภาพประจำปีจากสถานบริการสาธารณสุข โดยตรวจเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะการตรวจมะเร็งปากมดลูก สำหรับการตรวจวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก ไม่จำเป็นต้องตรวจทุกปี แต่อาจตรวจทุก 2 ปี หรือตามที่แพทย์เห็นสมควร

สำนักพัฒนาวิชาการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข (2548) ได้จำแนกแนวทางการป้องกันและการรักษาโรคกระดูกพรุน ออกเป็น 2 ทางเลือก คือ

1. ทางเลือกที่มีต้องใช้เวลา (non-pharmacological modality) ได้แก่

1.1 การออกกำลังกายชนิดที่มีการลงน้ำหนัก โดยพิจารณาให้เหมาะสมกับวัยและสภาพร่างกาย เช่น การเดิน การวิ่ง การปั่นจักรยาน หรือการรำมวยจีน เป็นต้น มีระยะเวลาและความถี่เช่นเดียวกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกทั่วไป กล่าวคือประมาณ 20-30 นาที/วัน 3-5 วัน/สัปดาห์

1.2 การรับประทานอาหารที่มีแคลเซียมอย่างพอเพียง โดยการพิจารณาการได้รับแคลเซียมจากอาหารเป็นอันดับแรก ในรายที่จำเป็นต้องรับประทานแคลเซียมชนิดเม็ดควรรับประทานพร้อมอาหารหรือหลังอาหารทันที

1.3 ควรได้รับแสงแดดอ่อนๆ อย่างเพียงพอเพื่อให้ผิวหนังสามารถสร้างวิตามินดี

1.4 หลีกเลี่ยงพฤติกรรมเสี่ยงต่อสุขภาพที่เป็นความเสี่ยงต่อภาวะกระดูกพรุนและกระดูกหัก ได้แก่ การสูบบุหรี่ดื่มสุราเกินขนาดรับประทานยาากลุ่มโคคอดิโคยด์เป็นระยะเวลานาน

1.5 ดูแลรักษาโรคทางอายุรกรรมที่อาจมีผลให้สูญเสียกระดูกได้เร็วขึ้น เช่น โรคไทรอยด์เป็นพิษ

2. ทางเลือกที่ต้องอาศัยยา ( pharmacological modality) สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 วิธีหลัก ได้แก่

2.1 การใช้ฮอร์โมนเพศ (hormone therapy, HT) เมื่อก้าวถึงฮอร์โมนทดแทนโดยทั่วไป หมายถึงฮอร์โมนทดแทนที่มีเอสโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญหรือ “tibolone” ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของโปรเจสติน (progestogen) ที่ชื่อว่า “norethynodrel” และอาการข้างเคียงที่เกิดจากการใช้ฮอร์โมนทดแทนทั้งชนิดเอสโตรเจนและโปรเจสตินที่สำคัญและพบบ่อย คือมีเลือดออกทางช่องคลอด เจ็บเต้านมปวดศีรษะไมเกรน และน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น

2.2 การใช้ยาที่ไม่ใช่ฮอร์โมนเพศ (non-HT)

2.2.1 “Bisphosphonates”

2.2.2 “Selective estrogen receptor modulators” (SERMs) ได้แก่

raloxifene

2.2.3 แคลซิโทนิน (calcitonin)

2.2.4 แคลเซียมร่วมกับวิตามินดี (calcium ± vitamin D)

2.2.5 ไฟโตฮอร์โมน (phytohormones)

2.2.6 วิตามินเค<sub>2</sub> (vitamin K<sub>2</sub>)

## 7. การออกกำลังกายแบบลงน้ำหนักกับมวลกระดูกทั้งบนพื้นแข็งและบนมินิแทรมโพลีน

การออกกำลังกาย เป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมทางกายซึ่งมีการวางแผน มีโครงสร้างรูปแบบและการกระทำอย่างสม่ำเสมอโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มหรือคงไว้ซึ่งความแข็งแรงของร่างกาย (Morris and Schoo, 2004) การออกกำลังกายที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพ จำเป็นจะต้องทำติดต่อกันเป็นเวลาประมาณ 30 นาที และสม่ำเสมอ 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ จึงจะเพียงพอที่จะเป็นการออกกำลังกาย ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการออกกำลังกายอย่างมีประสิทธิภาพ (WHO, 2003) แต่การออกกำลังกายต้องมีการเคลื่อนไหวร่างกายหรือกิจกรรมการออกกำลังกายที่เกี่ยวข้องกับการใช้มัดกล้ามเนื้อมัดใหญ่ๆ มากกว่าการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเฉพาะ หรือมัดเล็กๆ ได้แก่ กายบริหาร เกมสกี และกิจกรรมที่มีรูปแบบ (ถนนวงรี กฤษณ์เพ็ชร และกุลธิดา เริงลาด, 2544)

### การออกกำลังกายในวัยผู้ใหญ่

รูปแบบของการออกกำลังกายในวัยผู้ใหญ่แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน (Kohrt et al., 2004)



1. ชนิดของการออกกำลังกาย (mode) เป็นกิจกรรมประเภทความทนทานที่ใช้น้ำหนักตัว เช่น เทนนิส ขึ้นบันได วิ่งสลับเดิน กิจกรรมประเภทกระโดด และการฝึกด้วยแรงต้าน (ควรใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่)

2. ความหนัก (intensity) ต้องใช้ระดับปานกลางจนถึงระดับมากเป็นครั้งคราว

3. ความถี่ (frequency) กิจกรรมประเภทความทนทานฝึก 3-5 ครั้งต่อสัปดาห์ การฝึกด้วยแรงต้าน 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์

4. ระยะเวลา (duration) ใช้เวลาในการออกกำลังกายประมาณ 30-60 นาที ซึ่งรูปแบบของกิจกรรม ต้องมีการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อหลัก

ในการออกกำลังกายสำหรับวัยนี้ ควรที่จะมีการฝึกความทนทานโดยใช้น้ำหนักตัว และฝึกโดยใช้แรงต้าน เพื่อที่จะรักษาระดับมวลกระดูก และต้องมีกิจกรรมเพื่อฝึกความสามารถในการทรงตัวเพื่อป้องกันการหกล้มด้วย

#### กลไกการทำงานของกระดูกภาวะที่มีแรงมากระทำ

กลไกที่ใช้ในการอธิบายว่ากระดูกมีการตอบสนองต่อแรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อกระดูก โดยหน้าที่ของกระดูกเปรียบเหมือนเป็นผลึกที่มีประจุไฟฟ้า (piezoelectric crystal) สามารถผลิตประจุไฟฟ้าในสัดส่วนที่สัมพันธ์กับแรงที่กระทำต่อกระดูก เมื่อมีแรงกล (mechanical forces) ที่กระทำต่อกระดูกทำให้เกิดกระดูกหักเป็นบริเวณเล็กๆ (microfracture) ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ เหตุการณ์ดังกล่าวจะป้อนตัวกระตุ้นให้เซลล์ออสทีโอเบลาสต์ (osteoblast) ทำการสร้างกระดูกใหม่ ทำให้เกิดขึ้นของกระดูก (ภนาริ พานเพียรศิลป์, 2541)

#### การออกกำลังกายบนพื้นแข็งและพื้นยืดหยุ่น

วัสดุที่ใช้ในการปูพื้นในตามท้องตลาดมีอยู่มากมายหลายชนิดแต่ละชนิดก็มีความแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับผู้ที่ต้องการใช้ คุณสมบัติของพื้น และประโยชน์ในการใช้สอย วัสดุที่นิยมใช้กันทั่วไปในปัจจุบันแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ได้ดังนี้ พื้นพรม พื้นไม้จริง พื้นไม้ปาเก้ พื้นหินแกรนิตและหินอ่อน พื้นกระเบื้องเคลือบ พื้นกระเบื้องหินขัด พื้นกระเบื้องยาง และพื้นคอนกรีตบล็อก (พิบูลสิน , 2010; โนวาบิส, 2012) สำหรับในการออกกำลังกายบนพื้นแต่ละชนิดมีทั้งผลดีและผลเสียที่ไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับความแตกต่างของพื้นที่ใช้ในการออกกำลังกาย โดยยกตัวอย่างจากการออกกำลังกายด้วยการวิ่ง ปัจจัยที่ทำให้ข้อเข่าเสื่อมจากการวิ่ง คือ น้ำหนักตัวของผู่วิ่งมากเกินไป ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่พุงข้อเท้าไม่ดี ความเร็วของการวิ่ง ความลาดของ

เส้นทางวิ่ง พื้นรองเท้าที่ใช้สวมใส่ในการวิ่งและพื้นของเส้นทางวิ่งๆที่ดีต้องมีชนิดของพื้นที่สามารถลดแรง-กระแทกของข้อเข่าได้ เช่น พื้นยางสังเคราะห์ สนามหญ้า จะช่วยในการดูดซับแรงกระแทกได้ดีแต่จะมีราคาแพงและหาได้ยาก สำหรับพื้นคอนกรีตและพื้นที่ลาดยางมะตอยจะเป็นพื้นผิวที่เรียบซึ่งเป็นที่ที่ดีแต่จะซับแรงกระแทกได้น้อย ถ้าเป็นแผ่นคอนกรีตอัดแรงพื้นผิวนอกจากไม่เรียบแล้วยังไม่ช่วยดูดซับแรงกระแทกของข้อเข่าด้วย (เอาชัย กาญจนพิทักษ์, 2549) แต่ถ้าเป็นพื้นยืดหยุ่นความยืดหยุ่นจะมีคุณสมบัติของวัสดุเมื่อถูกดึง บีบหรือกระแทกแล้วสามารถกลับสู่สภาพเดิมได้ส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุจำพวกยาง (จำลอง เทพนิล, 2547) จะเห็นว่าพื้นสนามกีฬา ยางสังเคราะห์สามารถลดแรงกระแทก มีความยืดหยุ่น แข็งแรง และทนทานรวมทั้งสามารถใช้งานได้เป็นเวลานาน (ชันสपोर्ट มาร์เก็ตติ้ง, 2554)

ภนารี พานเพียรศิลป์ (2541) กล่าวว่า น้ำหนักหรือแรงที่กระทำต่อจะกระตุกกระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกที่เพิ่มขึ้น เป็นผลจากการออกกำลังกายซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เป็นแรงกดหรือแรงบิด แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก หรือแรงต้านที่กระทำต่อกระดูก (resisting impact)

### คุณสมบัติของพื้นผิว

คุณสมบัติของพื้นผิวแต่ละชนิดมีหลายแบบ ดังนี้ (ชิโน, 2554)

#### 1. พื้น ไม้ปาร์เก้ หรือ พื้น ไม้

พื้น ไม้เป็นพื้นๆที่เรียกได้ว่าเป็นพื้นที่ใช้สำหรับเดินได้ดีที่สุด เนื่องจากวัสดุของพื้นเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าพื้นหลายๆชนิด และเป็นพื้นที่ห้องซ้อมเดินส่วนมากนิยมใช้ปูไว้ในห้องซ้อมเดินเนื่องจากประโยชน์ในการซับแรงกระแทกได้ดี เมื่อโดนเหงื่อหรือน้ำก็สามารถแห้งได้อย่างรวดเร็ว ถึงแม้สภาพอากาศจะร้อนชื้น แต่พื้นชนิดนี้ก็มิมีข้อเสียเช่นกัน คือ เวลาโดนน้ำนาน ก็จะเกิดการพองตัวได้ ทำให้พื้นไม้ที่ปูอยู่นั้นอาจไม่เสมอกันในเวลาต่อมา

#### 2. พื้นกระเบื้อง

พื้นกระเบื้องเป็นพื้นที่เราสามารถหาทั่วไปตามสถานที่ต่างๆ ทั้งในบ้าน ในโรงเรียน และ ที่อื่นๆ พื้นแบบนี้จะสามารถหาซ่อมได้ง่าย เป็นพื้นที่กันกระแทกเวลาเดินได้รองลงมาจากพื้นไม้ เมื่อพื้นผิวโดนน้ำ หรือ เหงื่อ ก็จะแห้งได้ช้ากว่าพื้นไม้มาก และค่อนข้างลื่นเมื่อโดนน้ำ จะเป็นปัญหามากถ้าบริเวณนั้นมีอากาศร้อนมากๆ เพราะจะทำให้เหงื่อของเราออกมาก และ อาจทำให้พื้นลื่นได้จึงต้องระมัดระวังเวลาที่เหงื่อออกพอสมควร อีกข้อหนึ่งของพื้นกระเบื้องที่เป็นปัญหาอยู่

บ้างก็คือรอยต่อของพื้นกระเบื้อง ที่มีความถี่ แต่มักจะไม่ถี่มาก ก็อาจจะทำให้เกิดปัญหากับท่าที่ใช้

### 3. พื้นพรม

พื้นพรมเป็นพื้นส่วนมากที่ใช้ในการปูบนเวที ตามงานต่างๆ พรมถ้าปูอย่างตึง ก็จะมีคุณสมบัติในการสร้างความถี่และความหนึบให้กับรองเท้าได้ในเวลาเดียวกันแต่มันก็จะทำให้เช่า (ในกรณีใส่กางเกงขาสั้น) , สอก และ หัวไหล่ (สำหรับคนที่ใส่เสื้อแขนกุดหรือเสื้อกล้าม) ของเราเกิดแผลตามตัวได้ขึ้นอยู่กับการกดน้ำหนักของเรากับท่านั้นๆ ถ้ามีโอกาสเดินกับพื้นแบบนี้ควรจะเลือกท่าที่เหมาะสมกับการเดินบนพื้นพรม แล้วใช้งานหรือถ้าเลือกไม่ได้ก็ควรหาเสื้อผ้าหรือเครื่องป้องกันที่เหมาะสมตามสถานการณ์

### 4. พื้นปูนซีเมนต์

พื้นปูนซีเมนต์เป็นพื้นที่มีความหนาแน่นสูง และมีพื้นผิวที่ไม่พึงประสงค์ คือ "ขรุขระ" ด้วยหลายๆ อย่างทำให้ต้องปรับรูปแบบของการเดินมากขึ้น

### การออกกำลังกายด้วยมินิแตรampoline

มินิแตรampoline ( Mini-trampoline) หรือรีเบาเวอร์ ( Rebounder) หรือแตรampoline (Trampette) เป็นที่ทราบกันดีว่าสามารถใช้เดิน วิ่งเหยาะๆ หรือใช้ในการออกกำลังกายได้ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 เมตร หรือประมาณ 3 ฟุต 3 นิ้ว และมีความสูงจากพื้นประมาณ 30 เซนติเมตรหรือ 12 นิ้ว ส่วนใหญ่จะใช้ฝึกในโรงยิมเนเซียมและใช้ฝึกเพื่อพัฒนาทางด้านสุข-สมรรถนะของร่างกาย การกระโดดบนมินิแตรampolineจะช่วยลดแรงกระแทกที่มีต่อเข่าและข้อต่อสำหรับมินิแตรampolineไม่ควรกระโดดสูงจนเกินไปในกิจกรรมประเภทนั้นทนทานการและไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในกิจกรรมประเภทแข่งขัน (Wikipedia, 2011) การกระโดดบนมินิแตรampolineจะส่งผลต่อแรงกระแทกที่ต่ำในการออกกำลังกายแบบลงน้ำหนัก ซึ่งการออกกำลังกายที่มีการลงน้ำหนักของตัวเองและแรงโน้มถ่วงของโลกจะช่วยสร้างกระดูกให้มีความแข็งแรงสามารถป้องกันโรคกระดูกพรุน รวมทั้งการออกกำลังกายที่มีแรงกระแทกต่ำจะเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยมากกว่าการวิ่งที่มีแรงกระแทกสูงเหมาะสำหรับบุคคลที่มีภาวะเสื่อมของข้อต่อหรือภาวะโรคกระดูกพรุน (Dittrich, 2010)

## 8. การเต้นแอโรบิก

### ความหมายของแอโรบิกแดนซ์หรือการเต้นแอโรบิก

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า ได้มีผู้ที่ให้คำนิยามของคำว่าแอโรบิกแดนซ์ หรือการเต้นแอโรบิก (aerobic dance) ไว้ดังนี้

แอโรบิกแดนซ์ หมายถึงการฝึกโดยการผสมระหว่างการฝึกบริหารกาย การเต้น บัลเลต์ การวิ่งเหยาะ การกระโดด และลีลาการก้าวเท้าเคลื่อนที่ตามจังหวะเพลง การออกกำลังกาย จะออกแบบมาให้ฝึกเป็นท่า หรือชุดเพื่อให้ออกกำลังกายหนักๆ ในจังหวะต่อเนื่องกัน (จรรยาพร ธรณินทร์ และวิจิต คณิงสุขเกษม, 2530)

แอโรบิกแดนซ์ หมายถึงกิจกรรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิก สามารถปรับความหนักเบาได้ตามสภาวะที่เหมาะสมของแต่ละคน เป็นการบริหารกายประกอบดนตรีที่สนุกสนาน ผสมผสานระหว่างการเคลื่อนไหวเบื้องต้นกับการเต้นรำ (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร และ กุลธิดา เริงฉลาด, 2544)

แอโรบิกแดนซ์ หมายถึงวิธีการออกกำลังกายชนิดหนึ่งที่น่าเอาทำบริหารกายต่างๆ ผสมผสานกับทักษะการเคลื่อนไหวเบื้องต้น และจังหวะเต้นรำที่จะกระตุ้นให้หัวใจ และปอดต้องทำงานมากขึ้นจนถึงจุดหนึ่ง ด้วยระยะเวลาที่นานเพียงพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เป็นการสร้างบรรยากาศในการออกกำลังกายที่สนุกสนานรื่นเริงลืมความเหน็ดเหนื่อย และเบื่อหน่ายได้ ทั้งยังสร้างความแข็งแรง ความทนทานของระบบกล้ามเนื้อ ระบบไหลเวียนเลือด หัวใจและปอดได้ดีขึ้นทำให้รูปร่างสมส่วนมีบุคลิกภาพที่ดี (สกายบุ๊กส์, 2545)

แอโรบิกแดนซ์ หมายถึงการผสมผสานระหว่างทักษะการเคลื่อนไหวเบื้องต้น ทักษะการเต้นรำ และการบริหารกาย ( basic movement + dance step + calisthenics) แล้วนำมาปรับความหนักเบาให้เหมาะสมกับสภาวะของผู้ฝึก (สุกัญญา พานิชเจริญนาม, 2545)

แอโรบิกแดนซ์ หมายถึงการออกกำลังกายแบบแอโรบิกชนิดหนึ่ง ซึ่งมีการผสมผสานการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อ และทุกส่วนของร่างกายไปตามจังหวะของเสียงดนตรี ต่อเนื่องกันอย่างน้อย 30 นาที ด้วยความหนักที่พอเหมาะ โดยให้ระบบหายใจ และหลอดเลือดทำงานได้เต็มที่ (นภพร ทศนัยนา, 2547)

แอโรบิกแดนซ์ หมายถึงการออกกำลังกายที่มีการเคลื่อนไหวต่อเนื่อง ทั้งแขน และขา ผสมผสานกันตามจังหวะดนตรีอย่างสนุกสนาน เป้าหมายสำคัญคือระบบหัวใจและหลอดเลือด ทำงานได้เต็มที่ คือ 65-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด โดยใช้เวลาการเคลื่อนไหวต่อเนื่อง นาน 20-30 นาที เป็นอย่างน้อย (สุดา กาญจนะวณิชย์, 2550)

ดังนั้น แอโรบิกแดนซ์ หรือการเต้นแอโรบิก หมายถึงการเคลื่อนไหวของอวัยวะในร่างกายไปตามจังหวะของเสียงดนตรีอย่างต่อเนื่อง เป็นเวลา 20-30 นาที เป็นอย่างน้อยด้วยความหนักที่พอเหมาะ สร้างความสนุกสนานและพัฒนาสมรรถภาพทางกายให้ดีขึ้น

### ประเภทของแอโรบิกแดนซ์

แอโรบิกแดนซ์ในปัจจุบันมีหลายแบบด้วยกัน สามารถแบ่งตามลักษณะของการเคลื่อนไหวที่มีแรงกระแทก ได้ดังนี้

1. การเต้นที่มีแรงกระแทกต่ำ (low-impact aerobics dance) การเต้นที่มีแรงกระแทกต่ำเป็นการเคลื่อนไหวในลักษณะของการกระแทกระหว่างร่างกายกับพื้นที่มีบ้างเล็กน้อย หรือเกือบจะไม่มีเลย ขณะเคลื่อนที่นั้นเท้าด้านใดด้านหนึ่งจะอยู่บนพื้นเสมอ เช่น สปริงซ้อเท้า และการย่อเข่าการเดิน เป็นต้น (บริษัท สกายบุ๊กส์, 2545; สุกัญญา พานิชเจริญนาม, 2545)

2. การเต้นที่มีแรงกระแทกสูง (high-impact aerobics dance) การเต้นที่มีแรงกระแทกสูงเป็นการเคลื่อนไหวในลักษณะของการกระแทกระหว่างร่างกายกับพื้นที่ยกขึ้นจะรุนแรง เช่น การกระโดดลอยตัว และลงสู่พื้นด้วยเท้าข้างใดข้างหนึ่ง หรือด้วยเท้าทั้งสองข้าง (บริษัท สกายบุ๊กส์, 2545; สุกัญญา พานิชเจริญนาม, 2545)

3. การเต้นที่มีแรงกระแทกหลากหลาย (multi-impact aerobics dance) การเต้นที่มีแรงกระแทกหลากหลายเป็นการเคลื่อนไหวในลักษณะของแรงกระแทกต่ำ และแรงกระแทกสูง ผสมกัน ซึ่งผู้เต้นจะใช้แรงกระแทกต่ำ หรือแรงกระแทกสูงมากน้อยเพียงใดส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของผู้เต้น และจังหวะเพลง (บริษัท สกายบุ๊กส์, 2545; สุกัญญา พานิชเจริญนาม, 2545)

4. การเต้นที่ปราศจากแรงกระแทก (non-impact aerobics dance) การเต้นแอโรบิกที่ปราศจากแรงกระแทกเป็นการเคลื่อนไหวของร่างกายที่ไม่มีแรงกระแทกระหว่างร่างกายกับพื้น เช่น การเต้นแอโรบิกในน้ำ เป็นต้น (บริษัท สกายบุ๊กส์, 2545)

**หลักการออกกำลังกายแบบการเดินแอโรบิก** (บริษัท สกายบุ๊กส์, 2545; สุกัญญาพานิชเจริญนาม, 2545)

หลักการในการเดินแอโรบิกไว้ว่าในการเดินแอโรบิก ควรยึดหลัก F F I T ดังนี้

1. Fun (F = สนุกสนาน ทำท่ายความสามารถ) หลักการที่สำคัญในการเดินแอโรบิกคือต้องเป็นกิจกรรมที่มีความสนุกสนาน ทำท่ายความสามารถ ไม่น่าเบื่อ มีความหลากหลาย ควรเหมาะกับความต้องการ เพศ วัย และระดับสมรรถภาพ ที่สำคัญที่สุด คือการสร้างให้ผู้ออกกำลังกายคิดการ ออกกำลังกาย กล่าวคือ การออกกำลังกายเป็นประจำทุกวันสิ่งนั้นก็คือความสนุกสนาน การมีจุดมุ่งหมาย และการบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ รวมทั้งการเห็นประโยชน์ตามที่ต้องการจากการเดินแอโรบิกแต่อย่างไรก็ตามการที่จะสร้างส่วนนี้ได้ความสนุกสนานต้องมาก่อนแล้วจึงจะคิดการออกกำลังกายแล้วจึงคำนึงถึงประโยชน์ที่จะได้

2. Frequency (F = ความบ่อย) ควรเดินแอโรบิกบ่อยเพียงใดจึงจะได้ประโยชน์สูงสุด คำตอบ คือควรเดินแอโรบิกอย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ และอย่างมาก 6 วันต่อสัปดาห์ ให้ประโยชน์แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร หากท่านเดิน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ จะให้ผลดีต่อการไหลเวียนโลหิต และการคงสภาพความสามารถของร่างกาย แต่ไม่มีผลที่จะช่วยให้มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆ ภายในร่างกาย เช่น ความดันเลือด ระดับคอเลสเตอรอลจะไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาระบบไหลเวียนโลหิต และเพื่อเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของร่างกายจึงควรออกกำลังกายอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์

3. Intensity (I = ความหนัก) ควรออกกำลังกายหนักเพียงไร ความหนัก หรือความเหนื่อย จะใช้อัตราการเต้นของหัวใจ (ชีพจร) เป็นตัวบ่งชี้ แต่ละบุคคลสามารถตัดสินใจในการออกกำลังกายของตนเองโดยใช้สูตรของ คาร์วอนเนน (Karvonen formula) ในการคำนวณหาอัตราชีพจรเป้าหมาย (target heart rate) ตามระดับสมรรถภาพ หรือความฟิต และอายุของบุคคลนั้น เพื่อกำหนดความหนักในการออกกำลังกายที่เหมาะสม เพื่อเกิดประโยชน์สูงสุดจากการออกกำลังกาย โดยสูตรนี้กำหนดความหนักที่แนะนำอยู่ระหว่าง 60-85 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

4. Time (T = ระยะเวลา) ควรออกกำลังกายนานเท่าไร ระยะเวลาการออกกำลังกายนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของแต่ละบุคคล เวลาที่ใช้สำหรับการออกกำลังกายนั้นมักจะใช้ตั้งแต่ 10-60 นาที บุคคลที่ต้องการให้หัวใจแข็งแรงมักจะใช้เวลาประมาณ 10-20 นาที โดยใช้ความหนักของงานอยู่ที่ 70-85 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ส่วนบุคคลที่ต้องการลดไขมันได้ผิวหนัง

หรือในเส้นเลือด มักจะใช้เวลาดั้งแต่ 30-45 นาที โดยใช้ความหนักของงานตั้งแต่ 60-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

### ขั้นตอนของการเต้นแอโรบิก (Mood, Musker and Rink, 1995)

ทักษะพื้นฐานและเทคนิคของการเต้นแอโรบิก ประกอบด้วย

1. การอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ( warm up and stretching) เพื่อเพิ่มการไหลเวียนเลือดไปยังกล้ามเนื้อ เพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างเลือด และกล้ามเนื้อ เพิ่มความเร็ว และแรงของการหดตัวของกล้ามเนื้อ เพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ และลดอัตราการเสี่ยงของโรคหัวใจผิดปกติ ใช้การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วปานกลางอบอุ่นร่างกายด้วยการเคลื่อนไหวของหัวใจไหล่ แขนและขา ตามด้วยการยืดเหยียดค้างอย่างน้อย 10 วินาที ที่กล้ามเนื้อหัวใจไหล่ ออก สะโพก หลังส่วนล่าง ต้นขา น่อง และเท้า

2. ช่วงการออกกำลังกาย ( aerobic exercise) เพื่อเพิ่มความอดทนของระบบหัวใจและหลอดเลือด รวมทั้งประโยชน์ทางด้านสรีรวิทยา กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพของหัวใจ และปอด และการลดลงของไขมันในร่างกาย โดยมีการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่อง 20-30 นาที ด้วยความหนัก 60-75 % ของอัตราการเต้นหัวใจเป้าหมาย

3. ช่วงผ่อนคลายกล้ามเนื้อและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ( cool down and stretching) เพื่อลดอัตราการเต้นของหัวใจให้กลับสู่ภาวะปกติ ป้องกันการคั่งของเลือดในส่วนปลายแขนและขาที่มากเกินไป และกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงระบบการเผาผลาญพลังงานจากกล้ามเนื้อ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อช่วยปรับความยืดหยุ่นของร่างกาย โดยให้ยืดเหยียดค้างไว้ 10-30 วินาที ที่กล้ามเนื้อแขน หัวไหล่ ออก หลัง สะโพก ต้นขา และน่อง

**ประโยชน์ของแอโรบิกแดนซ์** (จิตพงษ์ ไชยวสุ , 2528; บริษัท สกายบู๊กส์ , 2545; นภพร ทศนัยนา, 2547)

การออกกำลังกายแบบแอโรบิกแดนซ์ให้ทั้งคุณค่าและประโยชน์ต่อร่างกาย โดยจำแนกเป็นข้อๆ ดังนี้

1. เพิ่มขนาดเส้นใย และมัดกล้ามเนื้อ เป็นการสร้างความแข็งแรง ( strength) ทำให้ร่างกายสามารถทำงานได้เป็นเวลานาน

2. เพื่อเพิ่มความทนทาน (endurance) ได้แก่ ความทนทานของกล้ามเนื้อและระบบไหลเวียนโลหิต อีกทั้งเพิ่มการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในเลือด และเซลล์กล้ามเนื้อมากขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจแข็งแรงสามารถส่งเลือดไปสู่ส่วนต่างๆของร่างกายดีขึ้น
3. เพื่อเพิ่มความอ่อนตัว (flexibility) กล้ามเนื้อมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ข้อต่อต่างๆ มีการเคลื่อนที่เป็นมุมที่มากขึ้น
4. เพื่อช่วยให้ระบบต่างๆของร่างกายทำงานประสานกันด้วยดี (co-ordination) เช่น ระบบประสาท ระบบการทำงานของกล้ามเนื้อ ระบบไหลเวียนโลหิต ระบบย่อยอาหาร และระบบขับถ่าย เป็นต้น
5. เพื่อเสริมสร้างบุคลิกภาพที่ดีและแก้ไขข้อบกพร่องทางกาย (posture and personality) เพิ่มปริมาณการเผาผลาญไขมันได้ผิวหนัง ทำให้กล้ามเนื้อทุกส่วนของร่างกายกระชับได้สัดส่วน มีทรวดทรงดี มีน้ำหนักตัวที่พอเหมาะ และเพิ่มปริมาณคอเรสเตอรอลชนิดดี (high density lipoprotein: HDL) เป็นการเพิ่มความสามารถในการเผาผลาญปริมาณคอเรสเตอรอลชนิดเลว (low density lipoprotein: LDL) เท่ากับลดอัตราเสี่ยงจากการแข็งตัวของหลอดเลือด และรักษาระดับแคลเซียมในกระดูก
6. เพื่อช่วยผ่อนคลายความตึงเครียด (relaxation) การที่ร่างกายเคลื่อนไหวไปตามจังหวะดนตรี และเสียงเพลงจะทำให้สนุกสนาน ผ่อนคลายความเครียดทั้งด้านร่างกาย และจิตใจ
7. ประโยชน์ด้านอื่นๆ เช่น ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันที่จะเกิดขึ้นกับร่างกาย ช่วยชะลอความแก่ ช่วยลดน้ำหนักตัวส่วนเกิน และเพิ่มน้ำหนักตัวส่วนที่ยังขาด เป็นต้น

### 9. สมรรถภาพทางกายหรือสุขสมรรถนะ

สมรรถภาพทางกาย คือ ความสามารถของร่างกายในการที่จะปฏิบัติหน้าที่ประจำวันในสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่มีความเหน็ดเหนื่อยอ่อนแอจนเกินไป สามารถสงวนและถนอมกำลังไว้ใช้ในยามฉุกเฉิน และใช้เวลาว่างเพื่อความสนุกสนานและความบันเทิงในชีวิตตนเองด้วย (เจริญทัศน์ จินตนเสรี, 2521)

สมรรถภาพทางกาย คือ ความสามารถในการควบคุมร่างกายและการทำงานของร่างกายได้ทันที และได้นาน โดยไม่เสื่อมสมรรถภาพ (อภิชัย คงเสรีพงศ์ และ จิตติศักดิ์ หะวานนท์, 2537)



สมรรถภาพทางกาย คือ ความสามารถของร่างกายในการประกอบภารกิจประจำวัน ได้อย่างกระฉับกระเฉง มีประสิทธิภาพ และฟื้นตัวกลับคืนสู่สภาพปกติได้อย่างรวดเร็ว ตลอดจนสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างราบรื่นมีความสุข ปราศจากโรคที่เกิดจากการขาดการออกกำลังกาย (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร และกุลธิดา เจริญฉลาด, 2544)

จากความหมายข้างต้นพอสรุปได้ว่า สมรรถภาพทางกาย คือ ความสามารถในการควบคุมร่างกายและการทำงานได้นานพร้อมทั้งประกอบกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างราบรื่นและมีความสุขโดยไม่มีความเหน็ดเหนื่อยล้าอ่อนแอจนเกินไป

### ประเภทของสมรรถภาพทางกาย

ประเภทของสมรรถภาพทางกายแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1.) สมรรถภาพทางกายเกี่ยวกับสุขภาพ (health-related physical fitness) และ 2.) สมรรถภาพทางกายเกี่ยวกับทักษะ (skill-related physical fitness) (ดร.ณวรรณ สุขสม และอาพรณชนิด ศิริแพทย์, 2550) แต่ในการวิจัยนี้จะกล่าวถึงสมรรถภาพทางกายเกี่ยวกับสุขภาพหรือสุขสมรรถนะ ซึ่งประกอบด้วย (Heyward, 1997)

1. องค์ประกอบของร่างกาย (body composition) หมายถึง องค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ น้ำหนักร่างกายปลอดไขมัน (lean body mass) ไขมันในร่างกาย (body fat) และส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน (กระดูก กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อต่างๆ) ทดสอบได้โดยวิธีการทางห้องปฏิบัติการ (laboratory methods) ได้แก่ การชั่งน้ำหนักใต้น้ำ (hydrostatic weighing) การใช้เครื่อง Dual-Energy X-ray absorptiometry เป็นต้น หรือทดสอบได้โดยวิธีการทางสนาม (field methods) ได้แก่ การวัดไขมันใต้ผิวหนังโดยใช้เครื่องโฟลด์แคลิเปอร์ (skinfold caliper) และวิธี Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) โดยใช้เครื่อง BIA analyzer

2. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (muscular strength) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการทำให้เกิดแรงดึงสูงสุด ทดสอบได้โดยวิธีไอโซเมตริก ได้แก่ การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนและมือโดยเครื่องวัดแรงบีบมือ (hand grip dynamometer) การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังและขาโดยเครื่องวัดแรงดึงหลังและขา (back and leg dynamometer) เป็นต้น หรือทดสอบได้โดยวิธีไดนามิก (dynamic muscle testing) ได้แก่ การวัดน้ำหนักสูงสุดที่สามารถดันหรือดึงได้ 1 ครั้ง (1 RM) การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแต่ละส่วนด้วยเครื่องไอโซคิเนติก (isokinetic dynamometer) เป็นต้น

3. ความอดทนของกล้ามเนื้อ (muscular endurance) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกแรงทำงานได้ต่อเนื่องช่วงระยะเวลาหนึ่ง ทดสอบโดยการวัดความอดทนของกล้ามเนื้อหน้าท้องโดยการลุกนั่ง (sit-up) การวัดความอดทนของกล้ามเนื้อแขนโดยการดันพื้น (push up) หรือการดึงข้อ (pull up) / ดึงข้อสอก (flex arms hang) และการวัดความอดทนของกล้ามเนื้อแต่ละส่วนด้วยเครื่องไอโซคิเนติก เป็นต้น

4. ความอ่อนตัว (flexibility) หมายถึง พิกัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อ หรือความสามารถของข้อต่อในการเคลื่อนไหวได้อย่างกว้างขวาง ทดสอบได้โดยตรง (direct method) ด้วยเครื่องวัดมุม (goniometer/flexometer) หรือทดสอบได้โดยการวัดโดยอ้อม (indirect method) โดยการทดสอบนั่งเหยียดขาพับตัว (sit and reach test)

5. ความอดทนของระบบหัวใจ และหายใจ (cardiorespiratory endurance) หมายถึง ความสามารถในการทำงานของหัวใจ ปอด หลอดเลือด และเซลล์ต่างๆ ในการทำให้มีการไหลเวียนเลือดและนำออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ รวมถึงความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะใช้ออกซิเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการระบายของเสียออกจากกล้ามเนื้อ ส่วนใหญ่ใช้การทดสอบหาค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (maximal oxygen consumption) เป็นค่าที่สำคัญ ทดสอบได้โดยการออกกำลังกายสูงสุด (maximal exercise test) ด้วยวิธีการเดิน/วิ่งบนลู่วิ่งของบรูซ (Bruce treadmill protocol) วิธีการเดิน/วิ่งบนลู่วิ่งของบัลเก้ (Balke treadmill protocol) วิธีการปั่นจักรยาน (bicycle ergometer exercise test protocol) ของออสตรานด์ (Astrand) ฟอกซ์ (Fox) และแมคอาเดิล (McArdle) หรือทดสอบได้โดยการออกกำลังกายเกือบสูงสุด (submaximal exercise test) แล้วใช้อัตราการเต้นของหัวใจทำนายค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ได้แก่ วิธีการเดิน/วิ่งบนลู่วิ่งของบรูซ (Bruce treadmill protocol) วิธีการปั่นจักรยาน (bicycle ergometer exercise test protocol) ของออสตรานด์ (Astrand) วายเอ็มซีเอ (YMCA) และสมาคมเวชศาสตร์การกีฬาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น

### ผลของการออกกำลังกายต่อการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร (2540) กล่าวว่าผลของการออกกำลังกายต่อการเปลี่ยนแปลงของร่างกายคือ

#### 1. ระบบหายใจ

ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (maximum oxygen uptake,  $VO_2\max$ ) มีค่าเพิ่มขึ้น ความจุชีพ (vital capacity) เพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ

แข็งแรงขึ้น กาหายใจมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และลดอันตรายของโรคบางอย่าง เช่น โรคถุงลมโป่งพอง และโรคที่ระบบทางเดินหายใจอุดกั้นเรื้อรัง เป็นต้น

## 2. ระบบไหลเวียนโลหิต

กล้ามเนื้อหัวใจเพิ่มขนาดและความแข็งแรงขึ้น อัตราการเต้นของชีพจรในขณะที่พักช้าลงรวมทั้งอัตราการเต้นของชีพจรขณะออกกำลังกายต่ำกว่าระดับสูงสุดก็ช้าลง ช่วยลดไขมันในเลือด และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของหัวใจ กล่าวคือ อัตราการเต้นหัวใจต่ำลงซึ่งผู้ที่ออกกำลังกายสม่ำเสมอมีอัตราการเต้นของหัวใจ 40-60 ครั้งต่อนาที ส่วนคนปกติ 70-80 ครั้งต่อนาที

## 3. ระบบกล้ามเนื้อและโครงร่าง

เพิ่มกำลังของกล้ามเนื้อ (muscular strength) เพิ่มความทนทานของกล้ามเนื้อ (muscular endurance) คือสามารถทำงานได้นานขึ้น พังผืดและเอ็นแข็งแรงขึ้น ข้อต่อมีการอ่อนตัวดีขึ้น อาการตึงและเจ็บปวดกล้ามเนื้อลดน้อยลง ป้องกันการเสื่อมสลายของเนื้อเยื่อที่เกิดจากการไม่ได้ใช้งาน กระดูกแข็งแรงมากขึ้น ทำให้การทรงตัว การอ่อนตัว การร่วมมือกันของกล้ามเนื้อดีขึ้น ซึ่งหมายถึงการเคลื่อนไหวสะดวกขึ้น เป็นต้น

## 4. ระบบประสาท

ทำให้การปรับตัวของอวัยวะเหมาะสมกับการออกกำลังกายทำได้เร็วกว่า และทำให้การทำงานของอวัยวะต่างๆ ที่ถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติสามารถทำงานได้ดีขึ้น เช่น การหลั่งเหงื่อ การย่อยอาหาร การทำงานของลำไส้ และการทำงานของต่อมไร้ท่อ

## 5. ระบบฮอร์โมน

การออกกำลังกายสามารถเร่งขบวนการทำงานต่างๆ ของร่างกายให้เพิ่มขึ้นได้อย่างมาก โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับฮอร์โมน ถึงแม้ว่าเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนบางตัวยังไม่ทราบคำอธิบายที่แน่ชัด แต่ก็มีฮอร์โมนอีกหลายตัวที่ทราบแน่ชัดแล้วว่า สามารถถูกกระตุ้นได้ด้วย การออกกำลังกายและมีส่วนในการเกื้อหนุนการออกกำลังกายได้ด้วย

## 6. ทางด้านจิตใจ

การออกกำลังกายชนิดแอโรบิกเป็นเวลานานมากกว่า 10 นาทีขึ้นไปร่างกายจะหลั่งฮอร์โมนเอนโดฟิน (endorphine) ในร่างกายเอนโดฟินนี้มีฤทธิ์เหมือนมอร์ฟินหรือฝิ่นจะทำให้คลายเครียดกล้ามเนื้อหายเกร็ง อาการปวดหายไป ตัวเบาสบาย เมื่อออกกำลังกายติดต่อกันจะทำให้

ผู้นั้นติดเอนโคพิ่นได้ เมื่อถึงระยะนี้จะหมดความเบื่อหน่ายถึงเวลาจะทำการออกกำลังกายเองโดยอัตโนมัติ

### 10. การทรงตัวและระบบรับรู้การทรงตัว

การทรงตัว หมายถึง ความสามารถทางพื้นฐานของร่างกายที่สำคัญ การประกอบกิจกรรมต่างๆ ภายในชีวิตประจำวันล้วนแล้วแต่ต้องใช้ความสามารถในการทรงตัว เช่น การเดิน การวิ่ง การยกของ เป็นต้นและการทรงตัวเป็นความสามารถในการสร้างสมดุลของร่างกายทั้งในขณะที่อยู่กับที่และขณะเคลื่อนไหว เช่น การเดินถอยหลังหรือการเคลื่อนไหวไปด้านข้างๆ (สุพิตร สมานิติ, 2530)

การทรงตัว หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่จะรักษาระบบประสาทเพื่อควบคุมกล้ามเนื้อ รวมถึงควบคุมลักษณะการทำงานของร่างกายทั้งขณะอยู่กับที่และเคลื่อนที่ (ผาณิต บิลมาศ, 2539)

การทรงตัว หมายถึง ความสามารถในการรักษาความมั่นคงหรือท่าทางเฉพาะในสภาพแวดล้อมขณะนั้นๆ มี 2 ชนิดคือ การทรงตัวแบบอยู่กับที่ คือความสามารถที่จะรักษาท่าทางคงที่ในขณะที่อยู่นิ่ง และการทรงตัวแบบเคลื่อนที่ คือ ความสามารถที่จะรักษาความสมดุลในขณะที่เคลื่อนที่มีปฏิกิริยาตอบสนองหลายอย่างเช่น สายตา เซมิคูลา (semi-circular canal) และโครงสร้างอื่นในหูอีกตัวรับแรงกดดันที่ผิวหนังโดยเฉพาะฝ่าเท้า และกล้ามเนื้อส่วนที่เป็น “Proprioceptors” เป็นสื่อกลางในการทรงตัว (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร และกุลธิดา เจริญฉลาด, 2544)

สรุปได้ว่า การทรงตัว คือ ความสามารถของระบบประสาทของแต่ละบุคคลที่จะรักษาความสมดุลของร่างกายในขณะที่เคลื่อนที่ และในขณะที่อยู่นิ่ง โดยอาศัยกล้ามเนื้อส่วนที่เป็น “Proprioceptors” เป็นสื่อกลางในการทรงตัว

### ระบบการรับรู้การทรงตัว

อนันต์ อัทธู (2526) ได้อธิบาย การทำหน้าที่ในการทรงตัว จะต้องประกอบด้วย หู ส่วนในซึ่งมีระบบประสาทที่เกี่ยวกับการได้ยิน และระบบประสาทเกี่ยวกับการทรงตัวของร่างกาย ในส่วนนี้จะเรียกรวมว่า ลาไบริน (labyrinth) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่เป็นกระดูก (osseous labyrinth) และส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อ (membranous labyrinth) ส่วนที่เป็นกระดูกประกอบด้วยส่วนที่เป็นโพรงน้ำ (vestibule) ส่วนที่เป็นรูปครึ่งวงกลม (semicircular canals) และกระดูกหูหอย (cochlea) กระดูกส่วนนี้จะหุ้มของเหลวอยู่ภายใน เรียกว่า เพอริลิม (perilymph) กระดูกหูครึ่ง

วงกลมจะมี 3 อัน ซึ่งอยู่ในรูป 3 ระนาบที่ได้ฉากซึ่งกันและกัน ส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อของหูส่วนในนั้น จะมี เอนโดลิมฟ์ (endolymph) บรรจุอยู่ในส่วนล่างของ โคนเคลีย (cochlea) จะมีอวัยวะเกี่ยวกับประสาทที่รับการได้ยิน เรียกว่า สไปรัล ออร์แกน (spiral organ) หรือออร์แกน อีออฟ คอร์ตี (organ of corti) จะประกอบด้วย แฮร์เซลล์ (hair cells) และซัพพอร์ตติ้งเซลล์ (supporting cells) ส่วนล่างสุดของเซลล์พวกนี้จะติดต่อกับประสาทที่เกี่ยวกับการได้ยิน (auditory nerve) ประสาทส่วนนี้จะเป็นสาขาของประสาท โคนเคลีย ครานีเยล (cranial) อันที่ 8 ซึ่งเกี่ยวกับการได้ยินการทรงตัว อวัยวะที่เกี่ยวกับการทรงตัวนั้นจะมี หลอดหูครึ่งวงกลม (semicircular ducts) ถูมน้ำในหูชั้นใน (utricle) และถูลูกเต๋า ภายในหูชั้นใน (sacculle) อวัยวะเหล่านี้มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับตำแหน่งต่างๆของศีรษะและลำตัว ประสาทที่อยู่ในอวัยวะทั้ง 3 ดังกล่าวจะทำร่วมกับประสาทตา ประสาทรับความรู้สึกของข้อต่อ เอ็น และกล้ามเนื้อ (proprioceptors) การเคลื่อนไหวของศีรษะทำให้เอนโดลิมฟ์ไหลไปมาแล้วเกิดการกระตุ้นประสาทที่อยู่ในหลอดหูครึ่งวงกลมซึ่งมีหน้าที่รับรู้เกี่ยวกับการทรงตัว และตำแหน่งต่างๆ การทำงานของประสาทชนิดนี้เป็นไปตามลักษณะของรีเฟล็กซ์ (reflex) การที่เอนโดลิมฟ์กระตุ้นประสาทภายในเซมิคูลาร์ ดักซ์ นั้นมีความเกี่ยวข้องกับประสาทตาด้วย กล่าวคือ ทำให้ตากระตุกไปมา ลักษณะเช่นนี้ เรียกว่า อาการกระตุก (nystagmus) เช่น การหมุนตัวอย่างเร็วๆ แม้ว่าเราจะหยุดแล้วยังมีความรู้สึกว่าจะยังหมุนอยู่ เนื่องจากเอนโดลิมฟ์ ยังไม่หยุด หมุนทำให้ตาลายไปด้วย สำหรับเซมิคูลาร์ ดักซ์ นี้จะรับผิดชอบในด้านการสมดุลหรือการทรงตัว ขณะที่ร่างกายเคลื่อนที่ (dynamic equilibrium) ส่วนถูมน้ำในหูชั้นใน และหูชั้นใน จะรับผิดชอบเกี่ยวกับการสมดุลหรือการทรงตัวของร่างกาย ขณะที่ร่างกายอยู่กับที่ (static equilibrium) การทำงานของถูมน้ำในหูชั้นใน และหูชั้นในนั้นจะบรรจุด้วยน้ำวุ้นใสๆ ก้อนเล็กๆ เรียกว่า โอโตลิทซ์ (otoliths) หรือโอโตโคเนีย (otoconia) ซึ่งประกอบด้วยโปรตีน และแคลเซียมเป็นส่วนใหญ่ ส่วนประสาทที่มาซัพพลาย (supply) อวัยวะทั้ง 3 นั้น หลอดหูครึ่งวงกลม ถูมน้ำในหูชั้นใน และหูชั้นใน ได้แก่ ซูพีเรีย (superior) และอินฟีเรีย ดิวิชั่น อีออฟ เวสติบูลาร์ เนิร์ฟ (inferior division of vestibular nerve) ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของอคูสติกเนิร์ฟ (acoustic nerve)

ดังนั้นการทรงตัวจึงเป็นสิ่งสำคัญในการประกอบกิจกรรมในรูปแบบต่างๆซึ่ง

Johnson and Nelson (1986) กล่าวว่า การทรงตัวเป็นส่วนสำคัญของกิจกรรมที่ใช้ชีวิตประจำวัน เช่น การยืน การเดิน การนั่ง เหมือนกับในเกมส์และกีฬา การทรงตัวมี 2 ชนิด คือการทรงตัวอยู่กับที่หรือการทรงตัวในท่าหนึ่ง (static balance) เป็นความสามารถของร่างกายที่อยู่ในตำแหน่งคงที่ไม่เคลื่อนไหว และการทรงตัวแบบเคลื่อนที่หรือการทรงตัวในท่าเคลื่อนที่ (dynamic balance) เป็นความสามารถของร่างกายที่สามารถรักษาการทรงตัวหรือความสมดุลในขณะที่เคลื่อนไหวเหมือนกับการเดินข้ามรั้ว การกระโดดจากก้อนหินก้อนหนึ่งไปยังอีกก้อนหนึ่ง

## ข. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 1. งานวิจัยภายในประเทศ

สุดา กาญจนระวิชัย (2543) ศึกษาการเปรียบเทียบผลของการเดินแอโรบิกแบบศิลปะมวยไทยกับการเดินแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำที่มีผลต่อสมรรถภาพทางกาย กลุ่มตัวอย่างเป็น นิสิตหญิงของหอพักจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุ 18-22 ปี ที่มีสุขภาพดี จำนวน 40 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ฝึกเดินแอโรบิกศิลปะมวยไทย จำนวน 20 คน และกลุ่มที่ฝึกเดินแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำ ใช้เวลาในการทดลอง 10 สัปดาห์ 3 วันๆละ 45 นาที ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกายหลังการทดลอง 5 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 10 สัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่า

1. กลุ่มที่ฝึกเดินแอโรบิกแบบศิลปะมวยไทย ก่อนการทดลอง 5 สัปดาห์ และภายหลังการทดลอง 10 สัปดาห์ มีความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก เเปอร์เซ็นต์ไขมัน สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด ความจุปอด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน ขา และอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดขณะปั่นจักรยาน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตัวแปรส่วนใหญ่พบว่าเริ่มมีความแตกต่างกันตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5

2. กลุ่มที่ฝึกเดินแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 5 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 10 สัปดาห์ มีอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความอ่อนตัว เเปอร์เซ็นต์ไขมันสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด ความจุปอด ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะปั่นจักรยานแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตัวแปรส่วนน้อยพบว่าเริ่มมีความแตกต่างกันตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5

3. หลังการทดลอง 10 สัปดาห์ กลุ่มที่ฝึกเดินแอโรบิกแบบศิลปะมวยไทย มีเปอร์เซ็นต์ไขมันลดลง และสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ฝึกเดินแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ไพลิน แซ่ลิ้ม (2554) ศึกษาการพัฒนาขลุ่ยพื้นเพื่อลดการแตกหักของกระดูกสะโพก ในผู้สูงอายุ โดยการพัฒนาวาสขลุ่ยพื้น ซึ่งประกอบด้วย 3 ชั้น คือชั้นล่างสุดเป็นชั้นของฐานรองรับ เป็นชั้นที่มีการผสมจีลียูเข้าไปเพื่อลดต้นทุน ชั้นตรงกลางเป็นชั้นของโฟมยางซึ่งมี 2 รูปแบบ คือรูปแบบแรกทำจากน้ำยางชั้นเดิมสารแอมโมเนียมโกลิเอต และรูปแบบที่สองทำจากยางแผ่นรมควันเดิมสารฟู ส่วนชั้นบนสุดเป็นส่วนของชั้นหุ้มผิว

ผลการศึกษาพบว่า

1. การเพิ่มขึ้นของโพมยางสามารถลดแรงกระแทกที่เกิดจากหกล้มได้ เนื่องจากลักษณะของโพมยางมีรูพรุนจำนวนมากจะช่วยดูดซับแรงกระแทกได้ดี
2. ยางปูพื้นที่สามารถลดแรงกระแทกได้ดีที่สุดคือยางปูพื้นที่โพมยางทำจากแผ่นรมควัน โดยสามารถลดแรงกระแทกได้ 39% โดยเทียบกับแรง 6370 N ซึ่งเป็นแรงที่เกิดขึ้นบริเวณกระดูกส่วนต้นขาในกรณีไม่มียางปูพื้น

ณอมวงศ์ กฤษณ์เพชร และคณะ (2555) ศึกษาผลของการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนต่อการสลายมวลกระดูก วิตามินดี สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ในหญิงวัยทำงานกลุ่มตัวอย่างเป็นหญิงวัยทำงานอายุระหว่าง 35-45 ปี และเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 54 คน ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม 17 คน กลุ่มฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลางแจ้ง 17 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน โดยทำการฝึกเดินแอโรบิกประกอบจังหวะดนตรีบนมินิแทรมโพลีน พร้อมกับคาดเครื่องอัตราการเต้นของหัวใจความหนักของการออกกำลังกายคือ 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ครั้งละ 40 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลา 12 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ

ผลการศึกษาพบว่า หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ค่าการสลายมวลกระดูกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่าการสร้างกระดูกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และกลุ่มควบคุม ค่าระดับวิตามินดีในกลุ่มฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้งดีขึ้น โดยมีค่าแคลซิโดออแลเพิ่มขึ้นเพียงกลุ่มเดียวเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง กลุ่มฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ค่าความอ่อนตัว ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และการทรงตัว ของกลุ่มฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม

อัญริยะ อเนก วิชิต คณิตสุขเกษม และณรงค์บุญณะรัตเวช (Anek, Kanungsukasem and Bunyaratavej, 2011) ศึกษาผลการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อการสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนอาสาสมัครเป็นสตรีวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี และเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหา

วิทยาลัยจำนวน 57 คน โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบ หมุนเวียน 28 คน และกลุ่มควบคุม 29 คน กลุ่มที่ฝึกออกกำลังกายจะใช้จังหวะดนตรีเป็นตัวกำหนดความเร็วในการกระโดด ความหนักของการออกกำลังกายคือ 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สถานีหนึ่งกระโดด 10 ครั้ง มีทั้งหมด 6 สถานี กระโดดทั้งหมด 2 รอบวงจร และกลุ่มควบคุมใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ ระยะเวลาในการทดลองเป็นเวลานาน 12 สัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่า

1. ค่าสารชีวเคมีของกระดูกในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบ หมุนเวียนดีขึ้น โดยมีค่าการสลายมวลกระดูกลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าการสร้างมวลกระดูกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมภายหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ค่าสุขสมรรถนะและความสามารถในการทรงตัวในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และกลุ่มควบคุมภายหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 2. งานวิจัยต่างประเทศ

แวนคาโร และ คลินตัน (Vaccaro and Clinton, 1981) ศึกษาผลของการฝึกเดินแอโรบิกที่มีผลต่อสัดส่วนของร่างกายและสมรรถภาพการจับออกซิเจนในนักศึกษาหญิง อาสาสมัคร เป็นนักศึกษาหญิงระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 10 คน อายุระหว่าง 19-27 ปี ฝึกเดินแอโรบิกเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ๆละ 3 ครั้งๆละ 45 นาที ทดสอบสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุด ความจุปอด อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดโดยใช้ลูกล และวัดสัดส่วนของร่างกายทั้งก่อนและหลังการฝึก

ผลการศึกษาพบว่า สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเปอร์เซ็นต์ไขมันก่อนการทดลองและหลังการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดาวดี (Dowdy, 1983) ศึกษาผลของการเดินแอโรบิกต่อความสามารถทางสรีรวิทยา ระบบไหลเวียน และทรวดทรงของร่างกายผู้หญิงที่เป็นวัยผู้ใหญ่ อาสาสมัครเป็นเพศหญิงจำนวน 28 คน อายุระหว่าง 25-44 ปี แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง จำนวน 18 คน และกลุ่มควบคุม 10 คน ฝึกเดินแอโรบิกเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ๆละ 3 วันๆละ 45 นาที ความหนัก 70-



85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยการเดินบนลู่วิ่งด้วยวิธีของบอลก็ และทดสอบสัดส่วนของร่างกายด้วยการชั่งน้ำหนัก วัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง และทดสอบสมรรถภาพทางกายก่อนและหลังการทดลอง

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองมีสมรรถภาพทางกายดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ริคาร์ด และวิซ (Ricard and Veatchm, 1990) ศึกษาการเปรียบเทียบแรงกระแทกสูงและแรงกระแทกต่ำของการเคลื่อนไหวด้วยการเดินแอโรบิก อาสาสมัครจำนวน 5 คน เป็นผู้หญิง 4 คน และชาย 1 คน มีอายุระหว่าง  $4.4 \pm 1.67$  ปี สูง  $167 \pm 4.54$  เซนติเมตร และน้ำหนัก  $60.0 \pm 4.83$  เซนติเมตร อาสาสมัครทำการเดินแอโรบิก 3 ครั้ง/สัปดาห์ อาสาสมัครทั้ง 5 คน ทำการเดินแอโรบิกทั้ง 2 แบบ ทำการประเมินทดสอบโดยใช้ท่าเดินแอโรบิกยกเข่าด้านหน้าทั้งแบบแรงกระแทกสูงและแรงกระแทกต่ำทำการทดสอบแบบละ 5 ครั้ง บนแผ่นวัดแรง (force plate)

ผลการศึกษาพบว่า แรงกระแทกสูงที่สูงและแรงกระแทกที่ต่ำส่งผลต่อแรงกระทบสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากมีความแตกต่างกันของแรงปฏิกิริยาภายนอกที่เกิดขึ้น

ริคาร์ด และวิซ (Ricard and Veatchm, 1994) ศึกษาผลของการวิ่งเร็ว และการเดินแอโรบิกที่มีแรงกระโดดสูงในแนวตั้งที่ส่งผลต่อแรงปฏิกิริยาจากพื้น อาสาสมัครเป็นผู้หญิงจำนวน 5 คน อาสาสมัครมีอายุระหว่าง  $29.2 \pm 7.4$  ปี สูง  $1.70 \pm 0.02$  เมตร และน้ำหนัก  $55.57 \pm 1.87$  กิโลกรัม อาสาสมัครทั้งหมดจะเดินแอโรบิก 3 ครั้ง/สัปดาห์ และวิ่งอย่างน้อย 2 ครั้ง/สัปดาห์ ระยะทางระหว่าง 2.8 และ 3.6 เมตร/วินาที

ผลการศึกษาพบว่า การเดินแอโรบิกที่มีแรงกระแทกสูงจะส่งผลต่อแรงกระแทกสูงสุดที่มากกว่า แต่การวิ่งในขณะที่เท้าลงสู่พื้นจะให้ค่าแรงกระแทกสูงสุดที่น้อยกว่าและใช้ระยะเวลาที่สั้นกว่าแต่ยังไม่มีหลักฐานที่ว่าแรงกระแทกสูงหรือมีการแบกรับน้ำหนักจะทำให้เกิดการบาดเจ็บได้

เบสเซอร์ และแรมเดย์ (Bassey and Ramsdale, 1995) ศึกษาการออกกำลังกายที่มีการแบกรับน้ำหนัก และแรงปฏิกิริยาจากพื้นเพื่อดูผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในหญิงวัยหมดประจำเดือนที่มีสุขภาพดี โดยนำโปรแกรมที่ทดลองใช้กับสัตว์มาปรับเปลี่ยนเข้ากับหญิงวัยหมดประจำเดือนที่มีสุขภาพดี อายุระหว่าง 50-60 ปี เป็นระยะเวลา 12 เดือน จำนวน 44 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ออกกำลังกายที่มีแรงกระแทกสูงจะวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้น จำนวน 20

คน ซึ่งจะให้นำนักตัวลงไปให้สั้นเท้าและนิ้วเท้า ล็อคข้อเท้าและสะโพกไม่ให้ขยับขณะออกกำลัง ภายซึ่งจะไม่เหมือนการออกกำลังแบบทั่วไป และจะไม่สวมใส่รองเท้าบนพื้นแข็ง และทำการวัด แรงปฏิกิริยาจากพื้น และกลุ่มควบคุมที่ออกกำลังกายแบบแรงกระแทกต่ำ และใช้แขนทำงานเป็น ส่วนใหญ่ จำนวน 24 คน จะไม่สวมใส่รองเท้าขณะอยู่บนพื้นที่บ้าน และจะมีการบันทึกข้อมูลของ ความหนาแน่นของมวลกระดูกทุกๆ เดือน

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสองกลุ่มค่าความหนาแน่นของมวล กระดูกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เจิ้ง โลเวท และบูเนน (Cheng, Lowet and Boonen, 1997) ศึกษาการทดลองเพื่อหา ความแข็งแรงของกระดูกที่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของกระดูกและลักษณะรูปร่างของ กระดูก โดยการนำกระดูกสะโพกด้านขวาจากศพจำนวน 64 ศพ แบ่งเป็นเพศชาย 36 ศพ อายุ ระหว่าง  $67 \pm 15$  ปี และเพศหญิง 28 ศพ อายุระหว่าง  $71 \pm 15$  ปี เพื่อดูค่าความแข็งแรงของกระดูก สะโพก

ผลการศึกษาพบว่า ค่าความแข็งแรงของกระดูกสะโพกที่ทดสอบทางกลนั้น โดยการ จำลองการหกล้มที่แรงกระแทกสูงกระดูกสะโพก ซึ่งแรงที่ทำให้กระดูกสะโพกแตก และหัก ของ เพศชายอยู่ที่ 4630 N และของเพศหญิงอยู่ที่ 3140 N

โคชร์ท และคณะ (Kohrt et al., 1997) ศึกษาผลของการออกกำลังกายที่มีแรง ปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง และแบบที่มีแรงปฏิกิริยาต่อพื้น แบบไหนส่งผลต่อความหนาแน่นของมวล กระดูกในหญิงสูงอายุการศึกษาที่เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึก 2 แบบ ใช้เวลาฝึกทั้งหมด 11 เดือน ที่ส่งผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในผู้หญิงสูงอายุที่ทำงานแบบนั่งโต๊ะมีผู้เข้าร่วม 39 คน อายุ 60-70 ปี โดยแบ่งเป็นกลุ่ม กลุ่มเอ ออกกำลังการที่มีแรงกระทำต่อพื้น เช่น การเดิน วิ่งขึ้น บันได กลุ่มบี ทำการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำต่อข้อต่อ เช่น การยกน้ำหนัก การพายเรือ และ กลุ่มซี คือกลุ่มควบคุมไม่มีการออกกำลังกาย ทำการวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก บริเวณ กระดูกสันหลัง, กระดูกโคนขา และกระดูกแขน วัดทั้งหมด 5 ครั้ง ทุกๆ 3 เดือน

ผลการศึกษาพบว่า

1. กลุ่มเอ และกลุ่มบี มีมวลกระดูกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญคล้ายกัน และมีความ หนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณคอของกระดูกสะโพกแบบออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยาต่อพื้น

กลุ่มเอ มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มบี และในกลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

2. ในระหว่างการออกกำลังกายพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของมวลกระดูก มีการเปลี่ยนแปลงผกผันกับปริมาณไขมันในร่างกาย คือ มวลกระดูกเพิ่มขึ้น และปริมาณไขมันลดลง

3. การออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยาต่อข้อต่อ นั้น เป็นการฝึกเพื่อช่วยในการป้องกันการหักของกระดูกซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงจากการหกล้ม ดังนั้น ในการออกกำลังกายแบบทั่วไป ต้องใช้การฝึกทั้ง 2 แบบผสมผสานกันสำหรับการออกกำลังกาย

เฮียนโอเนน และคณะ (Heinonen et al., 2000) ศึกษาผลของการออกกำลังกายสตีปแอโรบิกและพลัยโอเมตริกต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในหญิงช่วงก่อนมีประจำเดือนและหลังมีประจำเดือน อาสาสมัครเป็นหญิงจำนวน 64 คน แบ่งออกเป็น ก่อนมีประจำเดือน 25 คน และหลังมีประจำเดือน 39 คน นำอาสาสมัครทั้งหมดมาออกกำลังกายสตีปแอโรบิกและพลัยโอเมตริก เป็นเวลา 9 เดือน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 50 นาที

ผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายทำให้ความหนาแน่นของมวลกระดูกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในหญิงวัยก่อนมีรอบเดือนเท่านั้น

คิน และคณะ (Qin et al., 2002) ศึกษาการออกกำลังกายแบบไทชิอย่างสม่ำเสมอที่ส่งผลต่อการช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน เพื่อประเมินประโยชน์ที่ได้จากการออกกำลังกายแบบไทชิอย่างสม่ำเสมอที่มีต่อการลดน้ำหนักตัวไปสู่กระดูกของสตรีวัยหมดประจำเดือน อาสาสมัครเป็นสตรีวัยหมดประจำเดือนอายุระหว่าง 50-59 ปี จำนวน 34 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองที่ต้องมีประสบการณ์ในการออกกำลังกายแบบไทชิมาแล้วมากกว่า 4 ปี จำนวน 17 คน และกลุ่มควบคุมไม่ต้องทำการฝึกไทชิ 17 คน ทำการวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกด้วยเครื่อง DEXA

ผลการศึกษาพบว่า การฝึกไทชิอย่างเป็นประจำสม่ำเสมอจะช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกของสตรีวัยหมดประจำเดือนได้ เพราะไทชิเป็นการออกกำลังกายแบบลดน้ำหนักตัวไปสู่กระดูก

ทีโอมาน่า ออซเคน และอะการ์ (Teomana, Ozcan and Acar, 2004) ศึกษาผลของการออกกำลังกายที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย และคุณภาพชีวิตในสตรีวัยหมดประจำเดือน ออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยาน ก้าวขึ้น-ลงสเตป ฝึกด้วยน้ำหนัก ฝึกความอ่อนตัว และฝึกด้วยเทรมโพลีน

ที่ระดับความหนัก 65-75% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ระยะในการออกกำลังกาย 40 นาที 3 ครั้ง ต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอในสตรีวัยหมดประจำเดือนจะทำให้มีสมรรถภาพทางกาย และคุณภาพชีวิตดีขึ้น

สเติงเจิล และคณะ (Stengel et al., 2005) ศึกษาการเปรียบเทียบผลการฝึกพัฒนาความแข็งแรง กับ การฝึกพัฒนาพลังที่ส่งผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในหญิงวัยหมดประจำเดือน อาสาสมัครเป็นหญิงวัยหมดประจำเดือนจำนวน 53 คน มีค่าเฉลี่ยอายุ  $58.2 \pm 3.7$  ปี โดยทำการสุ่มเข้ากลุ่มทั้ง 2 กลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มฝึกพัฒนาความแข็งแรง และกลุ่มฝึกพัฒนาพลัง ทำการฝึก 10-12 แบบการออกกำลังกาย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวเนานาน 2 ปี

ผลการศึกษาพบว่า หลังจากการฝึกการออกกำลังกายกลุ่มฝึกพัฒนาพลังสามารถชะลอการเสื่อมของกระดูก ได้ดีกว่ากลุ่มฝึกพัฒนาความแข็งแรง ในหญิงวัยหมดประจำเดือน เนื่องจากกลุ่มที่ฝึกพัฒนาพลังมีความเร็วในการยกมวลกระดูกชั้นเซลล์สร้างกระดูก (P1NP)

โซเวเลียส แลคณะ (Sovelius et al., 2006) ศึกษาเปรียบเทียบการออกกำลังกายด้วยแตรม-โพลีนและการฝึกความแข็งแรงเพื่อลดภาวะอาการเคล็ดของคอในนักบินรบของกองทัพอากาศประเทศฟินแลนด์ แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ฝึกความแข็งแรง อายุระหว่าง  $22.1 \pm 0.6$  ปี ทำการฝึกการเคลื่อนไหวของคอในลักษณะการก้มลง การเหยียด การหดตัวแบบคงความยาว และกลุ่มที่ฝึกด้วยแตรมโพลีน อายุระหว่าง  $22.6 \pm 0.9$  ปี ทำการฝึกกระโดดขึ้น -ลงบนแตรมโพลีน เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่า การฝึกด้วยแตรมโพลีนจะช่วยเพิ่มความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหว การทรงตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้

ชอล และคณะ (Schoor et al., 2006) ศึกษาเปรียบเทียบวัสดุที่นำมาทำการป้องกันสะโพก (hip protector) ทั้งแบบแข็งและแบบอ่อนเพื่อศึกษาว่ามีอิทธิพลต่อกระดูกอย่างไร โดยนำไปทดสอบแรงกระแทก และมีการจำลองกระดูกขึ้นมาจากนั้นปล่อยมวล 25 กิโลกรัม ด้วยความสูง 8 เซนติเมตร วัดแรงที่กระดูกจากการจำลองได้ 7806 N นำวัสดุที่นำมาทำการป้องกันสะโพก (hip protector) ทั้งแบบแข็งและแบบอ่อนมาทดสอบแรงกระแทก

ผลการศึกษาพบว่า การป้องกันสะโพกที่ทำจากวัสดุแบบแข็งและแบบอ่อนสามารถลดแรงกระแทกได้แต่แบบอ่อนจะลดแรงกระแทกได้ดีกว่า

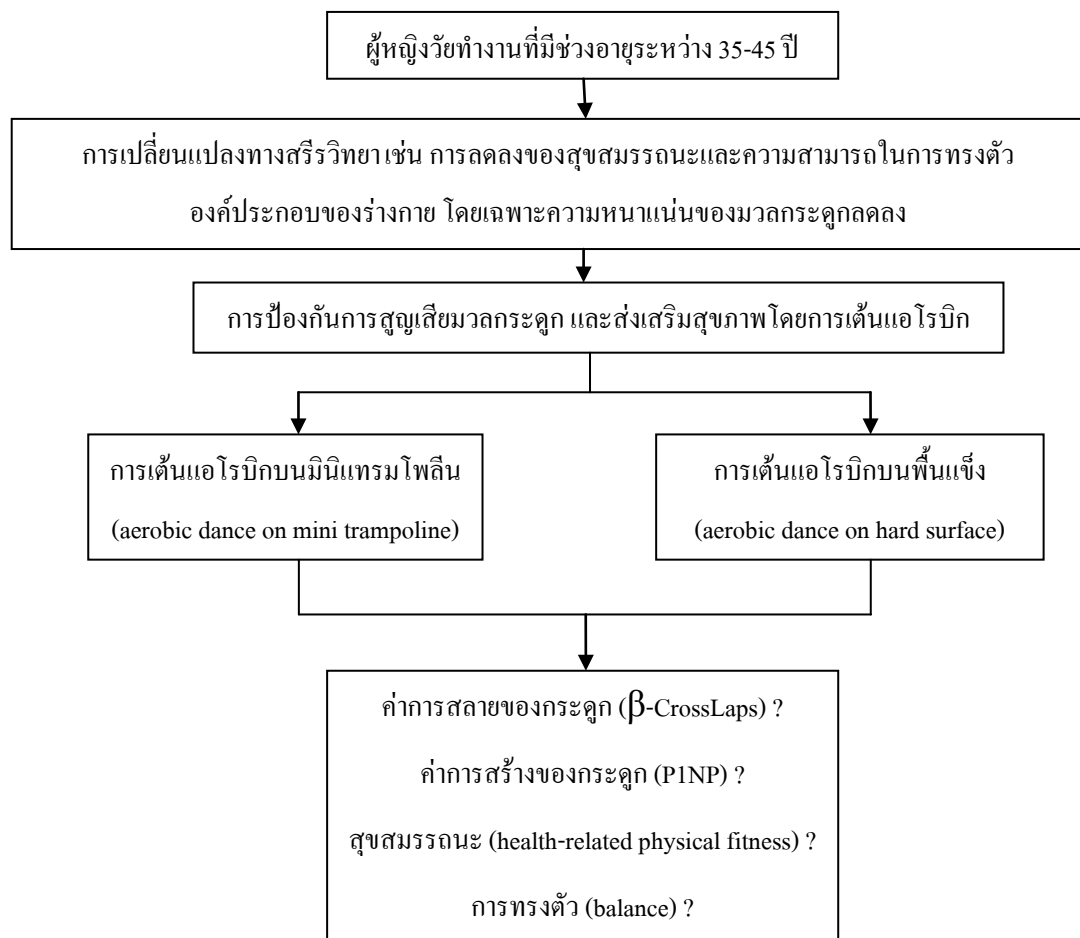
ชิฟเฟอร์ สเต็ปฟาเนียร์ และบิลลี่ (Schiffer, Stefania and Billy, 2008) ศึกษาการเดินแอโร-บิกที่มีผลต่อสมรรถภาพทางกายของหญิงก่อนหมดประจำเดือน อาสาสมัครจำนวน 18 คน

แบ่งเป็น กลุ่มที่เต้นแอโรบิก 10 คน และกลุ่มควบคุม 8 คน กลุ่มที่เต้นแอโรบิกทำ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 60 นาที เป็นเวลา 3 เดือน

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ฝึกเต้นแอโรบิกมีอัตราการเต้นหัวใจที่ลดลง และมีความแข็งแรงกล้ามเนื้อท้องเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

### กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้ทดลองเป็นผู้หญิงวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 35 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นวัยที่มวลกระดูกเริ่มลดลงอย่างช้าๆ ก่อนเข้าวัยหมดประจำเดือน และมีความเสี่ยงในการเกิดโรคกระดูกพรุนมากกว่าเพศชาย เป็นเหตุมาจากฮอร์โมนเพศที่ลดลง การออกกำลังกายที่มีการลงน้ำหนักจะช่วยชะลอการเกิดโรคกระดูกพรุนได้ ผู้วิจัยจึงความสนใจที่จะศึกษาการออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิกที่ใช้น้ำหนักตัว ว่ามีผลอย่างไรในการเต้นแอโรบิกบนมินิแตรampoline และพื้นแข็ง (เต้นบนพื้นไม้) ต่อการสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงานอายุระหว่าง 35-45 ปี



แผนภูมิที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิธีการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (quasi experimental research) เพื่อศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแตรัมโพลีนและพื้นแข็งต่อการสลายของมวลกระดูก, สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน โดยออกแบบการทดลองที่มีการจัดดำเนินการแบบเลือกเข้ากลุ่มได้ โดยมีกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม และมีกลุ่มควบคุมไว้สำหรับเปรียบเทียบ

#### ประชากร

หญิงวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี เป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุระหว่าง 35-45 ปี ที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัย มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง มีความพร้อมในการออกกำลังกาย และผ่านการประเมินแบบคัดเลือกอสาสมัครก่อนเข้าร่วมการออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิก ผู้วิจัยใช้หลักการกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่มีการแบ่ง 3 กลุ่ม โดยใช้ตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของ โคนเฮน (Cohen, 1988) ค่าแอลฟาที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 กำหนดค่าขนาดของผลกระทบ (effect size) ที่ .40 และค่าอำนาจการทดสอบ (power of the test) ที่ .80 ได้กลุ่มตัวอย่างละ 21 คน รวมทั้งหมด 63 คน โดยให้มีการเลือกเข้ากลุ่มตามความสมัครใจ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโร- บิกบนมินิแตรัมโพลีน (aerobic dance on mini trampoline) 21 คน กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนพื้นแข็ง (aerobic dance on hard surface) 21 คน และกลุ่มควบคุม (control group) 21 คน

#### เกณฑ์การคัดเลือกผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

##### เกณฑ์การคัดเลือกผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเป็นเพศหญิงต้องอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย มีอายุระหว่าง 35-45 ปี

2. มีสุขภาพแข็งแรง ไม่เป็นอุปสรรคต่อการเดินแอโรบิก และต้องผ่านเกณฑ์การตอบแบบสอบถามแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย ถ้าตอบว่าเคยเพียงข้อเดียวจะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเข้าเป็นกลุ่มตัวอย่าง และแบบคัดเลือกอสาสมัครถ้าทำเครื่องหมายถูกในช่องคำว่าไม่ใช่ หมายถึงอาสาสมัครไม่สามารถเข้าร่วมโครงการวิจัยได้

3. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์น้ำหนักเกิน (ค่าดัชนีมวลกายไม่เกิน 24.9)

4. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่ได้ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ หรือไม่เกิน 2 ครั้งต่อสัปดาห์

5. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่ดื่ม ชา หรือกาแฟดำ โดยเฉลี่ย 2 แก้วต่อวัน

6. ต้องไม่ดื่มสุรา สูบบุหรี่ และรับประทานยาหรือฮอร์โมนที่มีผลต่อกระดูกมาก่อน เข้าร่วมการศึกษาอย่างน้อย 1 ปี

7. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยต้องมีความหนาแน่นของมวลกระดูกสันหลังไม่ต่ำกว่า -2.5 SD ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่องค์การอนามัยโลกกำหนด รวมทั้งมีการตรวจเลือดเพื่อดูภาวะการมีสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) ต้องไม่สูงเกิน 4.00 ng/ml ซึ่งจะส่งผลต่อภาวะโรคกระดูกพรุน

8. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่มีประวัติเป็นโรคตับ โรคข้อเข่าเสื่อม และโรคหัวใจ

## 2. เกณฑ์การคัดเลือกผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยออกจากการวิจัย

1. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดของการวิจัย

2. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยขาดการออกกำลังกายตามโปรแกรมติดต่อกันมากกว่า 2 สัปดาห์ ในขณะที่ทำการทดลองหากขาดการออกกำลังกายรวมได้ 2 สัปดาห์ แต่ไม่ติดต่อกัน ยังไม่ถือว่าคัดออกจากการทดลอง

3. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่สมัครใจหรือเข้าร่วมการวิจัยอีกต่อไป

4. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเกิดเหตุสุดวิสัยไม่สามารถเข้าร่วมทำการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดอุบัติเหตุ เกิดการบาดเจ็บ และมีอาการเจ็บป่วยในช่วงทำการทดลองจนไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองต่อได้

### 3. วิธีการคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

1. ให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยวัดส่วนสูง ชั่งน้ำหนัก และวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย เพื่อค่าดัชนีมวลกายไม่ให้เกิน 24.9
2. ให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยตรวจวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกที่สันเท้าเพื่อค่า SD ต้องไม่ต่ำกว่า -2.5 SD โดยถอดรองเท้าและถุงเท้าขณะที่ตรวจ
3. ให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทำแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกายแบบคัดเลือกอสาสมัคร และแบบสอบถามประวัติสุขภาพทั่วไป
4. ให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทดสอบความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และการทรงตัว
5. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยที่ผ่านเกณฑ์จะทำการเจาะเลือดเพื่อค่า P1NP และ  $\beta$ -CrossLaps โดยที่ไม่ต้องรอผลเลือด เพราะได้ทำการตรวจวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกที่สันเท้าเป็นเกณฑ์ก่อนที่จะเจาะเลือดไปตรวจ

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเลือกเข้ากลุ่มทดลอง 2 กลุ่มหรือกลุ่มควบคุม ซึ่งผู้วิจัยสามารถเลือกเข้ากลุ่มได้ โดยแบ่งออกเป็น กลุ่มฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรampoline (aerobic dance on mini trampoline) 21 คน กลุ่มฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง (aerobic dance on hard surface) 21 คน และกลุ่มควบคุม (control group) 21 คน ช่วงเวลาของการเดินแอโรบิก คือ 17.20-18.00 น. ณ จุฬาพัฒนา 10 เดินพร้อมกันทั้ง 2 กลุ่ม โดยผู้วิจัยเป็นผู้นำเดินแอโรบิก

อาสาสมัคร	ก่อนการทดลอง	ช่วงเวลา 12 สัปดาห์	หลังการทดลอง
กลุ่มฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรampoline	$O_1$	$\bar{X}_1$	$O_4$
กลุ่มฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง	$O_2$	$\bar{X}_2$	$O_5$
กลุ่มควบคุม	$O_3$	-	$O_6$

หมายเหตุ

$O_1, O_2$  และ  $O_3$  หมายถึง การทดสอบก่อนการทดลอง (pre-test)

$O_4, O_5$  และ  $O_6$  หมายถึง การทดสอบหลังการทดลอง (post-test)

$\bar{X}_1$  หมายถึง การฝึกเดินแอโรบิก 12 สัปดาห์ โดยที่กลุ่มทดลองทำการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรampolineเป็นท่าชุดต่อเนื่อง



$\bar{X}_2$  หมายถึง การฝึกเดินแอโรบิก 12 สัปดาห์ โดยที่กลุ่มทดลองทำการฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง เป็นท่าชุดต่อเนื่อง

- หมายถึง ใช้ชีวิตตามปกติ รวมทั้งมีการออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอหรือไม่เกิน 2 ครั้ง/สัปดาห์

### เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

#### 1. เครื่องมือที่ใช้ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

- 1.1 แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (ภาคผนวก ง)
- 1.2 แบบคัดเลือกอาสาสมัคร (ภาคผนวก จ)
- 1.3 แบบสอบถามประวัติสุขภาพทั่วไป (ภาคผนวก ฉ)
- 1.4 เครื่องตรวจความหนาแน่นของมวลกระดูกที่สันเท้า ยี่ห้อ “SAHARA<sup>R</sup>” ของ บริษัทไฮโลจิก ประเทศสหรัฐอเมริกา (ภาคผนวก ช)
- 1.5 แบบยินยอมของกลุ่มตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (informed consent form)

#### 2. เครื่องมือในการทดสอบ

- 2.1 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา (ภาคผนวก ซ)
  - 2.1.1 เครื่องวัดส่วนสูง (height) ยี่ห้อ ดีเทคไท้ (detecto)
  - 2.1.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก (weight) ยี่ห้อ อินบอดี (inbody) รุ่น 220 ประเทศเกาหลีใต้
  - 2.1.3 เครื่องวัดความดันโลหิต (mercury sphygmomanometer) ยี่ห้อ ออมรอม (omron) รุ่น SEM-1 model ประเทศญี่ปุ่น
  - 2.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสุขสมรรถนะ (ภาคผนวก ซ)
  - 2.1.5 เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (body composition analyzer) ยี่ห้อ อินบอดี (inbody) รุ่น 220 ประเทศเกาหลีใต้
  - 2.1.6 การวัดสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน โดยใช้เกณฑ์ของบอลกี (modified Balke treadmill test)
  - 2.1.7 ลู่วิ่ง (treadmill) ยี่ห้อ ไลฟ์ ฟิตเนส (life fitness) รุ่น เก้าห้าที (95T) ประเทศสหรัฐอเมริกา
  - 2.1.8 เครื่องวัดความอ่อนตัว (sit and reach box)

2.1.9 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate monitor) ยี่ห้อ โพลาร์ รุ่น เอ็มห้าสาม (M53) ประเทศฟินแลนด์

2.1.10 นาฬิกาจับเวลา (stopwatch)

2.1.11 แก้วที่มีพนักพิง (สูงประมาณ 48 เซนติเมตร) นำมาใช้ทดสอบความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (muscular strength and endurance)

2.2 เครื่องมือในการทดสอบความสามารถในการทรงตัว (ภาคผนวก ฉ)

2.2.1 แก้วที่ไม่มีที่เท้าแขน ความสูงของที่นั่งประมาณ 43 เซนติเมตร

2.2.2 สายวัดระยะทาง

2.2.3 นาฬิกาจับเวลา

2.3 เครื่องมือในการทดสอบการสร้างและการสลายมวลกระดูก

2.3.1 เครื่องตรวจวิเคราะห์ฮอร์โมนแบบอัตโนมัติ (elecsys 2010) ยี่ห้อ ซิตาซิ ประเทศญี่ปุ่น

2.3.2 น้ำยาตรวจชีวเคมีโดยวิธีไบอิมาร์คเกอร์ของบริษัท โรชไดแอกโนติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด

### 3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1 แบบฝึกการเต้นแอโรบิกบนพื้น (aerobic dance training on ground) ทั้ง 2 ชนิด พัฒนามาจาก ไชยวัฒน์ นามบุญถื่อ (2554) และได้รับการตรวจสอบท่าเต้นแอโรบิกมีค่าดัชนีความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 อยู่ที่ 0.88 และค่าความเชื่อมั่นของอัตราการเต้นหัวใจบนพื้น ทั้ง 2 ชนิด ในช่วงเวลาที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 และ 20 ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าที่เท่ากับ 0.077 (p value เท่ากับ 0.940) (ภาคผนวก ข)

3.2 ทดสอบแรงกดของเท้าโดยใช้เครื่องเอฟสแกนดาต้าร์ลอคเจอร์ -นิว (F-scan datalogger-new) จากประเทศสหรัฐอเมริกา (ภาคผนวก ฉ)

3.3 มินิแทรมโพลีน ยี่ห้อ คอนทริกซ์ (CONTRIC<sup>®</sup>) ของบริษัทโรงงานฟุตบอลไทยสปอร์ตติ้งกู๊ดส์ จำกัด ใช้แทนมินิแทรมโพลีน (ภาคผนวก ฉ)

3.4 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate monitor) ยี่ห้อ โพลาร์ รุ่น เอ็มห้าสาม (M53) ประเทศฟินแลนด์

3.5 รองเท้าผ้าใบออกกำลังกายเป็นแบบและรุ่นเดียวกัน ยี่ห้อ ไอคิว สปอร์ต (IQ sport) ผลิตในประเทศไทย

#### 4. แบบบันทึกข้อมูล

แบบบันทึกข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยาและสุขสมรรถนะ (ภาคผนวก ข) ได้แก่ น้ำหนักตัว ส่วนสูง อัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก ความดันโลหิตและดัชนีมวลกาย สุขสมรรถนะ ได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและการหายใจ และความอ่อนตัว แบบบันทึกการประเมินสารเคมีของกระดูก และการทรงตัว (ภาคผนวก ฉ) ได้แก่ เครื่องมือวินิจฉัยโดยการตรวจวัดค่าเบต้าครอสแล็ป ( $\beta$ -CrossLaps) พีวันเอ็นพี (PINP) และแบบบันทึกความสามารถในการทรงตัว โดยวิธี ไทม์ อัป แอนด์ โก (timed up and go test)

#### การเก็บรวบรวมข้อมูล

โดยทำการทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนการทดลอง และครั้งที่ 2 หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลการทดสอบด้วยตนเอง รายละเอียดการทดสอบประกอบด้วย

##### 1. การคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์อาสาสมัคร โดยทำแบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย-กาย แบบคัดเลือกอาสาสมัคร และทำการทดสอบความหนาแน่นของมวลกระดูกสันหลัง ต้องไม่ต่ำกว่า -2.5 SD

1.2 อาสาสมัครทำการตอบแบบสอบถามประวัติสุขภาพทั่วไป

##### 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 (น้ำหนัก อายุ ส่วนสูง และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย)

2.2.2 ความอ่อนตัว (นั่งงอตัวก้มแตะปลายเท้า) (เซนติเมตร)

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

2.2.4 สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง ( $VO_2$  peak) (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) โดยใช้เกณฑ์ของบอลกี (modified Balke treadmill test)

### 2.3 การทดสอบการทรงตัวแบบเคลื่อนที่ (dynamic balance)

ความสามารถในการทรงตัว ทดสอบด้วยวิธี ไทม์ อัพ แอนด์ โก (วินาที) เป็นแบบทดสอบเชิงปริมาณการเคลื่อนไหว โดยให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยลุกขึ้นยืนจากท่านั่งเก้าอี้เดินเป็นระยะทาง 3 เมตร จากนั้นหมุนตัวเดินกลับมานั่งที่เก้าอี้ตัวเดิม บันทึกเวลาตั้งแต่ลุกขึ้นจากเก้าอี้จนกลับมานั่งเก้าอี้ตัวเดิม หน่วยเป็นวินาที

### 2.4 ข้อมูลเกี่ยวกับค่าการสร้างและการสลายของกระดูก

การสร้างของกระดูกทำการทดสอบพีวันเอ็นพี (PINP) ในเลือด และทำการทดสอบการสลายของกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) โดยทำการเจาะเลือดในช่วงเช้า 7.00-9.00 น. เจาะเลือดปริมาณ 3 ซีซี (ประมาณครึ่งช้อนชา) ทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการตรวจด้วยน้ำยาตรวจชีวเคมีด้วยวิธี โบนมาร์กเกอร์ของบริษัทโรชไดเกอโนติกส์ (ประเทศไทย) และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องตรวจวิเคราะห์ฮอร์โมนอัตโนมัติยี่ห้อ อิเลคซิส (elecsys 2010 ประเทศญี่ปุ่น) และนำผลก่อนการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของสตรีวัยเจริญพันธุ์ของ ณรงค์ บุญยะรัตเวช (2550; 2551) (ดังตารางที่ 1) และนำผลค่าการสร้างของกระดูกไปเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายของกระดูก โดยใช้วิธีการคำนวณของ ณรงค์ บุญยะรัตเวช (2552) (ดังตารางที่ 2) ปริมาณเลือดที่เจาะออกมาของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยที่เข้าร่วมวิจัยจะทำการศึกษาเฉพาะงานวิจัยนี้เท่านั้นและจะถูกทำลายทิ้งหลังสิ้นสุดการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ ก่อนการเจาะเลือดผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจำเป็นต้องงดอาหารตั้งแต่เที่ยงคืนและสามารถดื่มน้ำได้ เพราะจะมีปัจจัยหลายอย่างทำให้ค่า PINP และ  $\beta$ -CrossLaps แกว่งไกวได้ง่าย

### ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

#### ขั้นตอนที่ 1 ทำการทดสอบก่อนการทดลอง (pilot study)

1. ทำการทดสอบก่อนการทดลองโดยใช้เครื่องทดสอบแรงกดของเท้าโดยใช้เครื่องเอฟสแกนคาร์ลอสเจอร์-นิว เพื่อดูแรงกดของเท้า
2. ทำการทดสอบแรง ของเท้า บนพื้นที่ 2 ชนิด คือ บนมินิแทรมโพลีน และบนพื้นแข็ง
3. ท่าทางที่ใช้ในการทดสอบ 3 ท่า คือ 1.) ยืนอยู่กับที่ 2.) ย่ำอยู่กับที่ และ 3.) กระโดด

4. ทำการวิเคราะห์ของกราฟที่ทำบนพื้นที่ทั้ง 2 ชนิด (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)
5. นำชุดทำเต็นแอโรบิกมาใช้ทดสอบก่อนการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ที่เต็นแอโรบิกเพื่อดูความแตกต่างต่างของอัตราการเดินของหัวใจในขณะที่ฝึกเต็นแอโรบิก โดยใช้ความหนัก 60-80% ของอัตราการเดินของหัวใจสูงสุด

## ขั้นตอนที่ 2 ทำการสมัครและคัดเลือกอาสาสมัครโดยแบ่งออกได้ดังนี้

1. ประกาศรับสมัครบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์ตามหน่วยงานต่างๆ ของมหาวิทยาลัย ที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี
2. ทำการติดต่อและคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด
3. อธิบายให้กลุ่มตัวอย่างได้รับทราบรายละเอียดของวิธีปฏิบัติในการทดสอบและการเก็บข้อมูลพร้อมทั้งลงชื่อไปยินยอมเพื่อเข้าร่วมทำการทดลอง
4. ทำการแบ่งกลุ่มอาสาสมัครออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกเต็นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน 21 คน กลุ่มฝึกเต็นแอโรบิกบนพื้นแข็ง 21 คน และกลุ่มควบคุม 21 คน ด้วยวิธีการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (quasi experimental research design) โดยกลุ่มอาสาสมัครสามารถเลือกเข้ากลุ่มได้
5. รับสมัครผู้ช่วยวิจัย ซึ่งผู้ช่วยวิจัยต้องมีคุณสมบัติเป็นนิสิตของคณะวิทยาศาสตร์ การกีฬาจำนวน 10 คน แล้วทำการเปิดอบรมเทคนิคการออกกำลังกายด้วยการฝึกเต็นแอโรบิกบนพื้นที่ทั้ง 2 ชนิด คือ กลุ่มที่ฝึกเต็นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและกลุ่มที่ฝึกเต็นแอโรบิกบนพื้นแข็งแก่ผู้ช่วยวิจัย โดยผู้วิจัยเป็นผู้แนะนำฝึกอบรมแก่ผู้ช่วยวิจัยด้วยตนเองเพื่อให้ผู้ช่วยวิจัยมีความชำนาญในด้านเทคนิค เครื่องมือและวิธีการทดลอง ลดข้อบกพร่อง หรือข้อผิดพลาดต่างๆที่อาจเกิดขึ้นได้ในขณะที่ออกกำลังกายด้วยการฝึกเต็นแอโรบิกบนพื้นที่ทั้ง 2 ชนิด ซึ่งหน้าที่ของผู้ช่วยวิจัยคือ ทำการสอบถามผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยด้วยวาจาหลังจากการฝึกทุกครั้งว่าชอบหรือไม่ชอบ ง่ายหรือเร็วเกินไป บันทึกอัตราการเดินหัวใจเฉลี่ยขณะออกกำลังกาย รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยสามารถซักถาม และเสนอแนะข้อคิดเห็นได้ตลอดเวลา
6. กลุ่มฝึกทำการฝึกเต็นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็ง ช่วงเวลาเดียวกัน 17.20-18.00 น. ณ อาคารจุฬาพัฒน์ 10 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยผู้วิจัยเป็นผู้นำเต็นแอโรบิกทั้ง 2 กลุ่ม ทำการฝึกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ๆละ 3 วัน ความหนักที่ 60-80% ของอัตราการเดินหัวใจสูงสุด ครั้งละ 20 นาที ไม่รวมอบอุ่นร่างกายและคลายอุ่นร่างกาย ส่วนกลุ่มควบคุมใช้ชีวิตตามปกติ รวมทั้งที่มีการออกกำลังกายต้องไม่สม่ำเสมอ หรือไม่เกิน 2 ครั้ง/สัปดาห์

7. กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มจะได้รับการทดสอบก่อนและหลังเพื่อหาค่าทาง สรีรวิทยาทั่วไป การทดสอบสุขสมรรถนะ ความสามารถในการทรงตัวกระดูก และการทดสอบ ด้านสารชีวเคมี ดังนี้

#### 7.1 การหาค่าทางสรีรวิทยาทั่วไป ได้แก่

7.1.1 น้ำหนัก และส่วนสูง ให้ผู้ร่วมทดลองถอดรองเท้าก่อนทำการวัดน้ำหนัก (กิโลกรัม) และส่วนสูง (เซนติเมตร) (ภาคผนวก ช)

7.1.2 อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (จำนวนครั้ง/นาที) ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที (ภาคผนวก ช)

7.1.3 ความดันโลหิต (มิลลิเมตรปรอท) วัดทั้งความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก (systolic blood pressure) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก (diastolic blood pressure) ในท่านั่งพัก (ภาคผนวก ช)

#### 7.2 การทดสอบสุขสมรรถนะ ได้แก่

7.2.1 องค์ประกอบของร่างกาย (body composition) วัดอัตราส่วนเอวต่อสะโพก มวลกล้ามเนื้อ มวลไขมัน และเปอร์เซ็นต์ไขมัน โดยให้ผู้เข้าร่วมทดลองทำการวัดด้วยการยืนบนเครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (bioelectrical impedance analyzer) (ภาคผนวก ช)

7.2.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (muscular strength) ได้แก่การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาโดยใช้วิธีการทดสอบการลุกขึ้น และนั่งต่อเนื่อง (ครั้ง/1 นาที) (ภาคผนวก ช)

7.2.3 ความอ่อนตัว (flexibility) (เซนติเมตร) วัดจากการทำท่า นั่งเหยียดขาแล้วโน้มตัวแตะปลายเท้าถึงปลายนิ้วมือ (ภาคผนวก ช)

7.2.4 ความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ วัดจากสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน โดยใช้โปรแกรมการทดสอบของบอลกี (modified Balke treadmill test) และตารางความหนักของการออกกำลังกาย (RPE) ค่าของออกซิเจนจะเป็นค่าออกซิเจนสูง ( $VO_2$  peak) (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) (ภาคผนวก ช)

7.3 ความสามารถในการทรงตัว ใช้แบบทดสอบโดยวิธี ไทม์ อัป แอนด์ โก (timed up and go test) (วินาที) (ภาคผนวก ฉ)

7.4 สัปดาห์ที่ 3 ทำการทดสอบแรงกดของเท้าด้วยเครื่องเอพสแกนดาร์ ลอดเจอร์-นิว (นิวตัน) (ทำการทดสอบ 1 ครั้ง) โดยสอดใส่แผ่นเอพสแกนเข้าไปในรองเท้าของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยที่เข้ารับการทดสอบ โดยแบ่งออกเป็นท่าเดินหลักที่ใช้ทดสอบ 4 ท่า ณ อาคาร

จูปาพัฒนา 10 คือ marching, easy walk, bouncing และ hopping และทำการวิเคราะห์ด้วยระบบเอฟสแกนในขณะที่เคลื่อนไหว ณ ศูนย์ทดสอบวิจัยวัสดุและอุปกรณ์ทางการกีฬา อาคาร จูปาพัฒนา 8 เพื่อดูแรงกดของเท้าระหว่างบนพื้นมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็ง (ภาคผนวก ก)

7.5 การทดสอบด้านสารชีวเคมีของกระดูก ดำเนินการเจาะเลือดเวลา 8.00-9.00 น. โดยเจ้าหน้าที่เทคนิคการแพทย์จากคณะสหเวชศาสตร์ ณ ห้องกิจกรรมการออกกำลังกาย (ลีลาศ, โยคะ) ชั้น 2 อาคารจูปาพัฒนา 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และผู้วิจัยดำเนินการนำส่งตัวอย่างเลือดไปที่ห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ เพื่อทดสอบสารชีวเคมีของกระดูกหาค่าเบต้าครอสแลป ( $\beta$ -CrossLaps) และค่าพีวันเอ็นพี (P1NP) ของกลุ่มตัวอย่างและมีการทำลายหลังสิ้นสุดการวิจัย พร้อมกับหาค่าการสร้างมวลกระดูกเปรียบเทียบ (bone formation) เพื่อตรวจสอบการสร้างมวลกระดูก คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ต่อค่าการสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) คูณค่าคงที่ 0.31  $\{(P1NP)/(\beta\text{-CrossLaps})\} \times 0.31$  (นาโนกรัม/มิลลิลิตร) โดยค่าคงที่ 0.31 คือค่าเฉลี่ยมาตรฐานของค่าการสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) ของค่าไบอมาร์คเกอร์หญิงวัยเจริญพันธุ์ซึ่งมีค่า 0.31 นาโนกรัม/มิลลิลิตร (ณรงค์ บุญระรัตเวช, 2552)

### ตารางที่ 3 แสดงดำเนินการทดลอง

ลำดับที่	กิจกรรม
1-2	-เป็นช่วงของการปรับตัว และสร้างความคุ้นเคยให้กับกลุ่มที่ออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีน โดยใช้จังหวะเพลง 120 จังหวะ/นาที* ใช้ท่าเดินทั้งหมด 3 ชุด และควบคุมความหนักอยู่ที่ 60-65% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยใช้เครื่องตรวจสอบอัตราการเต้นของหัวใจคาดไว้ที่อก ยี่ห้อ โพลาร์ รุ่น เอ็มสามห้า (M35) (ดูรายละเอียดที่ภาคผนวก ก)
3	-ทำการทดสอบแรงปฏิกิริยาจากพื้นจะเป็นในลักษณะของแรงกดของเท้าที่กระทำต่อพื้นโดยใช้เครื่องเอฟสแกนดาต้ารีคอร์ดเจอร์ -นิว (F-scan datalogger-new) (ดูรายละเอียดภาคผนวก ข) วิธีการวัด 1. จะทำการวัดค่ามาตรฐาน (calibration) ก่อนของแต่ละคน 2. ทำการวัดโดยใช้แผ่นเอฟสแกน (F-scan) เข้าไปในรองเท้า 3. จะทำการวัดอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่มคือกลุ่มที่เดินแอโรบิกบนพื้นมินิแทรมโพลีนและพื้นแข็งจำนวน 25 คน โดยใช้ข้อจำกัดของเบอร์รองเท้าที่ใช้ในการวัดคือ เบอร์ 5 และเบอร์ 6 โดยการเลือกแบบเจาะจง

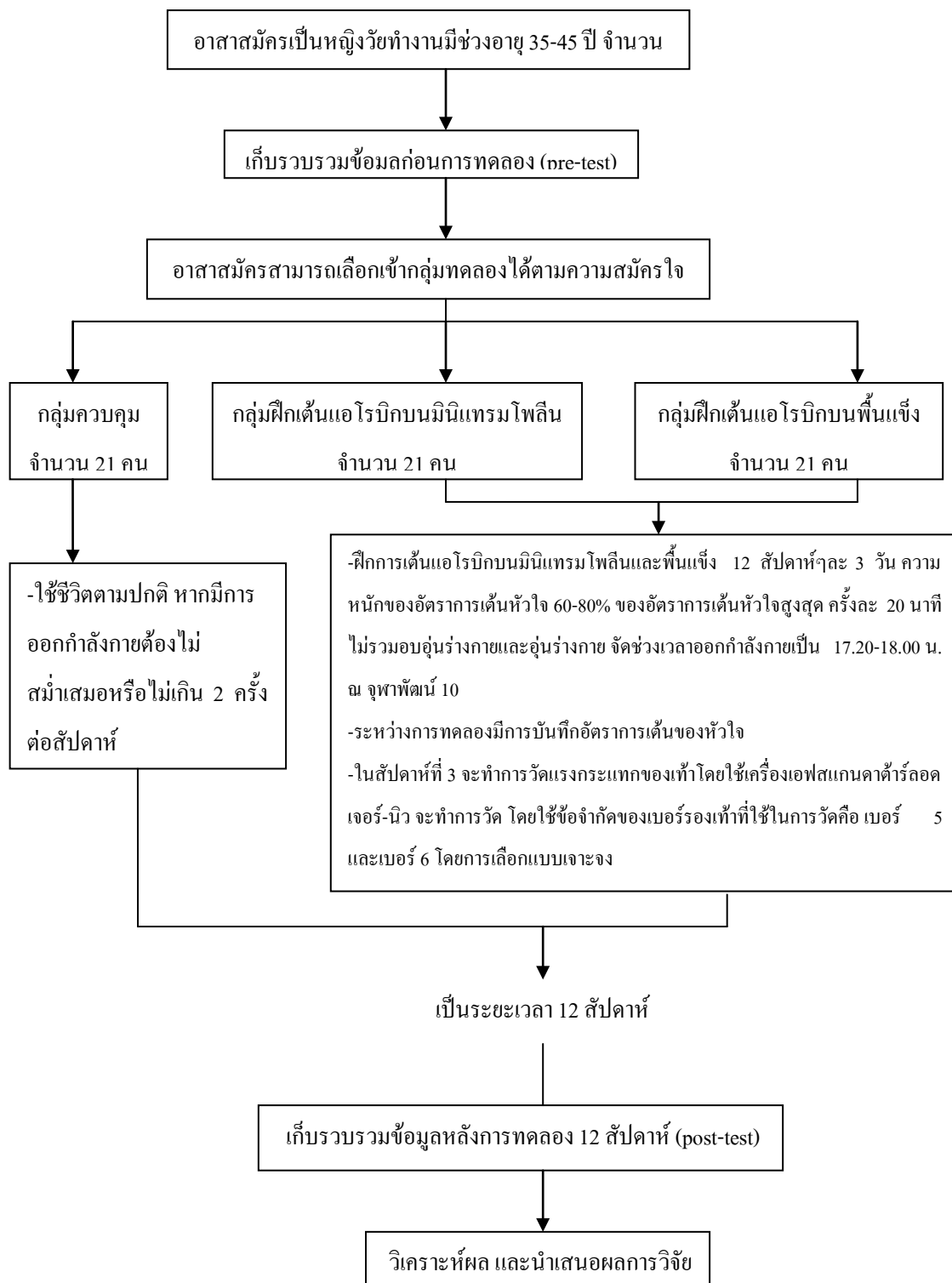
## ตารางที่ 3 (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม
	4. ค่าที่ได้จะออกมาในลักษณะเป็นเส้นกราฟ และค่าที่จุดสูงสุดของเส้นกราฟ 5. จะทำการวัดท่าเดินหลักแค่ 4 ท่า ได้แก่ marching, easy walk, bouncing และ hopping
3-4	-ควบคุมจังหวะการเคลื่อนไหวโดยใช้จังหวะเพลง 130 จังหวะ/นาที* และควบคุมความหนักอยู่ที่ 65-70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยใช้เครื่องตรวจสอบอัตราการเต้นของหัวใจคาดไว้ที่อก ยี่ห้อ โพลาร์ รุ่น เอ็มสามห้า (M53) ใช้ท่าเดินทั้งหมด 3 ชุด (ดูรายละเอียดที่ภาคผนวก ก)
5-7	-ควบคุมจังหวะการเคลื่อนไหวโดยใช้จังหวะเพลง 135 จังหวะ/นาที* และควบคุมความหนักอยู่ที่ 70-75% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยใช้เครื่องตรวจสอบอัตราการเต้นของหัวใจคาดไว้ที่อก ยี่ห้อ โพลาร์ รุ่น เอ็มสามห้า (M53) ใช้ท่าเดินทั้งหมด 3 ชุด (ดูรายละเอียดที่ภาคผนวก ก)
8-12	-ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น สามารถที่จะควบคุมท่าทางการเคลื่อนไหวได้เป็นอย่างดีจึงได้เพิ่มชุดท่าเดินเป็น 5 ชุด จังหวะของการเคลื่อนไหวโดยใช้จังหวะเพลง 140 จังหวะ/นาที* และควบคุมความหนักอยู่ที่ 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยใช้เครื่องตรวจสอบอัตราการเต้นของหัวใจคาดไว้ที่อก ยี่ห้อ โพลาร์ รุ่น เอ็มสามห้า (M53) ใช้ท่าเดินทั้งหมด 5 ชุด (ดูรายละเอียดที่ภาคผนวก ก)

\*ข้อสำคัญ จังหวะเพลงใช้ประกอบท่าเดิน เครื่องตรวจสอบอัตราการเต้นใช้ควบคุมการเต้นของหัวใจเพื่อควบคุมความหนักของการออกกำลังกายให้อยู่ในช่วง 60%, 70% และ 80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด



## สรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



แผนภูมิที่ 2 สรุปขั้นตอนดำเนินการวิจัยการวิจัย

### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
2. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลองภายในกลุ่ม โดยทดสอบค่าที่แบบรายคู่ (pair-t test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05
3. วิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรระหว่างก่อนทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่ม 3 กลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (analysis of covariance) หากพบความแตกต่างจะทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ ตามวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

### ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงผลของการเดินแอโรบิกบนพื้นที่แตกต่างกันมีผลต่อการสลายของมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัว
2. เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการออกกำลังกายบนพื้นที่แตกต่างกันให้เหมาะสมกับหญิงวัยทำงานเพื่อป้องกัน โรคกระดูกพรุน สุขสมรรถนะ และการทรงตัว
3. สามารถใช้เป็นทางเลือกหนึ่งต่อการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการออกกำลังกายที่ส่งผลต่อการสร้างและการสลายของกระดูก รวมถึงสุขสมรรถนะและการทรงตัว

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล การเปรียบเทียบระหว่างผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแตรampolineและบนพื้นแข็งต่อการสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน ทำการทดสอบก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ และทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม และภายในกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแตรampoline (aerobic dance on mini trampoline) จำนวน 21 คน กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนพื้นแข็ง (aerobic dance hard surface) จำนวน 21 คน และกลุ่มควบคุม (control group) จำนวน 21 คน โดยนำผลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ และนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมานำเสนอในรูปแบบตาราง และแผนภูมิประกอบความเรียง โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 9 ตอน ดังนี้

**ตอนที่ 1** ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ( mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง ของทุกกลุ่ม

**ตอนที่ 2** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ( mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) โดยใช้ในการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (paired t-test) ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสลายมวลกระดูก (PINP) และการสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

**ตอนที่ 3** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ( mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( standard deviation) โดยใช้ในการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ ( paired t-test) ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสลายมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value){(PINP)/ ( $\beta$ -CrossLaps)}x 0.31 ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

**ตอนที่ 4** การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของค่าการสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) ค่าการสลายมวลกระดูก (PINP) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) (adjusted value){(PINP)/( $\beta$ -CrossLaps)}x 0.31 ระหว่างกลุ่ม หลังการทดลอง 12

สัปดาห์เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม และเมื่อพบความแตกต่างทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีของบอนเฟอโรน (Bonferroni)

**ตอนที่ 5** ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ( mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( standard deviation) โดยใช้ในการทดสอบค่าที่แบบรายคู่ (paired t-test) และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาของทุกกลุ่ม

**ตอนที่ 6** การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาระหว่างกลุ่ม หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วมและเมื่อพบความแตกต่างทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีของบอนเฟอโรน (Bonferroni)

**ตอนที่ 7** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ( mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) โดยใช้ในการทดสอบค่าที่แบบ อิสระต่อกัน (independent t-test) ของแรงกดของเท้าในท่าเดิน แอโรบิกหลัก 4 ท่า ที่สอดคล้องแผ่นออฟสแกน คือ marching, easy walk, bouncing และ hopping ทั้ง 2 กลุ่มที่ฝึกเดินแอโรบิก

**ตอนที่ 8** แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูก (PINP) การสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) ค่าการสร้างมวลกระดูก (PINP) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) (adjusted value) $\{(PINP)/(\beta\text{-CrossLaps})\} \times 0.3$  1ค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา สุขสมรรถนะ และการทรงตัวของทุกกลุ่ม

**ตอนที่ 9** แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ย ของท่าเดินแอโรบิกหลัก 4 ท่า คือ marching, easy walk, bouncing และ hopping เพื่อทดสอบแรงกดของเท้าโดยสอดคล้องแผ่นออฟสแกน ทั้ง 2 กลุ่มที่ฝึกเดินแอโรบิก

**ตอนที่ 10** ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ( mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( standard deviation) ของข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง ของทุกกลุ่ม

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของ ข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดิน-แอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม

ข้อมูลพื้นฐาน	กลุ่มทดลองฝึก	กลุ่มทดลองฝึก	กลุ่มควบคุม (C:n = 21)	F	p-value
	เดินแอโรบิกบน	เดินแอโรบิกบน			
	มินิแทรมโพลีน	พื้นแข็ง			
กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2				
(T <sub>1</sub> : n = 21)	(T <sub>2</sub> : n = 21)				
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$		
1. อายุ (ปี)	40.04±3.61	39.52±3.78	41.09±3.99	.929	.400
2. ส่วนสูง (ซม.)	158.09±6.37	157.71±4.84	158.14±5.51	.037	.964
3. ความหนาแน่นของกระดูกสันหลัง (ข้างซ้าย)					
3.1 ค่า T-Score (SD)	-1.22±0.70	-1.18±0.57	-1.31±0.75	.210	.811
3.2 ความหนาแน่นของกระดูก (BMD) (ก./ซม. <sup>2</sup> )	0.43±0.17	0.43±0.13	0.53±0.14	2.889	.063
4. การทรงตัว (วินาที)	6.02±0.56	6.33±1.04	6.23±0.83	.227	.798

p > .05

จากตารางที่ 4 แสดงข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง ของ ทั้ง 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 ฝึกเดิน แอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม ค่าเฉลี่ยของอายุ 40.04 ปี, 39.52 ปี และ 41.09 ปี ค่าเฉลี่ยของส่วนสูง 158.09 เซนติเมตร 157.71 เซนติเมตร และ 158.14 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยของ T-Score -1.22 SD, -1.18 SD และ -1.31 SD ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของกระดูก 0.43 ก./ซม.<sup>2</sup>, 0.43 ก./ซม.<sup>2</sup> และ 0.53 ก./ซม.<sup>2</sup>ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยการทรงตัว 6.02 วินาที, 6.33 วินาที และ 6.23 วินาที

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของค่าเฉลี่ยอายุ ส่วนสูง ค่า T-Score ความหนาแน่นของกระดูก และการทรงตัว ก่อนการทดลองของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ตอนที่ 2** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (paired t-test) ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูก (PINP) และการสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

**ตารางที่ 5** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ ( Paired t-test) ค่าการสร้างมวลกระดูก (PINP) และการสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลองฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 1 (T <sub>1</sub> ; n = 21)				กลุ่มทดลองฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง กลุ่มที่ 2 (T <sub>2</sub> ; n = 21)				กลุ่มควบคุม (C; n = 21)			
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	t	p-value	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	t	p-value	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	t	p-value
	$\bar{X}$ (SD)	$\bar{X}$ (SD)			$\bar{X}$ (SD)	$\bar{X}$ (SD)			$\bar{X}$ (SD)	$\bar{X}$ (SD)		
การสร้างมวลกระดูก (PINP)(ng./ml.)	31.51 (9.23)	42.96 (9.28)	-5.214	.000 *	34.62 (9.41)	41.98 (12.83)	-4.202	.000 *	32.11 (11.27)	27.51 (9.73)	.574	.018 *
การสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps)(ng./ml.)	0.27 (0.12)	0.19 (0.79)	4.009	.001 *	0.28 (0.15)	0.19 (0.08)	4.195	.000 *	0.26 (0.16)	0.28 (0.15)	-.803	.431

\* p < .05

จากตารางที่ 5 แสดงว่ากลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรม โพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูกของทั้ง 2 กลุ่มทดลอง ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 6 ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้าง มวลกระดูก (P1NP) และการสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) ระหว่างก่อน การทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลองฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 1 (T <sub>1</sub> : n = 21)					กลุ่มทดลองฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง กลุ่มที่ 2 (T <sub>2</sub> : n = 21)					กลุ่มควบคุม (C: n = 21)				
	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% การเปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% การเปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% การเปลี่ยนแปลง
	ค่า	ค่า	ค่า	ค่า		ค่า	ค่า	ค่า	ค่า		ค่า	ค่า	ค่า	ค่า	
	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	(%)	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	(%)	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	(%)
(ng/ml)	(ng/ml)	(ng/ml)	(ng/ml)	(%)	(ng/ml)	(ng/ml)	(ng/ml)	(ng/ml)	(%)	(ng/ml)	(ng/ml)	(ng/ml)	(ng/ml)	(%)	
การสร้างกระดูก (P1NP)(ng./ml.)	47.16	11.97	60.64	28.00	36.35	46.98	13.45	63.54	17.44	21.26	53.63	17.18	53.22	14.30	-14.33
การสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps)(ng./ml.)	0.52	0.08	0.45	0.11	-31.75	0.64	0.08	0.40	0.08	-31.79	0.76	0.10	0.66	0.65	7.22

จากตารางที่ 6 แสดงว่าหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการสร้างมวลกระดูก 36.35% และ 21.26% ตามลำดับ และการสลายมวลกระดูกลดลง 31.75% และ 31.79% ตามลำดับ



**ตอนที่ 3** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ( mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( standard deviation) โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ ( paired t-test) ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value){(P1NP)/(β-CrossLaps)}x 0.31 ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

**ตารางที่ 7** ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้าง มวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value){(P1NP)/(β-CrossLaps)}x 0.31 ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้น และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลองฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 1 (T <sub>1</sub> : n = 21)				กลุ่มทดลองฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง กลุ่มที่ 2 (T <sub>2</sub> : n = 21)				กลุ่มควบคุม (C: n = 21)			
	ก่อนการ ทดลอง	หลังการ ทดลอง	t	p-value	ก่อนการ ทดลอง	หลังการ ทดลอง	t	p-value	ก่อนการ ทดลอง	หลังการ ทดลอง	t	p-value
	$\bar{X}$ (SD)	$\bar{X}$ (SD)			$\bar{X}$ (SD)	$\bar{X}$ (SD)			$\bar{X}$ (SD)	$\bar{X}$ (SD)		
การสร้างมวลกระดูก (P1NP) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลาย มวลกระดูก (β-CrossLaps) (adjusted value)(ng./ml.)	38.49 (10.50)	76.18 (20.17)	-8.062	.000 *	49.38 (24.33)	77.53 (36.05)	-4.193	.000 *	43.66 (16.923)	36.38 (18.26)	1.538	.140

\*p < .05

จากตารางที่ 7 แสดงว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบน พื้นแข็ง มีค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value) ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ยกเว้นกลุ่มควบคุม

**ตารางที่ 8** ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value){(PINP)/(β-CrossLaps)}x 0.31 ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลองฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 1 (T <sub>1</sub> : n = 21)					กลุ่มทดลองฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง กลุ่มที่ 2 (T <sub>2</sub> : n = 21)					กลุ่มควบคุม (C: n = 21)				
	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% การเปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% การเปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% การเปลี่ยนแปลง
	ค่า	ค่า	ค่า	ค่า		ค่า	ค่า	ค่า	ค่า		ค่า	ค่า	ค่า	ค่า	
	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	(%)	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	(%)	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	(%)
	(ng/ml)	(ng/ml)	(ng/ml)	(ng/ml)	(%)	(ng/ml)	(ng/ml)	(ng/ml)	(ng/ml)	(%)	(ng/ml)	(ng/ml)	(ng/ml)	(ng/ml)	(%)
การสร้างมวลกระดูก (PINP) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) (adjusted value) (ng./ml.)	62.21	21.64	125.81	37.56	97.91	122.72	17.85	169.35	30.03	57.01	21.61	97.34	95.62	18.31	-16.67

จากตารางที่ 8 แสดงว่าหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง มีเปอร์เซ็นต์ค่าการสร้างความมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value) เพิ่มขึ้น 97.91% และ 57.01% ตามลำดับ

**ตอนที่ 4** การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของค่าการสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) ค่าการสร้างความกระดูก (P1NP) และค่าการสร้างความกระดูก (P1NP) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) (adjusted value)  $\{(P1NP)/(\beta\text{-CrossLaps})\} \times 0.31$  ระหว่างกลุ่ม หลังการทดลอง 12 สัปดาห์เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วมและเมื่อพบความแตกต่างทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

**ตารางที่ 9** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าการสร้างความกระดูก และการสลายมวลกระดูก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
การสร้างความกระดูก (P1NP) (ng./ml.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	2843.517	1	2843.517	41.235	.000 *
	รูปแบบ (Main effect)	2965.378	2	1482.689	21.501	.000 *
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	4068.590	59	68.959		
	รวม	10055.343	62			
การสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -crossLaps) (ng./ml.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	.363	1	.363	61.540	.000 *
	รูปแบบ (Main effect)	.140	2	.070	11.894	.000 *
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	.348	59	.006		
	รวม	.832	62			

\*  $p < .05$

จากตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม พบว่า ค่าการสร้างและค่าการสลายของมวลกระดูกของทุกกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ตามวิธีของบอนเฟอโรนี ดังตารางที่ 9-10

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยการส รางมวลกระดูก (นาโนกรัม/มิลลิลิตร) โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ )	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มควบคุม
		43.81	40.69	27.95
กลุ่มที่ 1	43.81	-	3.12 (p = 0.232)	15.86 * (p = .000)
กลุ่มที่ 2	40.69		-	12.75 * (p = .000)
กลุ่มควบคุม	27.95			-

\* p < .05

จากตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยการส รางมวลกระดูก ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยการ ส รางมวลกระดูกของกลุ่มที่ 1 ( $\bar{x}$  = 43.81 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ( $\bar{x}$  = 27.95 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ) ซึ่งแตกต่างกัน 15.86 นาโนกรัม/มิลลิลิตร และค่าเฉลี่ยการส รางมวลกระดูกของกลุ่ม ที่ 2 ( $\bar{x}$  = 40.69 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแตกต่างกัน 12.75 นาโนกรัม/มิลลิลิตร

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย การสลายมวลกระดูก (นาโนกรัม/มิลลิลิตร) โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ )	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มควบคุม
		0.19	0.19	0.29
กลุ่มที่ 1	0.19	-	0.00 (p = 1.000)	0.10 * (p = .000)
กลุ่มที่ 2	0.19		-	0.10 * (p = .000)
กลุ่มควบคุม	0.29			-

\* p < .05

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูก ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกของกลุ่มที่ 1 ( $\bar{x} = 0.19$  นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ( $\bar{x} = 0.29$  นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ซึ่งแตกต่างกัน 0.10 นาโนกรัม/มิลลิลิตร และค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกของกลุ่มที่ 2 ( $\bar{x} = 0.19$  นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแตกต่างกัน 0.10 นาโนกรัม/มิลลิลิตร

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก ( adjusted value)  $\{ (P1NP) / (\beta - \text{CrossLaps}) \} \times 0.31$  หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบน พื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
การสร้างกระดูก (P1NP)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	6710.360	1	6710.360	11.613	.001 *
เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน	รูปแบบ (Main effect)	23006.957	2	11503.497	19.907	.000 *
การสลายมวลกระดูก	ความคลาดเคลื่อน (Error)	34093.137	59	577.850		
$(\beta - \text{crossLaps})$	รวม	63757.526	62			

\* p < .05

จากตารางที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม พบว่า ค่าการสร้าง มวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก ( adjusted value) ของ 2 กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ตามวิธีของ บอนเฟอโรนี ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของการสร้าง มวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (นาโนกรัม/มิลลิลิตร) (adjusted value)  $\{(P1NP)/(\beta\text{-CrossLaps})\} \times 0.31$  โดยวิธีของบอน-เฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ )	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มควบคุม
		79.30	74.31	36.49
กลุ่มที่ 1	79.30	-	4.99 (p = .517)	42.81 * (p = .000)
กลุ่มที่ 2	74.31		-	37.82 * (p = .000)
กลุ่มควบคุม	36.49			-

\* p < .05

จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยการสร้าง มวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value) ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยค่าเฉลี่ยการสร้าง มวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value) กลุ่มที่ 1 ( $\bar{x} = 79.30$  นาโนกรัม/มิลลิลิตร) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ( $\bar{x} = 36.49$  นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ซึ่งแตกต่างกัน 42.81 นาโนกรัม/มิลลิลิตร และค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกของกลุ่มที่ 2 ( $\bar{x} = 74.31$  นาโนกรัม/มิลลิลิตร) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแตกต่างกัน 37.82 นาโนกรัม/มิลลิลิตร

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (paired t-test) และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม



ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าพื้นฐานทาง สรีรวิทยา สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่ม ที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน

ตัวแปร	ก่อนการ	หลังการ	t	p-value	% การเปลี่ยนแปลง
	ทดลอง	ทดลอง			
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$			
<b>ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา</b>					
น้ำหนักตัว (กก.)	59.08±10.03	58.66±10.30	.112	.912	-0.71
ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	23.05±2.41	22.24±1.82	1.009	.325	-3.51
อัตราสัดส่วนเอวต่อสะโพก	0.82±0.08	0.82±0.03	-0.085	.933	0
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	78.71±11.15	66.28±6.01	6.430	.000 *	-15.79
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว					
ขณะพัก (มม.ปรอท)	124.52±15.10	108.47±8.39	4.202	.000 *	-12.88
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว					
ขณะพัก (มม.ปรอท)	79.52±9.24	68.90±10.05	3.220	.004 *	-13.35
<b>ข้อมูลสุขสมรรถนะ</b>					
มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน (กก.)	21.79±5.21	22.38±3.96	-3.356	.726	2.70
ไขมัน (กก.)	20.93±6.18	19.75±7.09	.485	.633	-5.63
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	30.36±7.20	30.39±6.09	-.012	.991	0.09
ความอ่อนตัว (ซม.)	5.85±6.29	9.65±5.24	-2.235	.037 *	64.95
<b>ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ</b>					
ท่าลุก-นั่งเก้าอี้ (ครั้ง/นาที)	39.85±7.50	54.95±8.90	-10.688	.000 *	37.89

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	t	p-value	% การเปลี่ยนแปลง
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$			
<b>ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและหายใจ</b>					
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง (มล./กก./นาที)	24.31±4.67	36.19±4.67	-6.685	.000 *	48.86
<b>การทรงตัว</b>					
ความสามารถในการทรงตัว (วินาที)	6.20±0.65	4.52±0.32	10.851	.000 *	-27.09

\*p &lt; .05

จากตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เปรอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีการทดสอบค่าที่แบบรายคู่ (paired t-test) ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน พบว่าค่าเฉลี่ย อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก และความสามารถในการทรงตัว หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ และความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ หลังการทดลอง 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าพื้นฐานทาง สรีรวิทยา สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่ม ที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง

ตัวแปร	ก่อนการ	หลังการ	t	p-value	% การเปลี่ยนแปลง
	ทดลอง	ทดลอง			
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$			
<b>ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา</b>					
น้ำหนักตัว (กก.)	58.40±6.37	57.55±7.17	.865	.397	-1.45
ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	23.37±1.86	22.54±2.13	2.018	.057	-3.55
อัตราสัดส่วนเอวต่อสะโพก	0.84±0.04	0.82±0.07	1.231	.233	-2.38
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	78.57±10.48	70.90±8.53	2.937	.008 *	-9.76
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	118.90±10.62	110.04±14.34	2.791	.011 *	-7.45
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	74.90±6.72	66.42±7.67	4.750	.000 *	-11.32
<b>ข้อมูลสุขสมรรถนะ</b>					
มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน (กก.)	21.73±2.73	21.20±3.63	.917	.370	-2.43
ไขมัน (กก.)	19.41±6.25	30.74±44.96	-1.175	.254	58.37
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	30.22±4.82	31.31±7.20	-.678	.505	3.60
ความอ่อนตัว (ซม.)	7.52±8.57	11.23±6.61	-3.155	.005 *	49.33
<b>ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ</b>					
ท่าลุก-นั่งเก้าอี้ (ครั้ง/นาที)	37.19±4.94	45.61±6.71	-7.567	.000 *	22.64

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	t	p-value	% การเปลี่ยนแปลง
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$			
<b>ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและหายใจ</b>					
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง (มล./กก./นาที)	22.61±2.59	34.14±2.52	-16.076	.000 *	50.99
<b>การทรงตัว</b>					
ความสามารถในการทรงตัว (วินาที)	6.33±1.04	5.21±0.56	5.515	.000 *	-17.69

\*p &lt; .05

จากตารางที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เปรอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีการทดสอบค่าที่แบบรายคู่ (paired t-test) ของกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบน พื้นแข็ง พบว่า ค่าเฉลี่ย อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก และความสามารถในการทรงตัว หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อและความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ หลังการทดลอง 12 สัปดาห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าพื้นฐานทาง สรีรวิทยา สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่ม ที่ 3 ควบคุม

ตัวแปร	ก่อนการ	หลังการ	t	p-value	% การเปลี่ยนแปลง
	ทดลอง	ทดลอง			
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$			
<b>ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา</b>					
น้ำหนักตัว (กก.)	55.98±6.56	55.89±6.31	.099	.922	-0.16
ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	22.24±1.83	22.42±2.02	-.040	.969	0.80
อัตราสัดส่วนเอวต่อสะโพก	0.85±0.03	0.85±0.04	.0420	.967	0
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	78.85±8.58	77.09±7.47	.810	.428	-2.23
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	118.61±12.97	121.40±13.31	-.744	.465	2.35
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	74.80±8.09	77.57±8.69	-1.520	.144	3.70
<b>ข้อมูลสุขสมรรถนะ</b>					
มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน (กก.)	20.55±2.57	20.21±2.32	.724	.478	-1.65
ไขมัน (กก.)	19.22±4.02	21.71±4.02	-1.328	.199	12.95
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	31.73±4.74	32.04±5.78	-.395	.697	0.97
ความอ่อนตัว (ซม.)	4.28±6.45	2.38±7.41	2.385	.027 *	-44.39
<b>ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ</b>					
ท่าลุก-นั่งเก้าอี้ (ครั้ง/นาที)	38.38±4.80	37.19±4.93	1.246	.227	-3.10

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	t	p-value	% การเปลี่ยนแปลง
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$			
<b>ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและหายใจ</b>					
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง (มล./กก./นาที)	22.76±3.95	22.35±2.91	.494	.626	-1.80
<b>การทรงตัว</b>					
ความสามารถในการทรงตัว (วินาที)	6.16±0.79	6.16±0.73	.070	.945	0

\*p &lt; .05

จากตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เปรอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีการทดสอบค่าที่แบบรายคู่ (paired t-test) ของกลุ่มที่ 3 ควบคุม พบว่า ค่าเฉลี่ย ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ตอนที่ 6** การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา ระหว่างกลุ่ม หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม และเมื่อพบความแตกต่างทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีของบอนเฟอโรน (Bonferroni)

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพื้นฐานทาง สรีรวิทยา ระหว่างกลุ่ม หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิ แทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลอง เป็นตัวแปรร่วม

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
<b>ข้อมูลพื้นฐานทาง</b>	ตัวแปรร่วม (Covariance)	378.385	1	375.385	7.578	.008 *
<b>สรีรวิทยา</b>	รูปแบบ (Main effect)	1226.355	2	613.178	12.379	.000 *
อัตราการเต้นของหัวใจ	ความคลาดเคลื่อน (Error)	3922.519	59	49.534		
ขณะพัก (ครั้ง/นาที)	รวม	4533.429	62			
<b>ความดันโลหิตขณะหัวใจ</b>	ตัวแปรร่วม (Covariance)	180.587	1	180.587	1.199	.278
<b>บีบตัวขณะพัก</b>	รูปแบบ (Main effect)	2244.516	2	1122.258	7.451	.001 *
(มม.ปรอท)	ความคลาดเคลื่อน (Error)	8886.841	59	150.624		
	รวม	11182.000	62			
<b>ความดันโลหิตขณะหัวใจ</b>	ตัวแปรร่วม (Covariance)	115.423	1	115.423	1.482	.228
<b>คลายตัวขณะพัก</b>	รูปแบบ (Main effect)	1503.294	2	751.647	9.648	.000 *
(มม.ปรอท)	ความคลาดเคลื่อน (Error)	4596.672	59	77.910		
	รวม	6149.937	62			
<b>ความอ่อนตัว</b>	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1023.997	1	1023.997	40.175	.000 *
ความอ่อนตัว (ซม.)	รูปแบบ (Main effect)	611.923	2	305.961	12.004	.000 *
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	7256.563	59	25.489		
	รวม	3464.871	62			
<b>ความแข็งแรงและความ</b>	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1320.259	1	1320.259	47.013	.000 *
<b>อดทนของกล้ามเนื้อ</b>	รูปแบบ (Main effect)	2880.500	2	1440.250	51.286	.000 *
ท่าลุก-นั่งเก้าอี้	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1656.884	59	28.083		
(ครั้ง/นาที)	รวม	6292.603	62			
<b>ความอดทนของระบบ</b>	ตัวแปรร่วม (Covariance)	12.675	1	12.675	1.037	.313
<b>ไหลเวียนโลหิตและหายใจ</b>	รูปแบบ (Main effect)	2353.693	2	1176.847	96.324	.000 *
<b>สมรรถภาพการใช้</b>	ความคลาดเคลื่อน (Error)	720.839	59	12.218		
<b>ออกซิเจนสูง (มล./กก./</b>	รวม	3078.130	62			
<b>นาที)</b>						
<b>การทรงตัว</b>	ตัวแปรร่วม (Covariance)	6.515	1	6.515	30.022	.000 *
<b>ความสามารถในการทรง</b>	รูปแบบ (Main effect)	29.084	2	14.542	67.011	.000 *
<b>ตัว (วินาที)</b>	ความคลาดเคลื่อน (Error)	12.804	59	0.217		
	รวม	47.691	62			

\*p < .05

จากตารางที่ 17 แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม พบว่า อัตราการเดินของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อฯ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง และความสามารถในการทรงตัว ของทุกกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน มีค่าเฉลี่ยความอดทนของกล้ามเนื้อขามากกว่า และความสามารถในการทรงตัวดีกว่าซึ่งมีความแตกต่างจากกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ตามวิธีของบอนเฟอโรนี ดังตารางที่ 19-24

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการเดินของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที) โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ )	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มควบคุม
		66.29	70.94	77.06
กลุ่มที่ 1	66.29	-	4.65 (p = .109)	10.77* (p = .000)
กลุ่มที่ 2	70.94		-	6.12* (p = .020)
กลุ่มควบคุม	77.06			-

\*p < .05

จากตารางที่ 18 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเดินของหัวใจขณะพัก ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยอัตราการเดินของหัวใจขณะพัก ของกลุ่มที่ 1 ( $\bar{x}$  = 66.29 ครั้ง/นาที) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ( $\bar{x}$  = 77.60 ครั้ง/นาที) ซึ่งแตกต่างกัน 10.77 ครั้ง/นาที



และค่าเฉลี่ยอัตราการเดินของหัวใจขณะพัก ของกลุ่ม ที่ 2 ( $\bar{x} = 70.94$  ครั้ง/นาที) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแตกต่างกัน 6.12 ครั้ง/นาที

**ตารางที่ 19** ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก โดยวิธี ของ บอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบน มินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	(มม.ปรอท) ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ )	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มควบคุม
		107.97	110.28	121.75
กลุ่มที่ 1	107.97	-	2.32 (p = .100)	13.79 * (p = .002)
กลุ่มที่ 2	110.28		-	11.47 * (p = .011)
กลุ่มควบคุม	121.75			-

\*p < .05

จากตารางที่ 19 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก ของกลุ่มที่ 1 ( $\bar{x} = 107.97$  มม.ปรอท) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ( $\bar{x} = 121.75$  มม.ปรอท) ซึ่งแตกต่างกัน 13.79 มม.ปรอท และค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก ของกลุ่มที่ 2 ( $\bar{x} = 110.28$  มม.ปรอท) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแตกต่างกัน 11.467 มม.ปรอท

ตารางที่ 20 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจ คลายตัวขณะพัก (มม.ปรอท) โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ )	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มควบคุม
		68.37	66.69	77.85
กลุ่มที่ 1	68.37	-	1.68 (p = 1.000)	9.48 * (p = .004)
กลุ่มที่ 2	66.69		-	11.16 * (p = .000)
กลุ่มควบคุม	77.85			-

\*p < .05

จากตารางที่ 20 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจ คลายตัวขณะพัก ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจ คลายตัวขณะพัก ของกลุ่มที่ 1 ( $\bar{x} = 68.37$  มม.ปรอท) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ( $\bar{x} = 77.85$  มม.ปรอท) ซึ่งแตกต่างกัน 9.48 มม.ปรอท และค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจ คลายตัวขณะพัก ของกลุ่มที่ 2 ( $\bar{x} = 66.69$  มม.ปรอท) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแตกต่างกัน 11.16 มม.ปรอท

ตารางที่ 21 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ความอ่อนตัว (เซนติเมตร) โดยวิธีของ บอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ )	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มควบคุม
		9.67	10.30	3.30
กลุ่มที่ 1	9.67	-	0.63 (p = 1.000)	6.37 * (p = .000)
กลุ่มที่ 2	10.30		-	7.00 * (p = .000)
กลุ่มควบคุม	3.30			-

\*p < .05

จากตารางที่ 21 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ย ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดิน- แอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ ของกลุ่มที่ 1 ( $\bar{x} = 9.67$  เซนติเมตร) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ( $\bar{x} = 3.30$  เซนติเมตร) ซึ่งแตกต่างกัน 6.37 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ ของกลุ่มที่ 2 ( $\bar{x} = 10.30$  เซนติเมตร) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแตกต่างกัน 7.00 เซนติเมตร

ตารางที่ 22 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา (ครั้ง/นาที) โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดิน แอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ )	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มควบคุม
กลุ่มที่ 1	53.85	-	7.21 * (p = .000)	13.59* (p = .000)
กลุ่มที่ 2	46.64		-	9.38 * (p = .000)
กลุ่มควบคุม	37.27			-

\*p < .05

จากตารางที่ 22 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ของกลุ่มที่ 1 ( $\bar{x} = 53.85$  ครั้ง/นาที) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ( $\bar{x} = 37.27$  ครั้ง/นาที) ซึ่งแตกต่างกัน 13.59 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ของกลุ่มที่ 2 ( $\bar{x} = 46.64$  เซนติเมตร) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแตกต่างกัน 9.38 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ของกลุ่มที่ 1 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 โดยค่าเฉลี่ยความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา สูง กว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งแตกต่างกัน 7.21 เซนติเมตร

ตารางที่ 23 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง (มม./กก./นาท) โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิ-แทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ )	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มควบคุม
		36.33	34.07	22.30
กลุ่มที่ 1	36.33	-	2.25 (p = .134)	14.03 * (p = .000)
กลุ่มที่ 2	34.07		-	11.78 * (p = .000)
กลุ่มควบคุม	22.30			-

\* p < .05

จากตารางที่ 23 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่ต่ำกว่าออกซิเจนสูงสุด ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง แตกต่าง จากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ย สมรรถภาพการใช้ ออกซิเจนสูงของกลุ่มที่ 1 ( $\bar{x}$  = 36.33 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาท) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ( $\bar{x}$  = 22.30 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาท) ซึ่งแตกต่างกัน 14.03 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาท และค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการ ใช้ออกซิเจนสูง ของกลุ่มที่ 2 ( $\bar{x}$  = 34.07 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาท) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแตกต่างกัน 11.79 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาท

ตารางที่ 24 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ความสามารถในการทรงตัว (วินาที) โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{x}$ )	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มควบคุม
		4.54	5.18	6.19
กลุ่มที่ 1	4.54	-	0.64 * (p = .000)	1.65 * (p = .000)
กลุ่มที่ 2	5.18		-	1.01 * (p = .000)
กลุ่มควบคุม	6.19			-

\*p < .05

จากตารางที่ 24 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ย ความสามารถในการทรงตัว ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดิน แอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ย ความสามารถในการทรงตัว ของกลุ่มที่ 1 ( $\bar{x}$  = 4.54 วินาที) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ( $\bar{x}$  = 4.19 วินาที) ซึ่งแตกต่างกัน 1.65 วินาที ค่าเฉลี่ย ความสามารถในการทรงตัว ของกลุ่มที่ 2 ( $\bar{x}$  = 6.19 วินาที) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแตกต่างกัน 1.01 วินาที และความสามารถในการทรงตัว ของกลุ่มที่ 1 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม ที่ 2 โดยความสามารถในการทรงตัว สูง กว่ากลุ่มที่ 2 ซึ่งแตกต่างกัน 0.64 วินาที

ตอนที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ( mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบ อิสระต่อกัน (independent t-test) ของแรงกดของเท้าในท่าเดินแอโรบิกหลัก 4 ท่า ที่สอดคล้องแผ่นออฟสแกน คือ marching, easy walk, bouncing และ hopping ทั้ง 2 กลุ่มที่ฝึกเดินแอโรบิก

**ตารางที่ 25** การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบ อิสระต่อกัน (independent t-test) ของแรงกดของเท้าในท่าเดินแอโรบิกหลัก 4 ท่า ทั้งเท้าซ้ายกับเท้าขวา คือ marching, easy walk, bouncing และ hopping ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง

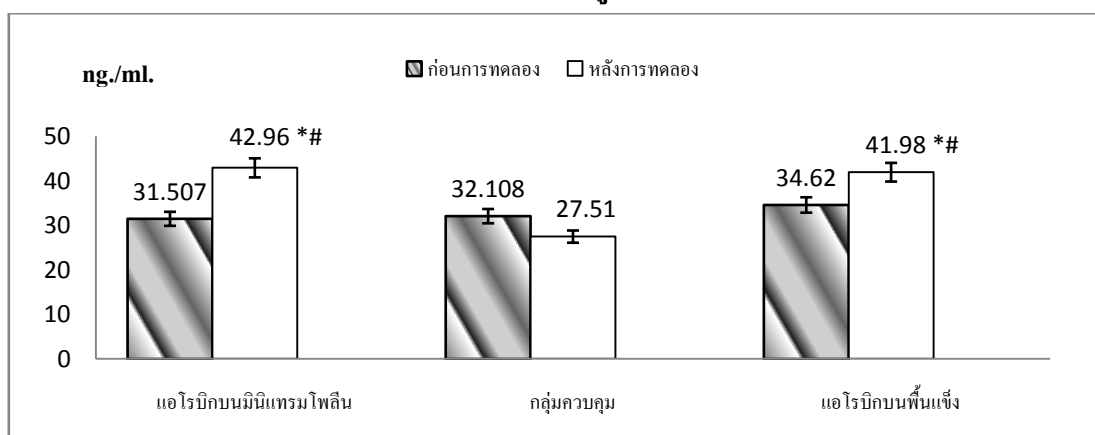
แรงกดของเท้าใน ท่าเดินแอโรบิก หลัก 4 ท่า (นิวตัน)	กลุ่มทดลองฝึกเดิน แอโรบิกบน มินิแทรมโพลีน		t	p-value	กลุ่มทดลองฝึกเดิน แอโรบิกบน พื้นแข็ง		t	p-value
	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2			กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2		
	(T <sub>1</sub> : n = 21) (ซ้าย)	(T <sub>2</sub> : n = 21) (ซ้าย)			(T <sub>1</sub> : n = 21) (ขวา)	(T <sub>2</sub> : n = 21) (ขวา)		
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$			$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$		
1. marching	559.41±208.54	778.80±183.02	3.623	.001 *	569.59±216.34	748.39±161.10	3.038	.004 *
2. easy walk	574.30±221.59	815.66±243.39	3.360	.002 *	547.43±213.46	777.01±184.66	3.727	.001 *
3. bouncing	342.92±129.50	450.75±155.23	2.444	.019 *	331.75±125.68	435.80±110.18	2.853	.007 *
4. hopping	1254.40±430.32	1591.93±582.61	2.135	.039 *	1176.86±389.59	1525.43±477.00	2.594	.013 *

\*p < .05

จากตารางที่ 25 แสดงว่ากลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรม โพลีน มีแรงกดของเท้า น้อยกว่าแรงกดของ กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง เมื่อเปรียบเทียบทั้งเท้าข้างซ้ายกับซ้าย และ เท้าข้างขวากับขวา ของค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ท่าเดินแอโรบิกหลัก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

**ตอนที่ 8** แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวล กระดูก (PINP) การสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) ค่าการสร้างมวลกระดูก (PINP) เมื่อเทียบกับ ค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) (adjusted value)  $\{(PINP)/(\beta\text{-CrossLaps})\} \times 0.3$  1 ค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา สุขสมรรถนะ และการทรงตัวของทุกกลุ่ม

#### การสร้างมวลกระดูก (PINP)



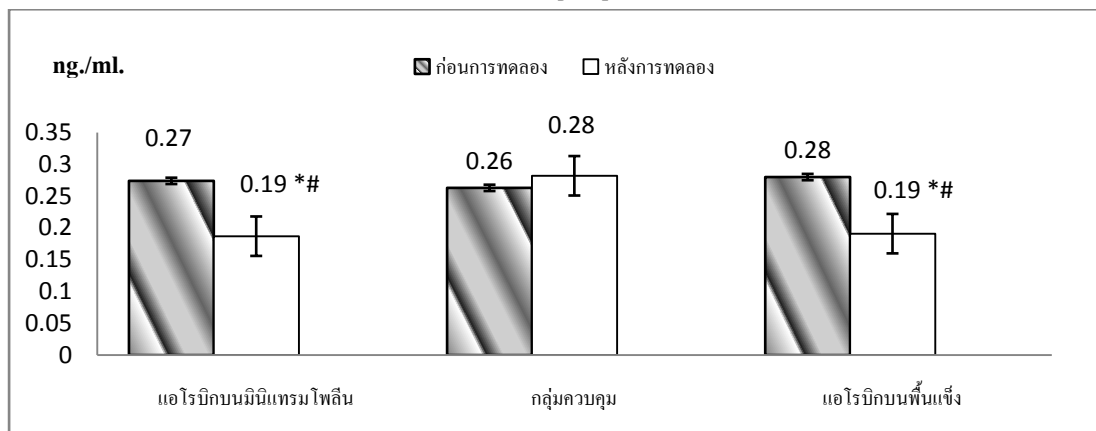
\* แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

# แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**แผนภูมิที่ 3** ค่าเฉลี่ยของการสร้างมวลกระดูกก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์



### การสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps)

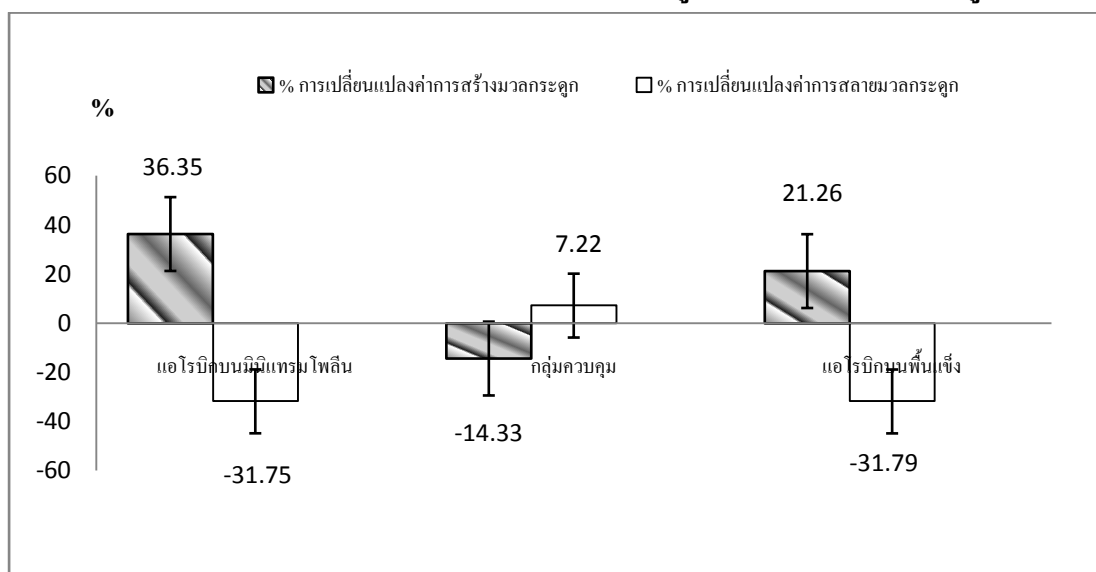


\*แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

#แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

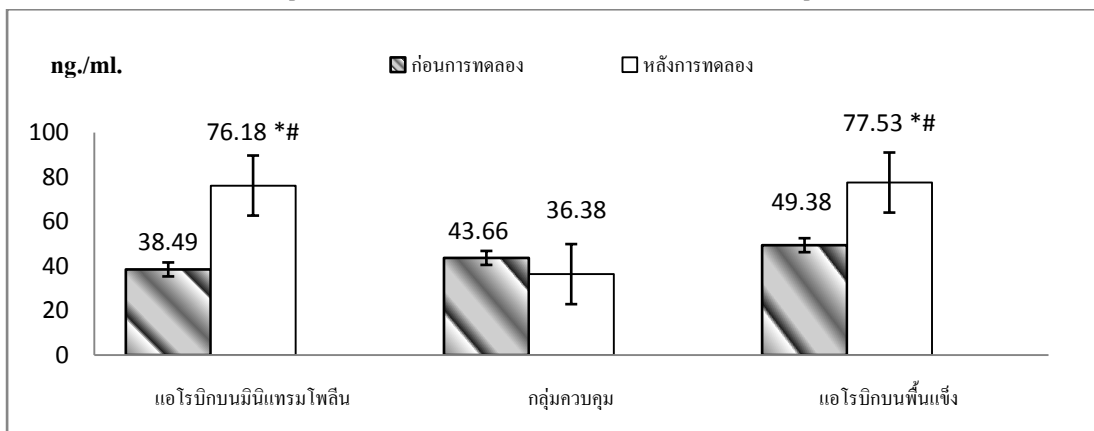
แผนภูมิที่ 4 ค่าเฉลี่ยของการสลายมวลกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

### เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการสร้างมวลกระดูก และการสลายมวลกระดูก



แผนภูมิที่ 5 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการสร้างมวลกระดูก และการสลายมวลกระดูก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์

### การสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value)

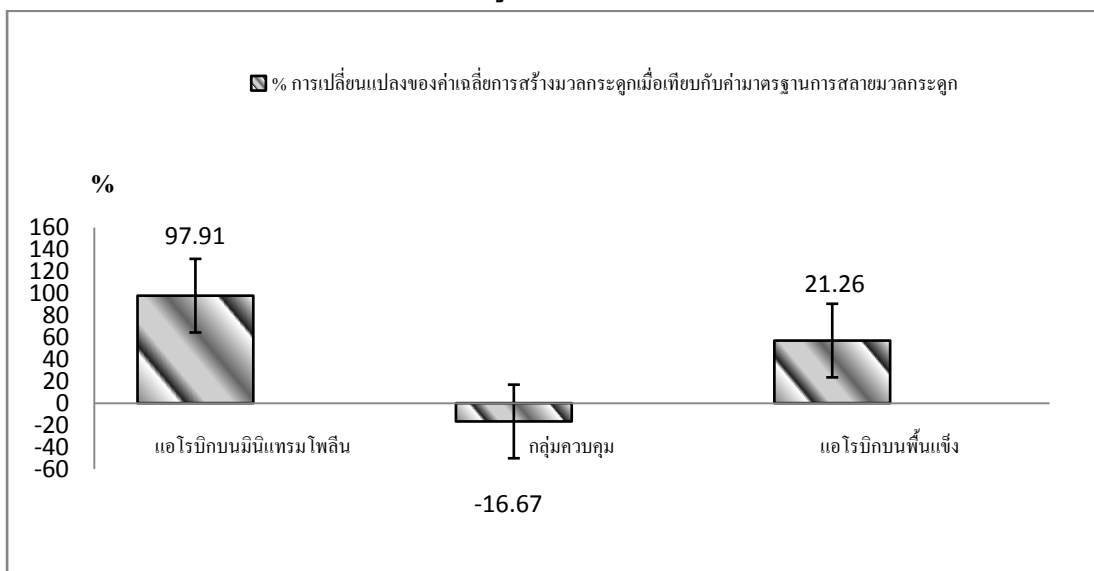


\*แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

#แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

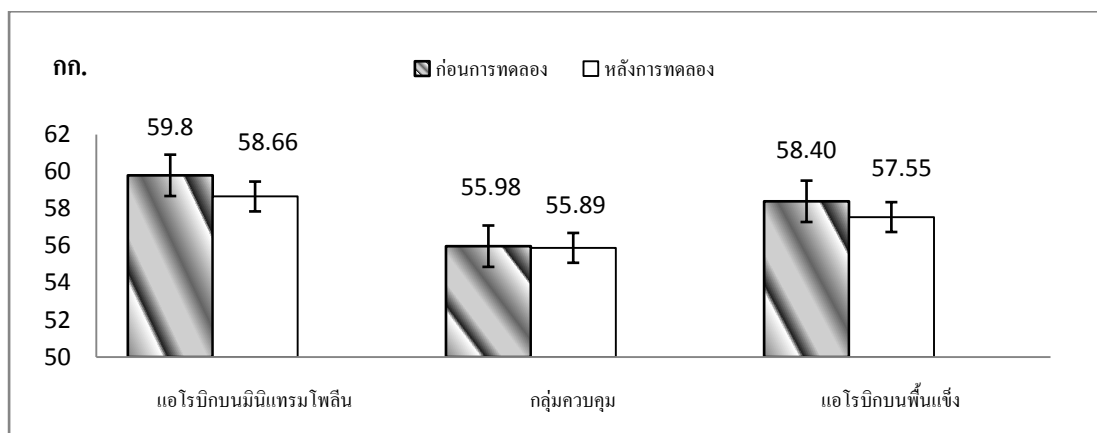
แผนภูมิที่ 6 ค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value) ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

### เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value)



แผนภูมิที่ 7 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value) หลังการทดลอง 12 สัปดาห์

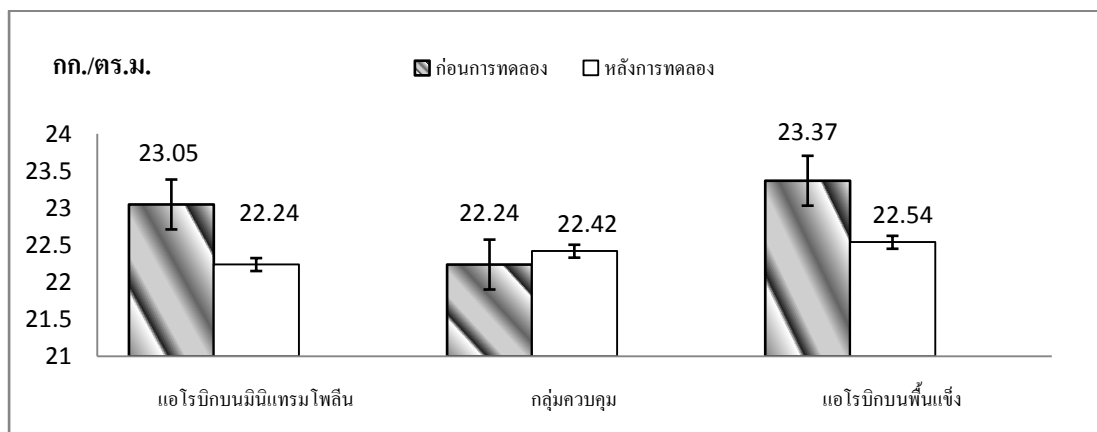
### น้ำหนักตัว



$p > .05$

แผนภูมิที่ 8 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

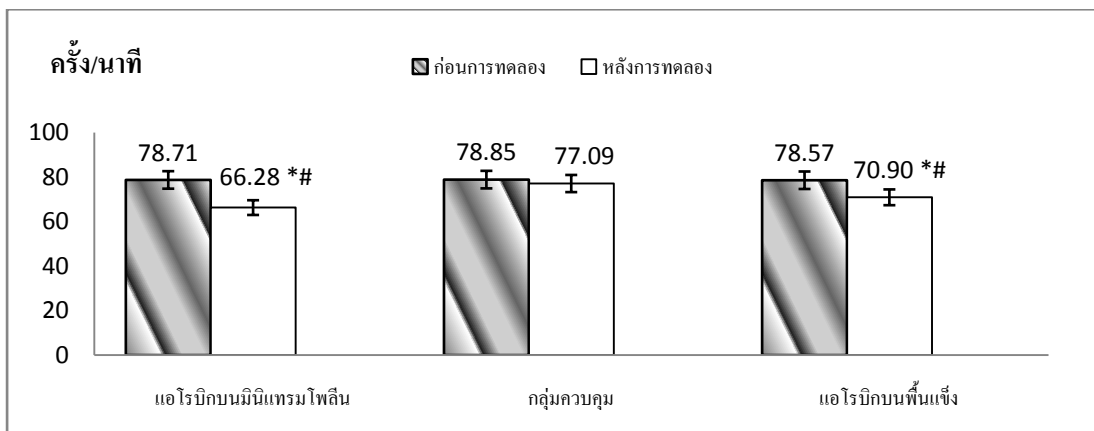
### ดัชนีมวลกาย



$p > .05$

แผนภูมิที่ 9 ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

### อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก

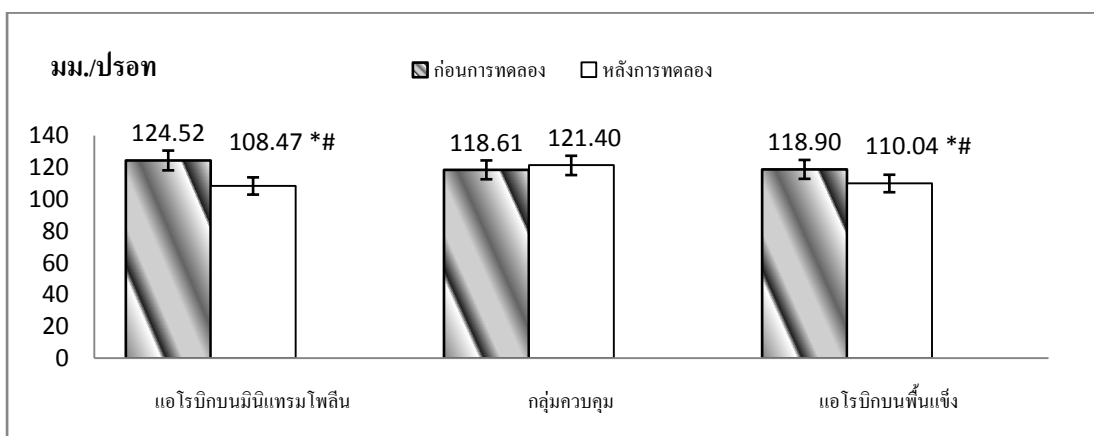


\*แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

#แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 10 ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

### ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก

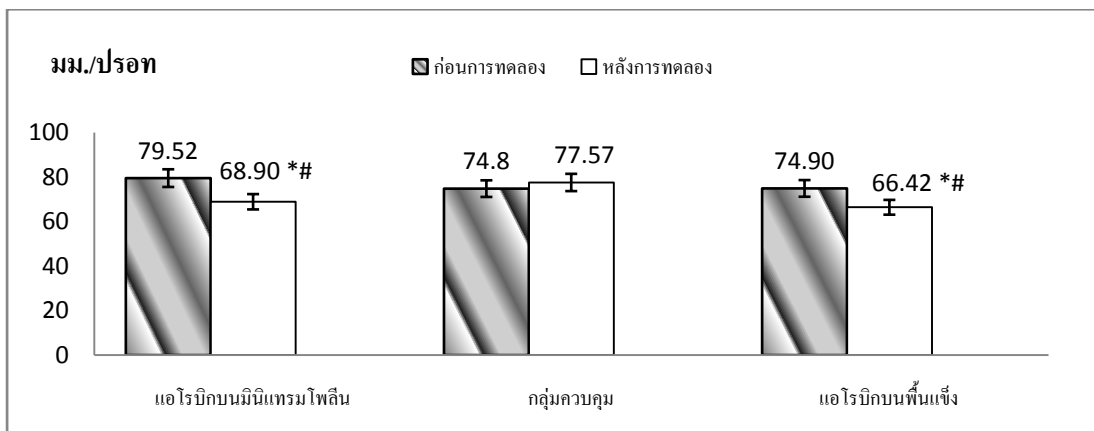


\*แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

#แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 11 ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

### ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก

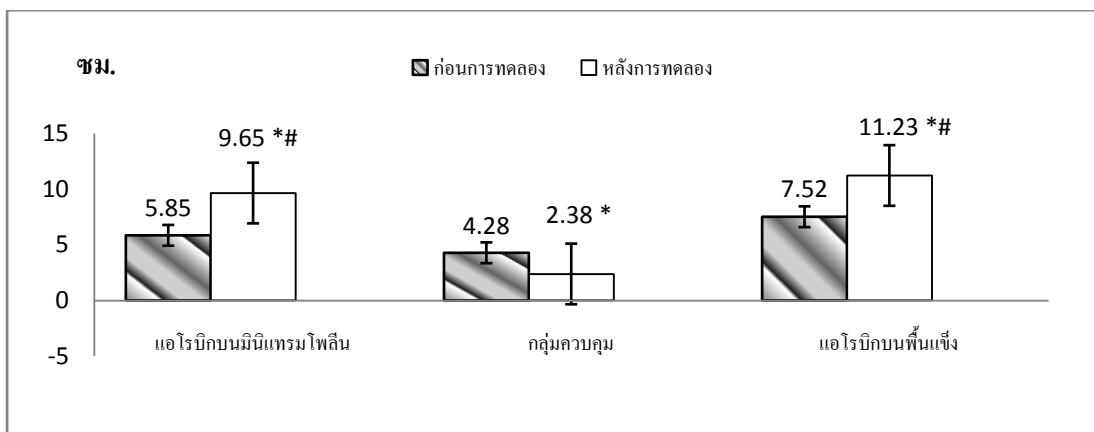


\*แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

#แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 12 ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

### ความอ่อนตัว

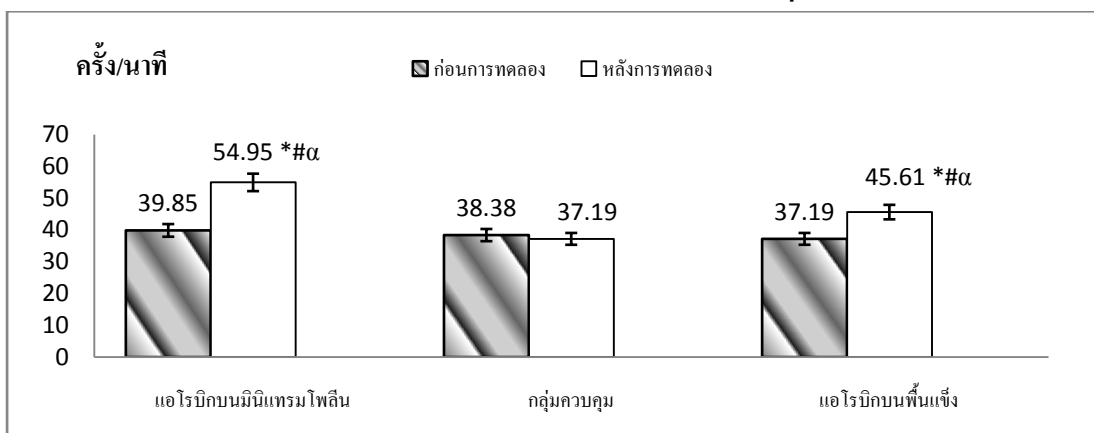


\*แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

#แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 13 ค่าเฉลี่ยความอ่อนตัว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

### ความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อขา ทำลูก-นั่งเก้าอี้



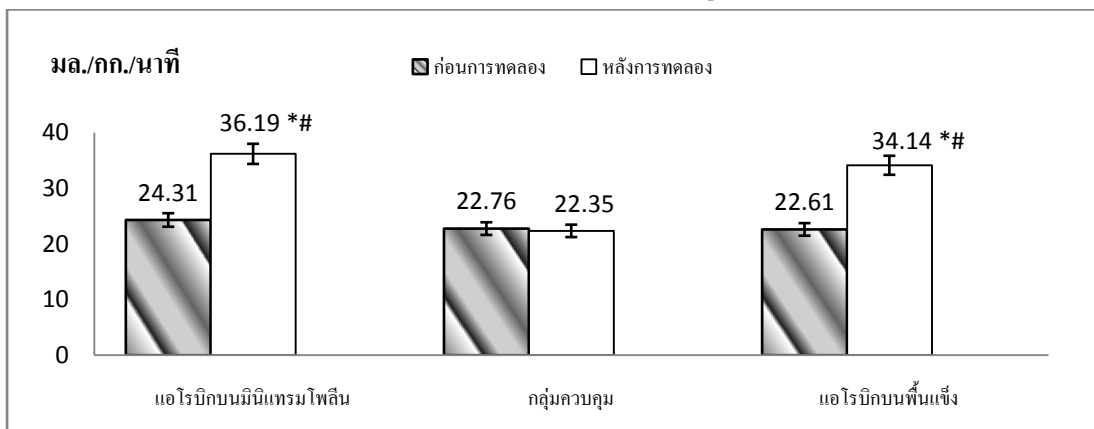
\* แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

# แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

$\alpha$  กลุ่มที่เดินแอโรบิกทั้ง 2 กลุ่ม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 14 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อขา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

### สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง

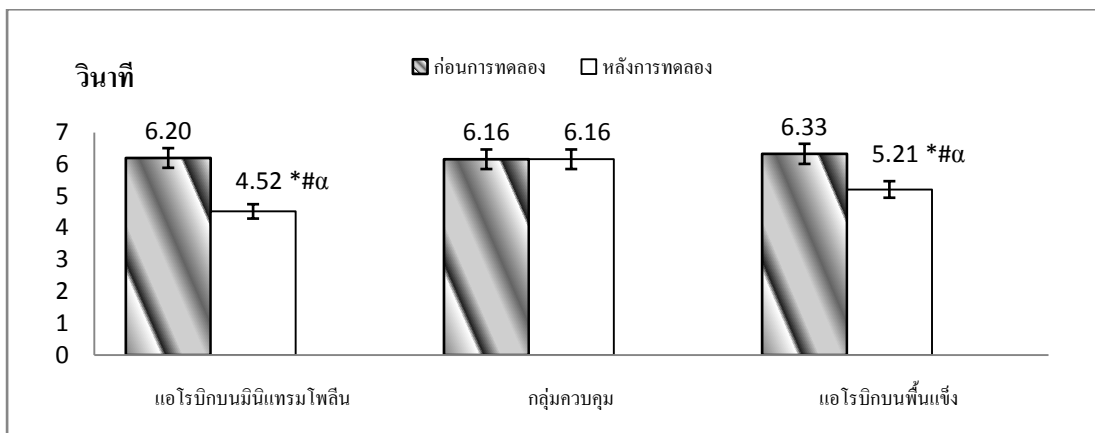


\* แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

# แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 15 ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

ความสามารถในการทรงตัว



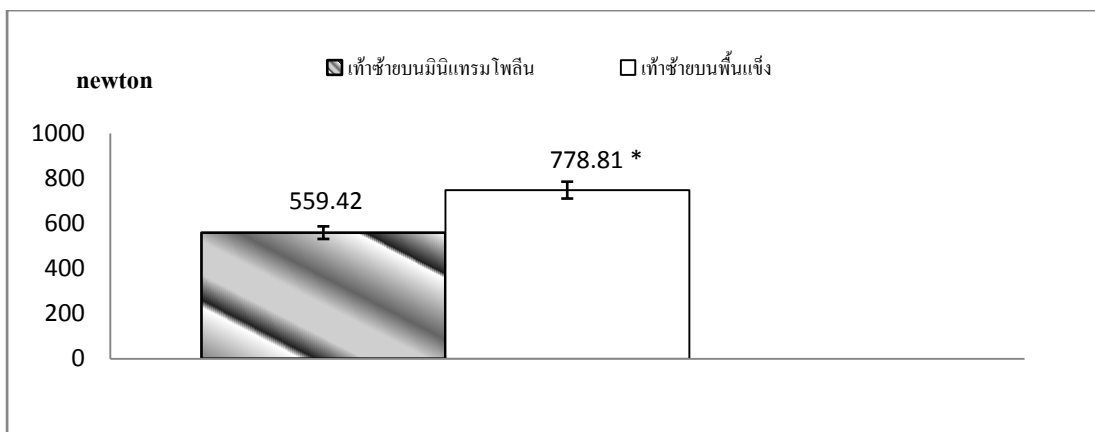
\*แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

#แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

$\alpha$  กลุ่มที่เดินแอรบิกทั้ง 2 กลุ่ม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

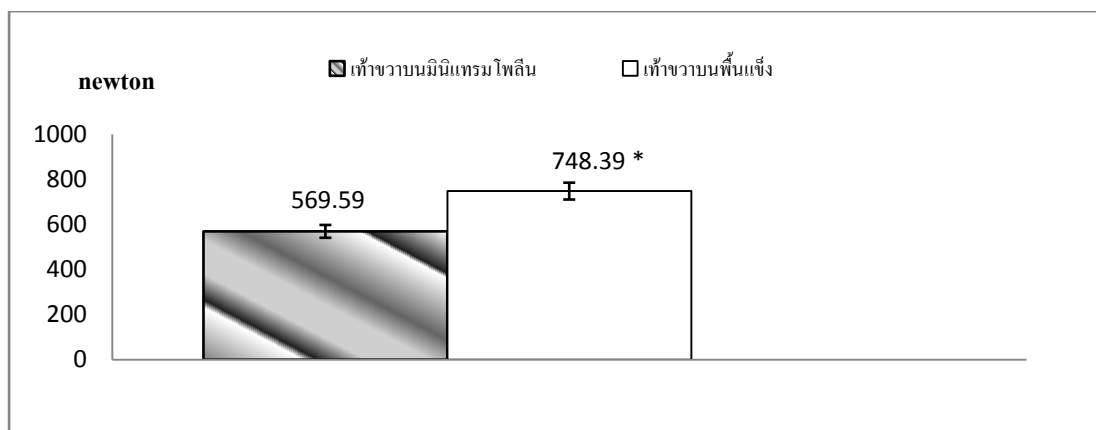
แผนภูมิที่ 16 ค่าเฉลี่ยความสามารถในการทรงตัว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

ตอนที่ 9 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของท่าเดินแอรบิกหลัก 4 ท่า คือ marching, easy walk, bouncing และ hopping เพื่อทดสอบแรงกดของเท้าโดยสอดใส่แผ่นเอฟสแกน ทั้ง 2 กลุ่มที่ฝึกเดินแอรบิก



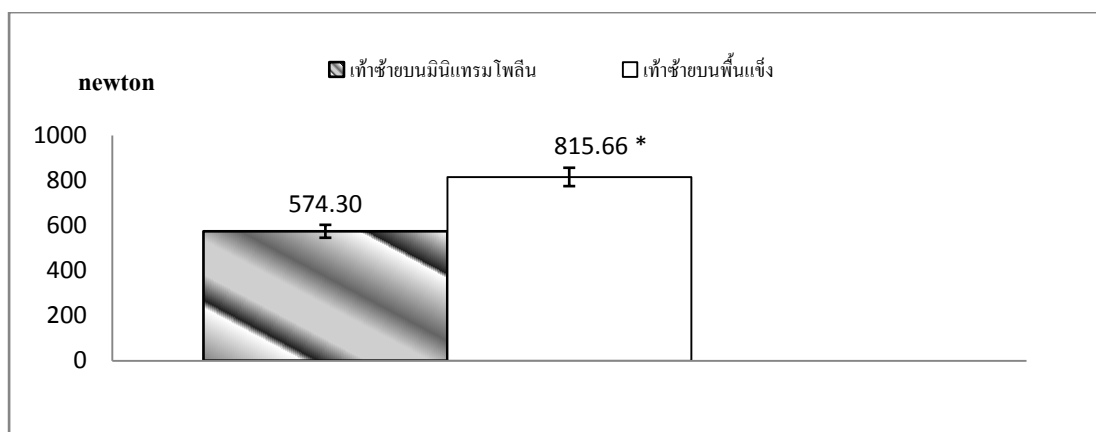
\*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 17 ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอรบิก marching ของแรงกดเท้าซ้าย ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอรบิก



\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

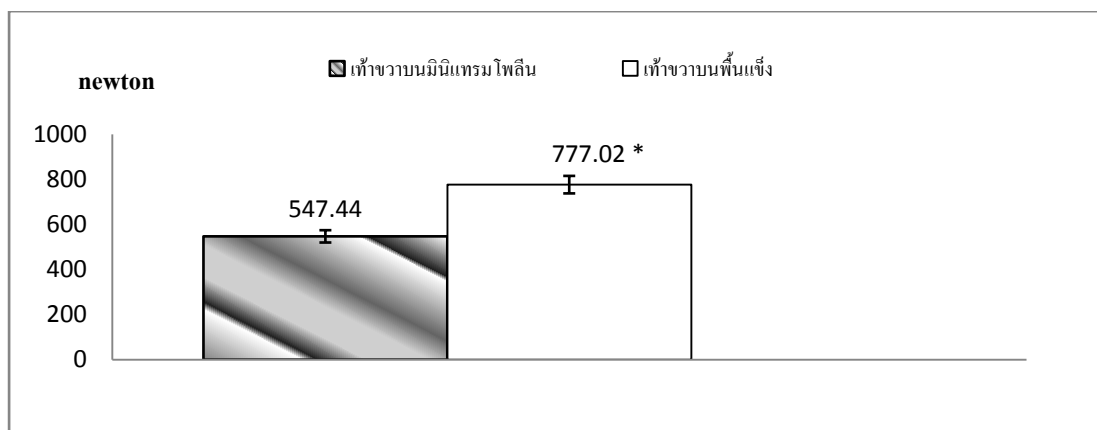
**แผนภูมิที่ 18** ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอโรบิก marching ของแรงกดเท้าขวา ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอโรบิก



\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

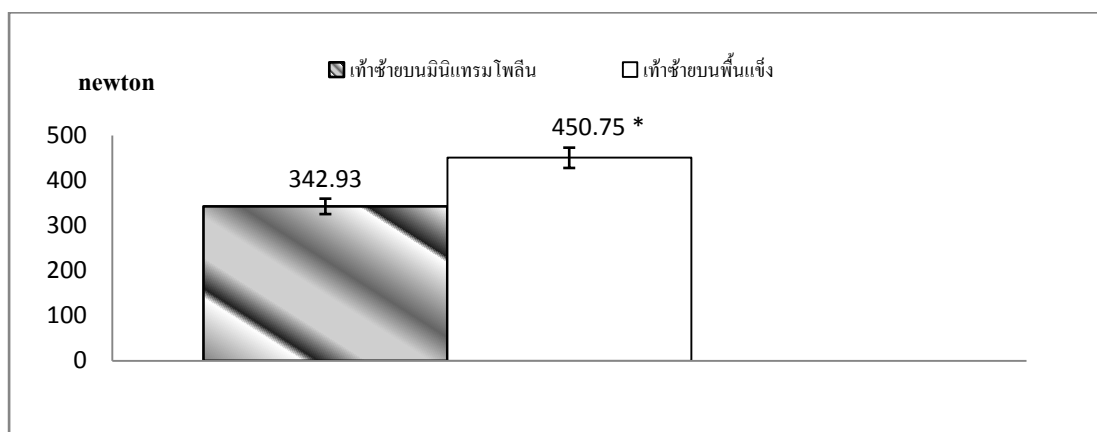
**แผนภูมิที่ 19** ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอโรบิก easy walk ของแรงกดเท้าซ้าย ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอโรบิก





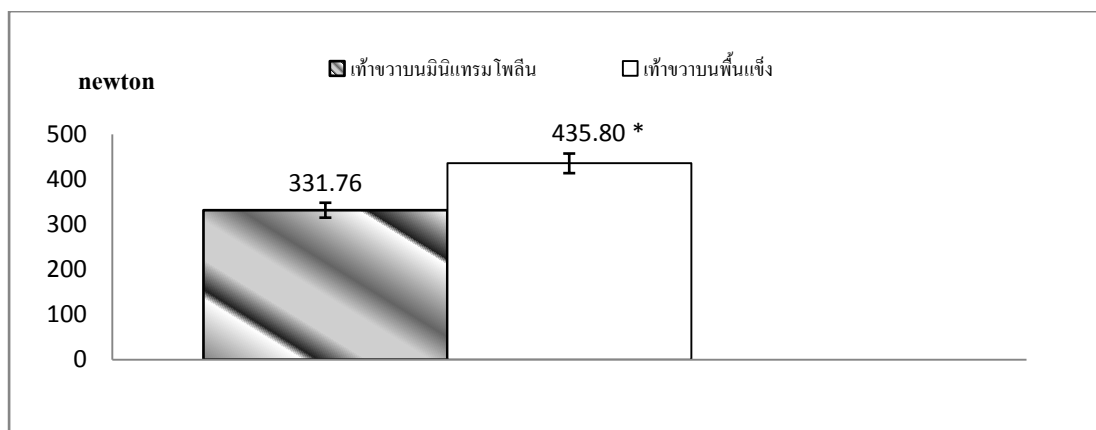
\*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**แผนภูมิที่ 20** ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอโรบิก easy walk ของแรงกดเท้าขวา ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอโรบิก



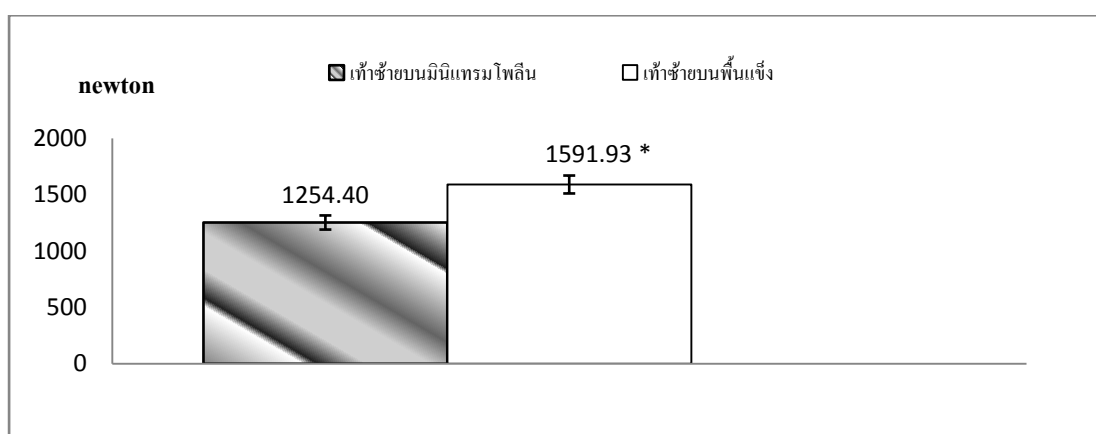
\*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**แผนภูมิที่ 21** ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอโรบิก bouncing ของแรงกดเท้าซ้าย ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอโรบิก



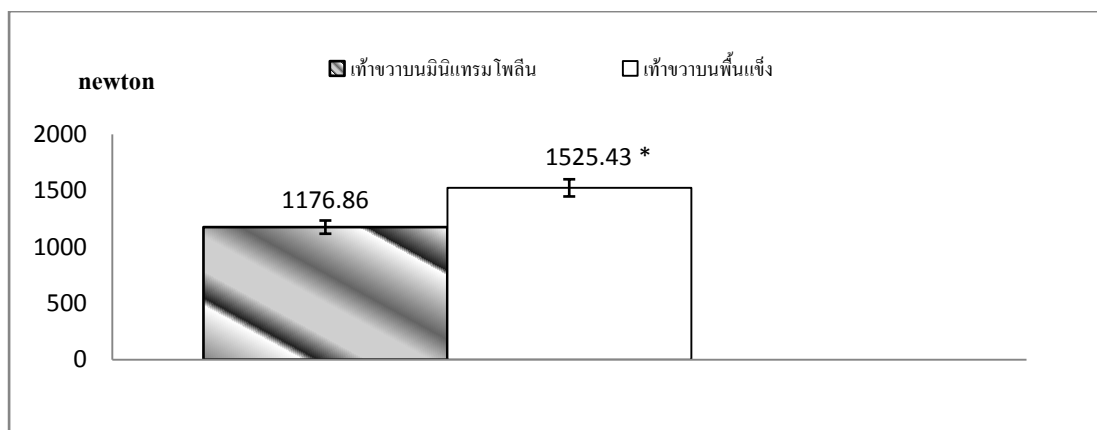
\*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**แผนภูมิที่ 22** ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอโรบิก bouncing ของแรงกดเท้าขวา ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอโรบิก



\*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**แผนภูมิที่ 23** ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอโรบิก hopping ของแรงกดเท้าซ้าย ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอโรบิก



\*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**แผนภูมิที่ 24** ค่าเฉลี่ยท่าเดินแอโรบิก hopping ของแรงกดเท้าขวา ของทั้ง 2 กลุ่ม ที่เดินแอโรบิก

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการฝึกเดินแอโรบิกบน มินิแทรมโพลีน และบนพื้นแข็ง ต่อ การสลาย มวลกระดูก สุขุมรณณะ และการทรงตัว ในหญิงวัยทำงาน การวิจัยครั้งนี้เป็นวิธีการวิจัยเชิง กึ่งทดลอง (quasi experimental research design) มีกลุ่ม ทดลองและกลุ่มควบคุมไว้สำหรับเปรียบเทียบ ผู้วิจัยได้มีการพัฒนารูปแบบของโปรแกรมการเดิน แอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และบนพื้นแข็ง โดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจาก ผู้ทรงคุณวุฒิได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.88 และการตรวจหาความเที่ยงได้ค่าที่เท่ากับ 0.077 (p value เท่ากับ 0.940) ของโปรแกรมการเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และบนพื้นแข็ง กับกลุ่ม ตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจริง แต่มีลักษณะใกล้เคียงกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คืออาสาสมัครที่เป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเพศหญิงอายุระหว่าง 35-45 ปีมี สุขภาพแข็งแรงโดยผ่านการประเมินแบบคัดเลือกออาสาสมัคร มีกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 63 คน โดย แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ฝึกเดิน แอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน 21 คน กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอ โรบิกบนพื้นแข็ง จำนวน 21 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 21 คน โดยออกแบบการทดลองที่มีการ จัดดำเนินการแบบเลือกเข้ากลุ่มได้ โดยกลุ่มทดลองฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และบนพื้น แข็ง ทำการฝึกเดิน ครั้งละ 40 นาที 3 ครั้ง/สัปดาห์ ระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่ความหนัก 60-80%ของ อัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ผู้วิจัยทำการทดสอบค่าการสลายมวลกระดูก สุขุมรณณะ และการทรงตัว 2 ครั้ง คือ ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ นำผลที่ได้จากการทดสอบของกลุ่ม ทดลองและกลุ่มควบคุม ทั้ง 3 กลุ่มมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (paired t-test) วิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (analysis of covariance) เมื่อพบ ความแตกต่างจะทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ ตามวิธีของ บอนเฟอโรนี (Bonferoni) ระหว่างกลุ่มหลังการทดลอง 12 สัปดาห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปร ร่วมทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนำกลุ่มทดลองที่ฝึกเดินแอโรบิกทั้ง 2 กลุ่ม มาทำการวัดแรงกดของเท้าในสัปดาห์ที่ 3 ของการทดลอง เพื่อดูแรงกดของเท้าที่กระทำบนมินิ-แทรมโพลีนและบนพื้นแข็ง ว่ามีแรงกดที่กระทำต่อพื้นทั้ง 2 มากเท่าใดโดยสอดใส่แผ่นออฟสแกน เข้าไปในรองเท้าแล้วทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบค่าทีแบบ อิสระต่อกัน (independent t-test) ของเท้าซ้ายและเท้าขวา ของพื้นทั้ง 2 ชนิด

## สรุปผลการวิจัย

### ผลการวิจัยพบว่า

1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสร้างและการสลายของมวลกระดูก และค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (adjusted value) หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มของทั้ง 3 กลุ่ม โดยพบว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง มีค่าเฉลี่ยการสร้างที่เพิ่มขึ้นและการสลายของมวลกระดูกที่ลดลง และค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูกเพิ่มขึ้น หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก ค่าเฉลี่ยสุข-สมรรถนะ ประกอบด้วย ความอ่อนตัว ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง และค่าเฉลี่ยการทรงตัว หลัง การทดลอง 12 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มของทั้ง 3 กลุ่ม โดยพบว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรม โพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง มีค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก ลดลง ความอ่อนตัวเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงเพิ่มขึ้น และความสามารถในการทรงตัวดีขึ้น มีความแตกต่าง จากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน มีค่าเฉลี่ยความอดทนของกล้ามเนื้อขา และความสามารถในการทรงตัวดีกว่า กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงกดของเท้าที่ทดสอบในสัปดาห์ที่ 3 โดยสอดใส่แผ่นเอฟสแกนทั้ง 4 ท่าเดินแอโรบิกหลัก ทั้งขาซ้ายกับขาขวา คือ marching, easy walk, bouncing และ hopping ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง โดยพบว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรม โพลีน มีค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ท่าเดินแอโรบิกหลัก มีแรงกดของเท้าซ้ายและเท้าขวาน้อยกว่า กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## อภิปรายผลการวิจัย

### 1. เปรียบเทียบผล การออกกำลังกายด้วยการเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และบนพื้นแข็ง ต่อการชะลอการสลายมวลกระดูก

ผลทางด้านการศึกษาการสร้างและการสลายมวลกระดูกพบว่าไม่สอดคล้องตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า การออกกำลังกายด้วยการเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนมีผลต่อการชะลอการสลายมวลกระดูกได้มากกว่าพื้นแข็ง ของหญิงวัยทำงาน ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสร้างและการสลายมวลกระดูก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า ค่าเฉลี่ยการสร้างและการสลายของมวลกระดูกของ กลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิก บนพื้นแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่พบว่า กลุ่มทดลองที่ฝึกเดินแอโรบิกทั้ง 2 กลุ่ม มีค่า เฉลี่ยการสร้างกระดูกที่เพิ่มขึ้น และค่าเฉลี่ยการสลายที่ลดลง แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การออกกำลังกายบนพื้นทั้งสองชนิดมีผลต่อการสร้างและการสลายของมวลกระดูกไปในทางที่ดีขึ้น ของหญิงวัยทำงาน เนื่องจากรูปแบบและท่าทางในการเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็งมีลักษณะที่เหมือนกัน เพราะในการเดินแอโรบิกทั้ง 2 กลุ่มของหญิงวัยทำงาน เป็นการลงน้ำหนักของร่างกายที่ผ่านไปยังกระดูกและข้อต่อต่างๆ และยังมีท่าซุกที่ปฏิบัติอย่างซ้ำๆ ส่งผลให้เกิดแรงบีบเค้นต่อมวลกระดูกทำให้เซลล์ของกระดูกเกิดการกระตุ้นในบริเวณนั้นอยู่ตลอดเวลา ซึ่งสอดคล้องกับ ทาจ ฟองอักษร (2552) ที่กล่าวว่า กระดูกมีการปรับตัวมากขึ้นตามแรงที่มากกระทำมากขึ้น การประเมินความหนักของการออกกำลังกายที่มีผลต่อกระดูกมักจะวัดเป็นความเครียดทางกายภาพด้วยวิธีการต่างๆ เช่น แรงปฏิกิริยาจากพื้นระหว่างการลงน้ำหนัก เดิน หรือแรงดึงตัวจากการหดตัวของกล้ามเนื้อที่กระทำต่อกระดูกส่วนนั้นๆ และสอดคล้องกับ Kohrt, Ehsan and Birge (1997) ศึกษาผลของการออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยากระทำต่อข้อต่อ และแบบที่มีแรงปฏิกิริยากระทำต่อพื้น พบว่าการออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยากระทำต่อพื้น เช่น การเดิน วิ่งขึ้นบันได และสำหรับการออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยากระทำต่อข้อต่อ เช่น การฝึกด้วยน้ำหนัก การพายเรือ การออกกำลังกายทั้งสองแบบทำให้ความหนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณสันหลัง โคนขา บริเวณกระดูกแขนเพิ่มขึ้น แต่สำหรับกระดูกบริเวณคอของกระดูกสะโพกเพิ่มขึ้นต่อเมื่อมีการออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยากระทำต่อพื้นเท่านั้น ดังเช่นงานวิจัยของ Heinonen et al. (2000) ศึกษาผลของการออกกำลังกายสเต็ปแอโรบิกและพลัยโอเมตริกต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในหญิงช่วงก่อนมีประจำเดือนและหลังมีประจำเดือน

พบว่า การออกกำลังกายทำให้ความหนาแน่นของมวลกระดูกเพิ่มขึ้นเฉพาะในเด็กหญิงวัยก่อนมีรอบเดือนเท่านั้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Anek, Kanungsukasaem and Bunyaratavej (2011) ทำการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน พบว่าช่วยชะลอและลดการสลายมวลกระดูก และมีการสร้างมวลกระดูกได้ดีขึ้น

ดังนั้นสรุปได้ว่า การ เต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็งของหญิงวัยทำงาน ไม่ส่งผลต่อค่าการสร้างและการสลายของมวลกระดูก ที่แตกต่างกันบนพื้นทั้ง 2 ชนิด แต่พบว่า การเต้นแอโรบิกบนพื้นทั้ง 2 ชนิด ช่วยเพิ่มค่าการสร้างของมวลกระดูก และลดค่าการสลายของมวลกระดูกได้

## 2. เปรียบเทียบผลการออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และบนพื้นแข็งมีผลต่อค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา

ผลทางด้านพื้นฐานทางสรีรวิทยา หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มของทั้ง 3 กลุ่ม ของหญิงวัยทำงาน พบว่า กลุ่มทดลองที่ฝึกเต้นแอโรบิก ทั้ง 2 กลุ่ม อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพักลดลง แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการออกกำลังกายแบบ แอโรบิกช่วยให้มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในเลือดและเซลล์กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น สามารถทำงานได้นานและหนักมากกว่า ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจแข็งแรงมากขึ้น หัวใจสามารถส่งผ่านปริมาณเลือดสู่ส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ดีขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและความดันโลหิตต่ำกว่าปกติ (สุกัญญา พานิชเจริญ ญานาม และสืบสาย บุญวิโรบุตร, 2540) สอดคล้องกับถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร และ ดร.ฉวีวรรณ จักรพันธุ์ (2544) ที่กล่าวว่า ขณะออกกำลังกายจะพบว่าความดันโลหิตจะเพิ่มขึ้นถ้าออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง จะช่วยลดระดับความดันโลหิตเนื่องจากการทำงานของระบบซิมพาเทติกลดลง เป็นผลทำให้ความต้านทานรอบนอกลดลง เนื่องจากลดการหดตัวของหลอดเลือดจากผลกระทบของระบบซิมพาเทติก และ สอดคล้องกับ การศึกษาของ Dowdy (1983) ได้ทำการศึกษาผลของ แอโรบิกแดนซ์ต่อความสามารถในการทำงานของร่างกาย ระบบไหลเวียนโลหิตและสัดส่วนของร่างกายของหญิงวัยผู้ใหญ่ พบว่า ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมถึงสอดคล้องกับการศึกษาของ Schiffer, Stefania and Billy (2008) ที่ศึกษาการเต้นแอโรบิกที่มีผลต่อสมรรถภาพทางกายของหญิงก่อนหมดประจำเดือน พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดังนั้นสรุปได้ว่า การเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็งของหญิงวัยทำงาน ส่งผลต่อ อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพักลดลง

### 3. เปรียบเทียบ ผลการออกกำลังกายด้วยการเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนมี และบนพื้นแข็ง ส่งผลต่อสุขสมรรถนะ

ผลทางด้านสุขสมรรถนะพบว่าสอดคล้องตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า การออกกำลังกายด้วยการเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนมีผลต่อ สุขสมรรถนะ ได้แก่ องค์ประกอบทางด้านร่างกาย ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ความอ่อนตัว และสมรรถภาพการใช้ ออกซิเจนที่ต่ำกว่าออกซิเจนสูงสุด ได้มากกว่าพื้นแข็ง ของหญิงวัยทำงาน เพียงองค์ประกอบเดียวคือ ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน แตกต่างจากกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็งเท่านั้น สำหรับองค์ประกอบทางด้านร่างกาย ความอ่อนตัว และสมรรถภาพการใช้ ออกซิเจนที่ต่ำกว่าออกซิเจนสูงสุดไม่แตกต่าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.1 องค์ประกอบของทางด้านร่างกาย

มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน ไขมัน และเปอร์เซ็นต์ไขมัน หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าองค์ประกอบของร่างกาย หลังการทดลองระหว่าง 3 กลุ่ม กลุ่มทดลองที่ฝึกเดินแอโรบิกทั้ง 2 กลุ่ม และกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อาจเนื่องจากโปรแกรมการออกกำลังกายครั้งนี้ผู้วิจัย ไม่ได้เข้มงวดในการควบคุมการรับประทานอาหาร และการพักผ่อนของผู้ร่วมทดลอง

#### 3.2 ความอ่อนตัว

ความอ่อนตัววัดจากท่า นั่งโน้มตัวยืดแขนติดปลายเท้า หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า กลุ่มที่ออกกำลังกายทั้ง 2 กลุ่ม มีความอ่อนตัวของหลังส่วนล่าง และข้อต่อสะโพกเพิ่มมากขึ้น แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับ ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัฒน์ (2536) กล่าวว่า การอบอุ่นร่างกายจะทำให้กล้ามเนื้อมีความยืดหยุ่นมากขึ้น และการออกกำลังกายอยู่เป็นประจำอย่างต่อเนื่องจะทำให้สามารถคงสภาพความอ่อนตัวที่มีอยู่และอาจเพิ่มความอ่อนตัวได้มากขึ้นด้วย นอกจากนี้ ยังพบว่า



กลุ่มควบคุมที่ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติมีความอ่อนตัวลดลง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

### 3.3 ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา

ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา ทดสอบด้วยท่าลูกนั่ง-เก้าอี้ ใน 1 นาที หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า กลุ่มที่ฝึกเดินแอโรบิกที่ 2 กลุ่ม มีความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังพบว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน มีความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขาที่ดีกว่า ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนต้องใช้กลุ่มกล้ามเนื้อของขาในการทรงตัวมากกว่าบนพื้นแข็ง เพราะมีการกระดอนขึ้นลงเกิดขึ้นและต้องใช้แรงจากกลุ่มกล้ามเนื้อที่มากเพื่อลดแรงกระดอนที่เกิดขึ้นจากมินิแทรมโพลีนที่ส่งมายังขาทั้งสองข้างเพื่อให้อยู่บนมินิ-แทรมโพลีนได้จึงทำให้มีการพัฒนาความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อของขามีมากขึ้นตามมาด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ McArdle et al. (2000) ที่กล่าวถึง การออกแรงที่น้อยจะมีการระดมหน่วยยนต์ไม่มากแต่ถ้ามีการออกแรงมากจะมีการระดมของหน่วยยนต์เพิ่มมากขึ้น และสอดคล้องกับ Arago et al. (2011) ที่กล่าวว่า การออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีนจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้

### 3.4 สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า กลุ่มที่ฝึกเดินแอโรบิกที่ 2 กลุ่ม แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับ Vaccaro and Clinton (1981) ศึกษาเรื่องผลของการฝึกแอโรบิกที่มีต่อสัดส่วนของร่างกายและสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดในนักศึกษาคหุญ พบว่า สมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 การออกกำลังกายที่ซ้ำๆ ทำเป็นประจำและความต่อเนื่องเพียงพอ จะทำให้มีการปรับตัวของระบบต่างๆของร่างกาย เรียกว่า ผลของการฝึก ถ้าออกกำลังกายปานกลางถึงหนักมากทำติดต่อกันนาน 20 นาที 3-5 วันต่อสัปดาห์ จะเพิ่มการใช้ออกซิเจนสูงสุด (maximum oxygen uptake:  $VO_2\max$ ) (นวกจ ฟ่องอักษร ,2552)

ดังนั้นสรุปได้ว่า การเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็งของหุญงวัยทำงานส่งผลต่อสุขสมรรถนะที่ดีขึ้น

#### 4. เปรียบเทียบผลการออกกำลังกายด้วยการเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และบนพื้นแข็ง ต่อการทรงตัว

ผลทางด้านการทรงตัว พบว่า สอดคล้องตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า การออกกำลังกายด้วยการเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนมีผลต่อการทรงตัวได้มากกว่าพื้นแข็ง หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ระหว่าง กลุ่มของทั้ง 3 กลุ่ม ในหญิงวัยทำงาน ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าการทรงตัว หลังการทดลอง ระหว่าง 3 กลุ่ม กลุ่มทดลองที่ฝึกเดินแอโรบิกทั้ง 2 กลุ่ม มีการทรงตัวที่ดีขึ้น แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังพบว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน มีการทรงตัวที่ดีกว่า มีความแตกต่างจากกลุ่มที่ 2 ฝึกเดิน แอโรบิกบนพื้นแข็ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการเดินแอโรบิกบนมินิ - แทรมโพลีนต้องอาศัยการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อขาที่มากกว่าบนพื้นแข็งในการทรงตัวเพราะ บนมินิแทรมโพลีนต้องใช้การทรงตัวที่มากขึ้นและมีการดูดซับของแรงกดที่เกิดขึ้นจึงทำให้กลุ่ม กล้ามเนื้อของขามีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นการทรงตัวจึงเพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างจากบนพื้นแข็งที่ไม่ต้อง อาศัยการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อของขาที่มากในขณะที่เดินแอโรบิก จึงสอดคล้องกับ ฉกาจ ผ่องอักษร (2552) ที่กล่าวว่า ในการออกกำลังกายที่เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไปควบคู่กับ การทรงตัวจะช่วยลดอุบัติการณ์ของการเกิดกระดูกหักจากการหกล้มด้วย เมื่อกล้ามเนื้อมีความ แข็งแรงเพิ่มขึ้น และการสั่งการของระบบประสาทดีขึ้น จะทำให้ความสามารถในการทรงตัวของ ร่างกายเพิ่มขึ้นตามด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Aragao et al. (2011) ศึกษาผลของการออก กกำลังกายด้วยมินิแทรมโพลีนช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวของวัยผู้สูงอายุ พบว่า การออก กกำลังกายด้วยมินิแทรมโพลีนช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวของผู้สูงอายุที่มีความเสื่อมของ ร่างกาย รวมทั้งช่วยเพิ่มจุดหมุนที่สะโพกช่วยลดความเสี่ยงต่อการหกล้ม ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้ กระดูกหักในผู้สูงอายุ และสอดคล้องกับฉกาจ ผ่องอักษร (2552) ที่กล่าวว่า ในการออกกำลังกายที่ เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไปควบคู่กับการทรงตัวจะช่วยลดอุบัติการณ์ของการเกิดกระดูกหัก จากการทำล้มด้วย เมื่อกล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และการสั่งการของระบบประสาทดีขึ้น จะ ทำให้ความสามารถในการทรงตัวของร่างกายเพิ่มขึ้นตามด้วย

#### 5. เปรียบเทียบแรงกดของเท้าซ้ายและเท้าขวา บนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็ง

เมื่อทำการวัดแรงกดของเท้าโดยสอดใส่แผ่นเอฟสแกนเข้าไปในรองเท้าของกลุ่ม ทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ทำการวัดแรงกดและวิเคราะห์ทั้ง 4 ท่าเดินแอโรบิกหลัก ทั้งขาซ้ายกับขวา คือ marching, easy walk, bouncing และ hopping ในสัปดาห์ที่ 3 พบว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกเดินแอโรบิกบน มินิแทรม โพลีน มีค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ท่าเดินแอโรบิกหลัก มีแรงกดของเท้า ซ้ายและเท้าขวาน้อยกว่า

กลุ่มที่ 2 ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง เนื่องจากมินิแตรมโพลีนมีการดูดซับของแรงที่เกิดขึ้น เพราะมินิแตรม-โพลีนมีส่วนประกอบของสปริงและบนพื้นผิวทอด้วยเส้นใยในลอนที่ช่วยในการดูดซับแรงกดไว้แตกต่างจากบนพื้นแข็งที่ไม่มีสปริงที่ช่วยในการดูดซับของแรงกด ซึ่งทำให้แรงกดมีค่าที่มากกว่าบนมินิแตรมโพลีน สอดคล้องกับการศึกษาของ ไพลิน แซ่ลิม (2554) ศึกษาการพัฒนาอายุปูพื้นเพื่อลดการแตกหักของกระดูกสะโพกในผู้สูงอายุ พบว่า วัสดุที่ทำแบบอ่อนในการป้องกันสะโพกจะลดแรงกระแทกได้ดีกว่าวัสดุแบบแข็ง

สรุปได้ว่า การเดินแอโรบิกบนมินิแตรมโพลีน และการเดินแอโรบิกบนพื้นแข็งในหญิงวัยทำงาน ทำให้ค่าการสร้างของมวลกระดูกเพิ่มขึ้น และค่าการสลายมวลกระดูก ลดลง อัตราการเดินของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพักลดลง ความอ่อนตัวเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงเพิ่มขึ้น และการทรงตัวดีขึ้น จึงเป็นผลดีต่อสุขภาพ และอาจเป็นวิธีการหนึ่งช่วยชะลอการเกิดโรคกระดูกพรุนได้ แต่ในการเดินแอโรบิกบนมินิแตรมโพลีน ทำให้ความอดทนและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และความสามารถในการทรงตัวดีกว่า การเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง รวมทั้งแรงกดของเท้าทั้งซ้ายและเท้าขวาในขณะที่เดินแอโรบิกมีค่าแรงกดที่น้อยกว่าบนพื้น จะสามารถช่วยลดการบาดเจ็บของข้อต่อได้ในขณะเดินแอโรบิกแบบแรงกระแทกสูง

#### ข้อเด่นจากผลการวิจัย

การเดินแอโรบิกแบบเดียวกันในช่วงเวลาเดียวกันบนมินิแตรมโพลีนและบนพื้นแข็งสามารถช่วยชะลอการสร้างและการสลายของมวลกระดูก มีสุขสมรรถนะและการทรงตัวดีขึ้นในหญิงวัยทำงานได้ แต่ในการเดินแอโรบิกบนมินิแตรมโพลีน ทำให้ความอดทนและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และความสามารถในการทรงตัวดีกว่า การเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง และยังช่วยลดแรงกระแทกจากข้อต่อต่างๆ ได้

#### ข้อด้อยจากผลการวิจัย

ไม่สามารถควบคุมปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบต่องานวิจัยได้ เช่น อุณหภูมิภายในโรงยิมเนเซียม ขนาดพื้นที่ๆ ใช้ออกกำลังกาย และไม่สามารถควบคุมการปฏิบัติตนในชีวิตประจำวันได้ เช่น การควบคุมอาหาร การนอนหลับ และการพักผ่อน เป็นต้น

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. หญิงวัยทำงาน เต็มแเอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และเต็มแเอโรบิกบนพื้นแข็ง จะช่วยเพิ่มการสร้างของมวลกระดูก ช่วยชะลอการสลายของมวลกระดูก เพิ่มสุขสมรรถนะ และความสามารถในการทรงตัวให้ดีขึ้นได้
2. หญิงวัยทำงานควรเลือก เต็มแเอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน เนื่องจากทำให้จะมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขามากกว่า และความสามารถในการทรงตัวดีกว่า รวมทั้งแรงกดของเท้าทั้งซ้ายและขวาในขณะที่เต็มแเอโรบิกมีค่าแรงกดที่น้อยกว่าบนพื้นไม้ปาเก้
3. การเต็มแเอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนเหมาะสำหรับคนที่มีความน้ำหนักเกินหรือภาวะอ้วนเป็นอย่างมาก เพราะจะสามารถช่วยลดแรงกระแทกจากข้อต่อต่างๆ ซึ่งอาจส่งผลต่อการบาดเจ็บได้

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบการดูดซับของแรงบนพื้นนุ่มและพื้นแข็งชนิดต่างๆ เพื่อชะลอการสลายมวลกระดูก
2. หากมีเวลาควรทำการศึกษาในระยะยาวโดยใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 6 เดือน เพื่อให้กระบวนการปรับแต่งเนื้อกระดูก (cycle of bone remodeling) ทำงานได้อย่างครบวงจรและสมบูรณ์

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

การกีฬาแห่งประเทศไทย. การศึกษาสมรรถภาพทางกายของประชาชนไทยโดยการทดสอบอย่างง่าย. กรุงเทพฯ : นิเวศมิตรภาพการพิมพ์, (1996), 2545.

จรวพร ธรณินทร์ และวิจิต คณิงสุขเกษม. แอโรบิกเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์เมดิคัลมีเดีย, 2530.

จำลอง เทพนิล. ความยืดหยุ่น. [ออนไลน์]. 2547. แหล่งที่มา : <http://www.rmutphysics.com/charud/virtualexperiment/labphysics1/modulus/modulus1.htm> [2555, 30 มีนาคม]

เจริญทัศน์ จิตเสรี. สมรรถภาพทางกายกับนักกีฬา. วารสารสุขศึกษา พลศึกษา และนันทนาการ. 15 (เมษายน 2521): 51-52.

จันทร์เต็ม เก่งสลกุล. โรคกระดูกพรุนและการตรวจวัดความหนาแน่น [ออนไลน์]. 2547. แหล่งที่มา: [http://www.vichaiyut.com/jui/27\\_01-2547/27\\_01-2547\\_p31-33.pdf](http://www.vichaiyut.com/jui/27_01-2547/27_01-2547_p31-33.pdf) [2555, 30 มีนาคม]

ฉกาจ ผ่องอักษร. สรีรวิทยาของการออกกำลังกายและผลต่อสุขภาพของกระดูก. ใน ณรงค์ บุญยะรัตเวช (บรรณาธิการ), ประชุมวิชาการ Bone Forum 2009, 1-35. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คอนเซ็ปท์ เมดิคัล, 2552.

ชิโน. ประเด็นสำคัญไฉน. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: <http://cheno4flow.blogspot.com/2011/05/blog-post.html> [2555, 30 เมษายน]

ชิดพงษ์ ไชยวสุ. แอโรบิกคานซ์บริหารเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรไทย, 2528.

ไชยวัฒน์ นามบุญลือ. ผลของการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนต่อการสลายมวลกระดูกและวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.

ณรงค์ บุญยะรัตเวช. Bone marker. ใน ณรงค์ บุญยะรัตเวช (บรรณาธิการ), ประชุมวิชาการ Bone Forum 2007, หน้า 37-50. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คอนเซ็ปท์ เมดิคัล, 2550.

ณรงค์ บุญยะรัตเวช. Clinical application of bone markers. ใน ณรงค์ บุญยะรัตเวช (บรรณาธิการ), ประชุมวิชาการ Bone Forum 2008, หน้า 80-98. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คอนเซ็ปท์ เมดิคัล, 2551.

- ณรงค์ บุญยะรัตเวช. Tutorial bone markers. ใน ณรงค์ บุญยะรัตเวช (บรรณาธิการ), ประชุมวิชาการ Bone Forum 2009, หน้า 48-58. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คอนเซ็ปท์ เมดิคัลส์, 2552.
- ดร.ณวรรณ สุขสม. การบาดเจ็บจากการกีฬา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.
- ดร.ณวรรณ สุขสม และอาพรณชนิต ศิริแพทย์. รายงานการวิจัยเรื่องการออกกำลังกายด้วยไม้ขีดหุ่น: รูปแบบการออกกำลังกายทางเลือกสำหรับคนไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2550.
- ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร. สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. กรุงเทพฯ : ติรณสารการพิมพ์, 2554.
- ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร และกุลธิดา เจริญลาด. ปทานานุกรมศัพท์กีฬาพลศึกษาและวิทยาศาสตร์การกีฬา. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544
- ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร และเฉลิม ชัยวัชราภรณ์. สรีรวิทยาการออกกำลังกาย 2. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร และสิทธา พงษ์พิบูลย์. เอกสารคำสอน วิชา สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.
- ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร และคณะ. ผลของการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมคพลืนต่อการสลายมวลกระดูก วิตามินดี สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน. โครงการวิจัยเงินทุนคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา: คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.
- ทวี ทรงพัฒนาศิลป์. Progress in bone biology: The reviews and new insights. ใน ณรงค์ บุญยะรัตเวช (บรรณาธิการ), ประชุมวิชาการ Bone Forum 2007, หน้า 1-36. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : คอนเซ็ปท์ เมดิคัลส์, 2550.
- ธวัช ประสาทฤทธา. รอบรู้เรื่องกระดูก. กรุงเทพฯ : เรือนปัญญา, 2549.
- นภาพร ทศน์ยนา. การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ. ศูนย์กีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 2547.
- นิมิต เตชไกรชนะ. ฮอร์โมนทดแทนและโรคกระดูกพรุน. ใน นิมิต เตชไกรชนะ (บรรณาธิการ), ฮอร์โมนทดแทนในวัยหมดระดู, 171. กรุงเทพฯ : บิยอนด์ เอ็นเทอร์ไพรซ์, 2543.

นิสากกร ดันตวิบูลชัย, ถนอมวงศ์ กฤษพีเชษฐ์ และพงศศักดิ์ ยุกตะนันท์. การเปรียบเทียบระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักต่อการสลายของกระดูกและสุขสมรรถนะในหญิงวัยทำงาน. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ, 11(2): 22-37, 2553.

โนวาบิส. งานปูพื้น ปูพื้นบ้าน วัสดุปูพื้นบ้าน การเลือกวัสดุปูพื้น การปูพื้น. [ออนไลน์]. 2012. แหล่งที่มา: <http://www.novabizz.com/CDC/Process24.htm> [2555, 26 มิถุนายน]

นภพร ทศน์ยนา. การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ. ศูนย์กีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 2547.

บุญส่ง องค์กรพัฒนากุล. การหาอัตราการลดลงของความหนาแน่นของกระดูกในสตรีไทยหลังวัยหมดประจำเดือนและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง. ใน รัชตะ รัชตะนาวิณ และคณะ, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์: โครงการวิจัยเรื่องการป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนในคนไทย. คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล, 2544.

บุญส่ง องค์กรพัฒนากุล. วิธีการป้องกันการลดลงของความหนาแน่นของกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือนระยะต้น. ใน รัชตะ รัชตะนาวิณ และคณะ, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์: โครงการวิจัยเรื่องการป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนในคนไทย. คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล, 2544.

บริษัท ซันสปอร์ต มาร์เก็ตติ้ง จำกัด. พื้นสนามกีฬา [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา :

[http://www.vivasunsports.com/product.php?cat\\_id=117&show\\_type=all](http://www.vivasunsports.com/product.php?cat_id=117&show_type=all) [2555, 30 มีนาคม]

บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด. แอโรบิกแดนซ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สยามสปอร์ต ซินดิเคท, 2545.

ผาณิต บิลมาศ. เอกสารประกอบการสอนการวัดผลประเมินผลขั้นสูงทางพลศึกษา. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2539.

พงศศักดิ์ ยุกตะนันท์. กระดูก 206 ชิ้นที่ควรใส่ใจ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : 1759 ดับเบิล เอ ปริ้น เอ็กเพรส, 2550.

พนมกร ดิษฐสุวรรณ. กระดูกพรุน กระดูกโปร่งบาง. [ออนไลน์]. 2001. แหล่งที่มา :

<http://www.thaiclinic.com/medbible/osteoporosis.html> [2555, 30 มีนาคม]

พิบูลสิน. ข้อแตกต่างของ วัสดุ พรม ปูพื้น แต่ละชนิด. [ออนไลน์]. 2010. แหล่งที่มา :

<http://pioonsinmarketing.wordpress.com/2012/02/22/> [2555, 26 มิถุนายน]

- ไพลิน แซ่ลิ้ม. การพัฒนาขงปูพื้นเพื่อลดการแตกหักของกระดูกสะโพกในผู้สูงอายุ. วิทยานิพนธ์  
ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2554.
- พวงเพ็ญ ชุณหปราณ. เอกสารคำสอน: ราชวิชาการพยาบาลในผู้ใหญ่. คณะพยาบาลศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- ภนารี บุษราคัมตระกูล. สรีรวิทยา-พยาธิสรีรวิทยาระบบกล้ามเนื้อและกระดูก. พิมพ์ครั้งที่ 1.  
กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.
- ภนารี พานเพียรศิลป์. สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ภาควิชา  
สรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2541.
- โรงพยาบาลเวชธานี. ตรวจ Bone markers พยากรณ์โอกาสเกิดกระดูกหักและกระดูกพรุน  
[ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา : <http://www.thairath.co.th/content/life/111187>  
[2555, 9 สิงหาคม]
- วรศักดิ์ เพียรชอบ. การออกกำลังกายสำคัญไฉน. วารสารสุขศึกษา พลศึกษา ลัสนันทนาการ. 8  
(ตุลาคม 2525): หน้า 56-64.
- วรวิภา เจริญศิริ. สาเหตุของโรคกระดูกพรุน. [ออนไลน์]. 2009. แหล่งที่มา:  
<http://www.sabuyjaishop.com/shop/livewell/default.aspx?page=articledetail&url=livewell&articlart=cpllv22ig44nexqrzgd22825524152&lang=TH> [2555, 30 มีนาคม]
- วิเชียร เลหาเจริญสมบัติ. Metabolic bone disease. ใน สมชัย ปรีชาสุข, วิโรจน์ กวินวงศ์โกวิท  
และวิวัฒน์ วจนะวิศิษฐ์ (บรรณาธิการ), ออร์โธปิดิกส์, หน้า 377- 401. พิมพ์ครั้งที่ 4.  
กรุงเทพฯ : โฆสิตการพิมพ์, 2538.
- วิวัฒน์ วจนะวิศิษฐ์. Bone as tissue. ใน สมชัย ปรีชาสุข, วิโรจน์ กวินวงศ์โกวิท และวิวัฒน์  
วจนะวิศิษฐ์ (บรรณาธิการ), ออร์โธปิดิกส์, หน้า 5-15. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ :  
โฆสิตการพิมพ์ , 2538.
- วิไล คุปต์นริตติชัยกุล. โรคกระดูกพรุน : ภัยเงียบของสุขภาพ. ใน มณีรัตน์ไชยานนท์ และธีรพงษ์  
ต้นทิวเขียร (บรรณาธิการ), เวชศาสตร์ร่วมสมัย: วิชาการแพทย์ก้าวหน้า ประสานใน  
พัฒนาคุณภาพชีวิตไทย, 217-225. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : พี. เอ. ลีฟวิ่ง, 2552.
- สมชาย เอื้อรณวงศ์. โรคกระดูกพรุนในโรคข้อ (Osteoporosis in Rheumatic Diseases).  
กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์, 2544.



- สมพงษ์ สุวรรณวัลย์กร. โรคกระดูกพรุน. ใน อุดม วิศิษฎ์สุนทร และรัตนวดี ณ นคร (บรรณาธิการ), คู่มือสำหรับประชาชน โรคกระดูกพรุน-โรคปวดหลัง. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์, 2543.
- สำนักพัฒนาวิชาการแพทย์, กรมการแพทย์และกระทรวงสาธารณสุข. แนวทางเวชปฏิบัติเรื่อง โรคกระดูกพรุน. กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2548.
- สุกัญญา พานิชเจริญนาม. แอโรบิกแดนซ์ คู่มือสำหรับครูฝึก. กรุงเทพฯ : คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2545.
- สุขจันทร์ พงษ์ประไพ. การออกกำลังกายและแนวทางป้องกันการหกล้มสำหรับผู้ป่วยโรคกระดูกพรุน. ใน อุดม วิศิษฎ์สุนทร และรัตนวดี ณ นคร (บรรณาธิการ), คู่มือสำหรับประชาชน โรคกระดูกพรุน-โรคปวดหลัง. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์, 2543.
- สุดา กาญจนะวณิชย์. การเปรียบเทียบผลการฝึกเดินแอโรบิกแบบศิลปะมวยไทยและการฝึกเดินแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, สาขาวิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
- สุดา กาญจนะวณิชย์. การพัฒนาโปรแกรมการเดินแอโรบิกมวยไทยที่ทำให้เกิดการใช้พลังงาน และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด. วิทยานิพนธ์ปริญญาคุณวุฒิปบัณฑิต, สาขาวิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.
- สุพิตร สماعيلโต. การเคลื่อนไหวทางการศึกษา. เอกสารประกอบการบรรยายอบรมครูอนุบาล กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2550.
- เสก อักษรานุเคราะห์. โรคกระดูกบาง กระดูกทรุด (Osteoporosis). ใน เสก อักษรานุเคราะห์ (บรรณาธิการ), ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู. เล่มที่ 2, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : เทคนิค, 2539.
- แสงจันทร์ ทองมาก. สุขภาพวัยผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ. ใน คณาจารย์สถาบันพระบรมราชชนก, การพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ. เล่มที่ 1, พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี : ยุทธรินทร์ การพิมพ์, 2541.
- อนันต์ อัดชู. กายวิภาคและสรีรวิทยา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ ร.ส.พ., 2546.
- อภิชัย คงเสรีพงศ์. เคเซอร์โน้ต ออน ออร์โธปิดิกส์ แอนด์ แฟรกเตอร์. กรุงเทพฯ : บู้คเน็ต, 2542.
- อภิชัย คงเสรีพงศ์ และจิตติศักดิ์ หะวานนท์. กีฬาเวชศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2540.
- อารีรัตน์ สัจจรวงษ์พนา. โรคกระดูกพรุน โปร่งบางกับวัยทอง, 22-25. ภาควิชาสุขภาพจิตและการพยาบาลจิตเวช คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2540.

อารีรัตน์ สัจจวรรณษ์พนา และฉันทนา จันทวงศ์. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเป็นโรคกระดูกโป่งบางของสตรีวัยก่อนและหลังหมดประจำเดือนและวัยสูงอายุ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาพยาบาลศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา, 2544.

อุรุษยา เทพพิสัย, มยุรี จิรภิญโญ, อภิชาติ จิตต์เจริญ และจิตติมา มโนทัย. สุขภาพองค์รวมในชายหญิงวัยทอง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ข้าวฟ่าง, 2547.

เออชัย กาญจนพิทักษ์. พื้นของเส้นทางวิ่ง. [ออนไลน์]. 2549. แหล่งที่มา :

[http://www.thairunning.com/surface\\_running\\_route.htm](http://www.thairunning.com/surface_running_route.htm) [2555, 19 พฤษภาคม]

เอี่ยมพร สกกุลแก้ว. กระดูกพรุน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไกล่หมอ, 2549.

### ภาษาอังกฤษ

American Collage of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription.

7<sup>th</sup> ed. Philadelphia: lippincott Williams and Wilkins, 2006.

American Collage of Sports Medicine. ACSM's Health-Related Physical Fitness Assessment

Manual. 2<sup>th</sup> ed. Philadelphia: lippincott Williams and Wilkins, 2006.

Anek A., Kanungsukasem V., and Bunyaratavej N. Effect of the circuit box jumping on bone resorption, health-related to physical fitness and balance in the premenopausal women. J Med Assoc Thai, 2011 ; 94 (5) : 17-23.

Arago F.A., Karamanidis K., Vaz M.A., and Arampatzis A. Mini-trampoline exercise related to mechanisms of dynamic stability improves the ability to regain balance in elderly. J Electromyogr Kinesiol, 2011; 10. 1016: 1050-6411.

Barrett-Connor E., Channg J.C., and Edelstein S.L. Coffee-associated osteoporosis offset by daily milk consumption. J Am Med Assoc, 1994; 26: 280-283.

Bassey E.J., and Ramsdale S.J. Weight-bearing exercise and ground reaction force: a 12 month randomized controlled trial of effect on bone mineral density in health postmenopausal women. Elsevier Science Inc, 1995; 16(4): 469-476.

Cheng X.G., Lowet G., and Boonen S. Assessment of the strength of proximal femur in vitro: relationship to femoral bone mineral density and femoral geometry. Bone, 1997; 20: 213-218.

- Christiansen C. Consensus development conference: prophylaxis and treatment of osteoporosis. The American Journal of Medicine, 1991; 90:107-110.
- Dittrich L. Information on mini-trampoline exercises. [online]. 2010. Available from : <http://www.livestrong.com/article/332684-information-on-mini-trampoline-exercises/> [30 January 2011]
- Dowdy D.B. The effect of aerobic dance on physical work capacity cardiovascular function and body composition of middle-aged women. Dissertation Abstract International, 1989; 43.
- Erickson G. P., and Jones J.A. Osteoporosis risk assessment mature working women. AAOHN J, 1992; 40 (90): 423-428.
- Finn S. C. Good news for women: nutrition may hold the key to a healthier life. JWomens Health, 1997; 6: 659-660
- Froelicher V. F., and Myers J. Manual of exercise testing. 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia: Mosdy, 2007
- Heinonen A., Sievanen H., Kannus P., Oja P., Pasanen M., and Vuori I. High-impact exercise and bone of growing girls;a 9-month controlled trial. Osteoporos Int, 2000; 11(12):1010-1017.
- Heyward V., editor. Advanced fitness assessment & exercise prescription. 3<sup>rd</sup> ed. USA: Human kinetics, 1997
- Holmes S. Osteoporosis: The hidden illness. Nurs Times, 1998; 94 (1): 20-23.
- Holmeroval I., Machacova K., Vankova H., Veleta P., Juraskova B., Hrcniarikova D., Volicer L., and Andel R. Effect of the exercise dance for seniors (EXDASE) program on lower-body functioning among institutionalized older adults. J. Aging Health, 2010; 22 (1): 106-119.
- Jeffrey A. R. Aerobic dance and cheerleading. Springer science+Business media, 2010; 10. 1017: 283
- Johnson J., and Nelson J. The measurement of balance. Practical measures. Arch Phys Med Rehab, 1986; 76: 961-965
- Kitareewan W., Boonhong J., Janchai S., and Aksaranugraha S. Effect of the treadmill walking exercise on the biochemical bone markers. J Med Assoc Thai, 2011; 94 (5) : 10-16.

- Kohrt W. M., Ehsan A., and Birge SJ.Jr. Effect of exercise involving predominantly either joint-reaction force on bone mineral density in older women. *J Bone Miner Res*, 1997; 12 (8): 1253-1261.
- McArdle W. D., Katch, F. I., and Katch, V. L. *Essential of exercise physiology*. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2000.
- Mood D., Musker F.F., and Rink E.J. *Sports and recreational activities*. Boston, Mass; St.Louis, Miss: WCB/Mc Graw-Hill, Mosby, 1995.
- Morris M., and Schoo A. *Optimizing exercise and physical activity in older people*. London: Butterworth Heinemann, 2004.
- Podsiadlo D., and Richardson S. The Time “Up & Go”: A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 1991; 39(2): 142-148
- Phosuwan M., Kritpet T., and Yuktanandana P. The effect of weight bearing yoga training on the bone resorption markers of the postmenopausal women. *J Med Assoc Thai*, 2009; 92 (5): 102-107.
- Qin L., et al. Regular tai chi chuan exercise may retard bone loss in postmenopausal women: a case-control study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 2002; 83: 1355-1359.
- Ricard M.D., and Veatch S. Comparison of impact forces in high and low impact aerobic dance movement. *International journal of sport biomechanics*, 1990; 6: 67-77.
- Ricard M.D., and Veatch S. Effect of running speed and aerobic dance jump height on vertical ground reaction force. *Journal of applied biomechanics*, 1994; 10: 14-27.
- Roan S., and Write S. *Aerobic dancing requires good floor*. [online]. 1985. Available from: [http://articles.sun-sentinel.com/1985-11-26/features/8502230188\\_1\\_dance-floor-foam-aerobic-dance](http://articles.sun-sentinel.com/1985-11-26/features/8502230188_1_dance-floor-foam-aerobic-dance) [30 April 2011]
- Rose L., and Rose M. *Osteoporosis: the silent epidemic*. Sydney: Allen & Unwin, 1994.
- Schiffer T., Stefania S., and Billy S. Aerobic dance health and fitness effects on middle age premenopausal women. *J Exerc Physiol*, 2008; 11(4) : 25-33.

- Schoor van N.M., Van der veen A.J., Schaap L.A., Smit T.H., and Lips P. Biomechanical comparison of hard and soft hip protectors and the influence of soft tissue. J Med Assoc Thai, 2006; 94 (5) : 17-23.
- Shumway- Cook A., Brauer S., and Woollacott M. Predicting the probability for falls in community dwelling older adults using the timed up & go test. Physical Therapy, 2000 ; 80(9): 896-903.
- Sovelius R., Oksa J., Rintala H., Huhtala H., Ylinen J., and Siitonen S. Trampoline exercise vs. strength training to reduce neck strain in fighter pilots. Aviat Space Environ Med, 2006; 77(1).
- Stengle S. V., Kemmler W., and Pintag R. Power training is more effective than strength training for maintaining bone mineral density in postmenopausal women. Journal of Applied Physiology, 2005; 99: 181-188.
- Tantiwiboonchai N., Kritpet T., and Yuktanandana P.A comparison between the effects of the walking exercise with and without weighted vests on bone resorption and health-related physical fitness in the working women. J Med Assoc Thai, 2011 ; 94 (5) : 24-30.
- Teomana N., Ozcan A., and Acar B. The effect of exercise on physical fitness and quality of the in postmenopausal women. Maturitas, 2004; 47: 71-77
- Vaccaro P., and Clinton M. The effects of aerobic dance conditioning on the body composition and maximal oxygen uptake of college women. The journal of sport medicine and physical fitness, 1981; 21: 291-293.
- World Health Organization. Research on the menopause in the 1990s. Technical Report Series 866. Geneva: Author, 1996.
- World Health Organization. The Asia-Pacific perspective. Redifining Obesity and Its treatment. Knoll pharmaceutical and steering committee, 2000.
- World Health Organization. Ministerial round table on diet, Physical activity and health, regional committee for the western pacific fifty-third session Kyoto, Japan. [online]. 2003. Available from : <http://www.proquest medical libray> [30 January 2011]
- Wikipedia. Trampoline. [online]. 2011. Available from : <http://en.wikipedia.org/wiki/Trampoline>. [20 April 2011]

White K., Martin B., Yeater A., Butcher L., and Radin L. The effect of exercise on the bone of postmenopausal women. International Orthopaedics, 1984; 7: 209-214

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

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก  
ใบรับรองโครงการวิจัย



AF 01-12



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. 169/2555

## ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 140.1/55 : การเปรียบเทียบระหว่างผลของการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรมโพลีน  
และบนพื้นแข็งต่อการสลายมวลกระดูก, สุขสมรรถนะ และการทรงตัวใน  
หญิงวัยทำงาน

ผู้วิจัยหลัก : นายวิฑูรย์ สุขแก้ว

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

ลงนาม..... ลงนาม.....  
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปริศา ทศนประดิษฐ์) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)  
ประธาน กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 2 ธันวาคม 2555

วันหมดอายุ : 1 ธันวาคม 2556

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

- 1) โครงการวิจัย
- 2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรและผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
- 3) ผู้วิจัย
- 4) แบบสอบถาม



เลขที่โครงการวิจัย 140-1/55  
วันที่รับรอง - 2 ส.ค. 2555  
วันหมดอายุ - 1 ส.ค. 2556

เงื่อนไข

1. จำเป็นต้องทราบว่าเป็นการคิดจริยธรรม หากดำเนินการเกี่ยวกับข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน หรือส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมรับรองก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-12) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

ภาคผนวก ข

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

## ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

(Patient/Participant Information Sheet)

ชื่อโครงการวิจัย	การเปรียบเทียบระหว่างผลของการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็งต่อการสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน
ชื่อผู้วิจัย	นายวิวัฒน์ สุขแก้ว นิสิตระดับปริญญาโท แผนกวิชาตรีวิทยาการ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย	65/42 หมู่ที่ 5 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
โทรศัพท์มือถือ	087-5099815 E-mail: wittawatsukkeaw_9@hotmail.com
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.อนอมวงศ์ กฤษณ์เพชร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์คลินิก เกียรติคุณ นายแพทย์ ณรงค์ บุญยะรัตเวช



เลขที่โครงการวิจัย 140-1/55  
 วันที่รับรอง - 2 S.A. 2555  
 1 S.A. 2556  
 1 S.A. 2556

เรียน ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกท่าน

ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัย ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไมชัดเจนตลอดเวลา

โครงการวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับ การเปรียบเทียบระหว่างผลของการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็งต่อการสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน อายุระหว่าง 35-45 ปี

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและพื้นแข็งต่อการสลายของมวลกระดูก, สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษารูปแบบการออกกำลังกายที่จะนำมาใช้เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับหญิงวัยทำงาน มีรายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเป็นบุคลากรตามหน่วยงานต่างๆของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 35-45 ปี แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน 25 คน กลุ่มฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง 25 คน และกลุ่มควบคุม 25 คน

1.1 ถ้าสนใจเป็นผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย จะต้องทำแบบคัดกรอง 3 ชุด ใช้เวลาประมาณคนละ 20 นาที

- ทำการตอบแบบคัดเลือกอาสาสมัคร ใช้เวลา 5 นาที
- ทำการตอบแบบสอบถามประวัติสุขภาพทั่วไป ใช้เวลา 10 นาที
- ทำการตอบแบบประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย 5 นาที



เลขที่โครงการวิจัย 140-1/55  
 วันที่รับขอ - 2 ส.ค. 2555  
 วันหมดอายุ - 1 ส.ค. 2556

เกณฑ์ในการคัดเลือก (Inclusion criteria)

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเป็นเพศหญิงต้องอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย มีอายุระหว่าง 35-45 ปี
- มีสุขภาพแข็งแรง ไม่เป็นอุปสรรคต่อการเดินแอโรบิก และต้องผ่านเกณฑ์การตอบแบบสอบถามประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย ถ้าตอบแค่เพียงข้อเดียวจะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง และแบบคัดเลือกอาสาสมัครถ้าทำเครื่องหมายถูกในช่องคำว่าไม่ใช่ หมายถึงอาสาสมัครไม่สามารถเข้าร่วม โครงการวิจัยได้

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์น้ำหนักเกิน (ค่าดัชนีมวลกายไม่เกิน 24.9)

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่ได้ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ หรือไม่เกิน 2 ครั้งต่อสัปดาห์

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยต้องไม่ดื่ม ชา หรือกาแฟดำ โดยเฉลี่ย 2 แก้วต่อวัน

- ต้องไม่ดื่มสุรา สูบบุหรี่ และรับประทานยาหรือฮอร์โมนที่มีผลต่อกระดูกมาก่อนเข้าร่วมการศึกษาน้อยกว่า 1 ปี

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยต้องมีค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกสันหลังไม่ต่ำกว่า -2.5 หลังจากนั้นผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยที่ผ่านเกณฑ์การตรวจค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกสันหลังแล้วจะทำการตรวจเลือดเพื่อดูภาวะการมีสลายมวลกระดูก ( $\beta$ -CrossLaps) ต้องมีค่าสูงไม่เกิน 4.00 นาโนกรัม/มิลลิลิตร เพราะเป็นระดับที่ปกติ ไม่ส่งผลต่อภาวะ โรคกระดูกพรุน และในการคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะตรวจวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกสันหลังเป็นข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระดูก หากผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยผ่านเกณฑ์ก็จะดำเนินการตรวจเลือดเพื่อดูภาวะการมีสลายมวลกระดูก โดยที่ไม่ต้องรอผลการตรวจเลือด

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่มีประวัติเป็นโรคตับ โรคข้อเข่าเสื่อม และโรคหัวใจ

เกณฑ์ในการคัดออก (Exclusion criteria)

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยขาดการออกกำลังกายตามโปรแกรมติดต่อกันมากกว่า 2 สัปดาห์ ในขณะที่ทำการทดลองหากขาดการออกกำลังกายรวมได้ 2 สัปดาห์ แต่ไม่ติดต่อกัน ยังไม่ถือว่าคัดออกจากการทดลอง

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่สมัครใจหรือเข้าร่วมการวิจัยอีกต่อไป

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อไป เช่น เกิดการบาดเจ็บและมีอาการเจ็บป่วยในช่วงของการทดลอง เป็นต้น

1.2 สำหรับกลุ่มควบคุมและผู้ที่ถูกคัดออกจากการวิจัยเมื่อทราบผลของการทดสอบเบื้องต้นแล้ว คณะผู้วิจัยจะมีการชี้แจงรายละเอียดข้อมูลของการทดสอบที่เกิดขึ้นและการให้คำแนะนำความรู้เกี่ยวกับ

ปัญหาปัญหาสุขภาพการออกกำลังกาย ๓ ห้องกิจกรรมการออกกำลังกาย (ลีลาศ, โยคะ) ชั้น 2 อาคาร  
 จุฬาพัฒนา 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อให้คำแนะนำความรู้เกี่ยวกับด้านปัญหาสุขภาพ เช่น กวาระน้ำหนัก  
 เกินและกวาระอ้วน ความดันโลหิตสูง และ โรคกระดูกพรุน นอกจากนี้การตรวจวัดค่าความหนาแน่นมวล  
 กระดูกสันหลังจะทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระดูก หากพบภาวะกระดูกอยู่ในสภาพที่ผิดปกติขึ้น  
 รุนแรงคณะผู้วิจัยจะมีการส่งอีเมลล์ขอคำแนะนำจากศาสตราจารย์คลินิกเกียรติคุณ นพ.ณรงค์ บุญยะรัตเวช  
 ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ร่วมในการให้คำแนะนำเบื้องต้น และมีการแนะนำให้พบแพทย์เพื่อดำเนินการตรวจ  
 วินิจฉัยต่อไป รวมทั้งให้แผ่นพับข้อมูลเกี่ยวกับกวาระน้ำหนักเกินและกวาระอ้วน โรคความดันโลหิตสูงและ  
 โรคกระดูกพรุนสามารถนำไปศึกษาด้วยตนเอง

2 ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยสามารถเลือกเข้ากลุ่มทดลอง หรือกลุ่มควบคุมได้ เนื่องจากผู้วิจัยทำการค  
 ลงเบื้องต้นกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเกี่ยวกับขั้นตอนในการแบ่งเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแบ่งเป็น 3  
 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกเดินแอโรบิกบนมินิเทรม โพลีน 25 คน กลุ่มฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง 25 คน และกลุ่ม  
 ควบคุม 25 คน รวมผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทั้งหมด 75 คน

3 การแต่งกาย ประกอบด้วย สวมเสื้อยืดแขนสั้น กางเกงวอร์ม และสวมถุงเท้าและรองเท้าในขณะที่เดิน  
 โดยรองเท้าที่สวมใส่จะเป็นแบบและรุ่นเดียวกัน ทั้ง 2 กลุ่มที่ฝึกเดินแอโรบิก แต่งกายเหมือนกันเดิน  
 ร่วมๆกันในเวลาเดียวกันที่กำหนดไว้ 2 ช่วงเวลา ได้แก่ 16.30-17.10 น. และ 17.20-18.00 น. ๓ จุฬาพัฒนา  
 8 เนื่องจากเวลาเลิกงานของแต่ละหน่วยงานไม่เท่ากันจึงทำการแยกออกเป็น 2 ช่วงเวลาเพื่อให้อาสาสมัคร  
 เลือกช่วงเวลาในการฝึกเดินแอโรบิกได้ทำการฝึกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ๆละ 3 วัน คือ วันจันทร์ พุธ และ  
 ศุกร์ ความหนักของการออกกำลังกาย 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ใช้เวลาครั้งละ 40 นาที *ถ้าท่าน  
 อยู่ในกลุ่มควบคุมมีการใช้ชีวิตประจำวันตามปกติรวมทั้งมีการออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอหรือไม่เกิน 2 ครั้ง  
 ต่อสัปดาห์ได้*

4 ทั้ง 3 กลุ่มจะทำการทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง คือครั้งที่ 1 ก่อนการทดลอง และครั้งที่ 2 หลังการ  
 ทดลอง 12 สัปดาห์ โดยใช้เวลาในการทดสอบสุขสมรรถนะและความสามารถในการทรงตัว ประมาณ 40  
 นาทีต่อคน ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลการทดสอบด้วยตนเอง รายละเอียดการทดสอบประกอบด้วย

#### 4.1. ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา (ทำการทดสอบ 2 ครั้ง)

- ส่วนสูง (เซนติเมตร)
- น้ำหนัก (กิโลกรัม)
- อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)
- ความดันโลหิต (มิลลิเมตรปรอท)



เลขที่โครงการวิจัย 140.1/55  
 วันที่รับรอง - 2 S.A. 2555  
 วันหมดอายุ - 1 S.A. 2556



## 4.2. การทดสอบสุขสมรรถนะ (ทำการทดสอบ 2 ครั้ง)

- เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (เปอร์เซ็นต์)
- ความอ่อนตัว (นั่งงอตัวและปลายเท้า) (เซนติเมตร)
- ความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อ (ลุก-นั่งเก้าอี้ 1 นาที) (ครั้ง/นาที)
- สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (เดิน หรือเดินเร็วทดสอบบนลู่วิ่ง) (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)



เลขที่โครงการวิจัย..... 140.1/55  
- 2 S.A. 2555  
วันที่รับขอ.....  
วันหมดอายุ..... - 1 S.A. 2556

## 4.3. ข้อมูลเกี่ยวกับกระดูก (ทำการทดสอบ 2 ครั้ง)

ทำการเจาะเลือดในช่วงเช้า 7.00-9.00 น. เจาะเลือดปริมาณ 3 ซีซี (ประมาณครึ่งช้อนชา) โดยเจ้าหน้าที่เทคนิคการแพทย์ ห้องปฏิบัติการ ชั้น 4 อาคารบรมราชชนสิริศตวรรษ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดำเนินการวิเคราะห์การทดสอบค่าการสร้างและการสลายมวลกระดูกที่ห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยปริมาณเลือดที่เจาะออกมาของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยที่เข้าร่วมวิจัยจะทำการศึกษาดูเฉพาะงานวิจัยนี้เท่านั้นและจะถูกทำลายทิ้งหลังสิ้นสุดการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ ก่อนการเจาะเลือดผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจำเป็นต้องงดอาหารตั้งแต่เที่ยงคืนและสามารถดื่มน้ำได้ เพราะจะมีปัจจัยหลายอย่างทำให้ค่า PINP และ  $\beta$ -CrossLaps เกวี่ยงไวกว้างได้ง่าย

## 4.4. การทดสอบการทรงตัว (ทำการทดสอบ 2 ครั้ง)

ความสามารถในการทรงตัว ทดสอบด้วยวิธี โทมัส แอนด์ โท (วินาที) เป็นแบบทดสอบเชิงปริมาณการเคลื่อนไหว โดยให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยลุกขึ้นยืนจากท่านั่งเก้าอี้ เดินเป็นระยะทาง 3 เมตร จากนั้นหมุนตัวเดินกลับมานั่งที่เก้าอี้ตัวเดิม บันทึกเวลาดังแต่ลุกขึ้นจากเก้าอี้จนกลับมานั่งเก้าอี้ตัวเดิม

4.5. สปีดคาที่ 3 ทำการทดสอบแรงกดของเท้าด้วยเครื่องแอฟสแกนคาล์วรีลอคเจอร์-นิว (กิโลปาสกาล) (ทำการทดสอบ 1 ครั้ง) โดยสอดใส่แผ่นแอฟสแกนเข้าไปในรองเท้าของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยที่เข้ารับการทดสอบ โดยแบ่งออกเป็นท่าเดินหลักที่ใช้ทดสอบ 4 ท่า คือ marching, easy walk, bouncing และ hopping และทำการวิเคราะห์ด้วยระบบแอฟสแกนในขณะที่เคลื่อนไหว

5 ความเสี่ยงของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยที่อาจจะได้รับจากการเข้าร่วมวิจัย ดังนี้

**ความเสี่ยงจากการเจาะเลือด** การเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำที่แขนมักจะทำให้เจ็บขณะแทงเข็มและอาจเป็นรอยเขียวช้ำได้หรือมีการติดเชื้อบริเวณที่แทงเข็มได้ ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยที่เข้าร่วมวิจัยบางคนอาจเวียนศีรษะมึนงงหรืออาจเป็นลมได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยจะให้คำแนะนำทั้งก่อนและหลังการเจาะเลือดแก่ผู้ร่วมวิจัยพร้อมทั้งจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายหากเกิดอุบัติเหตุแก่ผู้ร่วมวิจัยในช่วงของการเจาะเลือด

จะมีการอบอุ่นร่างกายและการผ่อนคลายร่างกายทุกครั้งเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้น หากพบว่ามีการบาดเจ็บเกิดขึ้นในขณะที่ฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นทั้ง 2 ชนิด ผู้นำเดินและผู้ช่วยวิจัยจะให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยหยุดพักทันที และดำเนินการปฐมพยาบาลตามความเหมาะสมของอาการ หากอาการยังไม่ดีขึ้นจะดำเนินการส่งต่อไปยังโรงพยาบาล โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลและรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษา

6 ถ้าผู้มีส่วนร่วมการวิจัยอยู่ในกลุ่มควบคุมเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยจะมีการจัดให้กลุ่มควบคุมได้เดินแอโรบิกบนมินิเทรมโพลีนและบนพื้นแข็งเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ รวมทั้งหมด 6 ครั้ง หากวิเคราะห์ผล

ข้อมูลการวิจัยเบื้องต้นพบว่าการเดินแอโรบิกบนมินิแตรัม โพลีนและบนพื้นแข็งส่งผลแตกต่างกันอย่างไร โดยจะเลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง และมีการแจกแผ่นพับข้อมูลความรู้เกี่ยวกับโรคกระดูกพรุนสามารถนำไปศึกษาได้ด้วยตนเอง

7 ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะได้รับอาหารบำรุงร่างกายในการไปเจาะเลือดที่คณะสหเวชศาสตร์ การทดสอบสุขสมรรถนะ และการทรงตัวที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เช่น น้ำผลไม้ นมกล่อง และขนม เป็นต้น เมื่อสิ้นสุดโครงการวิจัยผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย 2 กลุ่มที่เดินแอโรบิกจะได้รับรองเท้าผ้าใบที่ใช้เดินในขณะที่ทำการทดลองกลับไปใช้สำหรับออกกำลังกายต่อไป และกลุ่มควบคุมจะได้รับพวงกุญแจจากประเทศเกาหลี อันละ 100 บาทต่อคน

8 ผู้ช่วยวิจัย จำนวน 10 คน เป็นนิสิตของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาที่ผ่านการอบรมเทคนิคการออกกำลังกายและการเดินแอโรบิกบนพื้นทั้งสองชนิด และการใช้เครื่องมือชนิดต่างๆ การเป็นผู้แนะนำและการจดบันทึกผลการทดลอง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ทำให้ทราบถึงผลของการเดินแอโรบิกบนพื้นที่แตกต่างกันมีผลต่อการสลายของมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ทั้งนี้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย จะได้ทราบการเปลี่ยนแปลงของกระดูกตนเองว่าอยู่ในภาวะปกติตามวัยหรือไม่

การเข้าร่วมเป็นกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเป็นไปตามความสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้ โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ ในแบบสอบถามจะไม่ปรากฏชื่อ และนามสกุล แต่จะใช้เป็นรหัสแทน หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวมข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

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..... 140.1/55  
- 2 S.ค. 2555  
วันที่รับของ.....  
- 1 S.ค. 2556  
วันหมดอายุ.....



6

เอกสารแบบ  
ลักษณะของมินิแทรมโพลีน

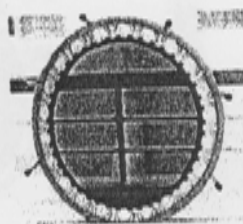
เลขโครงการวิจัย..... 140.1/55  
วันที่รับของ..... - 2 ส.ค. 2555  
หมดอายุ..... - 1 ส.ค. 2556

**ส่วนประกอบ**

- มินิแทรมโพลีน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.22 เมตร ยี่ห้อ คอนทริกซ์ (Contrix<sup>®</sup>) ของบริษัท ไรจันท์ ฟุตบอลไทย สปอร์ตติ้งกู๊ดส์ จำกัด
- ขาดังมินิแทรมโพลีนทำด้วยเหล็กทั้งหมด 8 ตัว สูงจากพื้น 21.5 เซนติเมตร
- สปริงยึดความมั่นคงและเพิ่มความยืดหยุ่น 44 ตัว
- แผ่นรองมินิแทรมโพลีนทอสานด้วยเส้นใยในล่อนมีความยืดหยุ่นและความทนทานสูง

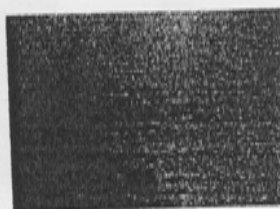
**คุณสมบัติ**

- ความยืดหยุ่นของแผ่นรองมินิแทรมโพลีนจะขึ้นอยู่กับจำนวนของสปริง ด้านน้ำหนักตัวและความแข็งแรงของผู้กระโดดมากความยืดหยุ่นของสปริงก็จะมากตาม ขาดังของมินิแทรมโพลีนมีความมั่นคงแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 100 กิโลกรัม



**ลักษณะของพื้นแข็ง**

คือ พื้นที่ทำด้วยไม้ปาเก้ชนิดไม้ยางที่ต่อกันจนเป็นพื้นขนาดกว้างปูไว้ ณ อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นพื้นที่ใช้ในการออกกำลังกาย และเล่นกีฬาชนิดต่างๆ ของนิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา





### การทดสอบแรงกดของเท้าบนมินิแทรมโพลีนและพื้นแข็ง

#### อุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบแรงกดของเท้าเอฟสแกนดาต้ารีลอมเจอร์-นิวา (F-scan datalogger - new) จากประเทศสหรัฐอเมริกา
2. แผ่นวัดแรงกดของเท้าเอฟสแกน (F-scan) โดยจะทำการตัดให้พอดีกับรองเท้า

#### วิธีการ

1. จะทำการวัดค่ามาตรฐาน (calibration) ก่อนของแต่ละคน โดยทำการยืนขาเดียวทั้งขาซ้ายและขาขวา ก่อนที่จะทำการทดสอบ ค่าที่ได้จะเป็นแรงกดของเท้าซึ่งจะเท่ากับน้ำหนักตัวของผู้ทดลอง
2. ทำการวัดโดยใช้แผ่นเอฟสแกน (F-scan) เข้าไปในรองเท้า
3. จะทำการวัดอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่มคือกลุ่มที่เดินแอโรบิกบนพื้นมินิแทรมโพลีนและพื้นแข็ง โดยการเลือกแบบเจาะจงที่สวมรองเท้าเบอร์ 5 หรือ เบอร์ 6 ได้ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานของผู้หญิง เนื่องจากแผ่นวัดแรงกดมีราคาค่อนข้างสูงซึ่งตกคู่ละ 7,700 บาท
4. ค่าที่ได้จะออกมาในลักษณะเป็นเส้นกราฟ และจุดที่จุดสูงสุดของเส้นกราฟ
5. จะทำการวัดท่าเดินหลัก 4 ท่า ในแต่ละท่าได้แก่ มาร์ชชิ่ง (marching), อีซี่ วอล์ค (easy walk), บาวซ์ชิ่ง (bouncing) และฮ็อปปิง (hopping)

#### คุณสมบัติ

1. ใช้เพื่อหาแรงกดของเท้าที่ทำ บนพื้นแข็งและบนมินิแทรม โพลีน
2. ทำการวิเคราะห์ด้วยระบบเอฟสแกน (F - scan system) แบบ 2 D และ 3 D ในขณะที่เคลื่อนไหว
3. เส้นกราฟที่ได้จะแสดงแรงปฏิกิริยาจากพื้น

เลขที่โครงการวิจัย..... 140-1/55  
 วันที่รับรอง..... - 2 S.A. 2555  
 - 1 S.A. 2556  
 โทษขอฯ.....

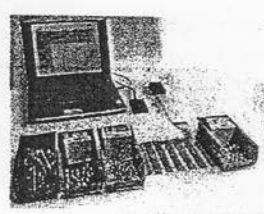




แผ่นวัดแรงกดของเท้าเฟสแกน  
(F-scan) สอดใส่ไว้ใต้พื้นรองเท้า



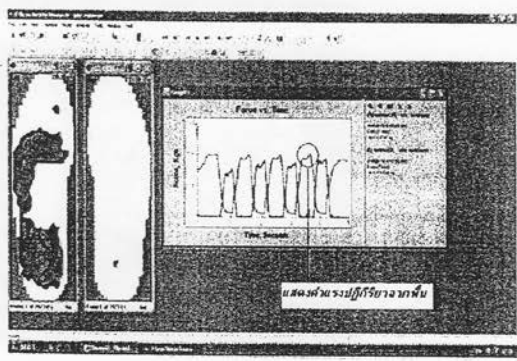
เครื่องบันทึกข้อมูล



ทำการวิเคราะห์หาค่าระบบเฟสแกน



เลขที่โครงการวิจัย 140-1/55  
วันที่รับรอง - 2 ส.ค. 2555  
วันหมดอายุ - 1 ส.ค. 2556



ภาคผนวก ค  
หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

## หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

๘

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้เข้าร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามที่ชื่อนี้ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย การเปรียบเทียบระหว่างผลของการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรม โพลีนและบนพื้นแข็ง  
ต่อการสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน

ชื่อผู้วิจัย นายวิวัส สุขแก้ว นิสิตระดับปริญญาโท แผนกวิชาสตรีวิทยาการศึกษาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย 65/42 หมู่ที่ 5 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150

โทรศัพท์มือถือ 087-5099815 E-mail: wittawatsukkeaw\_9@hotmail.com

ข้าพเจ้าได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆที่ต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยงอันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอม ตอบแบบสอบถามประวัติสุขภาพทั่วไป เข้าร่วมการออกกำลังกายตามรูปแบบที่กำหนดเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ละ 3 วันๆละ 40 นาที (วันจันทร์ วันพุธ และศุกร์) และทำการทดสอบ 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนการทดลอง และครั้งที่ 2 หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ซึ่งผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยจะเป็นผู้ดูแลการฝึกซ้อมและการทดสอบด้วยตนเองตามรายละเอียดในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย

ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า และจะทำลายเลือกทิ้งหลังสิ้นสุดการวิจัย

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย 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



เลขที่โครงการวิจัย 140.1/55

- 2 S.A. 2555

วันที่รับรอง

- 1 S.A. 2556

วันหมดอายุ

ข้าพเจ้าได้ลงมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้ารับการวิจัย และสำเนานหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว



ลงชื่อ

(.....)

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

เลขที่โครงการวิจัย 140-1/55

วันที่รับรอง - 2 ส.ค. 2555

ที่ลงนาม - 1 ส.ค. 2556

ลงชื่อ

(นายวิฑูรต์ สุขแก้ว)

ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ

(.....)

พยาน

ภาคผนวก ง  
แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย

## (Physical Active Readiness Questionnaire : PAR-Q)

สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี

โปรดอ่านอย่างละเอียดและตอบคำถามเหล่านี้ตามความเป็นจริงว่า มี/เคย หรือ ไม่มี/ไม่เคย

ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา

 เคย  ไม่เคย

1. แพทย์ที่ตรวจรักษาท่านเคยบอกหรือไม่ว่า ท่านมีความผิดปกติของหัวใจ ควรออกกำลังกายภายใต้คำแนะนำของแพทย์เท่านั้น

 เคย  ไม่เคย

2. ท่านมีความรู้สึกเจ็บปวดหรือแน่นบริเวณหน้าอกขณะที่ท่านออกกำลังกายหรือไม่

 เคย  ไม่เคย

3. ในรอบเดือนที่ผ่านมา ท่านเคยมีอาการเจ็บแน่นหน้าอก ในขณะที่อยู่เฉยๆ โดยไม่ได้ออกกำลังกายหรือไม่

 เคย  ไม่เคย

4. ท่านมีอาการสูญเสียการทรงตัว (ขึ้นหรือเดินเซ) เนื่องจากอาการวิงเวียนศีรษะหรือไม่ หรือท่านเป็นลมหมดสติหรือไม่

 เคย  ไม่เคย

5. ท่านมีปัญหาที่กระดูกหรือข้อต่อซึ่งจะมีอาการแสบลงถ้าท่านออกกำลังกายหรือไม่

 เคย  ไม่เคย

6. แพทย์ที่ตรวจรักษาท่านมีการสั่งยารักษาโรคความดันโลหิตสูงหรือความผิดปกติของหัวใจให้ท่านหรือไม่

 เคย  ไม่เคย

7. เท่าที่ท่านทราบยังมีเหตุผลอื่นๆ อีกที่ทำให้ท่านไม่สามารถออกกำลังกายได้หรือไม่

ข้าพเจ้าได้อ่านได้ทำความเข้าใจและกรอกแบบ PAR-Q ทุกคำถามด้วยความเต็มใจ

(ลงชื่อ).....

.....

วันที่...../...../.....

ลงชื่อ.....

(นาย วิทวัส สุขแก้ว)

ผู้วิจัยหลัก

**ภาคผนวก จ**  
**แบบคัดเลือกอาสาสมัคร**



42

ภาคผนวก ข



อนุมัติโครงการวิจัย 140.1/55  
 วันที่รับรอง - 2 ส.ค. 2555  
 อนุมัติโดย - 1 ส.ค. 2556

แบบคัดเลือกอาสาสมัคร

การเปรียบเทียบระหว่างผลรอกกำลังกายด้วยเครื่องเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็ง

ต้องการสายของมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และกรทรงตัวในหญิงวัยทำงาน

วันที่ทำการคัดเลือก ..... / ..... / ..... ชื่อ ..... อายุ ..... ปี

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ถูกต้อง

1. ยังคงมีประจำวันเดือนมาอย่างสม่ำเสมอหรืออาจพบวันประจำเดือนขาดหายไบบ้างบางครั้งแต่ไม่เกิน 3 เดือนติดต่อกัน  ไม่ใช่  ใช่
2. อายุระหว่าง 35-45 ปี  ไม่ใช่  ใช่
3. ดัชนีมวลกาย (BMI) ไม่เกิน 24.9 kg/m<sup>2</sup>  ไม่ใช่  ใช่
4. ไม่ดื่มหรือเลิกดื่มสุรามาแล้วมากกว่า 1 ปี  ไม่ใช่  ใช่
5. ไม่ดื่มชา และหรือกาแฟหรือดื่มไม่เกิน 2 ถ้วยมาตรฐานต่อวัน  ไม่ใช่  ใช่
6. ไม่ได้สูบบุหรี่บนทดแทน  ไม่ใช่  ใช่
7. ไม่ได้รับยาที่ส่งผลต่อกระดูก  ไม่ใช่  ใช่
8. ไม่สูบบุหรี่หรือเลิกสูบบุหรี่มาแล้วมากกว่า 1 ปี  ไม่ใช่  ใช่
9. สามารถเข้าร่วมโครงการเป็นเวลานาน 3 เดือน  ไม่ใช่  ใช่
10. มีความหนาแน่นของมวลกระดูกที่สันเท้าไม่ต่ำกว่า -2.5 SD  ไม่ใช่  ใช่
11. ต้องไม่มีประวัติการบาดเจ็บบริเวณข้อเท้ามาเป็นระยะเวลา 3 เดือน  ไม่ใช่  ใช่
12. ไม่มีปัญหากระดูกงอกที่สันเท้า  ไม่ใช่  ใช่
13. ทำการผ่าตัดกระดูกออกใช่หรือไม่  ไม่ใช่  ใช่ เมื่ออายุ.....ปี
14. ทำการผ่าตัดไขข้อออกทั้งสองข้างใช่หรือไม่  ไม่ใช่  ใช่ เมื่ออายุ.....ปี

สรุปผลการคัดเลือก  สามารถเข้าร่วมโครงการ  ไม่สามารถเข้าร่วมโครงการ

ลงชื่อผู้ดำเนินการคัดเลือก..... (ตัวบรรจง)

ปรับปรุงมาจากของ รศ.ดร.ณอมวงศกฤษณ์พีชร์, นาย มานพ ภูสุวรรณ และ นางสาว นิตากร ดันติวิบูลย์

ภาคผนวก ฉ  
แบบสอบถามสุขภาพทั่วไป



ภาคผนวก ค

แบบสอบถามประวัตินุสลาแพทัวไป

43  
 เลขที่โครงการวิจัย 140-1/3  
 วันที่รับรอง - 2 ส.ค. 2555  
 อนุมัติโดย - 1 ส.ค. 2556

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน  ที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุดและเติมรายละเอียดลงในช่องว่างต่อไปนี้

รหัส..... อายุ..... ปี อาชีพ.....

ส่วนสูงในปัจจุบัน..... เซนติเมตร

1. โรคประจำตัว  ไม่มี  โรคไต  โรคตับ  โรคความดันโลหิต  
 โรคหัวใจ  อื่นๆ โปรดระบุ.....

2. ประวัติครอบครัว เคยมีบุคคลในครอบครัวกระดูกหักจากการล้มเล็กน้อยหรือได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคกระดูกพรุนหรือไม่

มี โปรดระบุความเกี่ยวข้อง.....  ไม่มี

3. ประวัติของท่านเคยกระดูกหักจากการล้มเล็กน้อยเมื่อมีอายุระหว่าง 20 ปี-ปัจจุบัน

เคย โปรดระบุสาเหตุ.....  ไม่เคย

4. ได้รับฮอร์โมนเสริมหรือไม่

ไม่รับ  ได้รับ

รูปแบบของฮอร์โมนเพศที่ได้รับ

ยากิน  ยาทา  อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. การออกกำลังกาย

ไม่ออกกำลังกาย  ออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ  ออกกำลังกายสม่ำเสมอ

โปรดระบุชนิดของการออกกำลังกาย.....

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

6. การรับประทานแคลเซียมและผลิตภัณฑ์จากแคลเซียม

ไม่รับประทาน  รับประทานเป็นบางครั้ง  รับประทานสม่ำเสมอ

ไม่ทราบ  โปรดระบุปริมาณ..... มิลลิกรัมต่อวัน

7. การรับประทานวิตามินดีหรือรับประทานยเสริมที่มีวิตามินดี

ไม่รับประทาน  รับประทานเป็นบางครั้ง  รับประทานสม่ำเสมอ

ไม่ทราบ  โปรดระบุปริมาณ..... มิลลิกรัมต่อวัน

8. ท่านเคยใช้ข้อใดเป็นประจำในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา

- |   |  |                                    |
|---|--|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ไม่เคยใช้ข้อใดเลยเป็นประจำ | <input type="checkbox"/> โทรศัพดีอัมม  | <input type="checkbox"/> เสพฝิ่น   |
| <input type="checkbox"/> เสพ ระบุประเภท             | <input type="checkbox"/> สเลียรอยส์    | <input type="checkbox"/> ชาอันซึก  |
|   | <input type="checkbox"/> เคนราไปซอลีน  | <input type="checkbox"/> ชาลูกกลอน |
|   | <input type="checkbox"/> ชาวัณษากระสูง | <input type="checkbox"/> ไม่ทราบ   |
|   | <input type="checkbox"/> อื่นๆ.....    |                                    |

9. รายละเอียดอื่นๆ (โปรดระบุ เช่น มีกาปวดหลังและปวดเข่า เป็นต้น)



วันที่โครงการวิจัย 140-1/55  
 วันที่รับรอง - 2 S.A. 2555  
 วันหมดอายุ - 1 S.A. 2556

ลงชื่อ.....ผู้เข้าร่วมการวิจัย

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ภาคผนวก ข  
เครื่องตรวจความหนาแน่นของมวลกระดูกที่สันเท้า

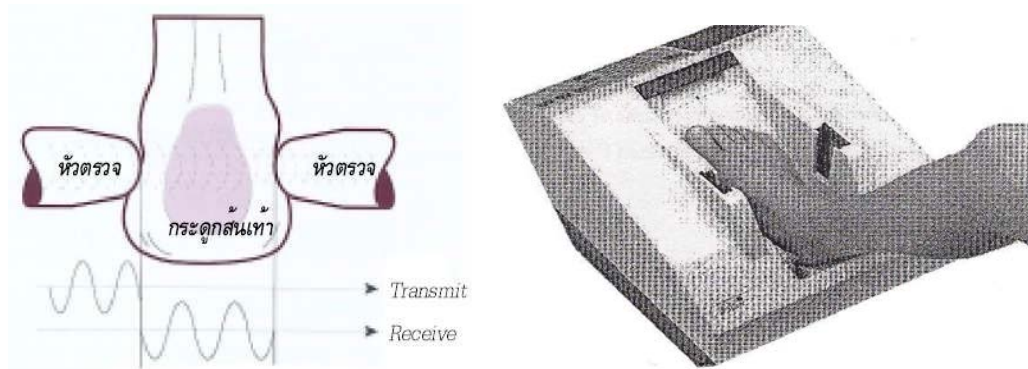
## วิธีการทดสอบความหนาแน่นของกระดูกสันเท้า

### เครื่องมือ

1. เครื่องตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูก คลื่นเสียงความถี่สูง เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า “Broadband ultrasonic attenuation (BUA)” ยี่ห้อซาฮารา (SAHARA<sup>®</sup>) ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. เก้าอี้ที่นั่งที่มีพนักพิง

### วิธีการ

1. ทำการตรวจในท่านั่ง
2. วางสันเท้าระหว่าง “Transducer” 2 ตัว ซึ่งตัวหนึ่งเป็นต้นกำเนิดเสียงให้เสียงวิ่งผ่านกระดูกสันเท้าไปยัง “Transducer” อีกตัวที่อยู่ตรงข้ามเพื่อรับสัญญาณเสียง โดยการผ่านคลื่นเสียงในระดับ 0.2-0.6 MHz ไปยังกระดูกสันเท้า (Calcaneus) ใช้เวลาในการตรวจเพียง 1-10 นาที การกำหนดค่าพารามิเตอร์คือตัวบ่งชี้ถึงความหนาแน่นของกระดูก ค่าที่ได้จะแสดงในรูปของ “T” และ “Z scores” โดยจะนำมาเปรียบเทียบกับค่าปกติโดยค่า “T-score” จะเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย (Mean) ของความหนาแน่นของมวลกระดูกสูงสุด (Peak bone mass) (ค่าปกติของคนหนุ่มสาว) ค่า “Z-score” จะเปรียบเทียบกับค่าปกติในอายุกลุ่มเดียวกัน
3. ทำการตรวจสันเท้าทั้งสองข้างแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย



บริเวณที่ทำการวัดความหนาแน่นของกระดูก ที่มา: (ดัดแปลงจาก จันทร์เต็ม เก่งสกุล, 2547)

ภาคผนวก ข  
วิธีการทดสอบค่าพื้นฐานทางสถิติวิทยา

### การเตรียมตัวของผู้ทดสอบ

1. อธิบายรายละเอียดต่างๆ ให้ผู้ทดสอบได้รับทราบก่อน
2. ผู้ทดสอบควรได้รับการแนะนำเพื่อเตรียมตัวก่อนการทดสอบดังนี้
  - 2.1 สวมใส่เสื้อผ้าที่สบาย หลวม และเหมาะสมกับการทดสอบ
  - 2.2 ตลอดช่วง 1 วันก่อนการทดสอบ ให้ดื่มน้ำอย่างเพียงพอ
  - 2.3 ให้งดอาหาร บุหรี่ สุรา หรือกาแฟ ก่อนการทดสอบ อย่างน้อยที่สุด 3 ชั่วโมง
  - 2.4 ในคืนก่อนการทดสอบ นอนหลับให้เพียงพอ (ประมาณ 6-8 ชั่วโมง)
  - 2.5 ในวันที่ทำการทดสอบ ให้งดการออกกำลังกาย หรือการเคลื่อนไหวที่ทำให้เหน็ดเหนื่อยมาก

### ลำดับการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา และสุขสมรรถนะ

1. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก
2. เครื่องวัดความสูง
3. ความดันโลหิตขณะพัก
4. องค์ประกอบของร่างกาย
5. ความอ่อนตัว
6. ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ (ลุก-นั่งเก้าอี้ 1 นาที)
7. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง ( $VO_2$  peak)

\* ก่อนเริ่มการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยนั่งพัก 5-10 นาที



## เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก

### เครื่องมือ

1. นาฬิกาเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ โพลาร์รุ่น “M53” ประเทศฟินแลนด์
2. สายคาดและเครื่องส่งสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor)

### วิธีการ

1. ให้ผู้เข้าร่วมโครงการสวมสายคาดและเครื่องส่งสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจ บริเวณใต้

รอบอกปรับขนาดให้กระชับพอเหมาะ ไม่แน่นหรือหลวมจนเกินไป

2. ผู้วิจัยกดปุ่ม “Start” ที่นาฬิกา เพื่อทำการเชื่อมต่อสัญญาณ

### การบันทึก

บันทึกผลอัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที) ที่ปรากฏบนหน้าจอนาฬิกา



## เครื่องวัดส่วนสูง

### เครื่องมือ

เครื่องวัดส่วนสูงของร่างกาย ยี่ห้อ ดีเทคโท (Detecto)

### วิธีการ

1. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบถอดรองเท้า
2. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบยืนตัวตรง ปลายเท้าชิดกัน หลังพิงตรงที่วัดหน้ามองตรง

### การบันทึก

บันทึกค่าส่วนสูงเป็นเซนติเมตร



## เครื่องวัดความดันโลหิต (Automatic blood pressure monitor)

### เครื่องมือ

เครื่องวัดความดันโลหิต แบบดิจิทัล ยี่ห้อ ออมรอน (Omron) รุ่น SEM-1 model ประเทศ

### ญี่ปุ่น

### วิธีการ

1. ให้ผู้ทดสอบนั่งสบายๆ ประมาณ 5 นาที ก่อนทำการวัด
2. ให้ผู้เข้าร่วมสวมปลอกวัดความดัน บริเวณต้นแขนเหนือข้อศอกประมาณ 1 นิ้ว ปรับขนาดให้กระชับพอเหมาะ ไม่แน่นหรือหลวมจนเกินไป

3. ผู้วิจัยกดเริ่มเครื่องวัดความดัน
4. ทำการวัดทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

### การบันทึก

ทำการบันทึกความดันขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท) ความดันขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท) และอัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที) จากการประมวลผลของเครื่องมือ



## องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition)

### เครื่องมือ

เครื่องชั่งน้ำหนักยี่ห้อ อินบอดี (InBody) รุ่น 220 ประเทศเกาหลีใต้

### วิธีการ

1. บันทึกข้อมูล อายุ ส่วนสูง และเพศของผู้เข้ารับการทดสอบ ตามโปรแกรมการทำงานของเครื่องมือ
2. ผู้เข้ารับการทดสอบถอดรองเท้าและถุงเท้า
3. ขึ้นยืนบนเครื่อง และใช้มือจับตามตำแหน่งที่กำหนด
4. หน้ามองตรง ยืนนิ่งๆ 5 วินาที

### การปฏิบัติตนก่อนการทดสอบ

1. ห้ามรับประทานน้ำจำนวนมากก่อนการทดสอบ
2. ไม่ออกกำลังกายหรือมีกิจกรรมใดที่ทำให้สูญเสียอย่างน้อย 12 ชั่วโมง เนื่องจากจะมีผลอย่างมากกับปริมาณน้ำในร่างกาย
3. ไม่ดื่มแอลกอฮอล์ ชา กาแฟ หรือเครื่องดื่มบำรุงกำลังใดๆ ก่อนการทดสอบ 24 ชั่วโมง
4. ทดสอบหลังรับประทานอาหารอย่างน้อย 2-3 ชั่วโมง
5. ปัสสาวะภายในครึ่งชั่วโมงก่อนการทดสอบ
6. ในกรณีผู้ที่เข้ารับการทดสอบเป็นผู้หญิงควรวัดในช่วงที่กลางระหว่างช่วงการมีประจำเดือน เนื่องจากเป็นช่วงที่ร่างกายจะสะสมน้ำในร่างกายน้อยที่สุด

### การบันทึก

บันทึกน้ำหนักของร่างกาย (กิโลกรัม) ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม /ตารางเมตร) กล้ามเนื้อปราศจากไขมัน (กิโลกรัม) ไขมัน (กิโลกรัม) และเปอร์เซ็นต์ไขมันของร่างกาย (เปอร์เซ็นต์) จากการประมวลผลของเครื่องมือ



## ความอ่อนตัว (flexibility)

### เครื่องมือ

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

### วิธีการ

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

### การบันทึก

บันทึกระยะทางเป็นเซนติเมตร ถ้าปลายนิ้วมือเลยปลายเท้าบันทึกค่าเป็น + ถ้าไม่ถึงปลายเท้า

ค่าเป็น – ใช้ค่าที่ดีที่สุดจากการทดสอบ 2 ครั้ง (กกท, 2545)



## ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ

### ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา

#### เครื่องมือ

1. นาฬิกาจับเวลา
2. เก้าอี้มีพนักพิง (สูงไม่เกิน 50 เซนติเมตร)

#### วิธีการ

1. ให้ผู้เข้ารับการทดลองนั่งบนเก้าอี้
2. เมื่อได้รับเสียงสัญญาณให้เริ่มทำการทดสอบ โดยทำการลุกขึ้น และนั่งต่อเนื่องกันจนครบ 1 นาที

#### การบันทึก

บันทึกจำนวนครั้งที่สามารถทำได้มากที่สุดในเวลา 1 นาที

หมายเหตุ: ดัดแปลงจาก วินเทอร์และคณะ (Winter et al., 2007)



### สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูง (Peak O<sub>2</sub> uptake, VO<sub>2</sub> peak)

#### เครื่องมือ

1. ลู่วิ่ง (treadmill) ยี่ห้อ ยี่ห้อ ไลฟ์ ฟิตเนส (life fitness) รุ่น เก้าห้าที (95T) ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (heart monitor)
3. เกณฑ์การทดสอบของบอลกี (modified Balke treadmill test)
4. ตารางความหนักของการออกกำลังกาย (Rating of Perceived Exertion: RPE)
5. คำนวณอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด HRmax = 220-อายุ

#### วิธีการ

1. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบใส่เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ
2. อธิบายลำดับขั้นการทดสอบ
3. เริ่มทดสอบโดยปรับความเร็ว และความชันจากขั้นที่ 1 ตามวิธีการของบอลกี
4. เมื่อผ่านการทดสอบแต่ละขั้นทำการทดสอบตามระดับความเหนื่อยจากตารางแสดงความหนักของการออกกำลังกาย (RPE)
5. ทำการหยุดทดสอบเมื่อผู้เข้ารับการทดลองเหนื่อยจนไม่สามารถทดสอบต่อได้อีกหรืออัตราการหัวใจถึงระดับ 80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด
6. ผ่อนคลายร่างกาย 5 นาที

#### การบันทึก

ทำการบันทึกผลสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงในขั้นที่ผู้เข้ารับการทดลองสามารถทำได้ครบ 2 นาที โดยใช้เกณฑ์ของบอลกี



การทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนโดยวิธีบอลก์ (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 W.D., Katch F.I., and Katch V.L., 2000; ACSM's, 2006; Froelicher V.F., and Myers J., 2007)



ตารางแสดงระดับความหนักของการออกกำลังกาย (RPE)

ตารางแสดงระดับความหนักของการออกกำลังกาย  
Rating of Perceived Exertion (RPE)

ระดับความหนัก (Scale)	ระดับความรู้สึก	
20		
19	Very very hard	หนักมากมาก
18		
17	Very hard	หนักมาก
16		
15	Hard	หนัก
14		
13	Somewhat hard	ค่อนข้างหนัก
12		
11	Fairly light	ปานกลาง
10		
9	Very light	เบามาก
8		
7	Very very light	เบามากมาก

คัดลอกจาก ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription ed. 7  
หน้า 100

(ที่มา: McArdle W.D., Katch F.I., and Katch V.L., 2000; Froelicher V.F., and Myers J., 2007)

**ภาคผนวก ฅ**  
**แบบทดสอบการทรงตัว (Time Up and Go Test)**

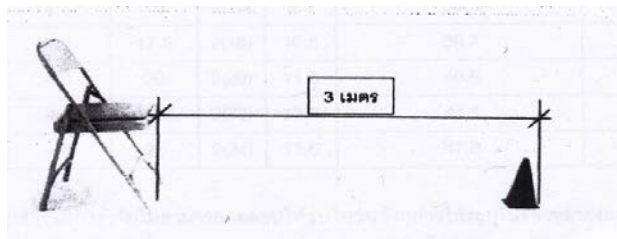
### แบบทดสอบการทรงตัว (Time Up and Go Test)

เป็นการทดสอบการทรงตัวในเชิงปริมาณการเคลื่อนไหว โดยใช้การบันทึกเวลาในหน่วยวินาที

#### เครื่องมือ

1. ตลับเมตร หรือสายวัด
2. เก้าอี้ที่ไม่มีที่เท้าแขน ความสูงของที่นั่งประมาณ 17 นิ้ว หรือประมาณ 43 เซนติเมตร  
(เทียบจาก 1 นิ้ว เท่ากับ 2.54 เซนติเมตร)

3. กรวย
4. นาฬิกาจับเวลา
5. ทางเดินความยาว 3 เมตร



#### วิธีการ

ให้ผู้ทดสอบลุกขึ้นยืนจากทำนั่งเก้าอี้ เดินเป็นระยะทาง 3 เมตร จากนั้นหมุนตัวเดินกลับมา นั่งบนเก้าอี้เดิม ทำการบันทึกเวลาตั้งแต่เริ่มให้สัญญาณให้ผู้ลุกจากเก้าอี้จนผู้ถูกทดสอบกลับมา นั่งบนเก้าอี้อีกครั้ง โดยพยายามให้ผู้ถูกทดสอบทำให้เร็วที่สุดแต่มีความปลอดภัย

#### การบันทึก

ทำการทดสอบจำนวน 2 ครั้ง และบันทึกเวลาของผู้ถูกทดสอบ โดยให้นำเอาครั้งที่ทำได้ดีที่สุดมาบันทึก

#### การประเมินการทรงตัวจากเวลาที่บันทึกค่าได้

$\leq 10$  วินาที = ปกติ

$\leq 20$  วินาที = ยังมีความสามารถในการเคลื่อนไหวได้ดี

$< 30$  วินาที = มีปัญหา ไม่สามารถเดินภายนอกได้ ควรมีอุปกรณ์ช่วยเดิน

(ที่มา: Podsiadlo D, and Richardson S, 1991; and Shumway Cook-A, Brauer S, and Woollacott M, 2000)

ภาคผนวก ๑  
มินิแตรampoline (Mini trampoline)

## ส่วนประกอบ

1. มินิแทรมโพลีน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.22 เมตร ยี่ห้อ คอนทริกซ์ (Contrix<sup>®</sup>) ของบริษัท โรงงาน ฟุตบอลไทย สปอร์ตติ้ง กู๊ดส์ จำกัด

2. ขาตั้งมินิแทรมโพลีนทำด้วยเหล็กทั้งหมด 8 ตัว สูงจากพื้น 21.5 เซนติเมตร

3. สปริงยึดความมั่นคงและเพิ่มความยืดหยุ่น 44 ตัว

4. แผ่นรองมินิแทรมโพลีนทอสานด้วยเส้นใยในล่อนมีความยืดหยุ่นและความทนทานสูง

## คุณสมบัติ

ความยืดหยุ่นของแผ่นรองมินิแทรมโพลีนจะขึ้นอยู่กับจำนวนของสปริง ถ้าน้ำหนักตัวและความแข็งแรงของผู้กระโดดมากความยืดหยุ่นของสปริงก็จะมากตาม ขาตั้งของมินิแทรมโพลีนมีความมั่นคงแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 100 กิโลกรัม



ภาคผนวก ฎ  
การทดสอบแรงกดของแท็บนิไตรมโพลีนและพื้นแข็ง

## อุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบแรงกดของเท้าเอฟสแกนดาต้ารีล่องเจอร์ -นิว (F-scan datalogger – new) จากประเทศสหรัฐอเมริกา
2. แผ่นวัดแรงกดของเท้าเอฟสแกน (F-scan) โดยจะทำการตัดให้พอดีกับรองเท้า

## วิธีการ

1. จะทำการวัดค่ามาตรฐาน (calibration) ก่อนของแต่ละคน โดยทำการยืนขาเดียวทั้งขาซ้ายและขาขวาก่อนที่จะทำการทดสอบ ค่าที่ได้จะเป็นแรงกดของเท้าซึ่งจะเท่ากับน้ำหนักตัวของผู้ทดลอง

## ทดลอง

2. ทำการวัดโดยใส่แผ่นเอฟสแกน (F-scan) เข้าไปในรองเท้า
3. จะทำการวัดอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่มคือกลุ่มที่เดินแอโรบิกบนพื้นมินิแทรมโพลีนและพื้นแข็ง โดยการเลือกแบบเจาะจง ที่สวมรองเท้าเบอร์ 5 หรือ เบอร์ 6 ได้ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานของผู้หญิง เนื่องจากแผ่นวัดแรงกดมีราคาค่อนข้างสูงซึ่งตกคู่ละ 7,700 บาท
4. ค่าที่ได้จะออกมาในลักษณะเป็นเส้นกราฟ และดูค่าที่จุดสูงสุดของเส้นกราฟ
5. จะทำการวัดท่าเดินหลัก 4 ท่า ในแต่ละท่าได้แก่ มาร์ชชิ่ง (marching), อีซี วอร์ค (easy walk), บาวซ์ ชิ่ง (bouncing) และฮ็อปปิง (hopping)

## คุณสมบัติ

1. ใช้เพื่อหาแรงกดของเท้าที่ทำ บนพื้นแข็งและบนมินิแทรมโพลีน
2. ทำการวิเคราะห์ด้วยระบบเอฟสแกน (F - scan system) แบบ 2 D และ 3 D ในขณะที่เคลื่อนไหว
3. เส้นกราฟที่ได้จะแสดงแรงปฏิกิริยาจากพื้น

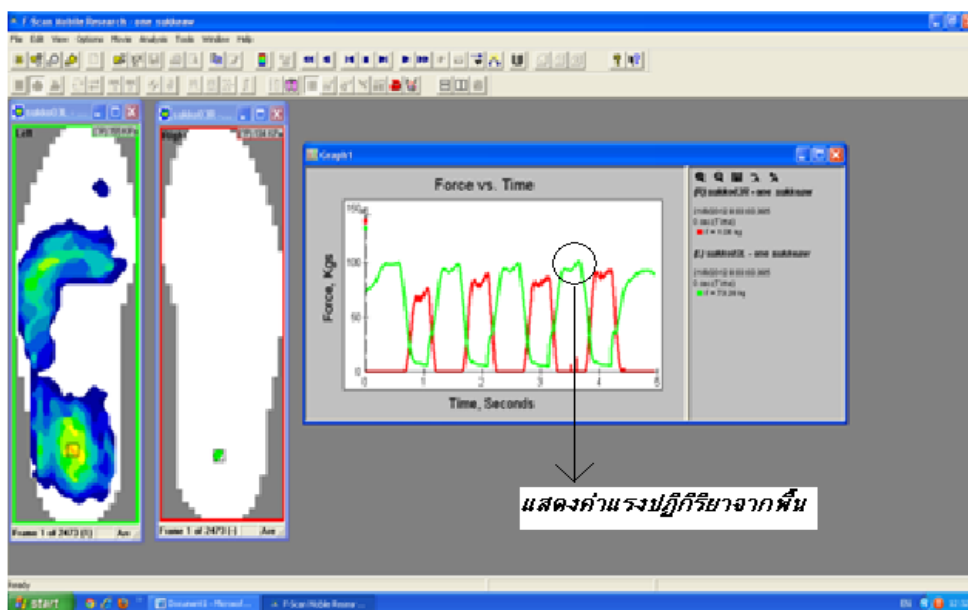


แผ่นวัดแรงกดของเท้าเอฟสแกน  
(F-scan) สอดใส่ไว้ใต้พื้นรองเท้า

เครื่องบันทึกข้อมูล

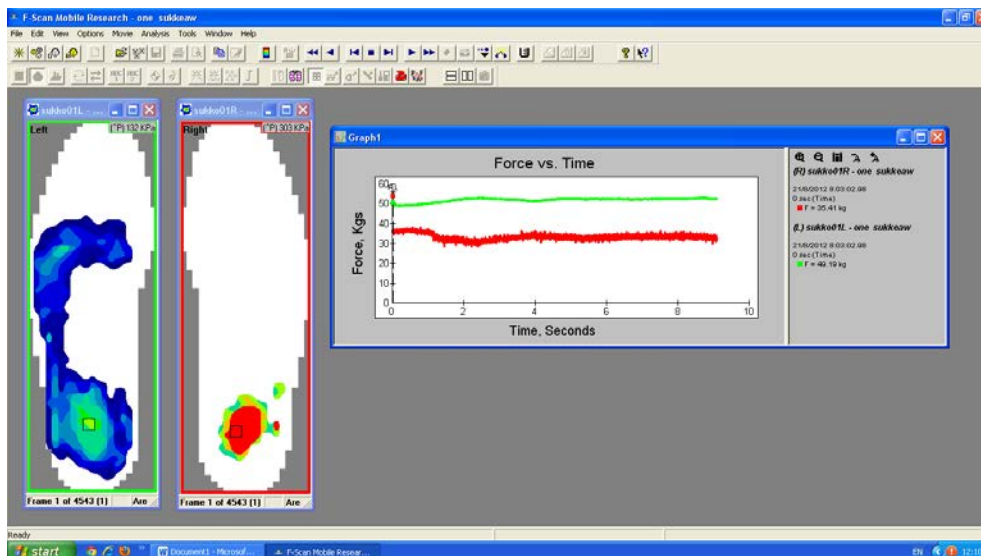


ทำการวิเคราะห์ด้วยระบบเอฟสแกน

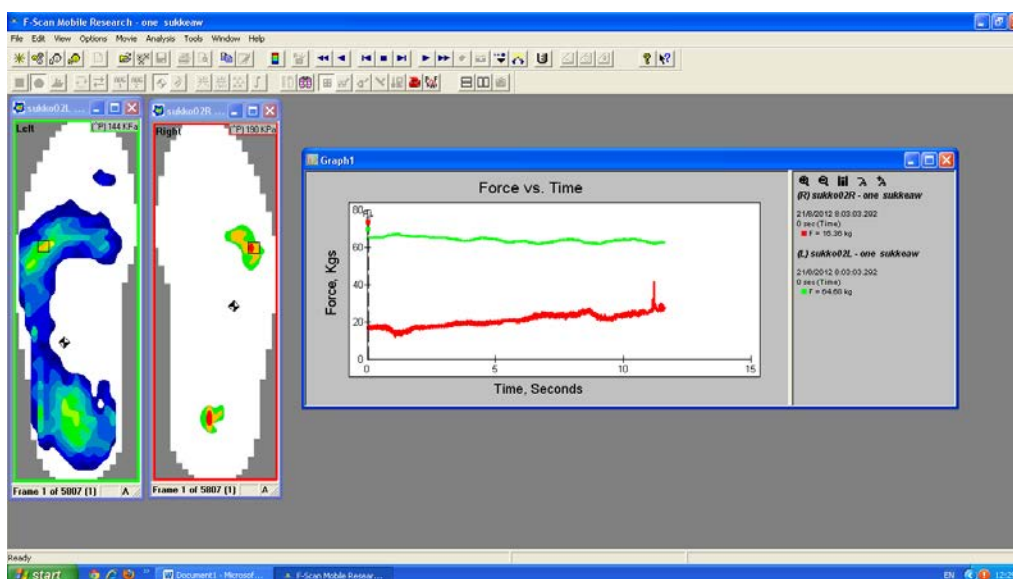




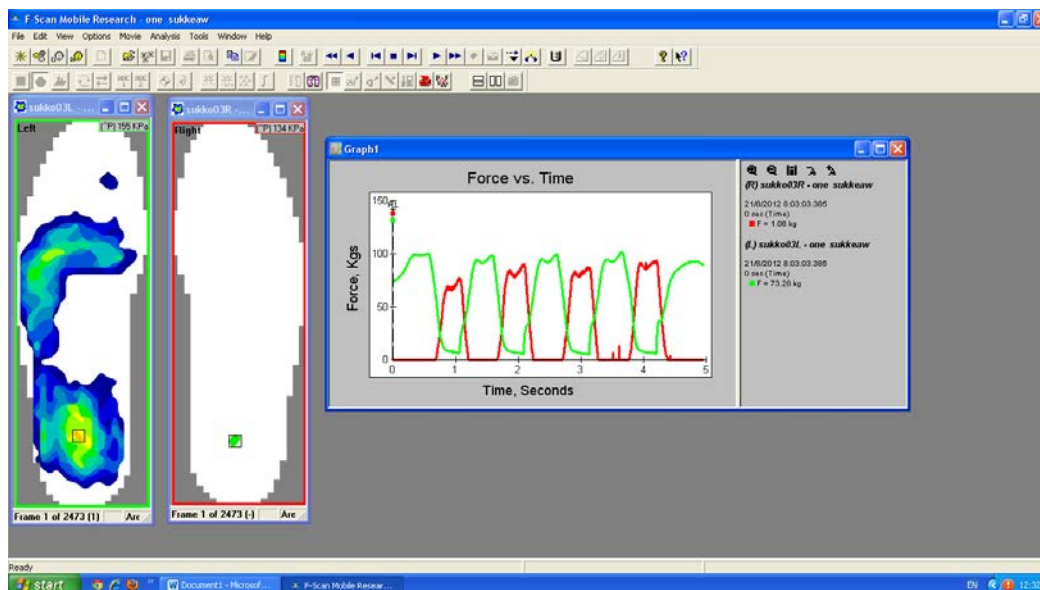
กราฟที่ได้จากการทดสอบก่อนการทดลองโดยใช้เครื่องทดสอบแรงกดของเท้าโดยใช้  
เครื่องเอฟสแกนด้าร์ลอคเจอร์-นิว



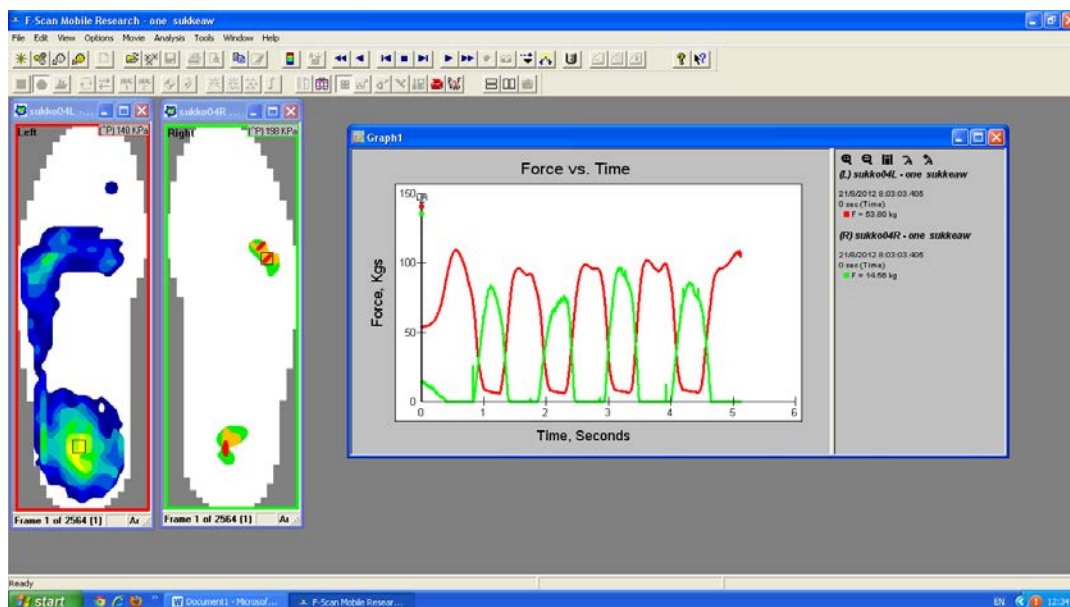
ภาพที่ 1 แสดงกราฟของการยืนอยู่กับที่บนพื้นแข็ง (สีเขียวคือเท้าซ้าย,สีแดงคือเท้าขวา)



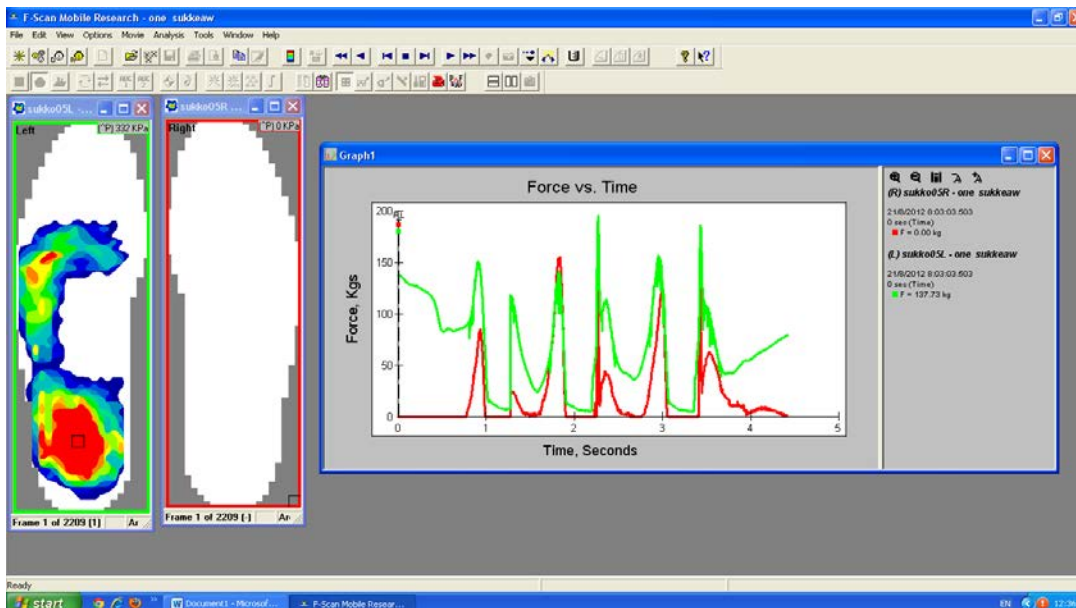
ภาพที่ 2 แสดงกราฟของการยืนอยู่กับที่บนมินิแทรมโพลีน (สีเขียวคือเท้าซ้าย,สีแดงคือเท้าขวา)  
-เมื่อยืนอยู่บนมินิแทรมโพลีนจะมีการทรงตัวอยู่ด้วยรวมถึงกล้ามเนื้อขาต้องออกแรงมากขึ้นเพื่อให้  
ร่างกายอยู่นิ่งทำให้กราฟมีลักษณะไม่คงที่เหมือนกับยืนอยู่บนพื้นแข็ง



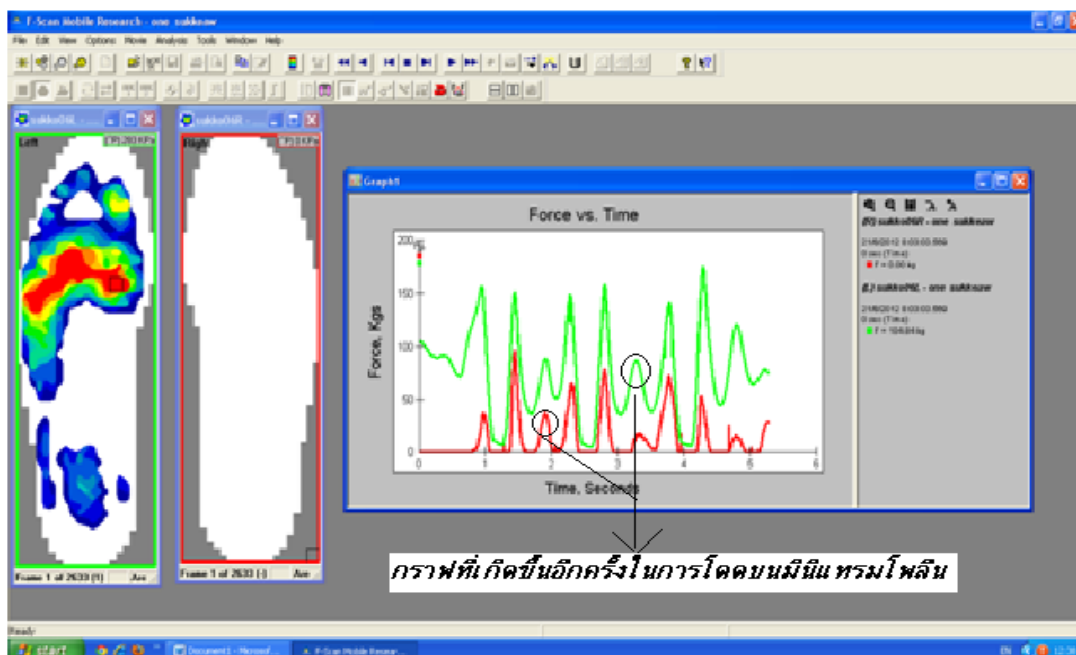
ภาพที่ 3 แสดงกราฟของการย้ายอยู่กับที่บนพื้น (สีเขียวคือเท้าซ้าย,สีแดงคือเท้าขวา)  
-เมื่อย้ายอยู่กับที่บนพื้นแข็งกราฟที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงแรงปฏิกิริยาจากพื้น โดยดูจากจุดสูงสุดของกราฟ



ภาพที่ 4 แสดงกราฟของการย้ายอยู่กับที่บนมินิแตรมโพลีน (สีแดงคือเท้าซ้าย,สีเขียวคือเท้าขวา)  
-เมื่อย้ายอยู่กับที่บนมินิแตรมโพลีนกราฟที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงแรงปฏิกิริยาจากพื้น โดยดูจากจุดสูงสุดของกราฟพบว่ากราฟที่ได้จะไม่แตกต่างกันไปมาจากบนพื้นแข็งแต่จะแตกต่างกันที่เมื่อย้ายอยู่บนมินิแตรมโพลีนจะต้องอาศัยการทรงตัวเข้ามาช่วย



ภาพที่ 5 แสดงกราฟของการกระโดดบนพื้นแข็ง (สีเขียวคือเท้าซ้าย,สีแดงคือเท้าขวา)  
-จะเห็นว่ากราฟจะมีลักษณะแสดงให้เห็นถึงขณะที่ลอยตัวและแรงกดของพื้นแข็งอย่างชัดเจน



ภาพที่ 6 แสดงกราฟของการกระโดดบนมินิแทรมโพลีน (สีเขียวคือเท้าซ้าย,สีแดงคือเท้าขวา)  
-จะเห็นว่ากราฟจะมีลักษณะต่างจากการกระโดดบนพื้นแข็งโดยที่กราฟจะเกิดขึ้นอีก 1 กราฟ ในระหว่างที่กำลังจะ โดดขึ้นอีกครั้ง นั่นคือกราฟที่เกิดขึ้นจากการดึงขึ้นของมินิแทรมโพลีนและทำให้ร่างกายต้องมีการทรงตัวเพิ่มมากขึ้นจากเดิม

ภาคผนวก ก

แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาและสุขสมรรถนะ

ลำดับที่.....ครั้งที่..... วันที่ทดสอบ.....  
 อายุ.....ปี ส่วนสูง.....เซนติเมตร

ก่อนการทดสอบ-นั่งพักเป็นเวลา 5 นาทีเพื่อทำการทดสอบดังต่อไปนี้

อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก .....ครั้ง/นาที ความดันโลหิตขณะพัก.....มม.

ปรอท

น้ำหนัก.....กก. ดัชนีมวลกาย.....กก./ตร.ม. มวลกล้ามเนื้อปราศจากไขมัน.....

กก.

ไขมัน.....กก. เปอร์เซ็นต์ไขมัน..... % ความอ่อนตัว.....ซม.

ลูก-นั่งเก้าอี้ 1 นาที .....ครั้ง สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด.....มล./กก./นาที

วิธี Modified Balke treadmill test

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

ลำดับขั้น	ความเร็ว (กม./ชม.)	ความชัน (%)	เวลา (นาที)	METs	สมรรถภาพ การใช้ ออกซิเจน (มล./กก./ นาที)	RPE	หมายเหตุ
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		

\* กรณีผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สามารถทดสอบให้จบในขั้นดังกล่าวให้ระบุในช่องหมายเหตุว่าสามารถทำการทดสอบได้นานเท่าไรในขั้นดังกล่าว และให้ระบุ HR max ในขั้นที่สามารถทำการทดสอบได้ด้วย

ภาคผนวก ฐ  
แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบสารชีวเคมีของกระดูก และการทรงตัว

**แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบสารชีวเคมีของกระดูก และการทรงตัว**

\*ลำดับที่.....ครั้งที่.....วันที่ทดสอบ.....

**แบบบันทึกสารชีวเคมีของกระดูก**

**1. สารชีวเคมีในเลือด**

ค่าที่วัด	ผลการทดสอบ
เบต้าครอสแล็ป ( $\beta$ -CrossLaps) (ng/ml)	
พิววันเอ็นพี (PINP) (ng/ml)	

**2. ความสามารถในการทรงตัว.....วินาที**

\* ลำดับที่ 1-25 กลุ่มเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน\* ลำดับที่ 25-50 กลุ่มเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง \* ลำดับที่ 50-75 กลุ่ม  
ควบคุม



ภาคผนวก ๓

โปรแกรมการเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีและบนพื้นแข็ง

## (aerobic dance exercise program on mini trampoline and hard surface)

ความหนักของงานอยู่ที่ระหว่าง 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

## โปรแกรมการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแตรampoline

สัปดาห์ที่ 1-2 เป็นช่วงของการปรับตัว และสร้างความคุ้นเคยกับการออกกำลังกาย

บนมินิแตรampoline โดยใช้จังหวะเพลง 120 จังหวะ/นาที

สัปดาห์ที่ วัน	กิจกรรม	รายละเอียด (สัปดาห์ที่ 1-2)	ระยะเวลา	จังหวะ ดนตรี	ความ หนัก ของงาน
1-2 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงอบอุ่น ร่างกาย (warm up)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบ ลงน้ำหนักรวมทั้งบริหารข้อต่อต่างๆ แบ่งเป็นนาทีที่ 1-5 เป็นท่าชุดสำหรับ การอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ นาทีที่ 6- 10 เป็นท่าชุดอบอุ่นร่างกายบนมินิ แตรampoline ซึ่งเป็นชุดท่าเต้นทั้ง 2 ชุด	10 นาที	110 จังหวะ/ นาที	
1-2 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงการฝึก (aerobic phase)	-ทักษะการเคลื่อนไหวแบบลงน้ำหนัก บนมินิแตรampoline เป็นชุดท่าเต้น ทั้งหมด 3 ชุด เริ่มจากนาทีที่ 10-30	20 นาที	120 จังหวะ/ นาที	60-65% ของ อัตรา การเต้น หัวใจ สูงสุด
1-2 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงผ่อน คลาย กล้ามเนื้อ (cool down)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบ ลงน้ำหนัก แบ่งเป็นนาทีที่ 30-35 เป็น ท่าชุดสำหรับผ่อนคลายกล้ามเนื้อบน มินิแตรampoline นาทีที่ 36-40 เป็นท่ายืด เหยียดกล้ามเนื้อบนพื้นเรียบ ซึ่งเป็นชุด ท่าเต้น 1 ชุดและชุดท่ายืดเหยียด กล้ามเนื้อ 1 ชุด	10 นาที	110 จังหวะ/ นาที	

สัปดาห์ที่ 3-7 ควบคุมจังหวะการเคลื่อนไหวโดยใช้จังหวะเพลง 130-135 จังหวะ/นาที และ ควบคุมความหนักของอัตราการเต้นของหัวใจให้อยู่ที่ 60-70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

สัปดาห์ที่ วัน	กิจกรรม	รายละเอียด (สัปดาห์ที่ 3-7)	ระยะเวลา	จังหวะ/ ดนตรี	ความ หนัก ของงาน
3-7 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงอบอุ่น ร่างกาย (warm up)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบ ลงน้ำหนักรวมทั้งบริหารข้อต่อต่างๆ แบ่งเป็นนาทีที่ 1-5 เป็นท่าชุดสำหรับ การอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ นาทีที่ 6- 10 เป็นท่าชุดอบอุ่นร่างกายบนมินิ แทรมโพลีนซึ่งเป็นชุดทำเดินทั้ง 2 ชุด	10 นาที	110 จังหวะ/ นาที	
3-7 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงการฝึก (aerobic phase)	-ทักษะการเคลื่อนไหวแบบลงน้ำหนัก บนมินิแทรมโพลีน เป็นชุดทำเดิน ทั้งหมด 3 ชุด เริ่มจากนาทีที่ 10-30	20 นาที	130-135 จังหวะ/ นาที	65-75% ของ อัตรา การเต้น หัวใจ สูงสุด
3-7 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงผ่อน คลาย กล้ามเนื้อ (cool down)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบ ลงน้ำหนัก แบ่งเป็นนาทีที่ 30-35 เป็น ท่าชุดสำหรับผ่อนคลายกล้ามเนื้อบน มินิแทรมโพลีน นาทีที่ 36-40 เป็นท่ายืด เหยียดกล้ามเนื้อบนพื้นเรียบ ซึ่งเป็นชุด ทำเดิน 1 ชุดและชุดทำยืดเหยียด กล้ามเนื้อ 1 ชุด	10 นาที	110 จังหวะ/ นาที	

สัปดาห์ที่ 8-12 ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น สามารถที่จะควบคุมท่าทางการเคลื่อนไหวได้เป็นอย่างดีจึงได้เพิ่มชุดท่าเดินเป็น 5 ชุด จังหวะของการเคลื่อนไหวโดยใช้จังหวะเพลง 140 จังหวะ/นาที และควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจให้อยู่ที่ 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

สัปดาห์ที่ วัน	กิจกรรม	รายละเอียด (สัปดาห์ที่ 8-12)	ระยะเวลา	จังหวะ ดนตรี	ความ หนัก ของงาน
8-12 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงอบอุ่น ร่างกาย (warm up)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบ ลงน้ำหนักรวมทั้งบริหารข้อต่อต่างๆ แบ่งเป็นนาทีที่ 1-5 เป็นท่าชุดสำหรับ การอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ นาทีที่ 6- 10 เป็นท่าชุดอบอุ่นร่างกายบนมินิ แตรมโพลีนซึ่งเป็นชุดท่าเดินทั้ง 2 ชุด	10 นาที	110 จังหวะ/ นาที	
8-12 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงการฝึก (aerobic phase)	-ทักษะการเคลื่อนไหวแบบลงน้ำหนัก บนมินิแตรมโพลีน เป็นชุดท่าเดิน ทั้งหมด 5 ชุด เริ่มจากนาทีที่ 10-30	20 นาที	140 จังหวะ/ นาที	60-80% ของ อัตรา การเต้น หัวใจ สูงสุด
8-12 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงผ่อน คลาย กล้ามเนื้อ (cool down)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบ ลงน้ำหนัก แบ่งเป็นนาทีที่ 30-35 เป็น ท่าชุดสำหรับผ่อนคลายกล้ามเนื้อบน มินิแตรมโพลีน นาทีที่ 36-40 เป็นท่ายืด เหยียดกล้ามเนื้อบนพื้นเรียบ ซึ่งเป็นชุด ท่าเดิน 1 ชุดและชุดท่ายืดเหยียด กล้ามเนื้อ 1 ชุด	10 นาที	110 จังหวะ/ นาที	

### โปรแกรมการฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง

สัปดาห์ที่ 1-2 เป็นช่วงของการปรับตัว และสร้างความคุ้นเคยกับการออกกำลังกายบนพื้นแข็ง โดยใช้จังหวะเพลง 120 จังหวะ/นาที

สัปดาห์ที่ วัน	กิจกรรม	รายละเอียด (สัปดาห์ที่ 1-2)	ระยะเวลา	จังหวะ ดนตรี	ความ หนัก ของงาน
1-2 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงอบอุ่น ร่างกาย (warm up)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบ ลงน้ำหนักรวมทั้งบริหารข้อต่อต่างๆ แบ่งเป็นนาทีที่ 1-10 เป็นท่าชุดสำหรับ การอบอุ่นร่างกายบนพื้นแข็ง ประกอบด้วย 9 ท่า	10 นาที	110 จังหวะ/ นาที	
1-2 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงการฝึก (aerobic phase)	-ทักษะการเคลื่อนไหวแบบลงน้ำหนัก บนพื้นแข็ง เป็นชุดท่าเดินทั้งหมด 3 ชุด เริ่มจากนาทีที่ 10-30	20 นาที	120 จังหวะ/ นาที	60-65% ของ อัตรา การเดิน หัวใจ สูงสุด
1-2 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงผ่อน คลาย กล้ามเนื้อ (cool down)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบ ลงน้ำหนัก แบ่งเป็นนาทีที่ 30-35 เป็น ท่าชุดสำหรับผ่อนคลายกล้ามเนื้อบน พื้นแข็ง นาทีที่ 36-40 เป็นท่ายืดเหยียด กล้ามเนื้อบนพื้นแข็ง ซึ่งเป็นชุดท่าเดิน 1 ชุดและชุดท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อ 1 ชุด	10 นาที	110 จังหวะ/ นาที	

สัปดาห์ที่ 3-7 ควบคุมจังหวะการเคลื่อนไหวโดยใช้จังหวะเพลง 130-135 จังหวะ/นาที และ ควบคุมความหนักของอัตราการเต้นของหัวใจให้อยู่ที่ 60-70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

สัปดาห์ที่ วัน	กิจกรรม	รายละเอียด (สัปดาห์ที่ 3-7)	ระยะเวลา	จังหวะ ดนตรี	ความ หนัก ของงาน
3-7 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงอบอุ่น ร่างกาย (warm up)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบ ลงน้ำหนักรวมทั้งบริหารข้อต่อต่างๆ แบ่งเป็นนาทีที่ 1-10 เป็นท่าชุดสำหรับ การอบอุ่นร่างกายบนพื้นแข็ง ประกอบด้วย 9 ท่า	10 นาที	110 จังหวะ/ นาที	
3-7 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงการฝึก (aerobic phase)	-ทักษะการเคลื่อนไหวแบบลงน้ำหนัก บนมินิแทรมโพลีน เป็นชุดท่าเดิน ทั้งหมด 3 ชุด เริ่มจากนาทีที่ 10-30	20 นาที	130-135 จังหวะ/ นาที	65-75% ของ อัตรา การเต้น หัวใจ สูงสุด
3-7 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงผ่อน คลาย กล้ามเนื้อ (cool down)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบ ลงน้ำหนัก แบ่งเป็นนาทีที่ 30-35 เป็น ท่าชุดสำหรับผ่อนคลายกล้ามเนื้อบน พื้นแข็ง นาทีที่ 36-40 เป็นท่ายืดเหยียด กล้ามเนื้อบนพื้นแข็ง ซึ่งเป็นชุดท่าเดิน 1 ชุดและชุดท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อ 1 ชุด	10 นาที	110 จังหวะ/ นาที	

สัปดาห์ที่ 8-12 ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น สามารถที่จะควบคุมท่าทางการเคลื่อนไหวได้เป็นอย่างดีจึงได้เพิ่มชุดท่าเดินเป็น 5 ชุด จังหวะของการเคลื่อนไหวโดยใช้จังหวะเพลง 140 จังหวะ/นาที และควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจให้อยู่ที่ 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

สัปดาห์ที่ วัน	กิจกรรม	รายละเอียด (สัปดาห์ที่ 8-12)	ระยะเวลา	จังหวะ ดนตรี	ความ หนัก ของงาน
8-12 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงอบอุ่น ร่างกาย (warm up)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบ ลงน้ำหนักรวมทั้งบริหารข้อต่อต่างๆ แบ่งเป็นนาทีที่ 1-10 เป็นท่าชุดสำหรับการ การอบอุ่นร่างกายบนพื้นแข็ง ประกอบด้วย 9 ท่า	10 นาที	110 จังหวะ/ นาที	
8-12 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงการฝึก (aerobic phase)	-ทักษะการเคลื่อนไหวแบบลงน้ำหนัก บนมินิแทรมโพลีน เป็นชุดท่าเดิน ทั้งหมด 5 ชุด เริ่มจากนาทีที่ 10-30	20 นาที	140 จังหวะ/ นาที	60-80% ของ อัตรา การเต้น หัวใจ สูงสุด
8-12 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงผ่อน คลาย กล้ามเนื้อ (cool down)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบ ลงน้ำหนัก แบ่งเป็นนาทีที่ 30-35 เป็น ท่าชุดสำหรับผ่อนคลายกล้ามเนื้อบน พื้นแข็ง นาทีที่ 36-40 เป็นท่ายืดเหยียด กล้ามเนื้อบนพื้นแข็ง ซึ่งเป็นชุดท่าเดิน 1 ชุดและชุดท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อ 1 ชุด	10 นาที	110 จังหวะ/ นาที	

## รายละเอียดการฝึกต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็ง

### (conformation aerobic dance training on mini trampoline and hard surface)

#### รูปแบบการฝึกต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน

**ช่วงที่ 1 ช่วงอบอุ่นร่างกาย (warm up)** ใช้การเคลื่อนไหวเป็นเวลา 10 นาที ใช้จังหวะเพลง 110 จังหวะต่อนาที แบ่งเป็นนาทีที่ 1-5 เป็นท่าชุดสำหรับการอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ นาทีที่ 6-10 เป็นท่าชุดอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีนซึ่งเป็นชุดท่าเต้นทั้ง 2 ชุด ได้แก่

ท่าชุดการอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ มีท่าทางการออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกาย ได้แก่

1. มาร์ชชิ่ง (marching)
2. วอร์ค ฟอว์เวิร์ด (walk forward)
3. ทู สเต็ป (two step)
4. อีซี วอร์ค (easy walk)

ท่าชุดอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีน มีท่าทางการออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกาย ได้แก่

1. มาร์ชชิ่ง (marching)
2. ฮีล ทัทช์ (heel touch)
3. ไซด์ แท็ป (side tap)
4. แบ็ค แท็ป (back tap)
5. เบาซิ่ง (bouncing)
6. ฮีปป์ (hopping)

**ช่วงที่ 2 ช่วงออกกำลังกาย (aerobic exercise)** ใช้การเคลื่อนไหวเป็นเวลา 20 นาที ใช้จังหวะเพลง 120-140 จังหวะต่อนาที ที่ระดับความหนัก 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด มีท่าชุดสำหรับการออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีนจากนาทีที่ 10-30 ซึ่งเป็นชุดท่าเต้นทั้งหมด 5 ชุด ได้แก่

**ท่าชุดที่ 1** มีท่าทางการออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกาย ได้แก่

1. อีซี วอร์ค (easy walk)
2. เล็ก เคอ (leg curl)
3. แมมโบ้ (mambo)
4. ซิงเกิล ดับเบิลนีส์ อัฟ (single double knee up)



5. สเต็ป ทัช (step touch)

**ท่าชุดที่ 2** มีท่าทางการออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกายได้แก่

1. เบบี้ แมมโบ้ (baby mambo)
2. ล็อก แบ็ค (lock back)
3. อีซี วอล์ค (easy walk)
4. แมมโบ้ดับเบิ้ล นีย์ (mambo double knee)
5. สเต็ป ทัช (step touch)

**ท่าชุดที่ 3** มีท่าทางการออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกายได้แก่

1. แบ็ค แท็ป (back tap)
2. ไซด์ แท็ป (side tap)
3. ดับเบิ้ลนีย์ มาร์ชชิ่ง (double knee marching)
4. อีซี วอล์ค (easy walk)

**ท่าชุดที่ 4** มีท่าทางการออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกายได้แก่

1. ฮีล ทัช (heel touch)
2. มาร์ชชิ่ง (marching)
3. เบาซิ่ง (bouncing)
4. ฮีปป์ ปิ้ง (hopping)

**ท่าชุดที่ 5** มีท่าทางการออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกาย ได้แก่

1. แมมโบ้ (mambo)
2. อีซี วอล์ค (easy walk)
3. เล็ก เคอ (leg curl)
4. ดับเบิ้ลนีย์ มาร์ชชิ่ง (double knee marching)

**ช่วงที่ 3 ช่วงคลายอุ่นและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (cool down and stretching)** ใช้การ

เคลื่อนไหวเป็นเวลา 10 นาที ใช้จังหวะเพลง 110 จังหวะต่อนาที โดยแบ่งเป็นนาทีที่ 30-35 เป็นท่าชุดสำหรับผ่อนคลายกล้ามเนื้อบนมินิแทรมโพลีน นาทีที่ 36-40 เป็นท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อบนพื้นเรียบ ซึ่งเป็นชุดท่าเดิน 1 ชุดและชุดท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อ 1 ชุด ได้แก่

ท่าชุดคลายอุ้งกล้ามเนื้อบนมินิแตรมโพลีน มีท่าทางการออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกายได้แก่

1. มาร์ชซิ่ง (marching)
2. ฮีล ทัช (heel touch)
3. ไซด์ แท็ป (side tap)
4. แบ็ค แท็ป (back tap)

ชุดท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อบนพื้นเรียบ ได้แก่

- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 1. กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstring)  | 2. กล้ามเนื้อน่อง (gastrocnemius)  |
| 3. กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps) | 4. กล้ามเนื้อสะโพก (gluteus)       |
| 5. กล้ามเนื้อหัวไหล่ (deltoid)          | 6. กล้ามเนื้ออก (pectoralis major) |
| 7. กล้ามเนื้อต้นคอ (neck)               |                                    |

### รูปแบบการฝึกต้นแอโรบิกบนพื้นแข็ง

**ช่วงที่ 1 ช่วงอบอุ่นร่างกาย (warm up)** ใช้การเคลื่อนไหวเป็นเวลา 10 นาที ใช้จังหวะเพลง 110 จังหวะต่อนาที หน้าที่ 1-10 เป็นท่าชุดสำหรับการอบอุ่นร่างกายบนพื้นแข็ง

ท่าชุดการอบอุ่นร่างกายบนพื้นแข็ง มีท่าทางการออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกาย ได้แก่

1. มาร์ชชิ่ง (marching)
2. วอร์ค ฟอว์เวด (walk forward)
3. ทุ สเต็ป (two step)
4. อีซี วอร์ค (easy walk)
5. ฮีล ทัช (heel touch)
6. ไซด์ แท็ป (side tap)
7. แท็ป แบ็ค (back tap)
8. เบาซิง (bouncing)
9. ฮีปป์ (hopping)

**ช่วงที่ 2 ช่วงออกกำลังกาย (aerobic exercise)** ใช้การเคลื่อนไหวเป็นเวลา 20 นาที ใช้จังหวะเพลง 120-140 จังหวะต่อนาที ที่ระดับความหนัก 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด มีท่าชุดสำหรับการออกกำลังกายบนพื้นแข็งจากหน้าที่ 10-30 ซึ่งเป็นชุดท่าเต้นทั้งหมด 5 ชุด ได้แก่

**ท่าชุดที่ 1** มีท่าทางการออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกาย ได้แก่

1. อีซี วอร์ค (easy walk)
2. เล็ก เคอ (leg curl)
3. แมมโบ้ (mambo)
4. ซิงเกิล ดับเบิล นี้อ์ อัพ (single double knee up)
5. สเต็ป ทัช (step touch)

**ท่าชุดที่ 2** มีท่าทางการออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกาย ได้แก่

1. เบบี้ แมมโบ้ (baby mambo)
2. ล็อก แบ็ค (lock back)
3. อีซี วอร์ค (easy walk)
4. แมมโบ้ ดับเบิล นี้อ์ (mambo double knee)
5. สเต็ป ทัช (step touch)

**ท่าชุดที่ 3 มีท่าทางการออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกาย ได้แก่**

1. แบ็ค แท็ป (back tap)
2. ไซด์ แท็ป (side tap)
3. ดับเบิลนีย์ มาร์ชชิ่ง (double knee marching)
4. อีซี วอล์ค (easy walk)

**ท่าชุดที่ 4 มีท่าทางการออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกาย ได้แก่**

1. ฮีล ทัช (heel touch)
2. มาร์ชชิ่ง (marching)
3. เบาซิ่ง (bouncing)
4. ฮ็อปปิง (hopping)

**ท่าชุดที่ 5 มีท่าทางการออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกาย ได้แก่**

1. แมมโบ้ (mambo)
2. อีซี วอล์ค (easy walk)
3. เล็ก เคอ (leg curl)
4. ดับเบิลนีย์ มาร์ชชิ่ง (double knee marching)

**ช่วงที่ 3 ช่วงคลายอุ่นและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (cool down and stretching)** ใช้การเคลื่อนไหวเป็นเวลา 10 นาที ใช้จังหวะเพลง 110 จังหวะต่อนาที โดยแบ่งเป็นนาทีที่ 30-35 เป็นท่าชุดสำหรับผ่อนคลายกล้ามเนื้อ และนาทีที่ 36-40 เป็นท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อบนพื้นแข็ง ซึ่งเป็นชุดท่าเดิน 1 ชุดและชุดท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อ 1 ชุด ได้แก่

ท่าชุดคลายอุ่นกล้ามเนื้อบนพื้นแข็ง มีท่าทางการออกกำลังกายหรือการบริหารร่างกาย ได้แก่

1. มาร์ชชิ่ง (marching)
2. ฮีล ทัช (heel touch)
3. ไซด์ แท็ป (side tap)
4. แบ็ค แท็ป (back tap)

ชุดทำยืดเหยียดกล้ามเนื้อบนพื้นแข็ง ได้แก่

1. กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstring)
2. กล้ามเนื้อน่อง (gastrocnemius)
3. กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps)
4. กล้ามเนื้อสะโพก (gluteus)
5. กล้ามเนื้อหัวไหล่ (deltoid)
6. กล้ามเนื้ออก (pectoralis major)
7. กล้ามเนื้อต้นคอ (neck)

(ซึ่งพัฒนาจาก นาย ไชยวัฒน์ นามบุญลือ และคณะ)

ท่าเดินแอโรบิกบนพื้นแข็งและบนมินิเทรมโพลีนใช้รูปแบบท่าเดินเดียวกัน



ภาพที่ 1 ภาพที่ 2 ภาพที่ 3 ภาพที่ 4

ท่าที่ 1 มาร์ชซิ่ง (marching)

- จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ยกเท้าขวาขึ้นสูงระดับน่อง
- จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) วางเท้าขวาลงชิดกับเท้าซ้าย ยืนตัวตรง
- จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) สลับข้าง ยกเท้าซ้ายขึ้นสูงระดับน่อง
- จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) วางเท้าซ้ายลงชิดกับเท้าขวา ยืนตัวตรง
- จังหวะที่ 5-6 ทำเหมือนจังหวะ 1-2
- จังหวะที่ 7-8 ทำเหมือนจังหวะ 3-4



ภาพที่ 1    ภาพที่ 2    ภาพที่ 3    ภาพที่ 4    ภาพที่ 5

## ท่าที่ 2 วอร์ค ฟอว์เวิร์ด (walk forward)

- จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1)    ก้าวเท้าขวาไปข้างหน้า เท้า 1 ช่วงไหล่
- จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2)    ก้าวเท้าซ้ายไปข้างหน้า เท้า 1 ช่วงไหล่
- จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3)    ทำเหมือนจังหวะ 1
- จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4)    ก้าวเท้าซ้ายไปแตะส้นเท้าขวา เท้า 1 ช่วงไหล่
- จังหวะที่ 5    ถอยเท้าซ้ายไปข้างหลัง (ทำคล้ายกับจังหวะที่ 1) เท้า 1 ช่วงไหล่
- จังหวะที่ 6    ถอยเท้าขวาไปข้างหลัง (ทำคล้ายกับจังหวะที่ 2) เท้า 1 ช่วงไหล่
- จังหวะที่ 7    ทำเหมือนจังหวะ 5
- จังหวะที่ 8 (ภาพที่ 5)    ถอยเท้าขวาไปแตะส้นเท้าซ้าย เท้า 1 ช่วงไหล่



ภาพที่ 1 ภาพที่ 2 ภาพที่ 3 ภาพที่ 4

### ท่าที่ 3 ทุ สเต็ป (two step)

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1)

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2)

จังหวะที่ 3-4

จังหวะที่ 5 (ภาพที่ 3)

จังหวะที่ 6 (ภาพที่ 4)

จังหวะที่ 7-8

ก้าวเท้าขวาไปด้านข้างเท้าช่วงไหล่

ก้าวเท้าซ้ายไปด้านข้างชิดเท้าขวา ยืนตัวตรง

ท่าเหมือนจังหวะ 1-2

ก้าวเท้าซ้ายไปด้านข้างเท้าช่วงไหล่

ก้าวเท้าขวาไปด้านข้างชิดเท้าซ้าย ยืนตัวตรง

ท่าเหมือนจังหวะ 5-6





ภาพที่ 1 ภาพที่ 2 ภาพที่ 3 ภาพที่ 4

**ท่าที่ 4** อีชี วอร์ค (easy walk)

- |                        |  |
|------------------------|--|
| จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) | ก้าวเท้าขวาเฉียงไปด้านหน้า เท้าช่วงไหล่              |
| จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) | ก้าวเท้าซ้ายตามเฉียงไปด้านหน้า เท้าช่วงไหล่          |
| จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) | ถอยเท้าขวาเฉียงไปด้านหลัง เท้าช่วงไหล่               |
| จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) | ถอยเท้าซ้ายตามเฉียงไปด้านหลังชิดเท้าขวา เท้าช่วงไหล่ |
| จังหวะที่ 5-6          | ทำเหมือนจังหวะ 1-2                                   |
| จังหวะที่ 7-8          | ทำเหมือนจังหวะ 3-4                                   |



ภาพที่ 1 ภาพที่ 2

ภาพที่ 3 ภาพที่ 4

### ท่าที่ 5 ฮีล ทัช (heel touch)

- |                        |  |
|------------------------|--|
| จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) | ยกส้นเท้าขวาและไปทางด้านหน้า ปลายเท้าเปิด  |
| จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) | ถอยเท้าขวามาชิดเท้าซ้าย                    |
| จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) | ยกส้นเท้าซ้ายและไปทางด้านหน้า ปลายเท้าเปิด |
| จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) | ถอยเท้าซ้ายมาชิดเท้าขวา                    |
| จังหวะที่ 5-6          | ทำเหมือนจังหวะ 1-2                         |
| จังหวะที่ 7-8          | ทำเหมือนจังหวะ 3-4                         |



ภาพที่ 1 ภาพที่ 2

ภาพที่ 3 ภาพที่ 4

### ท่าที่ 6 ไซด์ แท็ป (side tap)

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1)  
น้ำหนักขาข้างซ้าย

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2)

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3)

น้ำหนักขาข้างขวา

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) ก้าวเท้าซ้ายมาชิดเท้าขวา

จังหวะที่ 5-6

จังหวะที่ 7-8

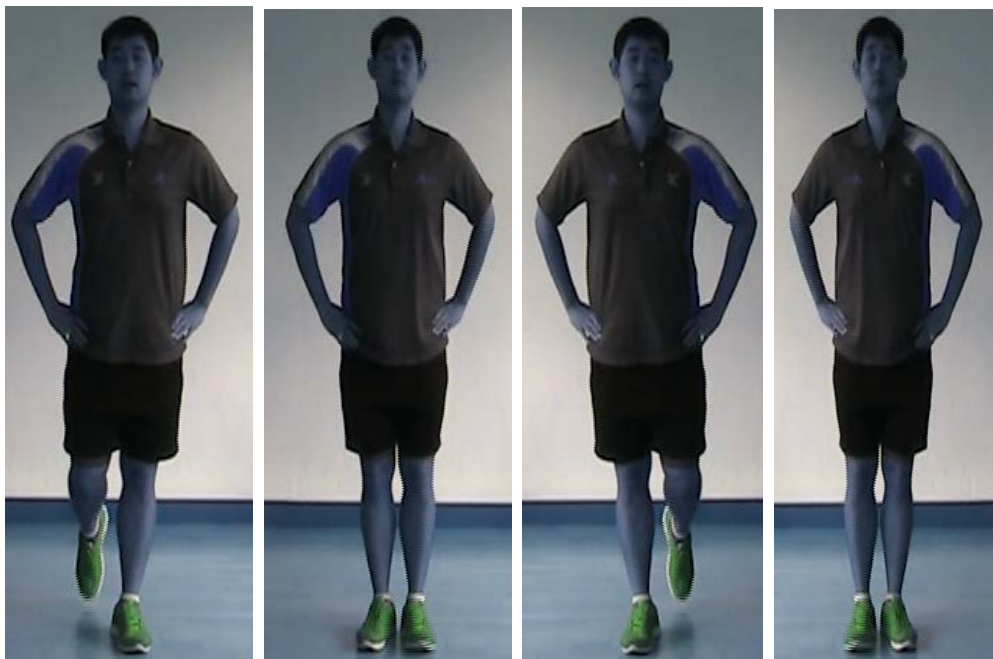
ก้าวเท้าขวาไปแตะด้านข้าง ย่อเข้าซ้ายเล็กน้อย ลง

ก้าวเท้าขวามาชิดเท้าซ้าย

ก้าวเท้าซ้ายไปแตะด้านข้าง ย่อเข้าขวาเล็กน้อย ลง

ทำเหมือนจังหวะ 1-2

ทำเหมือนจังหวะ 3-4



ภาพที่ 1 ภาพที่ 2

ภาพที่ 3 ภาพที่ 4

**ท่าที่ 7** เบ็ค แท็ป (back tap)

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1)

เล็กน้อย ลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2)

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3)

เล็กน้อย ลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) ก้าวเท้าซ้ายมาชิดเท้าขวา แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 5-6

จังหวะที่ 7-8

ถอยเท้าขวาไปตะตะด้านหลัง ส้นเท้าเปิด ย่อเข้าซ้าย

ก้าวเท้าขวามาชิดเท้าซ้าย

ถอยเท้าซ้ายไปตะตะด้านหลัง ส้นเท้าเปิด ย่อเข้าขวา

ท่าเหมือนจังหวะ 1-2

ท่าเหมือนจังหวะ 3-4



ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

**ท่าที่ 8** เบบิง (bouncing)

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1)

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2)

จังหวะที่ 3-4-5-6-7-8

เขย่งปลายเท้าขึ้น น้ำหนักลงที่ปลายเท้าทั้งสองข้าง

วางส้นเท้าลง กลับสู่ท่าเตรียมพร้อม

ท่าเหมือนจังหวะ 1-2



ภาพที่ 1 ภาพที่ 2

**ท่าที่ 9** ฮ็อปปิง (hopping)

จังหวะที่ 1-2-3-4 (ภาพที่ 1)

พับขาซ้ายขึ้น แล้วขย่มเท้าขวา น้ำหนักลงที่เท้า

ขวา

จังหวะที่ 5-6-7-8 (ภาพที่ 2) พับขาขวาขึ้น แล้วขย่มเท้าซ้าย

น้ำหนักลงที่เท้า

ซ้าย



ภาพที่ 1 ภาพที่ 2 ภาพที่ 3 ภาพที่ 4

**ท่าที่ 10** เล็ค เคอ (leg curl)

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา พับขาซ้ายขึ้นไปด้านหลัง

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) วางขาซ้ายลง กลับสู่ท่าเตรียมพร้อม

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) ลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย พับขาขวาขึ้นไปด้านหลัง

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) วางขาขวาลง กลับสู่ท่าเตรียมพร้อม

จังหวะที่ 5-6 ทำเหมือนจังหวะ 1-2

จังหวะที่ 7-8 ทำเหมือนจังหวะ 3-4





ภาพที่ 1 ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

### ท่าที่ 11 แมมโบ้ (mambo)

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1)  
 สันเท้าซ้ายขึ้นเล็กน้อย

ก้าวเท้าขวาไปด้านข้าง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา ยก

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2)  
 เท้าขวายกขึ้นเล็กน้อย

วางสันเท้าซ้ายลง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย เปิดปลาย

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) ก้าวเท้าขวาไปด้านข้างมาด้านหลัง โดยลงน้ำหนักที่ขา  
 ข้างขวา เปิดปลายเท้าซ้ายยกขึ้นเล็กน้อย

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) วางเท้าซ้ายลง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย ยกสันเท้าขวา  
 ขึ้นเล็กน้อย

จังหวะที่ 5-6

ท่าเหมือนจังหวะ 1-2

จังหวะที่ 7-8

ท่าเหมือนจังหวะ 3-4



ภาพที่ 1

ภาพที่ 2    ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

### ท่าที่ 12 ซิงเกิล ดับเบิลนีส์ อัป (single double knee up)

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1)                      ก้าวเท้าขวาไปด้านข้าง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา เปิด  
 ส้นเท้าซ้าย พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2)                      ยกเข่าเฉียงขวา 1 ครั้ง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา พร้อม  
 ทั้งยกแขนซ้ายขึ้น

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3)                      วางเท้าซ้ายลง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย เปิดส้นเท้า  
 ขวา พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4)                      ยกเข่าเฉียงซ้าย                      1 ครั้ง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย พร้อม  
 ทั้งยกแขนซ้ายขึ้น พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น

จังหวะที่ 5-6-7-8

ทำเหมือนจังหวะ 1-2





ภาพที่ 1

ภาพที่ 2    ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

### ท่าที่ 13 สเต็ป ทัช (step touch)

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) | ก้าวเท้าขวาไปด้านข้าง  |
| จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) | ก้าวเท้าซ้ายชิดเท้าขวา |
| จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) | ก้าวเท้าซ้ายไปด้านข้าง |
| จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) | ก้าวเท้าขวาชิดเท้าซ้าย |
| จังหวะที่ 5-6          | ทำเหมือนจังหวะ 1-2     |
| จังหวะที่ 7-8          | ทำเหมือนจังหวะ 3-4     |



ภาพที่ 1 ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4



ภาพที่ 5 ภาพที่

6

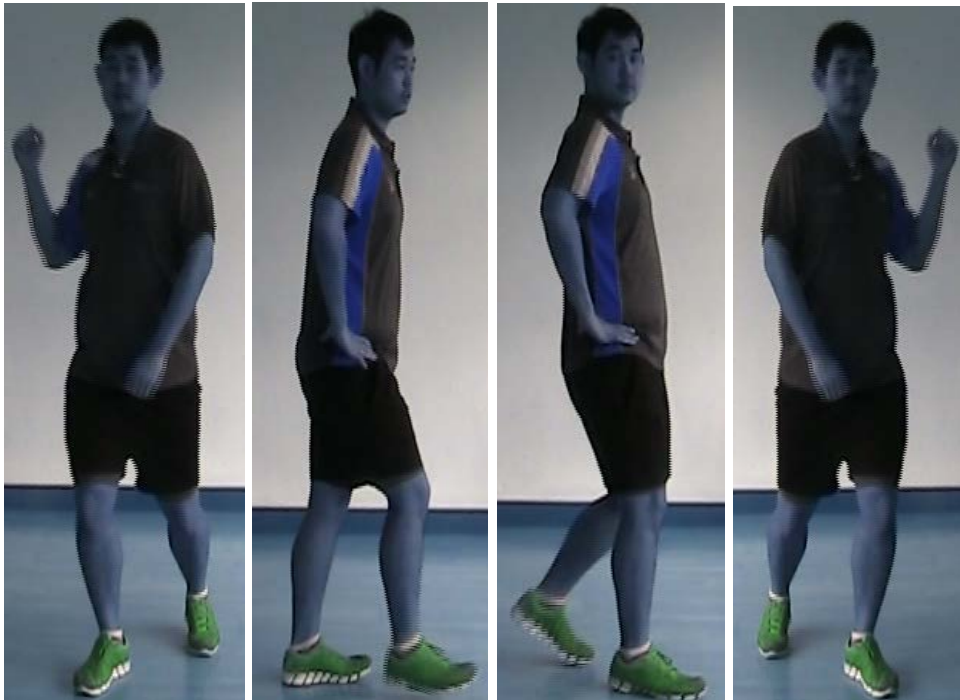
ภาพที่

7

ภาพที่ 8

ทำที่ 14 เมมโบ้ แมมโบ้ (baby membo)

- จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1)                      ก้าวเท้าขวาไปด้านข้างเฉียงไปด้านหน้า โดยลงน้ำหนัก  
 ที่ขาข้างขวา ยกเท้าซ้ายขึ้นเล็กน้อย
- จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2)                      วางส้นเท้าซ้ายลง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย เปิดปลาย  
 เท้าขวายกขึ้นเล็กน้อย
- จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) ยกเท้าขวาวางด้านข้าง กางขาเท่าช่วงไหล่
- จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) ก้าวเท้าซ้ายไปด้านข้างเฉียงไปด้านหน้า โดยลงน้ำหนัก  
 ที่ขาข้างซ้าย ยกเท้าขวาขึ้นเล็กน้อย
- จังหวะที่ 5 (ภาพที่ 5)                      วางส้นเท้าขวาลง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา เปิดปลาย  
 เท้าซ้ายยกขึ้นเล็กน้อย
- จังหวะที่ 6 (ภาพที่ 6)                      ยกเท้าซ้ายวางด้านข้าง กางขาเท่าช่วงไหล่
- จังหวะที่ 7 (ภาพที่ 7)                      ยกเท้าขวาขึ้นสูงระดับน่อง
- จังหวะที่ 8 (ภาพที่ 8) วางเท้าขวาลง กลับสู่ท่าเตรียมพร้อม



ภาพที่ 1 ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4



ภาพที่ 5 ภาพที่

6

ภาพที่

7

ภาพที่ 8

ท่าที่ 15 ล็อก แบ็ค (lock back)

- จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1)                      ก้าวเท้าขวาไปด้านข้าง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา ยก  
เท้าซ้ายขึ้นเล็กน้อย
- จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2)                      ถอยเท้าซ้ายวางด้านหลัง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย  
เปิดปลายเท้าขวายกขึ้นเล็กน้อย
- จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3)                      วางเท้าขวาลงด้านข้างเฉียงไปด้านหน้า โดยลงน้ำหนักที่  
ขาข้างขวา ยกเท้าซ้ายขึ้นเล็กน้อย
- จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4)                      ก้าวเท้าซ้ายไปด้านข้าง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย ยก  
เท้าขวาขึ้นเล็กน้อย
- จังหวะที่ 5 (ภาพที่ 5)                      ถอยเท้าขวาวางด้านหลัง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย  
เปิดปลายเท้าซ้ายยกขึ้นเล็กน้อย
- จังหวะที่ 6 (ภาพที่ 6)                      วางเท้าซ้ายลงด้านข้างเฉียงไปด้านหน้า โดยลงน้ำหนักที่  
ขาข้างซ้าย ยกเท้าขวาขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง
- จังหวะที่ 7 (ภาพที่ 7)                      ยกเท้าขวาขึ้นสูงระดับน่อง
- จังหวะที่ 8 (ภาพที่ 8)                      วางเท้าขวาลง กลับสู่ท่าเตรียมพร้อม



ภาพที่ 1 ภาพที่ 2 ภาพที่ 3

ภาพที่ 4



ภาพที่ 5 ภาพที่

6

ภาพที่

7

ภาพที่ 8

ท่าที่ 16 แมม โป้ดับเบิด นีย์ (mambo double knee)

- จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1)      ก้าวเท้าขวาไปด้านข้าง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา ยก  
 เท้าซ้ายขึ้นเล็กน้อย
- จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2)      วางเท้าซ้ายลง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย เปิดปลายเท้า  
 ขวายกขึ้นเล็กน้อย
- จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3)      วางเท้าขวาลงด้านข้าง กางขาเท้าช่วงไหล่ โดยลง  
 น้ำหนักที่ขาข้างขวา
- จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4)      ลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย กางขาเท้าช่วงไหล่
- จังหวะที่ 5 (ภาพที่ 5)      ลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา กางขาเท้าช่วงไหล่ พร้อมทั้งยก  
 แขนขวาขึ้น
- จังหวะที่ 6 (ภาพที่ 6)      ยกเข่าเฉียงขวา      1 ครั้ง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา พร้อม  
 ทั้งยกแขนขวาขึ้น
- จังหวะที่ 7 (ภาพที่ 7)      ทำเหมือนจังหวะที่ 5
- จังหวะที่ 8 (ภาพที่ 8)      ทำเหมือนจังหวะที่      6





ภาพที่ 1 ภาพที่ 2 ภาพที่ 3

ภาพที่ 4



ภาพที่ 5 ภาพที่

6

ภาพที่

7

ภาพที่ 8

ท่าที่ 17 ดับเบิลนิ้ มาร์ชิ่ง (double knee marching)



- จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1)                      ก้าวเท้าขวาไปด้านข้าง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา กาง  
 ขาเท้าช่วงไหล่ พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น
- จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2)                      ยกเข่าเฉียงขวา 1 ครั้ง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา พร้อม  
 ทั้งยกแขนขวาขึ้น
- จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3)                      วางเท้าซ้ายลงด้านข้าง กางขาเท้าช่วงไหล่ โดยลง  
 น้ำหนักที่ขาข้างขวา พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น
- จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4)                      ยกเข่าเฉียงขวา                      1 ครั้ง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา พร้อม  
 ทั้งยกแขนขวาขึ้น
- จังหวะที่ 5 (ภาพที่ 5)                      ยกเท้าซ้ายขึ้นสูงระดับน่อง
- จังหวะที่ 6 (ภาพที่ 6)                      วางเท้าซ้ายลงชิดกับเท้าขวา
- จังหวะที่ 7 (ภาพที่ 7)                      ยกเท้าขวาขึ้นสูงระดับน่อง
- จังหวะที่ 8 (ภาพที่ 8)                      วางเท้าขวาลงชิดกับขาซ้าย                      พร้อมกลับสู่ท่า เตรียมพร้อม

ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการออกกำลังกาย

\* ลำดับที่..... ครั้งที่..... วันที่ทดสอบ.....

ความหนักของการออกกำลังกาย

ลำดับที่	ความหนัก (%HR <sub>max</sub> )	จังหวะดนตรี (จังหวะ/นาที)	อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย (ครั้ง/นาที)	ความขึ้น สัมผัส (%)
1-2	-	130		
3-7	60-80	135		
8-12	60-80	140		

\* ลำดับที่ 1-25 กลุ่มเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน\* ลำดับที่ 25-50 กลุ่มเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง \* ลำดับที่ 50-75 กลุ่ม  
ควบคุม

## ผลการประเมินในการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหา

ผลการประเมินในการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมิน เกณฑ์ในการตัดสินคือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence, IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งมีรายชื่อดังต่อไปนี้

1. อาจารย์ ดร.นพ.ฉกาจ ผ่องอักษร  
ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล  
มหาวิทยาลัยมหิดล
2. นพ.อิต ลอประยูร  
ชำนาญพิเศษ ศัลยกรรมกระดูก เฉพาะทางเวชศาสตร์การกีฬา  
โรงพยาบาลกรุงเทพ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทிரากรณ์  
แขนงสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย
4. อาจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์  
แขนงสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย
5. อาจารย์ ดร.สุดา กาญจนะวนิชย์  
อาจารย์พิเศษ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณภาพของโปรแกรมการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรมโพลีนและบนพื้นแข็ง

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าดัชนีความสอดคล้องและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
<b>1. มินิแตรมโพลีนที่ใช้เดินแอโรบิก</b>				
- ขนาดของมินิแตรมโพลีน (เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.22 เมตร)	5	0	0	1
- การรองรับน้ำหนัก (ประมาณ 100 กิโลกรัม)	4	1	0	0.8
- แผ่นรองมินิแตรมโพลีนทอसान ด้วยเส้นใยในล่อนมีความยืดหยุ่นและความทนทานสูง	3	2	0	0.6
- ความมั่นคงและความปลอดภัย (ขาตั้งมินิแตรมโพลีนทำด้วยเหล็กทั้งหมด 8 ตัว สูงจากพื้น 21.5 เซนติเมตร, สปริงยึดความมั่นคงและเพิ่มความยืดหยุ่น 44 ตัว)	5	0	0	1
<b>2. พื้นแข็งที่ใช้เดินแอโรบิก</b>				
- พื้นที่ทำด้วยไม้ปาเก้ชนิดไม้ยางที่มาต่อกันจนเป็นพื้นขนาดกว้าง	5	0	0	1
<b>3. รูปแบบโปรแกรมการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรมโพลีนและบนพื้นแข็ง</b>				
3.1 ทำทางการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแตรมโพลีนและบนพื้นแข็ง	4	1	0	0.8
- ทำเดินแอโรบิกมีความน่าสนใจ				
- ทำเดินแอโรบิกสามารถทำได้ง่าย	5	0	0	1

คุณภาพของโปรแกรมการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็ง (ต่อ)

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าดัชนีความสอดคล้องและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
- การเรียงลำดับท่าเดินแอโรบิกมีความต่อเนื่องสัมพันธ์กัน	5	0	0	1
- ท่าเดินแอโรบิกประกอบด้วยท่าเคลื่อนไหวอวัยวะทุกส่วนของร่างกาย	4	1	0	0.8
- ท่าเดินแอโรบิกมีความเหมาะสมสำหรับใช้ออกกำลังกาย	4	1	0	0.8
3.2 ขั้นตอนการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็ง - การฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน ระยะเวลาในการอบอุ่นร่างกายอย่างละ 10 นาที ประกอบด้วย ท่าซุดสำหรับการอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ 5 นาที 4 ท่า และท่าซุดสำหรับการอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีน 5 นาที 6 ท่า โดยใช้จังหวะเพลง 110 จังหวะ/นาที รวมทั้งหมด 10 ท่า	4	1	0	0.8
- การฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนระยะเวลาในการคลายอุ่นร่างกาย 5 นาที 4 ท่า และยืดเหยียดกล้ามเนื้อบนพื้นเรียบ 5 นาที 6 ท่า โดยใช้จังหวะเพลง 110 จังหวะ/นาที	3	2	0	0.6

คุณภาพของโปรแกรมการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็ง (ต่อ)

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าดัชนีความสอดคล้องและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
- การฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง ระยะเวลาในการอบอุ่นร่างกาย 10 นาที ประกอบด้วย 9 ท่า โดยใช้จังหวะเพลง 110 จังหวะ/นาที	4	1	0	0.8
- การฝึกเดินแอโรบิกบนพื้นแข็ง ระยะเวลาในการคลายอบอุ่นร่างกาย 5 นาที 4 ท่า และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 5 นาที 6 ท่า โดยใช้จังหวะเพลง 110 จังหวะ/นาที	4	1	0	0.8
- เวลาที่ใช้ในการเดินแอโรบิกบน มินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็ง 20 นาที	5	0	0	1
- ความหนักของการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็ง 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และมีการแบ่งจังหวะเพลงเป็น 3 ช่วง ดังนี้ สัปดาห์ 1-2 ใช้จังหวะเพลง 120 จังหวะ/นาที สัปดาห์ 3-7 ใช้จังหวะเพลง 130 จังหวะ/นาที สัปดาห์ 8-12 ใช้จังหวะเพลง 140 จังหวะ/นาที	4	1	0	0.8

คุณภาพของโปรแกรมการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็ง (ต่อ)

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าดัชนีความสอดคล้องและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
- ความถี่ในการออกกำลังกาย 3 ครั้ง/สัปดาห์	5	0	0	1
- ระยะเวลาในการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็ง ทั้งหมด 12 สัปดาห์	5	0	0	1
<b>4. การวินิจฉัยกระดูกโดยการตรวจวัดทางชีวเคมี</b>				
- ตรวจสอบการสร้างของกระดูกโดยตรวจค่าพีวันเอ็นพี (P1NP)	5	0	0	1
- ตรวจสอบการสลายของกระดูกโดยตรวจค่าเบต้าครอสแล็ป ( $\beta$ -CrossLaps)	5	0	0	1
<b>5. การทดสอบแรงกดของเท้าบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็ง</b>				
- ทดสอบแรงกดของเท้าด้วยเครื่องเอฟสแกนคานาดาร์ตลองเจอร์ -นิว (F-scan datalogger – new) โดยการเลือกแบบเจาะจงที่สวมรองเท้าเบอร์ 5 หรือ เบอร์ 6 ได้ ต้องเป็นรองเท้าที่หุ้มเดียวกัน	4	1	0	0.8
<b>6. การทดสอบสุขสมรรถนะ</b>				
- วัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายด้วยเครื่องวัดไขมันอินบอดี้ (indody)	5	0	0	1

คุณภาพของโปรแกรมการฝึกเดินแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็ง (ต่อ)

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าดัชนีความสอดคล้องและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
- วัดความแข็งแรงและความอดทนของกลุ่มกล้ามเนื้อขาด้วยวิธีลุก-นั่งเก้าอี้ 1 นาที	5	0	0	1
- วัดความอ่อนตัว ด้วยวิธีนั่งก้มแตะปลายเท้า (sit and reach test)	4	0	1	0.6
- สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทำการทดสอบบนลู่วิ่งโดยใช้เกณฑ์การทดสอบของ Balke treadmill test	5	0	0	1
<b>7. การทรงตัว</b>				
- ความสามารถในการทรงตัว ทดสอบด้วยวิธีไทม์ อัป แอนด์ โก (timed up and go test)	4	1	0	0.8
<b>รวม</b>	ค่าดัชนีความสอดคล้องในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย			0.88

หมายเหตุ : ผลของค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ยอมรับที่ 0.6 ขึ้นไปและผู้วิจัยจะทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเพื่อปรับปรุงให้มีความเหมาะสม รวมทั้งทำโครงการศึกษานำร่อง (Pilot study) ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

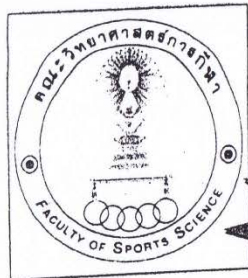


### คุณภาพโปรแกรมการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแตรampolineและบนพื้นแข็ง

จากการตรวจสอบโปรแกรมการเต้นแอโรบิก บนมินิแตรampolineและบนพื้นแข็ง พบว่ามีค่าตรงหรือดัชนีความสอดคล้อง (Validity) จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน อยู่ที่ 0.88 และมีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของอัตราการเต้นหัวใจขณะฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแตรampolineและบนพื้นแข็ง ในช่วงเวลาที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 และ 20 ไม่แตกต่างกัน

Group	N	$\bar{X}$	SD	t	sig
Play 1 on hard surface	6	113.22	12.60	0.077	0.940
Play 2 on mini trampoline	6	112.60	15.15		

ใบประกาศเชิญชวนอาสาสมัคร



# “บุคลากรสุขภาพองค์กรมหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุ 35 ปี - ”



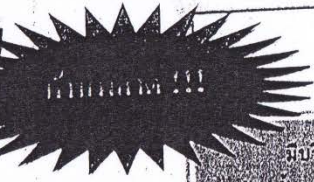
เข้าร่วมโครงการวิจัย



เลขที่โครงการวิจัย..... 140.1/55  
- 2 S.A. 2555  
วันที่รับเรื่อง.....  
- 1 S.A. 2556  
วันที่หมดอายุ.....



“ การเปรียบเทียบระหว่างผลของการฝึก  
ต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้น  
แข็งต่อการสลายมวลกระดูก, สุขสมรรถนะ  
และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน ”



มีบริการตรวจวัด และทดสอบ  
พร้อมทั้งของใช้สนามสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

คุณสมบัติของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

- มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ไม่เกิน < 24.9
- มีความหนาแน่นของมวลกระดูกสันหลังไม่ต่ำกว่า -2.5 SD
- ออกกำลังกายติดต่อกันไม่เกิน 2 ครั้ง/สัปดาห์ รวมทั้งไม่มีประวัติความดัน โรคข้อเข่าเสื่อม และโรคหัวใจ



สอบถาม  
เพิ่มเติม

ระหว่างเดือน ธันวาคม 2555- กุมภาพันธ์ 2556  
จันทร์ พุธ ศุกร์  
ให้เดือน 2 เวลา 16.30-17.10 น. และ 17.20-18.00 น.  
ที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

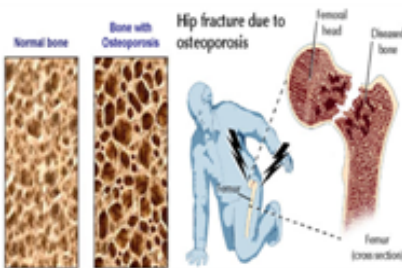
รศ.ดร.ธนอมวงศ์ กฤษณ์เพชร Tel: 081-813-1970  
นาย วิฑฐ สุขแก้ว Tel: 087-509-9815

แผ่นพับให้ความรู้

## แผ่นพับข้อมูลเกี่ยวกับโรคกระดูกพรุน สำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย



ที่มา: <http://www.dailymedicalpage.com/osteoporosis-arthritis/>

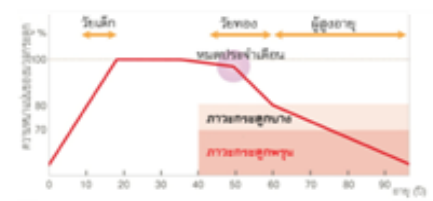


ที่มา: [http://www.kapook.com/article\\_detail.php?id=143](http://www.kapook.com/article_detail.php?id=143)



- โรคกระดูกพรุน หมายถึงภาวะที่ความหนาแน่นของมวลกระดูกมีต่ำกว่าความหนาแน่นสูงสุดของมวลกระดูกในเพศหญิงที่มีโรคนี้ค่าคะแนนมาตรฐานที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ -2.5 (องค์การอนามัยโลก)
- โรคกระดูกพรุน หมายถึง โรคของกระดูกที่มีคุณสมบัติเฉพาะ 2 ประการ ได้แก่ มีมวลกระดูกลดลงและมีโครงสร้างทางจุลภาคก่อนของเนื้อเยื่อกระดูกเสื่อมสภาพอย่างเร่งผลให้กระดูกมีความเปราะเพิ่มขึ้น และทำให้เกิดกระดูกหักได้ง่าย (สุกคิณี สุนทรภา)

### แนวโน้มช่วงอายุของชีวิตที่เสี่ยงต่อการเกิดภาวะกระดูกบาง และกระดูกพรุน



ที่มา: [http://www.thaipharm.com/calciun\\_sugc.html](http://www.thaipharm.com/calciun_sugc.html)

**การเกิดภาวะกระดูกพรุน**  
เกิดจากความไม่สมดุลระหว่างการสร้างและการสลายกระดูก ซึ่งเกิดอย่างต่อเนื่องตลอดอายุขัย โดยในวัยเด็กจะมีการสร้างกระดูกมากกว่าการสลาย จนถึงวัยประมาณ 30 ปี หลังจากนั้นกระดูกจะค่อยๆ บางลงจนมากในวัยผู้สูงอายุ (เพศที่กระดูกจะหนาแน่น)



**อันตรายจากโรคกระดูกพรุน**  
ทำให้กระดูกหักง่าย โดยเฉพาะในตำแหน่งที่สำคัญ ได้แก่ กระดูกสันหลัง และ สะโพก ซึ่งจะ ทำให้สูญเสียความสามารถในการทำกิจกรรมประจำวัน การเสียชีวิตในอัตราที่สูง และพิการ

**ระดับความหนาแน่นของกระดูก (BMD)**  
โดยอาศัยเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก

- กระดูกปกติ ค่า T Score -1 ถึง -2.5 SD
- กระดูกพรุน ค่า T Score ลดลงมากกว่า -2.5 SD





### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ : นายวิทวัส สุขแก้ว  
 เกิดวันที่ : 9 กุมภาพันธ์ 2532  
 สถานที่เกิด : จังหวัด กรุงเทพมหานคร  
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน : 65/42 แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กทม. 10150  
 ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
 สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2553  
 เข้าศึกษาต่อปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
 แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2554

### ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์

1. ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีการศึกษา 2556
2. ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีการศึกษา 2556