การเปรียบเทียบผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งต่อการสลายมวลกระดูกและวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน

นายไชยวัฒน์ นามบุญลือ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

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

A COMPARISON BETWEEN THE EFFECTS OF INDOOR AND OUTDOOR MINI TRAMPOLINE AEROBIC DANCE TRAINING ON BONE RESORPTION AND VITAMIN D IN WORKING WOMEN

Mr. Chaiyawat Namboolu

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 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งต่อการสลายมวลกระดูกและวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน
โดย	นายไชยวัฒน์ นามบุญลือ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ฉนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์คลินิก เกียรติคุณ นายแพทย์ณรงค์ บุณยะรัตเวช

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์คลินิก เกียรติคุณ นายแพทย์ณรงค์ บุณยะรัตเวช)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.สุดา กาญจนะวณิชย์)

ไชยวัฒน์ นามบุญลือ : การเปรียบเทียบผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งต่อการสลายมวลกระดูกและวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน. (A COMPARIS ON BETWEEN THE EFFECTS OF INDOOR AND OUTDOOR MINI TRAMPOLINE AEROBIC DANCE TRAINING ON BONE RESORPTION AND VITAMIN D IN WORKING WOMEN) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร.ฉนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ศ.คลินิกเกียรติคุณนายแพทย์ ฉรงค์ บุณยะรัตเวช, 214 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งที่มีต่อการสลายมวลกระดูกและระดับวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครหญิงวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี และเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 54 คน และได้มีการเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม แบ่งเป็น กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม 17 คน กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง 17 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน โดยทำการฝึกเต้นแอโรบิก ประกอบจังหวะดนตรีบนมินิแทรมโพลีน พร้อมกับคาดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ความหนักของการออกกำลังกายคือ 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ครั้งละ 40 นาที 3 ครั้ง/สัปดาห์ ระยะเวลา 12 สัปดาห์ ซึ่งกลุ่มควบคุมใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ แล้วดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง คือทดสอบทางสรีรวิทยา สารชีวเคมีของกระดูก (Biochemical bone maker) และระดับวิตามินดี (25-hydroxyvitamin D: 25(OH)D) นำผลที่ได้จากการทดลองทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลองมาวิเคราะห์หาความแตกต่างภายในกลุ่มโดยทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า ค่าการสลายมวลกระดูก (Telopeptide crosslinked: β-CrossLaps) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าการสร้างมวลกระดูก (N-terminal propeptine of procollagen type I: P1NP) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม รวมทั้งค่าระดับวิตามินดีในกลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้งดีขึ้น โดยมีค่าแคลซิไดออล (25-hydroxyvitamin D: 25(OH)D) เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า การเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนมีผลต่อสารชีวเคมีของกระดูก นอกจากนี้การฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้งยังช่วยเพิ่มระดับวิตามินดี จึงช่วยลดปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุนและเป็นการออกกำลังกายทางเลือกใหม่ของหญิงวัยทำงานทั่วไปได้

สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์การกีฬา.....ลายมือชื่อนิสิต.....

ปีการศึกษา.....2554.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5378612739: MAJOR SPORTS SCIENCE

KEYWORDS: MINI TRAMPOLINE AEROBIC DANCE TRAINING/ BONE RESORPTION/ BONE FORMATION/ VITAMIN D/ WORKING WOMEN

CHAIYAWAT NAMBOOLU: A COMPARISON BETWEEN THE EFFECTS OF INDOOR AND OUTDOOR MINI TRAMPOLINE AEROBIC DANCE TRAINING ON BONE RESORPTION AND VITAMIN D IN WORKING WOMEN. ADVISOR: ASSOC. PROF. THANOMWONG KRITPET, Ph.D., CO-ADVISOR: PROF. NARONG BUNYARATAVEJ, M.D., 214 pp.

The purpose of this study was to compare the effects of indoor and outdoor mini trampoline aerobic dance on bone resorption and vitamin D levels in working women. The simple random sampling method for this study consisted of 54 female volunteers from Chulalongkorn University aged between 35-45 years. The subjects were divided for 3 groups include 17 females training indoor, 17 females training outdoor mini trampoline aerobic dance training groups and 20 females in the control group. The training group participated on a mini trampoline aerobic dance exercise program while wearing heart rate monitor during exercise. The aerobic dance on mini trampoline by rhythm of the music. All experimented group trained for 3 times per week, 40 minutes a day and training for 12 weeks. The intensity was 60-80% of the maximum heart rate. The control group did not participate in the mini trampoline aerobic dance exercise program. The data were collected both before and after the experiment. The collected data were biochemical bone markers (β-CrossLaps and P1NP) and vitamin D levels (25(OH)D). 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 levels.

The results of this study were followed, after 12-week of training, the biochemical bone markers in the indoor and outdoor mini trampoline aerobic dance training subjects after the training intervention was significantly lower in bone resorption (β-CrossLaps) and bone formation (P1NP) had no significantly difference between the experimental group (Indoor and outdoor mini trampoline aerobic dance training) and control group ($p \leq .05$). Besides, the calcidiol levels (25(OH)D) in the outdoor aerobic dance training subjects after the training intervention was significantly higher when compare between indoor mini trampoline aerobic dance training and control group after the training intervention ($p \leq .05$).

Conclusion, the mini trampoline aerobic dance training has the positive effects on biochemical bone markers. In addition, the outdoor mini trampoline aerobic dance training increasing the vitamin D levels and reduce the risk to osteoporosis and new alternative exercise programs for working women.

Field of Study...Sports Science.....Student's Signature: Chaiyawat Namboolu.

Academic Year.....2011.....Advisor's Signature: T. Kritpet

Co-Advisor's Signature: Narong B.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำ คำปรึกษา และความเมตตากรุณา จากรองศาสตราจารย์ ดร.ฉนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และศาสตราจารย์คลินิก เกียรติคุณ นายแพทย์ณรงค์ บุณยะรัตเวช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์ และอาจารย์ ดร.สุดา กาญจนะวณิชย์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อคิด คำแนะนำ และตรวจแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้อง และมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.นพ.ฉกาจ ผ่องอักษร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ.พิสิฏฐ์ เลิศวานิช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม และอาจารย์ ดร.สุดา กาญจนะวณิชย์ ผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้ความกรุณาในการตรวจพิจารณาเครื่องมือให้ข้อคิดเห็น และคำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไข

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่านที่ให้ความรู้และคำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆที่ดีเสมอมา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทำวิจัย รวมทั้งทุนสนับสนุนคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา และทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับใช้ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ และบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด และขอขอบคุณเพื่อนๆ รวมทั้งรุ่นพี่และรุ่นน้อง คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ ทุกคนในครอบครัว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นายสงวน นามบุญลือ และนางพวงสร้อย นามบุญลือ บิดาและมารดาที่ให้การสนับสนุนในเรื่องการศึกษาให้คำแนะนำ อบรมสั่งสอน ตลอดจนเป็นแบบอย่างในการดำรงชีวิต และเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่ง ส่งผลให้สามารถประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญแผนภูมิ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ…….. 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา……... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย……. 4

คำถามการวิจัย…….. 4

สมมติฐานของการวิจัย……. 5

ขอบเขตของการวิจัย……. 5

ข้อตกลงเบื้องต้น…….. 5

ข้อจำกัดของการวิจัย…… 6

เงื่อนไขในการออกกำลังกาย…… 6

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย……... 6

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย…….. 8

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……... 9

เอกสารที่เกี่ยวข้อง……... 9

การเปลี่ยนแปลงในวัยผู้ใหญ่…… 10

กายวิภาคและสรีรวิทยาของกระดูก…….. 12

โรคกระดูกพรุน…… 24

การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน…….. 31

การตรวจประเมินชีวเคมีของกระดูก…… 33

ทางเลือกในการป้องกันโรคกระดูกพรุน…….. 38

บทที่		หน้า
	วิตามินดี	39
	รังสีอัลตราไวโอเลต	45
	กิจกรรมทางกายและความแข็งแรงของกระดูก	49
	แอโรบิกดานซ์	54
	มินิแทรมโพลีน	58
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	61
3	วิธีดำเนินการวิจัย	70
	ประชากร	70
	กลุ่มตัวอย่าง	70
	เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง	71
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	72
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	74
	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	75
	การวิเคราะห์ข้อมูล	80
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	82
5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	109
	สรุปผลการวิจัย	110
	อภิปรายผลการวิจัย	111
	ข้อเสนอแนะ	117
รายการอ้างอิง		119
ภาคผนวก		129
	ภาคผนวก ก ใบรับรองโครงการวิจัย	130
	ภาคผนวก ข ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย	132
	ภาคผนวก ค หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย	140
	ภาคผนวก ง แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย	143
	ภาคผนวก จ แบบคัดเลือกอาสาสมัคร	145
	ภาคผนวก ฉ แบบสอบถามประวัติสุขภาพทั่วไป	147
	ภาคผนวก ช แบบบันทึกพฤติกรรมประจำวันของกลุ่มตัวอย่าง	150

หน้า

ภาคผนวก ซ ขั้นตอนและโปรแกรมการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน…….. 153
ภาคผนวก ฌ มินิแทรมโพลีน……... 186
ภาคผนวก ญ วิธีการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา…….. 188
ภาคผนวก ฎ วิธีการทดสอบความหนาแน่นของกระดูกส้นเท้า…… 192
ภาคผนวก ฏ แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาข้อมูลเกี่ยวกับกระดูกและวิตามินดี…….. 194
ภาคผนวก ฐ แผ่นพับข้อมูลความรู้เกี่ยวกับโรคกระดูกพรุนสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย…….. 196
ภาคผนวก ฑ ผลการประเมินในการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหา……... 199
ภาคผนวก ฒ ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการออกกำลังกาย……... 204
ภาคผนวก ณ ข้อมูลประวัติสุขภาพ…….. 206
ภาคผนวก ด ข้อมูลแบบบันทึกพฤติกรรมประจำวันตลอด 12 สัปดาห์ 210
ภาคผนวก ต ข้อมูลก่อนการทดลองของทุกกลุ่ม(กลุ่มตัวอย่าง 60 คน) 212
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์…….. 214

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าปกติของระดับ “Bone markers” ในสตรีวัยเจริญพันธุ์.....	35
2	ระดับความเข้ม UV Index.....	48
3	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม…….....	84
4	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test)ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) การสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) และระดับวิตามินดี (25(OH)D) ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน กลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม…….....	85
5	ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) การสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) และระดับวิตามินดี (25(OH)D) ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม……...	87
6	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม…….....	88
7	ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value){(P1NP)/(β-CrossLaps)} x 0.31 ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้น แอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม...	90

ตารางที่ หน้า

8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าการสร้างมวลกระดูก การสลายมวลกระดูก และระดับวิตามินดี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม..... 91

9 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูก โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม..... 92

10 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยระดับวิตามินดี โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม..... 93

11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value){(P1NP)/(β-CrossLaps)}x0.31 หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม..... 94

12 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยของการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value){(P1NP)/(β-CrossLaps)}x 0.31 โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม..... 95

13 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม..... 96

14 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของ

ตารางที่		หน้า
	กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง……..	97
15	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มควบคุม……..	98
16	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา ระหว่างกลุ่ม หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม……	99
17	ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักโดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม…….....	101

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการวิจัย……	69
2	สรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	79
3	แสดงค่าเฉลี่ยของการสร้างมวลกระดูกก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์……..	102
4	ค่าเฉลี่ยของการสลายมวลกระดูกก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์……..	102
5	ค่าเฉลี่ยของระดับวิตามินดีก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์....	103
6	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการสร้างมวลกระดูก การสลายมวลกระดูก และระดับวิตามินดี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์……	103
7	ค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value) ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์……..	104
8	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value) หลังการทดลอง 12 สัปดาห์……..	104
9	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว หลังการทดลอง 12 สัปดาห์…..	105
10	ค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกาย ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	105
11	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์.....	106
12	ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม.....	106
13	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์……..	107
14	ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม……	107
15	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์…….	108

แผนภูมิที่		หน้า
16	อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม และกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง……....	205

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประชากรวัยทำงานนับว่าเป็นวัยที่มีความสำคัญในการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจที่ต้องอาศัยคนกลุ่มนี้เป็นฐานกำลังสำคัญ ดังนั้นการที่มีสุขภาพร่างกายที่พึงประสงค์ในวัยทำงานจะนำไปสู่ความมั่นคงและการพัฒนาประเทศในทางที่ดีขึ้น จากสภาพสังคมในปัจจุบัน ส่งผลให้การทำงานในทุกสาขาวิชาชีพมีอัตราการแข่งขันเพิ่มขึ้นและหันไปใส่ใจในการทำงานมากกว่าจะให้ความสำคัญในการเคลื่อนไหวของร่างกาย ส่งผลให้ประชากรในวัยทำงานส่วนใหญ่มีการเคลื่อนไหวทางกายลดน้อยลง อีกทั้งประชากรในวัยนี้ เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของร่างกายในเรื่องของระบบไหลเวียนโลหิต และโครงสร้างของร่างกายอาจพบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เช่น กล้ามเนื้อและกระดูก เกิดภาวะความเสื่อมลงทำให้เพิ่มปัญหาสุขภาพตามมามากยิ่งขึ้น ปัญหาที่จะพบได้นั้นสามารถเกิดได้ทั้งจากอาการเจ็บป่วย และเสียชีวิตด้วยโรคไม่ติดต่อ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด (ไกรสร วิวัฒน์พัฒนกุล, 2543)

จากการเปลี่ยนแปลงทางสรีระร่างกายเมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่การเจริญเติบโตจะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งเมื่อเข้าสู่ช่วงอายุ 30 ปีขึ้นไป หากไม่มีการออกกำลังกายหรือดูแลสุขภาพอย่างสม่ำเสมอจะทำให้เนื้อกระดูกค่อยๆ ลดลงพร้อมทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงในภาวะเสื่อมลงของร่างกาย (ธวัช ประสาทฤทธา, 2549) ประชากรในวัยนี้นับเป็นวัยก่อนที่จะย่างเข้าสู่วัยสูงอายุ โรคที่พบบ่อย ได้แก่ โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคไขมันในเลือดสูง และโรคกระดูกพรุน ซึ่งมีผลมาจากการที่มีมวลกระดูกลดลงส่งผลให้กระดูกมีความเปราะบาง และความแข็งแรงลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับเพศหญิงที่เข้าสู่ช่วงหมดประจำเดือนระดับฮอร์โมนเอสโทรเจนจะลดลงอย่างรวดเร็ว จึงส่งผลให้เกิดกระบวนการสลายมวลกระดูกเพิ่มขึ้นซึ่งพบอัตราความเสี่ยงต่อการเป็นโรคกระดูกพรุนได้ (นิตยา ศรีสังวาลย์, 2543; อุดม วิศฎสนทร และรัตนวดี ณ นคร, 2543; ทิพยเนตร อริยปิติพัทธ์, 2548; เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549)

โรคกระดูกพรุนถือว่าเป็นภาวะที่เกิดการสูญเสียมวลกระดูกส่งผลให้ความหนาแน่นของมวลกระดูกลดลง ดังนั้นองค์การอนามัยโลก (WHO, 1996) จึงให้คำจำกัดความของโรคกระดูกพรุนว่าเป็นภาวะที่ความหนาแน่นของมวลกระดูกมีค่าต่ำกว่าค่าความหนาแน่นสูงสุดของมวลกระดูกในหญิงวัยเจริญพันธุ์ โดยมีค่าคะแนนมาตรฐานที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ -2.5 สาเหตุของการเกิดโรค

กระดูกพรุนมีหลายสาเหตุ ได้แก่ กรรมพันธุ์ เชื้อชาติ เพศ อายุ การลดลงของระดับฮอร์โมนเพศในร่างกาย และโภชนาการที่ไม่ถูกต้อง (อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, 2540; เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549) ภาวะการขาดวิตามินดีเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน

วิตามินดีมีความสำคัญต่อร่างกายอย่างมากคือส่งเสริมให้มีการดูดซึมแคลเซียมในลำไส้เข้าสู่กระแสเลือด และช่วยยับยั้งการหลั่งพาราไทรอยด์ฮอร์โมน (Parathyroid hormone) ซึ่งเป็นฮอร์โมนอันตรายที่จะไปสลายแคลเซียมออกจากกระดูก และช่วยสร้างสารออสทีโอแคลซิน (Osteocalcin) ซึ่งจะช่วยดึงแคลเซียมเข้าสู่กระดูกและสร้างความแข็งแรงให้กระดูก ดังนั้นเราควรเปิดรับแสงแดดผ่านทางผิวหนังซึ่งแสงแดดนั้นมีคุณสมบัติในการสร้างวิตามินดีให้กับร่างกาย เช่น การออกกำลังกายกลางแจ้งและการเดินตากแดด เป็นต้น สำหรับช่วงเวลาที่เหมาะสมคือตั้งแต่ 8.00-10.00 น.และ 15.00-17.00 น.อันเป็นช่วงเวลาที่แสงแดดไม่แรงและไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพผิวหนังมากเกินไปซึ่งเวลาเพียง 30 นาที ที่ผิวหนังเปิดรับแสงแดดเข้าสู่ร่างกายจะสามารถสร้างวิตามินดีให้กับร่างกายได้ถึง 200 ยูนิต (Soontrapa, Soontrapa, Bunyaratavej et al., 2009) Soontrapa, Soontrapa, Somboonporn et al., (2002) ได้ศึกษาการขาดวิตามินดีและความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนในสตรีสูงอายุผลพบว่าภาวะการขาดวิตามินดีจะทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนบริเวณคอกระดูกสะโพกเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Florez, Martinez, Chacra et al., (2007) ได้ทำการศึกษาการออกกำลังกายกลางแจ้งจะช่วยลดความเสี่ยงของภาวะการขาดวิตามินดี รวมทั้งส่งผลให้ระบบเผาผลาญและหน้าที่การทำงานดีขึ้น

ในด้านการป้องกันรักษาโรคกระดูกพรุนที่ไม่ส่งผลอันตรายและไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา สามารถทำได้โดยปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ชีวิตประจำวัน เพิ่มกิจกรรมการเคลื่อนไหวของร่างกาย อีกทั้งเพิ่มการออกกำลังกายให้มากขึ้น ซึ่งการออกกำลังกายนั้นหมายถึงการที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง มีการเคลื่อนไหวของข้อต่ออาจจะมีการลงน้ำหนักหรือไม่มีการลงน้ำหนักต่อโครงสร้างของร่างกาย การออกกำลังกายเพื่อป้องกันโรคกระดูกพรุนประกอบด้วยการออกกำลังกายที่มีการลงน้ำหนัก (Weight bearing exercise) การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strengthening exercise) และการฝึกการทรงตัว (Balancing exercise) (วิไล คุปต์นิรัติศัยกุล, 2552) โดย Phoosuwan, Kritpet and Yuktanandana (2009) ทำการศึกษาการฝึกโยคะแบบลงน้ำหนักซึ่งพบว่าการฝึกโยคะแบบลงน้ำหนักมีผลต่อการชะลอการสลายมวลกระดูก ในปีถัดมา Tantiwiboonchai, Kritpet and Yuktanandana (2011) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก พบว่าการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักในหญิงวัยทำงานมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของภาวะการสร้างมวลกระดูก การสลายมวลกระดูก และสุขสมรรถนะดีขึ้น

ซึ่งได้ผลคล้ายคลึงกันในการศึกษาของ Anek, Kanungsukasem and Bunyaratavej (2011) ทำการฝึกการออกกำลังกายแบบกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน ผลวิจัยพบว่าการฝึกการออกกำลังกายแบบกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนนั้น ส่งผลต่อการชะลอการสลายมวลกระดูก ช่วยสร้างเสริมสุขสมรรถนะ และความสามารถในการทรงตัว รวมทั้งงานวิจัยของ Kohrt, Ehsan and Birge (1997) ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยากระทำต่อข้อต่อหรือแบบที่มีแรงปฏิกิริยาต่อพื้น พบว่าการออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบทำให้ความหนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณสันหลัง โคนขา และบริเวณแขนเพิ่มขึ้น ส่วนกระดูกบริเวณคอของกระดูกสะโพกเพิ่มขึ้นต่อเมื่อมีการออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยาต่อพื้นเท่านั้น

การออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีน (Mini trampoline) เป็นการออกกำลังกายแบบลงน้ำหนักต่อโครงสร้างของร่างกายช่วยให้สมรรถภาพทางกายดีขึ้น โดยเฉพาะความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ และองค์ประกอบของร่างกาย เนื่องจากงานวิจัยในประเทศที่ศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีนอาจจะยังไม่พบในขณะนี้ ซึ่งข้อดีของการออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีนจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพิ่มความมั่นคงและการทรงตัวของร่างกาย เพิ่มการตอบสนองการรับรู้ของกล้ามเนื้อทำให้การเคลื่อนไหวของข้อต่อดีขึ้น (Aragao, Karamanidis, Vaz et al., 2011) ช่วยสร้างพื้นฐานในการเล่นกีฬาทำให้การทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบต่อมน้ำเหลืองทำงานได้ดี (Penick, 2010) รวมทั้งสามารถรับแรงกระแทกได้ดีไม่ส่งผลเสียต่อข้อเข่า สำหรับการออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีนมีข้อควรระวัง กล่าวคือ ขนาดของมินิแทรมโพลีนมีพื้นที่ค่อนข้างจำกัดการออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีน จึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก และควรมีการออกแบบท่าทางการเคลื่อนไหวให้เหมาะสมกับช่วงอายุของแต่ละบุคคล จะส่งผลให้การออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีนเกิดประโยชน์สูงสุดได้

การออกกำลังกายเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยให้สุขภาพแข็งแรงมากยิ่งขึ้น การเต้นแอโรบิกเป็นการออกกำลังกายที่มีท่าเต้นไปตามจังหวะเพลง สร้างความสนุกสนานและกระตุ้นความต้องการให้อยากออกกำลังกายมากขึ้น สำหรับการออกกำลังกายด้วยการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (Mini trampoline aerobic dance training) เป็นกระบวนการฝึกการเคลื่อนไหวของร่างกายแบบลงน้ำหนักมีการใช้กล้ามเนื้อทุกส่วนของร่างกายประกอบกับจังหวะดนตรีบนมินิแทรมโพลีนและฝึกแบบต่อเนื่อง โดย Aragao, Karamanidis, Vaz et al., (2011) ได้ศึกษาการออกกำลังกายด้วยมินิแทรมโพลีนที่สัมพันธ์กับความมั่นคงในการเคลื่อนไหว ผลพบว่าสามารถช่วยเพิ่มการทรงตัวในผู้สูงอายุที่มีภาวะความเสื่อมของร่างกาย รวมทั้งยังช่วยเพิ่มอัตราการเกิดจุดหมุนที่สะโพกช่วยลดความเสี่ยงต่อการหกล้ม ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้กระดูกหักในผู้สูงอายุ นอกจากนี้

Sovelius, Oksa, Rintala et al., (2006) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการออกกำลังกายด้วยแทรมโพลีนและการฝึกความแข็งแรง ผลพบว่าการออกกำลังกายด้วยแทรมโพลีนจะช่วยเพิ่มความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหว เพิ่มความสามารถในการทรงตัว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้

จากคนในวัยทำงานที่มีการเคลื่อนไหวของร่างกายที่ต่ำอันเนื่องมาจากภาระหน้าที่ความรับผิดชอบและปัจจัยด้านต่างๆ ผู้วิจัยจึงเกิดความสนใจที่จะศึกษาถึงรูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับบุคคลในหญิงวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม (Indoor mini trampoline aerobic dance training) กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง (Outdoor mini trampoline aerobic dance training) และกลุ่มควบคุม (Control group) ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งในการเพิ่มระดับวิตามินดี และเพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการออกกำลังกายในการป้องกันภาวะโรคกระดูกพรุน และยังเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนที่จะเข้าสู่วัยสูงอายุที่มีภาวะความเสื่อมของร่างกายที่สูงขึ้นซึ่งการฝึกการออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนเป็นการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับหญิงวัยทำงาน โดยมุ่งเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูก เพิ่มระดับวิตามินดี และช่วยลดความเสี่ยงของภาวะโรคกระดูกพรุนในหญิงวัยทำงาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งที่มีต่อการสร้างและการสลายมวลกระดูกในหญิงวัยทำงาน

2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งที่มีต่อระดับวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน

คำถามการวิจัย

1. การฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนจะช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกและสามารถเพิ่มแนวโน้มในการสร้างมวลกระดูกในหญิงวัยทำงานได้หรือไม่

2. การฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้งจะช่วยเพิ่มระดับวิตามินดีในหญิงวัยทำงานได้หรือไม่

สมมติฐานของการวิจัย

1. การฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งจะช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกไม่แตกต่างกัน

2. การฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้งจะช่วยเพิ่มระดับวิตามินดีสูงกว่าการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร

เป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุระหว่าง35-45 ปี ที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัย จำนวน 60 คน

2. ตัวแปรที่จะศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) คือ โปรแกรมการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (Mini trampoline aerobic dance training) ใช้เวลาในการฝึก 12 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆ ละ 40 นาที ความหนักของอัตราการเต้นหัวใจ 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables)

2.2.1 ตัวแปรทางสรีรวิทยา ประกอบด้วย น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว

2.2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับกระดูก (Bone marker) ได้แก่ ค่าการสร้างมวลกระดูก ตรวจค่าพีวันเอ็นพี (N-terminal propeptine of procollagen type I หรือ P1NP) และค่าการสลายมวลกระดูก ตรวจค่าเบต้าครอสแล็ป (Telopeptide crosslinked หรือ β-CrossLaps)

2.2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับวิตามินดี ตรวจดูระดับของแคลซิไดออล (Calcidiol หรือ 25-hydroxyvitamin D หรือ 25(OH)D)

ข้อตกลงเบื้องต้น

กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครที่เต็มใจเข้าร่วมการวิจัย และได้รับการชี้แจงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการวิจัยต่างๆ อย่างละเอียดพร้อมทั้งลงชื่อในใบยินยอมเพื่อเข้าร่วมการวิจัย กลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกตามโปรแกรมที่กำหนด รูปแบบการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนเหมือนกันทุกอย่างในกลุ่มทดลอง การสัมผัสแสงแดดโดยธรรมชาติจะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับวิตามินดีเพราะต้องใช้ระยะเวลา 15-20 นาที และขอให้กลุ่มตัวอย่างทุกคนไม่ให้ฝึกเพิ่มเติมนอกเหนือไปจากโปรแกรมการฝึกดังกล่าวที่ผู้วิจัยได้กำหนดให้ ดังนั้นจึงถือว่าการ

เปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ ที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากโปรแกรมการฝึกตามโปรแกรมเท่านั้น รวมทั้งใช้สถานที่ทำการทดลอง และช่วงระยะเวลาเหมือนกันในแต่ละกลุ่มซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลการออกกำลังกายด้วยตัวเองทุกครั้ง

ข้อจำกัดของการวิจัย

ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมพฤติกรรม การประกอบกิจกรรมในการดำเนินชีวิตประจำวันของกลุ่มตัวอย่างให้เหมือนกันทั้งหมดได้ เช่น การรับประทานอาหารและการนอนหลับ เป็นต้น

เงื่อนไขในการออกกำลังกาย

1. การแต่งกาย ประกอบด้วย สวมเสื้อยืดแขนสั้น (ยาวเท่ากับครึ่งแขนท่อนบน) กางเกงวอร์มขาสั้น และไม่ทาครีมกันแดดบริเวณแขนและขา รวมทั้งไม่สวมถุงเท้าและรองเท้าในการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน

2. การเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้งต้องมีแดดส่อง ฝึกในช่วง 7.20 - 8.00 น. และการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มต้องมีลักษณะเป็นห้องโรงยิมเนเซียมออกกำลังกาย ฝึกในช่วง 17.20-18.00 น. ทุกวันจันทร์ พุธ และศุกร์ 3 ครั้ง/สัปดาห์ ระยะเวลา 12 สัปดาห์ และความหนักของการออกกำลังกาย 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

3. ระยะเวลาในการออกกำลังกาย 40 นาที รวมการอบอุ่นร่างกาย 10 นาที การเต้นแอโรบิก 20 นาที และคลายอุ่นร่างกาย 10 นาที

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย (Operational Definitions)

การฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม (Indoor mini trampoline aerobic dance training) หมายถึงกระบวนการฝึกการเคลื่อนไหวของร่างกายแบบลงน้ำหนักประกอบจังหวะดนตรีบนมินิแทรมโพลีนและฝึกแบบต่อเนื่องในห้องโรงยิมเนเซียม ช่วงเวลา 17.20-18.00 น. ประกอบด้วย ช่วงอบอุ่นร่างกาย 10 นาที ช่วงเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน 20 นาที ความหนักของการออกกำลังกาย 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และช่วงคลายอุ่นร่างกายและผ่อนคลายกล้ามเนื้อ 10 นาที รวมระยะเวลา 40 นาที 3 ครั้ง/สัปดาห์

การฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง (Outdoor mini trampoline aerobic dance training) หมายถึงกระบวนการฝึกการเคลื่อนไหวของร่างกายแบบลงน้ำหนักประกอบจังหวะดนตรีบนมินิแทรมโพลีนและฝึกแบบต่อเนื่องในที่กลางแจ้งโดยให้ร่างกายเปิดรับแสงแดดผ่านทางผิวหนังช่วงเวลา 7.20-8.00 น. ประกอบด้วย ช่วงอบอุ่นร่างกาย 10 นาที ช่วงเต้นแอโรบิกบนมินิ

แทรมโพลีน 20 นาที ความหนักของการออกกำลังกาย 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และช่วงคลายอุ่นร่างกายและผ่อนคลายกล้ามเนื้อ 10 นาที รวมระยะเวลา 40 นาที 3 ครั้ง/สัปดาห์

การสลายมวลกระดูก (Bone resorption) หมายถึงภาวะที่มีการสลายกระดูกมากกว่าการสร้างกระดูกใหม่ขึ้นมาทดแทน หรืออาจมีสาเหตุอื่นๆ มาช่วยเร่งทำให้มีการสูญเสียมวลกระดูกและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนมากขึ้น (สมชาย เอื้อรัตนวงศ์, 2544)

การตรวจสอบการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) หมายถึงผลการคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ต่อค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) แล้วคูณค่าคงที่ 0.31 {(P1NP)/(β-CrossLaps)}x0.31 (นาโนกรัม/มิลลิลิตร) โดยค่าคงที่ 0.31 คือค่าเฉลี่ยมาตรฐานของค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ของค่าโบนมาร์คเกอร์หญิงวัยเจริญพันธุ์ซึ่งมีค่า 0.31 นาโนกรัม/มิลลิลิตร การปรับค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) (Adjusted value) จำเป็นต้องปรับค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ให้อยู่ในระดับเดียวกันก่อน จึงจะดูความต่างของค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) โดยการคำนวณใหม่ให้ค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ทั้งก่อนและหลังการทดลองอยู่ที่ค่าปกติ (β-CrossLaps=0.31 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) แล้วดูค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) หลังการทดลอง เปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2552)

การตรวจโบนมาร์กเกอร์ (Bone marker) หมายถึงการตรวจด้วยขบวนการเคมีพิเศษที่สามารถบอกภาวะการสลายและการสร้างมวลกระดูกได้ ในภาวะการสลายมวลกระดูกทำการตรวจค่าเบต้าครอสแล็ป (β-CrossLaps) จะมีค่าปกติอยู่ในช่วง 0.293-0.328 นาโนกรัม/มิลลิลิตร และภาวะการสร้างมวลกระดูกทำการตรวจค่าพีวันเอ็นพี (P1NP) มีค่าปกติอยู่ในช่วง 40.78-48.35 นาโนกรัม/มิลลิลิตร (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

วิตามินดี (Vitamin D) หมายถึงวิตามินที่ร่างกายต้องการเพื่อรักษาภาวะสมดุลของระดับแคลเซียมในเลือดและกระดูก เมื่อร่างกายได้รับแสงแดดจะสามารถสร้างวิตามินดีได้การวัดระดับวิตามินดีจะดูที่ระดับของแคลซิไดออล (25-hydroxyvitamin D หรือ 25(OH)D) ในกระแสเลือด เนื่องจากเป็นดัชนีในทางคลินิกที่ไวที่สุดในการประเมินสภาวะวิตามินดี การตรวจใช้หลักการอิเล็กโทรเคมมิลูมิเนตเซนต์อิมมูโนเอสเสย์ “Electrochemiluminescence immunoassay”(ECLIA) มีหน่วยเป็นนาโนกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งภาวะการขาดวิตามินดี (Vitamin D deficiency) จะมีค่าแคลซิไดออล $\leq$ 30 นาโนกรัม/มิลลิลิตร (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2552)

ผู้หญิงวัยทำงาน (Working women) หมายถึงผู้หญิงวัยทำงานที่มีการทำงานส่วนใหญ่อยู่กับที่ เช่นนั่งโต๊ะในสำนักงานมีการเคลื่อนไหวร่างกายน้อย มีช่วงอายุระหว่าง 35-45 ปี

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทำให้ทราบผลการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (Mini trampoline aerobic dance training) ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูก และชะลอการสลายกระดูกในหญิงวัยทำงาน

2. ทำให้ทราบผลการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง (Outdoor mini trampoline aerobic dance training) มีผลต่อระดับวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน

3. เป็นแนวทางในการส่งเสริมการออกกำลังกายที่มีความหลากหลาย ปลอดภัย และสามารถฝึกด้วยตัวเองได้ เพื่อเป็นทางเลือกในการออกกำลังกายสำหรับการป้องกันภาวะกระดูกพรุนในหญิงวัยทำงาน

4. ได้องค์ความรู้ใหม่และเป็นแนวทางในการวิจัยต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารวบรวมเอกสารตำราและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้โดยได้นำเสนอดังหัวข้อหลักต่อไปนี้

ก. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. การเปลี่ยนแปลงในวัยผู้ใหญ่
2. กายวิภาคและสรีรวิทยาของกระดูก
3. โรคกระดูกพรุน
4. การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน
5. การตรวจประเมินชีวเคมีของกระดูก
6. ทางเลือกในการป้องกันโรคกระดูกพรุน
7. วิตามินดี
8. รังสีอัลตราไวโอเลต
9. กิจกรรมทางกายและความแข็งแรงของกระดูก
10. แอโรบิกดานซ์
11. มินิแทรมโพลีน

ข. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยภายในประเทศ
2. งานวิจัยต่างประเทศ

1. การเปลี่ยนแปลงในวัยผู้ใหญ่

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และสิทธา พงษ์พิบูลย์ (2553) กล่าวว่า ผู้ที่เจริญเติบโตเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ ได้ผ่านพัฒนาการตามวัยมาแล้วหลายขั้นตอนแต่ละวัยที่ผ่านมามีทั้งพัฒนาการทางร่างกาย สติปัญญา จิตใจ อารมณ์และสังคม วัยผู้ใหญ่แต่ละช่วงอายุมีพัฒนาการต่างกันซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วงอายุ คือ

วัยผู้ใหญ่ตอนต้นหรือวัยหนุ่มสาว (Early adulthood) อายุ 20-35 ปี

วัยผู้ใหญ่ตอนกลางหรือวัยกลางคน (Middle adulthood) อายุ 36-60 ปี

วัยผู้ใหญ่ตอนปลายหรือวัยผู้สูงอายุ (Late adulthood) อายุ 60 ปีขึ้นไป

พัฒนาการของวัยผู้ใหญ่ตอนต้นหรือวัยหนุ่มสาว หมายถึงบุคคลที่มีอายุระหว่าง 20-35 ปี เป็นวัยที่มีความสามารถ และรู้จักค้นคว้าหาทางเลือกที่ดีสำหรับตนเอง เป็นระยะที่ให้เวลากับตนเองในการเจริญก้าวหน้า และพยายามเชื่อมโยงความยุ่งยากต่างๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อก้าวไปสู่การเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณภาพ การเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย เมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่การเจริญเติบโตจะค่อยๆ ลดลงแต่ก็คงมีการเจริญเติบโตต่อไปอีกเล็กน้อย ระบบต่างๆ ของร่างกายทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์เต็มที่จนถึงอายุ 30 ปี เช่น มวลกล้ามเนื้อพัฒนาได้สูงสุดในเพศหญิงอายุระหว่าง 16-20 ปี และเพศชายอายุระหว่าง 18-25 ปี (ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสูงสุดจะเริ่มลดลงเมื่ออายุมากกว่า 25 ปี) การผลิตฮอร์โมนในเพศชายสูงสุดในช่วงอายุ 17-26 ปี และหลังจากนั้นจะลดลง การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้ร่างกายแข็งแรงมีความสามารถในการทำงาน อัตราการสูงอายุจะมีการพัฒนาไปในทางที่ดี อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของร่างกายจากผู้ใหญ่ตอนต้นไปถึงผู้ใหญ่ตอนกลาง มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ จนบางครั้งทำให้บุคคลนั้นไม่รู้สึกตัวจนล่วงเลยไปถึงอายุ 40-50 ปี

พัฒนาการของวัยผู้ใหญ่ตอนกลางหรือวัยกลางคน หมายถึงบุคคลที่มีอายุระหว่าง 36-60 ปี ซึ่งจัดเป็นทรัพยากรที่สำคัญของชาติ เนื่องจากอยู่ในวัยที่เป็นกำลังการผลิตและจากการที่มีวัยผ่านชีวิตสะสมประสบการณ์ต่างๆ ของชีวิตมาแล้วมากมาย จึงทำให้ประชากรวัยนี้มีความสามารถและศักยภาพในการทำงาน การเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายจะมีมากจนทำให้รู้สึกตกใจและกังวล การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจน คือความคล่องแคล่วว่องไวของสมองซึ่งเริ่มคิดช้าลง ความจำเสื่อมลง มีการเปลี่ยนแปลงในการมองเห็น คือสายตาจะยาวขึ้น หลอดเลือดมีความยืดหยุ่นน้อยลง โดยเฉพาะหลอดเลือดโคโรนารีเป็นเหตุให้วัยกลางคนเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดหัวใจ ในช่วงอายุ 40-50 ปี โดยเฉพาะเพศหญิงที่อยู่ในวัยหมดประจำเดือนจะขาดฮอร์โมนเอสโทรเจนซึ่งเสมือนตัวป้องกันระดับคอเลสเตอรอลในเลือดไม่ให้สูง นอกจากนี้เลือดที่บีบออกจากหัวใจหนึ่งครั้งน้อยลง และอัตราการกรองของไตก็น้อยลงด้วย ร่างกายมีการเผาผลาญลดลง มีการหลุดของแคลเซียมออกจากกระดูกทำให้กระดูกบางลงและค่อยๆ เกิดกระดูกพรุนขึ้น จากการที่เกิดกระดูกพรุนทำให้

หมอนรองกระดูกค่อยๆ ยุบตัวลง มักจะเกิดที่กระดูกคอและช่องอกส่วนบน ทำให้ร่างกายเตี้ยลงกว่าเดิมและหลังค่อม หญิงที่มีอายุ 55 ปี จะเสี่ยงต่อกระดูกหักมากกว่าชายอายุเท่ากันถึง 10 เท่า กระดูกที่เสี่ยงต่อการหักมากที่สุด คือกระดูกแขน กระดูกสะโพก และกระดูกสันหลัง (แสงจันทร์ ทองมาก, 2541; อุรุษา เทพพิสัย, มยุรี จิรภิญโญ, อภิชาต จิตต์เจริญ และจิตติมา มโนทัย, 2546)

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกระดูกตามอายุ

วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ (2538) กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงของกระดูกในวัยต่างๆ นั้น เปลี่ยนแปลงทั้งในด้านปริมาณ รูปร่าง และคุณภาพ ดังนี้

1. ปริมาณ ตั้งแต่เด็กเติบโตจนเป็นวัยหนุ่มสาวปริมาณของกระดูกจะเพิ่มขึ้นตามอายุตลอดเวลาโดยเฉพาะวัยรุ่นจนถึงวัยผู้ใหญ่ ส่วนผู้ที่อยู่ในวัย 30-40 ปี จะมีปริมาณของกระดูกสูงสุดและค่อนข้างคงที่ หลังจากนั้นปริมาณของกระดูกจะค่อยๆ ลดลงในเพศชาย ส่วนในเพศหญิงกระดูกจะลดลงในอัตราที่ค่อนข้างเร็วในระยะหลังหมดประจำเดือนไปแล้ว ปริมาณวิกฤตของกระดูกคือปริมาณกระดูกต่ำสุดในคนๆ หนึ่งซึ่งสามารถทนต่อแรงกระแทกปกติได้ หากปริมาณกระดูกต่ำกว่าปริมาณวิกฤตแล้วจะให้กระดูกหักง่าย เช่นในกรณีของเพศหญิงหลังจากหมดประจำเดือน

2. รูปร่าง จากวัยเด็กสู่วัยหนุ่มสาวกระดูกมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างตลอดเวลา เช่น กะโหลกศีรษะขยายใหญ่ออกเพื่อรับกับปริมาณเนื้อสมองที่เพิ่มขึ้น ส่วนกระดูกท่อนยาว เช่น กระดูกต้นขา (Femur) การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญคือกระดูกจะยาวยืดออกจากการเติบโตแบ่งตัวของอีพิไฟเชียล (Epiphyseal plate) และเส้นรอบวงภายนอกของกระดูกขยายออกเรื่อยๆ ในขณะที่เส้นรอบวงภายในค่อนข้างคงที่หรือลดลงจึงเป็นผลให้ส่วนกระดูกคอร์เทก (Cortex) หนาขึ้นเรื่อยๆ จนถึงอายุ 20 ปี การเจริญเติบโตจะเริ่มชะลอ มีการขยายของเส้นรอบวงภายนอกอย่างช้าๆ จนหลังจากอายุ 40 ปีไปแล้ว เส้นรอบวงภายในจะเริ่มขยายตัวกว้างเร็วขึ้น และส่วนของโพรงกระดูกจะเริ่มโปร่งบางและมีช่องว่างมากขึ้น ส่วนกระดูกคอร์เทกจะบางลงซึ่งมีผลทำให้ปริมาณของกระดูกลดลงดังได้กล่าวข้างต้น

3. การเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพ เนื้อกระดูกเมื่อเริ่มสร้างใหม่ในเด็กจะมีกระดูกที่มีการเรียงตัวของคอลลาเจนไม่เป็นระเบียบซึ่งเรียกว่า “Woven bone” ในสัดส่วนค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับวัยผู้ใหญ่ เมื่อโตเป็นหนุ่มสาวแล้วเนื้อกระดูกจึงเปลี่ยนเป็นชนิดที่คอลลาเจนเรียงเป็นระเบียบทั้งหมดเรียกว่า “Lamellar bone” ซึ่งมีคุณภาพในการรับแรงกระทบดีกว่า การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลมาจากการปรับแต่งกระดูก หลังจากวัยผู้ใหญ่จนถึงวัยชราเชื่อกันว่าคุณภาพกระดูกอาจเริ่มถดถอยเช่นเดียวกับปริมาณกระดูก

2. กายวิภาคและสรีรวิทยาของกระดูก

โครงสร้างของกระดูก (Structure of bone) (รำแพน พรเทพเกษมสันต์, 2549)

โครงสร้างของกระดูกแข็ง (Compact bone) ในผู้ใหญ่แบ่งตามลักษณะจากภายในออกมาภายนอก ประกอบด้วย

1. ไขกระดูก (Bone marrow) บรรจุอยู่ในช่องว่างหรือในโพรงกระดูก (Bone cavity) ในผู้ใหญ่ไขกระดูกแบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ไขกระดูก ซึ่งพบได้ที่ปลายของกระดูกยาวและในกระดูกพรุน ในเด็กคลอดใหม่จะมีไขกระดูกแดงเต็มไปหมด อีกชนิดหนึ่งคือไขกระดูกเหลืองมีเซลล์ไขมันมากพบได้ในกระดูกยาว ไขกระดูกแดงมีหน้าที่สร้างเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาวบางชนิด นอกจากนั้นยังช่วยให้อาหารแก่กระดูก

2. กระดูกพรุนหรือกระดูกเนื้อพรุน (Spongy หรือ Cancellous bone หรือ Trabecular bone) มีลักษณะเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำไขว้ไปไขว้มาเป็นตาราง อยู่ภายในกระดูกเนื้อแน่น (Compact bone) บริเวณหัวท้ายของกระดูกทำให้มีน้ำหนักเบา ภายในเต็มไปด้วยไขกระดูกแดง

3. กระดูกแข็งหรือกระดูกเนื้อแน่น (Compact หรือ Dense หรือ Cortical bone) เนื้อกระดูกจะเรียงกันเป็นแผ่นทึบแข็ง มองดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นที่ว่างๆ ในเนื้อกระดูกได้ หน่วยของแผ่นทึบแข็งนี้เรียกว่า “Harversian system”

4. เยื่อหุ้มภายในของกระดูก (Endosteum) เป็นผนังบางๆ ที่มีลักษณะละเอียดคาดอยู่ข้างในช่องว่างของกระดูก

5. เยื่อหุ้มภายนอกกระดูก (Periosteum)เป็นผนังที่หุ้มชั้นนอกของกระดูกชั้นเพอริออสเตียม (Periosteum) จะมีหลอดเลือด หลอดน้ำเหลือง และเส้นประสาทหล่อเลี้ยงมากมาย ติดต่อทะลุเข้าไปถึง “Harversian canal” ไขกระดูกในโพรงกระดูก

หน้าที่ของกระดูก (Function of bone) (วิวัฒน์ วจนะวิศิษฐ์, 2538; พิชิต ภูติจันทร์, 2545)

1. เป็นโครงสร้างเพื่อให้ร่างกายคงสภาพรูปร่างไว้ได้

2. เป็นแกนหรือคานสำหรับกล้ามเนื้อและเป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อลาย เอ็น รวมทั้งพังผืด

3. เป็นโครงห่อหุ้มป้องกันอวัยวะภายในไม่ให้เป็นอันตราย เช่น กระดูกสันหลังจะป้องกันไขสันหลัง กะโหลกศีรษะป้องกันสมอง และกระดูกซี่โครงป้องกันอวัยวะในช่องอก เป็นต้น

4. เป็นที่เก็บสะสมเกลือแร่ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม เป็นต้น

5. ประกอบด้วยเนื้อเยื่อสำหรับสร้างเม็ดเลือดและเกร็ดเลือด

6. ช่วยในการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะกระดูกยาวทำให้เราสามารถเคลื่อนไหวเป็นมุมที่กว้างขึ้น

โครงสร้างและหน้าที่ของกระดูก (Structure and function of bone)(ทวี ทรงพัฒนาศิลป์, 2550)

กระดูกของคนเราปกติจะมีน้ำหนักประมาณ 4 กิโลกรัม มีปริมาตรทั้งหมดประมาณ 1,750 มิลลิลิตร และมีปริมาณแคลเซียมทั้งหมดประมาณ 1,050 กรัม กระดูกจะประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อกระดูก 2 ประเภท ถ้าแบ่งตามจุลกายวิภาคศาสตร์ (Histology) คือ กระดูกเนื้อแน่น (Cortical bone หรือ Compact bone) ซึ่งคิดเป็น 80% ของมวลกระดูกทั้งหมด ที่เหลืออีก 20% เป็นกระดูกเนื้อพรุน (Cancellous bone หรือ Trabecular bone) อย่างไรก็ตามกระดูกเนื้อพรุนจะมีเมตาบอลิซึมที่ทำงานถึง 10 เท่า ถ้าคิดต่อหน่วยปริมาตรที่เท่ากัน จึงทำให้เราพอจะประมาณได้ว่าเนื้อเยื่อกระดูกทั้ง 2 ประเภท มีเมตาบอลิซึมที่พอๆ กัน โดยภาพรวมกระดูกนอกจากจะทำหน้าที่ห่อหุ้มปกป้องอวัยวะภายในและเป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อ เส้นเอ็นต่างๆ ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวเคลื่อนที่ไปได้แล้วยังเป็นที่อยู่ของไขกระดูก (Bone marrow) ซึ่งเป็นที่ผลิตเซลล์เม็ดเลือดทั้งหลาย อีกทั้งยังเป็นแหล่งสะสมใหญ่ที่สุดของแร่ธาตุสำคัญๆ เช่น แคลเซียมและฟอสฟอรัสอีกด้วย

กระดูกประกอบขึ้นด้วยส่วนที่เป็นเซลล์และส่วนที่เป็นแมทริก (Matrix) โดยส่วนที่เป็นเซลล์มีปริมาณน้อยมากทำให้ดูเหมือนว่ากระดูกเป็นแท่งของแข็งของแมทริกที่ถูกแคลซิไฟ (Calcified) ซึ่งไม่มีชีวิต แต่ความจริงแล้วกระดูกกลับเป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิตและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (Dynamic) มีการสลายกระดูกที่ไม่ต้องการใช้ออกและมีการสร้างกระดูกใหม่เข้าทดแทนเสมอๆ กระดูกสามารถรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวเองได้ ไม่ว่าจะเป็นทางเคมีหรือกลไกจากการถูกกระตุ้น (Mechanical stimuli) สิ่งเหล่านี้มีเซลล์กระดูกที่มีปริมาณไม่มากนักที่เป็นตัวควบคุมดูแล

การแบ่งชนิดของกระดูก (Bone classification)

1. แบ่งตามรูปร่างของกระดูก ซึ่งแบ่งตามรูปร่างภายนอกที่เห็น เป็นการแบ่งอย่างหยาบๆ เป็น 4 ชนิด ได้แก่ (ธันวา ตันสถิต และมนตกานต์ ตันสถิตย์, 2539; รำแพน พรเทพเกษมสันต์, 2549; บังอร ฉางทรัพย์, 2550)

1.1 กระดูกยาว (Long bone) เป็นกระดูกจำพวกรยางค์ (Extremities) ที่มีรูปร่างยาว ความยาวมากกว่าความกว้าง ตอนปลายทั้งสองข้างจะโตออกเล็กน้อยเพื่อประกอบเป็นข้อต่อ กระดูกในกลุ่มนี้ ได้แก่ กระดูกแขนและกระดูกขา เป็นต้น

1.2 กระดูกสั้น (Short bone) เป็นกระดูกท่อนสั้นๆ ที่มีความยาวและความกว้างพอๆ กัน เช่น กระดูกข้อมือ (Carpal bones) กระดูกข้อเท้า (Tarsal bones)

1.3 กระดูกแบน (Flat bone) เป็นกระดูกที่มีรูปร่างแบนและบาง ประกอบด้วยกระดูกเนื้อแน่น (Compact bone) 2 ชั้นประกบกัน โดยมีกระดูกเนื้อพรุน (Spongy bone) แทรกอยู่ตรงกลาง เช่น กะโหลกศีรษะ กระดูกซี่โครง กระดูกสะบัก (Scapula)

1.4 กระดูกที่มีรูปร่างไม่แน่นอน (Irregular bone) กระดูกในกลุ่มนี้มีรูปร่างแตกต่างจากกระดูก 3 พวกดังกล่าว ได้แก่ กระดูกสะโพก (Hip bone) กระดูกสันหลัง (Vertebra) และกระดูกขากรรไกรล่าง (Mandible) เป็นต้น

2. แบ่งตามลักษณะของเนื้อกระดูก แบ่งออกตามความหนาแน่นและการจัดเรียงเนื้อเยื่อภายในกระดูก สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549; บังอร ฉางทรัพย์, 2550)

2.1 กระดูกแข็งหรือกระดูกเนื้อแน่น (Compact หรือ Dense หรือ Cortical bone) คือกระดูกที่เป็นส่วนประกอบหลักของร่างกาย พบได้ประมาณร้อยละ 75 มีรูพรุนค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่ทำหน้าที่เป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อเพื่อการเคลื่อนไหวของร่างกาย หากเนื้อกระดูกจัดเรียงตัวกันอย่างเหมาะสมจะทำให้ทนต่อแรงกระแทกและเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงในการป้องกันอันตรายให้อวัยวะสำคัญต่างๆ กระดูกส่วนนี้มักเป็นกระดูกส่วนที่ตรงและยาว เช่น กระดูกแขนและกระดูกขา เป็นต้น

2.2 กระดูกพรุนหรือกระดูกเนื้อพรุน (Spongy หรือ Cancellous bone หรือ Trabecular bone) เป็นกระดูกที่มีรูพรุนค่อนข้างมาก เนื้อกระดูกเรียงตัวกันโปร่งๆ มีช่องว่างสอดแทรกทั่วไป ทำให้กระดูกชนิดนี้มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง เป็นแหล่งสะสม และปล่อยแร่ธาตุที่สำคัญของร่างกายโดยเฉพาะแคลเซียมและฟอตเฟต นอกจากนั้นยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกระดูกสันหลังและส่วนปลายของกระดูกท่อนนอกของแขน (Ultradistal) ภายในกระดูกประเภทนี้มักมีกระบวนการทำลายและสร้างใหม่อย่างรวดเร็ว ในสตรีวัยหมดประจำเดือนมักสูญเสียเนื้อกระดูกส่วนนี้ค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับกระดูกเนื้อแน่นและการให้ฮอร์โมนเสริมจะมีผลต่อการเสริมสร้างกระดูกเนื้อพรุนมากกว่ากระดูกเนื้อแน่น

3. การแบ่งกระดูกตามตำแหน่งที่อยู่ กระดูกบางชนิดมีตำแหน่งฝังตัวอยู่ภายในเอ็นกล้ามเนื้อ โดยมักเป็นกระดูกที่มีขนาดค่อนข้างเล็กเราเรียกกระดูกชนิดนี้ว่า “Sesamoid” ซึ่งมันทำหน้าที่ป้องกันเอ็นของกล้ามเนื้อไม่ให้เกิดการเสียดสีกับกระดูกมากเกินไปในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงมุมของการเคลื่อนไหว พบว่ากระดูก “Sesamoid” ที่ใหญ่ที่สุด ได้แก่ กระดูกสะบ้า

(Patella) ที่บริเวณข้อเข่า (Knee joint) นอกจากนี้ยังพบกระดูก “Sesamoid” ที่ข้อต่อบริเวณนิ้วโป้งของเท้าอีกด้วย (บังอร ฉางทรัพย์, 2550)

เซลล์กระดูก (Bone cells)

กระดูกประกอบด้วยเซลล์ 5 ชนิด ซึ่งมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงบทบาทตามความต้องการของร่างกายในขณะที่โครงร่างของร่างกายมีการเจริญเติบโต

1. เซลล์ออสตีโอเจนิค (Osteogenic cells) เป็นเซลล์ที่มีขนาดเล็ก รูปกระสวย (Spindle-shaped) ส่วนมากพบในชั้นที่ลึกที่สุดของเพอริออสเตียม (Periosteum) และในเอ็นดอสเตียม (Endosteum) เซลล์เหล่านี้เมื่อถูกกระตุ้นมีอัตราการแบ่งตัวแบบไมโตซิสที่สูง และสามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ที่สร้างกระดูก (Bone formation) เรียกว่า ออสทีโอบลาสท์ (Osteoblast) (ธันวา ตันสถิต และมนตกานต์ ตันสถิตย์, 2539; ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

2. เซลล์ออสทีโอบลาสท์ (Osteoblast cells) เป็นเซลล์สร้างกระดูกขนาดใหญ่มีไซโตพลาสซึมติดสีน้ำเงิน ซึ่งเกิดขึ้นในส่วนของไขกระดูก (Bone marrow) ทำหน้าที่สังเคราะห์และหลั่งสารพื้นฐาน (Ground substance) ที่ยังไม่มีการรวมตัวของแร่ธาตุ เรียกว่า ออสทีออยด์ (Osteoid) กลายไปเป็นเนื้อกระดูก (Bone matrix) ออสทีโอบลาสท์มีหน้าที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแคลเซียมในกระดูก (Calcification) ก็จะมีการสลายแคลเซียมออกจากกระดูก (Decalcification) ออสทีโอบลาสท์มักพบในบริเวณที่มีการเจริญเติบโตของกระดูกรวมทั้งบริเวณเพอริออสเตียม (Periosteum) นอกจากนี้ยังเป็นเซลล์ที่ควบคุมการทำงานของออสทีโอคลาสท์ด้วยคือทำหน้าที่เป็นทั้งตัวกระตุ้นการสร้างและการสลายกระดูก (Coupling effector) (วิวัฒน์ วจนะวิศิษฐ์, 2538; ธันวา ตันสถิต และมนตกานต์ ตันสถิตย์, 2539;ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

3. เซลล์ออสทีโอไซต์ (Osteocytes cells) เป็นเซลล์ของกระดูกที่แสดงว่ากระดูกมีการพัฒนาเต็มที่แล้ว ออสทีโอไซต์แต่ละเซลล์ที่มีอยู่ในช่องว่าง (Lacunae) ซึ่งอยู่ภายในเนื้อกระดูก (Bone matrix) และมีไซโตพลาสซึมที่เหมือนขายาวๆ ยื่นออกมาผ่านทะลุเนื้อกระดูกเชื่อมติดต่อกันผ่านทางช่องเล็กๆ (Canaliculi) ขายาวๆที่ยื่นออกมาทำหน้าที่เหมือนกับเป็นรอยเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ออสทีโอไซต์ ซึ่งเซลล์ออสทีโอไซต์เป็นเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงมาจากออสทีโอบลาสท์ที่ถูกล้อมรอบด้วนสารพื้นฐานของกระดูกที่สร้างขึ้น ซึ่งจะหลั่งเนื้อเยื่อกระดูกออกมาอยู่รอบๆ ตัวเอง เซลล์ออสทีโอบลาสท์และเซลล์ออสทีโอคลาสท์มีบทบาทสำคัญในการควบคุมสมดุลร่างกายโดยช่วยให้เกิดการหลั่งแคลเซียมจากเนื้อกระดูกเข้าสู่กระแสเลือดซึ่งเป็นการควบคุมความเข้มข้นของแคลเซียมในเลือด ออสทีโอไซต์ทำหน้าที่รักษาและซ่อมแซมเนื้อกระดูกให้คงที่ และควบคุมปริมาณแคลเซียมในเลือดภายใต้อิทธิพลของพาราไทรอยด์ฮอร์โมน โดยการหลั่งเอนไซม์และรักษา

ความเข้มข้นของเกลือแร่ที่บรรจุอยู่ภายใน (วิวัฒน์ วจนะวิศิษฐ์, 2538; ธันวา ตันสถิต และมนตกานต์ ตันสถิตย์, 2539; ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

4. เซลล์ออสทีโอคลาสท์ (Osteoclasts cells) เป็นเซลล์ขนาดใหญ่ที่มีนิวเคลียสหลายอันเคลื่อนที่พบอยู่ตรงบริเวณผิวกระดูกที่กำลังมีการกัดกร่อนมีหน้าที่ละลายและดูดซึมเนื้อกระดูกจากบริเวณที่มีการทำลายกระดูก ออสทีโอคลาสท์พบทั่วไปในบริเวณที่มีการสลายกระดูกขณะที่ร่างกายมีการเจริญเติบโตอย่างปกติ เซลล์เหล่านี้มีการสร้างน้ำย่อยออกมาละลายเนื้อกระดูกทำให้เนื้อกระดูกบางลงและมีการปล่อยแคลเซียมออกสู่กระแสเลือดมากขึ้น เซลล์ออสทีโอคลาสท์มีการเจริญมาจากเซลล์เม็ดเลือดขาวที่ เรียกว่า โมโนไซต์ จะปล่อยคาร์บอนิคแอนไฮเดรส (Carbonic anhydrase) และแอซิดไฮโดรเลส (Acid hydrolase) ออกมาสลายเนื้อกระดูก (วิวัฒน์ วจนะวิศิษฐ์, 2538; ธันวา ตันสถิต และมนตกานต์ ตันสถิตย์, 2539; ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

5. เซลล์โบน-ไลนิง (Bone-lining cells) เป็นเซลล์ที่พบอยู่บนผิวของกระดูกในผู้ใหญ่เป็นส่วนใหญ่ เชื่อกันว่าเซลล์เหล่านี้เจริญมาจากเซลล์ออสทีโอบลาสท์ มีหน้าที่ยับยั้งการทำงานสรีรวิทยาของออสทีโอบลาสท์และเป็นเซลล์ที่มีรูปร่างแบนเกาะอยู่บนผิวกระดูก เซลล์เหล่านี้มีหน้าที่มากมายหลายอย่างทำหน้าที่เหมือนเป็นเซลล์ออสทีโอเจนิค ซึ่งมีการแบ่งตัวและเปลี่ยนแปลงไปเป็นออสทีโอบลาสท์บางครั้งเซลล์เหล่านี้ส่วนใหญ่จะทำหน้าที่เป็น “Iron barrier” ที่อยู่รอบๆ เนื้อเยื่อกระดูก (ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

พัฒนาการของกระดูก

สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543; เสก อักษรานุเคราะห์, 2539) คือ

1. การเจริญของกระดูก (Growth of bone)

การเจริญของกระดูก (Growth of bone) คือการเพิ่มหรือการขยายขนาดของกระดูกในช่วงเด็กหรือวัยรุ่นเป็นการเจริญเติบโตตามแนวยาวของกระดูก (Longitudinal growth) อันเนื่องมาจากการเพิ่ม (Proliferation) ของเนื้อเยื่อกระดูกอ่อน

2. การเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (Modeling)

การเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (Modeling) เป็นกระบวนการซึ่งมีการปรับเปลี่ยนรูปร่างของกระดูกเพื่อตอบสนองต่อสรีระ และอิทธิพลจากการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นกระดูกสามารถที่จะกว้างออกหรือปรับแนวของตัวมันเองโดยใช้กลไกการเคลื่อนย้ายกระดูกในตำแหน่งที่ไม่ต้องการและเพิ่มกระดูกในตำแหน่งที่ต้องการ ยกตัวอย่างเช่น การกว้างออกของกระดูกยาว (Long bone) เกิดจากการสร้างชั้นกระดูกใหม่ (New layer) ที่ผิวของเยื่อหุ้มกระดูก (Periosteal surface) ในขณะที่มีการเคลื่อนย้ายกระดูกในด้านพื้นผิวของเยื่อโพรงกระดูก ปรากฏการณ์นี้จะเห็นได้

ชัดเจนในช่วงวัยเด็ก และจะค่อยหมดความสามารถนี้ไปเมื่ออายุมากขึ้นการที่กระดูกยาวสามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างไปตามแรงกดที่กระทำกับมันได้เราเรียกอีกอย่างว่า “กฎของวูฟ (Wolff’s law)”

3. การปรับแต่งกระดูก (Remodeling)

การปรับแต่งกระดูก (Remodeling) เป็นกระบวนการสลายกระดูกเก่าและสร้างกระดูกใหม่ซึ่งเกิดขึ้นตลอดเวลา และจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปตลอดชีวิตโดยมีการเคลื่อนย้ายกระดูกเก่าที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง (Bone resorption) ออกตามมาด้วย การสร้างกระดูกทดแทนใหม่ที่ตำแหน่งนั้นๆ (Bone formation) ความแตกต่างจากการเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (Modeling) อยู่ที่การเคลื่อนย้ายของกระดูกและการแทนที่ของกระดูกในการปรับแต่งกระดูก (Remodeling) จะต้องเกิดขึ้นที่ตำแหน่งเดียวกันเสมอในระดับที่เล็กมาก (Microscopic) และการปรับแต่งกระดูกเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในทุกๆกระดูกของร่างกายตลอดเวลา แต่ในระดับที่เล็กมากนี้ทำให้เราแทบไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงใดๆ ทั้งในแง่ปริมาณหรือรูปร่างกระดูกเลย (ทวี ทรงพัฒนาศิลป์, 2550) กระบวนการดังกล่าวนี้มีความสัมพันธ์กับการปรับสมดุลของแคลเซียมในร่างกาย (Calcium homeostasis) กระบวนการนี้เป็นการทำงานของเซลล์ 2 ชนิด คือเซลล์สลายกระดูก (Osteoclast) ซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยสลายกระดูกเก่าและเซลล์สร้างกระดูก (Osteoblast) ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างกระดูกใหม่กระบวนการสลายและการสร้างกระดูกมักจะเกิดที่บริเวณผิวด้านในของกระดูก (Endosteum) ทั้งนี้กระบวนการสร้างและการสลายกระดูกจะทำให้มีการสร้างกระดูกใหม่แทนที่กระดูกเก่าในอัตราร้อยละ 2-10 ต่อปี ดังนั้นการสร้างกระดูกใหม่แทนที่กระดูกเก่าจนครบทั่วร่างกายจึงอาจใช้เวลา 9-11 ปี (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543)

4. การซ่อมแซมกระดูก (Repair)

การซ่อมแซมกระดูก (Repair) เป็นการซ่อมแซมเมื่อมีการเสื่อมหรือหักของกระดูกซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปตลอดชีวิต

สรีรวิทยาของกระดูก (Physiology of bone) (อภิชัย คงเสรีพงศ์, 2542)

สารพื้น (Ground substance) เป็นสารสำคัญที่จับตัวกับน้ำ (Water-binding agent) และกระทำตัวเป็นสารแลกเปลี่ยนไอออนในการควบคุมการผ่านของอิเล็กโทรไลต์ การตกตะกอนของสารพื้นจะขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ฮอร์โมนและวิตามิน และส่วนประกอบของสารพื้นจะสะท้อนให้เห็นความผิดปกติที่มีผลจากอัตราการเกิดและการทำลาย (Bone turnover) ของกระดูกอ่อนซึ่งยังพบน้อยมาก แต่ภาวะสมดุลของการสร้างและการเสื่อมของสารพื้นยังคงปรากฏให้เห็นตลอดช่วงอายุขัย

กระดูกมีบทบาทที่สำคัญต่อชีวิตในเมแทบอลิซึม เหตุผลหลักคือมีองค์ประกอบของแคลเซียมและฟอตเฟตแร่ธาตุเหล่านี้จะเข้าอยู่ในการสร้างผลึกของส่วนประกอบอนินทรีย์ที่สำคัญของกระดูกทำให้มีความแข็ง (Hydroxyapatite) และปัจจัยหลายอย่างจะส่งผลต่อความไวของการตกตะกอนของแร่ธาตุเหล่านี้ มีหลักฐานบางอย่างว่าผิวกระดูกจะถูกอาบด้วยสารน้ำนอกเซลล์ (Extracellular fluid) ชนิดพิเศษซึ่งแตกต่างจากส่วนอื่นของร่างกาย โรคที่เกี่ยวเนื่องกับการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนในพัฒนาการของกระดูก ได้แก่ โรคกระดูกอ่อน (Rickets), โรคกระดูกน่วม (Osteomalacia) และภาวะของฮอร์โมนพาราไทรอยด์สูง (Hyperparathyroidism)

ภาวะที่มีการสูญเสียหรือถ่ายเอาแร่ธาตุหรือเกลืออินทรีย์ออก (Demineralization) ของกระดูกจะส่งผลให้ความแข็งแรงของกระดูกลดลงและอาจเกิดจากการลดการสร้างเนื้อพื้น การตกตะกอนของเกลือแคลเซียม (Calcification) ที่ไม่เพียงพอหรือเกิดการสลายกระดูก (Bone resorption) กรณีหลังเกิดจากการทำงานของเซลล์สลายกระดูก (Osteoclast) ซึ่งจะดึงทั้งสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ ภาพทางรังสีจะเห็นว่ากระดูกมีความเข้มข้นน้อยลงเหมือนกับสาเหตุของภาวะที่มีการสูญเสียแร่ธาตุหรือเกลืออินทรีย์และเกิดภาวะที่เรียกว่า “กระดูกพรุน” (Osteoporosis)

หน้าที่ของการปรับแต่งกระดูก (Function of bone remodeling) (ทวี ทรงพัฒนาศิลป์, 2550)

หน้าที่หลักของการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling) ที่ยอมรับกันในปัจจุบันมีอยู่ 2 ประการ คือ

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

2. เพื่อควบคุมความสมดุลของแร่ธาตุต่างๆ (Mineral homeostasis) ในร่างกายซึ่งกระดูกถือได้ว่าเป็นแหล่งสะสมธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสใหญ่ที่สุดของร่างกาย การนำแร่ธาตุเหล่านี้มาใช้และการเก็บแร่ธาตุกลับไปเมื่อเกินความต้องการต้องอาศัยกลไกของการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling) จะเห็นว่าในขณะที่อัตราการหมุนเวียนของกระดูก (Bone turnover rate) ในกระดูกเนื้อแน่น (Cortical bone) มีเพียง 2-3% ต่อปี ซึ่งมีความเหมาะสมพอเพียงในการรักษากลไกความแข็งแรงของกระดูก (Maintain mechanical strength) แต่อัตราการหมุนเวียนของกระดูก (Bone turnover rate) ในกระดูกเนื้อพรุน (Cancellous bone) มีมากกว่าซึ่งสนับสนุนความคิดที่ว่ากระดูกเนื้อพรุนทำหน้าที่ในแง่ของการรักษาภาวะสมดุลของแร่ธาตุในร่างกายมากกว่าที่จะทำหน้าที่ในแง่ของความแข็งแรง

การปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling) (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539; ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550; สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด, 2551; ภนารี บุษราคัมตระกูล, 2553)

การทำงานของเซลล์กระดูกทั้งหลายจะทำให้เกิดการสร้างและการทำลายกระดูกบนผิวกระดูก ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการเจริญเติบโตและพัฒนาของกระดูกเป็นปรากฏการณ์ที่ถือได้ว่าเป็นกุญแจสำคัญในการอธิบายกลไกการควบคุม “มวลกระดูก” (Bone mass) และความบกพร่องในหน้าที่ทางสรีรวิทยา (Pathophysiology) ของการเกิดภาวะกระดูกพรุน กลไกในการหมุนเวียนกระดูกและการเกิดกระดูกใหม่เพื่อทดแทนกระดูกเก่าเรียกวงจรนี้ว่า “วงจรการปรับแต่งกระดูก” (Bone remodeling cycle) แบ่งออกเป็น 4 ระยะ

1. ระยะพักหรือระยะเริ่มต้น (Resting stage/Activation phase) ระยะนี้เซลล์ที่เรียงตัวอยู่บนผิวกระดูกจะถูกกระตุ้นให้เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงด้วยแรงกล ฮอร์โมน หรืออื่นๆ

2. ระยะทำลายกระดูก (Resorption stage) ระยะนี้เซลล์สลายกระดูก (Osteoclast) จะเข้ามาสลายกระดูกทำให้เกิดเป็นหลุมบนผิวกระดูก

3. ระยะเปลี่ยนกลับเป็นตรงกันข้าม (Reversal stage) ระยะนี้เซลล์ที่มีลักษณะคล้ายมาโครฟาจ (Macrophage) จะเข้ามาในหลุมกระดูกและสร้างเส้นซีเมนต์ (Cement line) เพื่อจำกัดการทำลายกระดูกและเป็นตัวเชื่อมกระดูกเก่ากับกระดูกใหม่

4. ระยะสร้างกระดูก (Formation stage) ระยะนี้เซลล์สร้างกระดูก (Osteoblast) จะเข้ามาและสร้างเนื้อกระดูก (Matrix) เติมลงในหลุมจนเต็มต่อมาจะมีการตกตะกอนเกลือแคลเซียมเพื่อให้เกิดเป็นกระดูกที่สมบูรณ์

ระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่ระยะที่ 1-4 เป็นเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการปรับแต่งกระดูกอย่างสมบูรณ์จะเรียกว่า “ระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูก” (Remodeling period) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น “ระยะเวลาในการสลายกระดูก” (Resorption period/Erosion period) และ “ระยะเวลาในการสร้างกระดูก” (Formation period) ในกระดูกเนื้อแน่น (Cortical bone) ระยะเวลาในการสลายจะกินเวลาประมาณ 30 วัน ซึ่งในช่วงเวลานี้อุโมงค์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 150 ไมโครเมตร (μm) หรือเรียกว่า “Cutting cone” จะถูกขุดโดยออสทีโอคลาสท์ (Osteoclast) หลังจากนั้นจะมีระยะเปลี่ยนกลับเป็นตรงกันข้าม (Reversal stage) ซึ่งกินเวลาสั้นๆ แค่ 5 วัน ระยะเวลาในการสร้างกระดูกก็เริ่มต้นขึ้นและจะกินเวลาทั้งสิ้น 90 วัน รวมแล้วระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูกสำหรับกระดูกเนื้อแน่นจะใช้เวลาประมาณ 100 วัน สำหรับกระดูกเนื้อพรุน (Trabecular bone) จะใช้เวลานานกว่าโดยระยะเวลาในการสลายจะกินเวลาประมาณ 45 วัน มีระยะเปลี่ยนกลับเป็นตรงกันข้าม (Reversal stage) ประมาณ 7 วัน และระยะเวลาในการสร้างกระดูกจะกินเวลา 145 วัน รวมแล้วระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูกในกระดูกเนื้อพรุนจะใช้เวลาทั้งสิ้น 200 วัน จะได้ความหนาของกระดูกใหม่ที่

เกิดขึ้นประมาณ 60 ไมโครเมตร เวลาต่างๆนี้ล้วนเป็นค่าประมาณโดยเฉลี่ยทั้งสิ้นเพราะกระดูกแต่ละอันจะใช้เวลาไม่เท่ากันในการปรับแต่งกระดูกโดยทั่วไปแล้วระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูกหรืออาจเรียกว่า “Life span” ของหน่วยการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling unit) จะอยู่ที่ประมาณ 3-9 เดือน โดยเฉลี่ยแล้วเราแทบจะผลัดเปลี่ยนกระดูกใหม่ทั้งหมดใน 10 ปี ปริมาณของเนื้อกระดูกซึ่งผลัดเปลี่ยนในหนึ่งหน่วยเวลาย่อมขึ้นอยู่กับจำนวนของตำแหน่งที่มีการปรับแต่ง (Active remodeling sites) ที่เกิดขึ้น เราเรียกอัตราการเกิดของตำแหน่งที่มีการปรับแต่งหรือหน่วยการปรับแต่งกระดูกนี้ว่า “ความถี่ในการกระตุ้น” (Activation frequency) ภาษาธรรมดาจะเรียกว่า “อัตราการหมุนเวียนกระดูก” (Bone turnover rate) (ทวีทรงพัฒนศิลป์, 2550) ในวัยผู้ใหญ่กระบวนการปรับแต่งกระดูกจะเกิดขึ้นตลอดเวลาโดยปริมาณของกระดูกที่สร้างขึ้นใหม่จะใกล้เคียงกับกระดูกที่ถูกทำลาย ดังนั้นปริมาณรวมของกระดูกทั้งหมดจะคงที่เสมอเรียกว่า “กลไกคู่ควบ” (Coupling mechanism) ซึ่งกลไกนี้มีความสำคัญอย่างมากทั้งนี้เนื่องจากถ้ากลไกนี้ถูกรบกวนจะทำให้เกิดภาวะผิดปกติขึ้นได้เช่นภาวะกระดูกบาง (Osteopenia) และภาวะกระดูกหนา (Osteosclerosis) (สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด, 2551)

การสร้างกระดูก (Bone deposition หรือ Bone formation) กระดูกมีการสร้างตลอดเวลาโดยเซลล์สร้างกระดูก (Osteoclast) เซลล์สร้างกระดูกพบอยู่บนผิวด้านนอกของกระดูก และในโพรงกระดูก การทำงานของเซลล์สร้างกระดูกเกิดขึ้นตลอดเวลาในกระดูกที่ยังมีชีวิต (ประมาณ 4% ของผิวกระดูกในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่พบในผู้ใหญ่) ดังนั้นการสร้างกระดูกใหม่จึงเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ และการสลายกระดูก (Bone resorption) จะเกิดขึ้นตลอดเวลาที่มีเซลล์สลายกระดูกซึ่งเป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวขนาดใหญ่ฟาโกไซต์ (Phagocyte) ที่เป็นอนุพันธ์ของโมโนไซต์ (Monocyte) ที่สร้างจากไขกระดูกที่มีลักษณะเป็นเซลล์ที่มีหลายนิวเคลียส และอาจจะมีจำนวนนิวเคลียสได้มากถึง 50 นิวเคลียส เซลล์สลายกระดูกมีจำนวนน้อยกว่า 1% ที่วางตัวอยู่บนผิวกระดูก และทำหน้าที่ในการสลายกระดูก นอกจากนี้ยังพบว่ามีพาราไทรอยด์ฮอร์โมนที่ควบคุมความสามารถในการสลายกระดูกของเซลล์สลายกระดูก (ภนารี บุษราคัมตระกูล, 2553)

การสลายกระดูกเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดในบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงกับเซลล์สลายกระดูก กลไกในการสลายกระดูกมีดังต่อไปนี้เริ่มต้นจากเซลล์สลายกระดูกส่งวิลไลยื่นไปยังบริเวณผิวกระดูก จากนั้นวิลไลจะหลั่งสาร 2 ชนิด คือเอนไซม์ย่อยโปรตีน (Proteolytic enzymes) ซึ่งหลั่งออกมาจากไลโซโซมของเซลล์สลายกระดูกและหลั่งกรดจำนวนมาก ได้แก่ กรดซิตริกและกรดแล็กติกซึ่งหลั่งออกมาจากไมโตคอนเดรีย และ “Secretory vesicles” เอนไซม์จะย่อยสลายออร์กานิก เมทริกซ์ของกระดูก และกรดจะทำให้เกิดสารละลายเกลือในกระดูก เซลล์สลายกระดูก

จะดูดซึมกระดูกชิ้นเล็กๆ และผลึกกระดูกโดยกระบวนการฟาโกไซโทซิส (Phagocytosis) และหายไปหมดในที่สุด รวมทั้งหลั่งเข้าสู่กระแสเลือด (ภนารี บุษราคัมตระกูล, 2553)

กระบวนการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling) เป็นกระบวนการที่สลับซับซ้อนและถูกควบคุมด้วยฮอร์โมนต่างๆในร่างกาย ได้แก่ ฮอร์โมนเพศ พาราไทรอยด์ฮอร์โมน (Parathyroid hormone) แคลซิโทนิน (Calcitonin) และโกรธห์ฮอร์โมน (Growth hormone) เป็นต้น นอกจากนี้ยังถูกควบคุมโดยปัจจัยการเจริญเติบโตเฉพาะที่ (Local growth factors) และไซโตไคน์ (Cytokines) หลายชนิดโดยเชื่อว่าฮอร์โมนต่างๆ จะเป็นตัวกระตุ้นเซลล์กระดูกให้สร้างปัจจัยการเจริญเติบโตเฉพาะที่ (Local growth factor) หรือไซโตไคน์ (Cytokines) เพื่อกระตุ้นหรือยับยั้งการสร้างหรือสลายเนื้อกระดูกอีกต่อหนึ่ง

สำหรับฮอร์โมนในร่างกายที่มีบทบาทสำคัญโดยเฉพาะในสตรีวัยหมดประจำเดือนคือ ฮอร์โมนเอสโทรเจน (Estrogen) เนื่องจากพบว่าในวัยนี้จะมีการสูญเสียแคลเซียมจากกระดูกไปอย่างรวดเร็วและมีการสลายมวลกระดูก (Bone resorption) จากการขาดฮอร์โมนเอสโทรเจนในสตรีที่ได้รับฮอร์โมนเอสโทรเจนทดแทนในวัยหมดประจำเดือนพบว่าสามารถป้องกันการสูญเสียเนื้อกระดูกได้โดยฮอร์โมนเอสโทรเจนไปกระตุ้นให้ต่อมไทรอยด์สร้างแคลซิโทนิน (Calcitonin) ซึ่งจะไปออกฤทธิ์ยับยั้งกระบวนการสลายกระดูก (Bone resorption) อย่างไรก็ตามกลไกในการป้องกันการสูญเสียเนื้อกระดูกดังกล่าวยังไม่เป็นที่ทราบอย่างกระจ่างแจ้ง แต่เชื่อว่าเป็นกระบวนการที่กระตุ้นผ่านเซลล์กระดูกให้สร้างหรือยับยั้งโดยปัจจัยการเจริญเติบโตเฉพาะที่ (Local growth factors) หรือไซโตไคน์ (Cytokines) ซึ่งไปยับยั้งการรวมตัวของเซลล์ตัวนำ (Precursor) ไปเป็นออสทีโอคลาสท์ (Osteoclast) รวมทั้งยับยั้งการสลายกระดูกของ ออสทีโอคลาสท์ (Osteoclast) อีกด้วย (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

สมดุลระหว่างการสร้างกระดูกและการสลายกระดูก (ภนารี บุษราคัมตระกูล, 2553)

โดยปกติอัตราการสร้างและการสลายกระดูกมีค่าเท่ากัน ยกเว้นกระดูกที่อยู่ในสภาวะที่กำลังเจริญเติบโต ดังนั้นมวลรวมของกระดูกมีค่าคงที่ การสลายกระดูกยังคงเกิดอยู่เพียงเล็กน้อยแต่เกิดในบริเวณที่กระดูกมีความหนาแน่น และทันทีที่มวลของเซลล์สลายกระดูกเริ่มพัฒนาจะทำให้เกิดโพรงในกระดูกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.2-1 มิลลิเมตร และมีความยาวหลายมิลลิเมตร ในเวลานี้เซลล์สลายกระดูกจะหายไป และจะมีเซลล์สร้างกระดูกเข้าไปอยู่ในโพรงกระดูกแทน ดังนั้นการสร้างกระดูกใหม่จึงเริ่มขึ้น การสร้างกระดูกเกิดอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาหลายเดือน กระดูกใหม่ที่เกิดขึ้นจะวางตัวเป็นวงเรียงถัดกันเป็นชั้นๆ ที่ด้านในของโพรงกระดูกจนกว่าโพรงกระดูกจะถูกเติมจนเต็ม การสร้างกระดูกใหม่จะหยุดเมื่อเข้าใกล้เส้นเลือดที่ไปเลี้ยงกระดูกบริเวณนั้น

ช่องทางที่เส้นเลือดวิ่งผ่านไปในกระดูกเรียกว่า “Harversian canal” ซึ่งเป็นส่วนที่เหลือของโพรงกระดูกดั้งเดิม การสร้างกระดูกบริเวณดังกล่าวเรียกว่า ออสตีออน (Osteon)

การสร้างและการสลายกระดูกตลอดเวลามีความสำคัญต่อทางสรีรวิทยาหลายๆอย่าง อย่างแรก กระดูกปรับเปลี่ยนความแข็งแรงตามความรุนแรงของแรงที่กระทำต่อกระดูก ดังนั้นความหนาของกระดูกจะเปลี่ยนแปลงไปตามน้ำหนักที่กระทำต่อกระดูก อย่างที่สอง รูปร่างของกระดูกสามารถจัดเรียงตัวใหม่เพื่อพยุงแรงที่กระทำต่อกระดูก โดยปรับการสร้างและการสลายกระดูกไปตามรูปแบบของแรงที่กระทำต่อกระดูก อย่างที่สาม กระดูกที่เก่าแล้วมีความเปราะและอ่อนแอจึงต้องการออร์กานิกเมทริกซ์ใหม่ ขณะที่ออร์กานิกเมทริกซ์เก่าเสื่อมสลายไป ในกรณีนี้ความแข็งและเหนียวของกระดูกยังถูกรักษาให้อยู่ในสภาพเดิม อัตราการสร้างและการสลายกระดูกในเด็กเกิดอย่างรวดเร็ว และยังพบว่ากระดูกเด็กมีความแข็งแรงมากกว่ากระดูกของผู้สูงอายุที่มีอัตราการสร้างและการสลายเกิดอย่างช้าๆ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการสร้างกระดูกและกระบวนการสลายกระดูกของมนุษย์ คือ ระดับแคลเซียมในเลือดซึ่งถูกควบคุมโดยฮอร์โมนที่สำคัญ ดังนี้

1. พาราไทรอยด์ฮอร์โมน (Parathyroid hormone) เมื่อระดับแคลเซียมในเลือดลดลง ต่อมพาราไทรอยด์จะหลั่งพาราไทรอยด์ฮอร์โมนมากขึ้น ซึ่งจะออกฤทธิ์โดยตรงต่อไตทำให้ไตดูดซึมแคลเซียมกลับสู่ร่างกายมากขึ้น และกระตุ้นให้ไตสร้างแคลซิไทรออล (Calcitriol) หรือวิตามินดี 3 เพื่อช่วยในการดูดซึมแคลเซียมในลำไส้เล็ก นอกจากนี้พาราไทรอยด์ฮอร์โมนจะกระตุ้นให้เพิ่มปริมาณและสมรรถภาพการทำงานของออสตีโอคลาสท์ จึงมีการสลายกระดูกมากขึ้นระดับแคลเซียมในเลือดก็จะเพิ่มขึ้น (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538)

2. แคลซิโทนิน (Calcitonin) เมื่อระดับแคลเซียมในเลือดเพิ่มขึ้นต่อมไทรอยด์จะหลั่งฮอร์โมนแคลซิโทนินซึ่งจะออกฤทธิ์โดยตรงต่อออสทีโอคลาสท์ ทำให้กระบวนการสลายกระดูกลดลง และออกฤทธิ์ต่อไตให้ลดการดูดซึมแคลเซียมกลับเข้าสู่ร่างกาย นอกจากนี้ยังมีผลต่อลำไส้เล็กให้ลดการหลั่งกรดไฮโดรคลอลิกทำให้การดูดซึมแคลเซียมในลำไส้เล็กลดลง (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538; วิวัฒน์ วจนะวิศิษฐ์, 2538)

3. แคลซิไทรออล (Calcitriol) หรือวิตามินดี 3 เป็นฮอร์โมนที่ช่วยการดูดซึมแคลเซียมในลำไส้เล็ก โดยร่างกายได้รับวิตามินดีจากสารอาหาร เช่น ไข่แดง นมและตับ เป็นต้น ซึ่งอยู่ในรูปเออร์โกแคลซิเฟอรอล (Ergocalciferol หรือ Vitamin D_2) และจากผิวหนังเมื่อผิวหนังได้รับแสงแดดอ่อนๆ นาน 15-20 นาที โดยไม่ต้องทาครีมกันแดดซึ่งรังสีอัลตราไวโอเลตจะเปลี่ยนวิตามินดีเฉื่อย (Inert form) หรือ7-ดีไฮโดรคอเลสเตอรอล (7-Dehydrocholesterol) ที่ผิวหนังเป็นวิตามินดีที่

สามารถนำไปใช้งานได้ (Active form) หรือคอลีแคลซิเฟอรอล (Cholecalciferol) (Dowd and Calvalieri,1999; Erickson and Jones, 1992) ซึ่งวิตามินดีจากทั้งสองแหล่งจะต้องได้รับการไฮดรอกซิเลชั่น (Hydroxylation) ที่ตับและไตก่อน จึงจะได้วิตามินที่มีคุณภาพ และพร้อมทำงาน (1,25 Dihydroxy vitamin D_3หรือ Calcitriol) ซึ่งวิตามินดีนี้จะกระตุ้นลำไส้เล็กสร้างโปรตีนที่จะจับแคลเซียมกลายเป็นชีวแคลเซียมซึ่งสามารถซึมผ่านเข้าสู่ผนังลำไส้เล็กได้ดี (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538; เสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

4. เอสโทรเจน (Estrogen) เป็นฮอร์โมนเพศที่สังเคราะห์จากรังไข่ของเพศหญิงที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการสร้างกระดูกของร่างกาย ทำให้มีกระบวนการสร้างกระดูกเพิ่มขึ้นและลดกระบวนการสลายกระดูกรวมทั้งส่งเสริมการสังเคราะห์ฮอร์โมนแคลซิโทนินของต่อมไทรอยด์ นอกจากนี้พบว่าเอสโทรเจนทำให้ความไวของออสทีโอบลาสท์ต่อพาราไทรอยด์ฮอร์โมนลดลง (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538; Ybarra, Ade and Romeo, 1996)

5. ไทรอยด์ฮอร์โมน (Thyroid hormone) เป็นฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไทรอยด์มีผลต่อกระบวนการสร้างและการสลายกระดูกโดยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์เนื้อสารโปรตีนและเพิ่มระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในเลือด แต่ในกรณีที่มีฮอร์โมนชนิดนี้มากกว่าปกติจะทำให้ภาพรวมของการกระตุ้นเป็นการทำลายทำให้มวลกระดูกลดน้อยลง เนื่องจากการสลายกระดูกต่อหน่วยเร็วกว่าการสร้างกระดูก (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538)

6. คอร์ติโคสเตอรอยด์ (Corticosteroid hormone) เป็นฮอร์โมนที่สังเคราะห์จากต่อมหมวกไตส่วนนอกมีผลต่อออสตีโอบลาสท์ และเซลล์ของลำไส้เล็กโดยพบว่าคอร์ติโคสเตอรอยด์ฮอร์โมนจะยับยั้งการสร้างคอลลาเจนและทำให้ปฏิกิริยาของวิตามินดี 3 ในลำไส้เล็กที่จะช่วยการดูดซึมแคลเซียมลดลงทำให้แคลเซียมในเลือดลดลง ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้พาราไทรอยด์ฮอร์โมนหลั่งเพิ่มขึ้นจึงมีการสลายกระดูกเพิ่มขึ้น (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538)

เนื่องจากฮอร์โมนดังกล่าวข้างต้นและระดับแคลเซียมในกระแสเลือดเป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการสร้างกระดูกและกระบวนการสลายกระดูก ดังนั้นการเปลี่ยนระดับฮอร์โมนและแคลเซียมในกระแสเลือดจึงเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538; เสก อักษรานุเคราะห์, 2539; Erickson and Jones, 1992)

3. โรคกระดูกพรุน

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าได้มีผู้ที่ให้คำนิยามของคำว่าโรคกระดูกพรุน (Osteoporosis) ไว้ดังนี้

โรคกระดูกพรุน หมายถึงภาวะที่ความหนาแน่นของมวลกระดูกมีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นสูงสุดของมวลกระดูกในเพศหญิงวัยเจริญพันธุ์ โดยมีค่าคะแนนมาตรฐานที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ -2.5 (WHO,1996)

โรคกระดูกพรุน หมายถึงภาวะที่มีการสูญเสียเนื้อกระดูกทำให้ความหนาแน่นของเนื้อกระดูกลดลง รวมทั้งทำให้กระดูกบาง ผุ และมีความเสี่ยงสูงต่อการทรุดตัวลงของกระดูก และอาจเกิดการหักได้ง่าย (อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, 2540)

โรคกระดูกพรุน หมายถึงภาวะที่กระดูกมีความแข็งแกร่งทนทานลดลง อันเนื่องมาจากเนื้อกระดูกบางลงจนเป็นเหตุให้เกิดการแตก หัก ยุบตัวลงได้ง่าย (สมพงษ์ สุวรรณวลัยกร, 2543)

โรคกระดูกพรุน หมายถึงภาวะที่ความหนาแน่นของเนื้อกระดูกลดลงจนถึงจุดหนึ่งกระดูกนั้นอาจทรุดลงไปเองเพราะรับน้ำหนักไม่ไหว หรือกระดูกหักเมื่อมีการกระทบกระแทกแต่เพียงเบาๆ นับเป็นโรคทางเมตาบอลิกของกระดูกที่พบมากที่สุด เกณฑ์ที่ใช้ของโรคกระดูกพรุนคือความหนาแน่นของกระดูกลดลงมากกว่า -2.5 SD (เสก อักษรานุเคราะห์, 2543)

โรคกระดูกพรุน หมายถึงโรคทางกระดูกที่มีการลดลงของมวลกระดูกและมีการเปลี่ยนแปลงด้านโครงสร้างทางจุลภาค ในทางเสื่อมลงเป็นผลทำให้กระดูกเปราะมากขึ้นและเสี่ยงต่อกระดูกหัก สำหรับประเทศไทยมีความหนาแน่นของกระดูกลดลงทั้งชาย และหญิงเมื่ออายุมากขึ้นในอัตราร้อยละ 1-5 ต่อปี (สมชาย เอื้อรัตนวงศ์, 2544)

โรคกระดูกพรุน หมายถึงภาวะที่เนื้อกระดูกของร่างกายลดลงอย่างมาก เนื่องจากในร่างกายมีการสร้างกระดูกน้อยกว่าการทำลายกระดูกส่งผลให้โครงสร้างของกระ ดูกโดยเฉพาะบริเวณกระดูกสันหลัง กระดูกสะโพก และกระดูกข้อมือไม่แข็งแรงเสี่ยงต่อภาวะกระดูกหักหรือยุบตัวได้ง่าย และไม่สามารถรับน้ำหนักได้ดีเช่นเดิม ซึ่งเนื้อกระดูกอาจลดลงเองตามอายุที่เพิ่มขึ้น หรือลดลงจากการทำลายของโรคบางชนิด (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549)

โรคกระดูกพรุน หมายถึงโรคของกระดูกที่มีคุณลักษณะสำคัญ 2 ประการ ได้แก่ มีมวลกระดูกลดลงและมีโครงสร้างทางจุลภาคภายในของเนื้อเยื่อกระดูกเสื่อมสลายลง ยังส่งผลให้กระดูกมีความเปราะเพิ่มขึ้น และทำให้เกิดกระดูกหักได้ง่าย (ศุภศิลป์ สุนทราภา, 2550)

โรคกระดูกพรุน หมายถึงโรคที่เนื้อเยื่อกระดูกมีการตกผลึกของแร่ธาตุต่างๆ ที่เกี่ยวกับการสร้างกระดูกเป็นปกติ แต่มวลกระดูกลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในกระดูกเนื้อ

พรุน (Trabecular bone) กระดูกส่วนนอกมีความบางมาก และเป็นรูพรุนจึงทำให้กระดูกไม่แข็งแรง เสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหัก (ภนารี บุษราคัมตระกูล, 2553)

ดังนั้น โรคกระดูกพรุน หมายถึงภาวะที่มีการสูญเสียเนื้อกระดูกทำให้มวลกระดูกลดลง รวมทั้งมีอัตราการสลายมวลกระดูกที่สูงกว่าการสร้างมวลกระดูก และเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหักตามมา

ชนิดของโรคกระดูกพรุน

การจำแนกชนิดของโรคกระดูกพรุนแบ่งได้ 3 วิธี ดังนี้

1. จำแนกตามอัตราการย่อยสลายกระดูกเก่าและการสร้างกระดูกใหม่โดยแบ่งเป็น

1.1 กลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงเร็ว (High bone turnover)

1.2 กลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงช้า (Low bone turnover) (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543)

2. จำแนกตามวิธีของริกส์และเมลโตน (Riggs and Melton) โดยแบ่งแยกโรคกระดูกพรุนออกเป็น

2.1 โรคกระดูกพรุนที่พบในสตรีวัยหมดประจำเดือน (Postmenopausal osteoporosis, type I) (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543) ซึ่งเกิดในช่วงอายุ 51-65 ปี เป็นผลเนื่องมาจากการขาดฮอร์โมนเอสโทรเจนทำให้มีการสูญเสียกระดูกโดยเฉพาะชนิดกระดูกเนื้อพรุน (Trabecular bone) อัตราการสลายกระดูกมีมากกว่าอัตราการสร้างกระดูกทำให้มีการสูญเสียเนื้อกระดูกวันละประมาณ 50 มิลลิกรัม (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539) ซึ่งสัมพันธ์กับการหักของกระดูกสันหลัง (Vertebra) และปลายแขน (Colles' fracture)

2.2 โรคกระดูกพรุนที่พบในผู้สูงอายุ (Age-related หรือ Senile osteoporosis, type II) อายุมากกว่า 75 ปี เป็นผลมาจากการลดลงของการสร้าง1,25-ดีไฮดรอกซี่วิตามินดี (1,25$(OH)_2$D หรือCalcitriol) เป็นรูปแบบที่ออกฤทธิ์ของวิตามินดีและมีการดูดซึมแคลเซียมลดลงทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดลดลง และเกิดภาวะฮอร์โมนพาราไทรอยด์สูงชนิดทุติยภูมิ (Secondary hyperparathyroidism) จึงมีผลในการดึงแคลเซียมออกจากกระดูกเพื่อให้ระดับแคลเซียมในเลือดคงที่ อีกทั้งมีการสูญเสียทั้งกระดูกเนื้อแน่น (Cortical bone) และกระดูกเนื้อพรุน (Trabecular bone) สัมพันธ์กับการหักของกระดูกสะโพก (Hip fracture) และกระดูกเชิงกราน (Pelvic fracture) (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539; นิมิต เตชไกรชนะ, 2543)

3. จำแนกออกเป็นโรคกระดูกพรุนชนิดปฐมภูมิ (Primary หรือ Idiopathic osteoporosis) และทุติยภูมิ (Secondary osteoporosis) (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543)

3.1 โรคกระดูกพรุนชนิดปฐมภูมิ หมายถึงโรคกระดูกพรุนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของร่างกายตามธรรมชาติ เช่น หมดประจำเดือนตามธรรมชาติในอายุที่ควรจะเป็น หรือโรคกระดูกพรุนจากการสูญเสียกระดูกในผู้สูงอายุ (Senile osteoporosis)

3.2 โรคกระดูกพรุนชนิดทุติยภูมิ หมายถึงโรคกระดูกพรุนที่ปรากฏสาเหตุต่างๆ ชัดเจนนอกเหนือจากที่กล่าวข้างต้น เช่น มีสาเหตุจากโรคทางอายุรกรรม โรคของระบบต่อมไร้ท่อ และจากการใช้ยาบางชนิด เป็นต้น

ลักษณะอาการของโรคกระดูกพรุน

โรคกระดูกพรุนโปร่งบางหรือโรคกระดูกพรุน เป็นโรคที่ไม่ได้เกิดขึ้นทันทีทันใดแต่จะค่อยเป็นค่อยไป ทั้งนี้เพื่อจะได้รับการรักษาและหาแนวทางป้องกันการเกิดหรือป้องกันไม่ให้มีการบางและพรุนของกระดูกมากขึ้น เราจึงควรทำความเข้าใจกับอาการและอาการแสดงของโรคดังนี้ (อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, 2540)

1. อาการแสดงในระยะแรก จะไม่ปรากฏอาการใดๆ ให้เห็นว่าเป็นโรคกระดูกพรุน แต่จะมีภาวะการขาดหรือการลดลงของฮอร์โมนเอสโทรเจนอย่างมาก เป็นระยะเวลานานอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในสตรีวัยหมดประจำเดือนรังไข่สร้างฮอร์โมนเอสโทรเจนลดน้อยลงไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย และเมื่อขาดฮอร์โมนเอสโทรเจนมากขึ้นทำให้ปรากฏอาการและอาการแสดงของภาวะการขาดฮอร์โมนเอสโทรเจนได้

2. อาการแสดงในระยะยาว จะเป็นมากน้อยขึ้นอยู่กับการขาดปริมาณฮอร์โมนเอสโทรเจน ภาวะโรคกระดูกพรุนเมื่อเป็นแล้วจะทำให้กระดูกกลวง ความแข็งแรงของกระดูกลดลง ถ้าทิ้งไว้นานๆ ระดับความรุนแรงจะมีมากขึ้น ซึ่งอาการแสดงในระยะยาวแบ่งความรุนแรงเป็น 3 ระดับ ดังนี้

2.1 ระดับเล็กน้อย (Mild) ผู้ป่วยไม่มีอาการและอาการแสดง บางรายอาจมีอาการปวดตามกระดูกทั่วไปเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อตรวจความหนาแน่นของกระดูก (Bone mineral density) จะมีความหนาแน่นของเนื้อกระดูกไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

2.2 ระดับปานกลาง (Moderate) ผู้ป่วยจะมีอาการปวดกระดูกเล็กน้อย ตรวจความหนาแน่นของกระดูก (Bone mineral density) จะมีค่าระหว่างร้อยละ 60-80 และไม่ปรากฏว่ากระดูกส่วนใดหักหรือทรุด

2.3 ระดับรุนแรง (Severe) ผู้ป่วยจะมีอาการปวดกระดูกมาก ตรวจความหนาแน่นของกระดูก (Bone mineral density) มีค่าต่ำกว่าร้อยละ 60 บางรายอาจพบว่ามีกระดูกหักหรือกระดูกทรุดเกิดขึ้น เช่น กระดูกสันหลังทรุดตัวลง

ลักษณะภาวะของโรคกระดูกพรุนนั้นอาจส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตในหลายๆ ด้าน ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ สังคม และเศรษฐกิจ

ผลกระทบของการเกิดโรคกระดูกพรุนในสตรี

โรคกระดูกพรุนส่งผลกระทบในด้านต่างๆ ดังนี้

1. ด้านร่างกาย สตรีจะทุกข์ทรมานมากจากการกระดูกหักของกระดูก ซึ่งเป็นสาเหตุของอาการเจ็บปวดหลังเรื้อรัง อาการปวดหลังเป็นอาการที่พบมากในสตรีที่มีภาวะกระดูกพรุน (อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, 2540; Holmes, 1998) มีการศึกษาในกลุ่มสตรีที่มีภาวะกระดูกสันหลังหักจะมีอาการปวดหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมากกว่ากลุ่มที่ไม่มีภาวะกระดูกสันหลังหัก (Galindo-ciocan, Ciocon and Galindo, 1995) ทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิต (Christiansen, 1991) ปวดกล้ามเนื้อ ปวดเอ็น ส่งผลต่อการเดินลำบาก หลังโก่ง ส่วนสูงลดลง (รัชตะ รัชตะนาวิน, 2538; กอบจิตต์ ลิมปพะยอม, 2543; Christiansen ,1991; Rose and Rose, 1994) และไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ (Rose, 1997)

2. ด้านจิตใจ โรคกระดูกพรุนทำให้ทุกข์ทรมานมากจากอาการที่เกิดขึ้น ซึ่งทำให้ไม่มีความสุขและเครียด การผิดรูปของกระดูก เกิดความพิการ เช่น กระดูกโก่งงอ หลังค่อมและไหล่งุ้ม นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงภาพลักษณ์ ทำให้อาย คิดมาก (Galindo-ciocan, Ciocon and Galindo, 1995; Rose and Rose, 1994) และสูญเสียความเชื่อมั่นในตนเอง (Rose, 1997)

3. ด้านสังคม การเกิดโรคกระดูกพรุนทำให้ไม่กล้าพบปะเพื่อน ไม่กล้าออกสังคม (Galindo-ciocan, Ciocon and Galindo, 1995; Rose and Rose, 1994; Rose, 1997) และแยกตัวออกจากสังคม (Rose, 1997) ทำให้สัมพันธภาพในครอบครัวลดลง และมีปัญหาในการทำกิจกรรมร่วมกันในครอบครัว

4. ด้านเศรษฐกิจ ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาและดูแลจำนวนมาก (มยุรี ปัตตพงศ์, 2541) ซึ่งร้อยละ 50 ของสตรีที่กระดูกข้อสะโพกหักต้องได้รับการดูแลรักษาที่ยาวนานและต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมากกว่าสตรีที่เจ็บป่วยโรคมะเร็ง ในสหรัฐอเมริกา ค.ศ.1984 มีการหักของกระดูกเนื่องจากโรคกระดูกพรุนและต้องเสียค่าใช้จ่ายถึง 6 ล้านดอลลาร์/ปี และคาดว่าจะมีการหักของกระดูกเนื่องจากภาวะกระดูกพรุนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (Rose and Rose, 1994) ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมากในการรักษา (Kulak and Bilezikian, 1998)

เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าโรคกระดูกพรุนได้ส่งผลกระทบมากมาย และเป็นปัญหากระทบกับประเทศอื่นๆ ไปทั่วโลก การเกิดโรคกระดูกพรุนนั้นมีปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัยซึ่งอาจ

เกิดจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง หรือหลายปัจจัยรวมกันก็ได้ ดังนั้นการป้องกันโรคกระดูกพรุนจึงเป็นทางออกที่ดีที่สุดในปัจจุบัน

ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน

ปัจจัยเสี่ยงต่อภาวะโรคกระดูกพรุนแยกได้ 2 ปัจจัยหลักคือ (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549)

1. ปัจจัยเสี่ยงที่ควบคุมไม่ได้ ได้แก่

1.1 กรรมพันธุ์ ผู้ที่มีโครงร่างใหญ่แข็งแรงจากการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของพ่อแม่ได้เปรียบกว่าคนที่พ่อแม่มีรูปร่างเล็ก (หมายถึงความสูงไม่ได้มาตรฐานรวมทั้งขนาดหรือความหนาของรูปร่าง) (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549) หรือมีประวัติบุคคลในครอบครัวญาติใกล้ชิดเป็นโรคกระดูกพรุนหรือกระดูกหักง่ายจากการบาดเจ็บที่ไม่รุนแรง (Finn, 1997)

1.2 ปัจจัยด้านฮอร์โมนได้แก่ ภาวะพร่องฮอร์โมนเอสโทรเจน และภาวะไทรอยด์ฮอร์โมนมากกว่าปกติ

1.2.1 ภาวะพร่องฮอร์โมนเอสโทรเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสตรีที่มีการหมดประจำเดือนเร็วก่อนอายุ 45 ปี และสตรีที่ได้รับการผ่าตัดรังไข่ทั้ง 2 ข้าง จะทำให้ความหนาแน่นของกระดูกมีการสูญเสียอย่างรวดเร็วมากกว่าเพศชายในวัยเดียวกัน (Christiansen, 1991; Rose and Rose, 1994; Speroff, Glass and Kase, 1994)

1.2.2 ภาวะไทรอยด์ฮอร์โมนมากกว่าปกติ โรคต่อมพาราไทรอยด์ทำงานมากกว่าปกติทำให้การดูดซึมแคลเซียมในลำไส้ลดลงผิดปกติ ส่งผลกระทบต่อการสลายของเนื้อกระดูกเพิ่มขึ้น (Holmes, 1998)

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

1.4 เชื้อชาติ ประชากรในประเทศแถบทวีปเอเชีย (ผิวเหลือง) มีความแข็งแรงของกระดูกน้อยกว่าชาวตะวันตก (ผิวขาว) ซึ่งชนชาติที่มีกระดูกแข็งแรงมากที่สุด ได้แก่ ชนชาติแอฟริกัน (ผิวดำ) (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549)

1.5 อายุ ในช่วงวัยเด็กกระดูกของคนเราจะมีความหนาแน่นของเนื้อกระดูกน้อยแล้วค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้น จนถึงสูงสุดในวัยประมาณ 30 ปี หลังจากนั้นกระดูกจะค่อยๆ บางลงจนบางมากในวัยสูงอายุ (พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์, 2550) และอายุที่มากขึ้นทำให้ความสามารถในการดูดซึมแคลเซียมจากลำไส้ลดลง (อารีรัตน์ สังวรวงศ์พนา, 2540)

2. ปัจจัยเสี่ยงที่ควบคุมได้ ได้แก่

2.1 ด้านโภชนาการ ได้แก่ การได้รับสารอาหารที่มีแคลเซียมไม่เพียงพอ การได้รับวิตามินดีไม่เพียงพอ และการรับประทานอาหารโปรตีนจากเนื้อสัตว์จำนวนมาก

2.1.1 การได้รับสารอาหารที่มีแคลเซียมไม่เพียงพอ หรือการขาดสารอาหารที่มีแคลเซียมเรื้อรัง เนื่องจากแคลเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อกระดูกร้อยละ 98 แคลเซียมเป็นส่วนสำคัญในการสร้างเนื้อกระดูกใหม่และช่วยทำให้กระดูกแข็งแรง (Christiansen, 1991; Rose and Rose, 1994)

2.1.2 การได้รับวิตามินดีไม่เพียงพอ วิตามินดีเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อกระดูก ช่วยสร้างโปรตีนในการดูดซึมของแคลเซียมทำให้แคลเซียมมีการดูดซึมได้ดีและช่วยในการสร้างของเนื้อกระดูก โดยปกติร่างกายสามารถได้รับวิตามินดีจากการบริโภค เช่น น้ำมันตับปลา เมล็ดธัญญาพืชทั้งเปลือก ขนมปังมาการีน และจากแสงแดด เป็นต้น การขาดวิตามินดีทำให้ลำไส้ดูดซึมแคลเซียมได้ลดลงทำให้แคลเซียมในกระแสเลือดลดต่ำลง ซึ่งจะส่งผลกระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนพาราไทรอยด์ออกมาสลายเนื้อกระดูกเพื่อเพิ่มระดับแคลเซียมในเลือดให้กลับสู่ปกติทำให้กระบวนการสลายเนื้อกระดูกเพิ่มมากขึ้น (Christiansen, 1991; Finn, 1997; Rose and Rose, 1994)

2.1.3 การรับประทานอาหารโปรตีนจากเนื้อสัตว์จำนวนมากกว่าการได้รับฟอสฟอรัสจากเนื้อสัตว์มากเกินไปเป็นประจำ ทำให้แคลเซียมถูกขับออกจากร่างกายก่อให้เกิดการขาดแคลเซียมตามมา (สุคนธ์ ไข่แก้ว, 2540)

2.1.4 การรับประทานอาหารรสเค็มจัด หากร่างกายได้รับโซเดียมมากอาจส่งผลให้ร่างกายขับแคลเซียมทางปัสสาวะมากกว่าปกติ ซึ่งโซเดียมพบได้ในเครื่องปรุงรสจำพวกเกลือแกงและผงชูรส ดังนั้นการบริโภคผงชูรสปริมาณมากเสี่ยงต่อการเกิดภาวะกระดูกพรุน (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549)

2.2 ปัจจัยด้านพฤติกรรมสุขภาพ ได้แก่ การสูบบุหรี่ การเสพสิ่งเสพติด การดื่มสุรา หรือเครื่องดื่มแอลกอฮอร์ การเสพเฮโรอีน และทินเนอร์ การดื่มน้ำชา กาแฟ น้ำอัดลมที่มีส่วนผสมของโคลาโคล่าเป็นประจำ และขาดการออกกำลังกาย

2.2.1 การสูบบุหรี่ การสูบบุหรี่อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานจะทำให้ความสามารถของการดูดซึมแคลเซียมลดลง (Christiansen, 1991)

2.2.2 การเสพสิ่งเสพติด เช่น การดื่มสุรา หรือเครื่องดื่มแอลกอฮอร์ การเสพเฮโรอีนและทินเนอร์ จะส่งผลต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนตามมา (Christiansen, 1991)

2.2.3 การดื่มน้ำชา กาแฟ น้ำอัดลมที่มีส่วนผสมของคาร์บอเนตเป็นประจำ ทำให้ลดความสามารถในการดูดซึมแคลเซียม (Christiansen, 1991; Rose and Rose, 1994) และนอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าการดื่มกาแฟมากกว่า 2 ถ้วย/วัน จะเพิ่มอัตราการสูญเสียเนื้อกระดูกที่รวดเร็วมากขึ้นกว่าสตรีที่ไม่ดื่มกาแฟ (Barrett-Connor, Channg and Edelstein, 1994)

2.2.4 การขาดการออกกำลังกาย สตรีที่นั่งทำงานเป็นเวลานานๆ การขาดการเคลื่อนไหวของร่างกายเป็นเวลานานจะทำให้การสูญเสียเนื้อกระดูกสูงขึ้น และทำให้เกิดกระดูกหักง่ายกว่าคนที่ออกกำลังกายปกติ (อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, 2540)

2.3 ปัจจัยด้านการเจ็บป่วย ได้แก่ การเจ็บป่วยด้วยโรคทางด้านอายุรกรรม โดยเฉพาะโรคของต่อมไร้ท่อ เช่น โรคไทรอยด์เป็นพิษ ฮอร์โมนพาราไทรอยด์สูง และโรคเบาหวาน เป็นต้น โรคของระบบทางเดินอาหารผิดปกติ การได้รับการผ่าตัดเพื่อรักษาโรคกระเพาะ และโรคตับเรื้อรังจะทำให้เกิดการดูดซึมของแคลเซียมลดลง (อุรุษา เทพพิสัย, มยุรี จิรภิญโญ, อภิชาต จิตต์เจริญ และคณะ., 2547)

2.4 ปัจจัยด้านการใช้ยาการรักษาโดยฉายรังสีหรือให้สารเคมี

2.4.1 การใช้ยาติดต่อกันนานๆ อย่างเช่น ยาลดกรด ยาขับปัสสาวะ ยาป้องกันอาการชัก ยารักษาโรคหัวใจ ยารักษาโรคเบาหวาน กลูโคคอร์ติคอยส์ ยาเตตร้าไซคลิน และเฮปาริน เป็นต้น การได้รับยาเหล่านี้เป็นเวลานานจะขัดขวางการดูดซึมแคลเซียม (อุรุษา เทพพิสัย, มยุรี จิรภิญโญ, อภิชาต จิตต์เจริญ และคณะ., 2547; Christiansen, 1991; Holmes, 1998)

2.4.2 การรักษาโดยฉายรังสีหรือให้สารเคมี เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เซลล์กระดูกถูกทำลายนำไปสู่ภาวะกระดูกพรุน รวมถึงการปลูกถ่ายอวัยวะก็เป็นปัจจัยเสี่ยงอย่างหนึ่ง เพราะในกระบวนการดังกล่าวต้องใช้ยาไซโคลสพอรินเอ ที่มีสรรพคุณป้องกันการปฏิเสธและไม่ยอมรับของร่างกายต่ออวัยวะที่นำมาปลูก ซึ่งยาพวกนี้ทำให้กระดูกบาง (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549)

2.5 ปัจจัยอื่นๆ เช่น น้ำหนักตัวน้อยโครงร่างเล็กผอม หรือดัชนีมวลกายต่ำกว่าปกติ เป็นต้น ซึ่งค่าดัชนีมวลกายสามารถคิดได้จากน้ำหนัก (กิโลกรัม) หารด้วยความสูงยกกำลังสอง (ตารางเมตร) และเกณฑ์การแบ่งกลุ่มดัชนีมวลกายขององค์การอนามัยโลก (WHO, 1996) กำหนดไว้ดังนี้ 18.50-24.99 กิโลกรัม/ตารางเมตร (ปกติ) 25.00-29.99 กิโลกรัม/ตารางเมตร (น้ำหนักเกิน) และ 30.00-39.99 กิโลกรัม/ตารางเมตร (อ้วนมาก) โดยเฉพาะกลุ่มสตรีที่มีดัชนีมวลกายต่ำกว่าเกณฑ์ปกติจะเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนสูงกว่าสตรีที่มีดัชนีมวลกายปกติ หรือในคนอ้วน (Speroff, Glass and Kase, 1994) เนื่องจากไขมันเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการผลิตเอสโทรเจน เมื่อรังไข่หยุดทำงานการผลิตเอสโทรเจนส่วนหนึ่งได้มาจากไขมันในร่างกายซึ่งจะช่วยป้องกันโรคกระดูกพรุน (Rose and Rose, 1994) และสตรีที่มีโครงร่างเล็กจะมีโอกาสเกิดโรคกระดูกพรุนได้

มากกว่าสตรีที่มีโครงร่างใหญ่ เพราะสตรีโครงร่างเล็กจะมีปริมาณกระดูกเนื้อแน่นน้อยกว่า (Lappe, 1993)

จากปัจจัยเสี่ยงที่อาจทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน ทำให้เราสามารถทราบได้ชัดเจนว่าเรามีโอกาสเป็นโรคกระดูกพรุนหรือไม่ โดยการวินิจฉัยที่ถูกต้องซึ่งสามารถวินิจฉัยได้ตั้งแต่ยังไม่เกิดอาการ หรืออาจจะมีอาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยได้

4. การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน

สมชาย เอื้อรัตนวงศ์ (2544) กล่าวว่า บุคคลที่ควรได้รับการตรวจวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนเพื่อจะได้ทราบว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหักถือว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก ได้แก่

1. ผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนตามธรรมชาติ (Natural menopause) หรือหมดประจำเดือนก่อนอายุ 40 ปี (Premature menopause) หมดประจำเดือนจากการผ่าตัดรังไข่ออกทั้ง 2 ข้าง (Surgical menopause) หรือจากการใช้รังสีบำบัด เคมีบำบัดในการรักษาโรคต่างๆ

2. บุคคลที่มีปัจจัยเสี่ยงที่ส่งเสริมให้เกิดโรคกระดูกพรุน เช่น เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร, โรคทางต่อมไร้ท่อ, โรคเรื้อรังทางอายุรกรรม และการรับประทานยาที่มีผลต่อกระดูก

วิธีการตรวจโรคกระดูกพรุน มีดังนี้

1. การซักประวัติ เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งที่ช่วยประกอบการพิจารณาในการวินิจฉัยโรคอีกทั้งนำมาประกอบการวางแผนในการรักษาพยาบาลให้แก่ผู้ป่วยที่เริ่มมีอาการหรือยังไม่มีอาการได้อย่างเหมาะสมซึ่งการซักประวัติมีดังนี้ (อารีรัตน์ สังวรพงษ์พนา, 2540; สมชาย เอื้อรัตนวงศ์, 2544)

1.1 ประวัติส่วนตัว ซักถามเกี่ยวกับชื่อ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ส่วนสูง ขนาดรูปร่างในช่วงระยะเวลา 5-10 ปี มีส่วนสูงลดลงจากปกติกี่เซนติเมตร น้ำหนักกี่กิโลกรัม ประวัติการมีประจำเดือน การใช้ยาคุมกำเนิด การใช้ฮอร์โมนเพศ การดื่มสุรา กาแฟ และสูบบุหรี่ การดำรงชีวิตประจำวันเกี่ยวกับภาวะโภชนาการ การออกกำลังกาย ประวัติการเจ็บป่วย และการใช้ยาชนิดใดเป็นประจำ ทั้งนี้เพราะยาบางชนิดเป็นปัจจัยส่งเสริมที่ทำให้เกิดโรคกระดูกโปร่งบางหรือกระดูกพรุน รวมถึงอาการของภาวะการขาดฮอร์โมนเอสโทรเจน นอกจากนี้ในบางรายอาจมีประวัติมาพบแพทย์ด้วยการปวดหลังมีลักษณะหลังโค้งงุ้มที่เรียกว่า “Dowager’s hump” ซึ่งการซักประวัติจะต้องทำอย่างรอบคอบ

1.2 ประวัติทางกรรมพันธุ์ กรรมพันธุ์มีส่วนส่งเสริมสัมพันธ์กับการเกิดโรคกระดูกพรุน ดังนั้นควรมีการซักประวัติครอบครัวประวัติที่ควรซักถาม อาทิเช่น มีบุคคลในครอบครัวเป็น

โรคกระดูกโปร่งบางหรือกระดูกพรุนหรือไม่ ร่างกายมีขนาดกล้ามเนื้อเล็กและไม่แข็งแรงหรือไม่ มีลักษณะเส้นผมเล็กและบางหรือไม่ ผิวหนังมีลักษณะบางหรือไม่ ลักษณะสีผิว ขาว เหลืองหรือดำ

ประวัติเหล่านี้อาจจะช่วยอธิบายสาเหตุของการเกิดกระดูกพรุน และจำแนกกระดูกพรุนว่าเป็นชนิดปฐมภูมิ หรือทุติยภูมิ (Primary หรือ Secondary osteoporosis) สามารถจะช่วยเป็นแนวทางในการรักษาแต่ไม่สามารถวินิจฉัยได้แน่นอน

2. การตรวจเนื้อกระดูกทางพยาธิวิทยา (Bone biopsy) การตรวจวิธีนี้มีความแน่นอนในการบอกความหนาแน่นของกระดูกสามารถวินิจฉัยโรคกระดูกบางได้ก่อนกระดูกหักถือเป็น "Gold standard" ในการวินิจฉัยโรคกระดูกบางอาจใช้ในการวินิจฉัยแยกโรคอื่นๆ ในกรณีที่สงสัย ได้แก่ มะเร็งของกระดูก หรือในบางรายของภาวะกระดูกนิ่ม และงอโค้ง (Osteomalacia) ที่ผิดปกติเพียงเล็กน้อยอย่างไรก็ตามวิธีที่นำมาใช้ในทางปฏิบัติควรเป็นวิธีที่ไม่เกิดอันตราย หรือไม่เกิดความเจ็บปวดแก่ผู้ป่วย (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539; กอบจิตต์ ลิมปพะยอม, 2543)

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

3.1 วิธีเอ็กซเรย์ธรรมดา การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนด้วยวิธีนี้ร่างกายจะต้องสูญเสียเนื้อกระดูกไปถึงร้อยละ 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)" เครื่องนี้สามารถวัดความหนาแน่นของกระดูกมากขึ้น เครื่องมือชนิดนี้สามารถวัดกระดูกในส่วนที่มีเนื้อหนาๆ ได้เช่น กระดูกสันหลัง และกระดูกสะโพก

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 มิติ จึงมีหน่วยเป็น

กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถแยก “Extraosseous calcium” ออกได้ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดความหนาแน่นของกระดูกด้วยวิธีอื่นๆ อย่างไรก็ตามข้อจำกัดคือเป็นเครื่องมือที่มีค่าใช้จ่ายสูง และผู้ป่วยจะได้รับรังสีในปริมาณที่สูงกว่าวิธีการต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

3.4 เครื่องคลื่นเสียงความถี่สูง (Quantitative ultrasound) เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า บอร์ดแบนด์อัลตราโซนิคอัทเทอนัวชั่น “Broadband ultrasonic attenuation (BUA)” ทำการวัดโดยให้ผู้ป่วยวางส้นไว้บริเวณช่องตรงกลางใช้เวลาในการตรวจเพียง 1-10 นาที ผู้ป่วยจะไม่ได้รับรังสีใดๆ เป็นวิธีที่ปลอดภัยไม่ก่อให้เกิดความเจ็บปวด

4. การตรวจหาสารทางชีวเคมีของวงจรการสลายกระดูกเก่าและการสร้างกระดูกใหม่ (Biochemical markers of bone turnover) (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543)

การตรวจหาสารในกลุ่มนี้ประกอบด้วยสารทางชีวเคมีของการสลายกระดูก (Markers of bone resorption) และสารชีวเคมีของการสร้างกระดูก (Markers of bone formation) ซึ่งสารทางชีวเคมีมากมายที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใหม่ในปัจจุบัน สำหรับในการนำมาใช้ในงานวิจัยพบว่า มีความแปรปรวนระหว่างบุคคลได้มากจึงเหมาะที่จะใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงหรือผลการรักษาในแต่ละรายโดยเปรียบเทียบค่าที่จุดเริ่มต้น สำหรับประโยชน์ของการตรวจในวิธีนี้คือสามารถเห็นผลจากการรักษาได้ในระยะเวลาสั้นๆเพียง 1-3 เดือน

5. การตรวจประเมินทางชีวเคมีของกระดูก (Biochemical bone markers)

ณรงค์ บุณยะรัตเวช (2550) กล่าวว่า องค์ประกอบของกระดูกมีส่วนสำคัญ คือเกลือแร่ 65% ในจำนวนนี้เป็นแคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม นอกนั้นเป็น “Trace elements” สำหรับส่วนที่เป็นโปรตีนมี 25% ซึ่งแบ่งได้ 2 ชนิด คือโปรตีนที่อยู่ในรูปของคอลลาเจน 23% ส่วนอีก 2% เป็นโปรตีนชนิดช่วยเสริมความแข็งแรง หรือยึดส่วนประกอบอื่นๆของกระดูกเรียกว่า นอนคอลลาเจนโปรตีน(Noncollagen protein)ได้แก่ออสทีโอแคลซิน(Osteocalcin)ออสทีโอพอนติน (Osteopontin) ออสทีโอเนคติน (Osteonectin) ฯลฯ ส่วนน้ำมีในกระดูก 10%

เมื่อกระดูกมีการเปลี่ยนแปลงจากการทำงานของเซลล์กระดูก ได้แก่ เซลล์สลายกระดูก (Osteoclast) ทำหน้าที่ละลายกระดูกเพื่อเบิกทางให้เซลล์สร้างกระดูก (Osteoblast) สิ่งที่เกิดจากการละลาย หรือสร้างกระดูกจะหลุดเข้าสู่เลือดพร้อมกับเอนไซม์ของเซลล์กระดูกที่ใช้ในกิจกรรมนั้น ซึ่งสามารถตรวจด้วยขบวนการเคมีพิเศษจะบอกได้ว่าเป็นสิ่งใดที่เกิดจากกิจกรรมของออสทีโอบลาสท์ (Osteoblast) หรือออสทีโอคลาสท์ (Osteoclast) หรืออีกนัยหนึ่งสามารถบอกภาวะการ

สร้าง หรือสลายของกระดูกได้การตรวจวิธีนี้เรียกว่าไบโอเคมีคัลโบนมาร์กเกอร์ (Biochemical bone markers) (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

การตรวจโบนมาร์กเกอร์ที่เหมาะสม

เพื่อการแปลผลได้ดีควรขอตรวจ 3 รายการคือ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

1. เบต้าครอสแล็ป (β-CrossLaps) เพื่อดูกระบวนการสลายของมวลกระดูก (Bone resorption)

2. เอ็นมิดออสตีโอแคลซิน (NMID Osteocalcin) เพื่อดูกระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก (Bone turnover)

3. พีวันเอ็นพี (P1NP) หรือพีวันซีพี (P1CP) เพื่อดูกระบวนการสร้างของมวลกระดูก (Bone formation)

การตรวจประเมินทางชีวเคมีของค่าการสลายมวลกระดูก (Bone markers of resorptive markers)

ในทางปฏิบัติการตรวจมาร์กเกอร์ (Markers) ชนิดนี้มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นตัวบอกถึงภาวะกระดูกมีการสูญเสียเนื้อกระดูกออกมาเช่นเดียวกับมีการเสียเลือด หากปล่อยไว้นานๆ อาจส่งผลให้เกิดอันตรายต่อกระดูกได้ เช่น บางลงหรือหักง่าย

ค่าทางชีวเคมีของการสลายมวลกระดูก (Resorptive bone marker) ได้จากแหล่งที่มา 2 ทาง คือ

1. แฟรกเมนท์ (Fragments) ของคอลลาเจน

2. เอ็นไซม์ที่ออสทีโอคลาสท์ใช้ย่อยสลายกระดูก (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

การแปลผล (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

ต้องพิจารณาว่าค่าที่วัดได้นั้นเป็นค่าปกติ หรือผิดปกติ ถ้าค่าโบนมาร์กเกอร์สูงอาจมีความหมายว่าปกติ หรือผิดปกติ โดยการพิจารณาค่าปกติจำเป็นต้องมีการอ้างถึง เช่น ในสตรีวัยหมดประจำเดือนตรวจแล้วได้ค่าสูงผิดสังเกตแต่จะแปลผลว่าผิดปกติ หรือปกติ จำเป็นต้องนำค่าไปเปรียบเทียบค่ามาตรฐาน ค่ามาตรฐานที่นำมาเปรียบเทียบที่เหมาะสมควรเป็นค่าจากสตรีวัยเจริญพันธุ์ที่ร่างกายแข็งแรงไม่มีโรคใดๆ หากว่าเมื่อเปรียบเทียบแล้วได้ค่าสูงกว่าถือว่าผิดปกติ ยกเว้นในวัยกำลังเจริญเติบโตค่าที่วัดได้สูงจะจัดเป็นค่าปกติได้ ดังนั้นจำเป็นจะต้องหาค่ามาตรฐานในกลุ่มสตรีวัยเจริญพันธุ์เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบจากการศึกษาพบว่าค่าการสลายกระดูก มีค่า

เบต้าครอสแล็ป (β-CrossLaps)=0.31 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ค่าการสร้างกระดูกพีวันเอ็นพี (P1NP) = 44.5 นาโนกรัม/มิลลิลิตร และค่าเอ็นมิดออสทีโอแคลซิน=16.46 นาโนกรัม/มิลลิลิตร (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าปกติของระดับ "Bone markers" ในสตรีวัยเจริญพันธุ์ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550; 2551; 2552)

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

ถ้าตรวจค่า "CTx" สูงบางครั้งไม่ได้บ่งบอกว่ามีพยาธิสภาพที่กระดูกได้ร้อยเปอร์เซ็นต์ดังที่ได้กล่าวไว้ เช่น อาจอยู่ในระหว่างการเจริญผิดปกติ หรือกระดูกกำลังเจริญเติบโตตามปกติ หรือมีการสลายตัวของอวัยวะบางอย่างที่มีคอลลาเจนชนิดที่ 1 (Collagen type 1) เช่น ผิวหนัง

เมื่อเป็นเช่นนี้ เราจำเป็นต้องตรวจภาวะการสร้างมวลกระดูก (Bone formation marker) ควบคู่ไปด้วยหากพบว่าค่ามาร์กเกอร์ทั้ง 2 ชนิดสูงแสดงว่าอยู่ในภาวะที่เรียกว่า "High bone turnover" ซึ่งพบในวัยกำลังเจริญเติบโต หากว่าถ้าค่าต่ำทั้งคู่เรียกว่า "Low bone turnover" ซึ่งทั้ง 2 กรณีผู้รักษาจำเป็นต้องตัดสินใจจะปล่อยให้อยู่ในสภาพเช่นนี้นานเท่าใด เพราะการเปลี่ยนมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อกระดูกได้อาจมี "Bone crack" เกิดขึ้น และหากพบว่าค่า "CTx" สูงขึ้น แต่ค่าการสร้างมวลมวลกระดูกไม่สูงตามอาจต้องค้นหาสาเหตุเพิ่มหรือในกรณีค่า "CTx" ต่ำกว่าปกติควรพิจารณาว่ามีการได้รับยา "Anti-resorption" เช่น "Bisphosphonate" "Calcitonin" และ "Estrogen" อยู่หรือไม่ และควรพิจารณาดูว่าภาวะการสร้างมวลมวลกระดูก (P1NP) ต่ำกว่าค่าปกติหรือไม่เช่นกัน ส่วนใหญ่ก็ต่ำกว่าค่าปกติคือไม่มีภาวะการสร้างมวลกระดูกเกิดขึ้น ดังนั้นจึงจัดเป็นภาวะ "Low bone turnover"

คุณสมบัติของการตรวจไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2549)

1. ควรตรวจเลือดโดยใช้ไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์ ซึ่งจะช่วยให้การศึกษาการเปลี่ยนแปลง (Dynamic study) ของกระดูกได้ดีขึ้น

2. กรณีใช้เพื่อดูผลของยาจำเป็นต้องตรวจก่อนได้รับยาแล้วหลังได้รับยาตามกำหนดจึงควรตรวจเปรียบเทียบอีกครั้ง

3. การตรวจควรตรวจทั้งโบนฟอร์เมชั่นมาร์กเกอร์ (Bone formation markers) และโบนรีซอร์พชั่นมาร์กเกอร์ (Bone resorption markers) คู่กันไปเพื่อดูภาวะโบนเทิร์นโอเวอร์ (Bone turnover) ถ้าสูงทั้งสองแบบจัดว่าเป็นกลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงเร็ว (High bone turnover) ถ้าสูงเพียงค่าเดียวแสดงว่ามีความผิดปกติต้องทำการพิจารณาว่าชนิดใดสูง

4. การใช้โบนมาร์กเกอร์ต้องคำนึงถึงตัวแปรที่ทำให้ค่าเปลี่ยนแปลงได้ เช่น อายุ อวัยวะต่างๆ มีความผิดปกติหรือไม่ การได้รับยามาก่อนตรวจหรือมีโรคประจำตัวอยู่หรือไม่ ซึ่งการตรวจเช็คมาก่อนยังมีประโยชน์และจำเป็นต้องทำในครั้งแรกร่วมกับการตรวจโบนมาร์กเกอร์เสมอ

5. การใช้โบนมาร์กเกอร์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงกระดูกต่อเนื่อง จึงมิได้ใช้เพื่อการวินิจฉัยแต่เป็นส่วนประกอบการวินิจฉัย หรือพยากรณ์โรค

6. การเปรียบเทียบค่าโบนมาร์กเกอร์ต้องคำนึงถึงวิธีการตรวจ เวลาที่เก็บตัวอย่างและตัวอย่างตรวจต้องเป็นชนิดเดียวกันเสมอ

ปัจจัยในการแปลผลไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์

การแปลผลไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์จำเป็นจะต้องพิจารณารายละเอียดโดยนำปัจจัยต่อไปนี้มาพิจารณาด้วย (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 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 ในทางปฏิบัติที่ควรตรวจเลือดก็คือ ในเวลาเช้า 8.00-9.00 น.

4. อาหาร มีการพบว่าการตรวจโบนมาร์กเกอร์ก่อนอาหาร (งดอาหาร) จะให้ผลดีกว่าหลังอาหารโดยเฉพาะค่าเบต้าครอสแล็ปค่าจะไม่แกว่งมากในกรณีตรวจก่อนรับประทานอาหาร

5. ตัวอย่างที่ตรวจ การตรวจโบนมาร์กเกอร์จากซีรัม (เจาะเลือด) จะได้ผลดีกว่าการตรวจปัสสาวะ 24 ชั่วโมง เนื่องจากค่าไม่แกว่งมาก โดยทั่วไปนิยมจากการตรวจทางเลือด

6. ปัจจัยอื่นในเลือด ทางที่ดีผู้ได้รับการตรวจโบนมาร์กเกอร์ควรได้รับการตรวจเลือดทั่วไป (Screening blood) และควรจะได้นำมาพิจารณาประกอบการแปลผล เช่น ตรวจหน้าที่ไต ตับ เบาหวาน เพราะถ้ามีโรคเหล่านี้อยู่จะทำให้ค่าโบนมาร์กเกอร์เปลี่ยนด้วย

7. ยาที่ได้รับมาก่อน เช่น ยาในกลุ่มที่ลดการสลายมวลกระดูก และยาในกลุ่มบำรุงกระดูก อาจทำให้ค่าของการสลายกระดูก (Resorption bone markers) เพิ่มหรือลดลงได้ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

8. ชนิดของโบนมาร์กเกอร์ จำเป็นจะต้องตรวจคู่กัน คือตรวจการสร้างมวลกระดูกและการสลายมวลกระดูก เช่น เบต้าครอสแล็ปกับพีวันเอ็นพี การตรวจรายการเดียวจะแปลผลได้ไม่ถูกต้อง กล่าวโดยสรุปจำเป็นต้องตรวจ 2 รายการเพื่อดูการทำงาน (Turnover) ของเซลล์กระดูกว่าจัดเป็นระดับสูงหรือต่ำถ้าค่าทั้ง 2 สูงเกินค่าปกติก็จัดว่าเป็น “High bone turnover” คือเปลี่ยนแปลงตามกันแบบความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear correlation)

9. ค่ามาตรฐานการแปลผลโบนมาร์กเกอร์ จำเป็นต้องอาศัยค่าปกติเปรียบกับค่าที่ตรวจได้ เช่น การตรวจโบนมาร์กเกอร์ในสตรีวัยหมดประจำเดือนรายหนึ่งได้ค่าเบต้าครอสเล็ป=0.922 นาโนกรัม/มิลลิลิตร จะทราบว่าปกติหรือไม่ ต้องนำไปเปรียบเทียบกับค่าปกติ (จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มคนวัยหมดประจำเดือนจะไม่ถูกต้อง)

การเลือกค่าปกติมีความจำเป็นเพื่อนำมาเปรียบเทียบ เนื่องจากสตรีวัยหมดประจำเดือนจัดว่ามีความบกพร่องในร่างกาย เช่น ฮอร์โมนเอสโทรเจนลดลงถ้าจะเอาค่าโบนมาร์กเกอร์ในประชากรกลุ่มนี้ว่าเป็นค่าปกติย่อมไม่ถูกต้องเพราะค่าจะมีช่วงกว้างมาก และได้จากกลุ่มประชากรที่ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาประชากรที่สมบูรณ์ไม่ป่วยเป็นโรคถ้าเป็นสตรีก็ต้องเลือกวัย 35-45 ปี ที่ยังมีประจำเดือนปกติมาเป็นค่าปกติ

ประโยชน์ของโบนมาร์กเกอร์ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2551)

1. เพื่อดูสภาพกระดูกของกลุ่มเสี่ยง ได้แก่ วัยหมดประจำเดือนได้รับยาบางชนิด เช่น สเตียรอยด์, เคมีบำบัด, ยาประเภทไทรอยด์นานๆ หากว่าตรวจแล้วมีการสลายมวลกระดูก (Bone resorption markers) สูงกว่าปกติต้องแก้ไข มิเช่นนั้นในอนาคตจะกลายเป็นโรคกระดูกพรุนได้

2. ใช้ติดตามผลการรักษาจากยาโรคกระดูก โดยตรวจโบนมาร์กเกอร์ก่อนได้รับยาและตรวจหลังได้รับยาตามระยะสมควรว่าผลของยาในแง่การสร้างกระดูก หรือการสลายกระดูก

3. ใช้ดูสภาพของกระดูกว่าอยู่ในสภาพดีหรือไม่ โดยพิจารณาจากการสร้างกระดูก, การสลายกระดูก หรือโบนเทิร์นโอเวอร์ว่าผิดปกติ หรือไม่

6. ทางเลือกในการป้องกันโรคกระดูกพรุน

สามารถจำแนกได้เป็นแนวทางหลัก 2 ประการ คือ (สำนักพัฒนาวิชาการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, 2548)

1. ทางเลือกที่มิต้องใช้ยา (Non-pharmacological modality) ได้แก่

1.1 การออกกำลังกายชนิดที่มีการลงน้ำหนัก โดยพิจารณาให้เหมาะสมกับวัยและสภาพร่างกาย เช่นการเดิน การวิ่ง หรือการรำมวยจีน เป็นต้น มีระยะเวลาและความถี่เช่นเดียวกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกทั่วไป กล่าวคือ ประมาณ 20-30 นาที/วัน 3-5 วัน/สัปดาห์

1.2 การรับประทานอาหารที่มีแคลเซียมอย่างพอเพียง โดยการพิจารณาการได้รับแคลเซียมจากอาหารเป็นอันดับแรก ในรายที่จำเป็นต้องรับประทานแคลเซียมชนิดเม็ดควรรับประทานพร้อมอาหาร หรือหลังอาหารทันที

1.3 ควรได้รับแสงแดดอ่อนๆ อย่างเพียงพอเพื่อให้ผิวหนังสามารถสร้างวิตามินดี

1.4 หลีกเลี่ยงพฤติกรรมเสี่ยงต่อสุขภาพที่เป็นความเสี่ยงต่อภาวะกระดูกพรุนและกระดูกหัก ได้แก่ การสูบบุหรี่ ดื่มสุราเกินขนาด รับประทานยากลูโคคอติคอยด์เป็นระยะเวลานาน

1.5 ดูแลรักษาโรคทางอายุรกรรมที่อาจมีผลให้สูญเสียกระดูกได้เร็วขึ้น เช่น โรคไทรอยด์เป็นพิษ

2. ทางเลือกที่ต้องอาศัยยา (Pharmacological modality) สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 วิธีหลัก ได้แก่

2.1 การใช้ฮอร์โมนเพศ (Hormone therapy, HT) เมื่อกล่าวถึงฮอร์โมนทดแทนโดยทั่วไป หมายถึงฮอร์โมนทดแทนที่มีเอสโทรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญ หรือ“Tibolone” ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของโปรเจสโทเจน (Progestogen) ที่ชื่อว่า “Norethynodrel” และอาการข้างเคียงที่เกิดจากการใช้ฮอร์โมนทดแทนทั้งชนิดเอสโทรเจน และโปรเจสโทเจนที่สำคัญ และพบบ่อย คือมีเลือดออกทางช่องคลอด เจ็บเต้านม ปวดศีรษะไมเกรน และน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น

2.2 การใช้ยาที่มิใช่ฮอร์โมนเพศ (non-HT)

2.2.1 “Bisphosphonates”

2.2.2“Selective Estrogen Receptor Modulators” (SERMs) ได้แก่ Raloxifene

2.2.3 แคลซิโตนิน (Calcitonin)

2.2.4 แคลเซียมร่วมกับวิตามินดี (Calcium ± Vitamin D)

2.2.5 ไฟโตฮอร์โมน (Phytohormones)

2.2.6 วิตามินเค 2 (Vitamin K_2)

7.วิตามินดี (Vitamin D)

วิตามินดี (ศุภศิลป์ สุนทราภา, 2550; 2552)

วิตามินดีเป็นฮอร์โมนสำคัญที่ทำหน้าที่ร่วมกับฮอร์โมนอื่นๆ ในการรักษาระดับของแร่ธาตุในร่างกายให้คงที่ โดยผ่านการดูดซึมแคลเซียม และฟอสฟอรัสจากลำไส้ ทำงานร่วมกับพาราไทรอยด์ฮอร์โมนควบคุมให้ระดับของแคลเซียม และฟอสฟอรัสในกระแสเลือดเข้าสู่ระดับปกติในระยะเวลาอันสั้น วิตามินดีจะกระตุ้นให้มีการหลั่งแคลเซียมออกจากผิวของกระดูกไปยังกระแสเลือด นอกจากนี้ยังมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างกระดูก และการพอกพูนแร่ธาตุในกระดูก (Bone formation and mineralization) หากขาดวิตามินดีจะทำให้แคลเซียมในกระแสเลือดลดลง และกระตุ้นให้มีการเพิ่มขึ้นของพาราไทรอยด์ฮอร์โมน เกิดภาวะของฮอร์โมนพาราไทรอยด์สูงชนิดทุติยภูมิ (Secondary hyperparathyroidism) ทำให้มีการสลายกระดูกเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะกระดูกเนื้อแน่น (Cortical bone) และนำไปสู่ภาวะของโรคกระดูกพรุนในที่สุด กระดูกที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด คือบริเวณคอของกระดูกสะโพก (Femoral neck)

วิตามินดีได้จากทั้งอาหาร และจากการสังเคราะห์ที่ผิวหนังโดยผ่านแสงรังสีเหนือม่วงชนิด บี ทางด้านอาหารได้มาจากอาหารนมที่มีการเสริมวิตามินดี และน้ำมันตับปลา เป็นต้น ส่วนที่ได้จากผิวหนังจะมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับการได้รับแสงรังสีเหนือม่วงชนิด บี ของบุคคลนั้น

วิตามินดีตามธรรมชาติ คือวิตามินดีสาม หรือคอลีแคลซิเฟอรอล (Cholecalciferol) ยังเป็นวิตามินที่ไม่มีฤทธิ์ จะทำให้มีฤทธิ์ได้โดยการเพิ่มหมู่ไฮดรอกซิล (OH group) สองครั้ง ครั้งแรกเติมไฮดรอกไซด์ (OH) ที่ตำแหน่ง 25 ทางตับกลายเป็น 25-ไฮดรอกซี่วิตามินดี (25-hydroxyvitamin หรือ 25(OH)D) หรือแคลซิไดออล (Calcidiol) และครั้งที่สองเติมไฮดรอกไซด์ (OH) ที่ตำแหน่ง 1 ทางไตกลายเป็น 1,25-ดีไฮดรอกซี่วิตามินดี (1,25-dihydroxyvitamin D หรือ $1,25(OH)_2D$) หรือแคลซิไทรออล (Calcitriol) ซึ่งเป็นวิตามินดีที่มีฤทธิ์ และจากเหตุที่มีการควบคุมการสังเคราะห์ที่เข้มงวดมีความเข้มข้นในกระแสเลือดต่ำ และมีรีเซพเตอร์เฉพาะทำให้แคลซิไทรออลซึ่งเป็นวิตามินดีที่มีฤทธิ์มากที่สุดได้รับการจัดเป็นฮอร์โมน

หน้าที่ของวิตามินดี (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2549; 2551)

1. ช่วยในการดูดซึมเกลือแร่ที่ทางเดินอาหาร และไตเพื่อนำไปใช้สร้างกระดูก วิตามินดีมีศักยภาพในการดูดซึมจากมากไปน้อยคือ แคลเซียม (Calcium), ฟอสฟอรัส (Phosphorus), สทรอนเซียม (Strontium), แบเรียม (Barium) และแมกนีเซียม (Magnesium)

2. ควบคุมการหลั่งพาราไทรอยด์ฮอร์โมน (PTH) ของต่อมพาราไทรอยด์

3. ช่วยเซลล์กระดูกเจริญเติบโตตามปกติอันมีผลต่อการเกิดวงจรการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling cycle) ที่ดี และสร้างเนื้อกระดูก (Bone matrix)

4. ช่วยรักษาระดับแคลเซียมในเลือด โดยการดูดกลับแคลเซียมที่ไต

ชนิดของวิตามินดี (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549)

วิตามินดีจัดอยู่ในกลุ่มทางเคมีเดียวกับสารประกอบจำพวกสเทอรอลมีคุณสมบัติป้องกันโรคกระดูกอ่อน วิตามินดีสร้างได้ โดยฉายแสงอัลตราไวโอเลตบนสารแรกเริ่ม วิตามินดีในโลกนี้มีมากกว่า 10 ชนิด แต่มีเพียง 2 ชนิดเท่านั้นที่เกี่ยวข้องกับทางโภชนาการ ได้แก่

1. วิตามินดีสอง หรือออร์โกแคลซิเฟอรอล (Ergocalciferol) หรือแคลซิเฟอรอล (Calciferol) เกิดจากสารแรกเริ่ม คือเออร์โกสเทอรอล (Ergosterol) ที่รับแสงอัลตราไวโอเลตในช่วงความถี่ 230 นาโนเมตร พบในพืชจำพวกยีสต์ และเห็ด

2. วิตามินดีสาม หรือคอลีแคลซิเฟอรอล (Cholecalciferol) หรือแอคติเวท 7-ดีไฮโดรคอเลสเทอรอล (Activated 7-dehydrocholesterol) พบในเซลล์ของคนและสัตว์ เกิดขึ้นเมื่อสาร 7-ดีไฮโดรคอเลสเทอรอลในผิวหนังถูกแสงอัลตราไวโอเลต หรือแสงจากเครื่องมือในช่วงความถี่ 275-300 นาโนเมตร ก็จะเปลี่ยนเป็นวิตามินดีสาม กระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นบนผิวหนังชั้นกรานูโลซัม (Granulosum) นอกจากนั้นวิตามินดีสามยังสามารถสร้างขึ้นได้จากคอเลสเทอรอลที่ผนังลำไส้เล็กก่อนที่จะส่งผ่านไปยังผิวหนัง

วิตามินดีที่สร้างขึ้นจะมีจำนวนมาก หรือน้อย ขึ้นกับตัวแปร 2 อย่าง คือความเข้มแสงอัลตราไวโอเลตจากแสงแดด ซึ่งแสงอัลตราไวโอเลตไม่สามารถลอดผ่านสิ่งเหล่านี้ได้ คือหมอก ควัน ฝุ่นละออง กระจก หน้าต่าง ม่านกั้นประตูหน้าต่าง และเสื้อผ้า อีกอย่างคือฤดูกาลก็มีส่วนสำคัญ กล่าวคือในฤดูร้อนความเข้มข้นของวิตามินดีในเลือดจะสูงกว่าในฤดูหนาว

การดูดซึมวิตามินดีในร่างกาย (เอื้อมพร สกุลแก้ว, 2549)

หลังจากวิตามินดีเข้าสู่ร่างกายจะถูกดูดซึมพร้อมกับไขมันผ่านผนังลำไส้เล็กตอนกลางและตอนปลาย โดยมีน้ำดีเป็นตัวช่วย ซึ่งเออร์โกสเทอรอล และสารสเทอรอลอื่นๆ จากพืชจะถูกดูดซึม

ได้ไม่ค่อยดีนักเมื่อเทียบกับเออร์โกสเทอรอลที่ผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต และเปลี่ยนเป็นวิตามินดีที่ผิวหนัง เมื่อวิตามินดีถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็ก หรือสร้างขึ้นบนผิวหนังแล้ว จากนั้นจะถูกส่งเข้าระบบน้ำเหลืองในรูปไคโลไมครอน (Chylomicron) ซึ่งเป็นไขมันที่พบในเลือดหลังจากที่รับประทานอาหารที่มีไขมันมากผ่านกระแสเลือด และต่อไปยังตับ

วิตามินดีเป็นอินทรีย์สารที่ละลายได้ดีในไขมัน ฉะนั้นความสามารถในการดูดซึมจึงขึ้นกับปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการดูดซึมไขมัน รวมทั้งปริมาณของเกลือน้ำดีต้องมีอย่างเพียงพอจึงจะดูดซึมได้ดี การดูดซึมวิตามินดีจะน้อยลงหากเกิดความผิดปกติที่รบกวนการดูดซึมไขมันขึ้นในระบบร่างกาย เช่น ตับอ่อนอักเสบ ภาวะการดูดซึมผิดปกติ หรือเป็นโรคสปรู (Sprue) ที่ทำให้ร่างกายสูญเสียไขมันทางอุจจาระมากเกินไป วิตามินดีกระจายไปในเนื้อเยื่อต่างๆ เช่น ที่ผิวหนัง สมอง ปอด ม้าม และกระดูก โดยทำหน้าที่เป็นไขมันสะสม (Fat depots) เป็นแหล่งแรกที่เก็บวิตามินดีไม่ใช่ตับอย่างที่มีข้อมูลบอกไว้ในสมัยก่อน ดังนั้นจึงพบวิตามินดีในเนื้อเยื่อไขมันด้วย นอกจากนี้สีของผิวหนังเป็นปัจจัยหนึ่งในการดูดซึมแสงอัลตราไวโอเลต ถ้าผิวหนังมีสารมีสี (เมลานิน) มาก แสงจะผ่านได้น้อย วิตามินดีจึงถูกสร้างขึ้นน้อยการที่วิตามินดีจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นสภาวะดังกล่าวต้องมีวิตามินเอเพียงพอด้วย ดังนั้นควรรับประทานอาหารที่มีวิตามินเอ 10 ส่วนต่อวิตามินดี 1 ส่วน โดยอาหารที่มีวิตามินดีมากที่สุด คือน้ำมันตับปลา นอกจากนี้ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัสสามารถช่วยให้วิตามินดีทำงานได้ดีขึ้น

การสังเคราะห์วิตามินดีที่ผิวหนังโดยแสงแดด

ศุภศิลป์ สุนทราภา (2550) กล่าวว่า เมื่อแสงอาทิตย์ช่วงความยาวคลื่น 290-320 นาโนเมตร (UV-B) มากระทบผิวหนังประมาณร้อยละ 10 จะสะท้อนกลับ ที่เหลือร้อยละ 90 จะถูกดูดซึม ในระหว่างที่ได้รับแสงรังสีเหนือม่วงชนิด บี (UV-B photon) จะทะลุทะลวงชั้นผิวหนังชั้นอิพิเดอร์มิส (Epidermis) และเดอร์มิส (Dermis) ซึ่งเป็นแหล่งเก็บสะสมของ 7-ดีไฮโดรคอเลสเทอรอล (7-dehydrocholesterol) หรือโพรวิตามินดีสาม (Provitamin D_3) ตำแหน่งที่ 5,7-ไดอีน (5,7-diene) ของ 7-ดีไฮโดรคอเลสเทอรอลจะดูดรังสีเหล่านี้และเกิดการแยกตัวของริงบี (Ring B) ระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่ 9 และ10 กลายเป็น 6,7-ซิส-คอนจูเกต ไทรอีน (6,7-cis-conjugated triene) และ 9,10-ซีโคสเทอรอล (9,10-seco sterol) เรียกว่า พรีวิตามินดีสาม (Previtamin D_3)

การสร้างวิตามินดีที่ผิวหนังขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ตำแหน่งละติจูดที่อาศัยอยู่ ปริมาณของรังสีเหนือม่วงที่ได้รับ เสื้อผ้าที่ใส่ ฤดูต่างๆ ในปีนั้นๆ และสีผิว (Skin melanin pigmentation) จากการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการประเมินว่าหนุ่มสาวที่อาศัยอยู่ในเมืองบอสตัน (ละติจูดที่ 42 องศาเหนือ) เพียงแค่บริเวณหน้า และแขนรับแสงอาทิตย์ในช่วงเที่ยงวันประมาณ 15-20 นาที จะทำให้

ผิวหนังสามารถสร้างวิตามินดีได้เพียงพอกับความต้องการในแต่ละวัน นั่นคือ 5 ไมโครกรัม (200 IU) ในผู้สูงอายุต้องใช้เวลามากกว่าคนหนุ่มถึงสองเท่าเพื่อให้ได้วิตามินดีที่สังเคราะห์จากผิวหนังในปริมาณเดียวกับคนหนุ่ม หากมีการสังเคราะห์วิตามินดีที่ผิวหนังต่ำร่วมกับการรับประทานวิตามินดีไม่เพียงพอจะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดภาวะของฮอร์โมนพาราไทรอยด์สูงชนิดทุติยภูมิ (Secondary hyperparathyroidism) เกิดโรคกระดูกพรุน หรือภาวะขาดวิตามินดีอย่างรุนแรงทำให้เกิดโรคกระดูกน่วม (Osteomalacia)

ผลของวิตามินดีต่อกระดูกและพาราไทรอยด์ฮอร์โมน

ภนารี บุษราคัมตระกูล (2553) กล่าวว่า วิตามินดีมีบทบาทสำคัญต่อการสร้าง และการสลายกระดูก การรับประทานวิตามินดีจำนวนมากๆ ทำให้เกิดการสลายกระดูก ถ้าไม่มีวิตามินดีพาราไทรอยด์ฮอร์โมนจะป้องกันไม่ให้เกิดการสลายกระดูก หรือการสลายกระดูกจะลดลง กลไกในการออกฤทธิ์ของวิตามินดียังไม่ทราบแน่ชัด แต่เชื่อว่าเป็นผลที่อาจจะเกิดจาก 1,25-ดีไฮดรอกซีคอลีแคลซิเฟอรอล (1,25-dihydroxycholecalciferol) ไปเพิ่มการขนส่งแคลเซียมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์สร้างกระดูก หรือเซลล์สลายกระดูก วิตามินดีในปริมาณเพียงเล็กน้อย ช่วยส่งเสริมการสะสมของแคลเซียม (Bone calcification) โดยการช่วยเพิ่มการดูดซึมแคลเซียม และฟอสเฟตจากลำไส้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าไม่มีการดูดซึมแคลเซียม และฟอสเฟตจากลำไส้เพิ่มขึ้น วิตามินดีก็ช่วยส่งเสริมการสร้างการเกิดแร่ธาตุในกระดูก (Mineralization)

ประเภทของการขาดวิตามินดี (ศุภศิลป์ สุนทราภา, 2550)

ตามทฤษฎีแล้วการขาดวิตามินดีสามารถเกิดขึ้นได้จาก

1. การที่มีเซลล์ตัวนำ (Precursors) ไม่เพียงพอ (Vitamin D หรือ 25(OH) D_3deficiency) ส่งผลให้สร้างแคลซิไทรออล (1,25$(OH)_2$D) ไม่เพียงพอ เรียกว่า ภาวะการขาดวิตามินดีชนิดปฐมภูมิ (Primary vitamin D deficiency)

2. ความสามารถของไตในการสร้างแคลซิไทรออล (1,25$(OH)_2$D) ลดลง เรียกว่า ภาวะการขาดแคลซิไทรออล (Calcitriolหรือ1,25$(OH)_2$D deficiency)

3. การตอบสนองของอวัยวะเป้าหมาย (Target organ) ต่อแคลซิไทรออล (Calcitriol) ลดลง เรียกว่า “1, 25$(OH)_2$D Resistance”

ภาวะการขาดวิตามินดีชนิดปฐมภูมิ (Primary vitamin D deficiency)

สาเหตุเกิดจากการได้รับวิตามินดีไม่เพียงพอทำให้ระดับของแคลซิไทรออล ($1,25(OH)_2D$) ในกระแสเลือดลดลง วิตามินดีได้มาจาก 2 ทาง คือสังเคราะห์ที่ผิวหนัง โดยการกระตุ้นจากรังสีแสงเหนือม่วงชนิด บี (UV-B) หรือโดยการรับประทาน การได้รับแสงแดดไม่เพียงพอซึ่งพบมากในประเทศที่อยู่แถบเส้นรุ้งสูงๆ หรือการได้รับอาหารที่ไม่เพียงพอเป็นปัญหาสำคัญในผู้สูงอายุ สาเหตุที่พบบ่อยที่ทำให้เกิดภาวะการขาดวิตามินดีชนิดปฐมภูมิ การจะดูว่าผู้ใดขาดวิตามินดี หรือไม่มักตรวจดูระดับของแคลซิไดออล (25(OH)D) ในกระแสเลือด ภาวะของการขาดวิตามินดีชนิดปฐมภูมิไม่เพียงแต่เป็นความผิดปกติทางชีวเคมีเท่านั้น แต่ยังเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดภาวะของฮอร์โมนพาราไทรอยด์สูงชนิดทุติยภูมิ (Secondary hyperparathyroidism) ทำให้มีการสลายมวลกระดูกเพิ่มขึ้น มีการสูญเสียมวลกระดูก ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน และกระดูกหักในที่สุด

ภาวะการขาดแคลซิไทรออล ($1,25(OH)_2D$ deficiency)

ภาวะการขาดแคลซิไทรออลไม่เหมือนกับภาวะการขาดวิตามินดีชนิดปฐมภูมิตรงที่ไม่เกี่ยวข้องกับเซลล์ตัวนำ (Precursors) นั่นคือ มีวิตามินดี หรือแคลซิไดออล (25(OH)D) เพียงพอแต่เกิดจากความบกพร่องในการสร้างแคลซิไทรออล ($1,25(OH)_2D$) กรณีนี้จะทำให้การดูดซึมแคลเซียมในลำไส้ลดลง จะเพิ่มระดับของซีรัมพาราไทรอยด์ฮอร์โมน (serum PTH) มีการสลายกระดูกเพิ่มขึ้น และนำไปสู่โรคกระดูกพรุนในที่สุด พยาธิกำเนิดของภาวะการขาดแคลซิไทรออลเกี่ยวข้องกับความสามารถของไตในการสังเคราะห์แคลซิไทรออลเสียไปทำให้ได้แคลซิไทรออลไม่เพียงพอ ดังนั้นกรณีนี้มักพบได้ในผู้ป่วยที่มีปัญหาไตเสื่อม หรือไตล้มเหลว (Renal insufficiency or Renal failure) และเป็นโรคไตชนิดอื่นๆ ด้วยเหตุนี้จึงไม่พบระดับของแคลซิไดออลต่ำลง ในทางกลับกันการวินิจฉัยโรคนี้ คือพบระดับของแคลซิไทรออลต่ำในขณะที่ระดับของแคลซิไดออลปกติ และพบมีภาวะของฮอร์โมนพาราไทรอยด์สูงชนิดทุติยภูมิ (Secondary hyperparathyroidism) มีการสลาย และการสูญเสียกระดูกเพิ่มขึ้น

"$1,25(OH)_2D$ Resistance"

ในผู้สูงอายุการทำงานของเนื้อเยื่อต่างๆ จะลดลงซึ่งรวมถึงลำไส้ด้วย ทำให้ลำไส้ดื้อต่อฤทธิ์ของแคลซิไทรออล ($1,25(OH)_2D$) ทำให้ผู้ป่วยกลุ่มนี้ต้องการปริมาณของแคลซิไทรออลเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้ฤทธิ์ของแคลซิไทรออลที่เท่าเดิม ด้วยเหตุนี้ระดับของแคลซิไทรออลในระดับปกติซึ่งเพียงพอในคนปกติจะไม่เพียงพอต่อสรีระทางร่างกายในผู้ป่วยกลุ่มนี้ บางครั้งจึงจัดผู้ป่วยกลุ่มนี้เป็นภาวะการขาดวิตามินดีชนิดปฐมภูมิ (Secondary $1,25(OH)_2D$ deficiency) ผู้ป่วยกลุ่มนี้จะมีระดับ

ของแคลซิไดออล (25(OH)D) ปกติ และอาจพบระดับของแคลซิไทรออลปกติ หรือสูงกว่าปกติ แต่กลับมีอาการ และอาการแสดงของการขาดวิตามินดี นั่นคือการดูดซึมแคลเซียมที่ลำไส้ลดลงเกิดภาวะของฮอร์โมนพาราไทรอยด์สูงชนิดทุติยภูมิ(Secondary hyperparathyroidism) มีการสลายกระดูกเพิ่มขึ้น

การตรวจวัดระดับวิตามินดี (ศุภศิลป์ สุนทราภา, 2552)

การวัดระดับของวิตามินดีในกระแสเลือดมักจะวัดโดยดูระดับของแคลซิไดออล (Calcidiol หรือ 25(OH)D) ในกระแสเลือด เนื่องจากเป็นดรรชนีในทางคลินิกที่ไวที่สุดในการประเมินสภาวะของวิตามินดี และมักจะลดลงในผู้สูงอายุ จากการศึกษาของ Lips, Chapuy, Holick et al., (1999) การตรวจวัดระดับของแคลซิไดออล สามารถตรวจวัดได้หลายวิธีที่นิยมใช้มี 3 วิธี คือ วิธี“Competitive protein binding”(CPB) วิธี “Radioimmunoassay”(RIA) และวิธี“High performance liquid chromatography” (HPLC) หากทำการตรวจเลือดในบุคคลเดียวกันแต่ใช้วิธีตรวจวัดที่แตกต่างกัน พบว่าค่าของแคลซิไดออลที่ได้จะแตกต่างกัน โดยพบว่าค่าที่ได้จากการตรวจด้วยวิธี “CPB” จะสูงกว่าค่าที่ได้จากการตรวจด้วยวิธี “RIA” และการตรวจด้วย “HPLC” จะได้ค่าต่ำสุด การตรวจทั้งสามวิธีนี้มีความยากลำบากในการตรวจ และต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญ จึงทำให้การตรวจวิตามินดีไม่สะดวก และไม่แพร่หลายเท่าที่ควร

ล่าสุดได้มีเครื่องมือและน้ำยาตรวจวัดระดับของค่าแคลซิไดออลในกระแสเลือดด้วยหลักการใหม่ คือวิธีอิเล็กโทรเคมมิลูมิเนตเซนต์อิมมูโนเอสเสย์ “Electrochemiluminescence immunoassay” (ECLIA) ซึ่งเป็นการตรวจวัดระดับของวิตามินดี 3 เพียงอย่างเดียว โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดอัตโนมัติของบริษัทโรชไดแอกโนติกส์ (Roche diagnostic) ชื่อ “Cobas^{R}” ทำให้การตรวจวัดระดับวิตามินดีสะดวกขึ้น และไม่ยุ่งยากเหมือนวิธีดั่งเดิม สามารถตรวจวัดได้กว้างขวางมากขึ้น แต่จนถึงปัจจุบันนี้ยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วยวิธีนี้จะต่างกับการตรวจวัดทั้งสามวิธีมากน้อยเพียงใด ดังนั้นจนถึงปัจจุบันนี้จึงยังไม่มีค่าที่ชัดเจนว่าระดับใดถือเป็นระดับของการขาดวิตามินดี เนื่องจากยังไม่มีค่ามาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับในทางสากลขึ้นกับว่าตรวจวัดด้วยวิธีใด ความชุกของวิตามินดีในประเทศไทยมีค่อนข้างสูง และจนถึงปัจจุบันนี้ยังไม่มีวิธีการตรวจที่เป็นมาตรฐาน แต่วิธีการตรวจวัดล่าสุด คือวิธีอิเล็กโทรเคมมิลูมิเนตเซนต์อิมมูโนเอสเสย์ (ECLIA) ที่ตรวจด้วยเครื่องมือ “Cobas^{R}” ค่อนข้างสะดวกสามารถใช้ได้แพร่หลายและน่าจะเป็นวิธีตรวจวัดมาตรฐานในอนาคต

การนำวิตามินดีมาใช้ในทางคลินิก (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2549; 2552)

1. สร้างเนื้อกระดูก (Bone matrix) เช่น ออสทีโอเคลซิน (Osteocalcin)

2. เนื่องจากเซลล์กระดูกมี “Vitamin D receptor” ดังนั้น วิตามินดีจึงมีบทบาทช่วยกิจกรรมของเซลล์ให้ดำเนินตามปกติ รวมทั้งวงจรการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling cycle) ด้วย

3. ที่ไต วิตามินดี ช่วยดูดซึมแคลเซียม แมกนีเซียม และแร่ธาตุอื่นๆ

4. ระดับของ “Active form” (เมื่อได้รับจะนำไปใช้งานได้ทันที) จะช่วยลดการหลั่งพาราไทรอยด์ฮอร์โมนเป็นการควบคุมแคลเซียมละลายออกจากกระดูก

5. วิตามินดีสามารถลดการสลายมวลกระดูก (Bone resorption) ลดระดับพาราไทรอยด์ฮอร์โมน และยับยั้งการทำงานของออสทีโอคลาสท์ (Osteoclast) อีกทั้งยังช่วยลดการหกล้มได้

ดังนั้น เมื่อขาดวิตามินดีหรือมีปริมาณวิตามินดีน้อยลงจะมีผลให้เกิดโรคกระดูกน่วม (Osteomalacia) โรคกระดูกอ่อน (Rickets) และโรคกระดูกพรุน (Osteoporosis)

8. รังสีอัลตราไวโอเลต

ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลต (ICNIRP, 1996)

ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลต (UV Index) เป็นตัวชี้วัดระดับความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลตซึ่งมีศักยภาพในการส่งผลกระทบต่อสุขภาพผิวหนังมนุษย์ (Erythemal UV) ได้แก่ ภาวะที่ผิวหนังแดงไหม้เกรียมแดด มะเร็งผิวหนัง และโรคตา เช่น ต้อกระจก มีประโยชน์ในการแจ้งเตือนต่อสาธารณะและให้มีการป้องกันเมื่อได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตจากแสงแดดดัชนีอัลตราไวโอเลตถูกกำหนดโดยองค์การอนามัยโลก (WHO, 2002) โดยความร่วมมือกับโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) คณะกรรมาธิการระหว่างประเทศเพื่อการป้องกันรังสี หรือ “The International Commission on Non-Ionizing Radiation protection” (ICNIRP,1996) สำนักงานกลางเพื่อการป้องกันรังสีแห่งสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน และ “Commission Internationale de I’Eclairage or International Commission on Illumination” (CIE)

ชนิดรังสีอัลตราไวโอเลต (อุตุนิยมวิทยา, 2554)

รังสีดวงอาทิตย์ประกอบด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) รังสีช่วงแสงสว่าง (Visible) และอินฟราเรด (Infrared) รังสีมีคุณสมบัติตามช่วงคลื่นมักแสดงในหน่วยนาโนเมตร (nm) เพื่อที่จะอธิบายผลกระทบทางชีววิทยา สเปคตรัมรังสีอัลตราไวโอเลต (Solar Ultraviolet Spectra) ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

1. ยูวี-ซี (UV-C) ช่วงคลื่น 100-280 นาโนเมตร ถูกดูดกลืนเกือบทั้งหมดโดยโอโซนและออกซิเจนในบรรยากาศ

2. ยูวี-บี (UV-B) ช่วงคลื่น 280-315 นาโนเมตร ถูกดูดกลืนเป็นส่วนใหญ่และส่องถึงพื้นโลกประมาณ 10%

3. ยูวี-เอ (UV-A) ช่วงคลื่น 315-400 นาโนเมตร ไม่ดูดกลืนโดยโอโซนแต่ส่วนมากไม่ทำลายสิ่งมีชีวิต

รังสีอัลตราไวโอเลตสามารถวัดได้ในรูปกำลังงานการแผ่รังสีตกกระทบต่อหน่วยพื้นที่ (Irradiance) ที่ใช้หน่วยเป็นวัตต์/ตารางเมตร (W/m^2) หรือในรูปพลังงานตกกระทบต่อหน่วยพื้นที่ในช่วงเวลาที่กำหนด (Radiant Exposure or dose) ใช้หน่วยจูล/ตารางเมตร (J/m^2)

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลต (WHO, WMO, UNEP et al., 2002)

1. มุมเหนือศีรษะดวงอาทิตย์ (Zenith angle) แสงแดดจากดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านมายังพื้นโลกจะลดลง โดยการกระเจิงดูดกลืนจากก๊าซ และอนุภาคต่างๆ ในบรรยากาศมุมดวงอาทิตย์ที่อยู่เหนือศีรษะมากขึ้นจะมีค่าความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลตสูงขึ้น

2. ปริมาณโอโซนในชั้นบรรยากาศ โอโซนโมเลกุลจะดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลต ดังนั้นการทดลองของโอโซนจะทำให้ความเข้มของรังสีเพิ่มขึ้นด้วย

3. ปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปแล้วการลดลงของรังสีอัลตราไวโอเลตที่พื้นผิวเกิดจากการกระเจิง และการดูดกลืนโดยฝุ่นละออง

4. ปริมาณเมฆในท้องฟ้า สามารถเพิ่ม และลดรังสีอัลตราไวโอเลตได้โดยกระบวนการสะท้อน และดูดกลืนตามลำดับ ระดับความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลตจะมีมากเมื่อท้องฟ้าโปร่งและจะลดลงเมื่อท้องฟ้ามีเมฆมาก หรือขณะมีฝน หรือฟ้าหลัว

5. ความสูงจากพื้นผิวโลก ยิ่งสูงขึ้นไปบรรยากาศยิ่งบางลง การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์จะมีน้อยลง โดยความสูงที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 1,000 เมตร ระดับรังสีอัลตราไวโอเลตจะเพิ่มขึ้น 10-12%

6. ละติจูดที่ตั้ง รังสีอัลตราไวโอเลตมีค่าสูงที่ละติจูดต่ำ เนื่องจากมุมดวงอาทิตย์ที่สูงกว่า

7. การสะท้อนของรังสีอัลตราไวโอเลตโดยพื้นผิว รังสีอัลตราไวโอเลตจะถูกสะท้อนหรือกระเจิงโดยพื้นผิวที่แตกต่างกันตัวอย่าง เช่น หิมะใหม่ๆ สามารถสะท้อนได้มากถึง 80% หาดทรายที่แห้งสะท้อนได้ 15% และฟองทะเลสะท้อนได้ 25%

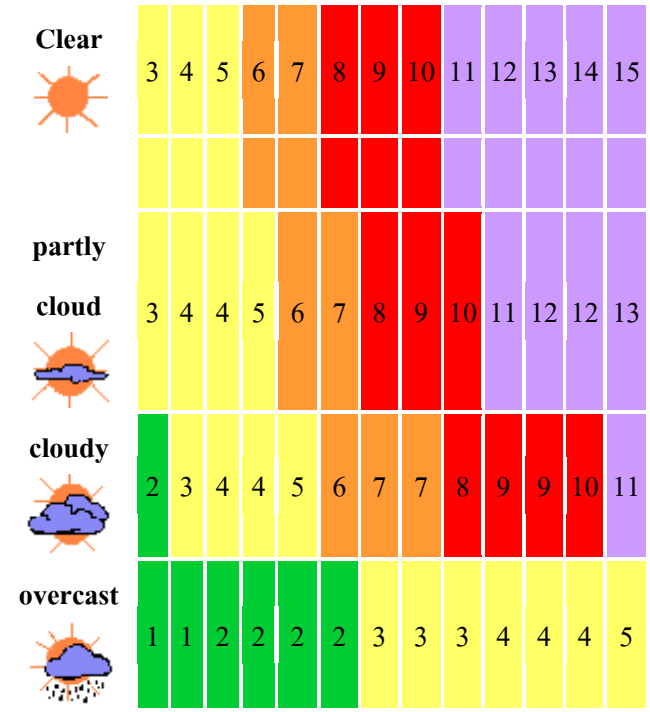
การตรวจวัดรังสีอัลตราไวโอเลต

สัมฤทธิ์ สุทธิประภา (2551) กล่าวว่า บรูเวอร์สเปกโตรโฟโตมิเตอร์สามารถวัดรังสีอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่นระหว่าง 286.5 ถึง 363.0 นาโนเมตร ที่ความละเอียด 0.5 นาโนเมตร ความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลต “Non-weighted spectral” จาก “Hemispherical field of view” ถูกวัดทีละความยาวคลื่นโดยมีหน่วยเป็นวัตต์/ตารางเมตร (W/m^2) แล้วอินทิเกรตตลอดช่วงคลื่น รวมทั้งมีการถ่วงน้ำหนักด้วยฟังก์ชันที่ให้ผลกระทบต่อภาวะผิวหนังแดง (Action spectra, Erythemally weighted function) จะได้ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีผลกระทบต่อภาวะผิวหนังแดง

แผนที่พยากรณ์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลต (สัมฤทธิ์ สุทธิประภา, 2551)

แผนที่พยากรณ์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตรายวันสำหรับประเทศไทยได้มีการแสดงบนเว็บไซต์กรมอุตุนิยมวิทยาในรูปแบบแผนที่ประเทศไทยที่แสดงค่าดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลต กรณีท้องฟ้าโปร่งของ 4 ภาค นำเสนอด้วย 5 ระดับความเข้ม (ตารางที่ 2)

Erythemal UV for CLOUD-FREE SKY…



ตารางที่ 2 ระดับความเข้ม UV Index (อุตุนิยมวิทยา, 2554)

ระดับความเข้ม (Exposure Level) Range	UV Index
ต่ำ (Low)	< 2
ปานกลาง (Moderate)	3-5
สูง (High)	6-7
สูงมาก (Very High)	8-10
สูงที่สุด (Extreme)	11+

9. กิจกรรมทางกายและความแข็งแรงของกระดูก

การออกกำลังกาย (Exercise)

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และกุลธิดา เชิงฉลาด (2544) กล่าวว่า การออกกำลังกาย หมายถึง การเคลื่อนไหวร่างกาย หรือกิจกรรมการออกกำลังกายที่เกี่ยวข้องกับการใช้มัดกล้ามเนื้อใหญ่ๆ มากกว่าการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเฉพาะ หรือมัดเล็กๆ กิจกรรมการออกกำลังกาย ได้แก่ กายบริหาร เกม และกิจกรรมที่มีรูปแบบ เช่น การวิ่ง การว่ายน้ำ และการวิ่งเหยาะ การออกกำลังกายเป็นกิจกรรมการเคลื่อนไหวใดๆที่ออกแบบสำหรับการฝึก หรือพัฒนาทักษะ

การออกกำลังกายในวัยผู้ใหญ่

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และสิทธา พงษ์พิบูลย์ (2553) กล่าวว่า ข้อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงและการจัดกิจกรรมการออกกำลังกายในวัยผู้ใหญ่ตอนกลาง หรือวัยกลางคน (36-60 ปี) ดังรายละเอียด ต่อไปนี้

1. การมีบุตรยากมากขึ้นเมื่อหญิงมีอายุ 37 ปี
2. หญิงเริ่มมีผิวหนังเป็นริ้วรอยมากขึ้น โดยเฉพาะบริเวณใบหน้า ลำคอ และหลังมือ
3. ชายเริ่มมีผมน้อยลง
4. กระบวนการเผาผลาญอาหารน้อยลง มีการสะสมไขมันมากขึ้นและเอวมีขนาดใหญ่ขึ้น
5. การเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายจะมีมากขึ้นจนรู้สึกได้ และเห็นได้ชัดเจน คือความคล่องแคล่วว่องไวและความอ่อนตัวลดลง สายตายาวขึ้น สมองเริ่มคิดช้าลง และความจำเสื่อมลง
6. หลังอายุ 50 ปี เพศหญิงเริ่มเข้าสู่วัยหมดประจำเดือน ระดับฮอร์โมนเอสโทรเจนลดลง กระดูกเริ่มบางลง
7. ชายเริ่มมีปัญหาต่อมลูกหมากโต
8. เริ่มมีปัญหาสุขภาพ เนื่องจากความเสื่อมของระบบต่างๆของร่างกาย หากไม่ได้ออกกำลังกายความสามารถในการทำงานของหัวใจ และปอดจะลดลง 10% โดยที่โรคหัวใจเริ่มต้นเมื่ออายุอยู่ในช่วง 40-50 ปี
9. ควรเล่นกีฬา หรือออกกำลังกายที่ชอบ หรือมีความสุข
10. ต้องตรวจสุขภาพทั่วไปและทดสอบสมรรถภาพทางกายก่อนการออกกำลังกาย
11. ต้องการกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกาย หรือออกกำลังกายระดับที่เบาจนถึงระดับที่ปานกลางทุกวันๆ ละ 60 นาที

การกำหนดโปรแกรมการออกกำลังกาย (ACSM, 2006)

1. ชนิดของการออกกำลังกาย (Mode of exercise) ควรเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ที่ใช้กลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ทำงานอย่างเป็นจังหวะต่อเนื่องกัน เช่น เดินเร็ว วิ่ง และว่ายน้ำ เป็นต้น เพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนของร่างกาย (Aerobic capacity) ช่วยลดน้ำหนัก และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายได้

2. ระดับความหนักของการออกกำลังกาย (Exercise intensity) ควรอยู่ระหว่าง 40% และ 50-85% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง (Heart rate reserve; HRR) หรือ 64% และ 70-94% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Heart rate max; HR_{max})

3. ระยะเวลาในการออกกำลังกาย (Exercise duration) ควรออกกำลังกาย 20-60 นาที ต่อเนื่องกัน เนื่องจากการออกกำลังกาย 20 นาทีขึ้นไป จะช่วยเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนของร่างกายได้

4. ความถี่ของการออกกำลังกาย (Exercise frequency) ควรออกกำลังกาย 3-5 วัน/สัปดาห์ เพื่อพัฒนา และรักษาระดับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย

รูปแบบการออกกำลังกายในผู้ใหญ่ (Kohrt, Bloomflield, Little et al., 2004; ฉกาจ ผ่องอักษร, 2552)

1. ชนิดการออกกำลังกาย (Mode) กิจกรรมประเภทความทนทานที่ใช้น้ำหนักตัว และมีการลงน้ำหนัก (Weight-bearing endurance activities) เช่น การเดิน เล่นเทนนิส ขึ้นลงบันได วิ่งสลับเดิน กีฬาหรือกิจกรรมที่มีการกระโดดร่วมด้วย เช่น วอลเลย์บอล บาสเกตบอล และการบริหารกล้ามเนื้อด้วยแรงต้านเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Resistance exercise) เช่น การยกน้ำหนัก หรือดึงยางยืด (ควรใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่)

2. ความหนัก (Intensity) ระดับปานกลางจนถึงหนักในแง่ของแรงที่กระทำต่อกระดูก

3. ความถี่ (Frequency) กิจกรรมประเภทความทนทานที่มีการลงน้ำหนัก 3-5 ครั้ง/สัปดาห์ กิจกรรมที่เป็นการบริหารด้วยแรงต้านเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ 2-3 ครั้ง/สัปดาห์

4. ระยะเวลา (Duration) 30-60 นาที/วัน ซึ่งรูปแบบของกิจกรรมต้องมีการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อหลักเน้นการลงน้ำหนัก และมีส่วนของการกระโดด ฝึกความทนทานโดยใช้น้ำหนักตัว และฝึกโดยใช้แรงต้านเพื่อที่จะรักษาปริมาณของมวลกระดูก แต่นอกจากนี้ควรที่จะออกแบบให้กิจกรรมดังกล่าวมีการฝึกเพื่อความสามารถในการทรงตัวเพื่อป้องกันการหกล้มด้วย

ข้อควรระวังในการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพในวัยผู้ใหญ่

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และสิทธา พงษ์พิบูลย์ (2553) กล่าวว่า การออกกำลังกายสม่ำเสมอทุกวันๆละ 30 นาที ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน เป็นการสร้างเสริมสุขสมรรถนะให้ร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์ โดยต้องมีความเหมาะสมกับเพศ วัย วิธีการออกกำลังกาย ชนิดของการออกกำลังกาย ซึ่งการออกกำลังกายที่ไม่เหมาะสมอาจให้โทษได้ เป็นต้น จึงควรมีข้อควรระวังในการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ ดังนี้

1. ควรออกกำลังกายให้เหมาะสมกับอายุ เพศ และสภาพร่างกาย เช่น คนวัยทำงานควรเลือกวิ่งเหยาะ ว่ายน้ำ หรือออกกำลังกายแบบกลุ่ม (โยคะ รำไม้พลอง เต้นแอโรบิก และเต้นรำ)

2. ควรออกกำลังกายให้ถูกเวลา เช่น เช้า เย็น หรือค่ำ ไม่ควรออกกำลังกายในที่มีอากาศร้อนจัดจะทำให้ไม่สบาย หรือร่างกายขาดน้ำได้ และควรออกกำลังกายก่อนรับประทานอาหาร หรือหลังอาหารแล้วอย่างน้อย 2 ชั่วโมง

3. ไม่ควรออกกำลังกายเมื่อไม่สบาย เป็นไข้ อาจทำให้เกิดอันตรายต่อกล้ามเนื้อหัวใจ หรือเยื่อหุ้มหัวใจอักเสบได้หรือเมื่อท้องเสียอาจทำให้ร่างกายขาดน้ำ และเกลือแร่ ร่างกายอ่อนเพลียมากเป็นลม หรือตะคริวได้

4. ก่อนและหลังออกกำลังกายทุกครั้ง อบอุ่นร่างกาย และผ่อนคลายร่างกายจะช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บ และช่วยให้อาการเมื่อยล้าหายได้เร็วขึ้น

5. การเลือกของใช้ส่วนตัวในการออกกำลังกายให้เหมาะสม เช่น สวมรองเท้าในขณะออกกำลังกายเสมอ เพื่อช่วยลดแรงกระแทก และต้องเป็นรองเท้าที่เหมาะสมกับชนิดของการออกกำลังกาย และกีฬาที่เล่นด้วย ส่วนเสื้อผ้าที่สวมควรมีความยืดหยุ่น ดูดซับเหงื่อ และช่วยระบายความร้อนได้ดี

6. การเลือกอุปกรณ์ออกกำลังกายในห้องออกกำลังกายต้องสอบถาม หรือให้ครูฝึกแนะนำวิธีการใช้ก่อนเสมอหากเป็นอุปกรณ์ที่ไม่เคยใช้มาก่อน และต้องใช้อุปกรณ์ออกกำลังกายที่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานเสมอ หากชำรุดห้ามใช้เป็นอันขาด

ความหนาแน่นของมวลกระดูกและการออกกำลังกาย (Quinn, 2011)

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า การออกกำลังกายนั้นจะช่วยเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกและทำให้กระดูกมีสุขภาพที่ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามพบหลักฐานที่แสดงว่าการออกกำลังกายบางประเภทไม่สามารถเพิ่มความแข็งแรงมวลกระดูกได้ หรือไม่สามารถป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุนได้ ในความเป็นจริงการออกกำลังกายบางประเภท อาจส่งผลต่อการลดลงของมวลกระดูกและนำไปสู่ภาวะการเกิดโรคกระดูกพรุน แม้กระทั่งในนักกีฬา

ในปี 2009 นักวิจัยจาก “The Bone & Joint Injury Prevention & Rehabilitation Center” ที่มหาวิทยาลัยมิชิแกน นำมาเรียบเรียงใหม่เกี่ยวกับงานวิจัยเมื่อปี 1961 เพื่อค้นหาความจริงเกี่ยวกับผลของการออกกำลังกายที่มีต่อความหนาแน่น และสุขภาพของมวลกระดูก นักวิจัยได้ค้นพบ 3 ลักษณะเฉพาะ ของการออกกำลังกายที่มีผลต่อการเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูก ได้แก่

1. ขนาดแรงตึงเครียดของการออกกำลังกาย (พบได้มากในการออกกำลังกายประเภทยิมนาสติก และการฝึกยกน้ำหนัก)

2. อัตราแรงตึงเครียดของการออกกำลังกาย (พบได้มากในการออกกำลังกายประเภทการกระโดด หรือพลัยโอเมตริก)

3. ความถี่แรงตึงเครียดของการออกกำลังกาย (พบได้มากในการออกกำลังกายประเภท การวิ่ง หรือประเภทที่มีแรงกระแทกต่อกระดูกบ่อยครั้งมากๆในช่วงการออกกำลังกาย)

ขนาด, อัตรา และความถี่ของแรงตึงเครียดขณะการออกกำลังกายนั้นเข้ามามีบทบาทต่อการพัฒนาความหนาแน่นของมวลกระดูก แต่นักวิจัยบางท่านไม่ได้แบ่งแยกความสำคัญของทั้งสามลักษณะเฉพาะดังกล่าว นักวิจัยมีการกล่าวถึงเพียงในเรื่องการเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกที่สามารถเพิ่มขึ้นได้เพียงเล็กน้อย กล่าวคือพบเพียง 12-20 นาที ของการออกกำลังกายแบบลงน้ำหนักของร่างกาย และในความถี่ 3 ครั้ง/สัปดาห์

การออกกำลังกายที่ดีที่สุดเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูก (Quinn, 2011)

ผู้เชี่ยวชาญแนะนำว่าการออกกำลังกายสำหรับนักกีฬาเพื่อเพิ่มความหนาแน่น และป้องกันการสูญเสียของมวลกระดูก ได้แก่

1. การฝึกด้วยน้ำหนัก (Weight training)
2. พลัยโอเมตริก (Plyometrics)
3. การฝึกกระโดด (Jump training)
4. การวิ่งขึ้น-ลงบันได (Stair running)
5. การออกกำลังกายโดยใช้น้ำหนักของตัวเอง (Body weight exercise)
6. การกระโดดเชือก (Jump roping)
7. การวิ่ง (Running)
8. การเดินเขา (Hiking)
9. นักเดินทางโดยมีการสะพายกระเป๋าด้านหลัง (Backpacking)

ผลของการออกกำลังกายต่อสุขภาพของกระดูก (Exercise effect on bone health)

ฉกาจ ผ่องอักษร (2552) กล่าวว่า ภาวะมวลกระดูกต่ำจากโรคกระดูกพรุน (Osteoporosis) เป็นปัจจัยเสี่ยงต่ออุบัติการณ์เกิดกระดูกหักของผู้สูงอายุ ดังนั้นขบวนการต่างๆ ที่สามารถทำให้เพิ่มและคงสภาพความแข็งแรงของกระดูกให้มากที่สุด และวิธีการที่จะลดหรือป้องกันความเสี่ยงที่จะเกิดการหกล้มจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่มีแนวโน้มที่จะช่วยลดปัญหาแทรกซ้อนจากการเจ็บป่วย หรืออัตราการตายได้มากที่สุด นอกจากการรักษาด้วยการให้ยาและอาหารเสริมที่มีผลดีต่อการสร้างกระดูกแล้ว การออกกำลังกายยังเป็นอีกวิธีเดียวที่สามารถทำให้เกิดผลดีต่อกระดูกทั้งสองด้าน คือการเพิ่มมวลกระดูก และความแข็งแรงของกระดูก และลดความเสี่ยงต่อการหกล้มที่จะเป็นสาเหตุทำให้กระดูกหักในผู้สูงอายุได้ (Kohrt, Bloomflield , Little et al., 2004)

การตอบสนองความแข็งแรงของกระดูกต่อการออกกำลังกายก็เป็นไปตามหลักการทั่วไป เช่นเดียวกับอวัยวะอื่นๆของร่างกายที่จะต้องมีการปรับเพิ่ม (Overload) ให้มากขึ้นกว่าเดิม ทำให้กระดูกมีการปรับตัวมากขึ้นตามแรงที่มากระทำที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความหนักของการออกกำลังกายที่หมายถึงนั้น จะให้ความสำคัญเจาะจงไปที่แรงที่เกิดขึ้นขณะออกกำลังกายว่ากระทำต่อกระดูกโดยตรงมากน้อยเพียงใด แต่ไม่ได้ดูที่ความหนักของการออกกำลังกายในแง่ของการเพิ่มความหนักต่อระบบหัวใจ และหลอดเลือด (Cardiovascular system) หรือระบบการใช้พลังงานชนิดต่างๆเป็นหลักเหมือนการออกกำลังกายที่ทำโดยทั่วไป ดังนั้นการประเมินความหนักของการออกกำลังกายที่มีผลต่อกระดูกมักจะวัดเป็นความเครียดทางกายภาพ (Physical strain) ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยาต่อพื้น (Ground reaction force) ระหว่างการลงน้ำหนักเดิน หรือแรงตึงตัวจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle contraction forces) ที่กระทำต่อกระดูกส่วนนั้นๆ เป็นต้น

การกระตุ้นการสร้างกระดูก

สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด (2551) กล่าวว่า ถ้าใช้แรงเชิงกลที่พอดี หรือมากกว่าระดับที่สามารถกระตุ้นให้มีการสร้างกระดูกขึ้นใหม่ได้ และมีการกระทำซ้ำๆจะทำให้มีการเพิ่มขึ้นของเซลล์สร้างกระดูก (Osteoblast) และโปรตีนในบริเวณที่ได้รับแรงเชิงกล และเป็นผลให้กระดูกมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น กิจกรรมทางกายที่จะก่อให้เกิดแรงเชิงกลที่สามารถกระตุ้นการสร้างกระดูกขึ้นใหม่จะต้องเป็นกิจกรรมที่มีการเพิ่มความหนักของงานมากกว่าระดับของกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ควรเลือกกิจกรรมการออกกำลังกายที่มีการลงน้ำหนัก โดยใช้น้ำหนักของร่างกายตนเองเพื่อก่อให้เกิดแรงเชิงกลที่สามารถกระตุ้นให้มีการสร้างกระดูกขึ้นใหม่ได้

การออกกำลังกายสำหรับโรคกระดูกพรุน

สุขจันทร์ พงษ์ประไพ (2543) กล่าวว่า การออกกำลังกายสามารถป้องกัน และเป็นส่วนร่วมในการรักษาโรคกระดูกพรุนผู้ที่ออกกำลังกายเป็นประจำสม่ำเสมอก่อนอายุ 30 ปี จะช่วยให้กระดูกแข็งแรง และมีความหนาแน่นของกระดูกมากกว่าผู้ที่ไม่ได้ออกกำลังกาย ดังนั้นการป้องกันภาวะโรคกระดูกพรุนจึงควรแนะนำให้ออกกำลังกายตั้งแต่ในเด็ก และควรออกกำลังกายต่อเนื่องเมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่เพื่อเป็นการสะสมแคลเซียมในกระดูกสำหรับวัยสูงอายุต่อไป การออกกำลังกายที่ดีควรเป็นลักษณะการออกกำลังกายที่มีการลงน้ำหนักของแขน หรือขา เช่นเดิน วิ่งเหยาะๆ รำมวยจีน ลีลาศ การยกน้ำหนักเบาๆ เต้นแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำๆ หรือสเต็ปแอโรบิก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละบุคคล และอาจปรึกษาแพทย์ก่อนจะออกกำลังกาย รวมทั้งการทำกายบริหารง่ายๆเพื่อเพิ่มความแข็งแรงความทนทานของกล้ามเนื้อ เพิ่มความยืดหยุ่น และเพิ่มการทรงตัวเพื่อป้องกันการหกล้มได้ง่าย

10. แอโรบิกดานซ์ (Aerobic dance)

ความหมายของแอโรบิกดานซ์หรือการเต้นแอโรบิก

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าได้มีผู้ที่ให้คำนิยามของคำว่าแอโรบิกดานซ์ หรือการเต้นแอโรบิก (Aerobic dance) ไว้ดังนี้

แอโรบิกดานซ์ หมายถึงการฝึกโดยการผสมระหว่างการฝึกบริหารกาย การเต้นบัลเลต์ การวิ่งเหยาะ การกระโดด และลีลาการก้าวเท้าเคลื่อนที่ตามจังหวะเพลง การออกกำลังกายจะออกแบบให้ฝึกเป็นท่า หรือชุดเพื่อให้กล้ามเนื้อชิ้นใหญ่ทำงานในจังหวะต่อเนื่องกัน (จรวยพร ธรณินทร์ และวิชิต คนึงสุขเกษม, 2530)

แอโรบิกดานซ์ หมายถึงกิจกรรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิก สามารถปรับความหนักเบาได้ตามสภาวะที่เหมาะสมของแต่ละคน เป็นการบริหารกายประกอบดนตรีที่สนุกสนานผสมผสานระหว่างการเคลื่อนไหวเบื้องต้นกับการเต้นรำ (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และกุลธิดา เชิงฉลาด, 2544)

แอโรบิกดานซ์ หมายถึงวิธีการออกกำลังกายชนิดหนึ่งที่นำเอาท่าบริหารกายต่างๆ ผสมผสานกับทักษะการเคลื่อนไหวเบื้องต้น และจังหวะเต้นรำที่จะกระตุ้นให้หัวใจ และปอดต้องทำงานมากขึ้นจนถึงจุดหนึ่ง ด้วยระยะเวลาที่นานเพียงพอที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เป็นการสร้างบรรยากาศในการออกกำลังกายที่สนุกสนานรื่นเริงลืมความเหน็ดเหนื่อย และเบื่อหน่ายได้ ทั้งยังสร้างความแข็งแรง ความทนทานของระบบกล้ามเนื้อ ระบบ

ไหลเวียนเลือด หัวใจและปอดได้ดีขึ้นทำให้รูปร่างสมส่วนมีบุคลิกภาพที่ดี (บริษัท สกายบุ๊กส์, 2545)

แอโรบิกดานซ์ หมายถึงการผสมผสานระหว่างทักษะการเคลื่อนไหวเบื้องต้น ทักษะการเต้นรำ และการบริหารกาย (Basic movement + Dance step + Calisthenics) แล้วนำมาปรับความหนักเบาให้เหมาะสมกับสภาวะของผู้ฝึก (สุกัญญา พานิชเจริญนาม, 2545)

แอโรบิกดานซ์ หมายถึงการออกกำลังกายแบบแอโรบิกชนิดหนึ่ง ซึ่งมีการผสมผสานการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อ และทุกส่วนของร่างกายไปตามจังหวะของเสียงดนตรี ต่อเนื่องกันอย่างน้อย 30 นาที ด้วยความหนักที่พอเหมาะโดยให้ระบบหายใจ และหลอดเลือดทำงานได้เต็มที่ (นภพร ทัศนัยนา, 2547)

แอโรบิกดานซ์ หมายถึงการออกกำลังกายที่มีการเคลื่อนไหวต่อเนื่อง ทั้งแขน และขา ผสมผสานกันตามจังหวะดนตรีอย่างสนุกสนาน เป้าหมายสำคัญคือระบบหัวใจและหลอดเลือดทำงานได้เต็มที่ คือ 65-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด โดยใช้เวลาการเคลื่อนไหวต่อเนื่องนาน 20-30 นาที เป็นอย่างน้อย (สุดา กาญจนะวณิชย์, 2550)

ดังนั้น แอโรบิกดานซ์ หรือการเต้นแอโรบิก หมายถึงการเคลื่อนไหวของอวัยวะในร่างกายไปตามจังหวะของเสียงดนตรีอย่างต่อเนื่อง ด้วยความหนักที่พอเหมาะ สร้างความสนุกสนานและทำให้สมรรถภาพทางกายดีขึ้นโดยเฉพาะความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิต และระบบหายใจ ความแข็งแรง และความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ และองค์ประกอบของร่างกาย

ประเภทของแอโรบิกดานซ์

แอโรบิกดานซ์ในปัจจุบันมีหลายแบบด้วยกัน สามารถแบ่งตามลักษณะของการเคลื่อนไหวที่มีแรงกระแทก ได้ดังนี้

1. การเต้นที่มีแรงกระแทกต่ำ (Low–impact aerobics dance) การเต้นที่มีแรงกระแทกต่ำเป็นการเคลื่อนไหวในลักษณะของการกระแทกระหว่างร่างกายกับพื้นที่มีบ้างเล็กน้อย หรือเกือบจะไม่มีเลย ขณะเคลื่อนที่นั้นเท้าด้านใดด้านหนึ่งจะอยู่บนพื้นเสมอ เช่น สปริงข้อเท่า และการย่อเข่าการเดิน เป็นต้น (บริษัท สกายบุ๊กส์, 2545; สุกัญญา พานิชเจริญนาม, 2545)

2. การเต้นที่มีแรงกระแทกสูง (High–impact aerobics dance) การเต้นที่มีแรงกระแทกสูงเป็นการเคลื่อนไหวในลักษณะของการกระแทกระหว่างร่างกายกับพื้นที่ค่อนข้างจะรุนแรง เช่น การกระโดดลอยตัว และลงสู่พื้นด้วยเท้าข้างใดข้างหนึ่ง หรือด้วยเท้าทั้งสองข้าง (บริษัท สกายบุ๊กส์, 2545; สุกัญญา พานิชเจริญนาม, 2545)

3. การเต้นที่มีแรงกระแทกหลากหลาย (Multi–impact aerobics dance) การเต้นที่มีแรงกระแทกหลากหลายเป็นการเคลื่อนไหวในลักษณะของแรงกระแทกต่ำ และแรงกระแทกสูงผสมกัน ซึ่งผู้เต้นจะใช้แรงกระแทกต่ำ หรือแรงกระแทกสูงมากน้อยเพียงใดส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของผู้เต้น และจังหวะเพลง (บริษัท สกายบุ๊กส์, 2545; สุกัญญา พานิชเจริญนาม, 2545)

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

หลักในการออกกำลังกายแบบการเต้นแอโรบิก (บริษัท สกายบุ๊กส์, 2545; สุกัญญา พานิชเจริญนาม, 2545)

หลักการในการเต้นแอโรบิกควรยึดหลัก F F I T ดังนี้

1. Fun (F=สนุกสนาน ท้าทายความสามารถ) หลักการที่สำคัญในการเต้นแอโรบิก คือต้องเป็นกิจกรรมที่มีความสนุกสนาน ท้าทายความสามารถ ไม่น่าเบื่อ มีความหลากหลาย ควรเหมาะกับความต้องการ เพศ วัย และระดับสมรรถภาพ ที่สำคัญที่สุด คือการสร้างให้ผู้ออกกำลังกายติดการออกกำลังกาย กล่าวคือ การออกกำลังกายเป็นประจำทุกวันสิ่งนั้นก็คือความสนุกสนาน การมีจุดมุ่งหมาย และการบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ รวมทั้งการเห็นประโยชน์ตามที่ต้องการจากการเต้นแอโรบิกแต่อย่างไรก็ตามการที่จะสร้างส่วนนี้ได้ความสนุกสนานต้องมาก่อนแล้วจึงจะติดการออกกำลังกายแล้วจึงคำนึงถึงประโยชน์ที่จะได้

2. Frequency (F=ความบ่อย) ควรเต้นแอโรบิกบ่อยเพียงใดจึงจะได้ประโยชน์สูงสุด คำตอบ คือควรเต้นแอโรบิกอย่างน้อย 3 วัน/สัปดาห์ และอย่างมาก 6 วัน/สัปดาห์ ให้ประโยชน์แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร หากท่านเต้น 2 ครั้ง/สัปดาห์ จะให้ผลดีต่อการไหลเวียนโลหิต และการคงสภาพความสามารถของร่างกาย แต่ไม่มีผลที่จะช่วยให้มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆ ภายในร่างกาย เช่น ความดันเลือด ระดับคอเลสเตอรอลจะไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาระบบไหลเวียนโลหิต และเพื่อเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของร่างกายจึงควรออกกำลังกายอย่างน้อย 3 ครั้ง/สัปดาห์

3. Intensity (I=ความหนัก) ควรออกกำลังกายหนักเพียงไร ความหนัก หรือความเหนื่อย จะใช้อัตราการเต้นของหัวใจ (ชีพจร) เป็นตัวบ่งชี้ แต่ละบุคคลสามารถตัดสินใจในการออกกำลังกายของตนเองโดยใช้สูตรของ คาร์โวเนน (Karvonen formula) ในการคำนวณหาอัตราชีพจรเป้าหมาย (Target heart rate) ตามระดับสมรรถภาพ หรือความฟิต และอายุของบุคคลนั้น เพื่อกำหนดความ

หนักในการออกกำลังกายที่เหมาะสม เพื่อเกิดประโยชน์สูงสุดจากการออกกำลังกายโดยสูตรนี้กำหนดความหนักที่แนะนำอยู่ระหว่าง 60-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

4. Time (T=ระยะเวลา) ควรออกกำลังกายนานเท่าไร ระยะเวลาการออกกำลังกายนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของแต่ละบุคคล เวลาที่ใช้สำหรับการออกกำลังกายนั้นมักจะใช้ตั้งแต่ 10-60 นาที บุคคลที่ต้องการให้หัวใจแข็งแรงมักจะใช้เวลาประมาณ 10-20 นาที โดยใช้ความหนักของงานอยู่ที่ 70-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ส่วนบุคคลที่ต้องการลดไขมันใต้ผิวหนังหรือในเส้นเลือด มักจะใช้เวลาตั้งแต่ 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 ใช้การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วปานกลางอบอุ่นร่างกายด้วยการเคลื่อนไหวของหัวไหล่ แขนและขา ตามด้วยการยืดเหยียดค้างอย่างน้อย 10 วินาที ที่กล้ามเนื้อหัวไหล่ อก สะโพก หลังส่วนล่าง ต้นขา น่อง และเท้า

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

3. ช่วงผ่อนคลายกล้ามเนื้อและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (Cool down and stretching) เพื่อลดอัตราการเต้นของหัวใจให้กลับสู่ภาวะปกติ ป้องกันการคั่งของเลือดในส่วนปลายแขนและขาที่มากเกินควร และกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงระบบการเผาผลาญพลังงานจากกล้ามเนื้อ และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อช่วยปรับความยืดหยุ่นของร่างกาย โดยให้ยืดเหยียดค้างไว้ 10-30 วินาที ที่กล้ามเนื้อแขน หัวไหล่ อก หลัง สะโพก ต้นขา และน่อง

ประโยชน์ของแอโรบิกดานซ์ (ชิดพงษ์ ไชยวสุ, 2528; บริษัท สกายบุ๊กส์, 2545; นภพร ทัศนัยนา, 2547)

การออกกำลังกายแบบแอโรบิกดานซ์ให้ทั้งคุณค่าและประโยชน์ต่อร่างกาย โดยจำแนกเป็นข้อๆ ดังนี้

1. เพิ่มขนาดเส้นใย และมัดกล้ามเนื้อ เป็นการสร้างความแข็งแรง (Strength) ทำให้ร่างกายสามารถทำงานได้เป็นเวลานาน

2. เพื่อเพิ่มความทนทานของร่างกาย (Endurance) ได้แก่ ความทนทานของกล้ามเนื้อและระบบไหลเวียนโลหิต อีกทั้งเพิ่มการแลกเปลี่ยนออกซิเจนในเลือด และเซลล์กล้ามเนื้อมากขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อหัวใจแข็งแรงสามารถขนส่งเลือดไปสู่ส่วนต่างๆของร่างกายดีขึ้น

3. เพื่อเพิ่มความอ่อนตัวของร่างกาย (Flexibility) กล้ามเนื้อมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ข้อต่อต่างๆ มีการเคลื่อนที่เป็นมุมที่มากขึ้น

4. เพื่อช่วยให้ระบบต่างๆของร่างกายทำงานประสานกันด้วยดี (Co-ordination) เช่น ระบบประสาท ระบบการทำงานของกล้ามเนื้อ ระบบไหลเวียนโลหิต ระบบย่อยอาหาร และระบบขับถ่าย เป็นต้น

5. เพื่อเสริมสร้างบุคลิกภาพที่ดีและแก้ไขข้อบกพร่องทางกาย (Posture and personality) เพิ่มปริมาณการเผาผลาญไขมันใต้ผิวหนัง ทำให้กล้ามเนื้อทุกส่วนของร่างกายกระชับได้สัดส่วน มีทรวดทรงดี มีน้ำหนักตัวที่พอเหมาะ และเพิ่มปริมาณคอเรสเตอรอลชนิดดี (High density lipoprotein: HDL) เป็นการเพิ่มความสามารถในการเผาผลาญปริมาณแคลอรี่ และลดคอเรสเตอรอลชนิดเลว (Low density lipoprotein: LDL) เท่ากับลดอัตราเสี่ยงจากการแข็งตัวของหลอดเลือด และรักษาระดับแคลเซียมในกระดูก

6. เพื่อช่วยผ่อนคลายความตึงเครียด (Relaxation) การที่ร่างกายเคลื่อนไหวไปตามจังหวะดนตรี และเสียงเพลงจะทำให้สนุกสนาน ผ่อนคลายความเครียดทั้งด้านร่างกาย และจิตใจ

7. ประโยชน์ด้านอื่นๆ เช่น ช่วยเสริมสร้างภูมิต้านทานที่จะเกิดขึ้นกับร่างกาย ช่วยชะลอความแก่ ช่วยลดน้ำหนักตัวส่วนเกิน และเพิ่มน้ำหนักตัวส่วนที่ยังขาด เป็นต้น

11. มินิแทรมโพลีน (Mini trampoline)

แทรมโพลีนจัดอยู่ในกลุ่มของกีฬายิมนาสติก แทรมโพลีนได้บรรจุในการแข่งขันระดับโลกและโอลิมปิคมานานกว่า 40 ปีแล้ว เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญประเภทหนึ่งที่ใช้ในการฝึกยิมนาสติกทุกประเภท อีกทั้งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ฝึกนักกีฬากระโดดน้ำ แทรมโพลีนแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามลักษณะของการใช้งาน ดังนี้ (บริษัท ไทยยูโรทีมยิม, 2554)

1. แทรมโพลีนเพื่อการออกกำลังกาย และนันทนาการ มีลักษณะรูปร่างที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ รูปกลม รูปสี่เหลี่ยม เป็นต้น อีกทั้งแผ่นกระโดดมักจะมีสีดำ ป้องกันแสงยูวี และการงอกของตระไคร่น้ำเมื่อโดนความชื้น หากเป็นแทรมโพลีนสำหรับเด็กจะมีรูปการ์ตูนสร้างแรงดึงดูดใจให้แก่เด็ก แทรมโพลีนประเภทนี้หากความสูงจากระดับพื้นมากกว่า 50 เซนติเมตร ควรมีตาข่ายป้องกันการเกิดอุบัติเหตุล้อมรอบ ซึ่งตาข่ายนี้มี 2 ลักษณะ คือ

1.1 ลักษณะล้อมรอบด้านนอกกับตัวโครงสร้างของแทรมโพลีน เสาเป็นแบบสวมและหุ้มด้วยฟองน้ำกันกระแทกอย่างดี เสาของตาข่ายควรตั้งถึงพื้นยึดติดกับขาของแทรมโพลีนพร้อมกับตัวยึดอย่างน้อย 2 ตัว ระหว่างเสาตาข่าย และขาแทรมโพลีน

1.2 ลักษณะล้อมรอบด้านใน ซึ่งสานติดกับเหล็กของแผ่นกระโดด

2. แทรมโพลีนเพื่อใช้ในทางวิชาการ และด้านกีฬา แบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 แทรมโพลีนที่ใช้ในโรงเรียน ซึ่งประเทศในแถบยุโรปได้บรรจุเป็นหลักสูตรไว้ในชั่วโมงพลศึกษา ได้แก่ แทรมโพลีนที่มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ แผ่นกระโดดทอสานด้วยเส้นใยในล่อนสีขาว ความยืดหยุ่นน้อยกว่าแทรมโพลีนที่ใช้ในการแข่งขัน และมินิแทรมโพลีนที่มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาดเล็กมีความยืดหยุ่นที่ต่างกัน ความยืดหยุ่นของแผ่นกระโดดขึ้นอยู่กับจำนวนของสปริง ถ้าน้ำหนักตัวของผู้กระโดดมากจำนวนสปริงก็จะมากตาม มีลักษณะลาดเอียง และสามารถปรับความลาดเอียงได้ สำหรับอุปกรณ์ชนิดนี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึก เช่น การวิ่ง การกระโดด และการทรงตัว เป็นต้น

2.2 แทรมโพลีนที่ใช้ในการแข่งขัน ซึ่งผู้ใช้งานต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญโดยเฉพาะ

มินิแทรมโพลีน (Mini-trampoline) (Wikipedia, 2011)

มินิแทรมโพลีน (Mini-trampoline) หรือรีเบาว์เดอร์ (Rebounder) หรือแทรมเพลตซ์ (Trampette) เป็นที่ทราบกันดีว่าสามารถใช้เดิน วิ่งเหยาะๆ หรือใช้ในการออกกำลังกายได้ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 เมตร หรือประมาณ 3 ฟุต 3 นิ้ว และมีความสูงจากพื้นประมาณ 30 เซนติเมตร หรือ 12 นิ้ว ส่วนใหญ่จะใช้ฝึกในโรงยิมเนเซียม และใช้ฝึกเพื่อพัฒนาทางด้านสุขสมรรถนะของร่างกาย การกระโดดบนมินิแทรมโพลีนจะช่วยลดแรงกระแทกที่มีต่อเข่า และข้อต่อ สำหรับมินิแทรมโพลีนไม่ควรกระโดดสูงจนเกินไปในกิจกรรมประเภทนันทนาการ และไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในกิจกรรมประเภทแข่งขัน

แรงกระแทก (Impact) (Dittrich, 2010)

การกระโดดบนมินิแทรมโพลีนจะส่งผลต่อแรงกระแทกที่ต่ำในการออกกำลังกายแบบลงน้ำหนัก ซึ่งการออกกำลังกายที่มีการลงน้ำหนักของตัวเอง และแรงโน้มถ่วงของโลกจะช่วยสร้างกระดูกให้มีความแข็งแรงสามารถป้องกันโรคกระดูกพรุน รวมทั้งการออกกำลังกายที่มีแรงกระแทกต่ำจะเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยมากกว่าการวิ่งที่มีแรงกระแทกสูง เหมาะสำหรับบุคคลที่มีภาวะเสื่อมของข้อต่อ หรือภาวะโรคกระดูกพรุน

ประโยชน์ของการออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีน (Dittrich, 2010; Marie, 2010; Penick, 2010)

1. ช่วยเพิ่มความอ่อนตัว การทรงตัว การทำงานประสานกันของระบบประสาท และกล้ามเนื้อได้ดี

2. ช่วยรักษาระดับน้ำหนักของร่างกาย และช่วยลดความเสี่ยงของโรคหัวใจ โรคเบาหวาน และโรคที่ผิดปกติเกี่ยวกับระบบเผาผลาญพลังงาน

3. ช่วยกระตุ้นให้ระบบน้ำเหลืองขจัดของเสียออกจากเซลล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน

4. ช่วยเพิ่มการทำงานของระบบหัวใจ และหลอดเลือด เพิ่มความจุปอด และระบบการหายใจทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความหนาแน่นของมวลกระดูก และป้องกันภาวะโรคกระดูกพรุนได้

ข. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งต่อการสลายมวลกระดูกและวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน ได้มีการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งแยกเป็นประเด็นได้ดังนี้

1. การออกกำลังกายแบบลงน้ำหนักกับมวลกระดูก

การออกกำลังกายแบบลงน้ำหนักที่มีผลต่อการเพิ่มมวลกระดูก และช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกของบุคคลทั่วไป และนักกีฬาทุกเพศทุกวัย อาทิเช่น การเดิน การวิ่ง การกระโดด การเต้นออกกำลังกาย และโยคะ เป็นต้น นอกจากนี้การออกกำลังกายดังกล่าวยังสามารถเพิ่มสุขสมรรถนะ และความสามารถในการทรงตัวได้

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศเกี่ยวกับการเพิ่มมวลกระดูก และช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกในหญิงวัยทำงาน ซึ่งมีการออกกำลังกายแบบลงน้ำหนัก ตัวอย่างเช่น โยคะ การใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก การกระโดด การเดินบนลู่กล และการเดินบนลู่กลร่วมกับการออกกำลังกายแบบสั่น เป็นต้น โดย Phoosuwan, Kritpet and Yuktanandana (2009) ได้ศึกษาผลของการฝึกโยคะแบบลงน้ำหนักต่อการสลายมวลกระดูกของหญิงวัยหมดประจำเดือน อายุ 50-60 ปี ฝึก 12 สัปดาห์ พบว่าช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกได้ดีขึ้น และช่วยส่งเสริมคุณภาพชีวิตในการดำเนินชีวิตประจำวันได้เพิ่มขึ้น ในปีถัดมา วิศนียา ศิวพิทักษ์ และวสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล (2553) ได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายบนลู่กลร่วมกับการออกกำลังกายแบบสั่นต่อการสร้าง และการสลายมวลกระดูกของหญิงวัยหมดประจำเดือน อายุ 55-65 ปี ฝึก 12 สัปดาห์ พบว่าช่วยเพิ่มการสร้าง และชะลอการสลายมวลกระดูกได้ดีขึ้น ซึ่งได้ผลคล้ายคลึงกันในการศึกษาของ Tantiwiboonchai, Kritpet and Yuktanandana (2011) ศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก โดยให้หญิงวัยทำงานอายุ 30-60 ปี แบ่งเป็นกลุ่มเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และกลุ่มเดินออกกำลังกายแบบไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ฝึกเดินบนลู่กลที่ระดับความชัน 0% ครั้งละ 30 นาที 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ที่ความหนัก 65-75% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดโดยกลุ่มทดลองเริ่มใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก 2% ของน้ำหนักตัวในสัปดาห์ที่ 3 และเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 2% ในทุกสัปดาห์ จนกระทั่งครบ 8% ของน้ำหนักตัว พบว่าการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก มีผลทำให้การสลายมวลกระดูกลดลงและส่งผลต่อสุขสมรรถนะ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Anek, Kanungsukasem and Bunyaratavej (2011) ทำการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้น-ลงบนกล่องแบบหมุนเวียน กำหนดให้หญิงวัยก่อนหมดประจำเดือน อายุ 35-45 ปี ทำการออกกำลังกายโดยใช้จังหวะดนตรีเป็น

ตัวกำหนดความเร็วในการกระโดดขึ้น-ลงบนกล่องแบบวงจร หรือแบบหมุนเวียน (มี 6 สถานี แต่ละสถานีกระโดด 10 ครั้ง ให้ครบ 2 รอบวงจร) กล่องมีความสูง 10 เซนติเมตร 15 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร ความหนักของการออกกำลังกาย คือ 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าช่วยชะลอ และลดการสลายมวลกระดูกได้ดีขึ้น มีการสร้างมวลกระดูกได้ดีขึ้น รวมทั้งช่วยพัฒนาสุขสมรรถนะ และความสามารถในการทรงตัวดีขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้ในปีเดียวกัน Kitareewan, Boonhong, Janchai et al., (2011) ได้ศึกษาการออกกำลังกายบนลู่กลที่ความหนักระดับปานกลางต่อค่าชีวเคมีของกระดูกในหญิงวัยมีประจำเดือนและหมดประจำเดือน อายุ 30-70 ปี โดยให้เดินออกกำลังกายบนลู่กลที่ความหนัก 50% ของอัตราเต้นชีพจรสำรอง 30 นาที 3 ครั้ง/สัปดาห์ นาน 3 เดือน พบว่าสามารถลดกระบวนการสลายและการผลัดเปลี่ยนเซลล์กระดูกได้ขณะที่กระบวนการสร้างเซลล์กระดูกมีแนวโน้มที่จะลดลงภายหลังออกกำลังกาย

จากการศึกษางานวิจัยในต่างประเทศเกี่ยวกับการเพิ่มมวลกระดูก และช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกในหญิงวัยทำงาน ซึ่งมีการออกกำลังกายแบบลงน้ำหนัก ตัวอย่างเช่น การเต้นออกกำลังกาย การเดิน การกระโดด การฝึกด้วยน้ำหนัก และการใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก โดย Heinonen, Oja, Sievanen et al., (1995) ศึกษาความหนาแน่นมวลกระดูกในนักกีฬาหญิง กำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มนักกีฬา ได้แก่ นักกีฬาสควอช นักเต้นแอโรบิก นักสเก็ตน้ำแข็ง และกลุ่มควบคุม พบว่าในนักกีฬาสามารถลดอัตราแรงเครียดที่สูงช่วยให้มีการเคลื่อนไหวที่ดี สำหรับการฝึกด้วยน้ำหนักจะช่วยเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูก โดยที่มีการสนับสนุนอัตราแรงเครียดและแรงเค้นที่สูงจะช่วยในการสร้างกระดูกเพิ่มขึ้นด้วย อีกทั้งยังสามารถป้องกันโรคกระดูกพรุนในหญิงที่ไม่ใช่นักกีฬาได้ Kohrt, Ehsan and Birge (1997) ได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยากระทำต่อข้อต่อ หรือแบบที่มีแรงปฏิกิริยาต่อพื้นในหญิงสูงอายุ ฝึก 11 เดือน โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่ 1 ออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยาต่อพื้น (Ground reaction force) เช่น การเดิน วิ่งขึ้นบันได กลุ่มที่ 2 ออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยาต่อข้อต่อ (Joint reaction force) เช่น การฝึกด้วยน้ำหนัก การพายเรือ และกลุ่มควบคุม (ไม่มีการออกกำลังกาย) พบว่าการออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบทำให้ความหนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณสันหลัง โคนขา และบริเวณแขนเพิ่มขึ้น ส่วนกระดูกบริเวณคอของกระดูกสะโพกเพิ่มขึ้นต่อเมื่อมีการออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยาต่อพื้นเท่านั้น Heinonen, Sievanen, Kannus et al., (2000) ได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายสเต็ปแอโรบิกและพลัยโอเมตริกต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในเด็กหญิงช่วงก่อนมีรอบเดือน (Premenarcheal girls) และหลังมีรอบเดือน (Postmenarcheal girls) พบว่าการออกกำลังกายทำให้ความหนาแน่นของมวลกระดูกเพิ่มขึ้นเฉพาะในเด็กหญิงวัยก่อนมีรอบเดือนเท่านั้น Snow, Shaw, Winters et al., (2000) ได้ศึกษา

เกี่ยวกับการใช้เสื้อเพิ่มน้ำหนักในการออกกำลังกายในระยะยาวเพื่อป้องกันการสูญเสียของมวลกระดูกบริเวณสะโพกในหญิงวัยหมดประจำเดือน พบว่าการฝึกกระโดดแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักในระยะเวลา 5 ปี สามารถป้องกันการสูญเสียของกระดูกสะโพกในหญิงวัยหมดประจำเดือนได้ Winze and Snow (2000) ศึกษาผลของการฝึกกระโดดแบบพลัยโอเมตริกที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในวัยหนุ่มสาวเพศหญิง ทำการฝึกด้วยน้ำหนัก ได้แก่ สควอท (Squat) ลันจ์ (Lunges) และคาร์ฟเรท (Calf raise) และฝึกพลัยโอเมตริก ได้แก่ ฮอฟปิ้ง (Hopping) กระโดด (Jumping) ก้าว-กระโดด (Bounding) กระโดดขึ้น-ลงกล่อง (Box depth jumps) ระยะเวลา 30-45 นาที 3 ครั้ง/สัปดาห์ ฝึก 9 เดือน พบว่าแนวโน้มของมวลกระดูกสามารถเพิ่มขึ้นสูงสุดในวัยหนุ่มสาวสำหรับการฝึกกระโดดแบบพลัยโอเมตริกในระยะยาวได้ Newstead (2004) ทำการศึกษาการออกกำลังกายด้วยการกระโดดที่มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูกในหญิงวัยหมดประจำเดือน อายุระหว่าง 50-65 ปี แบ่งเป็นกลุ่มออกกำลังกาย 23 คน โดยจะออกกำลังกายด้วยการกระโดดจากพื้น กระโดดจากสเตปแอโรบิกสูง 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว เป็นเวลา 12 เดือน และกลุ่มควบคุม 26 คน พบว่าค่าความหนาแน่นของกระดูกในกลุ่มออกกำลังกายด้วยการกระโดดมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ออกกำลังกาย Evans, Antczak, Lester et al., (2008) ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของรูปแบบการฝึกทหารใหม่ในระยะเวลา 4 เดือน ที่มีผลต่อโบนมาร์กเกอร์ พบว่าการฝึกแบบทหาร 2 เดือน สามารถเพิ่มโบนมาร์กเกอร์ได้ กล่าวคือ การเริ่มฝึกความแข็งแรงนั้นทำให้เกิดการหมุนเวียนของการสร้างกระดูกที่คล้ายคลึงกันในเพศชาย และเพศหญิง อย่างไรก็ตามโบนมาร์กเกอร์ในเพศชายจะสูงกว่าเพศหญิง การสร้างมวลกระดูกอาจสัมพันธ์กับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน และซีรัม แคลเซียม นอกจากนี้การศึกษาของ Holmerova, Machacova, Vankova et al., (2010) ทำการศึกษาผลของการเต้นออกกำลังกายของผู้สูงอายุส่งผลต่อการทำงานของร่างกายส่วนล่าง พบว่าการฝึกเต้นออกกำลังกายจะช่วยเพิ่มความแข็งแรง และความอดทนของกล้ามเนื้อขา สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน ความอ่อนตัว การทรงตัว และความคล่องแคล่วว่องไวได้ รวมทั้งการเต้นออกกำลังกายเป็นการออกกำลังกายแบบง่าย ไม่ยุ่งยาก ช่วยสนับสนุนการทำงานของร่างกายส่วนล่างในผู้สูงอายุที่มีกิจกรรมทางกายที่ต่ำ และมีภาวะความเสื่อมของร่างกายได้

2. วิตามินดีกับโรคกระดูกพรุน

ภาวะการขาดวิตามินดีเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน วิตามินดีมีความสำคัญต่อร่างกายอย่างมาก กล่าวคือ ช่วยให้มีการดูดซึมแคลเซียมในลำไส้เข้าสู่กระแสเลือด และช่วยยับยั้งการหลั่งพาราไทรอยด์ฮอร์โมน (Parathyroid hormone) ซึ่งเป็นฮอร์โมนอันตรายที่จะ

ไปสลายแคลเซียมออกจากกระดูก และช่วยสร้างสารออสทีโอแคลซิน (Osteocalcin) ทำหน้าที่ในการดึงแคลเซียมเข้ามากระดูกและสร้างความแข็งแรงให้กระดูกได้

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศเกี่ยวกับภาวะการขาดวิตามินดี โดยเฉพาะเพศหญิงที่เข้าสู่ช่วงหมดประจำเดือนระดับฮอร์โมนเอสโทรเจนจะลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้กระบวนการสลายมวลกระดูกเพิ่มขึ้นทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคกระดูกพรุนได้ โดยที่ Chailurkit, Teerarungsikul, Rajatanavin et al., (1996) ทำการศึกษาหาระดับของพาราไทรอยด์ฮอร์โมนและระดับของแคลซิไดออล (25(OH)D) ในกระแสเลือด และดูสถานะของการหมุนเวียนของกระดูกโดยการตรวจหาระดับของซีรัมออสทีโอแคลซิน และอัลคาไรน์ฟอตฟาเทตในกระแสเลือด พบว่าระดับแคลซิไดออลมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอายุในทั้งสองเพศนั้น แสดงว่าผู้สูงอายุได้รับแสงแดดเพียงพอจึงไม่ขาดวิตามินดี และเชื่อว่าภูมิประเทศของไทยที่ได้รับแสงทั้งปีเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้คนไทยไม่ขาดวิตามินดี ในขณะที่ระดับพาราไทรอยด์ฮอร์โมน พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอายุที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน Soontrapa, Soontrapa, Somboonporn et al., (2002) ศึกษาภาวะการขาดวิตามินดี และความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนในสตรีสูงอายุ พบว่าภาวะการขาดวิตามินดีจะทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนบริเวณคอกระดูกสะโพกเพิ่มขึ้น ในปีเดียวกัน Soontrapa, Soontrapa and Chailurkit (2002) ศึกษาความชุกและระดับของแคลซิไดออลในสตรีสูงอายุที่ขาดวิตามินดีซึ่งอาศัยอยู่ในเขตเทศบาลเมือง จังหวัดขอนแก่น พบว่าความเชื่อที่ว่าคนไทยไม่ขาดวิตามินดีควรจะต้องพิจารณาใหม่ โดยควรจะทำการศึกษาหาอุบัติการณ์ของการขาดวิตามินดีทั่วประเทศรวมทั้งการเสริมวิตามินดีในผู้สูงอายุมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้ป่วยโรคกระดูกพรุน นอกจากนี้ Soontrapa, Soontrapa,Chailurkit et al., (2006) ยังศึกษาถึงความชุกของภาวะการขาดวิตามินดีในสตรีหลังหมดประจำเดือนที่มารับการรักษาที่โรงพยาบาลศรีนครินทร์ จ.ขอนแก่น พบว่าสตรีวัยหลังหมดประจำเดือนมีความชุกของภาวะขาดวิตามินดีสูง มีค่าเฉลี่ยของระดับวิตามินดีอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำส่งผลทำให้เกิดภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุน ดังนั้นการออกกำลังกายกลางแจ้งเพื่อรับแสงแดด การรับประทานอาหารที่มีวิตามินดีสูง หรือรับประทานวิตามินดีให้ได้ตามความต้องการในแต่ละวันนับว่าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการป้องกันโรคกระดูกพรุน

จากการศึกษางานวิจัยในต่างประเทศเกี่ยวกับระดับวิตามินดี พบว่าระดับวิตามินดีขึ้นอยู่กับตำแหน่งละติจูด ฤดูกาล สีผิว เชื้อชาติ การสวมใส่เสื้อผ้า และการเปิดรับแสงแดดผ่านทางผิวหนัง ซึ่งแสงแดดนั้นมีคุณสมบัติในการสร้างวิตามินดีให้กับร่างกาย สามารถลดความเสี่ยงของภาวะโรคกระดูกพรุนได้ โดยที่ Salamone, Dallal, Zantos et al., (1993) ได้ศึกษาถึงการรับประทานวิตามินดีและการได้รับแสงอาทิตย์ว่ามีผลต่อระดับแคลซิไดออล (25(OH)D) ในกระแสเลือดหรือไม่ ที่เมืองบอสตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา ศึกษาจากกลุ่มหญิงสูงอายุที่มีสุขภาพแข็งแรง มีอายุตั้งแต่ 70-97 ปี

ซักประวัติเกี่ยวกับการรับประทานเพื่อประเมินปริมาณของแคลเซียม และวิตามินดีที่รับประทานเข้าไป ระยะเวลาของการได้รับแสงอาทิตย์ และตรวจเลือดวัดระดับของวิตามินดี พบว่าฤดูกาลในรอบปีมีผลต่อระดับของแคลซิไดออลเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นกลุ่มที่รับประทานวิตามินดีปริมาณสูง รวมทั้งการได้รับวิตามินดีจากอาหาร และได้รับแสงอาทิตย์น้อยมีความสำคัญต่อระดับของแคลซิไดออลอย่างชัดเจนทั้งในช่วงฤดูร้อน และฤดูหนาว Chapuy, Preziosi, Maamer et al., (1997) ศึกษาอุบัติการณ์ของภาวะพร่องวิตามินดี (Vitamin D insufficiency) จากการสำรวจทั้งชายและหญิงที่มีสุขภาพแข็งแรงใน 20 เมืองของประเทศฝรั่งเศส ช่วงอายุเฉลี่ย 50$\pm$6 ปี พบว่าประชากรที่อาศัยอยู่ในระหว่างเส้นรุ้งที่ 43-51 องศาเหนือ จะได้รับแสงแดด มีผลต่อระดับวิตามินดีในกระแสเลือด และการรับประทานวิตามินดีในคนกลุ่มนี้อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้การศึกษาของ Holick (2003) ได้ศึกษาความสำคัญของวิตามินดีในการป้องกันโรคมะเร็ง โรคเบาหวานชนิดที่ 1 โรคหัวใจ และโรคกระดูกพรุน มีการศึกษาระบาดวิทยา และแนะนำให้มนุษย์สัมผัสกับแสงแดด เพราะจะช่วยเพิ่มการสร้างวิตามินดี 3 ในผิวหนังได้ ความชุกของภาวะการขาดวิตามินดีพบในทารกที่ดื่มนมแม่เพียงอย่างเดียว และคนที่ไม่ได้รับอาหารเสริมที่มีวิตามินดีเป็นส่วนประกอบ หรือในวัยผู้ใหญ่ที่มีการเพิ่มขึ้นของสีผิว การสวมใส่เสื้อผ้าที่ป้องกันแสงแดดในการทำกิจกรรมกลางแจ้ง นอกจากนี้ควรมีการตรวจสอบระดับวิตามินดีในทุกๆปี โดยการตรวจวัดซีรัมแคลซิไดออล และมีการแนะนำให้บริโภคสารอาหารที่มีวิตามินดีเป็นส่วนประกอบอย่างเพียงพอ ซึ่งในกรณีที่ไม่มีการสัมผัสแสงแดดให้บริโภควิตามินดีอย่างน้อย 1000 IU/วัน เพื่อรักษาความเข้มข้นของแคลซิไดออลในเลือด

3. การออกกำลังกายกับวิตามินดี

การออกกำลังกายในที่กลางแจ้งเป็นการเปิดรับแสงแดดผ่านทางผิวหนังทำให้ร่างกายสามารถสังเคราะห์วิตามินดีได้ ซึ่งวิตามินดีนี้ร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้เองหลังได้รับรังสียูวี-บี (UV-B) จากดวงอาทิตย์ และสามารถป้องกันภาวะกระดูกพรุนในอนาคตได้

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศยังไม่พบการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายกับวิตามินดีโดยตรง จะมีแต่การวิจัยผลของวิตามินดีจากแสงแดดต่อสุขภาพผิวหนัง ดังการวิจัยของสัมฤทธิ์ สุทธิประภา (2551) ได้ศึกษาการพยากรณ์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองเชิงสถิติ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองเชิงสถิติสำหรับคาดหมายรังสีอัลตราไวโอเลตที่เป็นผลกระทบต่อสุขภาพผิวหนัง และนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้คาดหมายดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตในประเทศไทย ซึ่งแบบจำลองการพยากรณ์รังสีอัลตราไวโอเลตถูกนำมาใช้ในการพยากรณ์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตสำหรับ 4 ภูมิภาคของประเทศไทย ณ เวลาเที่ยงวัน ทั้งกรณี

ท้องฟ้าโปร่ง และมีเมฆปกคลุมท้องฟ้า แล้วนำแสดงต่อสาธารณะในรูปแผนที่รายวันแสดงดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ต่ำ ปานกลาง สูง สูงมาก และสูงที่สุด ทำให้ทราบถึงปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตในแต่ละวันที่วัดได้ สามารถนำไปใช้เป็นคำแนะนำ หรือข้อควรระวังสำหรับการออกกำลังกายกลางแจ้ง และไม่ส่งผลอันตรายต่อสุขภาพผิวหนัง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Soontrapa, Soontrapa, Bunyaratavej et al., (2009) ศึกษาถึงความชุกของภาวะขาดวิตามินดีในบุรุษสูงอายุที่อาศัยอยู่ในเขตเมือง จังหวัดขอนแก่น พบว่าประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตเมืองมีภาวะขาดวิตามินดีเป็นจำนวนมากโดยผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในเขตเมืองอายุ 60 ปีขึ้นไป ขาดแคลนวิตามินดี 65% กลุ่มคนวัยทอง 60% และกลุ่มสตรีก่อนหมดประจำเดือนมีมากถึง 80% ซึ่งส่งผลทำให้กลุ่มคนดังกล่าวเกิดความเสี่ยงเป็นโรคกระดูกพรุนได้ในอนาคต รวมทั้งแนะนำการสร้างวิตามินด้วยวิธีที่ง่ายและประหยัดที่สุด นั่นคือการเปิดรับแสงแดดผ่านทางผิวหนังซึ่งแสงแดดมีคุณสมบัติในการสร้างวิตามินดีให้กับร่างกาย เช่น การออกกำลังกายกลางแจ้ง และการเดินตากแดด เป็นต้น สำหรับช่วงเวลาที่เหมาะสม คือ ตั้งแต่ 8.00-10.00 น. และ 15.00-17.00 น. อันเป็นช่วงเวลาที่แสงแดดไม่แรง และไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพผิวหนังมากเกินไปซึ่งเวลาเพียง 30 นาที ที่ผิวหนังเปิดรับแสงแดดเข้าสู่ร่างกายจะสามารถสร้างวิตามินดีให้กับร่างกายได้ถึง 200 ยูนิต

จากการศึกษางานวิจัยในต่างประเทศเกี่ยวกับการออกกำลังกายกับวิตามินดีนั้นได้มีการแนะนำให้ฝึกการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน การออกกำลังกายกลางแจ้ง รวมทั้งการแต่งกาย เสื้อผ้า วัฒนธรรม และการใช้ชีวิตประจำวัน ควรให้ร่างกายเปิดรับแสงแดดในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อที่จะสังเคราะห์วิตามินดีช่วยป้องกันภาวะกระดูกพรุนได้ โดย Bischoff, Stahelin, Urscheler et al., (1999) ศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุซึ่งสัมพันธ์กับระดับวิตามินดี ทำการศึกษาที่โรงพยาบาลในประเทศสวิสเซอร์แลนด์ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุ 319 คน เป็นหญิง 103 คน ช่วงอายุ 65-86 ปี และชาย 216 คน ช่วงอายุ 66-95 ปี ทำการทดสอบพลังของกล้ามเนื้อขาในท่าเหยียดขา (Leg extension power) และค่าดัชนีมวลกาย (BMI) พบว่าอายุที่เพิ่มขึ้นทำให้กล้ามเนื้อขามีพลังลดลงโดยในหญิงมีพลังกล้ามเนื้อขาน้อยกว่าชายอย่างมีนัยสำคัญ และยังมีความสัมพันธ์กับระดับแคลซิไทรออลทั้งในชายและหญิง ดังนั้นการขาดวิตามินดีในผู้สูงอายุมีส่วนทำให้พลังของกล้ามเนื้อลดลงได้ Nancy, Craig, Arier et al., (2003) ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า และวิตามินดีในผู้สูงอายุที่มีความอ่อนแอ พบว่าอาหารเสริมวิตามินดี และโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบมีแรงต้านที่มีความหนักสูง สามารถช่วยฟื้นฟูภาวะความอ่อนแอของผู้สูงอายุได้ Brock, Cant, Clemson et al., (2007) ได้ทำการศึกษาผลของการบริโภคอาหาร และการออกกำลังกายที่ส่งผลต่อระดับพลาสมาของวิตามินดีในผู้สูงอายุชาวเวียดนามที่อพยพมาอยู่ที่ซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย ทำการเจาะเลือด 10 มิลลิลิตร เพื่อตรวจสอบ

ระดับวิตามินดีใช้เครื่องวัดปริมาณกัมมันตรังสี (UV dosimeter)โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความยาวคลื่นรังสียูวี-บี ความยาวคลื่น 280-320 นาโนเมตร มีการประเมินการบริโภคอาหารที่มีวิตามินดีและแคลเซียมเป็นส่วนประกอบ ทำการสอบถามการดำเนินชีวิตประจำวัน การออกกำลังกายและทดสอบแรงบีบมือ พบว่าผู้สูงอายุชาวเวียดนามอาจไม่ได้รับแสงแดดในปริมาณที่เหมาะสม เนื่องจากเสื้อผ้า การแต่งกาย หรือวัฒนธรรมที่ไม่ให้ผิวหนังได้สัมผัสกับแสงแดด จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการส่งเสริมการออกกำลังกาย รวมทั้งการบริโภคอาหารที่มีวิตามินดี และแคลเซียมเป็นส่วนประกอบ นอกจากนี้การศึกษาของ Florez, Martinez, Chacra et al., (2007) ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายกลางแจ้งจะช่วยลดความเสี่ยงของภาวะการขาดวิตามินดีในคนอ้วน พบว่าการออกกำลังกายกลางแจ้งจะช่วยป้องกันภาวะการขาดวิตามินดีในคนที่มีภาวะน้ำหนักเกิน ช่วยเพิ่มระดับวิตามินดี รวมทั้งทำให้ระบบเผาผลาญการทำงานในร่างกายดีขึ้น

4. การออกกำลังกายกับมินิแทรมโพลีน

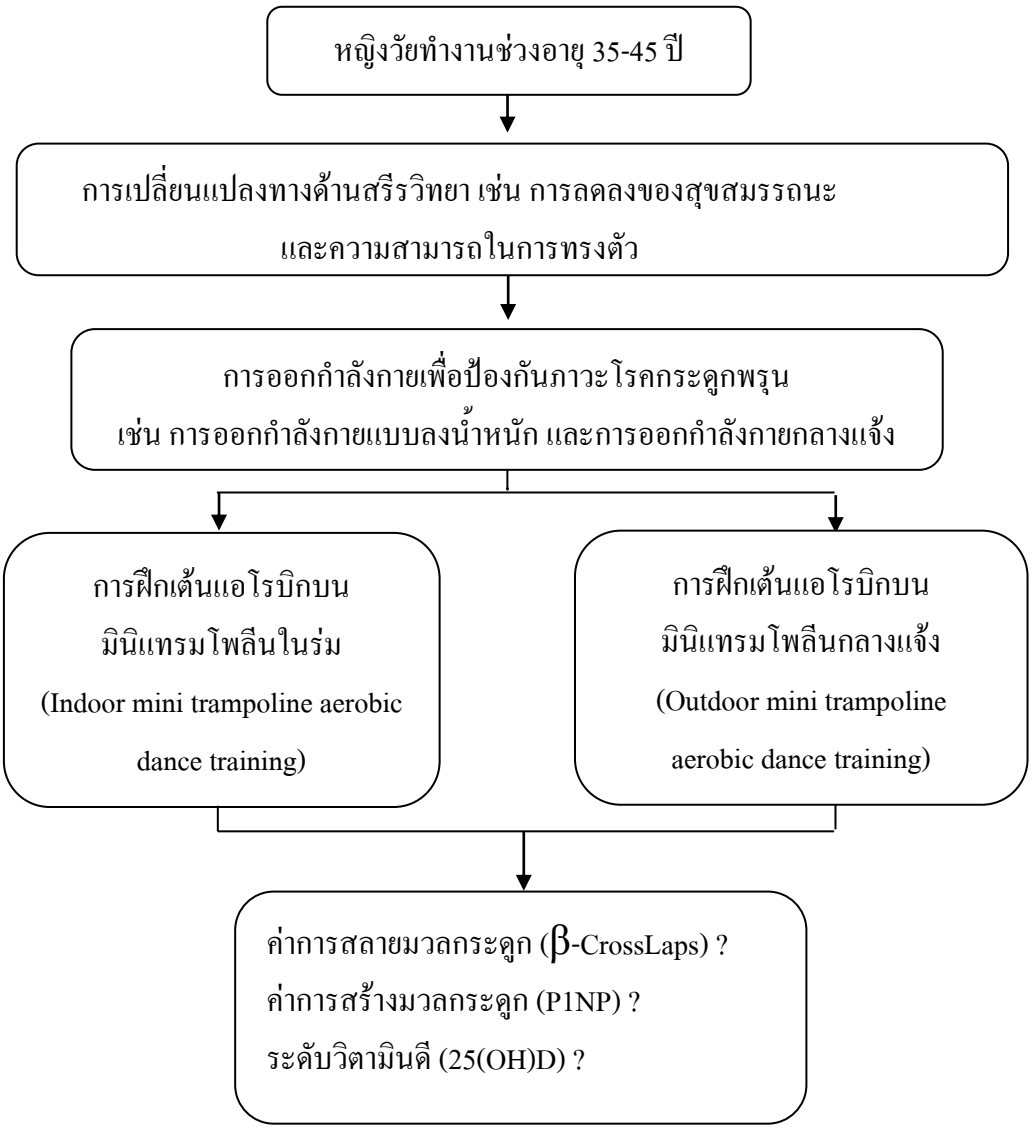
เนื่องจากงานวิจัยในประเทศที่ศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีนนั้นอาจจะยังไม่มีการศึกษามากเท่าที่ควร ซึ่งข้อดีของการออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีนนั้นจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพิ่มความมั่นคง และการทรงตัวของร่างกาย เพิ่มการตอบสนองการรับรู้ของกล้ามเนื้อทำให้การเคลื่อนไหวข้อต่อดีขึ้น รวมทั้งยังช่วยสร้างพื้นฐานในการเล่นกีฬา ช่วยให้การทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตทำงานได้ดี และที่สำคัญสามารถเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกได้ สำหรับการออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีนนั้น มีข้อควรระวัง กล่าวคือเนื่องจากขนาดของแทรมโพลีนมีพื้นที่ค่อนข้างจำกัด การออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีนจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก และควรมีการออกแบบท่าทางการเคลื่อนไหวให้เหมาะสมกับช่วงอายุของแต่ละบุคคล ก็จะส่งผลให้การออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีนเกิดประโยชน์สูงสุดได้

จากการศึกษางานวิจัยในต่างประเทศเกี่ยวกับการออกกำลังกายด้วยมินิแทรมโพลีนที่ส่งผลต่อสมรรถภาพทางกาย โดยเฉพาะความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจความแข็งแรง และความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ และองค์ประกอบของร่างกาย นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวช่วยลดภาวะความเสี่ยงในการหกล้มได้ โดยที่ Teomana, Ozcan and Acar (2004) ศึกษาผลของการออกกำลังกายที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย และค่าคุณภาพชีวิตในสตรีวัยหมดประจำเดือน ออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยาน ก้าวขึ้น-ลงสเตป ฝึกด้วยน้ำหนัก ฝึกความอ่อนตัว และฝึกด้วยแทรมโพลีนที่ระดับความหนัก 65-70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ระยะเวลา 40 นาที 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอในสตรีวัยหมดประจำเดือนจะทำให้มีสมรรถภาพทางกาย และค่าคุณภาพชีวิตดีขึ้น

Sovelius, Oksa, Rintala et al., (2006) ศึกษาเปรียบเทียบการออกกำลังกายด้วยแทรมโพลีน และการฝึกความแข็งแรงเพื่อลดภาวะอาการเคล็ดของคอในนักบินรบของกองทัพอากาศประเทศฟินแลนด์ แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ฝึกความแข็งแรง (Strength training group) อายุระหว่าง 22.1±0.6 ปี ทำการฝึกการเคลื่อนไหวของคอในลักษณะการก้มลง (Flexion) การเงยขึ้น (Extension) การหดตัวแบบคงความยาว (Isometric) และกลุ่มที่ฝึกด้วยแทรมโพลีน (Trampoline training group) อายุระหว่าง 22.6±0.9 ปี ทำการฝึกกระโดดขึ้น-ลงบนแทรมโพลีน (Bouncing) เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าการฝึกด้วยแทรมโพลีนจะช่วยเพิ่มความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหว การทรงตัว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ นอกจากนี้การศึกษาของ Aragao, Karamanidis, Vaz et al., (2011) ศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยมินิแทรมโพลีนช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวของวัยสูงอายุ พบว่าการออกกำลังกายด้วยมินิแทรมโพลีนช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวของผู้สูงอายุที่มีภาวะความเสื่อมของร่างกาย รวมทั้งช่วยเพิ่มจุดหมุนที่สะโพกช่วยลดความเสี่ยงต่อการหกล้ม ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้กระดูกหักในผู้สูงอายุ

กรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

หญิงวัยทำงานที่มีอายุตั้งแต่ 30 ปีขึ้นไป พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา และโครงสร้างร่างกาย โดยเฉพาะมวลกระดูกจะค่อยๆ บางลงจนกระทั่งเมื่อเข้าสู่วัยหมดประจำเดือนจะมีการสูญเสียกระดูกในอัตราที่เพิ่มขึ้น การออกกำลังกายที่มีการลงน้ำหนักเป็นอีกวิธีที่สามารถป้องกันและชะลอการสลายมวลกระดูก เพื่อป้องกันภาวะโรคกระดูกพรุนที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงการเปรียบเทียบผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งว่ามีผลอย่างไรต่อการสลายมวลกระดูก และระดับวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน อายุระหว่าง 35-45 ปี



แผนภูมิที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและกลางแจ้งต่อการสลายมวลกระดูกและวิตามินดีในหญิงวัยทำงานเป็นวิธีการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) โดยออกแบบการทดลองให้มีการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test) และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ (Post-test) ทุกกลุ่ม

ประชากร

ผู้หญิงวัยทำงานที่เป็นบุคลากรของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 35-45 ปี

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุระหว่าง 35-45 ปี ที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการวิจัย มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง สามารถเข้าร่วมโครงการวิจัยได้ตามระยะเวลาที่กำหนด มีความพร้อมในการออกกำลังกาย และผ่านการประเมินแบบคัดเลือกอาสาสมัครก่อนเข้าร่วมการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน ผู้วิจัยได้ใช้หลักการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ตารางการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของโคเฮน (Cohen,1988) ค่าแอลฟาที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 กำหนดค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size) ที่ .40 และค่าอำนาจของการทดสอบ (Power of the test) ที่ .70 ได้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 17 คน รวมทั้งหมด 51 คน และเนื่องจากงานวิจัยมีระยะเวลาในการทดลอง 3 เดือน ผู้วิจัยจึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างเพื่อป้องกันการสูญเสียของกลุ่มตัวอย่าง (Drop out) ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างมีทั้งหมด จำนวน 60 คน และได้มีการเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก (Simple random sampling) แบ่งออกเป็น กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม (Indoor mini trampoline aerobic dance training) จำนวน 20 คน กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง (Outdoor mini trampoline aerobic dance training) จำนวน 20 คน และกลุ่มควบคุม (Control group) จำนวน 20 คน เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองมีผู้ออกจากโครงการวิจัยจำนวน 6 คน เนื่องจากประสบอุบัติเหตุจนไม่สามารถเข้าร่วมโครงการวิจัยต่อได้จำนวน 1 คน ขาดการออกกำลังกายเกิน 2 สัปดาห์ติดต่อกัน จำนวน 2 คน และตั้งครรภ์ระหว่างเข้าร่วมโครงการวิจัยจำนวน 3 คน ดังนั้นมีกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 54 คน

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย (Inclusion criteria)

1. กลุ่มตัวอย่างมีค่าดัชนีมวลกายน้อยกว่า 30 กิโลกรัม/ตารางเมตร (BMI < 30 kg/m^2)

2. กลุ่มตัวอย่างไม่ได้ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ หรือไม่เกิน 2 ครั้ง/สัปดาห์

3. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่ดื่ม ชา หรือกาแฟดำ โดยเฉลี่ยมากกว่า 2 แก้ว/วัน

4. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่ดื่มสุรา สูบบุหรี่ และรับประทานยา หรือฮอร์โมนที่มีผลต่อกระดูกมาก่อนการเข้าร่วมวิจัยอย่างน้อย 1 ปี

5. กลุ่มตัวอย่างต้องมีค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้าไม่ต่ำกว่า - 2.5 ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่องค์การอนามัยโลก (WHO,1996) กำหนด ซึ่งจะทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระดูก หลังจากนั้นกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์การตรวจค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้าแล้ว จะทำการตรวจเลือดเพื่อดูภาวะการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ต้องมีค่าสูงไม่เกิน 4.00 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งค่าการสลายมวลกระดูกจะบ่งบอกถึงภาวะของกระดูกในขณะนั้นของกลุ่มตัวอย่างว่าอยู่ในสภาพปกติหรือไม่ และในการคัดกรองกลุ่มตัวอย่างจะตรวจวัดค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้าเป็นข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระดูก หากกลุ่มตัวอย่างผ่านเกณฑ์ก็จะดำเนินการตรวจเลือดเพื่อดูภาวะการสลายมวลกระดูก ซึ่งจะถือว่ากลุ่มตัวอย่างผ่านเกณฑ์คัดเข้าร่วมการวิจัย โดยไม่ต้องรอผลเลือด

6. กลุ่มตัวอย่างไม่มีประวัติเป็นโรคตับ โรคข้อเข่าเสื่อม และโรคหัวใจ

7. ต้องผ่านเกณฑ์การตอบแบบสอบถามแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกายและแบบคัดเลือกอาสาสมัคร

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)

1. กลุ่มตัวอย่างไม่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดของการวิจัย

2. กลุ่มตัวอย่างไม่ผ่านเกณฑ์การตอบแบบสอบถามแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย และแบบคัดเลือกอาสาสมัคร

3. กลุ่มตัวอย่างขาดการออกกำลังกายตามโปรแกรมติดต่อกันมากกว่า 2 สัปดาห์ ในขณะทำการทดลองหากขาดการออกกำลังกายรวมได้ 2 สัปดาห์ แต่ไม่ติดต่อกันยังไม่ถือว่าคัดออกจากการวิจัย

4. กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจ หรือเข้าร่วมการวิจัยอีกต่อไป

5. กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บ และมีอาการเจ็บป่วยในช่วงของการทดลอง เป็นต้น

ผู้วิจัยทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ตามวิธีการวิจัยแบบการทดลองแท้จริง (True-Experimental Research) โดยออกแบบการทดลองด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก (Simple random sampling) เข้ากลุ่มทั้ง 3 กลุ่ม โดยผู้วิจัยมีกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม และกลุ่มควบคุมไว้สำหรับการเปรียบเทียบโดย กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม (Indoor mini trampoline aerobic dance training) จำนวน 20 คน กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง (Outdoor mini trampoline aerobic dance training) จำนวน 20 คน และกลุ่มควบคุม (Control group) จำนวน 20 คน ดังนี้

อาสาสมัคร	ก่อนการทดลอง	ช่วงเวลา 12 สัปดาห์	หลังการทดลอง
กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม	O_1	X	O_4
กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง	O_2	X	O_5
กลุ่มควบคุม	O_3	-	O_6

หมายเหตุ

O_1, O_2และ O_3 หมายถึง การทดสอบก่อนการทดลอง

O_4, O_5และ O_6 หมายถึง การทดสอบหลังการทดลอง

X หมายถึง การฝึกการออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน 12 สัปดาห์ โดยที่กลุ่มทดลองทำการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนประกอบจังหวะดนตรีแบบต่อเนื่อง

กลุ่มควบคุม ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ และให้ความร่วมมือปฏิบัติตามข้อตกลงเบื้องต้น รวมทั้งมีการออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ หรือไม่เกิน 2 ครั้ง/สัปดาห์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1.1 แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (ภาคผนวก ง)

1.2 แบบคัดเลือกอาสาสมัคร (ภาคผนวก จ)

1.3 แบบสอบถามประวัติสุขภาพทั่วไป (ภาคผนวก ฉ)

1.4 เครื่องตรวจความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้า ยี่ห้อ “SAHARA^{R}” ของบริษัท โฮโลจิค ประเทศสหรัฐอเมริกา (ภาคผนวก ฎ)

1.5 หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (Informed consent form) (ภาคผนวก ค)

2. เครื่องมือที่ใช้วัดและทดสอบ

2.1 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา (ภาคผนวก ญ)

2.1.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก (Weight) ยี่ห้อ อินบอดี้ (InBody) รุ่น 220 ประเทศเกาหลีใต้

2.1.2 เครื่องวัดความดันโลหิตชนิดดิจิตอล (Automatic blood pressure monitor) ยี่ห้อออมรอน (Omron) รุ่น SEM-1 model ประเทศญี่ปุ่น

2.2 เครื่องมือในการทดสอบการสร้างและการสลายมวลกระดูก

2.2.1 เครื่องตรวจวิเคราะห์ฮอร์โมนแบบอัตโนมัติ (Elecsys 2010) ยี่ห้อโคบาร์ท (Cobas^{R}) รุ่น e411 ประเทศเยอรมันนี

2.2.2 น้ำยาตรวจชีวเคมีในเลือดด้วยหลักการโบนมาร์เกอร์ของบริษัทโรชไดแอกโนติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด

2.3 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบระดับวิตามินดี

2.3.1 เครื่องตรวจวิเคราะห์แบบอัตโนมัติ (Elecsys 2010) ยี่ห้อโคบาร์ท (Cobas^{R}) รุ่น e411 ประเทศเยอรมันนี

2.3.2 น้ำยาตรวจชีวเคมีในเลือดด้วยหลักการอิเล็กโทรเคมมิลูมิเนตเซนต์อิมมูโนเอสเสย์ ของบริษัทโรชไดแอกโนติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1 แบบฝึกการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (Mini trampoline aerobic dance training) (ภาคผนวก ซ)

3.2 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ ไฮโกรมิเตอร์ชนิดกระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง

3.3 มินิแทรมโพลีน ยี่ห้อคอนทริกซ์ (Contrix^{R}) ของบริษัทโรงงาน ฟุตบอลล์ไทยสปอร์ตติ้งกู๊ดส์ จำกัด (ภาคผนวก ฌ)

3.4 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อ โพลาร์ รุ่น“M53” ประเทศฟินแลนด์

4. เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล (ภาคผนวก ฎ)

4.1 แบบบันทึกข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนักตัว อัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก ความดันโลหิต และดัชนีมวลกาย

4.2 แบบบันทึกการประเมินสารชีวเคมีของกระดูกในเลือด ได้แก่ ค่าเบต้าครอสแล็บ (β-CrossLaps) และพีวันเอ็นพี (P1NP) ทางห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

4.3 แบบบันทึกการประเมินระดับวิตามินดีในเลือด โดยตรวจวัดระดับของแคลซิไดออล (25(OH)D) ทางห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ทั้ง 3 กลุ่ม ดังนี้

1. การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์อาสาสมัคร โดยสอบถามตามแบบคัดเลือกอาสาสมัครและการทดสอบความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้าต้องไม่ต่ำกว่า -2.5 SD ตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (WHO, 1996)

1.2 อาสาสมัครทำการตอบแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกายและแบบสอบถามประวัติสุขภาพทั่วไป

2. เก็บข้อมูลก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

2.1 ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา

2.1.1 อายุ (ปี)

2.1.2 น้ำหนัก (กิโลกรัม)

2.1.3 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)

2.1.4 ความดันโลหิตขณะพัก (มิลลิเมตรปรอท)

2.2 ข้อมูลการสร้าง และการสลายมวลกระดูก

การสร้างมวลกระดูกทำการทดสอบพีวันเอ็นพีในเลือด (P1NP) และการสลายมวลกระดูกทำการทดสอบเบต้าครอสแล็ปในเลือด (β-CrossLaps) ทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยเก็บตัวอย่างเลือดปริมาณ 3 ซีซี ทำการตรวจด้วยน้ำยาตรวจชีวเคมี ด้วยหลักการโบนมาร์กเกอร์ของบริษัทโรชไดแอกโนติกส์ (ประเทศไทย) และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องตรวจวิเคราะห์ฮอร์โมนอัตโนมัติ (Elecsys 2010) ยี่ห้อโคบาร์ท (Cobas^{R}) รุ่น e411 ประเทศเยอรมันนี และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของสตรีวัยเจริญพันธุ์

2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับวิตามินดี

ระดับวิตามินดีทำการทดสอบค่าแคลซิไดออลในเลือด (25(OH)D) โดยนำตัวอย่างเลือดปริมาณ 3 ซีซี จากการตรวจข้อมูลการสร้างและการสลายมวลกระดูกนำมาตรวจด้วยน้ำยาตรวจชีวเคมีด้วยหลักการอิเล็กโทรเคมมิลูมิเนตเซนต์อิมมูโนเอสเสย์ (ECLIA) ของบริษัทโรชไดแอกโนติกส์ (ประเทศไทย) และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องตรวจวิเคราะห์แบบอัตโนมัติ (Elecsys 2010) รุ่น e411 ประเทศเยอรมันนี ทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

3. การเก็บข้อมูลระหว่างการทดลอง

3.1 บันทึกพฤติกรรมที่แตกต่างไปจากกิจวัตรประจำวัน (ภาคผนวก ช) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการบันทึกทุกๆสัปดาห์ ตลอดระยะเวลา 3 เดือน

3.2 บันทึกค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกายด้วยการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน และบันทึกค่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเวลา 7.20-8.00 น. สำหรับกลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยแบ่งขั้นตอนในการวิจัยเป็น 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 การคัดเลือกท่าการออกกำลังกายด้วยการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดโปรแกรมการออกกำลังกายด้วยการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (Mini trampoline aerobic dance training) ให้เป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับหญิงวัยทำงาน

ผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 ดังนี้

1. ทบทวนเอกสาร และข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับหญิงวัยทำงาน โรคกระดูกพรุน วิตามินดี การออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิก และมินิแทรมโพลีน

2. คัดเลือกท่าการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนเพื่อใช้เป็นรูปแบบโปรแกรมในการฝึกการออกกำลังกายด้วยการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (Mini trampoline aerobic dance training) ของการวิจัย

3. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา และวิเคราะห์หาความเที่ยง

3.1 สร้างแบบประเมินความเหมาะสมตามองค์ประกอบการออกกำลังกายด้วยการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (Mini trampoline aerobic dance training) (ภาคผนวก ฑ) ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ได้แก่อาจารย์ ดร.นพ.ฉกาจ ผ่องอักษร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ.พิสิฏฐ์ เลิศวานิช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม และอาจารย์ ดร.สุดา กาญจนะวณิชย์ ตรวจพิจารณาความตรง

เชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบประเมิน โดยการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence, IOC) โดยมีค่า IOC เท่ากับ 0.82 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสม

3.2 นำรูปแบบการออกกำลังกายด้วยการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (Mini trampoline aerobic dance training) ไปใช้กับหญิงวัยทำงานที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แต่มีความคล้ายกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 ท่าน ฝึกออกกำลังกายโดยการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน นำเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อ โพลาร์ทีมทูโปร (Polar team 2 Pro) จากประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้วัดอาสาสมัครขณะออกกำลังกาย เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ และหาค่าความเที่ยง (Reliability) เพื่อให้ได้ค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายโดยมีอัตราการเต้นหัวใจขณะฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน ในช่วงนาทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 และ 20 ไม่แตกต่างกัน ได้ค่า p value = .896 และประเมินแบบสอบถามจากกลุ่มทดลอง

4. จัดเป็นรูปแบบโปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายด้วยการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (Mini trampoline aerobic dance training) เพื่อใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินการเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาสาสมัครหญิงวัยทำงาน

ผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นที่ 2 ดังนี้

1. รับสมัครอาสาสมัคร และทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด หลังจากโครงการวิจัยได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ภาคผนวก ก)

2. ผู้ทำการวิจัยติดต่อ และคัดเลือกหญิงวัยทำงานโดยการสมัครใจเข้าร่วม

3. ผู้วิจัยได้ทำการปฐมนิเทศ ณ ห้องกิจกรรมการออกกำลังกาย (ลีลาศ, โยคะ) ชั้น 2 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เกี่ยวกับประโยชน์ที่จะได้รับจากการออกกำลังกายและการเตรียมตัวก่อนการออกกำลังกายซึ่งเกี่ยวเนื่องกับงานวิจัย

4. กลุ่มตัวอย่างได้รับทราบรายละเอียดของวิธีปฏิบัติในการทดสอบแ ละการเก็บข้อมูล พร้อมทั้งลงชื่อในหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

5. การแบ่งกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม 20 คน กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง 20 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 60 คน ด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก (Simple random sampling)

6. รับสมัครผู้ช่วยวิจัย ซึ่งผู้ช่วยวิจัยต้องมีคุณสมบัติเป็นนิสิตของคณะวิทยาศาสตร์

การกีฬา จำนวน 10 คน แล้วทำการเปิดอบรมเทคนิคการออกกำลังกายด้วยการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (Mini trampoline aerobic dance training) แก่ผู้ช่วยวิจัย โดยผู้วิจัยเป็นผู้แนะนำฝึกอบรมแก่ผู้ช่วยวิจัยด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้ช่วยวิจัยมีความชำนาญในด้านเทคนิค เครื่องมือและวิธีการทดลอง ลดข้อบกพร่อง หรือข้อผิดพลาดต่างๆที่อาจเกิดได้ในขณะออกกำลังกายด้วยการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน ซึ่งหน้าที่ของผู้ช่วยวิจัย คือทำการสอบถามผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยด้วยวาจาหลังการฝึกทุกครั้งว่าชอบ หรือไม่ชอบ จังหวะช้า หรือเร็วเกินไป บันทึกอัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ยขณะออกกำลังกาย ความชื้นสัมพัทธ์ รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยสามารถซักถาม และเสนอแนะข้อคิดเห็นได้ตลอดเวลา

7. กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม (Indoor mini trampoline aerobic dance training) ฝึกในช่วงเวลา 17.20-18.00 น. ณ โรงยิมเนเซียม จุฬาพัฒน์ 10 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะออกกำลังกาย 132.12 ครั้ง/นาที กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนกลางแจ้ง (Outdoor mini trampoline aerobic dance training) ฝึกในช่วงเวลา 7.20-8.00 น. ณ บริเวณสนามบาสเกตบอล หน้าอาคารจุฬาพัฒน์ 7 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะออกกำลังกาย 135.14 ครั้ง/นาที ทำการฝึกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ๆละ 3 วัน ความหนักของการออกกำลังกาย คือ 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ใช้เวลาครั้งละ 40 นาที โดยทำการฝึกตั้งแต่วันที่ 19 ธันวาคม พ.ศ.2554-19 มีนาคม พ.ศ.2555 วัดอุณหภูมิของอากาศมีค่าเฉลี่ย 31 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ย 60% และกลุ่มควบคุมใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ รวมทั้งมีการออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ หรือไม่เกิน 2 ครั้ง/สัปดาห์

8. กลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่ม และกลุ่มควบคุมบันทึกพฤติกรรมที่แตกต่างไปจากกิจวัตรประจำวันเป็นระยะเวลานาน 3 เดือน

9. ก่อนและหลังเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายด้วยการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (Mini trampoline aerobic dance training) กลุ่มตัวอย่างได้รับการทดสอบเพื่อหาค่าทางสรีรวิทยาทั่วไป การทดสอบด้านสารชีวเคมีของกระดูก และระดับวิตามินดี

9.1 การหาค่าทางสรีรวิทยาทั่วไป ได้แก่

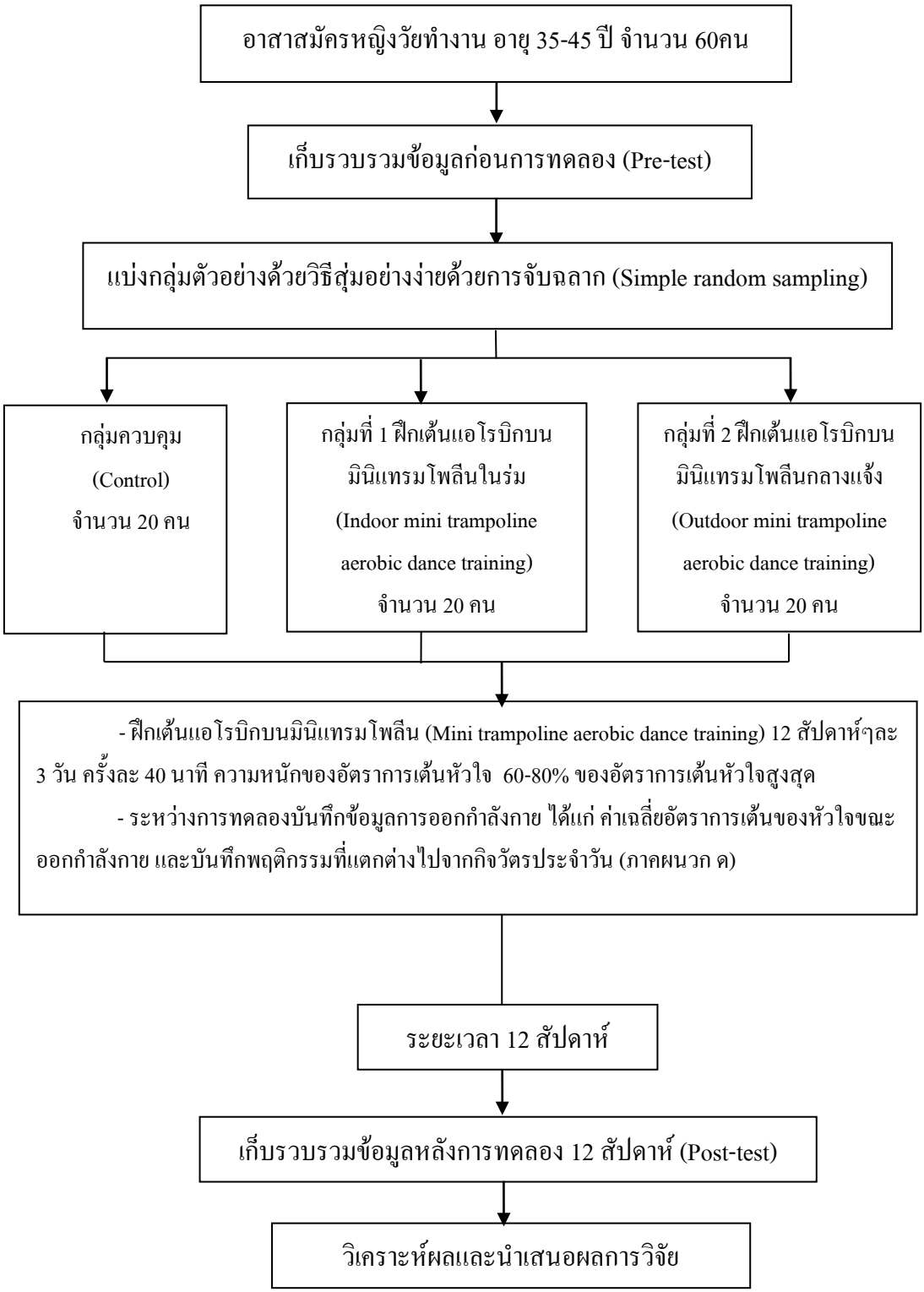
9.1.1 น้ำหนัก ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองถอดรองเท้าก่อนทำการวัดน้ำหนัก น้ำหนักมีหน่วยเป็นกิโลกรัม

9.1.2 อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที มีหน่วยเป็นจำนวนครั้ง/นาที

9.1.3 ความดันโลหิต วัดทั้งความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก (Systolic blood pressure) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก (Diastolic blood pressure) ในท่านั่งพัก มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท

9.2 การทดสอบสารชีวเคมีของกระดูก ดำเนินการเจาะเลือด เวลา 8.00-9.00 น. โดยเจ้าหน้าที่เทคนิคการแพทย์จากคณะสหเวชศาสตร์ ณ ห้องกิจกรรมการออกกำลังกาย (ลีลาศ, โยคะ) ชั้น 2 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และผู้วิจัยดำเนินการนำส่งตัวอย่างเลือดไปที่ห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ เพื่อทดสอบสารชีวเคมีของกระดูกหาค่าเบต้าครอสแล็ป (β-CrossLaps) และพีวันเอ็นพีในเลือด (P1NP) ของกลุ่มตัวอย่าง พร้อมกับหาค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) เปรียบเทียบ เพื่อตรวจสอบการสร้างมวลกระดูก คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ต่อค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) คูณค่าคงที่ 0.31{(P1NP)/(β-CrossLaps)}x0.31 (นาโนกรัม/มิลลิลิตร) โดยค่าคงที่ 0.31 คือค่าเฉลี่ยมาตรฐานของค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ของค่าโบนมาร์คเกอร์หญิงวัยเจริญพันธุ์ซึ่งมีค่า 0.31 นาโนกรัม/มิลลิลิตร การปรับค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) (Adjusted value) จำเป็นต้องปรับค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ให้อยู่ในระดับเดียวกันก่อน จึงจะดูความแตกต่างของค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) โดยการคำนวณใหม่ให้ค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ทั้งก่อนและหลังการทดลองอยู่ที่ค่าปกติ (β-CrossLaps=0.31 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) แล้วดูค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) หลังการทดลองว่าสูงกว่าก่อนการทดลองหรือไม่ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2552)

9.3 การทดสอบระดับวิตามินดี ทำการทดสอบค่าแคลซิไดออล (25(OH)D) ในเลือด โดยนำตัวอย่างเลือดปริมาณ 3 ซีซี จากการตรวจข้อมูลการสร้าง และการสลายมวลกระดูกนำมาตรวจด้วยน้ำยาตรวจชีวเคมีด้วยหลักการอิเล็กโทรเคมมิลูมิเนตเซนต์อิมมูโนเอสเสย์ (ECLIA) ของบริษัทโรชไดแอกโนติกส์ (ประเทศไทย) และนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องตรวจวิเคราะห์แบบอัตโนมัติ (Elecsys 2010) ยี่ห้อ โคบาร์ท (Cobas^{R}) รุ่น e411 ประเทศเยอรมันนี ทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และมีการทำลายหลังสิ้นสุดการวิจัย มีหน่วยเป็นนาโนกรัม/มิลลิลิตร



แผนภูมิที่ 2 สรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลองของกลุ่มที่ 1 ฝึกการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม วิเคราะห์หาค่าทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาค่าต่างๆ ดังนี้

1. นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองภายในกลุ่มโดยทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่ม ทั้งก่อนการทดลอง และหลังการทดลองเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance) หากพบความแตกต่างจะทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ ตามวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เมื่อวันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ.2554

2. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มประชากรจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม

3. หากพบว่ามีการบาดเจ็บเกิดขึ้นในขณะฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน ผู้นำเต้นและผู้ช่วยวิจัยจะให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยหยุดพักทันที และดำเนินการปฐมพยาบาลตามความเหมาะสมของอาการ หากอาการยังไม่ดีขึ้นจะดำเนินการส่งต่อไปยังโรงพยาบาล โดยคณะผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษา

4. การเข้าร่วมเป็นกลุ่มประชากร หรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย เป็นโดยสมัครใจมีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล และไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงจะได้รับ

5. หากผู้เข้าร่วมวิจัยมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

6. หากผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามข้อมูลดังกล่าว ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์ 0-2218-8147, 0-2218-8141 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ผลของการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนต่อการสลายมวลกระดูกและวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน ทำการทดสอบก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ และทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม และภายในกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม (Indoor mini trampoline aerobic dance training) จำนวน 17 คน กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง (Outdoor mini trampoline aerobic dance training) จำนวน 17 คน และกลุ่มควบคุม (Control group) จำนวน 20 คน โดยนำผลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ และนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมานำเสนอในรูปตาราง และแผนภูมิ ประกอบความเรียง โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 7 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง ของทุกกลุ่ม

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) การสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) และระดับวิตามินดี (25(OH)D) ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value){(P1NP)/ (β-CrossLaps)}x0.31 ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) และค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) (Adjusted value){(P1NP)/(β-CrossLaps)}x0.31 และระดับวิตามินดี (25(OH)D) ระหว่างกลุ่ม หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม และเมื่อพบความแตกต่างทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา ของทุกกลุ่ม

ตอนที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา ระหว่างกลุ่ม หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม และเมื่อพบความแตกต่างทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

ตอนที่ 7 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) การสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ระดับวิตามินดี (25(OH)D) ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) (Adjusted value){(P1NP)/(β-CrossLaps)}x0.31 และค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา ของทุกกลุ่ม

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง ของทุกกลุ่ม

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม

ข้อมูลพื้นฐาน	กลุ่มทดลอง ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน		กลุ่มควบคุม	F	p-value
	กลุ่มที่ 1 (T_1: n=17)	กลุ่มที่ 2 (T_2: n=17)	(C: n=20)		
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$		
อายุ (ปี)	40.24 ± 3.46	40.00 ± 3.82	40.00 ±3.08	.027	.973
ความหนาแน่นของกระดูกส้นเท้า ค่า T-Score (SD)	-0.47 ± 1.22	-0.27 ± 1.13	-0.34 ± 1.10	.822	.445
ความหนาแน่นของกระดูก (BMD) (ก./ซม.^{2})	0.53 ± 0.12	0.54 ± 0.10	0.56 ±0.07	.385	.683

$p > .05$

จากตารางที่ 3 แสดงข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง ของกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม ค่าเฉลี่ยของอายุ 40.24 ปี, 40.00 ปี และ 40.00 ปี ค่าเฉลี่ยของ T-Score -0.47 SD, -0.27 SD และ -0.34 SD และค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของกระดูก 0.53 ก./ซม.^{2}, 0.54 ก./ซม.^{2} และ 0.56 ก./ซม.^{2} ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของค่าเฉลี่ยอายุ ค่า T-Score และค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของกระดูก ก่อนการทดลองของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) การสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) และระดับวิตามินดี (25(OH)D) ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) การสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) และระดับวิตามินดี (25(OH)D) ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน								กลุ่มควบคุม (C: n=20)			
	กลุ่มที่ 1 (T_1: n=17)				กลุ่มที่ 2 (T_2: n=17)							
	ก่อนการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	หลังการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	t	p-value	ก่อนการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	หลังการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	t	p-value	ก่อนการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	หลังการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	t	p-value
การสร้างมวลกระดูก (P1NP)(ng./ml.)	37.775 (17.781)	38.322 (18.496)	-2.94	.773	33.491 (9.564)	31.434 (9.433)	1.511	.150	37.401 (11.344)	36.398 (9.733)	0.746	.465
การสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps)(ng./ml.)	0.278 (0.179)	0.227 (0.109)	2.318	.034*	0.273 (0.106)	0.219 (0.073)	3.547	.003*	0.273 (0.116)	0.274 (0.088)	-0.700	.945
ระดับ วิตามินดี (25(OH)D) (ng./ml.)	22.708 (5.647)	21.046 (4.990)	1.665	.115	22.390 (4.688)	25.845 (4.596)	-5.249	.000*	21.653 (5.050)	21.399 (4.797)	1.483	.154

*$p \leq .05$

จากตารางที่ 4 แสดงว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม และกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง ค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง ค่าเฉลี่ยของระดับวิตามินดี ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 5 ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) การสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) และระดับวิตามินดี (25(OH)D) ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน										กลุ่มควบคุม (C: n=20)				
	กลุ่มที่ 1 (T_1: n=17)					กลุ่มที่ 2 (T_2: n=17)									
	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% การเปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% การเปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% การเปลี่ยนแปลง
	ค่าสูงสุด (ng/ml)	ค่าต่ำสุด (ng/ml)	ค่าสูงสุด (ng/ml)	ค่าต่ำสุด (ng/ml)	(%)	ค่าสูงสุด (ng/ml)	ค่าต่ำสุด (ng/ml)	ค่าสูงสุด (ng/ml)	ค่าต่ำสุด (ng/ml)	(%)	ค่าสูงสุด (ng/ml)	ค่าต่ำสุด (ng/ml)	ค่าสูงสุด (ng/ml)	ค่าต่ำสุด (ng/ml)	(%)
การสร้างกระดูก (P1NP)	85.56	19.91	86.20	17.45	1.474	56.52	19.00	51.16	14.25	-6.142	56.89	17.29	54.45	18.70	-2.682
การสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps)	0.83	0.11	0.47	0.10	-18.345	0.56	0.13	0.36	0.07	-19.780	0.53	0.13	0.45	0.17	0.366
ระดับวิตามินดี (25(OH)D)	34.50	12.90	28.14	12.74	-7.319	30.89	15.67	32.92	17.68	15.431	35.77	14.19	34.17	13.79	-1.173

จากตารางที่ 5 แสดงว่าหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม และกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการสลายมวลกระดูกลดลง 18.35% และ 19.78% ตามลำดับ และกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้งมีเปอร์เซ็นต์ระดับวิตามินดีเพิ่มขึ้น 15.43%

หมายเหตุ : ในกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้งมี 3 คน ที่วิตามินดีลดลง คิดเป็น 17.65% เนื่องจากออกกำลังกายอย่างไม่สม่ำเสมอ

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 6 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value){(P1NP)/(β-CrossLaps)}x0.31 ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน								กลุ่มควบคุม (C: n=20)			
	กลุ่มที่ 1 (T_1: n=17)				กลุ่มที่ 2 (T_2: n=17)							
	ก่อนการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	หลังการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	t	p-value	ก่อนการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	หลังการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	t	p-value	ก่อนการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	หลังการทดลอง $\bar{X}$ (SD)	t	p-value
การสร้างมวลกระดูก (P1NP) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกะดูก (β-CrossLaps) (Adjusted value) (ng./ml.)	47.629 (18.89)	54.928 (16.87)	**-2.684**	**.016***	41.539 (15.41)	46.820 (12.66)	**-1.639**	**.121**	45.525 (13.40)	43.220 (10.42)	**.883**	**.388**

*$p \leq .05$

จากตารางที่ 6 แสดงว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม มีค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 7 ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value){(P1NP)/(β-CrossLaps)}x0.31 ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้น แอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน										กลุ่มควบคุม (C: n=20)				
	กลุ่มที่ 1 (T_1: n=17)					กลุ่มที่ 2 (T_2: n=17)									
	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% การเปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% การเปลี่ยนแปลง	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		% การเปลี่ยนแปลง
	ค่าสูงสุด (ng/ml)	ค่าต่ำสุด (ng/ml)	ค่าสูงสุด (ng/ml)	ค่าต่ำสุด (ng/ml)	(%)	ค่าสูงสุด (ng/ml)	ค่าต่ำสุด (ng/ml)	ค่าสูงสุด (ng/ml)	ค่าต่ำสุด (ng/ml)	(%)	ค่าสูงสุด (ng/ml)	ค่าต่ำสุด (ng/ml)	ค่าสูงสุด (ng/ml)	ค่าต่ำสุด (ng/ml)	(%)
การสร้างมวลกระดูก (P1NP) มื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) (Adjusted value)	99.33	25.52	101.22	35.28	15.325	89.94	17.57	70.61	26.85	12.711	71.11	28.11	65.04	19.85	-5.063

จากตารางที่ 7 แสดงว่าหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม และกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง มีเปอร์เซ็นต์ค่าการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value) เพิ่มขึ้น 15.33% และ 12.71% ตามลำดับ

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) และค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) (Adjusted value){(P1NP)/(β-CrossLaps)}x0.31 และระดับวิตามินดี (25(OH)D) ระหว่างกลุ่ม หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม และเมื่อพบความแตกต่างทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าการสร้างมวลกระดูก การสลายมวลกระดูก และระดับวิตามินดี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
การสร้างกระดูก (P1NP) (ng./ml.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	97.782	1	97.782	2.479	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	84.399	2	84.399	1.070	.351
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1971.982	50	39.440		
	รวม	9129.753	53			
การสลายมวลกระดูก (β-crossLaps) (ng./ml.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	.073	1	.073	30.408	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	.035	2	.018	7.260	.002*
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	.121	50	.002		
	รวม	.457	53			
ระดับวิตามินดี (25(OH)D) (ng./ml.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	67.618	1	67.618	12.494	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	239.413	2	119.707	22.119	.000*
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	270.592	50	5.412		
	รวม	1366.635	53			

*$p \leq .05$

จากตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม พบว่า ค่าการสร้างมวลกระดูกของทุกกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าการสลายมวลกระดูกของกลุ่มทดลอง และกลุ่มความคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และระดับวิตามินดีของกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม และกลุ่มความคุม

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูก โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม		กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มควบคุม
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	0.227	0.219	0.274
กลุ่มที่ 1	0.227	-	0.008 (p = 1.00)	-0.047* (p = .009)
กลุ่มที่ 2	0.219		-	-0.055* (p = .004)
กลุ่มควบคุม	0.274			-

*$p \leq .05$

จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูก ของกลุ่มกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม และกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูกของกลุ่มที่ 1 ($\bar{x}$ = 0.227 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{x}$ = 0.274 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ซึ่งแตกต่างกัน 0.047 นาโนกรัม/มิลลิลิตร และค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูกของกลุ่มที่ 2 ($\bar{x}$ = 0.219 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแตกต่างกัน 0.055 นาโนกรัม/มิลลิลิตร

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยระดับวิตามินดี โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม		**กลุ่มที่ 1**	**กลุ่มที่ 2**	**กลุ่มควบคุม**
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	21.046	25.845	21.399
กลุ่มที่ 1	21.046	-	-4.799* (p = .000)	-0.353 (p = .386)
กลุ่มที่ 2	25.845		-	4.446* (p = .000)
กลุ่มควบคุม	21.399			-

*$p \leq .05$

จากตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยระดับวิตามินดี ของกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม และกลุ่มควบคุม โดยค่าเฉลี่ยระดับวิตามินดีของกลุ่มที่ 2 ($\bar{x}$ = 25.845 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) สูงกว่ากลุ่มที่ 1 ($\bar{x}$ = 21.046 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ซึ่งแตกต่างกัน 4.799 นาโนกรัม/มิลลิลิตร และสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{x}$ = 21.399 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ซึ่งแตกต่างกัน 4.446 นาโนกรัม/มิลลิลิตร

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของค่าการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value){(P1NP)/(β-CrossLaps)}x0.31 หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
การสร้างกระดูก (P1NP)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	2983.926	1	2983.926	29.754	.000*
เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน	รูปแบบ (Main effect)	1026.623	2	513.312	5.118	.009*
การสลายมวลกระดูก	ความคลาดเคลื่อน (Error)	5014.285	50	100.286		
(β-crossLaps)	รวม	10478.137	53			

*$p \leq .05$

จากตารางที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม พบว่า ค่าการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value) ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยของการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value){(P1NP)/(β-CrossLaps)}x0.31 โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม		**กลุ่มที่ 1**	**กลุ่มที่ 2**	**กลุ่มควบคุม**
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	54.928	46.820	43.220
กลุ่มที่ 1	54.928	-	8.108 (p = .561)	11.708* (p = .008)
กลุ่มที่ 2	46.820		-	3.600 (p = .251)
กลุ่มควบคุม	43.220			-

*$p \leq .05$

จากตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value) ของกลุ่มกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value) ของกลุ่มที่ 1 ($\bar{x}$ = 54.928 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{x}$ = 43.220 นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ซึ่งแตกต่างกัน 11.708 นาโนกรัม/มิลลิลิตร

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยาก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 12 สัปดาห์			
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	t	p-value	% การเปลี่ยนแปลง
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา					
น้ำหนักตัว (กก.)	57.17 ± 8.38	57.28 ± 8.00	-.314	.757	0.19
ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	22.65 ± 3.01	22.64 ± 3.09	.068	.947	-0.04
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	75.35±10.98	68.82 ± 6.34	2.60	.190	-8.67
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	120.76±9.22	114.53±12.0	3.15	.006*	-5.16
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	75.71 ± 7.66	67.88 ± 9.25	2.96	.009*	-10.34

*$p \leq .05$

จากตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ โดยวิธีการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม พบว่า มีค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพักเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพักเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงลดลง 5.16% และ 10.34% ตามลำดับ

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของ กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 12 สัปดาห์			
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	t	p-value	% การเปลี่ยนแปลง
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา					
น้ำหนักตัว (กก.)	56.94 ± 8.40	57.28 ± 8.00	-.153	.880	0.59
ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	22.89 ± 3.03	22.64 ± 3.08	.311	.760	-1.09
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	77.47±9.37	68.82 ± 6.34	3.168	.006*	-11.17
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	121.24±12.20	114.53±12.00	1.81	.091	-5.53
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	80.53 ± 9.29	67.88 ± 9.25	3.82	.002*	-15.71

*$p \leq .05$

จากตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) ของกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง พบว่า มีค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพักเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงลดลง 11.17% และ 15.71% ตามลำดับ

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง ของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 12 สัปดาห์			
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	t	p-value	% การเปลี่ยนแปลง
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา					
น้ำหนักตัว (กก.)	60.28±9.92	60.53 ± 10.00	-1.03	.317	0.41
ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	24.15±3.62	24.55 ± 4.08	-1.636	.118	1.66
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	77.30±9.65	80.2 ± 10.30	-.406	.690	3.75
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	120.35±10.40	116.95±9.68	1.127	.274	-2.83
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	76.15±11.52	74.25±7.66	.769	.451	-2.49

$p > .05$

จากตารางที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ยก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ และผลการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) ของกลุ่มควบคุม พบว่า ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา ระหว่างกลุ่ม หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม และเมื่อพบความแตกต่างทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา ระหว่างกลุ่ม หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม เมื่อใช้ตัวแปรก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม

ตัวแปร	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา						
น้ำหนักตัว (กก.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	3.116	1	3.116	1.914	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	1.983	2	.992	.609	.548
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	81.386	50	1.628		
	รวม	4145.136	53			
ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	.498	1	.498	.621	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	2.580	2	1.290	1.608	.210
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	40.117	50	.802		
	รวม	662.964	53			
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	2313.766	1	2313.766	30.335	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	1008.355	2	504.177	6.610	.003*
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	3813.682	50	76.274		
	รวม	5455.870	53			
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	639.900	1	639.900	5.378	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	78.171	2	39.085	.328	.722
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	5949.378	50	118.988		
	รวม	8313.259	53			
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก (มม.ปรอท)	ตัวแปรร่วม (Covariance)	1524.184	1	1524.184	19.890	.000*
	รูปแบบ (Main effect)	393.656	2	196.828	2.568	.087
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	3831.581	50	76.632		
	รวม	5015.426	53			

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม พบว่าข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา คือ น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง

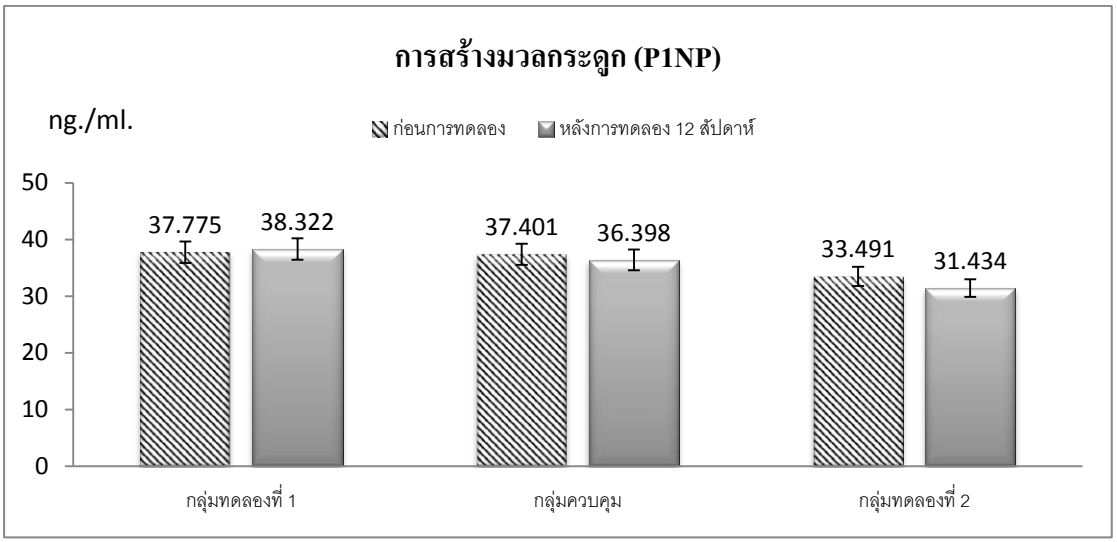
ตารางที่ 17 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก โดยวิธีของบอนเฟอโรนี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในที่ร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม		กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มควบคุม
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	68.824	68.820	80.200
กลุ่มที่ 1	68.824	-	0.004 (p = .860)	-11.376* (p = .003)
กลุ่มที่ 2	62.820		-	-7.353 (p = .055)
กลุ่มควบคุม	80.200			-

*$p \leq .05$

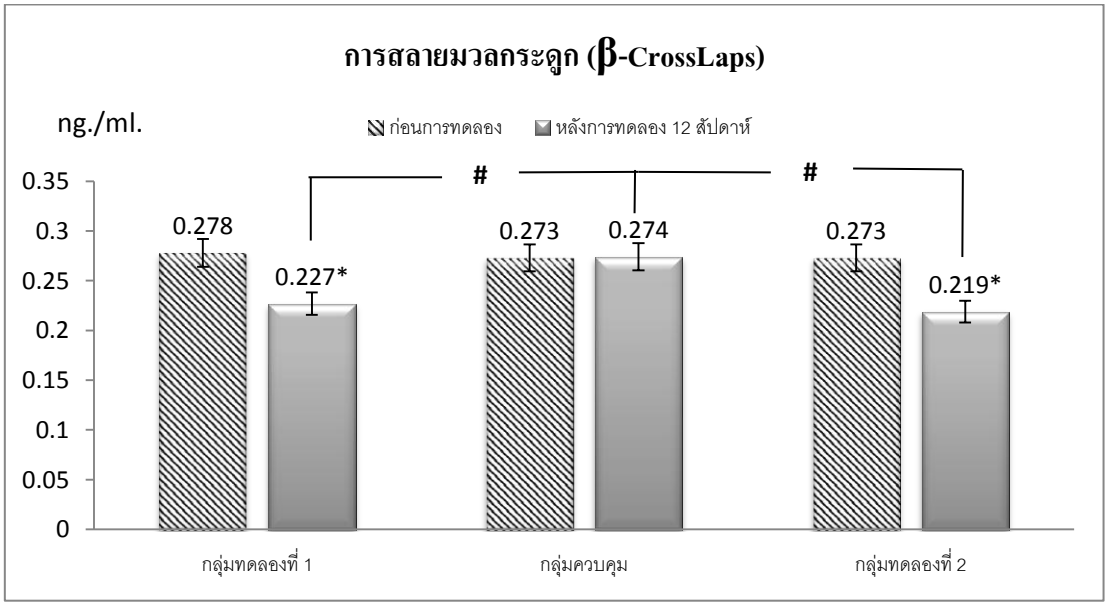
จากตารางที่ 17 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ของกลุ่มกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มความคุม โดยค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ของกลุ่มที่ 1 ($\bar{x}$ = 68.824 ครั้ง/นาที) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{x}$ = 80.20 ครั้ง/นาที) ซึ่งแตกต่างกัน 11.376 ครั้ง/นาที

ตอนที่ 7 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) การสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ระดับวิตามินดี (25(OH)D) ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) (Adjusted value){(P1NP)/(β-CrossLaps)}x 0.31 และค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา ของทุกกลุ่ม



$p > .05$

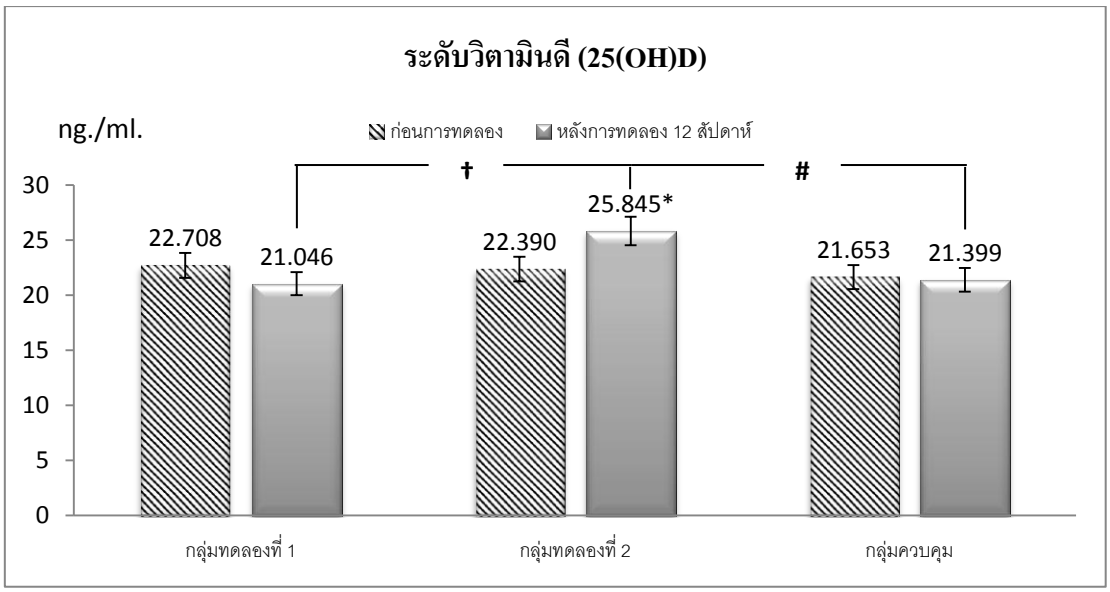
แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของการสร้างมวลกระดูกก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์



*$p \leq .05$ แตกต่างกับก่อนการทดลอง

#$p \leq .05$ แตกต่างกับจากกลุ่มควบคุม

แผนภูมิที่ 4 ค่าเฉลี่ยของการสลายมวลกระดูกก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์

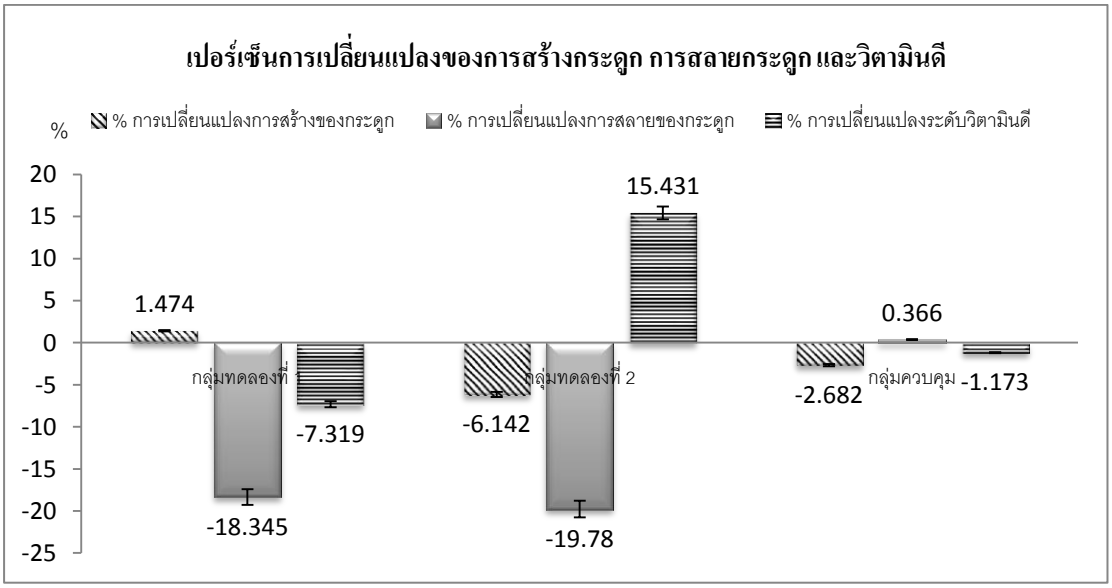


*p ≤ .05 แตกต่างกับก่อนการทดลอง

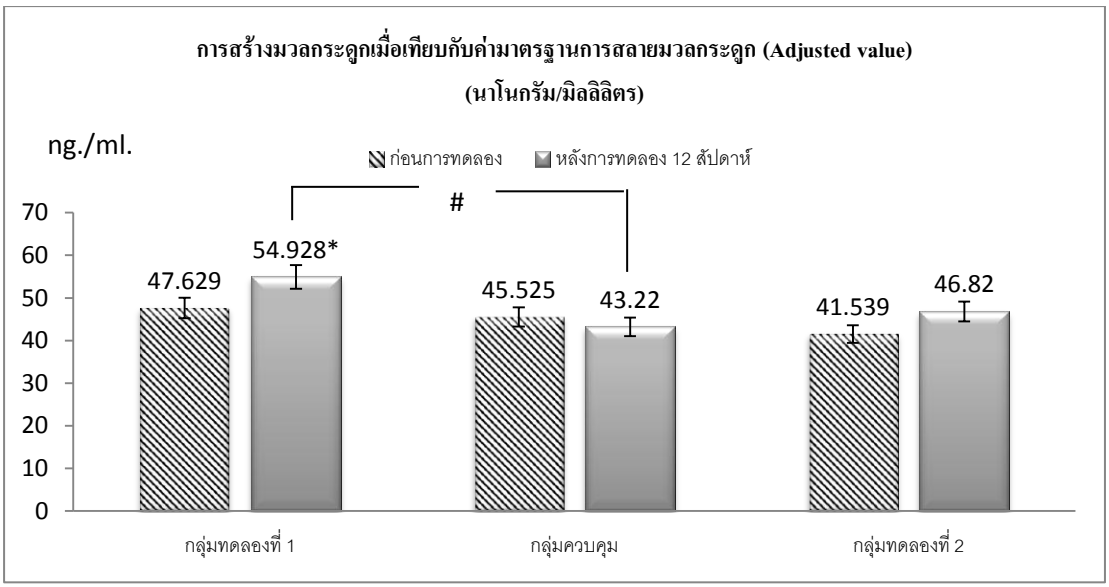
#p ≤ .05 แตกต่างกับจากกลุ่มควบคุม

†p ≤ .05 แตกต่างกับกลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม

แผนภูมิที่ 5 ค่าเฉลี่ยของระดับวิตามินดีก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์



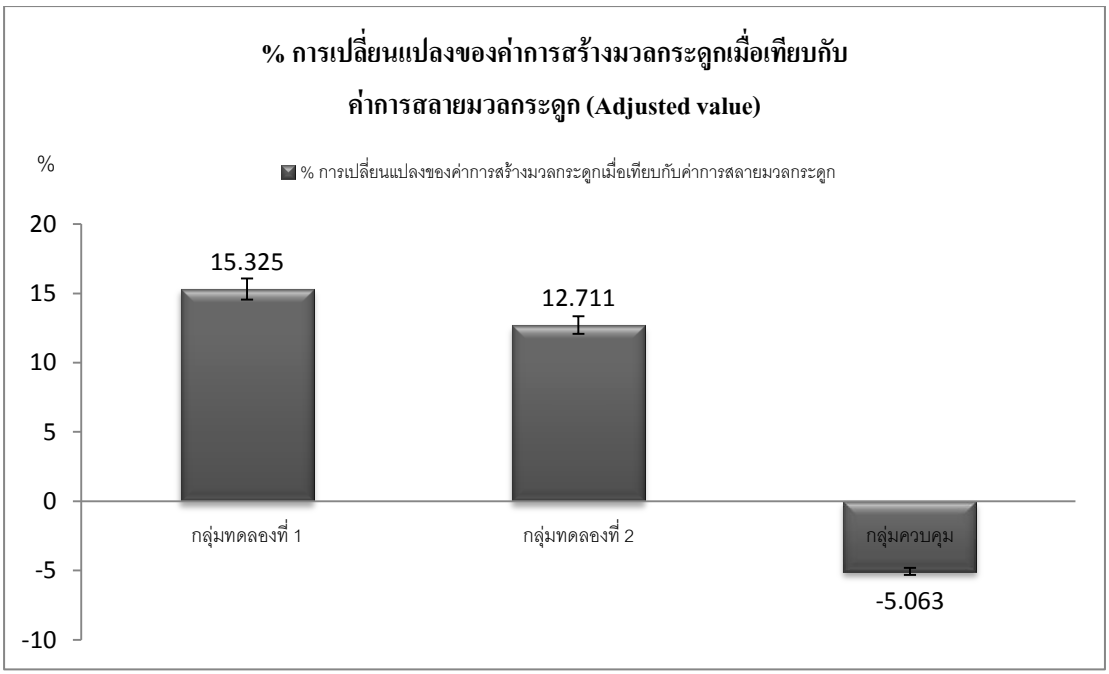
แผนภูมิที่ 6 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการสร้างมวลกระดูก การสลายมวลกระดูก และระดับวิตามินดี หลังการทดลอง 12 สัปดาห์



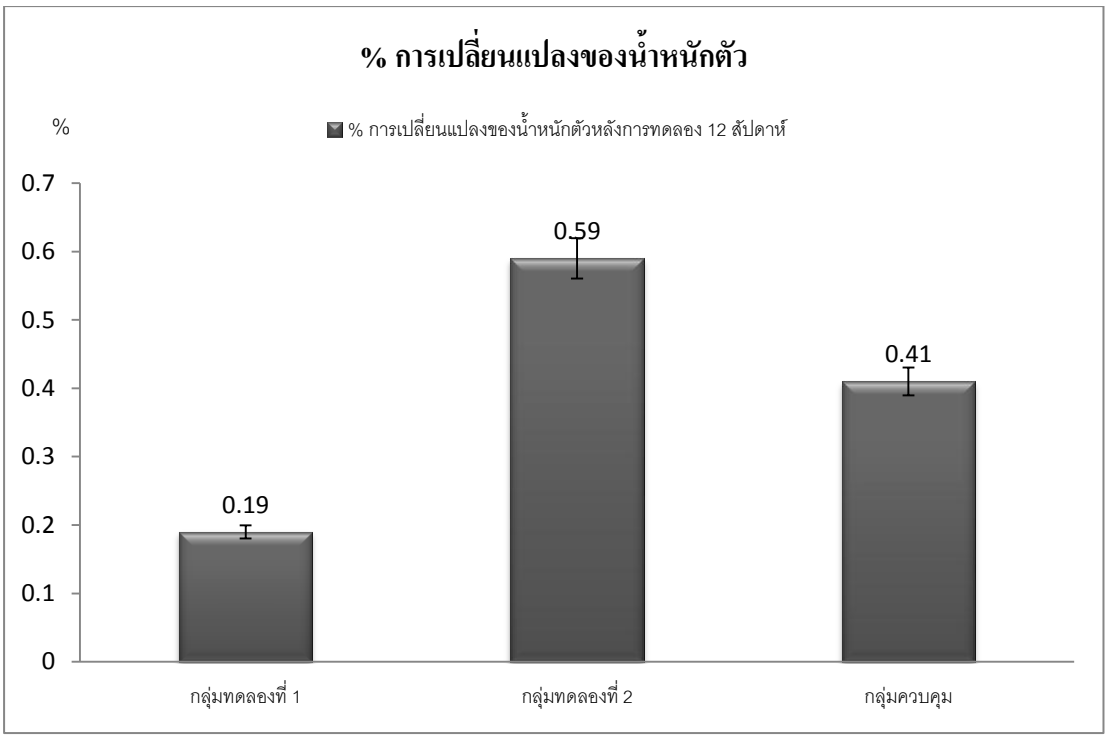
*p ≤ .05 แตกต่างกับก่อนการทดลอง

#p ≤ .05 แตกต่างกับจากกลุ่มควบคุม

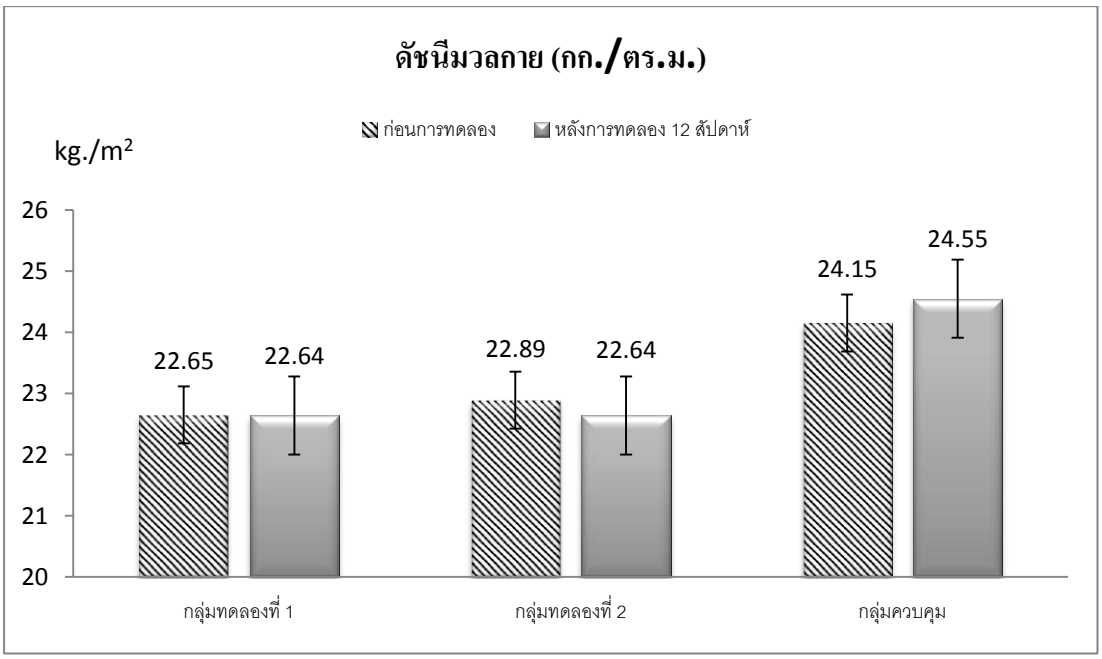
แผนภูมิที่ 7 ค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value) ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์



แผนภูมิที่ 8 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjusted value) หลังการทดลอง 12 สัปดาห์

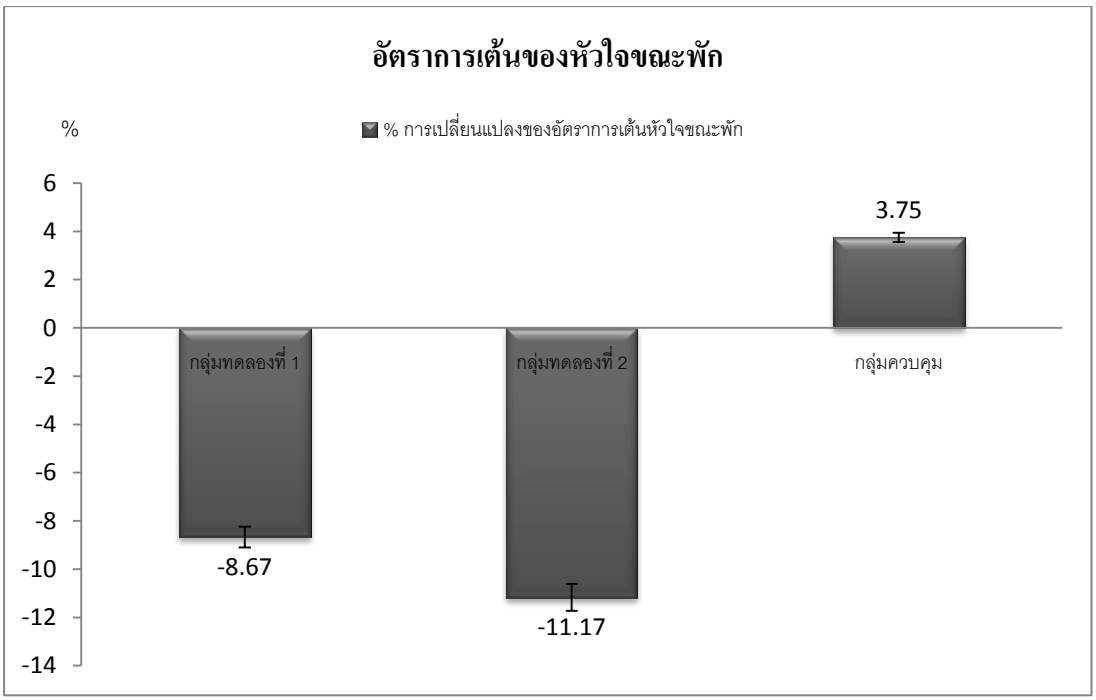


แผนภูมิที่ 9 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว หลังการทดลอง 12 สัปดาห์

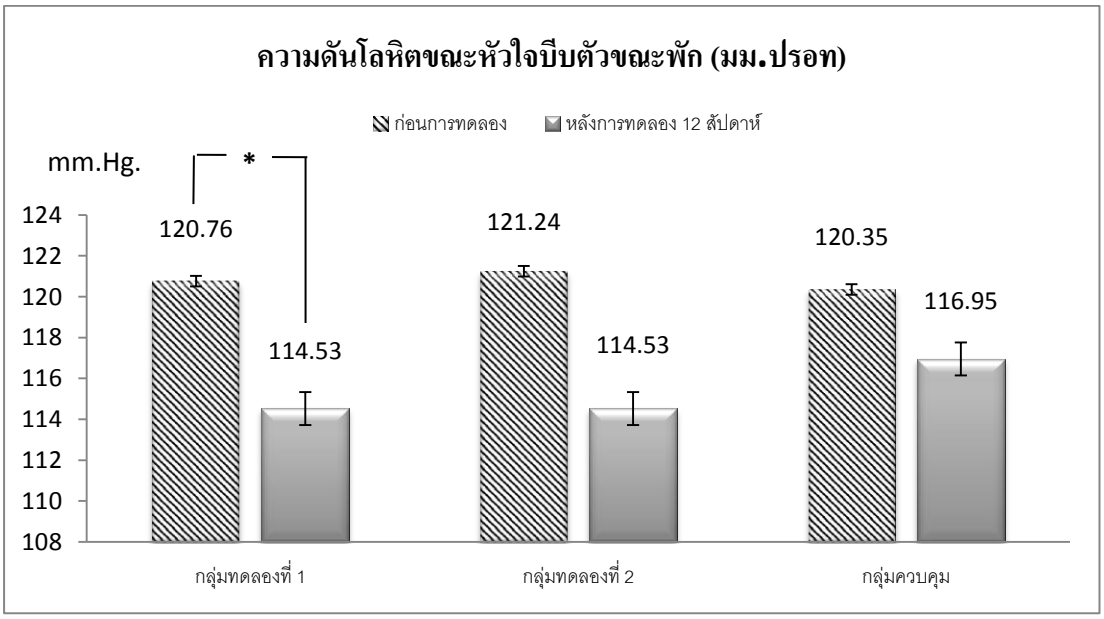


$p > .05$

แผนภูมิที่ 10 ค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกาย ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

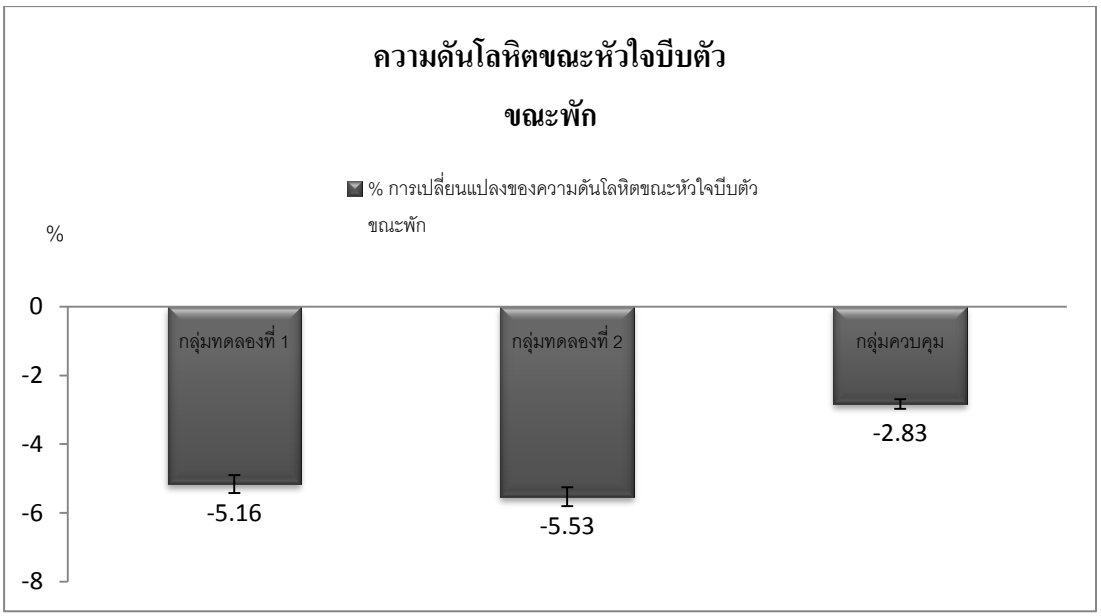


แผนภูมิที่ 11 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์

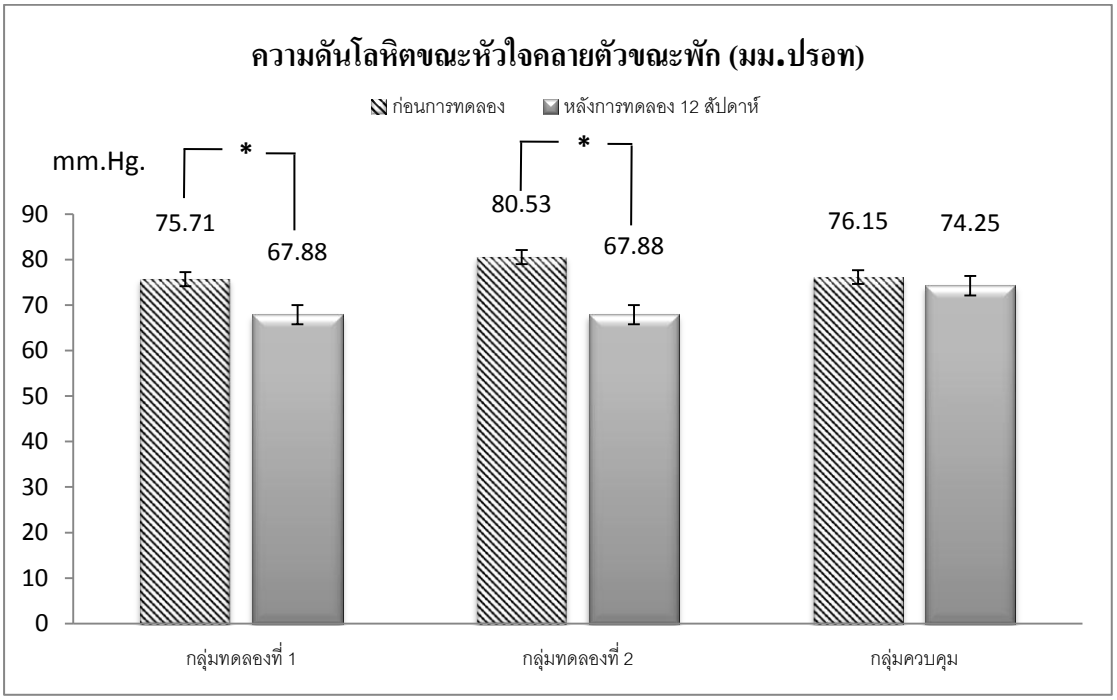


*$p \leq .05$ แตกต่างกับก่อนการทดลอง

แผนภูมิที่ 12 ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม

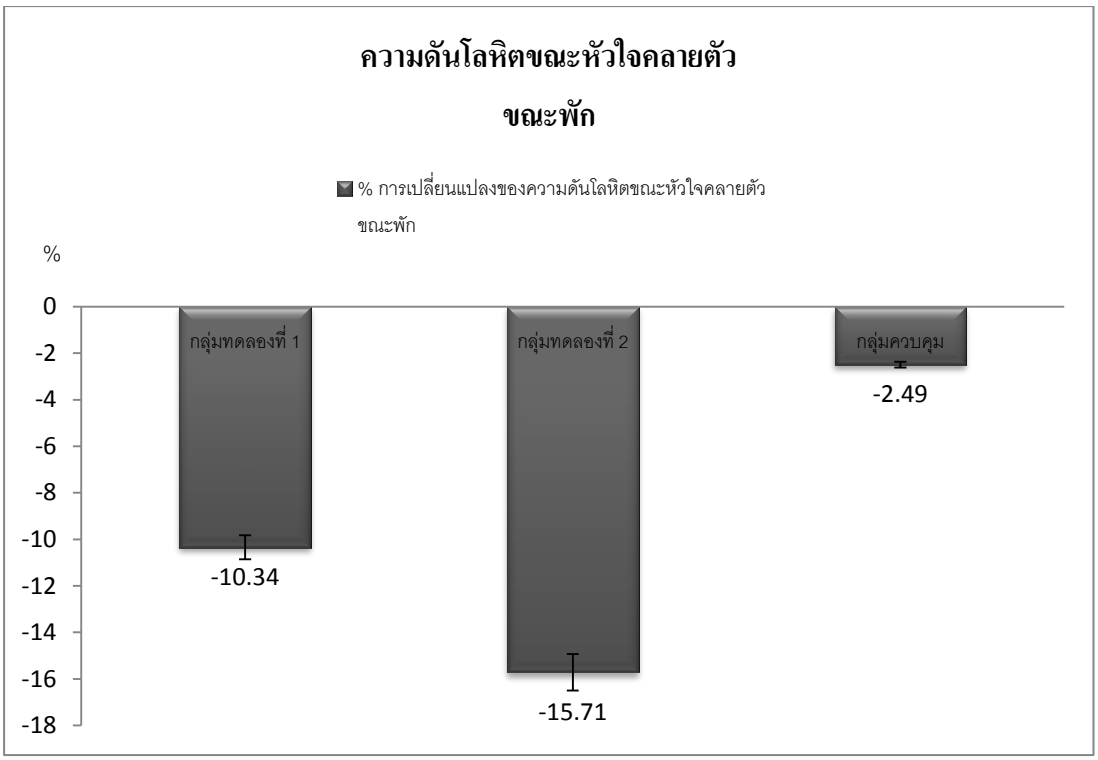


แผนภูมิที่ 13 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์



*$p \leq .05$ แตกต่างกับก่อนการทดลอง

แผนภูมิที่ 14 ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ของทุกกลุ่ม



แผนภูมิที่ 15 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก หลังการทดลอง 12 สัปดาห์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และเปรียบเทียบผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งที่มีต่อการสร้างมวลกระดูก การสลายมวลกระดูก และระดับวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน การวิจัยครั้งนี้เป็นวิธีการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) แบบมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยได้มีการพัฒนารูปแบบของโปรแกรมการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน โดยผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ และการตรวจหาความเที่ยงของโปรแกรมการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกับกลุ่มทดลองที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจริง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คืออาสาสมัครที่เป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุระหว่าง 35-45 ปี มีสุขภาพแข็งแรงโดยผ่านการประเมินแบบคัดเลือกอาสาสมัครจำนวน 60 คน มีผู้ออกจากโครงการวิจัยจำนวน 6 คน เนื่องจากประสบอุบัติเหตุจนไม่สามารถเข้าร่วมโครงการวิจัยต่อได้จำนวน 1 คน ขาดการออกกำลังกายเกิน 2 สัปดาห์ติดต่อกันจำนวน 2 คน และตั้งครรภ์ระหว่างเข้าร่วมโครงการวิจัยจำนวน 3 คน ดังนั้นมีกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 54 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม จำนวน 17 คน และกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง จำนวน 17 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 20 คน ด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก (Simple random sampling) โดยกลุ่มทดลองฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน ครั้งละ 40 นาที 3 ครั้ง/สัปดาห์ ระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่ความหนัก 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ผู้วิจัยทำการทดสอบค่าการสร้างมวลกระดูก การสลายมวลกระดูก และระดับวิตามินดี 2 ครั้ง คือก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ นำผลที่ได้จากการทดสอบของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทั้ง 3 กลุ่ม มาวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) วิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance) เมื่อพบความแตกต่างจะทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่ ตามวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ระหว่างกลุ่มหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ โดยใช้ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วม ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า

1. การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูก การสลายมวลกระดูก ค่าการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjuted value) และระดับวิตามินดีก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม และกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง พบว่า ค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงดีขึ้นคิดเป็น 18.35% และ 19.78% ตามลำดับ กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มมีค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 15.33% นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง มีค่าเฉลี่ยของระดับวิตามินดีเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 15.43%

2. การเปรียบเทียบก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ภายในกลุ่ม ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และกลุ่มควบคุม พบว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม มีค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพักและความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก มีการเปลี่ยนแปลงดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงลดลง 5.16% และ10.34% ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง พบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก มีการเปลี่ยนแปลงดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงลดลง 11.17% และ 15.71% ตามลำดับ

3. การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองที่ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม และกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง) และกลุ่มควบคุม หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก รวมทั้งค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกของทุกกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูกของกลุ่มทดลองและกลุ่มความคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าเฉลี่ยการสร้าง

มวลกระดูกเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูกของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมแต่ไม่พบความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง และระดับวิตามินดีของกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลุ่มความคุม นอกจากนั้นแล้วยังพบว่า หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง

อภิปรายผลการวิจัย

จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า กลุ่มทดลองที่ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้ง สามารถช่วยให้มีการชะลอการสลายมวลกระดูกไม่แตกต่างกัน และการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้งจะช่วยเพิ่มระดับวิตามินดีสูงกว่าการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม พบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ จากผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งมีค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ส่วนค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกของกลุ่มทดลองที่ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งนั้น พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง พบว่ามีค่าเฉลี่ยระดับวิตามินดีเพิ่มขึ้น สูงกว่ากลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งต่อค่าการสร้างและการสลายมวลกระดูก

ผลทางด้านสารชีวเคมีของกระดูก พบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า การฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้ง จะสามารถชะลอการสลายมวลกระดูกไม่แตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การออกกำลังกายโดยการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนของการวิจัยนี้ สามารถช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกได้ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า การสลายมวลกระดูกของกลุ่มทดลองที่ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนมีค่าลดลง ซึ่งหมายความว่า เซลล์ของกระดูกมีการกระตุ้นการทำงานที่ดีขึ้น มีลักษณะโครงสร้างของกระดูกที่แข็งแรงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดปัญหาของโรคกระดูกพรุนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เนื่องจากรูปแบบการออกกำลังกายโดยการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน มีลักษณะเป็นการลงน้ำหนักของร่างกายผ่านไปยังกระดูก และข้อต่อต่างๆบนมินิแทรมโพลีน ส่งผลให้เกิดแรงบีบเค้นต่อมวลกระดูกทำให้เซลล์ของกระดูกเกิดการกระตุ้น ประกอบกับการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในแต่ละท่าชุดมีการปฏิบัติที่ซ้ำๆกันอย่างต่อเนื่อง ทำให้กระดูก และข้อต่อต่างๆในบริเวณนั้นได้รับการกระตุ้นอยู่ตลอดเวลา อีกทั้งการลงน้ำหนักบนมินิแทรมโพลีนที่มีลักษณะยืดหยุ่นจะช่วยลดแรงกระแทกที่ข้อเข่า และข้อเท้า ป้องกันการบาดเจ็บ และโรคข้อเข่าเสื่อมได้เป็นอย่างดี (Wikipedia, 2011) สอดคล้องกับการศึกษาของ Heinonen, Sievanen, Kannus et al., (2000) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายด้วยสเต็ปแอโรบิกและพลัยโอเมตริก ผลพบว่าการออกกำลังกายทำให้ความหนาแน่นของมวลกระดูกเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับการศึกษาของ Phoosuwan, Kritpet and Yuktanandana (2009) ซึ่งพบว่าการฝึกโยคะแบบลงน้ำหนักมีผลทำให้การสลายมวลกระดูกลดลง เนื่องจากน้ำหนักที่กดลงกระดูก และแรงเค้นจากกล้ามเนื้อ นอกจากนั้นแล้วยังมีหลายงานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบลงน้ำหนัก ดังการศึกษาของ Tantiwiboonchai, Kritpet and Yuktanandana (2011) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเดินออกกำลังกายแบบใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักและไม่ใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก มีผลทำให้การสลายมวลกระดูกลดลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Anek, Kanungsukasem and Bunyaratavej (2011) ทำการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้น-ลงบนกล่องแบบหมุนเวียน พบว่าช่วยชะลอและลดการสลายมวลกระดูกได้ดีขึ้น มีการสร้างมวลกระดูกได้ดีขึ้น นอกจากนี้การศึกษาของ Kitareewan, Boonhong, Janchai et al., (2011) ได้ศึกษาการออกกำลังกายบนลู่กลที่ความหนักระดับปานกลาง พบว่าสามารถลดกระบวนการสลาย และการผลัดเปลี่ยนเซลล์กระดูกได้ขณะที่กระบวนการสร้างเซลล์กระดูกมีแนวโน้มที่จะลดลงภายหลังออกกำลังกาย

ฉกาจ ผ่องอักษร (2552) ได้กล่าวไว้ว่า กระดูกมีการปรับตัวที่เพิ่มมากขึ้นตามแรงที่มากระทำ ความหนักของการออกกำลังกายที่มีผลต่อกระดูก มักจะวัดเป็นความเครียดทางกายภาพ (Physical strain) เช่น แรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground-reaction force) ระหว่างการลงน้ำหนัก เดิน หรือแรงตึงตัวจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle contraction force) ที่กระทำต่อกระดูกส่วนนั้นๆ ซึ่งสอดคล้องกับ Kohrt, Ehsan and Birge (1997) ได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยากระทำต่อข้อต่อหรือแบบที่มีแรงปฏิกิริยาต่อพื้น พบว่าการออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบทำให้ความ

หนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณสันหลัง โคนขา และบริเวณแขนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับสนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด (2551) ได้กล่าวว่า การใช้แรงกลที่พอดีหรือมากกว่าระดับที่สามารถกระตุ้นให้มีการสร้างกระดูกขึ้นใหม่ได้ และมีการกระทำซ้ำๆทำให้มีการเพิ่มขึ้นของเซลล์สร้างกระดูก (Osteoblast) นอกจากนี้ Quinn (2011) กล่าวว่าการออกกำลังกายที่มีต่อความหนาแน่นและสุขภาพของกระดูก มี 3 ลักษณะเฉพาะ ได้แก่ ขนาดแรงตึงเครียด, อัตราแรงตึงเครียด และความถี่แรงตึงเครียดของการออกกำลังกาย

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การออกกำลังกายโดยการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนมีการลงน้ำหนักของร่างกายอย่างต่อเนื่องทำให้กระดูกและข้อต่อต่างๆได้รับการกระตุ้นตลอดระยะเวลาของการฝึก ส่งผลต่อกลไกการทำงานของเซลล์ที่อยู่ภายในกระดูกเกิดการทำงานต่อกระบวนการสลายมวลกระดูก และกระบวนการสร้างมวลกระดูก ซึ่งสอดคล้องกับ ทวี ทรงพัฒนาศิลป์ (2550) กล่าวไว้ว่า ในกระดูกจะมีเซลล์ชนิดหนึ่งที่ เรียกว่า ออสตีโอไซด์ เป็นตัวที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับรู้กลไกจากภายนอกที่มากระทำต่อกระดูก (Mechanism loading) หรืออาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าระบบการรับรู้ทางกลศาสตร์ (Mechano receptor) ซึ่งเป็นกลไกที่ร่างกายรับรู้ถึงน้ำหนักหรือแรงที่มากระทำต่อกระดูก และสามารถปรับเปลี่ยนการตอบสนองของกระดูกในลักษณะที่มีการเพิ่มหรือลดมวลกระดูกได้ นอกจากนี้ เสก อักษรานุเคราะห์ (2539) ยังกล่าวไว้ว่า กระดูกเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดพิเศษที่มีกระบวนการปรับเปลี่ยนเนื้อกระดูกอยู่ตลอดเวลา ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการสร้างและสลายมวลกระดูก อีกทั้งยังสอดคล้องกับ ภนารี พานเพียรศิลป์ (2541) ที่กล่าวว่า การที่หน่วยโครงสร้างของกระดูกมีการทำลาย และการสร้างใหม่ขึ้นมาทดแทนนั้น ก็เพื่อเป็นการรักษาสภาพของเนื้อกระดูกในร่างกายให้อยู่ในสภาพที่สมดุล และอีกเหตุผลหนึ่งที่น่าจะทำให้ค่าการสลายมวลกระดูกมีค่าลดลง ซึ่งอาจจะเป็นเพราะว่าการฝึกการออกกำลังกายโดยการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนของการวิจัยนี้ ช่วยทำให้ระบบการทำงานของต่อมไร้ท่อบางชนิดมีการทำงานที่สมดุลกันทำให้มีการหลั่งแคลเซียมที่อยู่ในกระแสเลือดเพียงพอสำหรับการใช้งานโดยที่ไม่ต้องไปกระตุ้นเซลล์สลายมวลกระดูก (Osteoclast cell) ให้ทำงานมากเกินไป

จากผลการวิจัยครั้งนี้ เมื่อนำไปเทียบกับค่ามาตรฐานการสลายมวลกระดูก (Adjuted value) พบว่า ค่าการสร้างมวลกระดูก หลังการทดลองเพิ่มขึ้นสูงกว่าก่อนการทดลอง แต่ด้วยระยะเวลา 3 เดือน อาจไม่เพียงพอที่จะทำให้การสร้างมวลกระดูกเกิดขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องจากวงจรการสร้างมวลกระดูกใช้เวลานานกว่าการทำงานของวงจรการปรับแต่งเนื้อกระดูก (Cycle of bone remodeling) ทวี ทรงพัฒนาศิลป์ (2550) กล่าวว่า วงจรการปรับแต่งเนื้อกระดูกมีระยะเวลาด้วยกันทั้งหมด 4 ช่วง คือ 1.ช่วงการกระตุ้นก่อนการสลายมวลกระดูก (Activation phase) 2.ช่วงการสลาย

มวลกระดูก (Resorption phase) 3.ช่วงการทำงานย้อนกลับของกระดูก (Reversal phase) และ 4.ช่วงการสร้างมวลกระดูก (Formation phase) หลังจากนั้นจะเข้าสู่ภาวะสงบของการทำงานของเซลล์กระดูกและกลับไปเริ่มต้นของวงจรการปรับแต่งเนื้อกระดูกใหม่ โดยระยะเวลาของช่วงที่ 1-4 จะถูกแบ่งออกเป็นช่วงการสลายมวลกระดูก (Resorption period หรือ Erosion period) และช่วงการสร้างมวลกระดูก (Formation period) ซึ่งถ้าเป็นวงจรการปรับแต่งเนื้อกระดูก (Remodeling period) ชนิดกระดูกเนื้อแน่น (Cortical bone) จะใช้ระยะเวลาในช่วงของการสลายมวลกระดูก (Erosion period) ประมาณ 30 วัน อีก 5 วันต่อมาจะเป็นระยะเวลาของการทำงานย้อนกลับของกระดูก (Reversal phase) หลังจากนั้นจะใช้เวลาต่ออีกประมาณ 90 วัน เพื่อทำการสร้างมวลกระดูกสำหรับกระดูกชนิดเนื้อพรุน (Trabecular bone) จะใช้ระยะเวลาในช่วงของการสลายมวลกระดูก (Erosion period) ประมาณ 45 วัน อีก 7 วันต่อมา จะเป็นระยะเวลาของการทำงานย้อนกลับของกระดูก (Reversal phase) และหลังจากนั้นจะใช้เวลาต่ออีกประมาณ 145 วัน เพื่อทำการสร้างมวลกระดูก รวมแล้ววงจรของกระดูกเนื้อแน่นจะใช้เวลาในการปรับแต่งเนื้อกระดูกทั้งหมดประมาณ 100 กว่าวัน ส่วนกระดูกเนื้อพรุนจะใช้เวลาในการปรับแต่งเนื้อกระดูกทั้งหมดประมาณ 200 กว่าวัน เวลาต่างๆนี้ล้วนมีค่าประมาณโดยเฉลี่ยทั้งสิ้น เพราะกระดูกแต่ละชิ้นจะใช้เวลาไม่เท่ากัน ในการปรับแต่งกระดูก โดยทั่วไปแล้วระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูกหรืออาจเรียกได้ว่า “ life span” ของหน่วยการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling unit) จะอยู่ที่ประมาณ 3-9 เดือน แต่อย่างไรก็ตามยังคงไม่มีการศึกษาที่เกี่ยวกับผลการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนที่มีต่อการ สร้างและการสลายมวลกระดูกในหญิงวัยทำงานปรากฏเป็นที่เด่นชัดอยู่ในปัจจุบัน เพื่อที่จะได้นำมาอ้างอิงผลการศึกษาของงานวิจัยนี้ ซึ่งอาจสรุปได้ว่าการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งสามารถช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกได้ ช่วยลดปัญหาของโรคกระดูกพรุนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต นอกจากนี้การเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนยังช่วยลดแรงกระแทกที่มีต่อข้อเข่าและข้อเท้า ป้องกันการบาดเจ็บและโรคข้อเข่าเสื่อมได้เป็นอย่างดี

2. การเปรียบเทียบผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งต่อค่าระดับวิตามินดี

ผลทางด้านระดับวิตามินดี พบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้งจะช่วยเพิ่มระดับวิตามินดีเพิ่มขึ้น สูงกว่ากลุ่มที่ 1 ฝึกเต้น

แอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้งของการวิจัยนี้ สามารถเพิ่มระดับวิตามินดีได้ เนื่องจากการเปิดรับแสงแดดผ่านทางผิวหนัง ซึ่งแสงแดดนั้นมีคุณสมบัติในการสร้างวิตามินดีให้กับร่างกาย ส่งเสริมให้มีการดูดซึมแคลเซียมในลำไส้เข้าสู่กระแสเลือด และช่วยยับยั้งการหลั่งพาราไทรอยด์ฮอร์โมน (Parathyroid hormone) ซึ่งเป็นฮอร์โมนอันตรายที่จะไปสลายแคลเซียมออกจากกระดูก และช่วยสร้างสารออสทีโอแคลซิน (Osteocalcin) ซึ่งจะช่วยดึงแคลเซียมเข้าสู่กระดูกและสร้างความแข็งแรงให้กระดูก (Soontrapa, Soontrapa and Chailurkit et al., 2006) สอดคล้องกับการศึกษาของ Florez, Martinez, Chacra et al., (2007) ได้ทำการศึกษาการออกกำลังกายกลางแจ้งสามารถลดความเสี่ยงของภาวะการขาดวิตามินดี Soontrapa, Soontrapa and Chailurkit (2002) กล่าวว่า หากร่างกายขาดวิตามินดีจะเกิดภาวะของฮอร์โมนพาราไทรอยด์สูงชนิดทุติยภูมิ (Secondary hyperparathyroidism) เกิดโรคกระดูกพรุน และทำให้คอกระดูกต้นขา (Femoral neck) เปราะ และหักง่าย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Soontrapa, Soontrapa and Chailurkit et al., (2006) กล่าวไว้ว่าหากขาดวิตามินดีจะทำให้แคลเซียมในกระแสเลือดลดลง ทำให้มีการสลายมวลกระดูกเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะกระดูกเนื้อแน่น (Cortical bone) และนำไปสู่โรคกระดูกพรุนในที่สุด

จากผลระดับวิตามินดีที่เพิ่มขึ้น 15.43% ในกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง โดยมีค่าเฉลี่ยของระดับแคลซิไดออล (25(OH)D) 25.85 นาโนกรัม/มิลลิลิตร จัดอยู่ในเกณฑ์ภาวะการขาดวิตามินดี (Vitamin D deficiency) เนื่องจากมีค่าแคลซิไดออล $\leq$ 30 นาโนกรัม/มิลลิลิตร (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2552) สำหรับปัจจัยที่ทำให้เราได้รับวิตามินดีไม่เพียงพอ มีทั้งอายุที่มากขึ้น ซึ่งทำให้ความสามารถในการสังเคราะห์วิตามินดีน้อยลง เม็ดสีผิวซึ่งคนผิวขาวจะสังเคราะห์วิตามินดีได้ดีกว่าคนผิวดำ หรือผิวคล้ำ การใช้ครีมกันแดดทำให้เราได้รับรังสียูวีบีน้อยลง สิ่งนี้เป็นสัญญาณเตือนถึงความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนเมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุ รวมทั้งหญิงวัยทำงานส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นข้าราชการและพนักงานออฟฟิต ซึ่งมักจะไม่ค่อยได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ เนื่องจากส่วนใหญ่ทำงานในตัวอาคาร จึงทำให้หญิงวัยทำงานมีความเสี่ยงต่อการขาดวิตามินดี โดย Soontrapa, Soontrapa and Chailurkit et al., (2006) ได้แนะนำให้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมใหม่ โดยการออกกำลังกายกลางแจ้งเพื่อรับแสงแดด หรือรับประทานอาหารที่มีวิตามินดีสูง หรือรับประทานยาเสริมวิตามินดีให้เพียงพอตามความต้องการในแต่ละวัน สอดคล้องกับ Brock, Cant, Clemson et al., (2007) ทำการศึกษาผลของการบริโภคอาหารและการออกกำลังกายที่ส่งผลต่อระดับพลาสมาของวิตามินดีในผู้สูงอายุชาวเวียดนามที่อพยพมาอยู่ที่ซิดนีย์ พบว่าผู้สูงอายุชาวเวียดนามอาจไม่ได้รับแสงแดดในปริมาณที่เหมาะสม เนื่องจากเสื้อผ้า การแต่งกาย หรือวัฒนธรรม

ที่ไม่ให้ผิวหนังได้สัมผัสกับแสงแดด จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการส่งเสริมการออกกำลังกาย รวมทั้งการบริโภคอาหารที่มีวิตามินดีและแคลเซียมเป็นส่วนประกอบ ศุภศิลป์ สุนทราภา (2550; 2552) กล่าวไว้ว่า วิตามินดีได้จากทั้งอาหาร และจากการสังเคราะห์ที่ผิวหนังโดยผ่านแสงรังสีเหนือม่วงชนิด บี ทางด้านอาหารได้มาจากจำพวกนมที่มีการเสริมวิตามินดี และน้ำมันตับปลา เป็นต้น ส่วนที่ได้จากผิวหนังจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับการได้รับแสงรังสีเหนือม่วงชนิด บี ของบุคคลนั้น นอกจากนี้ ศุภศิลป์ สุนทราภา (2550) ยังกล่าวอีกว่า เมื่อแสงอาทิตย์ช่วงความยาวคลื่น 290-320 นาโนเมตร (UV-B) มากระทบผิวหนังประมาณร้อยละ 10 จะสะท้อนกลับ ที่เหลือร้อยละ 90 จะถูกดูดซึม ในระหว่างที่ได้รับแสงรังสีเหนือม่วงชนิด บี (UV-B photon) จะทะลุทะลวงชั้นผิวหนังชั้นอิพิเดอร์มิส (Epidermis) และเดอร์มิส (Dermis) การสร้างวิตามินดีที่ผิวหนังขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ตำแหน่งละติจูดที่อาศัยอยู่ ปริมาณของรังสีเหนือม่วงที่ได้รับ เสื้อผ้าที่ใส่ ฤดูกาลต่างๆในปีนั้นๆ และสีผิว (Skin melanin pigmentation) สอดคล้องกับผลการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการประเมินว่าหนุ่มสาวที่อาศัยอยู่ในเมืองบอสตัน (ละติจูดที่ 42 องศาเหนือ) เพียงแค่บริเวณหน้าและแขน รับแสงอาทิตย์ในช่วงเที่ยงวันประมาณ 15-20 นาที จะทำให้ผิวหนังสามารถสร้างวิตามินดีได้เพียงพอกับความต้องการในแต่ละวัน นั่นคือ 5 ไมโครกรัม (200 IU) ในผู้สูงอายุต้องใช้เวลามากกว่าคนหนุ่มถึงสองเท่าเพื่อให้ได้วิตามินดีที่สังเคราะห์จากผิวหนังในปริมาณเดียวกับคนหนุ่ม หากมีการสังเคราะห์วิตามินดีที่ผิวหนังต่ำร่วมกับการรับประทานวิตามินดีไม่เพียงพอ จะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดภาวะของฮอร์โมนพาราไทรอยด์สูงชนิดทุติยภูมิ (Secondary hyperparathyroidism) เกิดโรคกระดูกพรุนหรือภาวะขาดวิตามินดีอย่างรุนแรง ส่งผลทำให้เกิดโรคกระดูกน่วม (Osteomalacia) ได้ ซึ่งอาจสรุปได้ว่าการออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง นั้นมีส่วนช่วยเพิ่มระดับวิตามินดี ลดความเสี่ยงของโรคความดันโลหิตสูง, โรคกระดูกอ่อน และโรคกระดูกพรุน

3. การเปรียบเทียบผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งต่อค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา

จากการเปรียบเทียบก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ภายในกลุ่ม พบว่า กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก มีการเปลี่ยนแปลงดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก มีการเปลี่ยนแปลงดีขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและ

คลายตัวดีขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Schiffer, Stefania and Billy (2008) ได้ทำการศึกษารูปแบบการเต้นแอโรบิกที่มีผลต่อสมรรถภาพของหญิงก่อนหมดประจำเดือน พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักลดลง

การลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และความดันโลหิตมีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น เป็นผลมาจากการที่ร่างกายได้มีการฝึกกิจกรรมแบบแอโรบิกเป็นประจำทำให้หัวใจมีการปรับตัวเต้นช้าลง จะเห็นได้ว่าการลดลงของอัตราชีพจรขณะพัก มีความสัมพันธ์กันทั้งทางด้านสรีรวิทยาและระบบฮอร์โมนชนิดต่างๆ ซึ่งทำหน้าที่ร่วมกัน ดังนั้นการลดลงของความดันโลหิตทั้งขณะหัวใจบีบตัวและขณะหัวใจคลายตัวนั้น เป็นสาเหตุมาจากการลดลงของการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก (Sympathetic nervous system) ซึ่งมีผลต่อการลดแรงต้านของผนังหลอดเลือดรอบนอก ส่งผลให้มีการลดลงของแรงดันของการไหลเวียนของเลือด (McArdel, Katch and Katch., 2001) และการออกกำลังกายแบบแอโรบิกทำให้ความยืดหยุ่นของหลอดเลือดดีขึ้น ความต้านทานของหลอดเลือดส่วนปลายลดลง (เสก อักษรนุเคราะห์, 2543) นอกจากนี้การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องจะช่วยลดระดับแรงดันโลหิต โดยค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดจะมีค่าลดลงต่ำกว่าคนปกติ สาเหตุเป็นเช่นนี้เนื่องจากผู้ที่ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงพร้อมช่วยให้หลอดเลือดมีความยืดหยุ่นทำให้มีความต้านทานต่อการไหลเวียนโลหิตลดลง หลอดโลหิตขยายตัวได้ดี ทำให้ปริมาณโลหิตในหลอดเลือดแดงเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้ความดันขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดลดลงด้วย (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์, 2544) ซึ่งอาจสรุปได้ว่าการออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนนั้น มีส่วนช่วยให้ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดลดลง ช่วยลดปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

1. ควรมีการตรวจวัดคุณภาพความยืดหยุ่นของสปริงยึดความแข็งแรงของมินิแทรมโพลีนเพื่อความปลอดภัยและเพิ่มความมั่นใจการลงน้ำหนักบนมินิแทรมโพลีนได้อย่างเต็มที่

2. ควรเพิ่มจังหวะเพลงและท่าชุดในการเต้นแอโรบิก เพื่อความหลากหลาย สนุกสนาน ไม่เกิดความน่าเบื่อ สร้างแรงจูงใจให้เข้าร่วมกิจกรรม

3.ไม่สามารถควบคุมปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่องานวิจัยได้ เช่น อุณหภูมิ สภาพอากาศและความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเลตในแต่ละวัน เป็นต้น

4. ควรแนะนำให้กลุ่มตัวอย่างควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจขณะฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน โดยการเช็คที่นาฬิกาอยู่เสมอเพื่อควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจให้อยู่ในช่วงที่กำหนดของแต่ละบุคคล

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาผลการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในหญิงวัยหลังหมดประจำเดือนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกกำลังกายเพื่อชะลอการสลายมวลกระดูก

2. ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบการเต้นแอโรบิกบนพื้นเรียบกับพื้นยืดหยุ่น โดยใช้มินิแทรมโพลีน จะส่งผลต่อสารชีวเคมีของกระดูก

3. ควรทำการศึกษาผลการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนร่วมกับกิจกรรมการออกกำลังกายในรูปแบบอื่นๆ เช่น การใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน เป็นต้น

4. หากมีเวลาควรทำการศึกษาในระยะยาว โดยใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 6 เดือน เพื่อให้กระบวนการปรับแต่งเนื้อกระดูก (Cycle of bone remodeling) ทำงานได้อย่างครบวงจร และสมบูรณ์

5. ควรทำการศึกษาผลการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในผู้สูงอายุ และต้องมีความกว้างของขนาดมินิแทรมโพลีนที่กว้างขึ้น เพื่อป้องกันอันตรายและเกิดความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น รวมทั้งช่วยลดปัจจัยเสี่ยงต่อการหกล้มในผู้สูงอายุ

6. ควรเพิ่มกลุ่มตัวอย่างให้มากกว่านี้ในการออกกำลังกายกลางแจ้ง เพื่อจะได้เห็นผลของการเปลี่ยนแปลงระดับวิตามินดีที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กอบจิตต์ ลิมปพะยอม. **วัยหมดระดู.** กรุงเทพมหานคร : เรือนแก้วการพิมพ์, 2543.

ไกรศร วิวัฒน์พัฒนากุล. **โครงการส่งเสริมสุขภาพประชากรวัยทำงาน โดยใช้กลยุทธ์การประชาสัมพันธ์เชิงรุก.** ศูนย์ส่งเสริมสุขภาพเขต 6 ขอนแก่น, 2543.

จรวยพร ธรณินทร์ และวิชิต คนึงสุขเกษม. **แอโรบิกเพื่อสุขภาพ.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์เมดิคัล มีเดีย, 2530.

จันทร์เต็ม เก่งสกุล. **โรคกระดูกพรุนและการตรวจวัดความหนาแน่น.** [ออนไลน์]. 2547. แหล่งที่มา : www.vichaiyut.co.th/jul/27_01-2547/27_01-2547_p31-33.pdf [3 มิถุนายน 2554]

ฉกาจ ผ่องอักษร. สรีรวิทยาของการออกกำลังกายและผลต่อสุขภาพของกระดูก (Physiology of Exercise and Bone Health Effects).ในณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2009,** หน้า 1-35. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : คอนเซ็พท์ เมดิคัส, 2552.

ชิดพงษ์ ไชยวสุ. **แอโรบิกดานซ์กายบริหารเพื่อสุขภาพ.** กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์อักษรไทย, 2528.

ณรงค์ บุณยะรัตเวช. Clinical Practice in Biochemical Bone Markers.ในณรงค์ บุณยะรัตเวช และทวี ทรงพัฒนาศิลป์ (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2005,** หน้า 67-68. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : คอนเซ็พท์ เมดิคัส, 2549.

ณรงค์ บุณยะรัตเวช. Clinical Application of Vitamin D. ในณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2006,** หน้า 113-122. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : คอนเซ็พท์ เมดิคัล, 2549.

ณรงค์ บุณยะรัตเวช.Bone Markers.ในณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2007,** หน้า 37-50. พิมพ์ครั้งที่ 2.กรุงเทพมหานคร : คอนเซ็พท์ เมดิคัส, 2550.

ณรงค์ บุณยะรัตเวช. Clinical application of bone markers. ใน ณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2008**, หน้า 80-98. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : คอนเซ็พท์ เมดิคัส, 2551.

ณรงค์ บุณยะรัตเวช. Vitamin Related to Bone Health: Vitamin D. ในณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ),**ประชุมวิชาการ Bone Forum 2008,** หน้า 99-144. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : คอนเซ็พท์ เมดิคัส, 2551.

ณรงค์ บุณยะรัตเวช. Tutorial Bone Markers. ในณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2009,** หน้า 48-51. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพมหานคร : คอนเซ็พท์ เมดิคัส, 2552.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และกุลธิดา เชิงฉลาด. **ปทานานุกรมศัพท์กีฬาพลศึกษาและวิทยาศาสตร์การกีฬา.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และสิทธา พงษ์พิบูลย์. **เอกสารคำสอน วิชา สรีรวิทยาการออกกำลังกาย.** กรุงเทพมหานคร : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

ทวี ทรงพัฒนาศิลป์. Progress in Bone Biology: The Reviews and New Insights. ในณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2007,** หน้า 1-35. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : คอนเซ็พท์ เมดิคัส, 2550.

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

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

ธันวา ตันสถิต และ มนตกานต์ ตันสถิตย์. ระบบโครงร่างของร่างกาย (SKELETAL SYSTEM).ใน วิไล ชินธเนศ ธันวา ตันสถิต และ มนตกานต์ ตันสถิต (บรรณาธิการ). **กายวิภาคศาสตร์ของมนุษย์ (HUMAN ANATOMY),** หน้า 49-86. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

นภพร ทัศนัยนา. **การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ.** ศูนย์กีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 2547.

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

นิมิต เตชไกรชนะ. ฮอร์โมนทดแทนและโรคกระดูพรุน. ในนิมิต เตชไกรชนะ (บรรณาธิการ), **ฮอร์โมนทดแทนในวัยหมดระดู,** หน้า 171. กรุงเทพมหานคร : บียอนด์ เอ็นเทอร์ไพรซ์, 2543.

นิมิต เตชไกรชนะ และกระเษียร ปัญญาคำเลิศ. ฮอร์โมนทดแทนและมะเร็งเต้านม. ในนิมิต เตชไกรชนะ (บรรณาธิการ). **ฮอร์โมนทดแทนในวัยหมดระดู,** หน้า 292. กรุงเทพมหานคร : บียอนด์ เอ็นเทอร์ไพรซ์ จำกัด, 2543.

บริษัท ไทยยูโรทีมยิม (ประเทศไทย) จำกัด. **เกี่ยวกับแทรมโพลีน.** [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.thaiteamgym.com/About-us.html [20 เมษายน 2554]

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

บังอร ฉางทรัพย์. **กายวิภาคศาสตร์ 1.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

พิชิต ภูติจันทร์. **กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของมนุษย์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2545.

พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์. **Bone Care Kit กระดูก 206 ชิ้นที่ควรใส่ใจ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : หน้า 1759 ดับเบิลเอ ปริ้น เอ็กซ์เพรส, 2550.

ภนารี พานเพียรศิลป์. **สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย.** พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2541.

ภนารี บุษราคัมตระกูล. **สรีรวิทยา พยาธิสรีรวิทยาระบบกล้ามเนื้อและกระดูก.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

มยุรี ปัตตพงศ์. **โรคกระดูกผุในสตรีวัยทอง.** พุทธชินราชเวชสาร, 15(1), 2541.

รัชตะ รัชตะนาวิน. **โรคกระดูกพรุน.** ใน สุรวุฒิ ปรีชานนท์ และ สุรศักดิ์ นิลกาวงศ์ (บรรณาธิการ), ตำราโรคข้อ, หน้า 319-340. กรุงเทพมหานคร : เรือนแก้วการพิมพ์, 2538.

รำแพน พรเทพเกษมสันต์. **กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของมนุษย์ (Human Anatomy and Physiology),** หน้า 42-66. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : ศิลปาบรรณาคาร, 2549.

วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ. Metabolic bone disease. ใน สมชัย ปรีชาสุข, วิโรจน์ กวินวงศ์โกวิท และวิวัฒน์ วจนะวิศิษฐ์ (บรรณาธิการ), **ออร์โธปิดิกส์,** หน้า 377- 401. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : โฆสิตการพิมพ์, 2538.

วิวัฒน์ วจนะวิศิษฐ์. Bone as tissue. ใน สมชัย ปรีชาสุข, วิโรจน์ กวินวงศ์โกวิท และ วิวัฒน์ วจนะวิศิษฐ์ (บรรณาธิการ), **ออร์โธปิดิกส์,** หน้า 5-15. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : โฆสิตการพิมพ์, 2538.

วิไล คุปต์นิรัติศัยกุล.โรคกระดูกพรุน: ภัยเงียบของสุขภาพ.ใน มณี รัตนไชยานนท์ และธีรพงษ์ ตัณฑวิเชียร(บรรณาธิการ),**เวชศาสตร์ร่วมสมัย:วิชาการแพทย์ก้าวหน้า ประสานใจพัฒนาคุณภาพชีวิตไทย,** หน้า 217-225. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : พี.เอ.ลีฟวิ่ง, 2552.

วิศนียา ศิวพิทักษ์ และวสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล. ผลของการออกกำลังกายบนลู่วิ่งสายพานร่วมกับการออกกำลังกายแบบสั่นเป็นเวลา 12 สัปดาห์ต่อการสร้างและการสลายกระดูก (bone markers) ในผู้หญิงไทยวัยหมดประจำเดือน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา, 10(1): หน้า 217-230, 2553.

ศุภศิลป์ สุนทราภา. Vitamins and Minerals for Bone Health. ใน ณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2007,** หน้า 66-129. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : คอนเซ็พท์ เมดิคัส, 2550.

ศุภศิลป์ สุนทราภา. Panel Discussion on Vitamin D and Vitamin K2. ในณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), **ประชุมวิชาการ Bone Forum 2009,** หน้า 133-157. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : คอนเซ็พท์ เมดิคัส, 2552.

สัมฤทธิ์ สุทธิประภา. **การพยากรณ์ดัชนีรังสีอัลตราไวโอเลตในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองเชิงสถิติ.** เอกสารวิชาการ กรุงเทพมหานคร : กรมอุตุนิยมวิทยา ฝ่ายตรวจวัดมลภาวะและรังสีโอโซน สำนักเฝ้าระวังและเตือนสภาวะอากาศ, 2551.

สำนักพัฒนาวิชาการแพทย์, กรมการแพทย์ และกระทรวงสาธารณสุข. **แนวทางเวชปฏิบัติเรื่องโรคกระดูกพรุน.** กรุงเทพมหานคร : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, 2548.

สนธยา สีละมาด และ ดุจเดือน สีละมาด. **การฝึกด้วยน้ำหนัก: การประยุกต์กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาสู่เทคนิคการปฏิบัติ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

สมชาย เอื้อรัตนวงศ์.**โรคกระดูกพรุนในโรคข้อ (Osteoporosis in Rheumatic Diseases).** กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์, 2544.

สมพงษ์ สุวรรณวลัยกร. โรคกระดูกพรุน.ใน อุดม วิศิษฏสุนทร และรัตนวดี ณ นคร (บรรณาธิการ), **คู่มือสำหรับประชาชน โรคกระดูกพรุน-โรคปวดหลัง.** กรุงเทพมหานคร : เรือนแก้วการพิมพ์, 2543.

สุกัญญา พานิชเจริญนาม. **แอโรบิกดานซ์ คู่มือสำหรับครูฝึก.** กรุงเทพมหานคร : คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2545.

สุคนธ์ ไข่แก้ว. สตรีวัยหมดประจำเดือน: การดูแลตนเองเพื่อป้องกันโรคกระดูกพรุน. **วารสารพยาบาลศาสตร์** 15(1), 2540.

สุดา กาญจนะวณิชย์. **การพัฒนาโปรแกรมการเต้นแอโรบิกมวยไทยที่ทำให้เกิดการใช้พลังงานและสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.2550.

เสก อักษรานุเคราะห์. **ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : เทคนิค, 2539.

เสก อักษรานุเคราะห์. **โรคกระดูกโปร่งบาง กระดูกพรุน กระดูกทรุด.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : บี.เอ็ล.เอช.เทรดดิ้ง, 2543.

แสงจันทร์ ทองมาก. สุขภาพผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ. ใน คณาจารย์สถาบันพระบรมราชชนก. **การพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ เล่ม 1.** พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี: ยุทธรินทร์การพิมพ์, 2541.

สุขจันทร์ พงษ์ประไพ. การออกกำลังกายและแนวทางป้องกันการหกล้มสำหรับผู้ป่วยโรคกระดูกพรุน. ใน อุดม วิศิษฏสุนทร และรัตนวดี ณ นคร (บรรณาธิการ), **คู่มือสำหรับประชาชนโรคกระดูกพรุน-โรคปวดหลัง.** กรุงเทพมหานคร : เรือนแก้วการพิมพ์, 2543.

อภิชัย คงเสรีพงศ์. **Orthopaedics and Fractures โดย T.DUCKWORTH.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ปุ๊คเน็ท, 2542.

อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา. **โรคกระดูกโปร่งบางกับวัยทอง,** หน้า 22-25. ภาควิชาสุขภาพจิตและการพยาบาลจิตเวช คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2540.

อุดม วิศฏสนทร และรัตนวดี ณ นคร.**โรคกระดูกพรุน-ปวดหลัง.** กรุงเทพมหานคร : เรือนแก้วการพิมพ์, 2543.

อุตุนิยมวิทยา, **กรมรังสีอัลตราไวโอเลต**. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา : http://ozone.tmd.go.th/uv.htm [13 พฤษภาคม 2554]

อุรุษา เทพพิสัย, มยุรี จิรภิญโญ, อภิชาต จิตต์เจริญ และ จิตติมา มโนทัย. **สุขภาพองค์รวมในชาย-หญิงวัยทอง.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ข้าวฟ่าง, 2546.

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

ภาษาอังกฤษ

ACSM. **ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription.** 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wiikins, (2006).

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

Aragao 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,** 10, 1016(2011) : 1050-6411.

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

Bischoff H.A., Stahelin H.B., Urscheler N., Ehrsam R., Vonthein R., and Perrig-Chiello P. Muscle strength in the elderly : Its relation to vitamin D metabolites. **Arch Phys Med Rehabil,** 80, (1999) : 54-8.

Brock K ., Cant R ., Clemson L., Masonc R.S ., and Fraser D.R. Effects of diet and exercise on plasma vitamin D (25(OH)D) levels in Vietnamese immigrant elderly in Sydney, Australia. **J Steroid Biochem Mol Biol,** 103, (2007) : 786-792.

Chailurkit L., Teerarungsikul K., Rajatanavin R., Ongphiphadhanakul B., and Puavilai G. Serum vitamin D, parathyroid hormone and biochemical markers of bone turnover in normal Thai subjects. **J Med Assoc Thai,** 79, 8 (1996) : 499-504.

Chapuy M-C., Preziosi P., Maamer M., Arnaud S., Galan P., and Hercberg S. Prevalence of vitamin D insufficiency in an adult normal population. **Osteoporos Int**, 7, (1997) : 439-43.

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

Dowd R., and Calvalieri R. J. Help your patient live with osteoporosis. **AM J NURS,** 99, 4(1999): 55-60.

Erickson G. P., and Jones J.A. Osteoporosis risk assessment mature working women. **AAOHN J,** 40, 90(1992) : 423-428.

Evans R. K., Antczak A. J., Lester M., Yanovich R., sraeli E., and Moran D. S. Effect of a 4-monthrecruit training program on markers of bone metabolism. **Med Sci Sports Exerc,** 40, 11 (2008) : 660-670.

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

Florez H., Martinez R., Chacra W., Strickman-Stein N., and Levis S. Outdoor exercise reduces the risk of hypovitaminosis D in the obese.**J Steroid Biochem Mol Biol**, 103, (2007) : 679-681.

Galindo-ciocan D., Ciocon J. O., and Galindo D. Functional impairment among elderly women with osteoporotic vertebral fractures. **Rehabil Nurs,** 20, 2(1995) : 79-83.

Heinonen A., Sievanen H., Kannus P., Oja P., Pasanen M., Vuori I. Hight-impact exercise and bone of growing girls; a 9-month controlled trial. **Osteoporos Int,** 11, 12(2000) : 1010-7.

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

Holick M.F. Vitamin D: importance in the prevention of cancers, type 1 diabetes, heart disease, and osteoporosis. **Am J Clin Nutr,** 79, (2003) : 362–71.

Holmerova I., Machacova K., Vankova H., Veleta P., Juraskova B., Hrnciarikova D., Volicer L., Andel R . Effect of the Exercise Dance for Seniors (EXDASE) Program on Lower-Body Functioning Among Institutionalized Older Adults. **J. Aging Health**, 22, 1 (2010) : 106-119.

ICNIRP. Global Solar UV Index : **A Joint Recommendation of WHO, WMO, UNEP, ICNIRP and IRAC International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Oberschleissheim,** (1996).

Kitareewan W., Boonhong J., Janchai S., and aksaranugraha S. Effects of the treadmill walking exercise on the biochemical bone markers. **J Med Assoc Thai,** 94, 5 (2011) : 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,** 12, 8 (1997) : 1253-1261.

Kohrt W. M., Bloomflield S. A., Little K. D., Nelson M. E., and Yingling V. R. Physical activity and bone health. **Med Sci Sports Exerc**, 36, 11(2004) : 1985-1996.

Kulak A. M., and Bilezikian J.P. Osteoporosis: preventive strategies. **Int J Fertil**, 43, 2(1998) : 56-64.

Lappe J. M. Bone fragility : Assessment of risk and strategies for prevention. **J Obstet Gynecol Neonatal Nurs,** 23, (1993) : 260-268.

Lips P., Chapuy M.C., Holick MF., and Dawson_Hughes BPolsHAP. An international comparison of serum 25-hydroxyvitamin D measurements. **OsteoporosInt**, 9, 39(1999) : 4-7.

Marie J. **How to Exercise Using a Mini Trampoline.** [online]. 2010. Available from :http://www.livestrong.com/article/181825-how-to-exercise-using-a-mini-trampoline/#ixzz1CaOeKZCk. [30 January 2011]

Mcadle, W.D., Katch, F.I, Katch,V.L. **Exercise Physiology Energy, Nutrition and Human Performance.** 5th edit. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, (2001).

Mood D., Musker F.F., and Rink E.J. **Sports and recreational activities.** Boston, Mass; St.Louis, Miss: WCB/Mc Graw-Hill, Mosby, (1995).

Nancy K. L., Craig S. A., Arier L., Derrick A. B., Anne M., and Ian D. C. A Randomized, Controlled Trial of Quadriceps Resistance Exercise and Vitamin D in Frail Older People:

The Frailty Interventions Trial in Elderly Subjects (FITNESS). **J Am Geriatr Soc,** 51, (2003) : 291–299. .

Newstead A.H. The effect of a jumping exercise intervention on bone mineral density in post-menopausal women. **Med Sci Sports Exerc,** 36, 5(2004) : 58-59.

Penick D. **Trampoline Exercise Programs.** [online]. 2010. Available from: http://www.livestrong.com/article/164609-trampoline-exercise programs/#ixzz1CaMhytBD. [30 January 2011]

Phoosuwan M., Kritpet T., and Yuktanandana P. The effects of weight bearing yoga training on the bone resorption markers of the postmenopausal women. **J Med Assoc Thai,** 92, 5(2009) : 102-107.

Quinn E. **Bone density and Exercise. About.com Sports Medicine.** [online]. 2011. Available from : http://sportsmedicine.about.com. [10 August 2011]

Rose L., and Rose M. **Osteoporosis : the silent epidemic.** Sydney: Allen & Unwin, (1994).

Rose P.D. Clinical consequences of vertebral fractures. **The American Journal of Medicine,** 103, (1997) : 30-43.

Salamone LM., Dallal GE., Zantos D., Makrauer F., and Dawson-Hughes B. Contributions of Vitamin D intake and seasonal sunlight exposure to plasma 25-hydroxyvitamin D concentration in elderly women. **Am J Clin Nutr,** 58, (1993) : 80-6.

Schiffer, T., Stefania, S., and Billy S. Aerobic dance health and fitness effects on middle age premenopausal women. **J Exerc Physiol,** 11, 4(2008) : 25-33.

Snow C. M., Shaw J. M., Winters K. M., and Witzke K. A. Long-term exercise using weighted vests prevents hip bone loss in postmenopausal women. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci,** 55, 9 (2000) : 489-491.

Soontrapa Sp., Soontrapa Sk., and Chailurkit L. The prevalence and the Calcidiol Levels of Vitamin D Deficiency in the Elderly Thai Women in municipality of Khon Kaen Province, Thailand. **Srinagarind Med J,** 17, 4(2002) : 231-8.

Soontrapa Sp., Soontrapa Sk., Somboonporn C., and Somboonporn W. Vitamin D deficiency and the risk of osteoporosis in elderly women. **Srinagarind Med J,** 7, 3(2002) : 154-9.

Soontrapa Sk., Soontrapa Sp., Chailurkit L., Sakondhavat C., Kaewrudee Sr., Somboonporn W., and Loa-unka K. Prevalence of Vitamin D Deficiency among Postmenopausal Women at Srinagarind Hospital, Khon Kaen Province,Thailand. **Srinagarind Med J,** 21, 1(2006) : 23-29.

Soontrapa Sp., Soontrapa Sk., Bunyaratavej N, Rojanasthien S, Kittimanon N, Lektrakul S. Vitamin D status of Thai premenopausal women. **J Med Assoc Thai,** 92, 5(2009) : 17-20.

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,** 77, 1(2006) : 20-5.

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

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 working women. **J Med Assoc Thai,** 94, 5(2011) : 24-30.

Teomana N., Ozcan A., and Acar B. The effect of exercise on physical fitness and quality of life in postmenopausal women. **Maturitas,** 47, (2004):71-77.

WHO, WMO, UNEP, and ICNRP. Global Solar UV Index. **A Joint Recommendation of the WHO, WMO, UNEP and ICNRP, Geneva.** (2002).

Wikipedia. **Trampoline.**[online]. 2011. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/Trampoline. [20 April 2011]

Winze K.A., and Snow C.M. Effects of plyometric jump raining on bone mass in adolescent girls. **Med sci sports exerc,** 32, 6(2000) : 1051-7.

World Health Oganization. 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 Phamaceutical and steering committee**, (2000).

Ybarra J., Ade R., and Romeo J.H. Osteoporosis in men. **Nurs Clin North Am**, 31, 4(1996) :802-813.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ใบรับรองโครงการวิจัย

AF 01-12

The Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Subjects, Health Science Group, Chulalongkorn University
Institute Building 2, 4 Floor, Soi Chulalongkorn 62, Phyat hai Rd., Bangkok 10330, Thailand.
Tel: 0-2218-8147 Fax: 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 173/2011

Certificate of Approval

Study Title No.157.2/54 : EFFECTS OF TRAMPOLINE AEROBIC DANCE TRAINING ON BONE RESORPTION, VITAMIN D, HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS AND POSTURAL BALANCE IN WORKING WOMEN

Principal Investigator : Associate Professor Dr. Thanomwong Kritpet

Place of Proposed Study/Institution : Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

The Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Subjects, Health Science Group, Chulalongkorn University, Thailand, has approved constituted in accordance with the International Conference on Harmonization - Good Clinical Practice (ICH-GCP) and/or Code of Conduct in Animal Use of NRCT version 2000.

Signature: ..... Signature: .....

(Associate Professor Prida Tasanapradit, M.D.) (Assistant Professor Dr. Nuntaree Chaichanawongsaroj)

Chairman Secretary

Date of Approval : 14 December 2011 Approval Expire date : 13 December 2012

The approval documents including

1) Research proposal
2) Patient/Participant Information Sheet and Informed Consent Form
3) Researcher
4) Questionnaire

Protocol No. 157.2/54
Date of Approval 14 DEC 2011
Approval Expire Date 13 DEC 2012

The approved investigator must comply with the following conditions:

1. *The research/project activities must end on the approval expired date of the Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Subjects, Health Science Group, Chulalongkorn University (ECCU). In case the research/project is unable to complete within that date, the project extension can be applied one month prior to the ECCU approval expired date.*
2. *Strictly conduct the research/project activities as written in the proposal.*
3. *Using only the documents that bearing the ECCU's seal of approval with the subjects/volunteers (including subject information sheet, consent form, invitation letter for project/research participation (if available).*
4. *Report to the ECCU for any serious adverse events within 5 working days.*
5. *Report to the ECCU for any change of the research/project activities prior to conduct the activities.*
6. *Final report (AF 03-12) and abstract is required for a one year (or less) research/project and report within 30 days after the completion of the research/project. For thesis, abstract is required and report within 30 days after the completion of the research/project.*
7. *Annual progress report is needed for a two-year (or more) research/project and submit the progress report before the expire date of certificate. After the completion of the research/project processes as No. 6.*

ภาคผนวก ข
ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

(Patient/Participant Information Sheet)

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนต่อการสลายมวลกระดูก วิตามินดี สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน

EFFECTS OF TRAMPOLINE AEROBIC DANCE TRAINING ON BONE RESORPTION, VITAMIN D, HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS AND POSTURAL BALANCE IN WORKING WOMEN

ชื่อผู้วิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ ตำแหน่งอาจารย์ประจำ แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กทม.10330 โทรศัพท์ 02-2181012

โทรศัพท์มือถือ 081-8131970 E-mail: tkrit@yahoo.com

เอกสารข้อที่ 1.3/ก
วันที่ 14 ธ.ค. 2554
ใช้ถึงวันที่ 13 ธ.ค. 2555

เรียน ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกท่าน

ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัย ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนตลอดเวลา

โครงการนี้เกี่ยวข้องกับ การวิจัยผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนต่อการสลายมวลกระดูก วิตามินดี สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน อายุระหว่าง 35-45 ปี.

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนที่มีต่อการสร้างและการสลายของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน

2. เพื่อเปรียบเทียบการฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนในที่ร่มและกลางแจ้งที่มีต่อระดับวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษารูปแบบการออกกำลังกายที่จะนำมาใช้เป็นทางเลือกสำหรับหญิงวัยทำงาน มีรายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเป็นบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุระหว่าง 35-45 ปี

แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนในที่ร่ม 20 คน กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนในที่กลางแจ้ง 20 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน

1.1 การคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใช้เวลาทั้งหมด 20 นาทีต่อคน

- ทำการตอบแบบคัดเลือกอาสาสมัคร ใช้เวลา 5 นาที
- ทำการตอบแบบสอบถามประวัติสุขภาพทั่วไป ใช้เวลา 10 นาที
- ทำการทดสอบแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย 5 นาที

เกณฑ์ในการคัดเข้า (Inclusion criteria)

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีค่าดัชนีมวลกายน้อยกว่า 30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร
- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่ได้ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ หรือไม่เกิน 2 ครั้งต่อสัปดาห์
- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยต้องไม่ดื่ม ชา หรือกาแฟดำ โดยเฉลี่ยมากกว่า 2 แก้วต่อวัน
- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยต้องไม่ดื่มสุรา สูบบุหรี่ และรับประทานยาหรือฮอร์โมนที่มีผลต่อกระดูกมาก่อนการเข้าร่วมวิจัยอย่างน้อย 1 ปี

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยต้องมีค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้าไม่ต่ำกว่า - 2.5 ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่องค์การอนามัยโลกกำหนดซึ่งจะทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระดูก หลังจากนั้นผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยที่ผ่านเกณฑ์การตรวจค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้าแล้วจะทำการตรวจเลือดเพื่อดูภาวะการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ต้องมีค่าสูงไม่เกิน 4.00 นาโนกรัมมิลลิลิตร ซึ่งค่าการสลายมวลกระดูกจะบ่งบอกถึงภาวะของกระดูกในขณะนั้นของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยว่าอยู่ในสภาพปกติหรือไม่ และในการคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะตรวจวัดค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้าเป็นข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระดูก หากผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยผ่านเกณฑ์ก็จะดำเนินการตรวจเลือดเพื่อดูภาวะการสลายมวลกระดูก ซึ่งจะถือว่าผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยผ่านเกณฑ์คัดเข้าร่วมการวิจัย โดยไม่ต้องรอผลเลือด

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่มีประวัติเป็นโรคตับ โรคข้อเข่าเสื่อม และโรคหัวใจ

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยต้องผ่านเกณฑ์การตอบแบบสอบถามแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย และแบบคัดเลือกอาสาสมัคร

เกณฑ์ในการคัดออก (Exclusion criteria)

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดของการวิจัย

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่ผ่านเกณฑ์การตอบแบบสอบถามแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย และแบบคัดเลือกอาสาสมัคร

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยขาดการออกกำลังกายตามโปรแกรมติดต่อกันมากกว่า 2 สัปดาห์ ในขณะทำการทดลองหากขาดการออกกำลังกายรวมได้ 2 สัปดาห์ แต่ไม่ติดต่อกัน ยังไม่ถือว่าหลุดออกจากการทดลอง

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่สมัครใจหรือเข้าร่วมการวิจัยที่เกี่ยวต่อไป

- ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บและมีผลการเจ็บป่วยในช่วงของการทดลอง เป็นต้น

1.2 สำหรับกลุ่มควบคุมและผู้ที่ถูกคัดออกจากการวิจัยเมื่อทราบผลของการทดสอบเบื้องต้นแล้ว คณะผู้วิจัยจะมีการชี้แจงรายละเอียดข้อมูลของการทดสอบที่เกิดขึ้นและการให้คำแนะนำความรู้เกี่ยวกับปัญหาสุขภาพการออกกำลังกาย ณ ห้องกิจกรรมการออกกำลังกาย (ลีลาศ, ไยละ) ชั้น 2 อาคารชุพำพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อให้คำแนะนำความรู้เกี่ยวกับปัญหาด้านสุขภาพ เช่น ภาวะน้ำหนักเกินและภาวะอ้วน ความดันโลหิตสูง และโรคกระดูกพรุน นอกจากนี้การตรวจวัดค่าความหนาแน่นมวลกระดูกส้นเท้าจะทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระดูก หากพบภาวะกระดูกอยู่ในสภาพที่ผิดปกติขั้นรุนแรงคณะผู้วิจัยจะมีการส่งอีเมล์ขอคำแนะนำจากศาสตราจารย์คลินิกเกียรติคุณ นพ.ณรงค์ บุณยะรัตเวช ซึ่งเป็นที่ปรึกษาโครงการวิจัยในการให้คำแนะนำเบื้องต้น และมีการแนะนำให้พบแพทย์เพื่อดำเนินการตรวจวินิจฉัยต่อไป รวมทั้งให้แผ่นพับข้อมูลความรู้เกี่ยวกับภาวะน้ำหนักเกินและภาวะอ้วน โรคความดันโลหิตสูงและโรคกระดูกพรุนสามารถนำไปศึกษาได้ด้วยตนเอง

2. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่สามารถเลือกเข้ากลุ่มทดลอง หรือกลุ่มควบคุมได้ เนื่องจากผู้วิจัยจำการทดสอบเบื้องต้นกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเกี่ยวกับขั้นตอนในการแบ่งกลุ่ม โดยใช้การสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก เข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนในที่ร่ม 20 คน กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนในที่กลางแจ้ง 20 คน และกลุ่มควบคุม 20 คน รวมผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทั้งหมด 60 คน

3. การแต่งกาย ประกอบด้วย สวมเสื้อยืดแขนสั้น (ยาวเท่ากับครึ่งแขนท่อนบน), กางเกงวอร์มขาสั้น (เหนือเข่า) และไม่ทาครีมกันแดดบริเวณแขนและขา รวมทั้งไม่สวมถุงเท้าและรองเท้าในการเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีน กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนในที่ร่มต้องมีลักษณะเป็นห้องออกกำลังกาย มีเครื่องปรับอากาศอุณหภูมิเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส ฝึกในช่วงเวลา 17.30-18.30 น. กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนในที่กลางแจ้งต้องมีแดดส่อง ฝึกในช่วงเวลา 16.30-17.30 น. ทำการฝึกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ๆละ 3 วัน คือวันจันทร์ พุธ ศุกร์ ความหนักของการออกกำลังกาย 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ใช้เวลาครั้งละ 40 นาที และกลุ่มควบคุมมีการใช้ชีวิตประจำวันตามปกติรวมทั้งมีการออกกำลังกายไม่ลำเสมอหรือไม่เกิน 2 ครั้งต่อสัปดาห์

157 ง/ก
14 ธค 2554
13 ธค 2555

ลักษณะของแทรมโพลีน

ส่วนประกอบ

- แทรมโพลีน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.22 เมตร ยี่ห้อ คอนทริกซ์ (Contrix®) ของบริษัท โรงงาน ฟุตบอลสไทย สปอร์ตติ้งยูไนส์ จำกัด

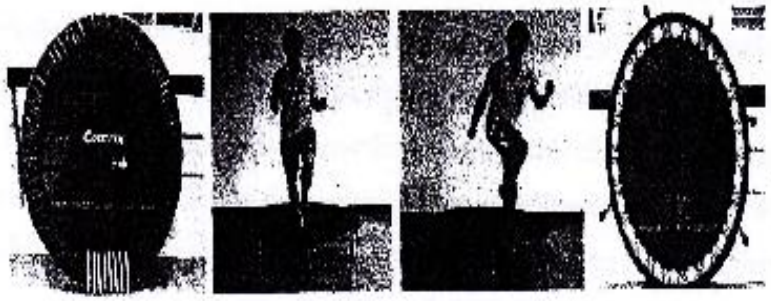
- ขาตั้งแทรมโพลีนทำด้วยเหล็กทั้งหมด 8 ตัว สูงจากพื้น 21.5 เซนติเมตร

- สปริงยืดความมั่นคงและเพิ่มความยืดหยุ่น 44 ตัว

- แผ่นรองแทรมโพลีนทอสานด้วยเส้นใยในส่วนมีความยืดหยุ่นและความทนทานสูง

คุณสมบัติ

ความยืดหยุ่นของแผ่นรองแทรมโพลีนจะขึ้นอยู่กับจำนวนของสปริง น้ำหนักตัวและความแข็งแรงของผู้กระโดดมากความยืดหยุ่นของสปริงก็จะมากตาม ขาตั้งของแทรมโพลีนมีความมั่นคงแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 100 กิโลกรัม



4. เก็บรวบรวมข้อมูล โดยทำการทดลอบทั้งหมด 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนการทดลอง และครั้งที่ 2 หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ โดยใช้เวลาในการทดสอบสุขสมรรถนะและความสามารถในการทรงตัว ประมาณ 40 นาทีต่อคน ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลการทดลอบด้วยตนเอง และผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทำการบันทึกพฤติกรรมประจำวัน โดยบันทึกทุกๆสัปดาห์ จนครบ 12 สัปดาห์ รายละเอียดการทดสอบประกอบด้วย

4.1 ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา (ทำการทดสอบ 2 ครั้ง)

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

157 2/54
14 ธค. 2554
13 ธค. 2555

4.2 การทดสอบสุขสมรรถนะ (ทำการทดลอบ 2 ครั้ง)

- เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (แปดร์เซ็นต์)
- ความอ่อนตัว (นั่งงอตัวก้มแตะปลายเท้า) (เซนติเมตร)
- ความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อ (ลุก-นั่งเก้าอี้ 1 นาที) (ครั้ง/นาที)
- สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (เดิน หรือเดินเร็วทดลอบบนลู่กล) (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)

4.3 ข้อมูลเกี่ยวกับกระดูกและวิตามินดี (ทำการทดลอบ 2 ครั้ง)

ทำการเจาะเลือดในช่วงเช้า 7.00-9.00 น. เจาะเลือดปริมาณ 3 ซีซี (ประมาณครึ่งช้อนชา) โดยเจ้าหน้าที่เทคนิคการแพทย์ ห้องปฏิบัติการ ชั้น 4 อาคารบรมราชชนนีศรีสดพรรช คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดำเนินการวิเคราะห์การทดสอบการสร้าง การสลายมวลกระดูกและวิตามินดีที่ห้องปฏิบัติการของหน่วยเคมีคลินิก ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล โดยปริมาณเลือดที่เจาะออกมาของ*ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย*ที่เข้าร่วมวิจัยจะทำการศึกษาเฉพาะงานวิจัยนี้เท่านั้นและจะถูกทำลายทิ้งหลังสิ้นสุดการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์

4.4 การทดสอบการทรงตัว (ทำการทดสอบ 2 ครั้ง)

ความสามารถในการทรงตัว ทดสอบด้วยบริซิโทมี้ อัพ แอนด์ โก (วินาที) เป็นแบบทดสอบเชิงปริมาณการเคลื่อนไหว โดยให้*ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย*ลุกขึ้นยืนจากท่านั่งเก้าอี้ เดินเป็นระยะทาง 3 เมตร จากนั้นหมุนตัวเดินกลับมานั่งที่เก้าอี้ตัวเดิม บันทึกเวลาตั้งแต่ลุกขึ้นจากเก้าอี้จนกลับมานั่งเก้าอี้ตัวเดิม

5. ความเสี่ยงของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยที่อาจจะได้รับจากการเข้าร่วมวิจัย ดังนี้

ความเสี่ยงจากการเจาะเลือด การเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำที่แขนมักจะทำให้เจ็บขณะแทงเข็มและอาจเป็นรอยเขียวช้ำได้หรือมีการติดเชื้อบริเวณที่เข็มแทงได้ *ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย*ที่เข้าร่วมวิจัยบางคนอาจเวียนศีรษะ มึนงงหรืออาจจะเป็นลมได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายการวิเคราะห์ผลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้เท่านั้น

อนึ่ง ปริมาณเลือดที่เจาะออกมาของ*ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย*ที่เข้าร่วมวิจัยจะทำการศึกษาเฉพาะงานวิจัยนี้เท่านั้นและจะถูกทำลายทิ้งโดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ หาก*ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย*ที่เข้าร่วมวิจัยต้องการทราบผลการตรวจเลือดอื่นๆที่นอกเหนือจากการวิจัยนี้กรุณาแจ้งความจำนงต่อผู้วิจัยพร้อมทั้งต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการตรวจเลือดเพื่อวิเคราะห์ผลนั้นๆเอง *ในกรณีผลเลือดผิดปกติจะมีการแนะนำให้พบแพทย์เพื่อดำเนินการตรวจวินิจฉัยต่อไป*

ความเสี่ยงจากการฝึกการออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีน เพื่อความปลอดภัยของ*ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย*ที่เข้าร่วมวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนที่มีผลต่อการสลายมวลกระดูก วิตามินดี สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงานกับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ก่อนนำมาใช้ในการวิจัย ในขณะที่ทำการฝึก*ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย*การออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนอาจรู้สึกปวดเมื่อยตามร่างกายหรือรู้สึกอึดอัดหายใจไม่สะดวก แต่อาการดังกล่าวจะหายไปในเวลาอันสั้น ทั้งนี้ก่อนและหลังจากการฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนทุกครั้งจะมีการอบอุ่นร่างกายและการผ่อนคลายร่างกายเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้น หาก*พบว่ามีการบาดเจ็บเกิดขึ้นในขณะฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีน ผู้นำเต้นและผู้ช่วยวิจัยจะให้ผู้มีส่วนร่วม*

14 ธ.ค. 2554
13 ธ.ค. 2555

ในการวิจัยหยุดหักทันที และดำเนินการปฐมพยาบาลตามความเหมาะสมของอาการ หากอาการยังไม่ดีขึ้นจะดำเนินการส่งต่อไปยังโรงพยาบาล โดยคณะผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษา

6. เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยจะมีการจัดให้กลุ่มควบคุมได้เต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ รวมทั้งหมด 6 ครั้ง หากวิเคราะห์ผลข้อมูลการวิจัยเบื้องต้นพบว่าการเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนในที่ร่มหรือกลางแจ้งส่งผลแตกต่างกันอย่างไร โดยจะเลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง และมีการแจกแผ่นพับข้อมูลความรู้เกี่ยวกับโรคกระดูกพรุนสามารถนำไปศึกษาได้ด้วยตนเอง

7. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะได้รับอาหารบำรุงร่างกายในการไปเจาะเลือดที่คณะสหเวชศาสตร์ การทดสอบสุขสมรรถนะ และการทรงตัวที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เช่น น้ำผลไม้ นมกล่อง และขนม เป็นต้น พร้อมทั้งชุดออกกำลังกาย ประกอบด้วยเสื้อยืดแขนสั้น (ยาวเท่ากับครึ่งแขนท่อนบน) และกางเกงวอร์มขาสั้น (เหนือเข่า) จำนวน 1 ชุด รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 250 บาทต่อคน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้ทราบถึงการฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนจะสามารถเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูก ชะลอการสลายมวลกระดูก รวมทั้งยังช่วยเพิ่มสุขสมรรถนะและความสามารถในการทรงตัวในหญิงวัยทำงานได้

2. การฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนในที่กลางแจ้งจะช่วยเพิ่มระดับวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน ลดปัญหาภาวะกระดูกพรุนได้

3. เป็นแนวทางในการส่งเสริมการออกกำลังกายที่มีความหลากหลาย ปลอดภัย และสามารถฝึกด้วยตัวเองได้ เพื่อเป็นทางเลือกในการออกกำลังกายสำหรับการป้องกันภาวะกระดูกพรุนในหญิงวัยทำงาน

4. ได้องค์ความรู้ใหม่และเป็นแนวทางในการวิจัยต่อไป

การเข้าร่วมเป็นกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเป็น **โดยสมัครใจ** และสามารถ**ปฏิเสธ**ที่จะเข้าร่วมหรือ**ถอนตัว**จากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้ โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว **เพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่**

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

ประโยชน์ของ*ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย*ที่จะได้รับจากการเข้าร่วมวิจัย คือผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของกระดูกและระดับวิตามินดี โดยดูภาวะการสร้าง การสลายของกระดูกและระดับวิตามินดีว่าอยู่ในภาวะปกติตามวัยหรือไม่

เอกสารรับรองที่ 157.2/54
วันที่ 14 ธค. 2554
วันหมดอายุ 13 ธค. 2555

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

วันที่ 15 ต.ค. 54

วันที่เริ่มต้น 14 ต.ค. 2554

วันสิ้นสุด 13 ต.ค. 2555

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดนยวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์)

ผู้วิจัยหลัก

วันที่ 13 / ตุลาคม / 2554

ภาคผนวก ค
หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

AF 05-07

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

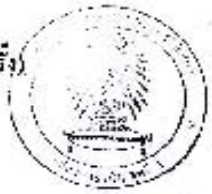
ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย	ผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนต่อการตอบสนองของกระดูก วิตามินดี สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน
ชื่อผู้วิจัย	รองศาสตราจารย์ ดร.ณยอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์
ที่อยู่ที่ติดต่อ	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
โทรศัพท์	02-2181012
โทรศัพท์มือถือ 081-8131970	**E-mail Address : tkritpet@yahoo.com**

ข้าพเจ้า ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยครั้งนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอม ตอบแบบสอบถามประวัติสุขภาพทั่วไป เข้าร่วมการออกกำลังกายตามรูปแบบที่กำหนด เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ๆละ 3 วันๆละ 40 นาที (วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์) และทำการทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนการทดลอง และครั้งที่ 2 หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลการทดสอบด้วยตนเอง รายละเอียดการทดสอบประกอบด้วย

1. ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา (ทำการทดสอบ 2 ครั้ง)
   - อายุ (ปี)
   - ส่วนสูง (เซนติเมตร)
   - น้ำหนัก (กิโลกรัม)
   - อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)
   - ความดันโลหิตขณะพัก (มิลลิเมตรปรอท)



197-2/54
14 ธ.ค. 2554
13 ธ.ค. 2555

2. การทดสอบสุขสมรรถนะ (ทำการทดสอบ 2 ครั้ง)
   - เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย
   - ความอ่อนตัว (นั่งงอตัวก้มแตะปลายเท้า) (เซนติเมตร)
   - ความแข็งแรงคงทนของกล้ามเนื้อ (ลุก-นั่งเก้าอี้ 1 นาที) (ครั้ง/นาที)
   - สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (เดิน หรือเดินเร็วทดสอบบนลู่วิ่ง) (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)

3. การสร้างและการสลายของกระดูก (ทำการทดสอบ 2 ครั้ง)

ทำการทดสอบการสร้างของกระดูก *(P1NP)* และการสลายของกระดูก *(β-CrossLaps)* ในเลือด โดยทำการเจาะเลือดทดสอบในช่วงเช้า 7.00-9.00 น. โดยเจ้าหน้าที่เทคนิคการแพทย์ ห้องปฏิบัติการ ชั้น 4 อาคารบรมราชชนนีศรีสดพรรษ คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเจาะเลือดปริมาณ 3 ซีซี (ประมาณครึ่งช้อนชา)

* ตัวเลข หมายถึง คำอธิบาย ไม่ต้องระบุในเอกสาร

AF 0

3. วิตามินดี (ทำการทดสอบ 2 ครั้ง)

ทำการทดสอบระดับวิตามินดี *(Calcidiol)* ในเลือด โดยนำด้วยอย่างเลือดปริมาณ 3 ซีซี จากการตรวจข้อมูลสารสร้างและการสลายของกระดูกมาใช้ในการวิเคราะห์ระดับวิตามินดี

4. การทดสอบการทรงตัว (ทำการทดสอบ 2 ครั้ง)

ความสามารถในการทรงตัว ทดสอบด้วยวิธีไทม์ อัพ แอนด์ โก (วินาที) *เป็นแบบทดสอบเชิงปริมาณการเคลื่อนไหว โดยให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยลุกขึ้นยืนจากท่านั่งก้าวเดินเป็นระยะทาง 3 เมตร จากนั้นหมุนตัวเดินกลับมานั่งที่เก้าอี้ตัวเดิม บันทึกเวลาตั้งแต่ลุกขึ้นจนก้นสัมผัสเก้าอี้ตัวเดิม*

ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเสนอรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า และจะทำลายเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147, 0-2218-8141 โทรสาร 0-2218-8147 **E-mail: eccu@chula.ac.th**

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(รองศาสตราจารย์ดร. ธนอนวลศ์ กฤษณ์เพียร)
ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

157.2/54
14 ธ.ค. 2554
13 ธ.ค. 2555

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

* ตัวเอียง หมายถึง คำอธิบาย ไม่ต้องระบุในเอกสาร

ปรับปรุงเมื่อ 23 พฤษภาคม 2554

ภาคผนวก ง
แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย

แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย

(Physical Activity Readiness Questionnaire : PAR-Q)

สำหรับบุคคลทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 15-69 ปี

โปรดอ่านอย่างละเอียดและตอบคำถามเหล่านี้ตามความเป็นจริงว่า มี/เคย หรือ ไม่มี/ไม่เคย ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา

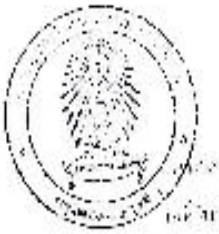
☐ เคย	☐ ไม่เคย	1. แพทย์ที่ตรวจรักษาท่านเคยบอกหรือไม่ว่า ท่านมีความผิดปกติของหัวใจ ควรออกกำลังกายภายใต้คำแนะนำของแพทย์เท่านั้น
☐ มี	☐ ไม่มี	2. ท่านมีความรู้สึกเจ็บปวดหรือแน่นบริเวณหน้าอก ขณะที่ท่านออกกำลังกายหรือไม่
☐ เคย	☐ ไม่เคย	3. ในรอบเดือนที่ผ่านมา ท่านเคยมีอาการเจ็บแน่นหน้าอก ในขณะที่อยู่เฉยๆ โดยไม่ได้ออกกำลังกายหรือไม่
☐ มี	☐ ไม่มี	4. ท่านมีอาการสูญเสียการทรงตัว (ยืนหรือเดินแย่) เนื่องมาจากอาการวิงเวียนศีรษะหรือไม่ หรือท่านเคยเป็นลมหมดสติหรือไม่
☐ มี	☐ ไม่มี	5. ท่านมีปัญหาที่กระดูกหรือข้อต่อซึ่งจะมีอาการแย่ลงถ้าท่านทดกำลังกายหรือไม่
☐ มี	☐ ไม่มี	6. แพทย์ที่ตรวจรักษาท่านมีการสั่งยารักษาโรคความดันโลหิตสูงหรือความผิดปกติของหัวใจให้ท่านหรือไม่
☐ มี	☐ ไม่มี	7. เท่าที่ท่านทราบยังมีเหตุผลอื่นๆ อีกที่ทำให้ท่านไม่สามารถออกกำลังกายได้หรือไม่

ข้าพเจ้าได้อ่านได้ทำความเข้าใจและกรอกแบบ PAR-Q ทุกคำถามด้วยความเต็มใจ

(ลงชื่อ) .....

(.....)

วันที่...../...../.....



(ลงชื่อ) .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์)

ผู้วิจัยหลัก

หมายเหตุ ถ้าตอบว่ามีหรือเคยเพียงข้อเดียวจะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าเป็นกลุ่มตัวอย่าง

ภาคผนวก จ
แบบคัดเลือกอาสาสมัคร

แบบคัดเลือกอาสาสมัคร

ผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนแทรมโพลีนต่อการสลายมวลกระดูก วิตามินดี สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ในหญิงวัยทำงาน

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

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ถูกต้อง

1. ยังคงมีประจำเดือนมาอย่างสม่ำเสมอหรืออาจพบว่ามีประจำเดือนขาดหายไปบ้างบางครั้งแต่ไม่เกิน 3 เดือน ☐ไม่ใช่ ☐ใช่
2. อายุระหว่าง 35-45 ปี ☐ไม่ใช่ ☐ใช่
3. ดัชนีมวลกาย (BMI) น้อยกว่า 30 kg/m^2 ☐ไม่ใช่ ☐ใช่
4. ไม่ดื่มหรือเลิกดื่มสุรามาแล้วมากกว่า 1 ปี ☐ไม่ใช่ ☐ใช่
5. ไม่ดื่มชา และหรือกาแฟดำหรือดื่มไม่เกิน 2 ถ้วยมาตรฐานต่อวัน ☐ไม่ใช่ ☐ใช่
6. ไม่ได้รับฮอร์โมนทดแทน ☐ไม่ใช่ ☐ใช่
7. ไม่ได้รับยาที่ส่งผลต่อกระดูก ☐ไม่ใช่ ☐ใช่
8. ไม่สูบบุหรี่หรือเลิกสูบบุหรี่มาแล้วมากกว่า 1 ปี ☐ไม่ใช่ ☐ใช่
9. สามารถเข้าร่วมโครงการเป็นเวลานาน 3 เดือน ☐ไม่ใช่ ☐ใช่
10. ทำการผ่าตัดมดลูกออกไข่หรือไม่ ☐ไม่ใช่ ☐ใช่ เมื่ออายุ.....ปี
11. ทำการผ่าตัดรังไข่ออกทั้งสองข้างไข่หรือไม่ ☐ไม่ใช่ ☐ใช่ เมื่ออายุ...ปี

หมายเหตุ ในกรณีที่มีการทำเครื่องหมาย ✓ ใน ☐ ช่อง ไม่ใช่ หมายถึงท่านอาสาสมัครไม่สามารถเข้าร่วมโครงการวิจัย

สรุปผลการคัดเลือก ☐ สามารถเข้าร่วมโครงการ ☐ ไม่สามารถเข้าร่วมโครงการ

ลงชื่อผู้ดำเนินการคัดเลือก..... (ตัวบรรจง)

157.2/54

วันที่รับรอง 11 ธค 2554

วันหมดอายุ 13 ธค 2555

ภาคผนวก ฉ
แบบสอบถามประวัติสุขภาพทั่วไป

แบบสอบถามประวัติสุขภาพทั่วไป

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน☐ ที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุดและเติมรายละเอียดลงในช่องว่างต่อไปนี้

ชื่อ-สกุล..... อายุ.....ปี อาชีพ.....

ส่วนสูงในปัจจุบัน.....เซนติเมตร ส่วนสูงในช่วง 3-5 ปี ที่ผ่านมา.....เซนติเมตร

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

2. ประวัติครอบครัว เคยมีบุคคลในครอบครัวกระดูกหักจากการล้มเล็กน้อยหรือได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคกระดูกพรุนหรือไม่

☐ มี โปรดระบุความเกี่ยวข้อง..... ☐ไม่มี

3. ประวัติของท่านเคยกระดูกหักจากการล้มเล็กน้อยเมื่ออายุระหว่าง 20-ปัจจุบัน

☐ เคย โปรดระบุตำแหน่ง..... ☐ไม่เคย

4. ประวัติการมีประจำเดือน เริ่มมีประจำเดือนเมื่ออายุ.....ปี

☐ มีประจำเดือนทุกเดือน ☐ ไม่มีประจำเดือนสม่ำเสมอ โปรดระบุ.....

ปริมาณประจำเดือน ☐ปกติ ☐มากกว่าหรือน้อยกว่าปกติ

5. ได้รับฮอร์โมนเสริมหรือไม่

☐ ไม่รับ ☐ ได้รับ

รูปแบบของยาฮอร์โมนเพศที่ได้รับ

☐ ยากิน ☐ ยาทา ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

6. เคยทำการผ่าตัดรังไข่ออกทั้งสองข้างไข่หรือไม่

☐ ไม่เคย ☐ เคย เมื่ออายุ.....ปี

7. ประวัติการใช้ยาคุมกำเนิด

☐ไม่เคย ☐เคย โดยใช้ ☐ชนิดรับประทาน ☐ชนิดฉีด

8. ประวัติการดื่มนม

☐ไม่ดื่ม

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

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

154.21
14 ก.ค. 2554
13 ก.ค. 2555

9. การออกกำลังกาย

☐ไม่ออกกำลังกาย ☐ออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ ☐ทุกกำลังกายสม่ำเสมอ

โปรดระบุชนิดของการออกกำลังกาย.....

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

10. การได้รับแสงแดด

☐ไม่สม่ำเสมอ นาน.....นาที/วัน ☐เป็นประจำ นาน.....นาที/วัน

11. การรับประทานแคลเซียมและผลิตภัณฑ์จากแคลเซียม หรือวิตามินดี

☐ไม่รับประทาน ☐รับประทานเป็นบางครั้ง ☐รับประทานสม่ำเสมอ

โปรดระบุปริมาณ.....มิลลิกรัมต่อวัน

12. ท่านเคยใช้ยาข้อใดเป็นประจำในรอบ 1 ปี ที่ผ่านมา

☐ไม่เคยใช้ยาชนิดใดเป็นประจำ

☐เคย ระบุประเภทยา ☐ไทรอยด์ฮอร์โมน ☐เฮพาริน

☐สเตียรอยด์ ☐ยากันชัก

☐เตตราไซคลิน ☐ยาลูกกลอน

☐อื่นๆ..... ☐ไม่ทราบ

13.รายละเอียดอื่นๆ (โปรดระบุ เช่น มีการปวดหลังและปวดเข่า เป็นต้น)

.....

.....

.....

157.2/54

14 ธค 2554

13 ธค 2555

ลงชื่อ.....ผู้เข้าร่วมการวิจัย

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ภาคผนวก ช
แบบบันทึกพฤติกรรมประจำวันของกลุ่มตัวอย่าง

*ลำดับที่ 1-20 กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม *ลำดับที่ 21-40 กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง *ลำดับที่ 41-60 กลุ่มควบคุม

*ลำดับที่.....

แบบบันทึกพฤติกรรมประจำวันของกลุ่มตัวอย่าง

ประจำเดือน.....

วัตถุประสงค์ เพื่อต้องการติดตามและควบคุมการดำเนินชีวิตประจำวัน ในด้านการออกกำลังกาย และการรับประทานอาหาร เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆที่เกิดขึ้นนั้นล้วนเป็นผลมาจากโปรแกรมการฝึกเท่านั้น โดยให้กลุ่มตัวอย่างบันทึกทุกๆสัปดาห์จนครบ 3 เดือนของการทดลอง หากการบันทึกไม่สมบูรณ์ก็นำเอาข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างเท่าที่บันทึกได้ เพราะข้อมูลบันทึกประจำวันนี้ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลงานวิจัย

1. การดื่มเครื่องดื่ม (250 ซี.ซี. เท่ากับ 1 แก้ว)

☐ ไม่ได้ดื่ม

☐ ดื่ม (โปรดระบุในตาราง)

ชนิดเครื่องดื่ม	**สัปดาห์ที่ 1 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 2 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 3 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 4 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 5 วันที่...ถึง...**
1.1 แอลกอฮอล์	.....แก้ว	.....แก้ว	.....แก้ว	.....แก้ว	.....แก้ว
1.2 ชา	.....แก้ว	.....แก้ว	.....แก้ว	.....แก้ว	.....แก้ว
1.3 กาแฟดำ	.....แก้ว	.....แก้ว	.....แก้ว	.....แก้ว	.....แก้ว
1.4 น้ำอัดลม	.....แก้ว	.....แก้ว	.....แก้ว	.....แก้ว	.....แก้ว
1.5 อื่นๆ (ระบุ.....)	.....แก้ว	.....แก้ว	.....แก้ว	.....แก้ว	.....แก้ว

2. การออกกำลังกาย (ยกเว้นการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนของโครงการวิจัย)

☐ ไม่มี

☐ มี (โปรดระบุในตาราง)

ชนิด การออกกำลังกาย	**สัปดาห์ที่ 1 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 2 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 3 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 4 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 5 วันที่...ถึง...**
2.1 ..... ครั้งละ.....นาที	.....ครั้ง	.....ครั้ง	.....ครั้ง	.....ครั้ง	.....ครั้ง
2.2 ..... ครั้งละ.....นาที	.....ครั้ง	.....ครั้ง	.....ครั้ง	.....ครั้ง	.....ครั้ง

*ลำดับที่ 1-20 กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม *ลำดับที่ 21-40 กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง *ลำดับที่ 41-60 กลุ่มควบคุม

3. การได้รับแสงแดด

☐ ไม่ได้รับ

☐ ได้รับ (โปรดระบุในตาราง)

การได้รับแสงแดด	**สัปดาห์ที่ 1 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 2 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 3 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 4 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 5 วันที่...ถึง...**
3.1 ไม่สม่ำเสมอ ครั้งละ……นาที/วัน	…..ครั้ง	…..ครั้ง	…..ครั้ง	…..ครั้ง	…..ครั้ง
3.2 เป็นประจำ ครั้งละ……นาที/วัน	…..ครั้ง	…..ครั้ง	…..ครั้ง	…..ครั้ง	…..ครั้ง

4. การได้รับฮอร์โมนทดแทน

☐ ไม่ได้รับ

☐ ได้รับ (โปรดระบุในตาราง)

ชนิด ฮอร์โมน	**สัปดาห์ที่ 1 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 2 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 3 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 4 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 5 วันที่...ถึง...**
4.1 ……... ขนาด……..มิลลิกรัม	…..ครั้ง	…..ครั้ง	…..ครั้ง	…..ครั้ง	…..ครั้ง

5. การได้รับยาที่ส่งผลต่อกระดูก

☐ ไม่ได้รับ

☐ ได้รับ (โปรดระบุในตาราง)

ชนิด ยาที่ได้รับ	**สัปดาห์ที่ 1 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 2 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 3 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 4 วันที่...ถึง...**	**สัปดาห์ที่ 5 วันที่...ถึง...**
5.1 ……... ขนาด……..มิลลิกรัม	…..ครั้ง	…..ครั้ง	…..ครั้ง	…..ครั้ง	…..ครั้ง
4.2 ……... ขนาด……..มิลลิกรัม	…..ครั้ง	…..ครั้ง	…..ครั้ง	…..ครั้ง	…..ครั้ง

ภาคผนวก ซ
ขั้นตอนและโปรแกรมการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน

ขั้นตอนการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน

ขั้นตอนการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม (Indoor mini trampoline aerobic dance training)

1. สวมเครื่องส่งสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ให้กระชับพอดี
2. บันทึกข้อมูลส่วนสูง น้ำหนัก อายุ เพศ ลงนาฬิกา โพลาร์รุ่น “M53” ประเทศฟินแลนด์
3. อบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบประกอบด้วยท่าทางการเคลื่อนไหวของเท้า และการยืดเหยียดของกล้ามเนื้อเป็นเวลา 5 นาที
4. ถอดรองเท้า และถุงเท้าอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีนเป็นเวลา 5 นาที
5. เริ่มออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน พร้อมทั้งกดนาฬิกาโพลาร์ ฝึกแบบต่อเนื่องเป็นเวลา 20 นาที โดยควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงที่กำหนด
6. ผ่อนคลายร่างกายบนมินิแทรมโพลีนเป็นเวลา 5 นาที พร้อมทั้งบันทึกค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจ (Average heart rate) ตลอดช่วงการออกกำลังกาย และยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 5 นาที

ขั้นตอนการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง (Outdoor mini trampoline aerobic dance training)

1. สวมเครื่องส่งสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ให้กระชับพอดี
2. บันทึกข้อมูลส่วนสูง น้ำหนัก อายุ เพศ ลงนาฬิกา โพลาร์รุ่น “M53” ประเทศฟินแลนด์ และบันทึกค่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเวลา 7.20-8.00 น. ของทุกวัน
3. อบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบประกอบด้วยท่าทางการเคลื่อนไหวของเท้า และการยืดเหยียดของกล้ามเนื้อเป็นเวลา 5 นาที
4. ถอดรองเท้า และถุงเท้าอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีนเป็นเวลา 5 นาที
5. เริ่มออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน พร้อมทั้งกดนาฬิกาโพลาร์ ฝึกแบบต่อเนื่องเป็นเวลา 20 นาที โดยควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วงที่กำหนด
6. ผ่อนคลายร่างกายบนมินิแทรมโพลีนเป็นเวลา 5 นาที พร้อมทั้งบันทึกค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจ (Average heart rate) ตลอดช่วงการออกกำลังกาย และยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 5 นาที

ความหนักที่ใช้ในการออกกำลังกาย

ใช้ร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (% Maximal heart rate, HR_{max}) เป็นตัวกำหนดความหนัก

วิธีการคำนวณ

อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{max}) = 220-อายุ

ร้อยละของอัตราการเต้นของหัวใจ (% HR_{max}) = % x (220-อายุ)

ในสัปดาห์ที่ 1-2 เป็นช่วงของการปรับตัว และสร้างความคุ้นเคยกับการออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีน

ในสัปดาห์ที่ 3-12 ออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 60-80% HR_{max} (ออกกำลังกายในระดับปานกลาง-หนัก)

เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor)

เครื่องมือ

1. นาฬิกาเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ โพลาร์รุ่น “M53” ประเทศฟินแลนด์
2. สายคาด และเครื่องส่งสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจ

วิธีการ

1. ให้ผู้เข้าร่วมโครงการสวมสายคาด และเครื่องส่งสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจบริเวณใต้รอบอกปรับขนาดให้กระชับพอเหมาะ ไม่แน่น หรือหลวมจนเกินไป
2. ผู้วิจัยกดปุ่ม “Start”ที่นาฬิกา เพื่อทำการเชื่อมต่อสัญญาณ

การบันทึก

บันทึกผลค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที) ที่ปรากฏบนหน้าจอนาฬิกา

โปรแกรมการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน

(Mini trampoline aerobic dance exercise program)

ความหนักของงานระหว่าง 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

โปรแกรมการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน โดยใช้การเคลื่อนไหวชนิดที่ไม่มีแรงกระแทก (Non impact) คือขณะเคลื่อนไหวเท้าทั้งสองข้างติดอยู่กับพื้นมินิแทรมโพลีน เช่น การยืนบนพื้นมินิแทรมโพลีนด้วยเท้าทั้งสองข้างผสมผสานกับการใช้การเคลื่อนไหวชนิดที่มีแรงกระแทกต่ำ (Low impact) กล่าวคือ ขณะเคลื่อนไหวเท้าใดเท้าหนึ่งจะต้องอยู่บนพื้นมินิแทรมโพลีนเสมอ

สัปดาห์ที่ 1-2 เป็นช่วงของการปรับตัว และสร้างความคุ้นเคยกับการออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีน โดยใช้จังหวะเพลง 130 จังหวะ/นาที

สัปดาห์ที่ / วัน	**กิจกรรม**	**รายละเอียด (สัปดาห์ที่ 1-2)**	**ระยะเวลา**	**จังหวะดนตรี**	**ความหนักของงาน**
1-2 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงอบอุ่นร่างกาย (Warm up)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบลงน้ำหนักรวมทั้งบริหารข้อต่อต่างๆ แบ่งเป็นนาทีที่ 1-5 เป็นท่าสำหรับการอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ นาทีที่ 6-10 เป็นท่าอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีน	10 นาที	110 จังหวะ/นาที	
1-2 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงการฝึก (Aerobic phase)	-ทักษะการเคลื่อนไหวแบบลงน้ำหนักบนมินิแทรมโพลีน เป็นชุดท่าเต้นทั้งหมด 3 ชุด เริ่มจากนาทีที่ 11-30	20 นาที	130 จังหวะ/นาที	
1-2 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงผ่อนคลายกล้ามเนื้อ (Cool down)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบลงน้ำหนัก แบ่งเป็นนาทีที่ 31-35 เป็นท่าสำหรับผ่อนคลายกล้ามเนื้อบนมินิแทรมโพลีน นาทีที่ 36-40 เป็นท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อบนพื้นเรียบ	10 นาที	110 จังหวะ/นาที	

สัปดาห์ที่ 3-7 ควบคุมจังหวะการเคลื่อนไหวโดยใช้จังหวะเพลง 135 จังหวะ/นาที และควบคุมความหนักของอัตราการเต้นของหัวใจให้อยู่ที่ 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

สัปดาห์ที่ / วัน	**กิจกรรม**	**รายละเอียด (สัปดาห์ที่ 3-7)**	**ระยะเวลา**	**จังหวะดนตรี**	**ความหนักของงาน**
3-7 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงอบอุ่นร่างกาย (Warm up)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบลงน้ำหนักรวมทั้งบริหารข้อต่อต่างๆ แบ่งเป็นนาทีที่ 1-5 เป็นท่าสำหรับการอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ นาทีที่ 6-10 เป็นท่าอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีน	10 นาที	110 จังหวะ/นาที	
3-7 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงการฝึก (Aerobic phase)	-ทักษะการเคลื่อนไหวแบบลงน้ำหนักบนมินิแทรมโพลีน เป็นชุดท่าเต้นทั้งหมด 3 ชุด เริ่มจากนาทีที่ 11-30	20 นาที	135 จังหวะ/นาที	60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด
3-7 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงผ่อนคลายกล้ามเนื้อ (Cool down)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบลงน้ำหนัก แบ่งเป็นนาทีที่ 31-35 เป็นท่าสำหรับผ่อนคลายกล้ามเนื้อบนมินิแทรมโพลีน นาทีที่ 36-40 เป็นท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อบนพื้นเรียบ	10 นาที	110 จังหวะ/นาที	

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

สัปดาห์ที่ / วัน	**กิจกรรม**	**รายละเอียด (สัปดาห์ที่ 8-12)**	**ระยะเวลา**	**จังหวะดนตรี**	**ความหนักของงาน**
8-12 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงอบอุ่นร่างกาย (Warm up)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบลงน้ำหนักรวมทั้งบริหารข้อต่อต่างๆ แบ่งเป็นนาทีที่ 1-5 เป็นท่าสำหรับการอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ นาทีที่ 6-10 เป็นท่าอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีน	10 นาที	110 จังหวะ/นาที	
8-12 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงการฝึก (Aerobic phase)	-ทักษะการเคลื่อนไหวแบบลงน้ำหนักบนมินิแทรมโพลีน เป็นชุดท่าเต้นทั้งหมด 5 ชุด เริ่มจากนาทีที่ 11-30	20 นาที	140 จังหวะ/นาที	60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด
8-12 จันทร์ พุธ ศุกร์	ช่วงผ่อนคลายกล้ามเนื้อ (Cool down)	-กิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายแบบลงน้ำหนัก แบ่งเป็นนาทีที่ 31-35 เป็นท่าสำหรับผ่อนคลายกล้ามเนื้อบนมินิแทรมโพลีน นาทีที่ 36-40 เป็นท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อบนพื้นเรียบ	10 นาที	110 จังหวะ/นาที	

โปรแกรมการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (ท่าชุด 32 จังหวะ)

หลักการและเหตุผล

การออกกำลังกายด้วยการเต้นแอโรบิกบนพื้นยืดหยุ่นโดยใช้มินิแทรมโพลีน เปรียบเทียบการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้ง จะมีผลต่อการสลายมวลกระดูกและระดับวิตามินดีในหญิงวัยทำงานแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งที่มีต่อการสร้างและการสลายมวลกระดูกในหญิงวัยทำงาน

2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งที่มีต่อระดับวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน

แนวทางปฏิบัติในการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน

1. โปรแกรมการฝึกจะต้องมีการพัฒนาจากง่ายไปยาก จากเบาไปหนัก เพื่อเพิ่มขีดความสามารถ และประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกายให้ดีขึ้น

2. เนื่องจากขนาดของมินิแทรมโพลีนมีพื้นที่ค่อนข้างจำกัด การเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก และควรมีการออกแบบท่าทางการเคลื่อนไหวให้เหมาะสมกับช่วงอายุของแต่ละบุคคล

3. โปรแกรมการฝึกมุ่งเน้นการเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูก เพิ่มระดับวิตามินดี และช่วยลดความเสี่ยงของภาวะโรคกระดูกพรุน รวมทั้งความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ และองค์ประกอบของร่างกาย

4. ควรฝึกเป็นประจำสม่ำเสมอ ควรใช้ช่วงเวลา สถานที่ในการฝึก และการบริหารร่างกายที่แน่นอนตรงกัน เช่น ช่วงเช้า หรือช่วงเย็น ในร่มหรือกลางแจ้ง เป็นต้น เพื่อสร้างความคุ้นเคยและการปรับตัวที่ดี

คุณภาพโปรแกรมการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน

จากการตรวจสอบโปรแกรมการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน พบว่ามีค่าความตรง หรือดัชนีความสอดคล้อง (Validity) จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน อยู่ที่ 0.82 และมีค่าความเที่ยง (Reliability) ของอัตราการเต้นหัวใจขณะฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน ในช่วงนาทีที่ 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 และ 20 ไม่แตกต่างกัน

Group	$\bar{X}$	**S.D.**	**t**	**p-value**
Player 1	1.291	5.68526	0.133	.896
Player 2	1.294	4.35125		

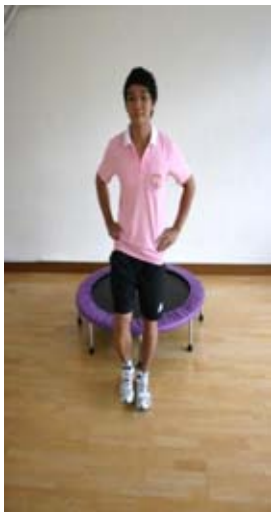
$p > .05$

ช่วงอบอุ่นร่างกาย (Warm up) 10 นาที

ช่วงอบอุ่นร่างกาย หมายถึงช่วงของการเตรียมร่างกายให้พร้อมที่จะทำงานหนัก เป็นการเพิ่มอุณหภูมิภายในร่างกาย เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ เพื่อให้เลือดไหลเวียนไปยังกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ รวมทั้งเป็นการเตรียมข้อต่อต่างๆของร่างกาย เตรียมกล้ามเนื้อให้มีความยืดหยุ่นพร้อมที่จะทำงาน เป็นการป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยใช้จังหวะเพลง 110 จังหวะ/นาที (Beat per minute: B/M) แบ่งเป็นนาทีที่ 1-5 เป็นท่าสำหรับการอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ และนาทีที่ 6-10 เป็นท่าอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีน

ท่าสำหรับการอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ 5 นาที

ท่าที่ 1 มาร์ชชิ่ง (Marching) ย่ำเท้าอยู่กับที่ จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

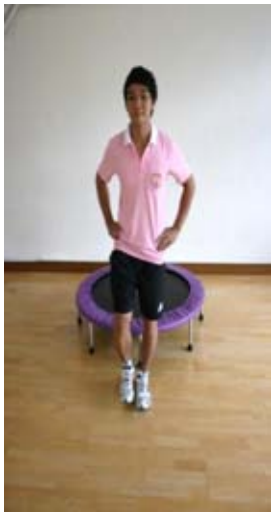


ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4



ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนตัวตรงมือจับที่เอว ในช่วงแรกเป็นช่วงของการปรับตัวอาจจะยังไม่มีการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนบน

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 (ภาพที่ 5-6)	ทำเหมือนจังหวะ 1-2
จังหวะที่ 7-8 (ภาพที่ 7-8)	ทำเหมือนจังหวะ 3-4

ท่าที่ 2 วอร์ค ฟอร์เวิด (Walk Forward) การก้าว หรือเดินไปข้างหน้า 3 จังหวะ (1-2-3 จังหวะที่ 4 แตะ 5-6-7 จังหวะที่ 8 แตะ)

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ก้าวเท้าขวาไปข้างหน้า เท่า 1 ช่วงไหล่ พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น แขนขวาเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) ก้าวเท้าซ้ายไปข้างหน้า เท่า 1 ช่วงไหล่ พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) ทำเหมือนจังหวะ 1

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) ก้าวเท้าซ้ายไปแตะส้นเท้าขวา เท่า 1 ช่วงไหล่ แขนอยู่ข้างลำตัว

จังหวะที่ 5 (ภาพที่ 5) ถอยเท้าซ้ายไปข้างหลัง เท่า 1 ช่วงไหล่ พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น แขนขวาเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 6 (ภาพที่ 6) ถอยเท้าขวาไปข้างหลัง เท่า 1 ช่วงไหล่ พร้อมทั้งยกขวาซ้ายขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 7 (ภาพที่ 7) ทำเหมือนจังหวะ 5

จังหวะที่ 8 (ภาพที่ 8) ถอยเท้าขวาไปแตะส้นเท้าซ้าย เท่า 1 ช่วงไหล่ แขนอยู่ข้างลำตัว

ท่าที่ 3 ทู สเต็ป (Two Step หรือ Two Touch) การก้าวแตะซ้าย 4 จังหวะ และขวา 4 จังหวะ จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนตัวตรง มือจับที่เอว ในช่วงแรกเป็นช่วงของการปรับตัวอาจจะยังไม่มีการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนบน

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1)	ก้าวเท้าขวาไปด้านข้างเท่าช่วงไหล่ มือจับที่เอว
จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2)	ก้าวเท้าซ้ายไปด้านข้างชิดเท้าขวา ยืนตัวตรง มือจับที่เอว
จังหวะที่ 3-4 (ภาพที่ 3-4)	ทำเหมือนจังหวะ 1-2
จังหวะที่ 5 (ภาพที่ 5)	ก้าวเท้าซ้ายไปด้านข้างเท่าช่วงไหล่ มือจับที่เอว
จังหวะที่ 6 (ภาพที่ 6)	ก้าวเท้าขวาไปด้านข้างชิดเท้าซ้าย ยืนตัวตรง
จังหวะที่ 7 (ภาพที่ 7-8)	ทำเหมือนจังหวะ 5-6

ท่าที่ 4 อีซี วอร์ค (Easy Walk) การก้าวเท้าเป็นรูปสามเหลี่ยม จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนตัวตรง มือจับที่เอว ในช่วงแรกเป็นช่วงของการปรับตัวอาจจะยังไม่มีการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนบน

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ก้าวเท้าขวาเฉียงไปด้านหน้า เท่าช่วงไหล่ มือจับที่เอว

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) ก้าวเท้าซ้ายตามเฉียงไปด้านหน้า เท่าช่วงไหล่ เท้าทั้งสองข้างอยู่ในระดับเดียวกัน มือจับที่เอว

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) ถอยเท้าขวาเฉียงไปด้านหลัง เท่าช่วงไหล่ มือจับที่เอว

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) ถอยเท้าซ้ายตามเฉียงไปด้านหลังชิดเท้าขวา เท่าช่วงไหล มือจับที่เอว

จังหวะที่ 5-6 (ภาพที่ 5-6) ทำเหมือนจังหวะ 1-2

จังหวะที่ 7-8 (ภาพที่ 7-8) ทำเหมือนจังหวะ 3-4

ท่าสำหรับการอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีน 5 นาที

ท่าที่ 1 มาร์ชชิ่ง (Marching) ย่ำเท้าอยู่กับที่ จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ทำเหมือนท่ามาร์ชชิ่ง (Marching) ในการอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ

ท่าที่ 2 ฮีล ทัช (Heel Touch) การวางส้นเท้าไปด้านหน้าสลับซ้าย-ขวา จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนตัวตรง แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ยกส้นเท้าขวาแตะไปทางด้านหน้า ปลายเท้าเปิด พับแขนขึ้นทั้งสองข้าง

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) ถอยเท้าขวามาชิดเท้าซ้าย แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) ยกส้นเท้าซ้ายแตะไปทางด้านหน้า ปลายเท้าเปิด พับแขนขึ้นทั้งสองข้าง

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) ถอยเท้าซ้ายมาชิดเท้าขวา แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 5-6 (ภาพที่ 5-6) ทำเหมือนจังหวะ 1-2

จังหวะที่ 7-8 (ภาพที่ 7-8) ทำเหมือนจังหวะ 3-4

ท่าที่ 3 ไซด์ แท็ป (Side Tap) การใช้ปลายเท้าไปแตะด้านข้าง สลับขวา-ซ้าย จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนตัวตรง แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ก้าวเท้าขวาไปแตะด้านข้าง ย่อเข่าซ้ายเล็กน้อย ลงน้ำหนักขาข้างซ้าย พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น แขนขวาเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) ก้าวเท้าขวามาชิดเท้าซ้าย แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) ก้าวเท้าซ้ายไปแตะด้านข้าง ย่อเข่าขวาเล็กน้อย ลงน้ำหนักขาข้างขวา พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) ก้าวเท้าซ้ายมาชิดเท้าขวา แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 5-6 (ภาพที่ 5-6) ทำเหมือนจังหวะ 1-2

จังหวะที่ 7-8 (ภาพที่ 7-8) ทำเหมือนจังหวะ 3-4

ท่าที่ 4 แท็ป แบ็ค (Tap Back) การใช้ปลายเท้าไปแตะด้านหลัง สลับขวา-ซ้าย จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนตัวตรง แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ถอยเท้าขวาไปแตะด้านหลัง ส้นเท้าเปิด ย่อเข่าซ้ายเล็กน้อย ลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) ก้าวเท้าขวามาชิดเท้าซ้าย แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) ถอยเท้าซ้ายไปแตะด้านหลัง ส้นเท้าเปิด ย่อเข่าขวาเล็กน้อย ลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น แขนขวาหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) ก้าวเท้าซ้ายมาชิดเท้าขวา แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 5-6 (ภาพที่ 5-6) ทำเหมือนจังหวะ 1-2

จังหวะที่ 7-8 (ภาพที่ 7-8) ทำเหมือนจังหวะ 3-4

ท่าที่ 5 เบา ซิง (Bouncing) เขย่งปลายเท้าขึ้น-ลง จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนกางขาเท่าช่วงไหล่ แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) เขย่งปลายเท้าขึ้น น้ำหนักลงที่ปลายเท้าทั้งสองข้าง แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) วางส้นเท้าลง แขนแนบข้างลำตัว กลับสู่ท่าเตรียมพร้อม

จังหวะที่ 3-4-5-6-7-8 (ภาพที่ 3-4-5-6-7-8) ทำเหมือนจังหวะ 1-2

ท่าที่ 6 โพนี (Pony) การก้าวกระโดด สลับขวา – ซ้าย จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนกางขาเท่าช่วงไหล่ แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ลงน้ำที่ขาข้างขวา และเขย่งขาข้างซ้าย งอเข่าเล็กน้อย ยกแขนขวาขึ้นด้านบน แขนซ้ายแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) ทำซ้ำจังหวะที่ 1

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) ลงน้ำที่ขาข้างซ้าย และเขย่งขาข้างขวา งอเข่าเล็กน้อย ยกแขนซ้ายขึ้นด้านบน แขนขวาแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) ทำซ้ำจังหวะที่ 2

จังหวะที่ 5-6 (ภาพที่ 5-6) ทำเหมือนจังหวะ 1-2

จังหวะที่ 7-8 (ภาพที่ 7-8) ทำเหมือนจังหวะ 3-4

ช่วงการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (Aerobic exercise) 20 นาที

ช่วงออกกำลังกาย หมายถึงช่วงที่จะพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจและปอด ตลอดจนเป็นการเผาผลาญไขมันใต้ผิวหนัง และเป็นการพัฒนากล้ามเนื้อมัดต่างๆให้มีความแข็งแรง สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ท่าชุดสำหรับการออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีน จากนาทีที่ 11-30 ซึ่งเป็นชุดท่าเต้นทั้งหมด 5 ชุด ใช้จังหวะเพลง 130, 135 และ 140 จังหวะ/นาที ตามลำดับ

ท่าชุดที่ 1 (ท่าชุด 32 จังหวะ)

ท่าที่ 1 อีซี วอร์ค (Easy Walk) การก้าวเท้าเป็นรูปสามเหลี่ยม จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ทำเหมือนท่าอีซี วอร์ค (Easy Walk) ในการอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ

ท่าที่ 2 เล็ค เคอ (Leg Curl) การพับขาไปด้านหลัง 1 ครั้ง สลับซ้าย-ขวา จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนกางขาเท่าช่วงไหล่ แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา พับขาซ้ายขึ้นไปด้านหลัง ยกแขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) วางขาซ้ายลง กลับสู่ท่าเตรียมพร้อม

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) ลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย พับขาขวาขึ้นไปด้านหลัง ยกแขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) วางขาขวาลง กลับสู่ท่าเตรียมพร้อม

จังหวะที่ 5-6 (ภาพที่ 5-6) ทำเหมือนจังหวะ 1-2

จังหวะที่ 7-8 (ภาพที่ 7-8) ทำเหมือนจังหวะ 3-4

ท่าที่ 3 แมมโบ้ (Membo) การก้าวเท้าขวาไปข้างหน้า และข้างหลัง โดยเท้าซ้ายจะย่ำอยู่กับที่ทำสลับขวา–ซ้าย จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนกางขาเท่าช่วงไหล่ แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ก้าวเท้าขวาไปด้านหน้า โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา ยกส้นเท้าซ้ายขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น แขนขวาเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) วางส้นเท้าซ้ายลง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย เปิดปลายเท้าขวายกขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น แขนขวาเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) ก้าวเท้าขวามาด้านหลัง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา เปิดปลายเท้าซ้ายยกขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) วางเท้าซ้ายลง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย ยกส้นเท้าขวาขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 5-6 (ภาพที่ 5-6) ทำเหมือนจังหวะ 1-2

จังหวะที่ 7-8 (ภาพที่ 7-8) ทำเหมือนจังหวะ 3-4

ท่าที่ 4 ซิงเกิล & ดับเบิลนีย์ อัพ (Single & Double Knee Up) จังหวะ1-2-3-4 (Single Knee Up) 5-6-7-8 (Double Knee Up)

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนกางขาเท่าช่วงไหล่ แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ก้าวเท้าขวาไปด้านข้าง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา เปิดส้นเท้าซ้าย พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) ยกเข่าเฉียงขวา 1 ครั้ง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น แขนขวาเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) วางเท้าซ้ายลง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย เปิดส้นเท้าขวา พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น แขนขวาเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) ยกเข่าเฉียงซ้าย 1 ครั้ง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น แขนขวาเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 5-6-7-8 (ภาพที่ 5-6-7-8) ทำเหมือนจังหวะ 1-2

ท่าที่ 5 สเต็ป ทัช (Step Touch) การก้าวแตะซ้าย 2 จังหวะ และขวา 2 จังหวะ ใช้ในการเต้นค้าง (Hold) ไว้ จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนกางขาเท่าช่วงไหล่ แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ก้าวเท้าขวาไปด้านข้าง พร้อมยกแขนกางข้างลำตัว

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

ท่าชุดที่ 2 (ท่าชุด 32 จังหวะ)

ท่าที่ 1 เบบี้ แมมโบ้ (Baby Membo) จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนตัวตรง แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ก้าวเท้าขวาไปด้านข้างเฉียงไปด้านหน้า โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา ยกเท้าซ้ายขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น แขนขวาเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) วางส้นเท้าซ้ายลง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย เปิดปลายเท้าขวายกขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น แขนขวาเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) ยกเท้าขวาวางด้านข้าง กางขาเท่าช่วงไหล่ พร้อมแนบแขนข้างลำตัว

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) ก้าวเท้าซ้ายไปด้านข้างเฉียงไปด้านหน้า โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย ยกเท้าขวาขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 5 (ภาพที่ 5) วางส้นเท้าขวาลง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา เปิดปลายเท้าซ้ายยกขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 6 (ภาพที่ 6) ยกเท้าซ้ายวางด้านข้าง กางขาเท่าช่วงไหล่ พร้อมยกแขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 7 (ภาพที่ 7) ยกเท้าขวาขึ้นสูงระดับน่อง พร้อมยกแนบแขนข้างลำตัว

จังหวะที่ 8 (ภาพที่ 8) วางเท้าขวาลง กลับสู่ท่าเตรียมพร้อม

ท่าที่ 2 ล็อค แบ็ค (Lock Back) จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5 ภาพที่ 6 ภาพที่ 7 ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนตัวตรง แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ก้าวเท้าขวาไปด้านข้าง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา ยกเท้าซ้ายขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) ถอยเท้าซ้ายวางด้านหลัง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย เปิดปลายเท้าขวายกขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) วางเท้าขวาลงด้านข้างเฉียงไปด้านหน้า โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา ยกเท้าซ้ายขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น แขนขวาเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) ก้าวเท้าซ้ายไปด้านข้าง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย ยกเท้าขวาขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น แขนขวาเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 5 (ภาพที่ 5) ถอยเท้าขวาวางด้านหลัง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย เปิดปลายเท้าซ้ายยกขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น แขนขวาเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 6 (ภาพที่ 6) วางเท้าซ้ายลงด้านข้างเฉียงไปด้านหน้า โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย ยกเท้าขวาขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 7 (ภาพที่ 7) ยกเท้าขวาขึ้นสูงระดับน่อง พร้อมยกแขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 8 (ภาพที่ 8) วางเท้าขวาลง กลับสู่ท่าเตรียมพร้อม

ท่าที่ 3 อีซี วอร์ค (Easy Walk)

การปฏิบัติ

ทำเหมือนท่าอีซี วอร์ค (Easy Walk) ในการอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ

ท่าที่ 4 แมมโบ้ ดับเบิล นีย์ (Membo Double Knee) จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5

ภาพที่ 6

ภาพที่ 7

ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนตัวตรง แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ก้าวเท้าขวาไปด้านข้าง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา ยกเท้าซ้ายขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) วางเท้าซ้ายลง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย เปิดปลายเท้าขวายกขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งยกแขนซ้ายขึ้น แขนขวาเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) วางเท้าขวาลงด้านข้าง กางขาเท่าช่วงไหล่ โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา พร้อมยกแขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) ลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้าย กางขาเท่าช่วงไหล่ พร้อมยกแขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 5 (ภาพที่ 5) ลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา กางขาเท่าช่วงไหล่ พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 6 (ภาพที่ 6) ยกเข่าเฉียงขวา 1 ครั้ง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 7 (ภาพที่ 7) ทำเหมือนจังหวะที่ 5

จังหวะที่ 8 (ภาพที่ 8) ทำเหมือนจังหวะที่ 6

ท่าชุดที่ 3 (ท่าชุด 32 จังหวะ)

ท่าที่ 1 แท็ป แบ็ค (Tap Back)

การปฏิบัติ

ทำเหมือนท่าแท็ป แบ็ค (Tap Back) ในการอบอุ่นร่างกายบนพื้นมินิแทรมโพลีน

ท่าที่ 2 ไซด์ แท็ป (Side Tap)

การปฏิบัติ

ทำเหมือนท่าไซด์ แท็ป (Side Tap) ในการอบอุ่นร่างกายบนพื้นมินิแทรมโพลีน

ท่าที่ 3 ดับเบิลนีย์ มาร์ชชิ่ง (Double Knee Marching) จังหวะ 1-2, 3-4, 5-6, 7-8

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4

ภาพที่ 5 ภาพที่ 6 ภาพที่ 7 ภาพที่ 8

การปฏิบัติ

ท่าเตรียมพร้อม ยืนตัวตรง แขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 1 (ภาพที่ 1) ก้าวเท้าขวาไปด้านข้าง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา กางขาเท่าช่วงไหล่ พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 2 (ภาพที่ 2) ยกเข่าเฉียงขวา 1 ครั้ง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 3 (ภาพที่ 3) วางเท้าซ้ายลงด้านข้าง กางขาเท่าช่วงไหล่ โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 4 (ภาพที่ 4) ยกเข่าเฉียงขวา 1 ครั้ง โดยลงน้ำหนักที่ขาข้างขวา พร้อมทั้งยกแขนขวาขึ้น แขนซ้ายเหวี่ยงไปด้านหลัง

จังหวะที่ 5 (ภาพที่ 5) ยกเท้าซ้ายขึ้นสูงระดับน่อง พร้อมยกแขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 6 (ภาพที่ 6) วางเท้าซ้ายลงชิดกับเท้าขวา

จังหวะที่ 7 (ภาพที่ 7) ยกเท้าขวาขึ้นสูงระดับน่อง พร้อมยกแขนแนบข้างลำตัว

จังหวะที่ 8 (ภาพที่ 8) วางเท้าขวาลงชิดกับขาซ้าย พร้อมกลับสู่ท่า เตรียมพร้อม

ท่าที่ 4 อีซี วอร์ค (Easy Walk)

การปฏิบัติ

ทำเหมือนท่าอีซี วอร์ค (Easy Walk) ในการอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ

ท่าชุดที่ 4 (ท่าชุด 32 จังหวะ) ประกอบด้วย

ท่าที่ 1 ฮีล ทัช (Heel Touch)

การปฏิบัติ

ทำเหมือนท่าฮีล ทัช (Heel Touch) ในการอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีน

ท่าที่ 2 มาร์ชชิ่ง (Marching)

การปฏิบัติ

ทำเหมือนท่ามาร์ชชิ่ง (Marching) ในการอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีน

ท่าที่ 3 เบา ซิง (Bouncing)

การปฏิบัติ

ทำเหมือนท่าเบา ซิง (Bouncing) ในการอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีน

ท่าที่ 4 โพนี (Pony)

การปฏิบัติ

ทำเหมือนท่าโพนี (Pony) ในการอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีน

ท่าชุดที่ 5 (ท่าชุด 32 จังหวะ) ประกอบด้วย

ท่าที่ 1 แมมโบ้ (Membo)

การปฏิบัติ

ทำเหมือนท่าแมมโบ้ (Membo) ในช่วงของการออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีน

ท่าที่ 2 อีซี วอร์ค (Easy Walk)

การปฏิบัติ

ทำเหมือนท่าอีซี วอร์ค (Easy Walk) ในการอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ

ท่าที่ 3 เล็ค เคอ (Leg Curl)

การปฏิบัติ

ทำเหมือนท่าเล็ค เคอ (Leg Curl) ในช่วงของการออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีน

ท่าที่ 4 ดับเบิลนีย์ มาร์ชชิ่ง (Double Knee Marching)

การปฏิบัติ

ทำเหมือนท่าดับเบิลนีย์ มาร์ชชิ่ง (Double Knee Marching) ในช่วงของการออกกำลังกายบนมินิแทรมโพลีน

ช่วงผ่อนคลายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (Cool down and stretching) 10 นาที

ช่วงผ่อนคลายกล้ามเนื้อ หมายถึงการบริหารอย่างช้าๆ เพื่อให้กล้ามเนื้อที่พึ่งทำงานหนักค่อยๆผ่อนคลาย รวมทั้งปรับการทำงานของหัวใจให้เข้าสู่สภาวะปกติ โดยใช้จังหวะเพลง 110 จังหวะ/นาที แบ่งเป็นนาทีที่ 31-35 เป็นท่าสำหรับผ่อนคลายกล้ามเนื้อบนมินิแทรมโพลีน นาทีที่ 36-40 และเป็นท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อบนพื้นเรียบ

ท่าสำหรับผ่อนคลายกล้ามเนื้อบนมินิแทรมโพลีน ประกอบด้วย

ท่าที่ 1 มาร์ชชิ่ง (Marching)
ท่าที่ 2 ฮีล ทัช (Heel Touch)
ท่าที่ 3 ไซด์ แท็ป (Side Tap)
ท่าที่ 4 แท็ป แบ็ค (Tap Back)
ท่าที่ 5 เบา ซิง (Bouncing)
ท่าที่ 6 โพนี (Pony)

การปฏิบัติ

ทำเหมือนท่าอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีน

ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อบนพื้นเรียบ ประกอบด้วย

ท่าที่ 1 กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring)
ท่าที่ 2 กล้ามเนื้อน่อง(Gastrocnemius)
ท่าที่ 3 กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps)
ท่าที่ 4 กล้ามเนื้อสะโพก (Gluteus)
ท่าที่ 5 กล้ามเนื้อหัวไหล่ (Deltoid)
ท่าที่ 6 กล้ามเนื้ออก (Pectoralis major)
ท่าที่ 7 กล้ามเนื้อต้นคอ (Neck)

ภาคผนวก ฌ
มินิแทรมโพลีน

มินิแทรมโพลีน (Mini trampoline)

ส่วนประกอบ

1. มินิแทรมโพลีน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.22 เมตร ยี่ห้อ คอนทริกซ์ (Contrix^{R}) ของบริษัทโรงงาน ฟุตบอลล์ไทย สปอร์ตติ้งกู๊ดส์ จำกัด

2. ขาตั้งมินิแทรมโพลีนทำด้วยเหล็กทั้งหมด 8 ตัว สูงจากพื้น 21.5 เซนติเมตร

3. สปริงยึดความมั่นคงและเพิ่มความยืดหยุ่น 44 ตัว

4. แผ่นรองมินิแทรมโพลีนทอสานด้วยเส้นใยในล่อนมีความยืดหยุ่นและความทนทานสูง

คุณสมบัติ

ความยืดหยุ่นของแผ่นรองมินิแทรมโพลีนจะขึ้นอยู่กับจำนวนของสปริง ถ้าน้ำหนักตัว และความแข็งแรงของผู้กระโดดมากความยืดหยุ่นของสปริงก็จะมากตาม ขาตั้งของมินิแทรมโพลีนมีความมั่นคงแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักได้ประมาณ 100 กิโลกรัม

ภาคผนวก ญ
วิธีการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา

วิธีการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา

การเตรียมตัวของผู้ทดสอบ

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

ลำดับการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา

1. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก
2. ความดันโลหิตขณะพัก
3. น้ำหนักและดัชนีมวลกาย

* ก่อนเริ่มการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยนั่งพัก 5-10 นาที

เครื่องวัดความดันโลหิต (Automatic blood pressure monitor)

เครื่องมือ

เครื่องวัดความดันโลหิต แบบดิจิตอล ยี่ห้อ ออมรอน (Omron) รุ่น SEM-1 model ประเทศญี่ปุ่น

วิธีการ

1. ให้ผู้ทดสอบนั่งสบายๆ ประมาณ 5 นาที ก่อนทำการวัด

2. ให้ผู้เข้าร่วมสวมปลอกวัดความดัน บริเวณต้นแขนเหนือข้อศอกประมาณ 1 นิ้ว ปรับขนาดให้กระชับพอเหมาะ ไม่แน่น หรือหลวมจนเกินไป

3. ผู้วิจัยกดเริ่มเครื่องวัดความดัน

การบันทึก

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

น้ำหนัก (Weight) และดัชนีมวลกาย (Body mass index)

เครื่องมือ

เครื่องชั่งน้ำหนักยี่ห้อ อินบอดี้ (InBody) รุ่น 220 ประเทศเกาหลีใต้

วิธีการ

1. บันทึกข้อมูล อายุ ส่วนสูง และเพศของผู้เข้ารับการทดลอง ตามโปรแกรมการทำงานของเครื่องมือ

2. ผู้เข้ารับการทดลองถอดรองเท้า และถุงเท้า

3. ขึ้นยืนบนเครื่อง และใช้มือจับตามตำแหน่งที่กำหนด

4. หน้ามองตรง ยืนนิ่งๆ 5 วินาที

การบันทึก

บันทึกน้ำหนักของร่างกาย (กิโลกรัม) และดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร) จากการประมวลผลของเครื่องมือ

ภาคผนวก ฎ
วิธีการทดสอบความหนาแน่นของกระดูกส้นเท้า

วิธีการทดสอบความหนาแน่นของกระดูกส้นเท้า

เครื่องมือ

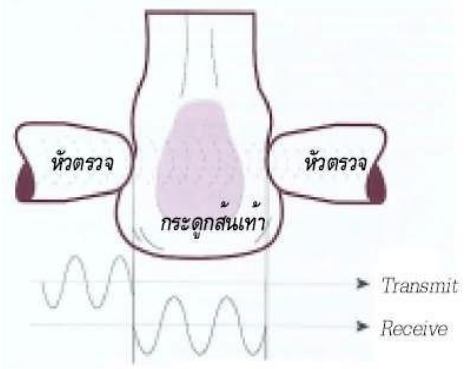
1. เครื่องตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูก คลื่นเสียงความถี่สูง เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า “Broadband ultrasonic attenuation (BUA)” ยี่ห้อซาฮารา (SAHARA) ประเทศสหรัฐอเมริกา

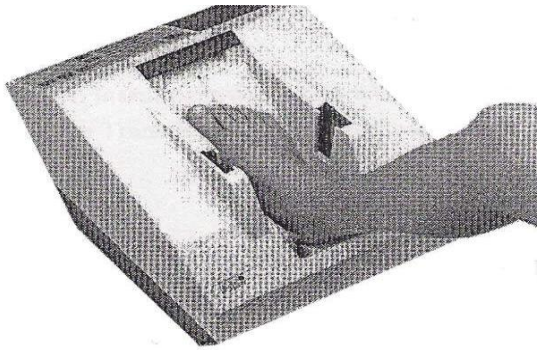
2. เก้าอี้นั่งที่มีพนักพิง

วิธีการ

1. ทำการตรวจในท่านั่ง

2. วางส้นเท้าระหว่าง “Transducer” 2 ตัว ซึ่งตัวหนึ่งเป็นต้นกำเนิดเสียงให้เสียงวิ่งผ่านกระดูกส้นเท้าไปยัง “Transducer” อีกตัวที่อยู่ตรงข้ามเพื่อรับสัญญาณเสียง โดยการผ่านคลื่นเสียงในระดับ 0.2-0.6 MHz ไปยังกระดูกส้นเท้า (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





บริเวณที่ทำการวัดความหนาแน่นของกระดูก ที่มา: (ดัดแปลงจาก จันทร์เต็ม เก่งสกุล, 2547)

ภาคผนวก ฏ
แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา
ข้อมูลเกี่ยวกับกระดูกและวิตามินดี

แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา

ข้อมูลเกี่ยวกับกระดูกและวิตามินดี

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

ก่อนการทดสอบ-นั่งพักเป็นเวลา 5 นาที เพื่อทำการทดสอบดังต่อไปนี้

1. ค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา

อายุ.....ปี อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก .....ครั้ง/นาที

ความดันโลหิตขณะพัก.....มม.ปรอท น้ำหนัก.....กก. ดัชนีมวลกาย .....กก./ตร.ม.

2. สารชีวเคมีในเลือด

ค่าที่วัด	**ผลการทดสอบ**
เบต้าครอสแล็ป (β-CrossLaps) (ng./ml.)	
พีวันเอ็นพี (P1NP) (ng./ml.)	

3. ระดับวิตามินดี (Calcidiol หรือ 25(OH)D) …….ng./ml.

ภาคผนวก ฐ
แผ่นพับข้อมูลความรู้เกี่ยวกับโรคกระดูกพรุนสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

แผ่นพับข้อมูลความรู้เกี่ยวกับโรคกระดูกพรุนสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย หน้าที่ 1

• การตรวจหาสารทางชีวเคมีของวงจรการสลายกระดูกเก่าและการสร้างกระดูกใหม่ (Biochemical markers of bone turnover) (ณรงค์ บุณยะรัตเวช)

การป้องกัน และ รักษาโรคกระดูกพรุน

สามารถจำแนกได้เป็นแนวทางหลัก 2 ประการ (สำนักพัฒนาวิชาการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข)

1. <u>ทางเลือกที่ต้องอาศัยยา</u> สามารถจำแนกได้ 2 วิธีหลัก ได้แก่ 1.1 การใช้ฮอร์โมนเพศ (Hormone therapy, HT)

1.2 การใช้ยาที่มิใช่ฮอร์โมนเพศ (non-HT) เช่น Bisphosphonates, แคลซิโตนิน (Calcitonin) เป็นต้น

2. <u>ทางเลือกที่มิต้องใช้ยา</u> ได้แก่

2.1 การออกกำลังกายชนิดที่มีการลงน้ำหนักอย่างน้อย 30 นาที เช่น วิ่งเหยาะ ปั่นจักรยาน กระโดดเชือก การฝึกด้วยน้ำหนัก รำมวยจีน โยคะ และการเต้นแอโรบิกบนพื้นยืดหยุ่นโดยใช้แทรมโพลีนซึ่งจะไม่ส่งผลอันตรายต่อข้อเข่า

2.2 การรับประทานอาหารที่มีแคลเซียมอย่างเพียงพอ

2.3 ควรได้รับแสงแดดอ่อนๆ อย่างเพียงพอ ประมาณ 15 นาทีต่อวัน ช่วงเช้าเวลา 8.00-10.00 น. และช่วงบ่ายเวลา 15.00-17.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้ผิวหนังสามารถสร้างวิตามินดี

2.4 หลีกเลี่ยงพฤติกรรมเสี่ยงต่อสุขภาพที่เป็นความเสี่ยงต่อภาวะกระดูกพรุนและกระดูกหัก เช่น ดื่มแอลกอฮอล์ ชาและกาแฟ เกินวันละ 2 แก้ว

อาหาร

• ความต้องการแคลเซียมต่อวันในวัยรุ่นและวัยผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป ประมาณ 1000 มิลลิกรัมต่อวันในวัยอื่นๆ ประมาณ 500-800 มิลลิกรัมต่อวัน ตัวอย่างอาหารที่มีแคลเซียมสูงมีดังนี้ (ราชวิทยาลัยสูตินรีแพทย์แห่งประเทศไทย)

ชนิด	ปริมาณ	แคลเซียม (มก.)
นมสด ยูเอชที	200 ซีซี	240
กุ้งแห้ง	1 ช้อนโต๊ะ	145
กุ้งฝอย	1 ช้อนโต๊ะ	167
กะปิ	2 ช้อนชา	156
ไข่ไก่	1 ฟอง	63
เต้าหู้เหลือง	1 ก้อน	240
ผักคะน้า	1 ถ้วยตวง	230

เพื่อสุขภาพของกระดูก "รักกระดูกให้ถูกทาง" ขอเชิญเข้าร่วมโครงการออกกำลังกายเพื่อลดการสลายของกระดูก เพิ่มระดับวิตามินดี ป้องกันภาวะโรคกระดูกพรุน โดยออกกำลังกายเพียง 3 ครั้ง/สัปดาห์ ครั้งละ 40 นาที จะมีผลต่อผลต่อมวลกระดูกที่เพิ่มมากขึ้นตามหลักวิชาการ

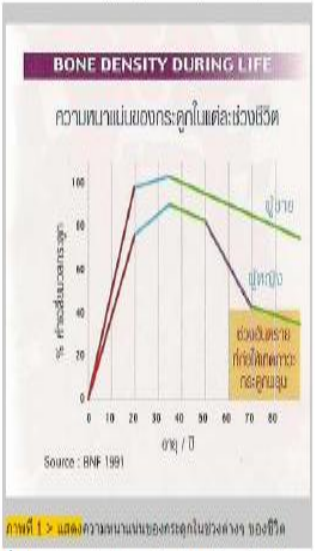
ด้วยอภินันทนาการจาก
รศ.ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์
ศ.นพ.ณรงค์ บุณยะรัตเวช
ไชยวัฒน์ นามบุญลือ
วริศ วงศ์พิพิธ
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รู้เท่าทันโรคกระดูกพรุน

แผ่นพับข้อมูลเกี่ยวกับโรคกระดูกพรุนสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย หน้าที่ 2

รู้จักโรคกระดูกพรุน

- โรคกระดูกพรุน หมายถึง ภาวะที่มีการสูญเสียเนื้อกระดูกทำให้มวลกระดูกลดลง รวมทั้งมีอัตราการสลายมวลกระดูกที่สูงกว่าการสร้างมวลกระดูกและเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหักตามมา
- โรคกระดูกพรุน เป็นภาวะที่กระดูกเปราะบาง และมีความแข็งแรงลดลง ส่งผลให้กระดูกหักง่ายแม้จะมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลยก็ตาม (ราชวิทยาลัยอุตุนิรีแพทย์แห่งประเทศไทย)
- การเกิดภาวะกระดูกพรุน เกิดจากความไม่สมดุลระหว่างการสร้างและการสลายกระดูก ซึ่งเกิดอย่างต่อเนื่องตลอดอายุขัย โดยในวัยเด็กจะมีการสร้างกระดูกมากกว่าการสลาย จนถึงวัยประมาณ 30 ปี หลังจากนั้นกระดูกจะค่อยๆบางลงจนบางมากในวัยผู้สูงอายุ (พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์)



ภาพที่ 1 > แสดงความหนาแน่นของกระดูกในช่วงต่างๆ ของชีวิต

ที่มา:http://www.oknation.net/blog/health2you/2008/10/21/entry-1

ความสำคัญของโรคกระดูกพรุน

- ปัญหาสำคัญคือ กระดูกหักง่าย โดยเฉพาะหากเกิดในตำแหน่งที่สำคัญ ได้แก่ กระดูกสันหลัง และสะโพก ซึ่งจะทำให้สูญเสียความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวัน พิการ และการเสียชีวิตในอัตราที่สูง

ที่มา:http://images.nxlist.com/images/SlideShow/Osteoporosis_s1_bone_density.jpg

ปัจจัยเสี่ยงของโรคกระดูกพรุน

- เมื่อเทียบกับผู้ชาย ผู้หญิงจะมีความเสี่ยงในการเกิดกระดูกพรุนมากกว่า อันเนื่องมาจากภาวะหมดประจำเดือน ปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ ได้แก่ กรรมพันธุ์ เชื้อชาติ และอายุ ซึ่งปัจจัยเสี่ยงต่างๆ เหล่านี้ไม่สามารถควบคุมได้
- ปัจจัยเสี่ยงที่ควบคุมได้ คือ การรับประทานสารอาหารที่มีแคลเซียมต่ำ การได้รับแสงแดดไม่เพียงพอ การสูบบุหรี่ ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์หรือชา กาแฟในปริมาณมากเป็นประจำ ขาดการออกกำลังกาย รูปร่างผอมบาง การได้รับยากลูโคคอร์ติคอยด์เป็นระยะเวลานาน และมีภาวะขาดเอสโทรเจนก่อนเข้าสู่วัยหมดประจำเดือนนานกว่า 1 ปี เช่นการใช้ยาบางอย่าง

อาการของโรคกระดูกพรุน

โรคกระดูกพรุน เป็นโรคที่ไม่เกิดขึ้นทันที ทันใด แต่จะค่อยเป็นค่อยไป เราจึงควรทำความเข้าใจกับอาการและอาการแสดงของโรคดังนี้

- ส่วนใหญ่จะไม่แสดงอาการ จะรู้ตัวอีกทีก็เกิดกระดูกหักขึ้นแล้ว
- ความสูงลดลงในเวลาอันรวดเร็ว (เกินปีละ 1 ซ.ม.)
- หลังค่อม และปวดหลังแล้วยังมีอาการชื่นได้ เช่น แน่นท้อง ท้องอืด ท้องผูก การทำงานของปอดไม่ปกติ (เพราะช่องอกคับแคบลงมาก)
- ปวดหลังเนื่องจากกระดูกสันหลังทรุดหรือหัก

จะรู้ได้อย่างไรว่าเป็นโรคกระดูกพรุน

- ทำการซักประวัติ และตรวจร่างกายเบื้องต้นเพื่อประเมินปัจจัยเสี่ยงและโอกาสในการเกิดโรคกระดูกพรุน
- การตรวจเพิ่มเติมทางห้องปฏิบัติการณ์ จะช่วยในการยืนยันการวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน หาสาเหตุของโรค และวิเคราะห์โอกาสเสี่ยงในการเกิดกระดูกหัก
- การตรวจความหนาแน่นของกระดูก เป็นวิธีที่แพทย์นิยมใช้เพื่อวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน เครื่องที่ใช้ตรวจและมีความแม่นยำในการวินิจฉัยมีชื่อว่า Dual Energy X-ray Absorptometry (DEXA) ซึ่งนิยมตรวจที่ตำแหน่งกระดูกสันหลังระดับเอว และกระดูกสะโพก (เลก อักษรานุเคราะห์)

ภาคผนวก ฑ
ผลการประเมินในการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหา

ผลการประเมินในการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหา

ผลการประเมินในการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมิน เกณฑ์ในการตัดสิน คือค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence, IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งมีรายชื่อดังนี้

1. อาจารย์ ดร.นพ.ฉกาจ ผ่องอักษร

ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ.พิสิฏฐ์ เลิศวานิช

ภาควิชาศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์และกายภาพบำบัด คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์

แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม

แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. อาจารย์ ดร.สุดา กาญจนะวณิชย์

อาจารย์พิเศษ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณภาพของโปรแกรมการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าดัชนีความสอดคล้องและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
1. มินิแทรมโพลีน				
- ขนาดของมินิแทรมโพลีน (เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.22 เมตร)	3	2	0	0.6
- การรองรับน้ำหนัก (ประมาณ 100 กิโลกรัม)	4	1	0	0.8
- แผ่นรองมินิแทรมโพลีนทอสานด้วยเส้นใยในล่อนมีความยืดหยุ่น และความทนทานสูง	4	1	0	0.8
- ความมั่นคงและความปลอดภัย (ขาตั้งมินิแทรมโพลีนทำด้วยเหล็กทั้งหมด 8 ตัว สูงจากพื้น 21.5 เซนติเมตร สปริงยืดความมั่นคงและเพิ่มความยืดหยุ่น 44 ตัว)	4	1	0	0.8
2. รูปแบบโปรแกรมการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน				
2.1 ท่าทางการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน - ท่าเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนน่าสนใจ	4	1	0	0.8
- ท่าเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนทำได้ง่าย	3	2	0	0.6
- การเรียงลำดับท่าเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนมีความต่อเนื่องสัมพันธ์กัน	4	1	0	0.8
- ท่าเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนประกอบด้วยการเคลื่อนไหวอวัยวะทุกส่วนของร่างกาย	4	1	0	0.8

คุณภาพของโปรแกรมการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (ต่อ)

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าดัชนีความสอดคล้องและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
- ท่าเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนมีความเหมาะสมสำหรับใช้ออกกำลังกาย	4	1	0	0.8
2.2 ขั้นตอนการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน - ระยะเวลาในการอบอุ่นร่างกาย และผ่อนคลายร่างกายอย่างละ 10 นาที ประกอบด้วย ท่าสำหรับการอบอุ่นร่างกายบนพื้นเรียบ 5 นาที และท่าสำหรับการอบอุ่นร่างกายบนมินิแทรมโพลีน 5 นาที โดยใช้จังหวะเพลง 110 จังหวะ/นาที	4	1	0	0.8
- เวลาที่ใช้ในการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน 20 นาที	4	1	0	0.8
- ความหนักของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และมีการแบ่งจังหวะเพลงเป็น 3 ช่วง (จังหวะ/นาที) ดังนี้ สัปดาห์ 1-2 ใช้จังหวะเพลง 130 จังหวะ/นาที สัปดาห์ 3-7 ใช้จังหวะเพลง135 จังหวะ/นาที สัปดาห์ 8-12 ใช้จังหวะเพล 140 จังหวะ/นาที	4	1	0	0.8
- ความถี่ในการออกกำลังกาย 3 ครั้ง/สัปดาห์	5	0	0	1
- ระยะเวลาในการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนทั้งหมด 12 สัปดาห์	4	1	0	0.8

คุณภาพของโปรแกรมการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน (ต่อ)

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าดัชนีความสอดคล้องและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
3. การวินิจฉัยกระดูกโดยการตรวจวัดทางชีวเคมี				
- ตรวจการสร้างมวลกระดูกโดยตรวจค่าพีวันเอ็นพี (P1NP)	5	0	0	1
- ตรวจการสลายมวลกระดูกโดยตรวจค่าเบต้าครอสแล็ป (β-CrossLaps)	5	0	0	1
4. การวินิจฉัยวิตามินดีโดยการตรวจด้วยวิธีอิเล็กโทรเคมมิลูมิเนตเซนต์อิมมูโนเอสเสย์ (ECLIA)				
- ตรวจระดับวิตามินดีโดยตรวจค่าแคลซิไดออลในเลือด (25(OH)D)	5	0	0	1
รวม	ค่าดัชนีความสอดคล้องในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย			**0.82**

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

ภาคผนวก ฒ
ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการออกกำลังกาย

ตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการออกกำลังกาย

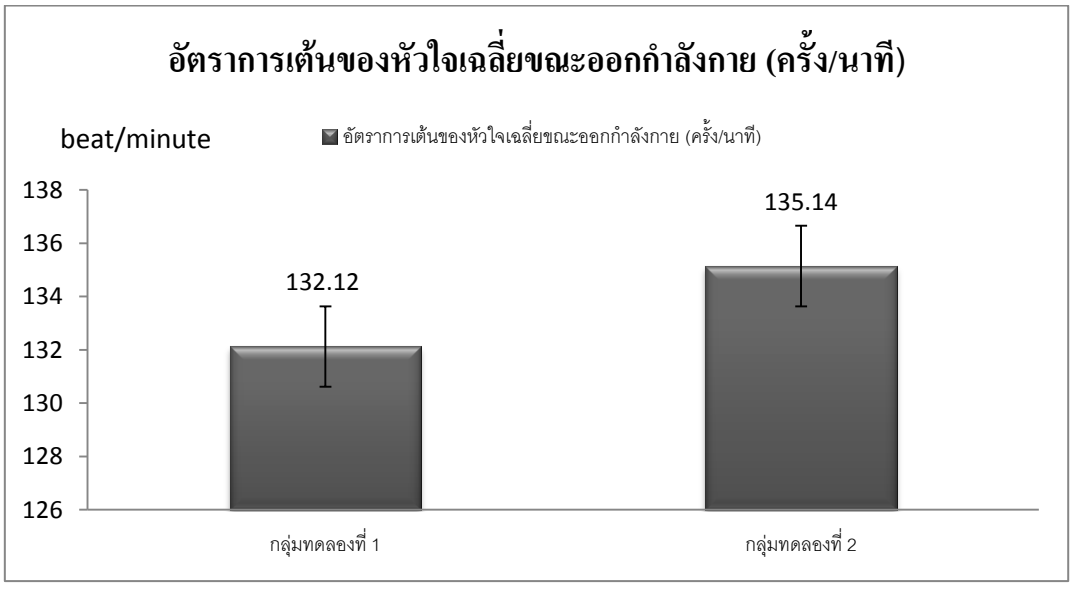
*ลำดับที่……. ครั้งที่..... วันที่ทดสอบ.....

ความหนักของการออกกำลังกาย

สัปดาห์ที่	ความหนัก ($\%HR_{max}$)	จังหวะดนตรี (จังหวะ/นาที)	อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย (ครั้ง/นาที)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
1-2	-	130		
3-7	60-80	135		
8-12	60-80	140		

แผนภูมิแสดงข้อมูลการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน 12 สัปดาห์

(กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม
และกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง)



แผนภูมิที่ 16 อัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยขณะฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน 12 สัปดาห์ ของกลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม และกลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง

ภาคผนวก ณ
ข้อมูลประวัติสุขภาพ

ประวัติสุขภาพ	กลุ่ม						ร้อยละ (n=54)
	กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม		กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง		กลุ่มควบคุม		
	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	
1. ส่วนสูงที่เปลี่ยนแปลง	6	11.10	4	7.40	0	0	18.50
2. โรคประจำตัว (รวม)	1	1.85	3	5.55	4	7.40	14.80
2.1 โรคไต	0		0		0		
2.2 โรคตับ	0		0		0		
2.3 โรคความดันโลหิต	0		1		1		
2.4 โรคหัวใจ	0		0		0		
2.5 โรคอื่นๆ	1		2		3		
3. ประวัติครอบครัว เคยมีบุคคลในครอบครัวกระดูกหักหรือได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคกระดูกพรุนหรือไม่							
3.1 มี	4	7.40	2	3.70	1	1.85	12.95
3.2 ไม่มี	13	24.05	15	27.75	19	35.15	86.95
4. ประวัติของท่านเคยกระดูกหัก จากการล้มเล็กน้อยเมื่อมีอายุระหว่าง 20 – ปัจจุบัน							
4.1 เคย	1	1.85	0	0	0	0	1.85
4.2 ไม่เคย	16	29.60	17	31.45	20	37.00	98.05
5. ประวัติการมีประจำเดือน							
เริ่มมีประจำเดือน							
5.1 อายุ (ปี) *	14	-	14.87	-	13.14	-	-
5.2 สม่ำเสมอทุกเดือน	15	27.78	17	31.48	19	35.19	94.45
5.3 ไม่สม่ำเสมอ	2	3.70	0	0	1	1.85	5.55
<u>ปริมาณประจำเดือน</u>							
5.3.1 ปกติ	15	27.78	13	24.07	16	29.63	81.48
5.3.2 มากกว่าหรือน้อยกว่าปกติ	2	3.70	4	7.41	4	7.41	18.51
6.ได้รับฮอร์โมนเสริมหรือไม่							
6.1 ไม่รับ	17	31.48	16	29.63	20	37.04	98.15
6.2 รับ	0	0	1	1.85	0	0	1.85
<u>รูปแบบของยาฮอร์โมนเพศที่ได้รับ</u>							
6.2.1 ยากิน	0	0	1	0	0	0	1.85
6.2.2 ยาทา	0	0	0	0	0	0	0

* แสดงค่าเฉลี่ย

ตารางแสดงข้อมูลประวัติสุขภาพ (ต่อ)

ประวัติสุขภาพ	กลุ่ม						ร้อยละ (n=54)
	กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม		กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง		กลุ่มควบคุม		
	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	
7. เคยทำการผ่าตัดรังไข่ออกทั้งสองข้างใช่หรือไม่							
7.1 ไม่เคย	17	31.48	16	29.63	20	37.04	98.15
7.2 เคย	0	0	1	1.85	0	0	1.85
7.2.1 เมื่ออายุ (ปี) *	-	-	30.00	-	-	-	-
8. ประวัติการใช้ยาคุมกำเนิด							
8.1 ไม่เคย	13	24.07	10	18.52	15	27.78	70.37
8.2 เคย โดยใช้	4	7.41	7	12.96	5	9.26	29.63
8.2.1 ชนิดรับประทาน	4	7.41	6	11.11	4	7.41	25.93
8.2.2 ชนิดฉีด	0	0	1	1.85	1	1.85	3.70
9. ประวัติการดื่มนม							
9.1 ไม่ดื่ม	2	3.70	1	1.85	2	3.70	9.26
9.2 ดื่มไม่สม่ำเสมอ	10	18.52	15	27.78	15	27.78	74.08
9.2.1 จำนวน (แก้ว) *	2.2	-	1.92	-	1.89	-	-
9.2.2 ระยะเวลา (ปี) *	7.5	-	4.6	-	10	-	-
9.3 ดื่มสม่ำเสมอ	5	9.26	1	1.85	3	5.56	16.67
9.3.1 จำนวน (แก้ว) *	3.75	-	1.5	-	1.8	-	-
9.3.2 ระยะเวลา (ปี) *	12.50	-	6.50	-	4.00	-	-
10. การออกกำลังกาย							
10.1 ไม่ออกกำลังกาย	7	12.96	8	14.81	9	16.67	44.44
10.2 ออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ	10	18.52	7	12.96	11	20.37	51.85
10.3 ออกกำลังกายสม่ำเสมอ	0	0	2	3.70	0	0	3.70
11. การรับแสงแดด							
11.1 ไม่สม่ำเสมอ	12	22.22	12	22.22	13	24.07	68.51
11.1.1 ระยะเวลา(นาที) *	10	-	16.25	-	12	-	-
11.2 เป็นประจำ	5	9.26	5	9.26	7	12.96	31.48
11.1.2 ระยะเวลา(นาที) *	14.17	-	15.00	-	22.50	-	-

* แสดงค่าเฉลี่ย

ตารางแสดงข้อมูลประวัติสุขภาพ (ต่อ)

ประวัติสุขภาพ	กลุ่ม						ร้อยละ (n=54)
	กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม		กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง		กลุ่มควบคุม		
	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	
12. **การรับประทานแคลเซียม และผลิตภัณฑ์จากแคลเซียม หรือวิตามินดี**							
12.1 ไม่รับประทาน	14	29.93	13	24.07	13	24.07	74.07
12.2 รับประทานบางครั้ง	3	5.56	4	7.41	7	12.96	25.93
12.3 รับประทานสม่ำเสมอ	0	0	0	0	0	0	0
12.3.1 ปริมาณ (มล./วัน) *	-	-	-	-	-	-	-
13. ท่านเคยใช้ยาข้อใดเป็นประจำในรอบ 1 ปี ที่ผ่านมา							
13.1 ไม่เคยใช้ยาชนิดใดเป็นประจำ	16	29.63	14	25.93	18	33.33	88.89
13.2 เคย	1	1.85	3	5.56	2	3.70	11.11
<u>ระบุประเภทยา</u>							
13.2.1 ไทรอยด์ฮอร์โมน	1	1.85	1	1.85	0	0	3.70
13.2.2 เฮฟฟาริน	0	0	0	0	0	0	0
13.2.3 เสตียรอยด์	0	0	0	0	0	0	0
13.2.4 ยากันชัก	0	0	0	0	0	0	0
13.2.5 เตตราไซคลิน	0	0	0	0	0	0	0
13.2.6 ยาลูกกลอน	0	0	1	1.85	1	1.85	3.70
13.2.7 อื่นๆ	0	0	2	3.70	1	1.85	5.56
13.2.8 ไม่ทราบ	0	0	0	0	0	0	0
14. รายละเอียดอื่นๆ (โปรดระบุ เช่น มีอาการปวดหลัง ปวดเข่า เป็นต้น)	5	9.26	3	5.56	6	11.11	25.93

* แสดงค่าเฉลี่ย

ภาคผนวก ด
ข้อมูลแบบบันทึกพฤติกรรมประจำวันตลอด 12 สัปดาห์

พฤติกรรมประจำวัน	กลุ่ม						ร้อยละ (n=54)
	กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม		กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง		กลุ่มควบคุม		
	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	
1. การดื่มเครื่องดื่ม (250 ซี.ซี.= 1 แก้ว)							
1.1 ไม่ได้ดื่ม	9	16.67	7	12.96	11	20.37	50.00
1.2 ดื่ม	8	14.81	10	18.52	9	16.67	50.00
ชนิดเครื่องดื่ม							
1.2.1 แอลกอฮอล์	0	0	1	1.85	2	3.70	5.55
1.2.2 ชา	3	5.56	1	1.85	4	7.41	14.82
1.2.3 กาแฟดำ	0	0	5	9.26	2	3.70	12.96
1.2.4 น้ำอัดลม	0	0	3	5.56	1	1.85	7.41
1.2.5 อื่นๆ	5	9.26	7	12.96	0	0	22.22
2. การออกกำลังกาย (ยกเว้นการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนของโครงการวิจัย)							
2.1 ไม่มี	17	31.48	17	31.48	15	27.78	90.74
2.2 มี	0	0	0	0	5	9.26	9.26
3. การได้รับแสงแดด							
3.1 ไม่ได้รับ	13	24.07	0	0	12	22.22	46.30
3.2 ได้รับ	4	7.41	17	31.48	8	14.81	53.70
3.2.1 ไม่สม่ำเสมอ	4	7.41	0	0	8	14.81	22.22
3.2.1.1 ระยะเวลา(นาที)*	10	-	0	-	5	-	-
3.2.2 เป็นประจำ	0	0	17	31.48	0	0	31.48
3.2.1.2 ระยะเวลา(นาที)*	0	-	20	-	0	-	-
4. การได้รับฮอร์โมนทดแทน							
4.1 ไม่รับ	17	31.48	17	31.48	18	33.33	96.3
4.2 รับ	0	0	0	0	2	3.70	3.70
4.2.1 ขนาด (มิลลิกรัม)*	0	-	0	-	0	-	-
5. การได้รับยาที่ส่งผลต่อกระดูก							
5.1 ไม่รับ	17	31.48	17	31.48	19	35.19	98.15
5.2 รับ	0	0	0	0	1	1.85	1.85
5.2.1 ขนาด (มิลลิกรัม)*	0	-	0	-	0	-	-

* แสดงค่าเฉลี่ย

ภาคผนวก ต

ข้อมูลก่อนการทดลองของทุกกลุ่ม (กลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คน)

ข้อมูลก่อนการทดลองของทุกกลุ่ม (กลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คน)

ข้อมูล	กลุ่ม		
	กลุ่มที่ 1 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม	กลุ่มที่ 2 ฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้ง	กลุ่มควบคุม
จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คน)	20	20	20
อายุ (ปี)	39.7	40.15	40.3
น้ำหนัก (กก.)	58.33	57.145	58.03
ค่าการสร้างของกระดูก(P1NP) (ng./ml.)	38.913	37.762	36.24
ค่าการสลายของกระดูก(β-CrossLaps) (ng./ml.)	0.2653	0.26865	0.25525
ระดับวิตามินดี (Calcidiol หรือ 25(OH)D) (ng./ml.)	22.6615	22.4015	21.7655
ความหนาแน่นของกระดูกส้นเท้า (ข้างซ้าย)			
ค่า T-Score(SD)	-0.206	-0.17	-0.16
BMD.(g/cm^2)	0.539	0.554	0.548

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ	:	นายไชยวัฒน์ นามบุญลือ
เกิดวันที่	:	5 มกราคม 2531
สถานที่เกิด	:	จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	:	105 ม.12 ต.ขวาว อ.เสลภูมิ จ.ร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45120
ประวัติการศึกษา	:	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา เกียรตินิยมอันดับ 2 จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2552 เข้าศึกษาต่อปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2553

ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์

1. ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีการศึกษา 2554
2. ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีการศึกษา 2554