ผลของการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีผลต่อ
สารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน

นายอัจฉริยะ เอนก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
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 University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF STEP AEROBIC COMBINED WITH RESISTANCE TRAINING ON BIOCHEMICAL BONE MARKERS, HEALTH - RELATED PHYSICAL FITNESS AND BALANCE IN WORKING WOMEN

Mr. Achariya Anek

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Sports Science
Faculty of Sports Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีผลต่อสารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน
โดย	นายอัจฉริยะ เอนก
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. วิชิต คนึงสุขเกษม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์ คลินิกเกียรติคุณ นายแพทย์ ณรงค์ บุญยะรัตเวช

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิชิต คนึงสุขเกษม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์ คลินิกเกียรติคุณ นายแพทย์ ณรงค์ บุญยะรัตเวช)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ดรุณวรรณ สุขสม)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุจิตรา สุคนธทรัพย์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ราตรี เรืองไทย)

อัจฉริยะ เอนก : ผลของการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีผลต่อสารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน (EFFECTS OF STEP AEROBIC COMBINED WITH RESISTANCE TRAINING ON BIOCHEMICAL BONE MARKERS, HEALTH - RELATED PHYSICAL FITNESS AND BALANCE IN WORKING WOMEN) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. วิชิต คนึงสุขเกษม, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ศ. คลินิกเกียรติคุณ นพ. ณรงค์ บุญยะรัตเวช, 215 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านและศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกการออกกำลังกายระหว่าง การออกกำลังกายสเตปแอโรบิก การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้น้ำหนักเป็นแรงต้านที่มีผลต่อ การสร้างมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน

กลุ่มตัวอย่างคือ อาสาสมัครซึ่งเป็นสตรีวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี และเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 60 คน โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก 15 คน กลุ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน 14 คน กลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน 15 คน และกลุ่มควบคุม 16 คน ดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ คือ ทดสอบทางสรีรวิทยาทั่วไป สารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะทางกาย และความสามารถในการทรงตัว โดยมีระยะเวลาการทดลองเป็นเวลานาน 16 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆละ 50 นาที โดยมีการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ และการวิเคราะห์ค่าทีแบบรายคู่ ที่ระดับความมีนัยสำคัญ.05

ผลการศึกษาพบว่าภายหลังการฝึก 16 สัปดาห์ พบว่า ค่าเบต้าครอสแล็ปส์ ค่าพีวันเอ็นพี และค่าเอ็นมิดออสทีโอแคลซิน ค่าการสร้างมวลกระดูก ในกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของสารชีวเคมีของกระดูกในกลุ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน สำหรับค่าความสามารถในการทรงตัวในกลุ่มการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง กลุ่มควบคุม และกลุ่มการฝึกแบบใช้แรงต้าน

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่ากลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน และการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิก มีผลดีต่อค่าการสร้างกระดูก แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของการสร้างกระดูกในกลุ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน ทั้งนี้การออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ส่งผลดีในด้านการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน มากกว่าการฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5378966939 : MAJOR SPORTS SCIENCE
KEYWORDS: STEP AEROBIC COMBINED WITH RESISTANCE TRAINING / BONE FORMATION / BALANCE

ACHARIYA ANEK: EFFECTS OF STEP AEROBIC COMBINED WITH RESISTANCE TRAINING ON BIOCHEMICAL BONE MARKERS, HEALTH - RELATED PHYSICAL FITNESS AND BALANCE IN WORKING WOMEN. ADVISOR: ASSOC. PROF. VIJIT KANUNGSUKKASEM, Ph.D., CO-ADVISOR: PROF. NARONG BUNYARATAVEJ, M.D., 215 pp.

The objective of this research was to develop a step aerobic combined with resistance training exercise program, and to compare the effects of a) step aerobic exercise training (STE) , b) resistance exercise training (RES) ,and c) a combined step aerobic with resistance exercise training (COM) on the health-related fitness, balance, and biochemical bone markers. Sixty participants were working-age female volunteers aged 35-45 years old. They were divided into 4 groups by simple random sampling method. Fifteen subjects were in the STE group, 14 subjects in the RES group, 15 subjects in the COM group, and 16 subjects in the control group (CON), respectively. All of experimental groups performed 50 minutes a day, 3 days a week. Basic physiological information, health-related physical fitness, biochemical bone markers and balance of every subject were evaluated before and after 16 weeks of training. Data were analyzed by two – way ANOVA, two – way ANOVA with repeated measure and paired t-test. The significant level was set at .05 level.

After the 16 weeks experiment, the significant improvement was found in the COM and STE groups of exercise training for β-CrossLaps, P1NP, NMID Osteocalcin and bone formation (PINP/ β–CrossLaps x0.31) but not in the RES group. For balance ability, the COM group showed significantly greater change than the RES group and CON group after the training intervention. ($p<.05$)

It can thus be concluded that the STE and COM training were effective in improving bone formation (PINP/ β–CrossLaps x0.31) but not in the RES group. For balance ability, COM group showed significant greater changed than the RES group alone.

Field of Study: Sports Science
Academic Year: 2014

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....
Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีเพราะความเมตตากรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร. วิชิต คนึงสุขเกษม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และศาสตราจารย์ คลินิกเกียรติคุณ นพ. ณรงค์ บุญยะรัตเวช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตลอดจนศาสตราจารย์ ดร. ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ รองศาสตราจารย์ ดร. ดรุณวรรณ สุขสม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ราตรี เรืองไทย ซึ่งเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้มอบทุน 90 ปีของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (กองทุนรัชดาลัยสมโภชน์) และขอกราบขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้มอบทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการพิเศษ อาคารภปร. โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเจาะเลือดผู้เข้าร่วมวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บข้อมูลสำหรับการทำวิจัย และขอกราบขอบพระคุณบุคลากร ซึ่งเป็นผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกๆ ท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ อาสาสมัครสตรีหญิงที่เป็นบุคลากรของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกๆ ท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อเสน่ห์-คุณแม่มาลี เอนก และคุณย่าจำรัส เอนก ที่เลี้ยงดูผู้วิจัยจนประสบความสำเร็จ ณ วันนี้ และอานิสงส์ผลบุญจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่ คุณพระพุทธ คุณพระธรรม คุณพระสงฆ์ คุณบิดามารดา คุณครูบาอาจารย์ ตลอดจนผู้ที่ผ่านเข้ามาในชีวิตผู้วิจัยทุกๆ ท่าน หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขอรับผิดชอบแต่เพียงผู้เดียว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

ภาพรวมของกระดูกในร่างกายตั้งแต่เกิดจนถึงวัยสูงอายุในช่วงเด็กจะมีการสร้างมากกว่าการทำลาย ในช่วงวัยกลางคนจะมีการสร้างและการทำลายพอดีกันและการทำลายของกระดูกจะมีมากกว่าเมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุ แต่ก็ไม่ใช่หมายความว่าผู้สูงอายุทุกคนจะต้องเกิดกระดูกสันหลังทรุดหรือกระดูกหัก ทั้งนี้เป็นผลจากมีการสะสมของเนื้อกระดูกไว้ตั้งแต่ในช่วงเด็กและวัยรุ่นซึ่งเป็นช่วงที่มีการสะสมของกระดูกสูงสุดเพราะเมื่อมีการสูญเสียเนื้อกระดูกเพิ่มขึ้นในช่วงวัยหมดประจำเดือนไปก็ยังมีความหนาแน่นของกระดูกในเกณฑ์ปกติได้ ซึ่งจะต่างกับรายที่ไม่ได้มีการสะสมของกระดูกไว้เนื้อกระดูกก็อาจจะลดลงจนถึงระดับที่เป็นอันตรายได้ 1

2. กลุ่มทดลองต้องไม่ทำการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน การออกกำลังกายสเตปแอโรบิก การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านเพิ่มเติมและกลุ่มควบคุมให้ความร่วมมือในการใช้ชีวิตประจำวันตามปกติและตามข้อตกลงเบื้องต้น 7

การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย 76

รายการอ้างอิง 140

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 215

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคโลกาภิวัฒน์นี้ความก้าวล้ำทางเทคโนโลยีได้รุดหน้าอย่างมากทำให้เกิดสิ่งอำนวยความสะดวกมากมาย อาทิ เช่น ลิฟท์ บันไดเลื่อน รถยนต์ แม้กระทั่งการติดต่อทางสังคม ซึ่งในปัจจุบันไม่จำเป็นต้องเดินทางไปหากันก็สามารถติดต่อถึงกันได้ในวงกว้างโดยใช้สังคมออนไลน์(social network) ซึ่งมีทั้งด้านดีและด้านเสียคือเกิดความสะดวกมากขึ้นแต่ก็เกิดผลเสียทางด้านสุขภาพ จากการพึ่งพาสิ่งอำนวยความสะดวกนี้ ส่งผลให้เปลี่ยนวิถีการดำเนินชีวิตของคนในปัจจุบัน ทำให้คนเรามีกิจกรรมทางกายน้อยลงทำให้เกิดผลเสียต่างๆที่ตามมามากมาย ปัญหาที่สำคัญคือการเกิดภาวะโรคกระดูกพรุน ซึ่งโรคกระดูกพรุนนั้นได้ชื่อว่าเป็น มฤตยูเงียบ เพราะอาการของโรคจะรุกคืบตลอดเวลา โดยไม่มีอาการเตือนล่วงหน้ามาก่อน ผู้ป่วยจะรู้ตัวก็ต่อเมื่อกระดูกหักเสียแล้ว โดยโรคกระดูกพรุนจะพบมากในผู้สูงอายุโดยจะพบปัญหาในเพศหญิงมากกว่าเพศชายเพราะในเพศหญิงจะมีการลดลงของเนื้อกระดูกเป็นอย่างมากในช่วง 5 ปีหลังวัยหมดประจำเดือน โดยสตรีวัยหมดประจำเดือนเป็นวัยที่ต้องเผชิญกับปัญหาครั้งสำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งของชีวิต คือ การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของร่างกายโดยเฉพาะฮอร์โมนเอสโตรเจนที่ลดลงอย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากประสิทธิภาพการทำงานของรังไข่หยุดทำงาน โดยจะเริ่มมีความผิดปกติทางสรีรวิทยาเมื่ออายุ 45 ปีขึ้นไปส่งผลให้เกิดการสลายมวลกระดูกเร็วมากกว่าปกติอันเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโรคกระดูกพรุนในเวลาต่อมา โดยจะมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดกระดูกหัก ยุบตัว หรือหลังคดงอได้ง่ายเมื่อมีการหกล้มที่ไม่รุนแรง นอกจากนั้น ยังจะส่งผลกระทบต่อสภาพจิตใจ อารมณ์ และสังคมของสตรีผู้สูงอายุเป็นอย่างมาก ตลอดจนเป็นปัญหาด้านภาวะการพึ่งพิงของบุคคลรอบข้างและจะต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายอย่างมหาศาลในการรักษา จนกล่าวได้ว่าโรคกระดูกพรุนเป็นโรคที่สาธารณสุขของหลายประเทศทั่วโลกจะต้องเผชิญโดยมิอาจหลีกเลี่ยงได้

ภาพรวมของกระดูกในร่างกายตั้งแต่เกิดจนถึงวัยสูงอายุในช่วงเด็กจะมีการสร้างมากกว่าการทำลาย ในช่วงวัยกลางคนจะมีการสร้างและการทำลายพอดีกันและการทำลายของกระดูกจะมีมากกว่าเมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุ แต่ก็ไม่ใช่หมายความว่าผู้สูงอายุทุกคนจะต้องเกิดกระดูกสันหลังทรุดหรือกระดูกหัก ทั้งนี้เป็นผลจากมีการสะสมของเนื้อกระดูกไว้ตั้งแต่ในช่วงเด็กและวัยรุ่นซึ่งเป็นช่วงที่มีการสะสมของกระดูกสูงสุดเพราะเมื่อมีการสูญเสียเนื้อกระดูกเพิ่มขึ้นในช่วงวัยหมดประจำเดือนไปก็ยังมีความหนาแน่นของกระดูกในเกณฑ์ปกติได้ ซึ่งจะต่างกับรายที่ไม่ได้มีการสะสมของกระดูกไว้เนื้อกระดูกก็อาจจะลดลงจนถึงระดับที่เป็นอันตรายได้

การเกิดโรคกระดูกพรุน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรูปร่าง โดยเฉพาะส่วนของกระดูกสันหลัง และยังพบว่าโรคกระดูกพรุนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดกระดูกหัก โดยในปัจจุบันมีวิธีการป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนหลายวิธี เช่น การรับประทานอาหารที่ถูกต้อง การจัดวางท่าทางที่ถูกต้อง การออกกำลังกาย และการใช้ยาบางชนิด การรักษาด้วยยาในบางกรณีมีข้อจำกัด และอาจเกิดผลข้างเคียง นอกจากนั้นแล้วยังต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นด้วย (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539) ดังนั้นหากเราเลือกวิธีการป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนที่ไม่เป็นอันตราย เพียงแค่เราปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ชีวิตประจำวัน เพิ่มกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายให้มากขึ้น โดยการออกกำลังกาย ซึ่งนอกจากจะช่วยในเรื่องของโรคกระดูกพรุนแล้วนั้น ยังส่งผลต่อสุขภาพร่างกายในด้านอื่นด้วย ซึ่งการออกกำลังกายเพื่อป้องกันการเกิดภาวะกระดูกพรุน ได้แก่ การออกกำลังกายที่มีแรงกระทำจากพื้น (Impact exercise) เพื่อเสริมสร้างเนื้อกระดูกโดยรวม และการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (Resistance exercise) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยกระดูกจะตอบสนองต่อน้ำหนักหรือแรงที่กระทำต่อกระดูก (Mechanical forces) ซึ่งมีข้อมูลสนับสนุนว่าเนื้อกระดูกที่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น โดยเกิดขึ้นทั้งในกลุ่มผู้สูงอายุและเยาวชนที่เป็นนักกีฬาเทนนิส ซึ่งพบว่าความหนาแน่นของกระดูกในส่วนต้นแขน (Humerus) ของข้างที่ถนัดมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 35% เมื่อเทียบกับแขนข้างที่ไม่ถนัด การศึกษาในกลุ่มนักกีฬาปริมาณของความหนาของเนื้อกระดูกมีความสัมพันธ์กับแรงที่กระทำต่อกระดูกขณะที่เล่นกีฬา ตัวอย่างเช่นนักยกน้ำหนักมีความหนาแน่นของกระดูกบริเวณกระดูกสันหลังและกระดูกต้นขามากขึ้น เคอร์ (Kerr, 2001) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบแรงต้าน (Resistance training) ที่มีผลต่อการเพิ่มความหนาแน่นของกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มฝึกแรงต้านที่มีการให้แคลเซียมเสริมนั้นสามารถเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้เช่นกัน เดวิด (David, 2001) ได้ทำการศึกษาการฝึกแบบแรงต้าน (Resistance training) ที่มีผลต่อการเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกในสตรีวัยรุ่น โดยผลการศึกษาพบว่ากลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านนั้นเป็นการออกกำลังกายที่สามารถเพิ่มความหนาแน่นของกระดูกในช่วงวัยรุ่นได้ดี ต่อมา ซิงค์ ชามิทซ์ และเปอร์ตี (Singh, Schmitz, & Petit, 2009) ได้ทำการศึกษาการฝึกแบบใช้แรงต้านในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน โดยผลการศึกษาพบว่าการฝึกแบบใช้แรงต้านที่มีน้ำหนักสูงช่วยพัฒนากระดูกในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนได้ดีเช่นกัน

นอกจากการออกกำลังกายแบบแรงต้านแล้วยังมีการออกกำลังกายที่น่าสนใจในการเพิ่มความหนาแน่นและความแข็งแรงของมวลกระดูกคือการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีแรงกระทำจากพื้นอาทิเช่น สเตปแอโรบิก การวิ่งเป็นต้น โดยการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกเป็นการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำจากพื้น (Impace exercise) ซึ่งน้ำหนักหรือแรงที่กระทำต่อกระดูก กระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกเพิ่มขึ้น น้ำหนักของร่างกายที่กระทำต่อกระดูกนั้นเป็นผลทำให้เกิดแรงกดหรือ

แรงบิด โดยแรงโน้มถ่วงของโลกจะกระทำต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกใหม่ได้ เนื่องจากร่างกายนั้นประกอบด้วยกล้ามเนื้อจำนวนมากกว่า 600 มัด ซึ่งมีที่เกาะต้นละที่เกาะปลายอยู่บนกระดูกจำนวนมากมายที่ประกอบเป็นโครงร่างของร่างกายประมาณ 206 ชิ้น การหดตัวของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะการหดตัวที่ต้องออกแรงต้านกับแรงโน้มถ่วงหรือแรงต้านทานจากภายนอกร่างกายสามารถที่จะทำให้เกิดแรงจำนวนมากต่อกล้ามเนื้อ เอ็น กระดูกและข้อต่อ และแรงเหล่านี้มีผลต่อความหนาแน่นของเนื้อกระดูก (Bone matrix) ความจริงดังกล่าวนี้ได้มีการเปิดเผยโดยนักบินอวกาศของสหรัฐอเมริกาที่พยายามออกกำลังกายในสภาพไร้น้ำหนักเพื่อที่จะลดการสลายกระดูกขณะที่ทำการบินอยู่ในอวกาศ (ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541) และได้มีการศึกษาในกลุ่มคนที่เล่นกีฬาหรือออกกำลังกายด้วยกันนั้นในกลุ่มที่มีกิจกรรมที่มีแรงกระทำต่อร่างกาย หรือมีการลงน้ำหนักชนิดต่างๆเช่น ยิมนาสติก สเตปแอโรบิก นั้นจะมีมวลกระดูกสูงกว่ากีฬาหรือการออกกำลังกายประเภทที่มีแรงกระทำน้อย ยังมีการศึกษาจำนวนหนึ่งในกลุ่มประชากรที่ไม่ใช่นักกีฬาแต่ให้มาออกกำลังกายชนิดที่มีแรงกระทำจากพื้น คือ การออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิก การกระโดด นาน 6 เดือน แล้วติดตามดูผลต่อมวลกระดูกซึ่งศึกษาในผู้หญิงที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย ผลการศึกษาที่ได้ออกมาส่วนใหญ่จะพบว่ามีความหนาแน่นของมวลกระดูกมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนคอกระดูกฟีเมอร์ (Femoral neck) และกระดูกสันหลังส่วนเอว (Lumbar spine) (Bassey et al., 1998) ต่อมาไฮโนเนนและคณะ (Heinonen et al., 2000) ได้ทำศึกษาการออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจากพื้น ที่มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูกในสตรี โดยใช้การออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกใช้เวลาในการทดลอง 18 เดือน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มการฝึกการออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจากพื้น คือ สเตปแอโรบิกจะเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูก เมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มัลทาเนน ไนอิไมเนน และไฮโนเนน (Multanen, Nieminen, & Heinonen, 2014) ที่พบว่าการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกนั้นส่งผลที่ดีต่อกระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก นอกจากนี้แล้วการออกกำลังแบบสเตปแอโรบิกนั้นยังสามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวและสุขสมรรถนะได้ดีอีกด้วย ทั้งนี้ปาร์คและคิม (Park & Kim, 2008) ได้ทำศึกษารูปแบบการออกกำลังกายแบบผสมผสานที่มีผลต่อกระดูก การทรงตัวและความสามารถในการเดิน ในสตรีสูงอายุ 65-75 ปี โดยแบ่งเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มทดลอง จำนวน 25 คนและกลุ่มควบคุม จำนวน 25 คน ซึ่งกลุ่มทดลองจะทำการฝึกการออกกำลังกายแบบผสมผสาน โดย เริ่มจากยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 9 นาที ตามด้วยฝึกความแข็งแรง 10 นาที ต่อมาฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก 23 นาทีที่ความหนัก 65-75 เปอร์เซ็นต์ของการเต้นหัวใจสูงสุด สุดท้ายทำการฝึกการทรงตัว 18 นาที ใช้เวลาในการทดลอง 48 สัปดาห์ โดยรูปแบบการออกกำลังกายแบบผสมผสานสามารถชะลอการสลายมวลกระดูก และสามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวได้ดีในสตรีสูงอายุอีกด้วย นอกจากนี้แล้วยังมีการวิจัยที่ศึกษาผลของรูปแบบการออกกำลังกายด้วยการเต้นสเตปแอโรบิก

ร่วมกับการใช้แรงต้านที่มีต่อสุขสมรรถนะและระดับไขมันในเลือด ในหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกิน ผลการศึกษาภายหลัง 12 สัปดาห์พบว่า สุขสมรรถนะของกลุ่มเต้นแอโรบิก ได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าและด้านหลัง กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง และกล้ามเนื้อหน้าอกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มฝึกเต้นสเตปแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้านมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก และเปอร์เซ็นต์ไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ยรรยงค์ พานเพ็ง และดรุณวรรณ สุขสม, 2552)

สตรีวัยทำงานมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดโรคกระดูกพรุนในอนาคตอันเนื่องมาจากการลดลงของมวลกระดูก (Singh, Schmitz, & Petit, 2009) โดยปัจจัยด้านอายุ และหน้าที่การงานนี้ส่งผลให้ระบบการทำงานของกล้ามเนื้อนั้นต่ำลง แล้วส่งผลต่อการทรงตัวของร่างกายซึ่งนำไปสู่อุบัติการณ์กระดูกหักจากการหกล้ม และส่งผลต่อคุณภาพชีวิตที่ต่ำลง (Lane, 2006) ซึ่งในปัจจุบันลดปัจจัยหรือตัวแปรที่ส่งผลให้เกิดกระดูกหักเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้น การให้ความสนใจด้านการลดปัจจัยด้านการหกล้ม และพัฒนาระบบกระดูกน่าจะเป็นทางออกที่ดีที่สุดในขณะนี้ จากงานวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่า การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีความหนักสูงจะสามารถพัฒนาความหนาแน่นของมวลกระดูก (Singh, Schmitz, & Petit, 2009) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ดีในสตรี (Bemben, Fetters, & Koh, 2000)

ในขณะที่การออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจากพื้น (impact exercises) อาทิเช่น การกระโดด (Anek, Kanungsukkasem, & Bunyaratavej, 2011) และ สเตปแอโรบิก (Clary et al., 2006) ก็สามารถพัฒนามวลกระดูกได้ดีเช่นกัน ทั้งสามารถพัฒนาระบบไหลเวียนโลหิตได้ดีอีกด้วย (Heinonen et al., 2000)

แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังกายด้วยการผสมผสานระหว่างการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำจากพื้น โดยใช้รูปแบบการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านโดยใช้ดัมเบลประกอบการฝึก ที่มีต่อการเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกและความสามารถด้านการทรงตัวของสตรีวัยทำงานเพื่อป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุนในประเทศไทยนั้นยังไม่มีหลักฐานปรากฏที่แน่ชัดอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้คำนึงถึงด้านความปลอดภัยในการออกกำลังกายในสตรีจึงเลือกรูปแบบการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีน้ำหนักต่ำ และสามารถประยุกต์เข้ากับการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกไปพร้อมๆกันได้อีกด้วย

ในปัจจุบันการออกกำลังกายทั้ง 3 `รูปแบบยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าการออกกำลังกายประเภทใดจะให้ผลต่อการพัฒนากระดูก และความสามารถในการทรงตัวได้ดีที่สุด และยังเป็นที่อภิปรายโต้เถียงกันในปัจจุบัน จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ก่อให้ผู้วิจัยเกิดแรงผลักดันในการที่จะศึกษาเปรียบเทียบการออกกำลังกายที่นิยมในปัจจุบันคือ การออกกำลังกายที่มีแรงกระทำจากพื้น และการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน ที่สามารถพัฒนาระบบกระดูกได้ เปรียบเทียบกับการออกกำลังกาย

รูปแบบใหม่ คือการออกกำลังกายผสมผสานระหว่างการออกกำลังกาย `2 `รูปแบบนี้ คือ การออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน โดยผลวิจัยครั้งนี้จะช่วยสนับสนุนองค์ความรู้ด้านการออกกำลังกายที่มีผลต่อระบบกระดูก และการทรงตัวเพิ่มขึ้น และสามารถทราบถึงความแตกต่างของการฝึกที่มีผลต่อระบบสรีรวิทยาของร่างกายที่เกี่ยวข้องกับสารชีวเคมีของกระดูก พร้อมทั้งสามารถนำผลวิจัยที่ได้มาเป็นแนวทางการออกกำลังกายที่พัฒนา สุขสมรรถนะ การทรงตัว และกระดูก ซึ่งจะช่วยลดอุบัติการณ์กระดูกหักจากการหกล้ม โดยเสนอแนะการออกกำลังกายที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้สตรีมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น และเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการรักษาทั้งของตนเองและประเทศชาติ

คำถามของการวิจัย

1. การฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านให้ผลอย่างไรต่อ สารชีวเคมีของกระดูกที่เกี่ยวกับการสร้างกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน

2. การฝึกสเตปแอโรบิกให้ผลอย่างไรต่อ สารชีวเคมีของกระดูกที่เกี่ยวกับการสร้างกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ในสตรีวัยทำงาน

3. การฝึกแบบใช้แรงต้านให้ผลอย่างไรต่อ สารชีวเคมีของกระดูกที่เกี่ยวกับการสร้างกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ในสตรีวัยทำงาน

4. ผลหลังการทดลอง จะให้ผลการเปลี่ยนแปลงจากการฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน การฝึกสเตปแอโรบิกหรือการฝึกแบบใช้แรงต้าน เกี่ยวกับสารชีวเคมีของกระดูกที่เกี่ยวกับการสร้างกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ในสตรีวัยทำงาน แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

Chulalongkorn University

สมมติฐานของการวิจัย

1. การฝึกแอโรบิกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านให้ผลที่ดีต่อสารชีวเคมีของกระดูกที่เกี่ยวกับการสร้างกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน

2. การฝึกแอโรบิกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านให้ผลที่ดีกว่าการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน เกี่ยวกับ สารชีวเคมีของกระดูกในด้านการสร้างกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ในสตรีวัยทำงาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน

2. เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีต่อสารชีวเคมีของกระดูกที่เกี่ยวกับการสร้างกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ในสตรีวัยทำงาน

3. เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกที่มีต่อสารชีวเคมีของกระดูกที่เกี่ยวกับการสร้างกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ในสตรีวัยทำงาน

4. เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีต่อสารชีวเคมีของกระดูกที่เกี่ยวกับการสร้างกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ในสตรีวัยทำงาน

5. เพื่อเปรียบเทียบผลหลังการทดลองจากการฝึกแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน การฝึกสเตปแอโรบิก และการฝึกแบบใช้แรงต้าน เกี่ยวกับ สารชีวเคมีของกระดูกในด้านการสร้างกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ในสตรีวัยทำงาน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรในการวิจัยครั้งนี้คือสตรีวัยทำงาน ที่มีอายุระหว่าง 35 - 45 ปี

2. ตัวแปรที่จะการศึกษาในครั้งนี้

ตัวแปรต้น (Independent variables)

- รูปแบบการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน
- รูปแบบการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิก
- รูปแบบการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน

ตัวแปรตาม (Dependent variables)

- ตัวแปรทางสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนักตัว อัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก ความดันโลหิตขณะพัก

- ตัวแปรการทดสอบสุขสมรรถนะ ได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ

- ตัวแปรการทดสอบด้านสารชีวเคมีกระดูก ได้แก่ ภาวะการสลายและการสร้างมวลกระดูก และกระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก โดยภาวะการสร้างมวลกระดูกจะมีค่าพีวันเอ็นพี (P1NP) ปกติอยู่ในช่วง 40.78-48.35 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ภาวะการสลายมวลกระดูกจะมีค่าเบต้าครอสแล็บ (β- CrossLaps) ปกติอยู่ในช่วง 0.293 - 0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และภาวะกระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก ปกติอยู่ในช่วง 14.90-18.02 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และค่าการสร้างกระดูก (Bone formation) ที่คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ต่อค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) คูณ 0.31 (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)

- ตัวแปรค่าทดสอบความสามารถในการทรงตัว

ข้อจำกัดของการวิจัย

ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมการประกอบกิจกรรมในการดำเนินชีวิตประจำวันของกลุ่มตัวอย่างให้เหมือนกันได้ เช่น การรับประทานอาหาร และการพักผ่อน เป็นต้น

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครที่มีความเต็มใจเข้าร่วมการวิจัยและได้รับการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการวิจัยต่างๆอย่างละเอียดพร้อมทั้งลงชื่อในใบยินยอมเพื่อเข้าร่วมทำการทดลอง

2. กลุ่มทดลองต้องไม่ทำการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน การออกกำลังกายสเตปแอโรบิก การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านเพิ่มเติมและกลุ่มควบคุมให้ความร่วมมือในการใช้ชีวิตประจำวันตามปกติและตามข้อตกลงเบื้องต้น

3. ผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมในการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน การออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านด้วยตนเองทุกครั้ง

4. ใช้สถานที่ทำการทดลองเดียวกัน

5. ใช้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เลือดเพื่อหาค่าการสลายมวลกระดูก ค่าการสร้างมวลกระดูก และค่ากระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก โดยการตรวจวัดค่าเบต้าครอสแล็บ (β-CrossLaps) ค่าพีวันเอ็นพี (P1NP) และค่าเอ็นมิดออสทีโอแคลซิน (NMID Osteocalcin) ตามลำดับ

คำจำกัดความของการวิจัย

การฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน หมายถึง กระบวนการฝึกการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิก โดยนำดัมเบล 2 อันที่มีน้ำหนักอันละ 0.5 กิโลกรัมมาใช้เป็นแรงต้านประกอบการฝึกโดยคัดเลือกท่าการฝึกที่ส่งผลต่อการลงน้ำหนักผ่านเส้นแนว แขน ขา กระดูกและข้อต่อต่างๆ และฝึกอย่างต่อเนื่องในรูปแบบของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วง 60%-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยฝึกออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 16 สัปดาห์

การฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก หมายถึง กระบวนการฝึกการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิก เป็นการออกกำลังกายโดยใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการใช้พลังงานของกล้ามเนื้อซึ่งต้องใช้ออกซิเจนช่วยในการสันดาป สำหรับการศึกษาวิจัยนี้เป็นการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องในรูปแบบของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วง 60%-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยฝึกออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 16 สัปดาห์

การฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน หมายถึง กระบวนการฝึกการออกกำลังกายโดยนำดัมเบล 2 อันที่มีน้ำหนักอันละ 0.5 กิโลกรัมมาใช้เป็นแรงต้าน และทำการฝึกอย่างต่อเนื่องในรูปแบบของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วง 60%-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยฝึกออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 16 สัปดาห์

การสร้างมวลกระดูก หมายถึง ภาวะที่มีการสร้างกระดูกใหม่ขึ้นมาทดแทนมากกว่าการสลายมวลกระดูก และสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุน (ณรงค์ บุญยะรัตเวช, 2557)

การสลายมวลกระดูก หมายถึง ภาวะที่มีการสลายกระดูกมากกว่าการสร้างกระดูกใหม่ขึ้นมาทดแทน หรืออาจมีสาเหตุอื่นๆ ที่ก่อทำให้เกิดการสูญเสียมวลกระดูกเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนมากขึ้น (ณรงค์ บุญยะรัตเวช, 2557)

การตรวจโบนมาร์กเกอร์ หมายถึง การตรวจด้วยขบวนการเคมีพิเศษที่สามารถบอกภาวะการสลายและการสร้างมวลกระดูกได้ โดยภาวะการสร้างมวลกระดูกจะมีค่าพีวันเอ็นพี (P1NP) ปกติอยู่ในช่วง 40.78-48.35 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ภาวะการสลายมวลกระดูกจะมีค่าเบต้าครอสแล็บ (β-CrossLaps) ปกติอยู่ในช่วง 0.293 - 0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และกระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูกจะมีค่า เอ็นมิดออสทีโอแคลซิน (NMID Osteocalcin) ปกติอยู่ในช่วง 14.90-18.02 นาโนกรัมต่อมิลลิเมตร ซึ่งเรียกวิธีการตรวจทางชีวเคมีนี้ว่าไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์ (Biochemical bone markers) หรือเรียกสั้นๆว่า โบนมาร์กเกอร์ (ณรงค์ บุญยะรัตเวช, 2552)

สตรีวัยทำงาน หมายถึง สตรีที่มีอายุ 35 – 45 ปี โดยยังคงมีประจำเดือนมาอย่างสม่ำเสมอ หรือ อาจพบว่ามีประจำเดือนขาดหายไปบ้างบางครั้งแต่ไม่เกิน 3 เดือน

สุขสมรรถนะ หมายถึง สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพทั้ง 4 ประการได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ

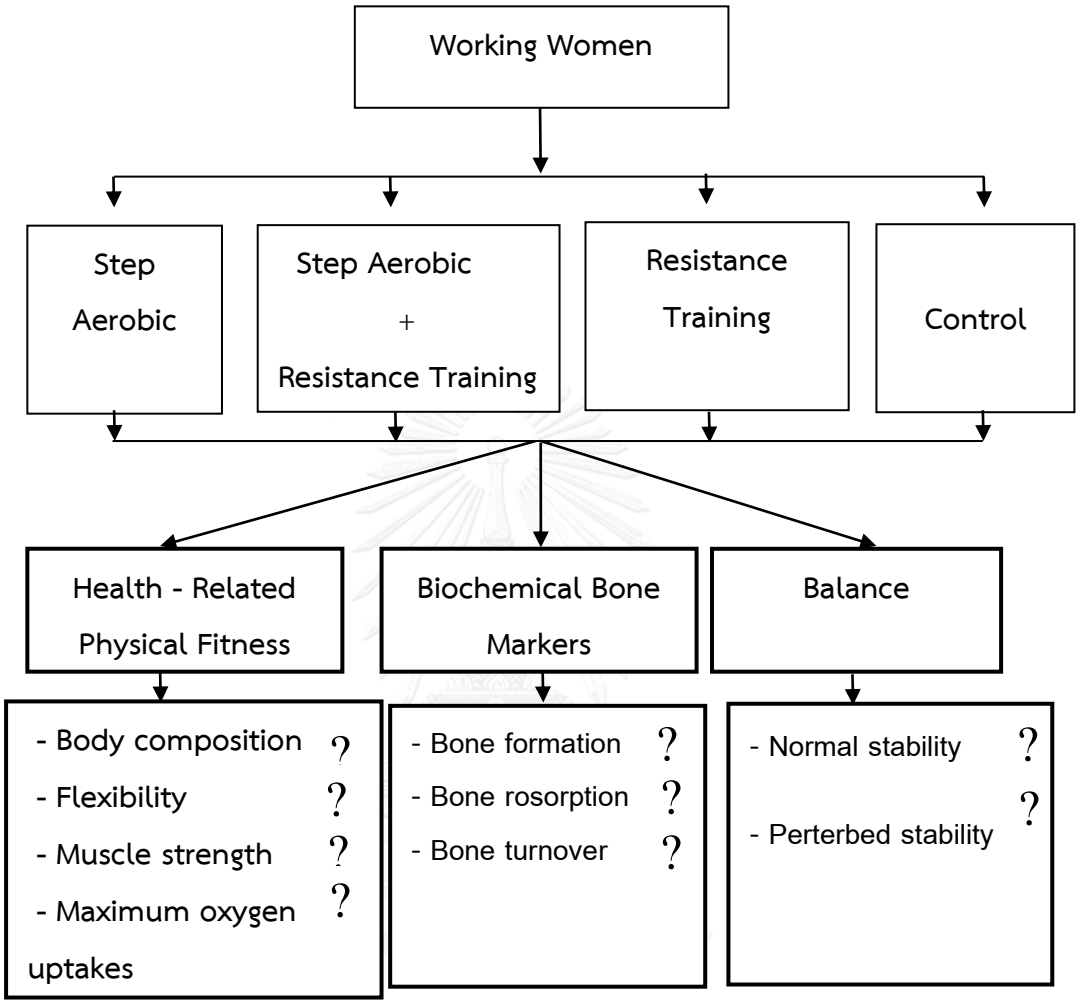
การทรงตัว หมายถึง ความสามารถในการรักษาสมดุลของร่างกายเอาไว้ได้ทั้งในขณะอยู่กับที่และเคลื่อนที่

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงผลของการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก การฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีต่อ สารชีวเคมีของกระดูก การสร้างกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน

2. ทำให้ทราบถึงผลเปรียบเทียบระหว่างที่ได้ฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก การฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีต่อ สารชีวเคมีของกระดูก การสร้างกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน

3. ทำให้ได้รูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสมสำหรับสตรีวัยทำงาน ซึ่งจะเป็นแนวทางในการแนะนำให้สตรีวัยทำงานได้มีคุณภาพชีวิตและการดูแลตัวเองที่ดีขึ้น



แผนภูมิที่ 1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่องผลของการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีต่อ สารชีวเคมีชองกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน จึงได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลต่างๆ จากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประกอบและเป็นแนวทางในการศึกษาซึ่งเรียบเรียงไว้ดังนี้

ก.เอกสาร วารสาร และตำราที่เกี่ยวข้อง

1. สตรีวัยทำงานในช่วงก่อนหมดประจำเดือน และสตรีวัยหมดประจำเดือน
2. ชีววิทยาของกระดูก
3. การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน
4. โรคกระดูกพรุน
5. การตรวจวัดทางชีวเคมีของกระดูก
6. ผลของการออกกำลังกายต่อการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย
7. ผลของการออกกำลังกายต่อสุขภาพของกระดูก
8. การฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน

Chulalongkorn University

ข.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

ก.เอกสาร วารสาร และตำราที่เกี่ยวข้อง

1. สตรีวัยทำงาน

สตรีวัยทำงานในช่วงวัยก่อนหมดประจำเดือน หมายถึง สตรีที่อยู่ในช่วงวัยทำงาน และยังคงมีประจำเดือนมาอย่างสม่ำเสมอ หรือ อาจพบว่ามีประจำเดือนขาดหายไปบ้างบางครั้งแต่ไม่เกิน 3 เดือน (หะทัย เทพพิสัย และอุรุษา เทพพิสัย, 2541)

สตรีวัยหมดประจำเดือน หมายถึง สตรีที่เข้าสู่ช่วงวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงของจิตใจและระบบต่างๆในร่างกายตามธรรมชาติโดยเฉพาะมีการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะเจริญพันธุ์ไปสู่ภาวะหมดความสามารถในการเจริญพันธุ์เนื่องจากหยุดการทำงานของรังไข่ (บุปผา อินต๊ะแก้ว, 2544) ซึ่งสตรีวัยหมดประจำเดือนจะเริ่มมีอาการและการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปตั้งแต่อายุประมาณ 40 ปีขึ้นไปเนื่องจากการผลิตฮอร์โมนเอสโตรเจนที่เริ่มลดลง เช่น อาการทางระบบประสาทอัตโนมัติ อาการทางจิตประสาท อาการทางผิวหนัง อาการทางระบบกล้ามเนื้อและโครงร่าง อาการของระบบทางเดินปัสสาวะและอวัยวะสืบพันธุ์ อาการของระบบหัวใจและหลอดเลือด และอาการที่เกิดจากกระดูกพรุน (กอบจิตต์ ลิมปพะยอม, 2543; อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, 2540)

ภาวะหมดประจำเดือนของสตรี (หะทัย เทพพิสัย และอุรุษา เทพพิสัย, 2541) แบ่งเป็น 3 ช่วงดังนี้

1. ภาวะก่อนหมดประจำเดือน (Premenopause) คือ ภาวะที่สตรียังคงมีประจำเดือนอย่างสม่ำเสมอ หรืออาจพบว่ามีประจำเดือนขาดหายไปบ้างบางครั้งแต่ไม่เกิน 3 เดือน

2. ภาวะใกล้หมดประจำเดือน (Perimenopause) คือ ภาวะที่ประจำเดือนมาอย่างไม่สม่ำเสมอ หรือภาวะที่ไม่มีประจำเดือนมาเป็นระยะเวลา 3-11 เดือน

3. ภาวะหลังหมดประจำเดือน (Postmenopause) คือ ภาวะที่สตรีหมดประจำเดือนโดยธรรมชาติอย่างถาวร และไม่มีประจำเดือนเป็นระยะเวลา 12 เดือนขึ้นไป

2. ชีววิทยาของกระดูก

โครงสร้างและหน้าที่ของกระดูก (Structure and function of bone) (ทวี ทรงพัฒนาศิลป์, 2550) กระดูกของคนเรานั้นปกติจะมีปริมาตรทั้งหมดประมาณ 1,750 มิลลิลิตร น้ำหนักประมาณ 4 กิโลกรัม และมีปริมาณแคลเซียมประมาณ 1,050 กรัม กระดูกจะประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อกระดูก 2 ประเภท ถ้าแบ่งตามจุลกายวิภาคศาสตร์ (Histology) คือ กระดูกเนื้อแน่น (Compact bone หรือ Cortical bone) ประมาณ 80% ของมวลกระดูก และอีก 20% เป็นกระดูกเนื้อพรุน (Trabecular bone หรือ Cancellous bone) อย่างไรก็ตามกระดูกเนื้อพรุนจะมีเมตาบอลิซึมที่ทำงานถึง 10 เท่าถ้าคิดต่อหน่วยปริมาตรที่เท่ากันนั้นแล้วจึงทำให้ประมาณได้ว่าเนื้อเยื่อกระดูกทั้ง 2 ประเภทนี้มีเมตาบอลิซึมที่พอๆ กัน โดยภาพรวมกระดูกจะทำหน้าที่ห่อหุ้มปกป้องอวัยวะภายในและเป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อ เส้นเอ็นต่างๆ ก่อให้เกิดการเคลื่อนไหวได้ และยังเป็นที่อยู่ของไขกระดูก (Bone marrow) ซึ่งเป็นที่ผลิตเซลล์เม็ดเลือดต่างๆ อีกทั้งยังเป็นแหล่งสะสมใหญ่ที่สุดของแร่ธาตุสำคัญต่างๆเช่น แคลเซียม และฟอสฟอรัส อีกด้วย (ฉกาจ ผ่องอักษร, 2552) กระดูกประกอบขึ้นด้วยส่วนที่เป็นเซลล์และส่วนที่เป็นแมทริก (Matrix) โดยส่วนที่เป็นเซลล์มีปริมาณน้อยมากทำให้ดูเหมือนว่ากระดูกเป็นแท่งของแข็งของแมทริกซึ่งไม่มีชีวิต แต่ความเป็นจริงแล้วกระดูกกลับเป็น

เนื้อเยื่อที่มีชีวิต และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (Dynamic) มีการสลายกระดูกที่ไม่ต้องการออกไปและมีการสร้างกระดูกใหม่เข้ามาทดแทนตลอด กระดูกสามารถรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมรอบๆได้ ไม่ว่าจะเป็นทางเคมีหรือกลไกจากการถูกกระตุ้นด้วยแรงกระทำ (Mechanical stimuli) สิ่งเหล่านี้มีเซลล์กระดูกที่มีปริมาณไม่มากนักที่เป็นตัวควบคุมดูแลในกิจกรรมต่างๆเหล่านี้ (ฉกาจ ผ่องอักษร, 2552)

พัฒนาการของกระดูก

สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท (ทวี ทรงพัฒนาศิลป์, 2550) คือ

1. การเจริญของกระดูก (Growth)

การเจริญของกระดูก (Growth) คือการเพิ่มหรือการขยายขนาดของกระดูก โดยในช่วงเด็กหรือวัยรุ่นจะเป็นการเจริญเติบโตตามแนวยาวของกระดูก (Longitudinal growth) อันเนื่องมาจากการเพิ่มของเนื้อเยื่อกระดูกอ่อน

2. การเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (Modeling)

การเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (Modeling) เป็นกระบวนการซึ่งมีการปรับเปลี่ยนรูปร่างของกระดูกเพื่อตอบสนองตามต่อสรีระ และอิทธิพลจากการเคลื่อนไหวร่างกายที่เกิดขึ้น โดยกระดูกสามารถที่จะกว้างออก หรือปรับแนวกระดูกของตัวเองโดยใช้กลไกการเคลื่อนย้ายกระดูกในตำแหน่งที่ไม่ต้องการ และไปเพิ่มกระดูกในตำแหน่งที่ต้องการ ยกตัวอย่างเช่น การกว้างออกของกระดูกแนวยาว (Long bone) เกิดจากการสร้างชั้นกระดูกใหม่ (New layer) ที่ผิวของเยื่อหุ้มกระดูก (Periosteal surface) โดยมีการเคลื่อนย้ายกระดูกในด้านพื้นผิวของเยื่อโพรงกระดูก ปรากฏการณ์นี้จะเห็นได้ชัดเจนในช่วงวัยเด็ก และจะค่อยหมดความสามารถนี้ไปเมื่ออายุมากขึ้น การที่กระดูกยาวสามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างไปตามแรงกดที่กระทำกับมันได้ เราเรียกอีกอย่างว่า “กฎของโวล์ฟ” (Wolff’slaw)

3. การปรับแต่งกระดูก (Remodeling)

การปรับแต่งกระดูก (Remodeling) เป็นกระบวนการสลายกระดูกเก่าและสร้างกระดูกใหม่ซึ่งเกิดขึ้นตลอดเวลา และจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปตลอดชีวิตของเราโดยมีการเคลื่อนย้ายกระดูกเก่าที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง (Bone resorption) ออกมา และตามมาด้วยการสร้างกระดูกใหม่ทดแทนที่ตำแหน่งนั้นๆ (Bone formation) โดยความแตกต่างจากการเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (Modeling) อยู่ที่การแทนที่ของกระดูก และการเคลื่อนย้ายของกระดูก ในการปรับแต่งกระดูก (Remodeling) จะต้องเกิดขึ้นที่ตำแหน่งเดียวกันเสมอ ในระดับที่เล็กมาก (Microscopic) และการปรับแต่งกระดูก เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในกระดูกทุกๆส่วนของร่างกายตลอดเวลา แต่ในระดับที่เล็กมากจนทำให้เราแทบไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงใดๆ ทั้งในแง่ปริมาณ หรือรูปร่างกระดูกเลย (ทวี ทรงพัฒนาศิลป์, 2550) กระบวนการนี้เป็นการทำงานของเซลล์ 2 ชนิด คือ เซลล์สลายกระดูก

(Osteoclast) ซึ่งทำหน้าที่ในการสลายกระดูกเก่า และเซลล์สร้างกระดูก (Osteoblast) ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างกระดูกใหม่เข้ามาแทนที่ กระบวนการสลายและการสร้างกระดูกมักจะเกิดที่บริเวณผิวด้านในของกระดูก (Endosteum) (ทวี ทรงพัฒนาศิลป์, 2550)

4. การซ่อมแซมกระดูก (Repair)

การซ่อมแซมกระดูก (Repair) เป็นกระบวนการที่กระดูกมีการซ่อมแซมเมื่อมีการเสื่อมหรือหักของกระดูก ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปตลอดชีวิต

ทวี ทรงพัฒนศิลป (2550) กล่าวว่า หน้าที่หลักของการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling) ที่ยอมรับกันในปจจุบันมีอยู 2 ประการ

1. เพื่อให้มีการคงสภาพของกลไกการปรับแต่งของกระดูก (Mechanical property) โดยการแทนที่ของกระดูกเกาด้วยการสร้างกระดูกใหมที่มีความแข็งแรง (Mechanical strength) เข้าไปแทนที่

2. เพื่อควบคุมสมดุลของแรธาตุต่างๆ (Mineral homeostasis) ในรางกาย โดยกระดูกเป็นแหลงสะสมธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่ใหญที่สุดของรางกาย จึงต่องอาศัยกลไกของการปรับแตงของกระดูก (Bone remodeling) ในการรักษาสมดุลแร่ธาตุ โดยจะเห็นได้วาในขณะที่อัตราการหมุนเวียนของกระดูก (Bone turnover rate) ในกระดูกเนื้อแนน (Cortical bone) มีเพียง 2-4 % ตอป ซึ่งมีความเหมาะสมพอเพียงในการรักษาความแข็งแรงของกระดูก (Maintain mechanical strength) แต่อัตราการหมุนเวียนของกระดูก (Bone turnover rate) ในกระดูกเนื้อพรุนนั้น (Cancellous bone) มีมากกว่ามาก ซึ่งสนับสนุนความคิดที่ว่ากระดูกเนื้อพรุนทำหน้าที่ในแง่ของการรักษาภาวะสมดุลของแร่ธาตุในร่างกาย มากกว่าที่จะทำหน้าที่ในด้านของความแข็งแรงของกระดูก

เซลล์กระดูก (Bone cells)

ภนารี พานเพียรศิลป์ (2541) กล่าวว่ากระดูกประกอบด้วยเซลล์ 5 ชนิด ซึ่งมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงบทบาทหน้าที่ตามความต้องการของร่างกาย

1. เซลล์ออสทีโอเจนิค (Osteogenic cells) เป็นเซลล์ที่มีขนาดเล็กโดยมีลักษณะเป็นเซลล์รูปกระสวย (Spindle-shaped) โดยส่วนมากพบในชั้นที่ลึกที่สุดของเพอริออสเทียม (Periosteum) และในเอ็นดอสเทียม (Endosteum) เซลล์เหล่านี้มีอัตราการแบ่งตัวแบบไมโทซิสที่สูงและสามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ที่สร้างกระดูก (Bone formation) คือ เซลล์ออสทีโอบลาสท์ (Osteoblast) ขณะที่มีการซ่อมแซมกระดูกได้

2. เซลล์ออสทีโอบลาสท์ (Osteoblast cells) ทำหน้าที่สังเคราะห์และหลั่งสารที่ยังไม่มีการรวมตัวของแร่ธาตุเรียกว่า ออสทีออยด์ (Osteoid) และเมื่อมีการรวมตัวของแคลเซียมในไฟบรัส ออสทีออยด์ ทำให้ออสทีออยด์กลายไปเป็นเนื้อกระดูก (Bone matrix) ออสทีโอบลาสท์นั้นมีหน้าที่ทำให้

เกิดการเคลื่อนไปของแคลเซียมและฟอสเฟตในการเข้าและออกจากกระดูกปีนไปตามลำดับขั้น โดยออสทีโอบลาสท์นั้นมักจะพบในบริเวณที่มีการเจริญเติบโตของกระดูก

3. เซลล์ออสทีโอไซต์ (Osteocytes cells) เป็นเซลล์ของกระดูกที่แสดงว่ากระดูกมีการพัฒนาเต็มที่แล้ว ออสทีโอไซต์แต่ละเซลล์ที่มีอยู่ในช่องว่าง (Lacuna) ภายในเนื้อกระดูก (Bone matrix) และมีไซโตพลาสซึมที่มีรูปร่างเหมือนขายาวๆ ยื่นออกมาผ่านทะลุเนื้อกระดูกเข้าไปในช่องทางเดินเล็ก (Canaliculi) ขายาวๆ ที่ยื่นออกมาทำหน้าที่เหมือนกับเป็นรอยเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ออสทีโอไซต์ ซึ่งเซลล์ออสทีโอไซต์เปลี่ยนแปลงมาจากเซลล์ออสทีโอบลาสท์ซึ่งจะหลั่งเนื้อเยื่อกระดูกออกมาอยู่รอบๆ ตัวเอง เซลล์ออสทีโอบลาสท์และเซลล์ออสทีโอคลาสท์มีบทบาทสำคัญในการควบคุมสมดุลร่างกายโดยช่วยให้เกิดการหลั่งแคลเซียมจากเนื้อกระดูกเข้าสู่เลือด ซึ่งเป็นการควบคุมความเข้มข้นของแคลเซียมในเลือด ออสทีโอไซต์ก็มีส่วนรักษาเนื้อกระดูกให้คงที่และอยู่ในสภาพที่ดีโดยการหลั่งเอนไซม์และรักษาความเข้มข้นของเกลือแร่ที่บรรจุอยู่ภายใน

4. เซลล์ออสทีโอคลาสท์ (Osteoclast cell) เป็นเซลล์ขนาดใหญ่ที่มีนิวเคลียสหลายอันเคลื่อนที่อยู่บนผิวกระดูกมีหน้าที่สลายเนื้อกระดูก โดยเซลล์ออสทีโอคลาสท์พบทั่วไปในบริเวณที่มีการสลายกระดูก และมีการเจริญมาจากเซลล์เม็ดเลือดขาวที่เรียกว่าโมโนไซต์

5. เซลล์โบน-ไลนิง (Bone-lining cells) เป็นเซลล์ที่พบอยู่บนผิวของกระดูก โดยเชื่อกันว่าเซลล์เหล่านี้เจริญมาจากเซลล์ออสทีโอบลาสท์ซึ่งมีหน้าที่ยับยั้งการทำงานทางสรีรวิทยาของเซลล์ออสทีโอบลาสท์ และเป็นเซลล์ที่มีรูปร่างลักษณะแบนเกาะติดอยู่บนผิวของกระดูก โดยเซลล์เหล่านี้ยังทำหน้าที่เหมือนเป็นเซลล์ออสทีโอเจนิคอีกด้วย โดยมีการแบ่งตัวและเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ออสทีโอบลาสท์ บางทีเซลล์เหล่านี้ส่วนใหญ่ยังจะทำหน้าที่เป็น “Ion barrier” ที่อยู่รอบๆ เนื้อเยื่อกระดูกอีกด้วย

Chulalongkorn University

กลไกการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling)

ทวี ทรงพัฒนศิลป (2550) กล่าวว่า หน้าที่หลักของกลไกการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling) ที่ยอมรับกันในปัจจุบันมีอยู่ 2 ประการ

1. เพื่อให้มีการคงสภาพของระบบกลไกการสะสมเนื้อกระดูก (Mechanical property) โดยการแทนที่กระดูกเก่าด้วยการสร้างกระดูกใหม่เข้าไปเพื่อให้เกิดความแข็งแรง (Mechanical strength) และทำให้กระดูกสามารถรับแรงต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

2. เพื่อควบคุมสมดุลของแร่ธาตุต่างๆ (Mineral homeostasis) ในร่างกายมนุษย์ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินดี วิตามินเค วิตามินซี เป็นต้น

การทำงานของเซลล์กระดูกทั้งหมดจะทำให้เกิดการสลาย และการสร้างกระดูกบนผิวกระดูก ซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งในการเจริญเติบโตและพัฒนาของกระดูก เป็นปรากฏการณ์ที่ถือได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการอธิบายกลไกการควบคุม “มวลกระดูก” (Bone mass) และปัญหาในด้าน

สรีรวิทยา (Pathophysiology) ของการเกิดภาวะกระดูกพรุน โดยกลไกในการหมุนเวียนกระดูกที่เรียกวงจรนี้ว่า “วงจรการปรับแต่งกระดูก” (Bone remodeling cycle) แบ่งออกเป็น 4 ระยะ

1. ระยะพัก หรือระยะเริ่มต้น (Resting stage / activation phase) ระยะนี้เซลล์จะเรียงตัวอยู่บนผิวของกระดูกและถูกกระตุ้นให้เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงด้วยแรงกล หรือฮอร์โมน

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

3. ระยะเปลี่ยนกลับเป็นตรงกันข้าม (Reversal stage) ระยะนี้เซลล์ที่มีลักษณะคล้ายกับมาโครฟาจ (Macrophage) จะเข้ามาในหลุมกระดูกที่สลาย และสร้างเส้นซีเมนต์ (Cement line) เพื่อจำกัดการย่อยสลายของกระดูก และเป็นตัวเชื่อมกระดูกเก่ากับกระดูกใหม่

4. ระยะสร้างกระดูก (Formation stage) โดยระยะนี้เซลล์สร้างกระดูก (Osteoblast) จะเข้ามา และสร้างเนื้อกระดูก (Matrix) เติมลงในหลุมจนเต็ม ต่อมาจะมีการตกตะกอนของเกลือแคลเซียมเพื่อให้เกิดกระดูกที่สมบูรณ์

ระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่ระยะที่ 1-4 เป็นระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการปรับแต่งกระดูกอย่างสมบูรณ์โดยเรียกว่า “ระยะเวลาปรับแต่งกระดูก” (Remodeling period) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น “ระยะเวลาในการสลายกระดูก” (Resorption period) และ “ระยะเวลาในการสร้างกระดูก” (Formation period) ในกระดูกเนื้อแน่น (Cortical bone) ระยะเวลาในการสลายจะกินเวลาประมาณ 30 วันซึ่งในช่วงเวลานี้จะพบอุโมงค์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 160 ไมโครเมตร จะถูกขุดโดยออสทีโอคลาสท์ (Osteoclast) หลังจากนั้นจะมีระยะเปลี่ยนกลับเป็นตรงกันข้าม (Reversal stage) ซึ่งกินเวลาสั้นๆประมาณ 5 วัน ต่อมาระยะเวลาในการสร้างกระดูกก็เริ่มต้นขึ้นและจะกินเวลาทั้งสิ้น 90 วัน รวมแล้วระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูกทั้งหมดสำหรับกระดูกเนื้อแน่นจะใช้เวลาประมาณ 100-110 วัน โดยปริมาณของเนื้อกระดูกที่ผลัดเปลี่ยนในหนึ่งหน่วยเวลาจะขึ้นอยู่กับจำนวนของตำแหน่งที่มีการปรับแต่ง (Active remodeling sites) ที่เกิดขึ้นโดยเรียกอัตราการเกิดของตำแหน่งที่มีการปรับแต่งนี้ว่า “ความถี่ในการกระตุ้น” (Activation frequency) หรือเรียกอย่างหนึ่งว่า “อัตราการหมุนเวียนกระดูก” (Bone turnover rate) โดยในวัยผู้ใหญ่กระบวนการปรับแต่งกระดูกจะเกิดขึ้นตลอดเวลาซึ่งปริมาณของกระดูกที่สร้างขึ้นใหม่จะใกล้เคียงกับกระดูกที่ถูกสลาย ดังนั้น ปริมาณรวมของเนื้อกระดูกทั้งหมดจะคงที่เสมอ เรียกว่า “กลไกคู่ควบ” (Coupling mechanism) ซึ่งกลไกนี้มีความสำคัญอย่างมาก ทั้งนี้ เนื่องจากถ้ากลไกดังกล่าวถูกรบกวนจะทำให้เกิดภาวะผิดปกติขึ้นได้ เช่น ภาวะกระดูกบาง (Osteopenia) หรือ การเกิดโรคกระดูกพรุน (Osteoporosis) (ทวี ทรงพัฒนาศิลป์, 2550) โดยกระบวนการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling) เป็นกระบวนการที่มีความสลับซับซ้อน และถูกควบคุมด้วยฮอร์โมนต่างๆในร่างกาย

ได้แก่ ฮอร์โมนเพศ ฮอร์โมนแคลซิโทนิน (Calcitonin) พาราธัยรอยด์ (Parathyroid) โกรทห์ฮฮร์โมน (Growth hormone) เป็นต้น

นอกจากนี้ยังถูกควบคุมโดยปัจจัยการเจริญเติบโตเฉพาะที่ (Local growth factors) และไซโตไคน์ (Cytokines) หลายชนิด โดยเชื่อว่าฮอร์โมนต่างๆจะเป็นตัวกระตุ้นเซลล์กระดูกให้สร้างปัจจัยการเจริญเติบโตเฉพาะที่ (Local growth factor) หรือ ไซโตไคน์ (Cytokines) เพื่อกระตุ้นหรือยับยั้งการสร้างหรือสลายเนื้อกระดูกอีกต่อหนึ่ง

สำหรับฮอร์โมนในร่างกายที่มีบทบาทสำคัญโดยเฉพาะในสตรีวัยหมดระดู คือ ฮอร์โมนเอสโตรเจน (Estrogen) เนื่องจากพบว่าในวัยนี้จะมีการสูญเสียแคลเซียมจากกระดูกไปอย่างรวดเร็วและมีการสลายของกระดูก (Bone resorption) จากการขาดฮอร์โมนเอสโตรเจนในสตรีที่ได้รับฮอร์โมนเอสโตรเจนทดแทนในวัยหมดระดูพบว่าสามารถป้องกันการสูญเสียเนื้อกระดูกได้ โดยฮอร์โมนเอสโตรเจนไปกระตุ้นให้ต่อมธัยรอยด์สร้างแคลซิโทนิน (Calcitonin) ซึ่งจะไปออกฤทธิ์ยับยั้งกระบวนการสลายกระดูก (Bone resorption) อย่างไรก็ตามกลไกในการป้องกันการสูญเสียเนื้อกระดูกดังกล่าว ยังไม่เป็นที่ทราบอย่างกระจ่างแจ้ง แต่เชื่อว่าเป็นกระบวนการที่กระตุ้นผ่านเซลล์กระดูกให้สร้างหรือยับยั้งโดยปัจจัยการเจริญเติบโตเฉพาะที่ (Local growth factors) หรือไซโตไคน์ (Cytokines) ซึ่งไปยับยั้งการรวมตัวของเซลล์ตัวนำ (Precursor) ไปเป็นออสทีโอคลาสท์ (osteoclast) รวมทั้งยับยั้งการสลายกระดูกของออสทีโอคลาสท์ (Osteoclast) อีกด้วย (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการสร้างกระดูกและกระบวนการสลายกระดูก คือ ระดับแคลเซียมในกระแสเลือดซึ่งถูกควบคุมโดยฮอร์โมนที่สำคัญดังนี้

1. พาราธัยรอยด์ฮอร์โมน (Parathyroid hormone) ถ้าระดับแคลเซียมในเลือดลดต่ำลงต่อมพาราธัยรอยด์จะหลั่งฮอรีโมนพาราธัยรอยด์มากขึ้นซึ่งจะส่งผลออกฤทธิ์โดยตรงต่อไตทำให้ไตดูดซึมแคลเซียมกลับสู่ร่างกายมากขึ้นและกระตุ้นให้ไตสร้างแคลซิไทรออล (Calcitriol) หรือวิตามินดี3 เพื่อช่วยในการดูดซึมแคลเซียมในบริเวณลำไส้เล็ก นอกจากนี้พาราธัยรอยด์ฮอร์โมนจะกระตุ้นให้เพิ่มปริมาณและหน้าที่การทำงานของเซลล์ออสตีโอคลาสท์ส่งผลให้มีการสลายกระดูกมากขึ้นจึงทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดก็จะเพิ่มขึ้นตามด้วย (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538)

2. แคลซิโทนิน (Calcitonin) ถ้าระดับแคลเซียมในเลือดเพิ่มขึ้นต่อมธัยรอยด์จะหลั่งแคลซิโทนินฮอร์โมนซึ่งจะออกฤทธิ์โดยตรงต่อเซลล์ออสทีโอคลาสท์ส่งผลให้ให้กระบวนการสลายกระดูกลดลง นอกจากนี้ยังมีผลต่อลำไส้เล็กให้ลดการหลั่งกรดไฮโดรคลอลิกส่งผลให้การดูดซึมแคลเซียมบริเวณลำไส้เล็กลดลงอีกด้วย (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538)

3. แคลซิไทรออล (Calcitriol) หรือ วิตามินดี 3 เป็นฮอร์โมนที่ช่วยในการดูดซึมแคลเซียมบริเวณลำไส้เล็กโดยร่างกายจะได้รับวิตามินดีจากสารอาหาร เช่น นม ไข่แดง ตับ เป็นต้น ซึ่งอยู่ในรูป

เออร์โกแคลซิเฟอรอล (Ergocalciferol หรือ vit D2) และจากผิวหนังเมื่อผิวหนังได้รับแสงแดดจากธรรมชาติอ่อนๆ นาน 10-20 นาที ซึ่งรังสีอุลตราไวโอเลตจะเปลี่ยนวิตามินดีที่ใช้งานไม่ได้ (Inert form) หรือเซเวน-ดีไฮโดรคอเลสเตอรอล (7-Dehydrocholesterol) ที่ผิวหนังเป็นวิตามินดีที่สามารถนำไปใช้งานได้ (Active form) ซึ่งวิตามินดีจากทั้งสองแหล่งนั้นจำเป็นต้องได้รับการไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation) ที่ตับและไตก่อนจึงจะกลายเป็นวิตามินที่มีคุณภาพ (1,25 Dihydroxy vitamin D3 หรือ Calcitriol) ซึ่งวิตามินดีนี้จะกระตุ้นลำไส้เล็กสร้างโปรตีนที่จะจับตัวกับแคลเซียมเป็นชีวแคลเซียมซึ่งสามารถซึมผ่านเข้าสู่ผนังลำไส้เล็กได้ดี (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538)

4. เอสโตรเจน (Estrogen) เป็นฮอร์โมนเพศที่สังเคราะห์จากรังไข่ของสตรีโดยมีอิทธิพลต่อกระบวนการสร้างกระดูกในร่างกาย ส่งผลให้มีกระบวนการสร้างกระดูกมากขึ้นและลดกระบวนการสลายของกระดูก รวมทั้งส่งเสริมการสังเคราะห์ฮอร์โมนแคลซิโทนินของต่อมธัยรอยด์ นอกจากนี้แล้วยังพบว่าเอสโตรเจนฮอร์โมนส่งผลให้ความไวของออสทีโอบลาสท์ต่อพาราธัยรอยด์ฮอร์โมนลดลง (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538)

5. ธัยรอยด์ฮอร์โมน (Thyroid hormone) เป็นฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมธัยรอยด์มีผลต่อการกระบวนสลายกระดูก และการสร้างกระดูกโดยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์สารโปรตีนและเพิ่มระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในเลือด แต่ถ้าหากฮอร์โมนชนิดนี้มีปริมาณมากกว่าปกติจะทำให้ภาพรวมของการกระตุ้นเป็นการทำลายกระดูกส่งผลให้มวลกระดูกลดน้อยลง เนื่องจากการสลายกระดูกต่อหน่วยเร็วกว่าการสร้างกระดูกในร่างกาย (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538)

6. คอร์ติโคสเตอรอยด์ (Corticosteroid hormone) เป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ออสทีโอบลาสท์ โดยพบว่าฮอร์โมนคอร์ติโคสเตอรอยด์จะยับยั้งการสร้างคอลลาเจนและทำให้ปฏิกิริยาของวิตามินดี3 ในลำไส้เล็กที่จะช่วยในการดูดซึมแคลเซียมของร่างกายลดลงส่งผลให้แคลเซียมในเลือดลดลงซึ่ง และกระตุ้นให้พาราธัยรอยด์ฮอร์โมนหลั่งเพิ่มมากขึ้นจึงมีการสลายกระดูกเพิ่มขึ้นด้วย (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538)

กระบวนการสร้างและสลายกระดูก

กระดูกเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดพิเศษ (Special connective tissue) ซึ่งกระบวนการปรับเปลี่ยนเนื้อกระดูกอยู่ตลอดเวลา ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการสร้างกระดูกและการสลายกระดูก โดยในกระบวนการสลายกระดูกจะมีเซลล์ออสทีโอคลาสท์ทำหน้าที่ในการสลายกระดูกส่วนผิวของกระดูกเนื้อแน่น (Compact bone) และกระดูกเนื้อพรุน (Trabecular bone) จนเป็นร่องเล็กๆ (Lacuna) โดยการหลั่งสารแอซิดไฮโดรเดรสและคาร์บอนิคแอนไฮเดรส โดยกระบวนการสร้างกระดูกจะมีเซลล์ออสทีโอบลาสท์ทำหน้าที่สร้างสารพื้นฐานซึ่งประกอบด้วยไฮโดรออกซีโพรลีนที่เป็นโปรตีนชนิดหนึ่งและคอลลาเจน ตลอดจนเป็นเซลล์ที่กระตุ้นให้เกิดกระบวนการดึงแคลเซียมในเลือดมาเกาะกับสารพื้นฐาน (Mineralization) รวมทั้งสร้างและหลั่งสารอินซูลินไลค์โกร็ธแฟคเตอร์วันแอนทูและท

รานสฟอร์มมิงโกร็ธแฟคเตอร์ (Insulin-like growth factors I-II และTransforming growth factors) ที่ช่วยในการสร้างเนื้อกระดูก

กระบวนการดังกล่าวใช้เวลาประมาณ 3-5 เดือนจึงจะได้กระดูกที่มีความแข็งแรงและสมบูรณ์ โดยภาวะปกติวัยเด็กหรือวัยที่มีการเจริญเติบโตจะมีกระบวนการสร้างกระดูกในอัตราที่เร็วกว่ากระบวนการสลายกระดูกทำให้มีการสะสมเนื้อกระดูกเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุด (Peak bone mass [PBM]) เมื่ออายุ 30-35 ปี หลังจากนั้นความหนาแน่นของมวลกระดูกจะคงที่อยู่ระยะเวลาหนึ่ง แต่เมื่ออายุ 45 ปี จะพบว่ากระบวนการสร้างกระดูกจะช้ากว่ากระบวนการสลายกระดูกโดยมีอัตราการสูญเสียเนื้อกระดูกเฉลี่ยทั้งในเพศชายและเพศหญิงร้อยละ 1 ต่อปี (สิรินทร ฉันศิริกาญจนา, 2544) และเมื่อเข้าสู่วัยหมดประจำเดือนจะพบการสูญเสียเนื้อกระดูกของเพศหญิงจะมีอัตราเร็วกว่าเพศชาย (ประมาณร้อยละ 5-10 ต่อปี) โดยอัตราการสูญเสียมวลกระดูกจะเป็นไปอย่างรวดเร็วในระยะ 5 ปีแรกหลังหมดประจำเดือน (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

3. การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน

บุคคลที่ควรได้รับการตรวจวินิจฉัยความเสี่ยงของโรคกระดูกพรุนเพื่อจะได้ทราบว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหักหรือทรุดตัวซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมาก ได้แก่บุคคลดังต่อไปนี้ (สมชาย เอื้อรัตนวงศ์, 2544)

1. สตรีวัยหมดประจำเดือนโดยธรรมชาติ (Natural menopause) หรือสตรีที่หมดประจำเดือนก่อนอายุ 40 ปี (Premature menopause) สตรีที่หมดประจำเดือนจากการผ่าตัดรังไข่ออกทั้ง 2 ข้าง (Surgical menopause) หรือจากการใช้รังสี หรือเคมีบำบัดในการรักษาโรคต่างๆ

2. บุคคลที่มีปัจจัยเสี่ยงที่ส่งเสริมให้เกิดโรคกระดูกพรุน อาทิเช่น บุคคลที่เป็นโรคระบบทางเดินอาหาร โรคเรื้อรังทางอายุรกรรม โรคทางต่อมไร้ท่อ และการรับประทานยาที่มีผลต่อการสูญเสียมวลกระดูก

วิธีการตรวจโรคกระดูกพรุน

1. การซักประวัติ โดยการซักประวัตินั้นเปนขอมูลที่ชวยในการประกอบการพิจารณาวินิจฉัยโรคและสามารถนำมาประกอบการวางแผนในการรักษาพยาบาลใหแกผูปวยที่เริ่มมีอาการหรือยังไมแสดงอาการไดอยางเหมาะสม ซึ่งการซักประวัติมีดังนี้ (Lane, 2006)

1.1 ประวัติสวนตัว ซักถามเกี่ยวกับ ชื่อ เพศ อายุ สวนสูง ขนาดรูปราง สถานภาพสมรส ในชวงระยะเวลา 5 ป มีสวนสูงลดลงจากปกติกี่เซนติเมตร น้ำหนักเพิ่มหรือลดลง ประวัติการมีประจำเดือน การใชฮอรโมนเพศ การดื่มแอลกอฮอล์ กาแฟ และการสูบบุหรี่ การดำรงชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการออกกำลังกายและการรับประทานอาหาร ประวัติการเจ็บปวยและการใชยาในการรักษาชนิดใดบอยครั้ง ทั้งนี้เพราะยาบางชนิดเปนปจจัยกระตุนใหเกิดโรคกระดูกพรุน ซึ่งการซักถามประวัติจะต้องทำอย่างรอบคอบ

1.2 ประวัติทางกรรมพันธุ โดยพันธุกรรมมีส่วนกระตุ้นให้เกิดโรคกระดูกพรุนได้ ดังนั้นควรมีการซักประวัติของครอบครัว เชน บุคคลในครอบครัวเป็นโรคกระดูกบางหรือโรคกระดูกพรุนหรือไม่ รางกายมีขนาดกลามเนื้อไมแข็งแรงหรือไม มีลักษณะเสนผมบางหรือไม ผิวหนังมีลักษณะบางหรือไม ลักษณะสีผิว เหลือง ขาว หรือดำ ฯลฯ

ประวัติต่างๆเหล่านี้จะช่วยบอกถึงสาเหตุของการเกิดกระดูกพรุน และสามารถวิเคราะห์จำแนกกระดูกพรุนว่าเป็นชนิดปฐมภูมิหรือทุติยภูมิ ซึ่งจะช่วยเป็นแนวทางในการรักษาโรคกระดูกพรุนแต่ไม่สามารถวินิจฉัยได้แน่นอน

การตรวจการสร้างและการสลายของกระดูก

1. การตรวจเนื้อกระดูกทางพยาธิวิทยา (Bone biopsy) โดยการตรวจเนื้อกระดูกวิธีนี้มีความแน่นอนในการบอกความหนาแน่นของมวลกระดูก สามารถวินิจฉัยโรคกระดูกบางได้ก่อนกระดูกหักซึ่งถือเป็นวิธีตรวจระดับยอดเยี่ยมในการวินิจฉัยโรคกระดูกบาง อาจใช้วิธีนี้ในการวินิจฉัยแยกโรคอื่นๆ ในกรณีที่สงสัย ได้แก่มะเร็งของกระดูก (กอบจิตต์ ลิมปพะยอม, 2543)

2. การตรวจความหนาแน่นของกระดูก (Quantitative bone mineral analysis) ทำได้ดังนี้ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2556)

2.1 วิธีเอ็กซเรย์ธรรมดา การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนด้วยวิธีนี้ ร่างกายของเราจะต้องสูญเสียมวลกระดูกถึงร้อยละ 25-30 จึงจะสามารถตรวจพบความผิดปกติได้ ปัจจุบันใช้วิธีนี้ในการวินิจฉัยกระดูกหัก อันเนื่องมาจากกระดูกพรุนได้

2.2 เครื่องคลื่นเสียงความถี่สูง (Quantitative ultrasound) เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า บอร์ดแบนด์ อัลตราโซนิค อัทเทอนัวชั่น (Broadband ultrasonic attenuation) โดยทำการวัดผู้ป่วยจากการวางส้นไว้บริเวณช่องตรงกลางซึ่งใช้เวลาในการตรวจเพียง 2-10 นาที ผู้ป่วยจะไม่ได้รับรังสีใดๆ เป็นวิธีที่ปลอดภัยและไม่ก่อให้เกิดความเจ็บปวด โดยเกณฑ์มาตราฐานกำหนดไว้ว่า หากค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้าต่ำกว่า -2.5 ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หมายความว่าเป็นโรคกระดูกพรุน ส่วนค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้า -1 ถึง -2.5 ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะมีภาวะกระดูกบางลงแต่ไม่เป็นโรคกระดูกพรุน และ ค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้ามากกว่า -1 ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หมายความว่า กระดูกมีความหนาแน่นในเกณฑ์ปกติ

3. การตรวจหาสารทางชีวเคมีของวงจรการสลายกระดูกเก่าและการสร้างกระดูกใหม่ (Biochemical markers of bone turnover) (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2557)

การตรวจหาสารชีวเคมีของกระดูกในประเภทนี้แบ่งออกเป็นสารทางชีวเคมีของการสลายกระดูก (Markers of bone resorption) และสารชีวเคมีของการสร้างกระดูก (Markers of bone formation) ซึ่งสารทางชีวเคมีทางกระดูกถูกพัฒนาขึ้นมาในปัจจุบันเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลง หรือ

ผลการรักษาในแต่ละรายโดยทำการเปรียบเทียบค่าที่จุดเริ่มต้น สำหรับประโยชน์ของการตรวจในวิธีนี้คือสามารถเห็นผลจากการรักษาได้ในระยะเวลาสั้นๆเพียง 2-4 เดือน

4. โรคกระดูกพรุน

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าได้มีผู้ที่ให้ความหมายของคำว่าโรคกระดูกพรุน (Osteoporosis) ไว้ดังนี้

โรคกระดูกพรุน หมายถึง ภาวะที่ความหนาแน่นของมวลกระดูกมีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นมาตรฐานของกระดูกโดยมีค่าต่ำกว่า -2.5 (WHO, 2000)

โรคกระดูกพรุน หมายถึง ภาวะที่ร่างกายเกิดการสูญเสียเนื้อกระดูกจนทำให้กระดูกบาง ผุ และมีความเสี่ยงสูงต่อการทรุดตัวของกระดูก และทำให้กระดูกหักได้ (อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, 2540)

โรคกระดูกพรุน หมายถึง โรคที่มีอาการเนื้อกระดูกน้อยกว่าเกณฑ์ปกติ และมีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของระบบกระดูก (สุขจันทร์ พงษ์ประไพ, 2543)

โรคกระดูกพรุน หมายถึง ภาวะที่กระดูกของร่างกายมีความแข็งแรงทนทานลดลง ซึ่งเกิดจากเนื้อกระดูกบางลงจนทำให้เกิดการแตกหัก ยุบตัวลงได้ง่าย (เสก อักษรานุเคราะห์, 2543)

จากการทบทวนวรรณกรรมพอสรุปได้ว่า โรคกระดูกพรุน หมายถึง ภาวะที่ร่างกายมีเนื้อกระดูกลดลงจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และมีอาการเนื้อกระดูกต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งส่งผลให้เกิดการหักได้ง่าย

ชนิดของโรคกระดูกพรุน

โรคกระดูกพรุนสามารถจำแนกได้ 3 วิธี ดังนี้

1. จำแนกตามอัตราการสร้างกระดูกใหม่ และการย่อยสลายกระดูกเก่า โดยแบ่งเป็น

1.1 กลุ่มที่มีอาการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า (Low bone turnover)

1.2 กลุ่มที่มีอาการเปลี่ยนแปลงอย่างเร็ว (High bone turnover) (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543)

2. จำแนกตามวิธีของริกส์และเมลโตน (Riggs and Melton) โดยแบ่งแยกโรคกระดูกพรุนออกเป็น

2.1 ประเภทที่ 1 (Age-related หรือ Senile osteoporosis, type II) เกิดจากอายุมากกว่า 75 ปี โดยเป็นโรคกระดูกพรุนที่เกิดในผู้สูงอายุทั้งเพศหญิงและเพศชายเนื่องจากการดูดซึมของแคลเซียมที่บริเวณลำไส้ลดลง ทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดนั้นต่ำลง ส่งผลให้ต่อมพาราธัยรอยด์หลั่งพาราธัยรอยด์ฮอร์โมนเพิ่มขึ้น ทำให้มีการสลายกระดูกมากขึ้น เพื่อจะทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดกลับสู่ภาวะปกติ โดยโรคกระดูกพรุนที่เกิดในผู้สูงอายุจะส่งผลต่อกระดูกคอร์ติคอลมากกว่ากระดูกทราบีคิวลาร์ (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

2.2 ประเภทที่ 2 โรคกระดูกพรุนในสตรีวัยหมดประจำเดือน (Postmenopausal osteoporosis, type I) (นิมิต เตชไกรชนะ และกระเษียร ปัญญาคำเลิศ, 2543) ซึ่งเกิดโรคกระดูกพรุนในช่วงอายุ 50-65 ปี ของเพศหญิงเนื่องจากฮอร์โมนเอสโตรเจนมีปริมาณน้อยมาก ส่งผลให้มีการสลายเนื้อกระดูก ซึ่งจะเกิดกับกระดูกทราบีคิวลาร์มากกว่ากระดูกคอร์ติคอล โดยการสูญเสียความหนาแน่นของกระดูกในกลุ่มนี้ไม่ได้เกิดจากความผิดปกติของระดับแคลเซียมในเลือด (Peterson, 2001)

3. จำแนกเป็นโรคกระดูกพรุนชนิดปฐมภูมิ (Primary osteoporosis) และทุติยภูมิ (Secondary osteoporosis) (นิมิต เตชไกรชนะ และกระเษียร ปัญญาคำเลิศ, 2543)

3.1 โรคกระดูกพรุนชนิดปฐมภูมิ คือโรคกระดูกพรุนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของร่างกายอันเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ

3.2 โรคกระดูกพรุนชนิดทุติยภูมิ หมายถึงโรคกระดูกพรุนที่เกิดจากสาเหตุอื่นๆ เช่น จากโรคทางอายุรกรรม หรือการใช้ยาบางชนิด เป็นต้น

ลักษณะอาการของโรคกระดูกพรุน

อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา (2540) กล่าวว่า โรคกระดูกพรุนเป็นโรคที่ไม่ได้เกิดขึ้นทันใดแต่ค่อยเป็นค่อยไป โดยแบ่งได้ 2 ระยะ ดังนี้

1. อาการในระยะแรก ในระยะนี้จะไม่ปรากฏอาการแสดงใดๆให้เห็นว่าเป็นโรคกระดูกพรุน แต่จะมีการขาดของฮอร์โมนเอสโตรเจนอย่างชัดเจน ทำให้เกิดอาการดังนี้

1.1 อาการทางประสาทบังคับหลอดเลือด (Vasomotor symptom) ผู้ป่วยจะมีอาการเหงื่อออก และร้อนวูบ ลักษณะอาการเช่นนี้อาจปรากฏ 7 - 10 ครั้ง/วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพผู้ป่วยแต่ละราย สตรีวัยหมดประจำเดือนร้อยละ 80 ถ้าไม่ได้รับการรักษาด้วยการให้ฮอร์โมนเอสโตรเจนชดเชยจะมีอาการทางระบบประสาทหลอดเลือด ในรายที่มีอาการจะทำให้นอนไม่หลับ ซึ่งถ้านอนไม่หลับบ่อยๆจะทำให้มีผลต่อสุขภาพกายและจิตใจด้วย

1.2 อาการทางจิตประสาท เช่น หงุดหงิด ซึมเศร้า วิตกกังวล ขาดความมั่นใจเป็นผลให้ตัดสินใจไม่ดี

1.3 ระบบสืบพันธุ์จะมีการเหี่ยวย่นของเต้านม และเยื่อบุมดลูกบางลง เป็นผลให้เกิดความเจ็บปวดเมื่อมีเพศสัมพันธ์

1.4 ระบบทางเดินปัสสาวะจะมีการติดเชื้อของระบบปัสสาวะได้ง่าย บางรายเกิดภาวะถ่ายปัสสาวะบ่อยครั้ง

1.5 ระบบผิวหนัง ผิวจะมีลักษณะช้ำง่าย แห้ง เล็บฉีกขาดง่าย ผมร่วงง่าย

1.6 ระบบข้อต่อจะเสื่อม อาจมีอาการปวดบริเวณข้อต่อทำให้เคลื่อนไหวไม่ได้เต็มที่ และมีอาการเจ็บปวดส่งผลต่อความสามารถในการเคลื่อนไหวทำให้ผู้ป่วยได้รับความทุกข์ทรมานมากขึ้นและเป็นผลเสียต่อภาวะร่างกาย จิตใจ และสังคม

1.7 อาการอื่นๆ บางรายอาจมีอาการอ่อนเพลีย เบื่ออาหาร และปวดศีรษะ

2. อาการแสดงในระยะยาว แบ่งเป็นความรุนแรง 3 ระดับ คือ

2.1 ระดับเบา (Mild) ผู้ป่วยไม่มีอาการแสดง แต่เมื่อตรวจความหนาแน่นของกระดูกจะมีความหนาแน่นของกระดูกไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 (บุญส่ง องค์พิพัฒนกุล, 2544)

2.2 ระดับปานกลาง (Moderate) ผู้ป่วยจะมีอาการปวดกระดูกเล็กน้อย เมื่อทำการตรวจความหนาแน่นของกระดูก (Bone mineral density) จะมีค่าระหว่างร้อยละ 60-80 และไม่ปรากฏว่ากระดูกบริเวณใดทรุดหรือหัก (บุญส่ง องค์พิพัฒนกุล, 2544)

2.3 ระดับรุนแรง (Severe) ผู้ป่วยจะมีอาการปวดกระดูกมาก และเมื่อทำการตรวจหาความหนาแน่นของกระดูก (Bone mineral density) จะพบว่ามีค่าต่ำกว่าร้อยละ 60 บางรายอาจพบว่ามีกระดูกทรุดหรือหัก (บุญส่ง องค์พิพัฒนกุล, 2544)

กล่าวได้ว่าลักษณะของภาวะโรคกระดูกพรุนในสตรีวัยหมดประจำเดือนอาจส่งผลกระทบต่อด้านต่างๆ มากมายในการดำเนินชีวิต

ผลกระทบของการเกิดโรคกระดูกพรุนในสตรี

โรคกระดูกพรุนส่งผลกระทบทั้งด้านร่างกาย จิตใจ สังคม และเศรษฐกิจ ดังนี้

1. ด้านร่างกาย สตรีจะทรมานและมีความทุกข์มากจากการหักของกระดูก ซึ่งเป็นสาเหตุของอาการเจ็บปวดเรื้อรัง อาการเจ็บปวดกระดูกเป็นอาการที่พบมากในสตรีที่มีภาวะกระดูกพรุน (Peterson, 2001) มีการศึกษาในกลุ่มสตรีที่มีภาวะกระดูกสันหลังหักจะมีอาการปวดหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มากกว่ากลุ่มที่ไม่มีภาวะกระดูกสันหลังหัก (Cummings & Melton, 2002) ทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิต (Rose, 1997) และยังส่งผลให้ปวดเอ็น กล้ามเนื้อ ส่งผลต่อการเคลื่อนไหว (Lappe, 1993) และไม่สามารถทำกิจกรรมต่างๆได้ตามปกติ (Lane, 2006)

2. ด้านจิตใจ โรคกระดูกพรุนทำให้ทรมานและมีความทุกข์จากอาการที่เกิดขึ้น ซึ่งส่งผลให้เกิดความเครียด และเกิดความพิการ เช่น หลังค่อม กระดูกโก่งงอ และไหล่งุ้ม นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงรูปลักษณ์ และสูญเสียความมั่นใจ (Lane, 2006)

3. ด้านสังคม การเกิดโรคกระดูกพรุนทำให้ไม่กล้าพบปะผู้อื่น และแยกตัวออกจากเพื่อน (Rose, 1997) ทำให้ความสัมพันธภาพในครอบครัวมีปัญหา

4. ด้านเศรษฐกิจ ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลและรักษาจำนวนมาก (มยุรี ปัตตพงศ์, 2541) ซึ่งสตรีที่กระดูกข้อสะโพกหักต้องได้รับการดูแลรักษาที่ยาวนาน และต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก เนื่องจากโรคกระดูกพรุนและต้องเสียค่าใช้จ่ายถึง 10 ล้านดอลลาร์ ต่อปี และคาดว่าจะมีการหักของ

กระดูกจากภาวะกระดูกพรุนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และจำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาจำนวนมาก (Lane, 2006)

เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าโรคกระดูกพรุนได้ส่งผลกระทบมากมาย และยังเป็นปัญหาที่อันตรายโดยส่งผลกระทบกับประเทศอื่นๆ ไปทั่วโลก การเกิดโรคกระดูกพรุนนั้นมีปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งหรือหลายปัจจัยรวมกันก็ได้ ดังนั้นการป้องกันจึงเป็นทางออกที่ดีในปัจจุบัน

ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุนในสตรีวัยหมดประจำเดือน

ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุนในสตรีวัยหมดประจำเดือนคือ ปัจจัยด้านพันธุกรรม ด้านพฤติกรรมสุขภาพ ด้านโภชนาการ ด้านการใช้ยา ด้านการเจ็บป่วย และปัจจัยอื่นๆ ดังนี้

1. ปัจจัยด้านพันธุกรรม ได้แก่ กรรมพันธุ์ เชื้อชาติ และ เพศ

1.1 กรรมพันธุ์ ผู้ที่มีโครงร่างสูงใหญ่มีความแข็งแรงจากการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุ์กรรมของพ่อแม่สู่ลูกจะได้เปรียบกว่าคนที่พ่อแม่มีโครงสร้างตัวเล็ก (หมายถึง ความสูงของร่างกายไม่ได้มาตรฐาน รวมทั้งขนาดรูปร่าง) หรือมีประวัติบุคคลภายในครอบครัว หรือญาติใกล้ชิดป่วยเป็นโรคกระดูกพรุน หรือเกิดการหักของกระดูกง่ายจากการบาดเจ็บที่ไม่รุนแรง (Deng, 2013)

1.2 เชื้อชาติ ประชากรในประเทศแถบทวีปแอฟริกา (ผิวดำ) จะมีความแข็งแรงของกระดูกมากที่สุด และชาวตะวันตก (ผิวขาว) ซึ่งชนชาติที่มีกระดูกแข็งแรงมากกว่าชนเผ่าเอเชียที่มีผิวเหลือง ส่วนสตรีสตรีผิวดำ มีโอกาสเกิดโรคกระดูกพรุนน้อยกว่าสตรีผิวขาว สตรีผิวเหลืองหรือชาวเอเชีย (Lane, 2006)

1.3 เพศ เพศชายจะมีโอกาสเกิดโรคกระดูกพรุนน้อยกว่าเพศหญิงถึง 4 เท่า เนื่องจากการลดลงของฮอร์โมนเอสโตรเจนของสตรีมีส่วนเกี่ยวข้องกับการลดลงของเนื้อกระดูกหลังวัยหมดประจำเดือนโดยตรง (Lane, 2006)

2. ปัจจัยด้านโภชนาการ ได้แก่ การได้รับสารอาหารที่มีแคลเซียม และวิตามินดีไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย และการรับประทานเนื้อสัตว์ที่มีโปรตีนจำนวนมากเกินไป (สุคนธ์ ไข่แก้ว, 2540)

2.1 การได้รับอาหารที่มีปริมาณของแคลเซียมไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย เนื่องจากแคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเนื้อกระดูกถึงร้อยละ 98 แคลเซียมเป็นส่วนสำคัญในการสร้างเนื้อกระดูกใหม่ที่ส่งผลให้กระดูกแข็งแรง (สมพงษ์ สุวรรณวลัยกร, 2543)

2.2 การได้รับวิตามินดีไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายโดยวิตามินดีเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อสร้างโปรตีนในการดูดซึมของแคลเซียมของกระดูก โดยทำให้แคลเซียมมีการดูดซึมได้ดี และช่วยในการสร้างของเนื้อกระดูก โดยปกติร่างกายสามารถได้รับวิตามินดีจากการบริโภค เช่น เมล็ดธัญญาพืช น้ำมันตับปลา และจากแสงแดด เป็นต้น การขาดวิตามินดีทำให้ลำไส้ดูด

ซึมแคลเซียมได้ลดลงส่งผลให้ระดับแคลเซียมในเลือดต่ำลงจึงทำให้มีการกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนพาราธัยรอยด์ออกมาสลายเนื้อกระดูกเพื่อที่จะเพิ่มระดับแคลเซียมในเลือดให้กลับสู่ปกติ ทำให้กระบวนการสลายเนื้อกระดูกเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ (Kerr et al., 2001)

2.3 การรับประทานอาหารโปรตีนจากเนื้อสัตว์จำนวนมาก การได้รับฟอสฟอรัสจากเนื้อสัตว์มากเกินไปเป็นประจำ ทำให้แคลเซียมถูกขับออกจากร่างกาย ก่อให้เกิดการขาดแคลเซียมตามมา (สุคนธ์ ไข่แก้ว, 2540)

2.4 การรับประทานอาหารรสเค็มจัด หากร่างกายนั้นได้รับสารโซเดียมมากจะส่งผลให้ร่างกายขับแคลเซียมทางปัสสาวะมากกว่าปกติ โดยโซเดียมนั้นพบได้ในเครื่องปรุงรสจำพวกเกลือแกง และผงชูรส หากบริโภคผงชูรสในปริมาณมากจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะกระดูกพรุน

3. ปัจจัยด้านฮอร์โมน ได้แก่ ภาวะธัยรอยด์ฮอร์โมนมากกว่าปกติ และภาวะพร่องฮอร์โมนเอสโตรเจน

3.1 ภาวะธัยรอยด์ฮอร์โมนมากกว่าปกตินั้นเป็นโรคที่การทำงานของต่อมพาราธัยรอยด์มากกว่าปกติทำให้การดูดซึมแคลเซียมในลำไส้นั้นลดลงผิดปกติจึงส่งผลกระทบต่อการสลายของเนื้อกระดูกที่เพิ่มขึ้น (Qin, 2002)

3.2 ภาวะพร่องฮอร์โมนเอสโตรเจนนั้นจะเกิดขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งสตรีที่มีการหมดประจำเดือนเร็วก่อนอายุ 45 ปี และสตรีที่ได้รับการผ่าตัดรังไข่ทั้ง 2 ข้างซึ่งจะทำให้ความหนาแน่นของกระดูกมีการสูญเสียในปริมาณมากอย่างรวดเร็วและมากกว่าเพศชายในวัยเดียวกัน (Marks et al., 2003)

4. ปัจจัยด้านพฤติกรรมสุขภาพ ได้แก่ การเสพสิ่งเสพติด การสูบบุหรี่ การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การดื่มน้ำชา กาแฟ น้ำอัดลม และขาดการออกกำลังกาย

4.1การสูบบุหรี่ โดยการสูบบุหรี่อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานจะทำให้ความสามารถของการดูดซึมแคลเซียมมีปริมาณลดลง (Salamone et al., 1999)

4.2 การเสพสิ่งเสพติด เช่น การเสพเฮโรอีน ทินเนอร์ หรือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์จะส่งผลต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนตามมา (Salamone et al., 1999)

4.3 การดื่มน้ำชา กาแฟ หรือน้ำอัดลมเป็นประจำ ทำให้ลดความสามารถในการดูดซึมแคลเซียม และนอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าการดื่มกาแฟมากกว่า 2 ถ้วยต่อวัน (Barrett-Connor, Channg, & Edelstein, 1994) ส่งผลต่อการเพิ่มอัตราการสูญเสียเนื้อกระดูกที่รวดเร็วมากขึ้นกว่าสตรีที่ไม่ดื่มกาแฟ (Cummings & Melton, 2002)

5. การขาดการออกกำลังกาย โดยสตรีที่นั่งทำงานเป็นระยะเวลานานๆ และขาดการเคลื่อนไหวของร่างกายเป็นเวลานานจะทำให้เกิดการสูญเสียมวลกระดูกสูงขึ้นและทำให้เกิดกระดูกหักง่ายกว่าคนที่ออกกำลังกายเป็นประจำ (อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, 2540)

6. ปัจจัยด้านการเจ็บป่วย ได้แก่ การเจ็บป่วยด้วยโรคทางด้านอายุรกรรม โดยเฉพาะโรคของต่อมไร้ท่อ เช่น ฮอร์โมนพาราธัยรอยด์สูง โรคธัยรอยด์เป็นพิษ โรคเบาหวาน เป็นต้น และโรคของระบบทางเดินอาหารผิดปกติจะส่งผลให้เกิดการดูดซึมของแคลเซียมลดลงได้ (Deng, 2013)

7. ปัจจัยด้านการใช้ยา อย่างเช่น ยาขับปสสาวะ ยาลดกรด ยารักษาโรคหัวใจ ยารักษาโรคเบาหวาน เปนตน โดยการไดรับยาเหล่านี้เปนระยะเวลานาน จะขัดขวางการดูดซึมแคลเซียม (Cummings & Melton, 2002)

8. ปัจจัยอื่นๆ เช่น โครงร่างเล็ก ผอม น้ำหนักตัวน้อยกว่าปกติ หรือดัชนีมวลกายต่ำกว่าปกติ และอายุที่มากขึ้น เป็นต้น

8.1 โครงร่างเล็ก ผอม น้ำหนักตัวน้อยกว่าปกติหรือดัชนีมวลกายต่ำกว่าปกติ ซึ่งค่าดัชนีมวลกายสามารถคิดได้จากน้ำหนัก (กิโลกรัม) หารด้วยความสูง (เมตร^2) โดยเกณฑ์การแบ่งกลุ่มดัของชนีมวลกายสำหรับองค์การอนามัยโลก (WHO, 2000) กำหนดไว้ดังนี้ 18.50-24.99 กิโลกรัม/เมตร^2 อยู่ในเกณฑ์ปกติ 25.00-29.99 กิโลกรัม/เมตร^2 อยู่ในเกณฑ์น้ำหนักเกิน และ 30.00-39.99 กิโลกรัม/เมตร^2 อยู่ในเกณฑ์อ้วน ซึ่งกลุ่มสตรีที่มีดัชนีมวลกายต่ำกว่าเกณฑ์ปกตินั้นจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนสูงกว่าสตรีที่มีดัชนีมวลกายปกติหรือในคนอ้วน เนื่องจากไขมันเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการผลิตเอสโตรเจนและเมื่อรังไข่หยุดทำงานจะส่งผลให้การผลิตเอสโตรเจนส่วนหนึ่งได้มาจากไขมันในร่างกาย ซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุน (Rose, 1997) และสตรีที่มีลักษณะโครงร่างเล็กจะมีโอกาสเกิดโรคกระดูกพรุนได้มากกว่าสตรีที่มีลักษณะโครงร่างใหญ่ เพราะสตรีโครงร่างเล็กจะมีปริมาณกระดูกเนื้อแน่นน้อยกว่า (Lappe, 1993)

8.2 อายุ โดยกระดูกจะมีการสร้างถึงจุดสูงสุดเมื่ออายุ 35 ถึง 45 ปี หลังจากนั้นการสูญเสียปริมาณเนื้อกระดูกจะเพิ่มขึ้นตามอายุที่สูงขึ้น ส่งผลให้เนื้อกระดูกลดลงอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้อายุที่สูงขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการดูดซึมแคลเซียมของลำไส้ลดลง (อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, 2540) จากปัจจัยเสี่ยงที่จะทำให้เกิดโรคกระดูกพรุนของสตรีนั้นยังมีวิธีที่สามารถจะทราบได้ชัดเจนว่าเรามีโอกาสเสี่ยงเป็นโรคกระดูกพรุนหรือไม่ โดยการวินิจฉัยที่ถูกต้องซึ่งสามารถวินิจฉัยได้ตั้งแต่ยังไม่เกิดอาการของโรคกระดูกพรุน หรืออาจจะมีอาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยจะสามารถตรวจพบได้

5. การตรวจวัดทางชีวเคมีของกระดูก (Biochemical bone markers)

ณรงค์ บุณยะรัตเวช (2552) กล่าวว่า องค์ประกอบของกระดูกมีส่วนสำคัญคือ เกลือแร่ มีปริมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในจำนวนนี้เป็นแคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส สำหรับส่วนที่เป็นโปรตีนมี 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแบ่งได้ 2 ชนิดคือ โปรตีนที่อยู่ในรูปของคอลลาเจน 23 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นโปรตีนชนิดช่วยเสริมความแข็งแรงและยึดส่วนประกอบอื่นๆ ของกระดูก

เรียกว่า นอนคอลลาเจนโปรตีน (Noncollagen protein) ได้แก่ ออสทีโอแคลซิน (Osteocalcin), ออสทีโอเนคติน (Osteonectin) ออสทีโอพอนนิน (Osteopontin) ฯลฯ ส่วนน้ำในกระดูกมี 10 %

เมื่อกระดูกมีการเปลี่ยนแปลงจากการทำงานของเซลล์กระดูกได้แก่ เซลล์ออสทีโอคลาสท์ ทำหน้าที่สลายกระดูกเพื่อจะทำให้เซลล์สร้างกระดูกออสทีโอบลาสท์ทำงาน สิ่งที่เกิดจากการสลายหรือสร้างกระดูกจะหลุดเข้าสู่กระแสเลือดพร้อมกับเอนไซม์ของเซลล์กระดูกที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆ เหล่านั้น ซึ่งสามารถตรวจด้วยจากขบวนการเคมีโดยจะบอกได้ว่าเป็นสิ่งใดที่เกิดจากกิจกรรมของออสทีโอคลาสท์ หรือ ออสทีโอบลาสท์ หรืออีกนัยหนึ่งสามารถบอกภาวะการสลายกระดูก หรือสร้างของกระดูกได้ ซึ่งการตรวจด้วยวิธีนี้เรียกว่า ไบโอเคมีคัลโบนมาร์กเกอร์ (Biochemical bone markers) (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2552)

โดยการตรวจเพื่อการวินิจฉัยจะประกอบด้วยการตรวจวิเคราะห์ 3 รายการคือ

1. เบต้าครอสแล็บ (β-CrossLaps) เพื่อตรวจดูกระบวนการของการสลายกระดูก (Bone resorption)

2. เอ็นมิดออสทีโอแคลซิน (NMID Osteocalcin) เพื่อตรวจดูกระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก (Bone turnover)

3. พีวันเอ็นพี (P1NP) เพื่อตรวจดูกระบวนการสร้างกระดูก (Bone formation)

การตรวจทางชีวเคมีชนิดของการสลายมวลกระดูก (Biochemical bone markers of resorptive markers)

ในทางปฏิบัติการตรวจโบนมาร์กเกอร์ (Bone markers) ชนิดนี้มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นตัวบอกถึงภาวะของกระดูกว่ามีการสูญเสียของเนื้อกระดูกออกมา เช่นเดียวกับมีการเสียโลหิต หากปล่อยไว้เป็นเวลานาน อาจจะส่งผลให้เกิดอันตรายต่อกระดูกได้ โดยโบนมาร์กเกอร์ในการสลายกระดูก (Resorptive bone marker) ได้มาจากแหล่งที่มา 2 ทาง คือ แฟรกเม้นท์ชิ้นส่วน (Fragments) ของคอลลาเจน และเอ็นไซม์ที่ออสทีโอคลาสท์ใช้ย่อยสลายของกระดูก (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2554)

การตรวจดูความเปลี่ยนแปลงของกระดูกในขณะที่เกิดจากการทำงานของเซลล์ออสทีโอคลาสท์ และออสทีโอบลาสท์ โดยลักษณะทำงานเป็น 2 ลักษณะ คือ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2554)

1. การสร้างเนื้อกระดูกโดยเซลล์ออสทีโอบลาสท์ที่ประกอบด้วยโปรตีนหลายประเภทตลอดจนคอลลาเจน และในขณะที่ทำงานเซลล์จะปล่อยเอนไซม์ออกมาหลายชนิด

1.1 คอลลาเจน (Collagen) ลักษณะของคอลลาเจนเป็นชนิด “ประเภทที่ 1” ซึ่งจะพบมากที่สุดในกระดูก เอ็นข้อต่อ เอ็นกล้ามเนื้อ และผิวหนัง เมื่อออสทีโอบลาสท์สร้างคอลลาเจน จะมีส่วนปลายของคอลลาเจนนั้นที่ไม่พันกัน (Propeptide) ออกมาสู่เลือดด้วย ได้แก่ Procollagen type1-N-terminal propeptide (P1NP) ซึ่งเป็นโพรเปปไทด์ทางปลายของ N ถ้าตรวจเลือดพบว่ามี

ส่วนของคอลลาเจนนี้สูงกว่าปกติแสดงว่าขณะนี้มีการสร้างกระดูก (Bone formation) เกิดขึ้น หรือแสดงว่า ออสทีโอบลาสท์ทำงานในการสร้างกระดูกแล้ว (Formation period)

1.2 ออสทีแคลซิน (Osteocalcin) เป็นโปรตีนที่พบมากในกระดูก (99%) สร้างโดยออสทีโอบลาสท์ โดยในขณะที่ออสทีโอบลาสท์ทำสร้างกระดูกจะมีการสร้างออสทีโอแคลซินเป็นระบบด้วย จะมีบางส่วนของออสทีโอแคลซินที่หลุดสู่กระแสเลือด แต่ ออสทีโอแคลซินเป็นมาร์กเกอร์ได้ 2 แบบ คือ บอกได้ทั้งภาวะการสลายกระดูก และการสร้างกระดูก เพราะในกระดูกก็มีออสทีโอแคลซินอยู่ หากว่าถูกสลายออกโดยเซลล์ออสทีโอคลาสท์ก็จะออกสู่เลือดได้เช่นกัน แต่อาจต่างกันตรงที่ปริมาณการสลายกระดูกขณะนั้นอยู่ในเกณฑ์ปกติหรือไม่

2. การสลายตัวของเนื้อกระดูก

การตรวจวิเคราะห์การสลายกระดูกที่นิยมใช้กันในปัจจุบันคือ การวัดส่วนของปริมาณคอลลาเจนที่ถูกเซลล์ออสทีโอคลาสท์ย่อยสลายออกมาเป็นชิ้นส่วน (Fragments) โดยที่ใช้เป็นมาร์กเกอร์กันมาก คือ ส่วนเทโลเปปไทด์ (Telopeptide) ในตำแหน่งกรดอะมิโนแอสปาติกเชื่อมต่อกับกลัยซีนเพราะคอลลาเจนบริเวณนี้เมื่อหลุดออกมาจะคงสภาพของพันธะอยู่ตลอดเวลา จึงเหมาะสมในการใช้เป็นมาร์กเกอร์ โดยเรียกส่วนนี้ว่า เบต้าครอสแล็บ (BatacrossLap) เป็นมาร์คเกอร์ที่บ่งบอกภาวะการสลายของกระดูก (resorptive markers) โดยจะสลายแยกออกมาได้เมื่อถูกออสทีโอคลาสท์ย่อยโดยจะพบมาร์คเกอร์ตัวนี้มากในช่วงการสลายมวลกระดูก (Resorption period) ในประเทศไทยการตรวจนิยมตรวจเบต้าครอสแล็บ(BatacrossLap) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเทโลเปปไทด์ที่มีมีพันธะพิเศษเชื่อมระหว่างกรดสองชนิดคือแอสปาจิกและกลัยซีนที่ทนทานต่อการถูกย่อย ไม่สลายง่ายด้วยเอนไซม์ในร่างกาย

การตรวจโบนมาร์กเกอร์ที่เหมาะสม (bone markers)

เพื่อการแปลผลที่ดีควรตรวจ 3 รายการ คือ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2557)

1. เบต้าครอสแล็บ (β-CrossLaps) เพื่อตรวจดูกระบวนการสลายของกระดูก (Bone resorption)

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

3. พีวันเอ็นพี (P1NP) เพื่อดูกระบวนการสรางของกระดูก (Bone formation)

ณรงค์ บุณยะรัตเวช (2557) กล่าวว่า ในการแปลผลการตรวจค่าเบต้าครอสแล็บ ว่าผิดปกติหรือไม่ จำเป็นต้องนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ได้จากสตรีวัยเจริญพันธุ์ที่ร่างกายมีความแข็งแรงดีไม่ป่วยโรคใดๆ หากเมื่อเปรียบเทียบแล้วได้ค่าสูงกว่าปกติแล้วแสดงว่ามีการสลายกระดูกสูง จากการศึกษาพบว่าค่ามาตรฐานของสตรีวัยหมดประจำเดือนในประเทศไทยมีค่าเบต้าครอสแล็บเฉลี่ย

อยู่ที่ 0.31 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร หรือควรจะอยู่ในช่วง 0.293 - 0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร จัดว่าเป็นค่าทีปกติ

คุณสมบัติของการตรวจไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์

ณรงค์ บุณยะรัตเวช (2556) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของการตรวจไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์ คือ

1. ควรตรวจเลือดโดยใช้ไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์ ซึ่งจะช่วยให้การศึกษาหรือการวินิจฉัยการเปลี่ยนแปลง (Dynamic study) ของกระดูกได้ดีขึ้น

2. กรณีใช้เพื่อดูผลของยาจำเป็นต้องตรวจก่อนได้รับยาและหลังได้รับยาเพื่อเปรียบเทียบอีกครั้ง

3. การตรวจควรตรวจทั้งโบนฟอร์เมชั่นมาร์กเกอร์การสร้างกระดูก (Bone formation markers) และโบนรีซอร์พชั่นมาร์กเกอร์การสลายกระดูก (Bone resorption markers) คู่กันไปเพื่อดูภาวะโบนเทิร์นโอเวอร์ (Bone turnover) ถ้าสูงกว่าปกติทั้งสองค่าจัดว่าเป็นกลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเร็ว (High bone turnover)

4. การใช้โบนมาร์กเกอร์ต้องคำนึงว่าตัวแปรต่างๆที่ส่งผลให้ค่าเปลี่ยนแปลงได้ เช่น อวัยวะต่างๆ มีความผิดปกติหรือไม่ การได้รับยามาก่อนทำการตรวจหรือมีโรคประจำตัวอื่นๆอยู่หรือไม่

5. การใช้โบนมาร์กเกอร์เพื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกระดูกอย่างต่อเนื่องเพื่อพยากรณ์โรค

6. การเปรียบเทียบค่าโบนมาร์กเกอร์ต้องคำนึงถึง วิธีการทำการตรวจ เวลาที่ใช้เก็บตัวอย่างและตัวอย่างที่ใช้ตรวจต้องเป็นชนิดเดียวกันเสมอ

ตัวแปรที่ควรคำนึงและมีผลต่อการตรวจไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์ (Biochemical bone markers) ได้แก่

1. เวลาตรวจ ทางปฏิบัติการควรทำการตรวจเลือดไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์เวลา 8.00 - 9.00 น. และควรงดอาหารเช้าก่อนตรวจด้วย (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2554)

2. ควรมีความเข้าใจเกี่ยวกับโรคที่อาจส่งผลรบกวนการตรวจได้ เช่น โรคตับ โรคไต เป็นต้น (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2554)

3. ยาที่ได้รับมาก่อน เช่น ยาในประเภทที่ลดการสลายของเนื้อกระดูกและยาในกลุ่มที่บำรุงกระดูกนั้นอาจทำให้ค่าของการสลายมวลกระดูก (Resorptive bone marker) เพิ่มหรือลดลงได้ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2554)

4. คอลลาเจนที่ไม่ได้มาจากกระดูก คอลลาเจนในเลือดที่มาจากที่อื่นที่ไม่ใช่กระดูก เช่น รูมาตอยส์ เป็นต้น (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2554)

5. อายุ โบนมาร์กเกอร์ทุกชนิดเปลี่ยนแปลงตามอายุ โดยอายุน้อยค่าโบนมาร์กเกอร์จะสูงกว่าอายุมาก

6. เพศ ในเพศชายมักมีค่าโบนมาร์กเกอร์สูงกว่าเพศหญิง

7. อาหาร การตรวจโบนมาร์กเกอร์ก่อนรับประทานอาหาร (งดอาหาร) จะให้ผลดีกว่าตรวจวิเคราะห์หลังรับประทานอาหาร โดยเฉพาะค่าเบต้าครอสเล็ป ค่าจะไม่แกว่งมากในกรณีที่ทำการตรวจก่อนรับประทานอาหาร

8. ตัวอย่างที่ตรวจ การตรวจโบนมาร์กเกอร์จากซีรั่มโดยทำการเจาะเลือดจะได้ผลที่ดีและดีกว่าการตรวจด้วยวิธีปัสสาวะ เนื่องจากค่าไม่แกว่งซึ่งโดยทั่วไปนิยมจากการตรวจวิเคราะห์ทางเลือด

9. ปัจจัยอื่นในเลือด ทางที่ดีผู้ได้รับการตรวจโบนมาร์กเกอร์ ควรไม่เป็นโรคตับ ไต หรือเบาหวาน เพราะถ้ามีกลุ่มโรคเหล่านี้อยู่จะทำให้ค่าโบนมาร์กเกอร์เปลี่ยนแปลงได้

10. ชนิดของ โบนมาร์กเกอร์ จำเป็นจะต้องตรวจคู่กัน คือ ตรวจการสร้างกระดูก และ การสลายกระดูก เช่น เบต้าครอสเล็ป และพีวันเอ็นพี การตรวจรายการเดียวจะแปลผลได้ไม่ถูกต้อง กล่าวโดยสรุปจำเป็นต้องตรวจอย่างน้อย 2 รายการเพื่อดูการทำงาน (Turnover) ของเซลล์กระดูกนั้นเป็นระดับสูงหรือต่ำ ถ้าค่าทั้ง 2 สูงเกินค่าปกติก็จัดว่าเป็นเปลี่ยนแปลงเร็ว “high bone turnover”

11. ค่ามาตรฐาน การแปลผลการตรวจโบนมาร์กเกอร์นั้นต้องอาศัยค่าปกติเปรียบกับค่าที่ตรวจได้ เช่น การตรวจโบนมาร์กเกอร์ในสตรีวัยทำงานรายหนึ่งได้ค่า เบต้าครอสเล็ป = 0.422 ng/ml. จะทราบว่าปกติหรือไม่ ต้องนำไปเปรียบเทียบกับค่าการพีวันเอ็นพี และค่าเฉลี่ยมาตรฐานของค่าเบต้าครอสแล็ปในสตรีวัยเจริญพันธ์จะได้สมการคือ [(P1NP/ β-CrossLaps) X 0.31] (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2554)

Chulalongkorn University

6. ผลของการออกกำลังกายต่อการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ (2540) กล่าวว่าผลของการออกกำลังกายต่อการเปลี่ยนแปลงของร่างกายคือ

1. ระบบการหายใจ

1.1 ความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (Maximum oxygen uptake) มีค่าเพิ่มขึ้นโดยการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดของร่างกายนี้เป็นดัชนีดีที่สุดที่บ่งบอกถึงความสามารถทางแอโรบิกของร่างกาย

1.2 ความจุชีพ (Vital capacity) เพิ่มขึ้นโดยค่าความจุชีพนี้เป็นจำนวนอากาศที่ร่างกายสามารถหายใจเข้าไปเต็มที่ในการหายใจ

1.3 ทรวงอกขยายใหญ่ขึ้น โดยจะทำให้กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับระบบการหายใจมีความแข็งแรงขึ้น และมีความยืดหยุ่นของปอดเพิ่มขึ้น

1.4 การหายใจนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยจะรู้สึกหายใจได้ดีขึ้น และเต็มปอดมากขึ้นส่งผลให้ออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกายได้ดีขึ้น รวมถึงสมองด้วย

2. ระบบไหลเวียนโลหิต

2.1 กล้ามเนื้อหัวใจนั้นจะพิ่มขนาดและความแข็งแรงมากขึ้น โดยปริมาตรหัวใจของคนปกติเฉลี่ยประมาณ 10 ลบ.ซม. ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ผู้ที่ออกกำลังกายเป็นประจำจะทำให้ปริมาตรของหัวใจอาจมากกว่า 15 ลบ.ซม. ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และมีหลอดเลือดฝอยกระจายเพิ่มขึ้นอีกด้วย การไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดโคโรนารีที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจจะดีขึ้น และการไหลเวียนของเลือดในส่วนรอบนอกของร่างกายเช่น บริเวณแขนและขาจะเพิ่มขึ้นด้วย

2.2 อัตราการเต้นของชีพจรในขณะพักจะช้าลง โดยรวมถึงอัตราการเต้นของชีพจรขณะออกกำลังกายจะต่ำลงด้วย

2.3 ปริมาณเม็ดเลือดแดงและปริมาณฮีโมลโกลบินเพิ่มขึ้น โดยคนปกติจะมีฮีโมลโกลบิน 12 กรัมเปอร์เซ็นต์ สำหรับผู้ที่ออกกำลังกายอาจมีถึง 16 กรัมเปอร์เซ็นต์

2.4 ช่วยลดไขมันในหลอดเลือด ซึ่งคอเลสเตอรอลในเลือดประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ระดับโปรตีนไขมันที่มีความหนาแน่นสูง (High-density lipoprotein : HDL) ในโลหิตจะเพิ่มขึ้น ส่วนระดับของโปรตีนไขมันที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low-density lipoprotein : LDL) ในโลหิตจะลดต่ำลง

2.5 เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน โดยส่งผลให้อัตราการเต้นหัวใจต่ำลงซึ่งผู้ที่ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอนั้นจะมีอัตราการเต้นของหัวใจ 40-60 ครั้งต่อนาที ส่วนคนปกตินั้น 70-80 ครั้งต่อนาที ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวต่ำลง ปริมาณสูบฉีดโลหิตต่อนาทีลดลง โดยขณะออกกำลังกายที่ความหนักหนักที่เท่ากัน อัตราการเต้นของหัวใจจะต่ำกว่า

3. ระบบกล้ามเนื้อและโครงร่าง

3.1 เพิ่มกำลังกล้ามเนื้อ (Muscular strength) ซึ่งสามารถวัดได้โดยการให้กล้ามเนื้อหดตัวเต็มที่ครั้งเดียว

3.2 เพิ่มความทนทานกล้ามเนื้อ (Muscular endurance) โดยกล้ามเนื้อสามารถทำงานได้นานขึ้น

3.3 เอ็นแข็งแรงขึ้น ส่งผลให้ข้อต่อมีความมั่นคงมากขึ้น

3.4 ข้อต่อมีความอ่อนตัวมากขึ้น ทำให้ช่วงการเคลื่อนไหวนั้นเพิ่มขึ้น

3.5 อาการตึงและเจ็บปวดกล้ามเนื้อนั้นลดน้อยลง

3.6 ป้องกันการเสื่อมของเนื้อเยื่อที่ไม่ได้ใช้งาน เช่น การฝ่อลีบ ภาวะกระดูกพรุน รวมทั้งการเสื่อมของหัวใจและหลอดเลือด

3.7 กระดูกแข็งแรงและมีความหนาแน่นขึ้น เพราะถ้าไม่ได้ออกกำลังกายจะทำให้กระดูกบางลงด้วย

4. ระบบประสาท

ผลของการออกกำลังกายส่วนใหญ่จะมีต่อระบบประสาทอัตโนมัติเพราะว่าการออกกำลังกายนั้นจะไปกระตุ้นให้หลั่งสารอะดรีนาลินหรือนอร์อะดรีนาลีนออกมา ซึ่งสารเหล่านี้จะไปกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติส่งผลให้ให้ระบบประสาทอัตโนมัติ 2 ระบบ คือ ประสาทซิมพาเทติค และพาราซิมพาเทติคทำงานได้สมดุลกันมากขึ้น

5. ระบบฮอร์โมน

การออกกำลังกายนั้นสามารถเร่งกระบวนการทำงานต่างๆ ของร่างกายให้เพิ่มขึ้นได้อย่างมากโดยเฉพาะฮอร์โมนนั้นสามารถถูกกระตุ้นได้ด้วยการออกกำลังกาย ดังต่อไปนี้

5.1 ต่อมหมวกไตมีการหลั่งฮอร์โมนอิพิเนฟรินและนอร์อิพิเนฟรินส่งผลให้หัวใจเต้นแรงขึ้น และนำเลือดไปสู่บริเวณที่ต้องการเลือดมาเลี้ยงมากๆ เช่น กล้ามเนื้อหัวใจ

5.2 ต่อมหมวกไตมีการหลั่งฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยและคอร์ติซอล มีผลต่อการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย คือส่งผลต่อการสร้างสารที่ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนที่กล้ามเนื้อ

5.3 ต่อมพิทูอิทารีในสมอง หลั่งฮอร์โมนเร่งความเจริญเติบโตซึ่งมีบทบาทสำคัญคือทำให้มีการเจริญเติบโตของกระดูกตอนอายุอยู่ในวัยรุ่น แต่เมื่อร่างกายเจริญเติบโตเต็มที่แล้วย่างเข้าสู่วัยสูงอายุแล้วยังมีหน้าที่สำคัญที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีนและเซลล์ไขมันทำให้เพิ่มการทำลายไตรกลีเซอไรด์ และทำให้ไขมันอิสระเพิ่มขึ้นในเลือดทำให้เซลล์อื่นๆ

5.4 ตับอ่อนมีการหลั่งฮอร์โมนอินซูลิน และกลูคากอนซึ่งเป็นฮอร์โมนที่สำคัญในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด โดยการเปลี่ยนไกลโคเจนให้เป็นกลูโคสอีกด้วย

5.5 มีการหลั่งฮอร์โมนพาราธัยรอยด์ และแคลซิโทนิน คอยควบคุมระดับแคลเซียมในกระแสเลือด ซึ่งระดับแคลเซียมในกระแสเลือดนั้นมีความสำคัญต่อหน้าที่ของร่างกายอย่างมาก ถ้าระดับแคลเซียมต่ำจะส่งผลให้เกิดอาการชักได้ ในทางตรงกันข้ามถ้ามีระดับสูงจะทำให้หัวใจเต้นเร็ว

5.7 มีการสร้างฮอร์โมนเพศ คือ แอนโดรเจนและเทสโตสเตอโรนจากเซลล์เลดิกของลูกอัณฑะของบุรุษ และฮอร์โมนทางเพศในสตรี คือ เอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรน

6. ทางด้านจิตใจ

การออกกำลังกายชนิดแอโรบิกเป็นเวลานานมากกว่า 20 นาทีขึ้นไปนั้น ร่างกายจะหลั่งฮอร์โมนเอนโดฟิน (Endorphine) ซึ่งมีฤทธิ์เหมือนมอร์ฟีนหรือฝิ่นจะทำให้คลายเครียดกล้ามเนื้อหาย

เกร็ง ตัวเบาสบาย เมื่อออกกำลังกายติดต่อกันจะทำให้ผู้นั้นติดเอนโดฟินได้ เมื่อถึงระยะนี้แล้วจะหมดความเบื่อหน่ายเมื่อถึงเวลาจะทำการออกกำลังกายเองโดยอัตโนมัติ

7. ผลการออกกำลังกายต่อสุขภาพของกระดูก

ภาวะความหนาแน่นของกระดูกต่ำจากโรคกระดูกพรุน (Osteoporosis) เป็นปัจจัยเสี่ยงต่ออุบัติการณ์เกิดกระดูกหักในสตรีผู้สูงอายุ โดยกระบวนการการที่จะลดความเสี่ยงที่จะเกิดการหกล้มอันเป็นสาเหตุของการเกิดกระดูกหักจึงเป็นสิ่งจำเป็น นอกจากการรักษาด้วยการให้ยาและควบคุมอาหารเสริมที่เป็นผลดีต่อการสร้างกระดูกแล้ว ยังมีอีกวิธีที่สามารถทำให้เกิดผลดีต่อกระดูกและลดความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหักจากการหกล้มที่ในผู้สูงอายุได้คือ การออกกำลังกายในรูปแบบที่เหมาะสม ซึ่งการประเมินความหนักของการออกกำลังกายที่มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูกมักจะวัดเป็นความเครียดทางกายภาพ (Physical strain) ด้วยวิธีการต่างๆเช่นแรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground-reaction force) ระหว่างการลงน้ำหนักตัว หรือแรงตึงตัวจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle contraction forces) ที่กระทำต่อกระดูกในบริเวณนั้นๆเป็นต้น (ฉกาจ ผ่องอักษร, 2552) ในการประเมินผลการสร้างกระดูก (Osteogenic effect) ของโปรแกรมการออกกำลังกายนั้นมักจะยึดหลักการในการฝึกออกกำลังกายดังต่อไปนี้ คือ มีความเจาะจง (Specificity) และมีการเพิ่มแรงกระทำ (Overload) โดยการปรับตัวของกระดูกจะเกิดขึ้นเมื่อแรงกระทำนั้นมากกว่าแรงที่กระทำโดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน และควรมีการปรับแรงเพิ่มขึ้นอย่างเหมาะสมด้วยเช่นกัน โดยผลดีที่เกิดขึ้นต่อมวลกระดูกจากการฝึกออกกำลังกายจะลดลงเมื่อหยุดออกกำลังกาย (ฉกาจ ผ่องอักษร, 2552)

บทบาทของการออกกำลังกายในผู้ใหญ่วัยกลางคนและสูงอายุ

การออกกำลังกายสามารถช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดกระดูกหักได้อย่างมาก ในบางครั้งอาจจะไม่สามารถทำให้ทำให้ความหนาแน่นของกระดูกเพิ่มขึ้นได้ก็ตาม แต่ยังมีผลต่อการคงสภาพหรือชะลอการสลายของกระดูกได้ และผลการศึกษาจากงานวิจัยอื่นยังพบว่า มวลกล้ามเนื้อจากการออกกำลังกายน่าจะเป็นปัจจัยที่สำคัญในการบอกถึงคุณภาพของกระดูกในผู้สูงอายุ (Aloia et al., 1995) ดังนั้นกิจกรรมการออกกำลังในรูปแบบต่างๆที่ทำให้มีการเพิ่มของมวลกล้ามเนื้อได้น่าจะช่วยทำให้คงรักษามวลกระดูกได้ด้วย โดยงานวิจัยด้านการป้องกันโรคกระดูกพรุนที่เกิดขึ้นนั้นจะเห็นว่าส่วนใหญ่จะทำในสตรี เพราะว่าสตรีมีอุบัติการณ์การเกิดกระดูกหักจากโรคกระดูกพรุนมากกว่าผู้ชายอย่างมาก (Cummings & Melton, 2002) ซึ่งนักวิจัยจะให้ความสนใจงานวิจัยที่ใช้โปรแกรมออกกำลังกาย เพื่อดูผลการรักษาต่อกระดูกในสตรีอย่างมากขึ้นเป็นลำดับในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา โดยโปรแกรมการออกกำลังกายที่นิยมได้แก่ การวิ่งเหยาะ (Jogging) เดินขึ้นลงบันได (Stair climbing) ยกน้ำหนัก (Weight lifting) และการออกกำลังกายด้วยการกระโดดต่างๆ (Jumping) เป็นต้น โดยการออกกำลังกายด้วยการเดินขึ้นลงบันได และวิ่งเหยาะให้ผลตอบสนองในการกระตุ้นกระดูกได้ดีกว่า

การเดินในรูปแบบปกติเนื่องจากแรงกระทำที่เพิ่มขึ้นส่งผลดีต่อการสร้างกระดูกในผู้ใหญ่ (Kelley & Tran, 2001) สำหรับงานวิจัยในด้านแรงกระทำจากพื้น พบว่าการออกกำลังกายด้วยการกระโดดจะส่งผลให้ความหนาแน่นของกระดูกสะโพกเพิ่มขึ้นได้ (Bassey et al., 1998) นอกจากนี้การออกกำลังกายที่ใช้การยกน้ำหนักที่มีการปรับเพิ่มแรงต้านที่ขึ้นเรื่อยๆ และใช้น้ำหนักที่สูงสามารถเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกในกระดูกสะโพกและกระดูกสันหลังในผู้หญิงขาดฮอร์โมนได้ (Kohrt, Ehsani, & Birge, 1997) ซึ่งงานวิจัยที่ใช้แรงยกที่มีน้ำหนักไม่มากนั้นมีการตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของมวลกระดูกไม่มากเท่าใช้น้ำหนักที่มาก (Kerr et al., 2001) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของมวลกระดูกนั้นสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับแรงที่ใช้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Cussler et al., 2003)

การเกิดกระดูกหักในผู้ป่วยโรคกระดูกพรุน สามารถเกิดขึ้นง่ายกว่าแม้ถูกแรงกระทำไม่สูงนัก เพราะความหนาแน่นของกระดูกที่ต่ำ และสภาพโครงสร้างของกระดูกนั้นมีการเปลี่ยนแปลงจนไม่เอื้อให้สามารถทนต่อแรงได้เหมือนเช่นเดิม ซึ่งมักจะพบกระดูกหักบริเวรปลายกระดูกข้อมือ กระดูกสันหลัง และกระดูกต้นขาส่วนคอ ซึ่งในปัจจุบันมีงานวิจัยในการศึกษาผลจากการออกกำลังกายในการลดการเกิดกระดูกหักไม่มากพอ เพราะการศึกษานั้นทำได้ยากโดยจะต้องมีการติดตามผลเป็นระยะเวลานาน และต้องใช้ขนาดประชากรตัวอย่างที่มีขนาดมากพอด้วย อย่างไรก็ตามยังมีการรายงานการศึกษาที่พบว่ากิจกรรมทางกายสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และลดอุบัติการณ์กระดูกหักของกระดูกสะโพก กระดูกข้อมือ และกระดูกสันหลังได้ (Lane, 2006) และยังมีหลักฐานจากการศึกษาทางระบาดวิทยาที่บ่งชี้ว่า บุคคลที่เคลื่อนไหวร่างกายน้อยหรือไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ (Physical inactivity) เป็นปัจจัยเสี่ยงให้เกิดกระดูกหักได้โดยง่าย โดยพบว่าสตรีสูงอายุที่มีการออกกำลังกายจะพบอุบัติการณ์ของกระดูกสะโพกหักน้อยกว่าสตรีสูงอายุที่ไม่ออกกำลังกายถึง 20-40% (Marks et al., 2003) และในผู้สูงอายุทั้งเพศชายและเพศหญิงที่ไม่ค่อยมีกิจกรรมทางกาย เช่น การเดินขึ้นลงบันได หรือทำกิจกรรมที่มีการลงน้ำหนักชนิดต่างๆ เป็นต้น จะมีความเสี่ยงต่อกระดูกสะโพกหักสูง 2 เท่าเมื่อเทียบกับผู้สูงอายุที่ยังมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวชนิดต่างๆ ดังกล่าว หลังจากได้มีการคำนึงถึงปัจจัยเสี่ยงอื่นๆได้แก่ ค่ามวลกระดูก สูบบุหรี่ ดื่มเหล้า และการไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองในชีวิตประจำวันแล้วในการศึกษาจำนวนประชากรตัวอย่างถึง 30,000 คน ในชาวเดนนิชทั้งเพศชายและเพศหญิงพบว่าอุบัติการณ์ของคนที่เคยออกกำลังกายมาเป็นประจำแล้วหยุดออกกำลังกาย จะมีความเสี่ยงต่อกระดูกสะโพกหัก 2 เท่าซึ่งมากกว่าผู้สูงอายุที่ยังคงออกกำลังกายต่อเนื่องไม่ได้หยุดเลย โดยการออกกำลังกายด้วยการเดินอย่างต่อเนื่องจะลดอัตราเสี่ยงข้อสะโพกหักลงประมาณ 20 % (Lane, 2006)

ดังนั้นการออกกำลังกายเป็นประจำในผู้ใหญ่จึงส่งผลที่ดีโดยภาพรวมอย่างมากไม่เพียงแต่ทำให้ชะลอการสลายมวลกระดูกเท่านั้น แต่ยังมีประโยชน์ในแง่ของการลดความเสี่ยงในการหกล้มจนทำ

ให้กระดูกหักอีกด้วย โดยผลจากงานวิจัยแบบทบทวนวรรณกรรมมหภาพมีรายงานสรุปให้แนะนำว่าควรมีโปรแกรมการออกกำลังกายที่รวมทั้งการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะที่ขา ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อและข้อ ตลอดจนถึงความทนทานของกล้ามเนื้อเฉพาะที่ และการทรงตัวร่วมด้วยเพื่อลดความเสี่ยงในการหกล้มในผู้สูงอายุ (ฉกาจ ผ่องอักษร, 2552) โดยการออกกำลังกายเพียงรูปแบบเดียวอาจไม่ช่วยลดความเสี่ยงในการหกล้มในผู้สูงอายุทั้งชายและผู้สูงอายุหญิง (Gillespie et al., 2003) โดยการออกกำลังกายที่สามรถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวของร่างกายดูจะเป็นการออกกำลังชนิดที่ควรแนะนำให้ทำในสตรีเพื่อลดความเสี่ยงในการหกล้มด้วย

บทสรุปผลของการออกกำลังกายต่อสุขภาพของกระดูก

กิจกรรมการเคลื่อนไหวทางกาย (Physical activity) ที่มีการลงน้ำหนักจะส่งผลที่ดีต่อสุขภาพของกระดูกได้ตลอดทุกช่วงอายุขัย ถ้าทำในช่วงวัยรุ่นนอกจากจะช่วยกระตุ้นให้มีการสะสมสารเกลือแร่และการสร้างกระดูกมากที่สุดแล้ว ยังมีหลักฐานงานวิจัยแสดงว่า การออกกำลังกายนั้นยังส่งผลต่อเนื่องในระยะยาวต่อสุขภาพของกระดูกได้ โดยในวัยผู้ใหญ่กิจกรรมที่สามารถให้แรงกระทำต่อกระดูกได้มาก ได้แก่ การออกกำลังกายแบบลงน้ำหนัก (Weight bearing exercise) การออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจากพื้น (Impact exercise) การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (Resistance exercise) โดยในวัยผู้ใหญ่นั้น เป้าหมายของการทำกิจกรรมออกกำลังกายรูปแบบต่างๆ นั้นจะเป็นการรักษาให้คงสภาพของมวลกระดูก และลดความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหักได้เป็นสิ่งสำคัญ ในผู้ใหญ่ที่ยังมีการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องแล้วนั้นสามารถช่วยชะลอการสลายกระดูกตามอายุ (Age-related osteopenia) และลดความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหักได้ ถึงแม้ว่ากิจกรรมการออกกำลังกายนั้นจะไม่หนักมากเท่าที่ควร ก็ยังมีส่วนช่วยพัมนากระดูกได้เมื่อเทียบผู้ใหญ่ที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกายเลย ซึ่งการออกกำลังกายหรือกิจกรรมที่มีการลงน้ำหนักหรือแรงกระทำต่อกระดูกที่มีความหนักนั้นโดยทั่วไปยังคงแนะนำให้ควรทำโดยไม่จำกัดอายุถ้ายังสามารถทำได้ แต่จำเป็นต้องคำนึงถึงปัญหาแทรกซ้อนต่อสุขภาพด้านอื่นๆ ซึ่งต้องมีการประเมินสภาพร่างกายและปัญหาสุขภาพที่มักจะมากับวัยที่เพิ่มขึ้น โดยจะคำนึงถึงความปลอดภัยของร่างกายเป็นหลัก ควรออกกำลังกายเท่าที่สภาพร่างกายจะอำนวย เพราะถ้าเราหยุดหรือลดการเคลื่อนไหว มักเกิดผลแทรกซ้อนจากกลุ่มอาการของผู้ที่ลดการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Immobilization Syndrome) ที่เกิดขึ้นต่อสุขภาพของกระดูกได้ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม ทั้งนี้การออกแบบโปรแกรมกิจกรรมการออกกำลังกายควรจะมีโปรแกรมพัฒนาความสามารถในการทรงตัวด้วย เพื่อป้องกันการหกล้มและเกิดปัญหาด้านกระดูกหักตามมา (ฉกาจ ผ่องอักษร, 2552)

8. การฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน

การฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน หมายถึง กระบวนการฝึกการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิก โดยนำดัมเบล 2 อันที่มีน้ำหนักอันละ 0.5 กิโลกรัมมาใช้เป็นแรงต้านมาประกอบการฝึกด้วย และฝึกอย่างต่อเนื่องในรูปแบบของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วง 60%-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

รูปแบบการออกกำลังกายในผู้ใหญ่

ชนิดการออกกำลังกาย (Mode) ได้แก่ กิจกรรมประเภทใช้ความอดทนที่ใช้น้ำหนักตัว เช่น ขึ้นบันได, วิ่งสลับเดิน กิจกรรมประเภทแรงกระทำจากพื้นเช่น วอลเลย์บอล, บาสเกตบอล การฝึกโดยใช้แรงต้าน เช่นการยกน้ำหนัก (ใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่)

ความหนัก (Intensity) ได้แก่ ระดับปานกลางจนถึงระดับหนักเป็นครั้งคราว

ความถี่ (Frequency) ควรฝึก 3-5 ครั้ง ต่อสัปดาห์

ระยะเวลา (Duration)ได้แก่ 30-60 นาที ซึ่งรูปแบบของกิจกรรม ต้องมีการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อหลัก ในการกำหนดการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุควรที่จะมีการฝึกความทนทานโดยใช้น้ำหนักตัวและฝึกโดยใช้แรงต้านด้วยเพื่อที่จะคงสภาพหรือเพิ่มมวลกระดูก นอกจากนี้ควรที่จะออกแบบให้กิจกรรมดังกล่าวมีการฝึกการทรงตัวเพื่อป้องกันการหกล้มด้วย (Kohrt, Ehsani, & Birge, 1997)

การฝึกออกกำลังกายแบบแรงต้าน (ResistaneTraining) ที่มีผลต่อกระดูก

ภนารี พานเพียรศิลป์ (2541) กล่าวว่า มีรูปแบบของกลไกมากมายที่จะใช้ในการอธิบายว่ากระดูกมีการตอบสนองต่อแรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อกระดูก (Mechanical forces) ซึ่งหน้าที่ของกระดูกเปรียบได้กับผลึกที่มีประจุไฟฟ้า (Piezoelectrie crystal) สามารถผลิตประจุไฟฟ้าได้ในสัดส่วนที่สัมพันธ์กับแรงที่กระทำต่อกระดูกโดยตรง ถ้ามีแรงกล (Mechanical force) ที่กระทำต่อกระดูกจะส่งผลให้เกิดการหักของกระดูกเป็นบริเวณเล็กๆ (Microfracture) ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวจะเป็นตัวกระตุ้นให้เซลล์ออสทีโอคลาสต์ (Osteoclast) เข้ามาทำหน้าที่สลายกระดูกควบคู่ไปกับเซลล์ออสทีโอบลาสต์ (Osteoblast) ทำหน้าที่สร้างกระดูกใหม่ โดยปริมาณของแรงที่กระทำต่อกระดูก จะส่งผลต่อการรีโมลเดลลิ่ง (Remodeling) ของกระดูก โดยเนื้อกระดูกจะมีค่าลดลงถ้ากระดูกไม่ได้รับน้ำหนักเลย (No load) และมวลกระดูกจะมีค่าคงที่เดิมถ้าแรงกดปกติที่กระทำต่อกระดูกในอัตรา 4 รอบ/วัน (2,000 microstrain) และเนื้อกระดูกจะมีความหนาเพิ่มขึ้นได้ (Hypertrophy) ถ้าแรงที่กระทำต่อกระดูกนั้นในอัตรา 36 รอบ/วัน (1 รอบ/2นาที) โดยการเปลี่ยนแปลงของเนื้อกระดูกจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับน้ำหนักหรือแรงที่กระทำต่อกระดูก เนื้อกระดูกบางลดลงเมื่อแรงที่กระทำต่อกระดูกมีค่าต่ำกว่า 1,000 ไมโครสเตรน และพื้นที่หน้าตัดของกระดูกมี

ค่าเพิ่มขึ้นได้เมื่อแรงที่กระทำต่อกระดูกนั้นมีค่ามากกว่า 1,000 ไมโครสเตรน (ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

โวลฟ์ (Wolff ,1892) ได้ตั้งสมมติฐานว่าแรง (Weight bearing) ที่กดลงบนกระดูกมากขึ้นจะทำให้แร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของกระดูกเพิ่มขึ้นส่งผลให้กระดูกแข็งแรงขึ้นและทำให้กระดูกมีโอกาสหักได้น้อยลง โดยการรับน้ำหนัก (Weight bearing) ของกระดูกและการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเป็นแรงกลส่วนใหญ่ที่ออกแรงกระทำต่อกระดูกซึ่งส่งผลให้กระดูกมีความหนาแน่นมากขึ้น ซึ่งสามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของกระดูกที่เป็นผลจากการรับน้ำหนัก กลไกของแรงที่กระทำต่อกระดูกอาจจะมีผลต่อการตอบสนองต่อเซลล์ออสทีโอไซต์ (Osteocytes) ที่มีจำนวนมากถึง 20,000เซลล์/ลูกบาศก์มิลลิเมตรในตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงที่กระทำต่อกระดูก โดยผลผลิตจากสารสื่อประสาทที่เป็นสารเคมีที่ออกฤทธิ์ต่อเซลล์ต้นตอที่ทำหน้าที่สร้างกระดูก (Bone precursors cell)

มีการศึกษามากมายแสดงให้เห็นว่าแรงที่กระทำต่อกระดูก (Mechanical loading) มีผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูก โดยผลที่เกิดจากการออกกำลังกายต่อกระดูกเป็นผลที่เกิดเฉพาะที่และเป็นสัดส่วนกับแรงที่กระทำต่อกระดูกนั้น ทั้งนี้มีข้อมูลที่สนับสนุนว่าเนื้อกระดูกที่มีความหนาเพิ่มขึ้นเกิดขึ้นในผู้สูงอายุและเยาวชนที่เป็นนักกีฬาเทนนิส ซึ่งพบว่าความหนาแน่นของกระดูกในส่วนต้นแขน (Humerus) ของแขนข้างที่ถนัดมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 37% เมื่อเทียบกับแขนข้างที่ไม่ถนัด และมีการศึกษาในกลุ่มนักกีฬาพบว่าปริมาณของความหนาของเนื้อกระดูกมีความสัมพันธ์กับแรงที่กระทำต่อกระดูกขณะที่เล่นกีฬา ตัวอย่างเช่นนักยกน้ำหนักมีความหนาแน่นของกระดูกบริเวณกระดูกสันหลังและกระดูกต้นขามาก ส่วนความหนาแน่นของกระดูกสันหลังของนักกีฬาว่ายน้ำนั้นไม่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เล่นกีฬา (ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

เคอร์ และคณะ (Kerr et al., 2001) ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบใช้แรงต้าน (Resistance training) ที่มีผลต่อการเพิ่มความหนาแน่นของกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยใช้เวลาในการทดลอง 2 ปี แบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยเป็น 3 กลุ่ม คือ 1. กลุ่มฝึกแรงต้าน 2.กลุ่มปั่นจักรยาน 3. กลุ่มควบคุม โดยภายหลังการทดลองพบว่า กลุ่มฝึกแรงต้านนั้นสามารถเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เบมเบน และคณะ (Bemben, Fetters, & Koh, 2000) ได้ทำการศึกษาการฝึกแบบใช้แรงต้านที่มีผลต่อกระดูก และกล้ามเนื้อของร่างกายในสตรีวัยหมดประจำเดือน ผลการศึกษาพบว่า การฝึกแบบใช้แรงต้านที่มีน้ำหนักสูงสามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และชะลอการสลายมวลกระดูกได้

เดวิด (David, 2001)ได้ทำการศึกษาการฝึกแบบแรงต้าน (Resistance training) ที่มีผลต่อการเพิ่มความหนาแน่นของกระดูกในวัยรุ่นหญิง โดยแบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มฝึกการ

ออกกำลังกายแบบแรงต้าน และกลุ่มควบคุม ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านมีการเพิ่มของมวลกระดูกเมื่อเทียบกับ ก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม

เคลลี่ และทราน (Kelley & Tran, 2001) ได้ทำการศึกษาเรื่องการฝึกการใช้แรงต้านที่มีผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดุกในสตรี โดยผลการศึกษาพบว่าการฝึกแบบใช้แรงต้านนั้นสามารถพัมนาความหนาแน่นของมวลกระดูกในสตรีได้ดี ทั้งนี้ยังสามารถเพิ่มมวลกล้ามเนื้อได้ดีอีกด้วย

เบมเบน และคณะ (Bemben et al., 2010) ได้ทำการศึกษาขนาดของความหนักที่เหมาะสมของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในผู้ใหญ่ โดยแบ่งกลุ่มการฝึกออกกำลังกายเป็น 4 กลุ่ม คือ 1. ความหนักสูง (80% ของ 1RM) ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ (2HI) 2. ความหนักต่ำ (40% ของ 1RM), ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ (2LI) 3. ความหนักสูง (80% ของ 1RM), ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ (3HI) 4. ความหนักต่ำ (40% ของ 1RM), ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ (3LI) หลังการทดลองพบว่า การฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านประเภทความหนักสูงสามารถเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกได้ดีเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

นอกจากนี้ยังพบว่าความหนาแน่นของเนื้อกระดูกที่เพิ่มขึ้นสามารถพบได้ในนักยกน้ำหนักและในสัตว์ทดลองที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างแรงที่กระทำต่อกระดูกและความหนาแน่นของเนื้อกระดูกที่เพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่การศึกษามากมายโดยการใช้การฝึกด้วยแรงต้านทาน (Resistance training) เพื่อเพิ่มความหนาแน่นของเนื้อกระดูก โดยมีการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบใช้ออกซิเจนโดยทั่วไปทั้งแบบที่มีการใช้แรงต้านทานและแบบที่ไม่มีการใช้แรงต้านทาน กลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบใช้แรงต้านจะสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและมีแนวโน้มที่จะทำให้ดัชนีของแคลเซียมในกระดูกมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าผู้ที่ได้รับการฝึกแบบแอโรบิกเพียงอย่างเดียว (ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

การออกกำลังกายที่ใช้การยกน้ำหนักโดยมีการปรับแรงต้านที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และใช้น้ำหนักที่สูง พบว่าสามารถเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกในกระดูกสะโพกและกระดูกสันหลังในผู้หญิงขาดฮอร์โมน (Kohrt, Ehsani, & Birge, 1997) ยังมีงานวิจัยที่ใช้แรงต้านน้ำหนักปานกลางเท่านั้นพบว่ามีการตอบสนองเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของมวลกระดูกไม่มากเท่าใช้น้ำหนักที่สูง (Kerr, 2001) ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของมวลกระดูก สัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับปริมาณน้ำหนักหรือแรงที่ใช้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Cussler et al., 2003)

ได้มีการรายงานการศึกษาของการออกกำลังกายที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของแร่ธาตุในกระดูก พบว่าความหนาแน่นของแร่ธาตุในกระดูกมีค่าสูงขึ้นในนักกีฬา เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มคนที่ไม่ได้ออกกำลังกาย และนักกีฬายกน้ำหนักจะมีส่วนประกอบของแร่ธาตุในกระดูกในปริมาณมาก โดยพบว่าความหนาแน่นของแร่ธาตุกระดูกในนักกีฬายกน้ำหนักทุกคนมีค่าเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยังความเชื่อกันว่าจำนวนของมวลกล้ามเนื้อเป็นสัดส่วนโดยตรงกับส่วนประกอบของแร่ธาตุในกระดูก (ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

การฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และการออกกำลังกายประเภทที่มีแรงกระทำจากพื้นที่มีผลต่อการปรับตัวกระดูก

การออกกำลังกายแบบแอโรบิกนั้น เป็นการออกกำลังกายในระยะเวลาพอสมควร คือนานเพียงพอที่ร่างกายจะต้องใช้พลังงานจากการนำเอาออกซิเจนเข้าไปในการสันดาปเพื่อให้เกิดกระบวนการสร้างพลังงานให้กับกล้ามเนื้อ โดยข้อสำคัญในการออกกำลังกายนั้นจะต้องกระตุ้นให้การทำงานหัวใจเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถสูงสุดที่หัวใจที่พึงมี โดยหัวใจจะเต้น 120-140 ครั้ง/นาทีในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี และทำให้การไหลเวียนของเลือดเพียงพอแก่ความต้องการของกล้ามเนื้อที่จะทำงานด้วย (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และเฉลิม ชัยวัชราภรณ์, 2540) โดยการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกเป็นการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำค่อนข้างสูง (High impace exercise) ซึ่งน้ำหนักหรือแรงที่กระทำต่อกระดูกนั้นสามรถกระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกเพิ่มขึ้นจากน้ำหนักของร่างกายที่กระทำต่อกระดูกซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เป็นแรงกดหรือแรงบิด อีกทั้งแรงโน้มถ่วงของโลกจะกระทำต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก (Resisting impact) นั้นสามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกใหม่ เนื่องจากร่างกายประกอบด้วยกล้ามเนื้อที่มีการเกาะต้นและเกาะปลายอยู่บนกระดูกจำนวนมากมายที่ประกอบเป็นโครงร่างของมนุษย์ ซึ่งการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะการหดตัวที่ต้องออกแรงต้านกับแรงกระทำโน้มถ่วงหรือแรงต้านทานจากภายนอกของร่างกายสามารถที่จะทำให้เกิดแรงจำนวนมากต่อกล้ามเนื้อ เอ็น และกระดูก โดยแรงเหล่านี้มีผลต่อความหนาแน่นของเนื้อกระดูก (Bone matrix) ความจริงดังกล่าวนี้ได้มีการเปิดเผยโดยนักบินอวกาศของประเทศสหรัฐอเมริกาที่พยายามออกกำลังกายในสภาพที่ไร้น้ำหนักเพื่อที่จะลดการสลายกระดูกขณะที่ทำการบินอยู่ในอวกาศ (ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541) ซึ่งการประเมินความหนักของการออกกำลังกายที่มีผลต่อกระดูกจะวัดเป็นความเครียดทางกายภาพ (Physical strain) ด้วยวิธีการต่างๆเช่น แรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground-reaction force) ระหว่างที่ทำการลงน้ำหนัก หรือแรงตึงตัวจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle contraction forces) ที่กระทำต่อกระดูกในส่วนนั้นๆเป็นต้น (ฉกาจ ผ่องอักษร, 2552)

ในคนทั่วไปร่างกายเราจะสะสมเนื้อกระดูกจนได้ปริมาณสูงสุดเมื่อประมาณอายุช่วง 35 ปี โดยมีการศึกษาทั้งในบุรุษและสตรีในวัยนี้ พบว่าผลการศึกษาไปในทำนองเดียวกันคือ คนที่เป็นนักกีฬาจะพบว่า ในส่วนของร่างกายที่ถูกใช้ในการเล่นกีฬาที่ต้องถูกแรงกระทำมาก จะมีความหนาแน่นกระดูกสูงกว่าคนที่ไม่ค่อยได้เล่นกีฬาหรือออกกำลังกาย (Vuori, 2001) และในกลุ่มที่เล่นกีฬาหรือออกกำลังกายด้วยกันนั้นในกลุ่มที่มีกิจกรรมที่มีแรงกระทำต่อร่างกายสูง หรือมีการลงน้ำหนักตัวชนิดต่างๆเช่น ยิมนาสติก เพาะกาย ยกน้ำหนัก ก็จะมีความหนาแน่นกระดูกสูงกว่ากีฬา

ประเภทที่มีแรงกระทำน้อย (Snow et al., 2000) ทั้งนี้มีรายงานผลการศึกษาออกมาอยู่มาก พอสมควรในการติดตามดูการเปลี่ยนแปลงของกระดูกในนักกีฬาระหว่างฤดูการฝึกซ้อมและช่วงพัก การฝึกนอกฤดูการในนักกีฬาเทนนิส พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของความแตกต่างของความหนาแน่นของ มวลกระดูกระหว่างแขนสองข้างถึง 13-25% และสูงกว่ากลุ่มควบคุมในระหว่างการฝึกซ้อมทั้งยังคง สภาพนั้นอยู่นานถึง 5 ปีหลังเลิกเป็นนักกีฬา (Snow et al., 2001) และยังมีการศึกษาจำนวนหนึ่งใน กลุ่มประชากรที่ไม่ได้เป็นนักกีฬาแต่ให้มาออกกำลังกายชนิดที่มีแรงกระทำสูง นาน 6 เดือน โดยผล การศึกษาพบว่ามีความหนาแน่นของกระดูกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในส่วนคอกระดูกฟีเมอร์ (Femoral neck) และกระดูกสันหลังส่วนเอว (Lumbar spine) (Bassey et al., 1998) นอกจากนี้ แล้ว โคชร์ท เอสานี่ และบริจ (Kohrt, Ehsani, & Birge, 1997) ยังทำการศึกษาว่าผลของการออก กำลังกายแบบที่มีแรงปฏิกิริยาจากพื้นในผู้สูงอายุพบว่าความหนาแน่นของมวลกระดูกในหญิงสูงอายุ โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึก 2 แบบ โดยใช้ระยะเวลาฝึก 11 เดือน ที่มีผลต่อมวล กระดูกในสตรีสูงอายุที่ทำงานแบบนั่งโต๊ะมีผู้เข้าร่วม 39 คน ที่มีอายุ 60-70 ปี โดยแบ่งเป็นกลุ่ม กลุ่ม เอ ทำการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำต่อพื้น (Ground-reaction force) คือการเดินลงบันได กลุ่ม บี ทำการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำต่อข้อต่อ (Joint-reaction force) คือการยกน้ำหนัก และกลุ่ม ซี คือกลุ่มควบคุมไม่ได้ทำการฝึกออกกำลังกาย โดยผลจากการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายที่มีแรง กระทำจากพื้น และการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำจากข้อ สามารถชะลอการสลายของกระดูกได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง และกลุ่มควบคุม เนื่องจากการออกกำลังกายทั้ง 2 `ประเภท ส่งผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจึงส่งผลดีต่อกระดูกจากการหดตัวของกล้ามเนื้ออีก ด้วย

การออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกเป็นการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำจากพื้น (impace exercise) โดยมีการศึกษาในกลุ่มคนที่เล่นกีฬาหรือออกกำลังกายด้วยในกิจกรรมที่มีแรงกระทำต่อ ร่างกาย หรือมีการลงน้ำหนักชนิดต่างๆเช่น ยิมนาสติก สเตปแอโรบิก นั้นจะมีมวลกระดูกสูงกว่ากีฬา หรือการออกกำลังกายประเภทที่มีแรงกระทำน้อย ยังมีการศึกษาจำนวนหนึ่งในกลุ่มประชากรที่ไม่ใช่ นักกีฬาแต่ให้มาออกกำลังกายชนิดที่มีแรงกระทำจากพื้น คือ การออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิก และการกระโดด นาน 6 เดือน แล้วติดตามดูผลต่อมวลกระดูกซึ่งศึกษาในผู้หญิงที่ไม่ค่อยได้ออกกำลัง กาย โดยผลการศึกษาที่พบส่วนใหญ่จะพบว่ามีความหนาแน่นของมวลกระดูกมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนคอกระดูกฟีเมอร์ (Femoral neck) และกระดูกสันหลังส่วนเอว (Lumbar spine) (Bassey et al., 1998) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับสเตปแอโรบิกที่เกี่ยวข้องกับกระดูก โดย ไฮโนเนนและคณะ (Heinonen et al., 2000) ทำศึกษาการออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจาก พื้นที่มีผลต่อมวลของกระดูกในผู้หญิงโดยใช้การออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกและใช้เวลาในการ ทดลอง 18 เดือน ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกสามารถเพิ่มความ

หนาแน่นของมวลกระดูกเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของมัลทาเนน ไนอิไมเนน และไฮโนเนน (Multanen, Nieminen, & Heinonen, 2014) ที่พบว่าการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกนั้นส่งผลที่ดีต่อกระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก นอกจากนี้แล้วการออกกำลังแบบสเตปแอโรบิกนั้นยังสามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวและสุขสมรรถนะได้ดีอีกด้วย ทั้งนี้ปาร์คและคิม (Park & Kim, 2008) ได้ทำศึกษารูปแบบการออกกำลังกายแบบผสมผสานที่มีผลต่อกระดูก และการทรงตัวในสตรีสูงอายุ โดยแบ่งเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มทดลองจำนวน 25 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 25 คน โดยกลุ่มทดลองทำการฝึกการออกกำลังกายแบบผสมผสาน โดยเริ่มจากยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 9 นาที และตามด้วยการฝึกความแข็งแรงนาน 10 นาที ต่อมาทำการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก 23 นาทีที่ความหนัก 65-75 เปอร์เซ็นต์ของการเต้นหัวใจสูงสุด สุดท้ายทำการฝึกการทรงตัวเป็นระยะเวลา 18 นาที ใช้เวลาในการทดลองนาน 48 สัปดาห์ ซึ่งรูปแบบการออกกำลังกายแบบผสมผสานดังกล่าวสามารถชะลอการสลายมวลกระดูก และสามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวได้ดีในสตรีสูงอายุอีกด้วย นอกจากนี้แล้วยังมีการวิจัยที่ศึกษาผลของรูปแบบการออกกำลังกายด้วยการเต้นสเตปแอโรบิก ร่วมกับการใช้แรงต้านที่มีต่อสุขสมรรถนะและระดับไขมันในเลือด ในหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกิน ผลการศึกษาภายหลัง 12 สัปดาห์พบว่า สุขสมรรถนะของกลุ่มเต้นแอโรบิก ได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าและด้านหลัง กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง และกล้ามเนื้อหน้าอกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้กลุ่มฝึกเต้นสเตปแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้านมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก และเปอร์เซ็นต์ไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกด้วย (ยรรยงค์ พานเพ็ง และดรุณวรรณ สุขสม, 2552)

สตรีวัยทำงานมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดโรคกระดูกพรุนในอนาคตอันเนื่องมาจากการลดลงของมวลกระดูก (Singh, Schmitz, & Petit, 2009) โดยปัจจัยด้านอายุ และหน้าที่การงานนี้ส่งผลให้ระบบการทำงานของกล้ามเนื้อนั้นต่ำลง แล้วส่งผลต่อการทรงตัวของร่างกายซึ่งนำไปสู่อุบัติการณ์กระดูกหักจากการหกล้ม และส่งผลต่อคุณภาพชีวิตที่ต่ำลง (Lane, 2006) ซึ่งในปัจจุบันลดปัจจัยหรือตัวแปรที่ส่งผลให้เกิดกระดูกหักเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้น การให้ความสนใจด้านการลดปัจจัยด้านการหกล้ม และพัฒนาระบบกระดูกน่าจะเป็นทางออกที่ดีที่สุดในขณะนี้ จากงานวิจัยข้างต้นจะเห็นได้ว่า การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีความหนักสูงจะสามารถพัฒนาความหนาแน่นของมวลกระดูก (Singh, Schmitz, & Petit, 2009) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ดีในสตรี (Bemben, Fetters, & Koh, 2000) ในขณะที่การออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจากพื้น (impact exercises) อาทิเช่น การกระโดด (Anek, Kanungsukkasem, & Bunyaratavej, 2011) และ สเตปแอโรบิก (Clary et al., 2006) ก็สามารถพัฒนามวลกระดูกได้ดีเช่นกัน ทั้งสามารถพัฒนาระบบไหลเวียนโลหิตได้ดีอีกด้วย (Heinonen et al., 2000) นอกจากผลของการเพิ่มมวลกระดูกจากการออกกำลังกายแล้ว ในการศึกษาต่างๆยังพบว่า มีผลการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย (Body Composition)

และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วย โดยเฉพาะส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน (Fat Free Mass) ซึ่งรวมถึงส่วนที่เป็นกระดูกและกล้ามเนื้อด้วยนั่นเอง โดยความแข็งแรงของกระดูกน่าจะมีส่วนสัมพันธ์ กับองค์ประกอบของร่างกาย (Body Composition) ในด้านปริมาณของกล้ามเนื้อร่วมกับผลที่ตามมาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในส่วนที่ได้รับการใช้งานด้วยซึ่งเมื่อพิจารณาจากงานวิจัยต่าง ๆพบว่าองค์ประกอบของร่างกาย (Body Composition) มวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติความหนาแน่นของมวลกระดูกในบริเวณเดียว โดยมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงถึง 40 % ต่อระดับความหนาแน่นของมวลกระดูก (Snow-Harter et al., 1992)

ข. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยภายในประเทศ

เนื่องจากงานวิจัยในประเทศที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการออกกำลังกายด้วยการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านกับสารชีวเคมีของของกระดูก สุขสมรรถนะและการทรงตัวของสตรีวัยทำงานนั้นอาจจะไม่ค่อยปรากฏให้เห็น ส่วนใหญ่นั้นมักจะเป็นการศึกษาด้านการออกกำลังกายประเภทอื่นหรือประเภทที่ใกล้เคียง และการศึกษาทางด้านการแพทย์ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

สิรินทร ฉันศิริกาญจน (2544) ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการรักษาโรคกระดูกพรุนในสตรีวัยหมดประจำเดือนในไทย ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของแคลเซียมและขนาดที่เหมาะสมของแคลซิโตนิน เอสโตรเจน และแอคทีฟอนาล็อคของวิตามินดีในการรักษาโรคกระดูกพรุนในสตรีไทยวัยหมดประจำเดือน

ผลการศึกษาพบว่าความหนาแน่นของกระดูกนั้นไม่เปลี่ยนแปลงในบุคคลที่ได้รับแคลเซียมปริมาณ 750 มิลลิกรัมต่อวัน โดยแคลเซียมร่วมกับแคลซิไตรออลปริมาณ 0.25 และ 0.5 ไมโครกรัมต่อวันนั้นมีผลคล้ายกับเอสโตรเจน คือสามารถเพิ่มความหนาแน่นของกระดูกที่บริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว

บุญส่ง องค์พิพัฒนกุล (2544) ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการป้องกันการบางลงของความหนาแน่นของกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือนระยะต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของแคลเซียมและปริมาณที่เหมาะสมของเอสโตรเจน และแคลซิไทรออลในการป้องกันภาวะโรคกระดูกพรุนในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมเป็นเวลานาน 2 ปี

ผลการศึกษาพบว่าแคลเซียมขนาด 750 มิลลิกรัมต่อวันโดยที่มีอินตรานาซอลแคลซิโตรนิน 50 IU ต่อวันไม่สามารถยับยั้งการลดลงของมวลของกระดูกที่บริเวณกระดูกต้นขาส่วนคอ (Femoral neck) ได้ แต่แคลเซียมร่วมกับ “Conjugated equine estrogen” ทั้งขนาด 0.3 มิลลิกรัม และ 0.625 มิลลิกรัมต่อวันนั้นสามารถยับยั้งการลดลงของมวลที่บริเวณกระดูกต้นขา นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มมวลกระดูกที่บริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอวได้ ทั้งนี้การรับแคลเซียมร่วมกับแคลซิไตรออล ขนาด 0.25 และ 0.5 ไมโครกรัมต่อวันนั้นมีผลคล้ายกับเอสโตรเจน คือ ป้องกันการลดลงของมวลกระดูกที่บริเวณกระดูกต้นขาได้

นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาการหาอัตราการต่ำลงของมวลกระดุกของกระดูกในสตรีไทยหลังวัยหมดประจำเดือนและปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการลดลงของมวลกกระดูกในสตรีหลังวัยหมดประจำเดือนไม่เกิน 6 ปี ทำการศึกษาเป็นเวลานาน 2 ปี

ผลการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นของกระดูกที่บริเวณกระดูกสันหลังของสตรีวัยหมดประจำเดือนไม่ได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเวลา 2 ปี อย่างไรก็ตาม พบว่าความหนาแน่นของกระดูกที่บริเวณสะโพกของสตรีวัยหมดประจำเดือนลดลงประมาณ 3.9 เปอร์เซ็นต์

บุปผา อินต๊ะแก้ว (2544) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ตัวกำหนดความเชื่อด้านสุขภาพและพฤติกรรมในด้านการป้องกันโรคกระดูกพรุนของสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเป็นสตรีวัยหมดประจำเดือนที่มีอายุ 40-59 ปี จำนวน 333 คน และใช้เครื่องมือวิจัยที่ประกอบด้วยแบบสอบถามตัวกำหนดความเชื่อด้านสุขภาพเกี่ยวกับโรคกระดูกพรุน แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล และแบบสอบถามพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนของสตรีวัยหมดประจำเดือน และทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา และอำนาจการทำนายโดยใช้สถิติวิเคราะห์จำแนกประเภทแบบขั้นตอน

ผลการศึกษาพบว่า สตรีวัยหมดประจำเดือนปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนโดยรวมอย่างเป็นประจำเพียงร้อยละ 2.5 แต่ปฏิบัติแบบไม่สม่ำเสมอถึงร้อยละ 97.50 และสตรีวัยหมดประจำเดือนนั้นรับรู้โอกาสเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุนพร้อมกับการรับรู้อุปสรรคของการปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ส่วนการรับรู้ความรุนแรงของการเกิดโรคกระดูกพรุน และประโยชน์ของการปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนอยู่ในระดับค่อนข้างสูง นอกจากนี้สตรีวัยหมดประจำเดือนร้อยละ 75.70 ไม่มีสิ่งกระตุ้นของการปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนจากตัวกำหนดความเชื่อด้านสุขภาพ 4 องค์ประกอบ ได้แก่การรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุน การรับรู้โอกาสเสี่ยงในการเกิดโรคกระดูกพรุน และการรับรู้อุปสรรคในการปฏิบัติพฤติกรรมเพื่อป้องกันโรคกระดูกพรุนเป็นปัจจัยทำนายจำแนกกลุ่มของสตรีวัยหมดประจำเดือนที่ปฏิบัติ จากผลการศึกษาครั้งนี้มีข้อเสนอแนะให้พยาบาลควรส่งเสริมพฤติกรรมเพื่อ

ป้องกันโรคกระดูกพรุนโดยรวมให้แก่สตรีวัยหมดประจำเดือน โดยมุ่งเน้นเพิ่มการรับรู้ในโอกาสเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุนให้สูงขึ้น

วิสุทธิ์ สุวิทยะศิริ (2545) ได้ศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกายกับความหนาแน่นของมวลกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยเก็บข้อมูลในสตรีซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ก่อนหมดประจำเดือน (premenopause) 52 ราย ใกล้หมดประจำเดือน (perimenopause) 96 ราย และหลังหมดประจำเดือน (postmenopause) 190 ราย

ผลการศึกษาพบว่า สตรีในกลุ่มวัยก่อนหมดประจำเดือน, วัยเริ่มหมดประจำเดือน และวัยหลังหมดประจำเดือน มีค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกายนั้นต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณสันหลังส่วนเอว และกระดูกบริเวณข้อสะโพกลดลงตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกาย กับความหนาแน่นของมวลกระดูกพบว่ามีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในกลุ่มวัยเริ่มหมดประจำเดือนและกลุ่มวัยหลังหมดประจำเดือน โดยความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในกลุ่มวัยเริ่มหมดประจำเดือนนั้นมีค่ามากกว่ากลุ่มวัยหลังหมดประจำเดือน ซึ่งส่วนในกลุ่มวัยก่อนหมดประจำเดือน ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกาย และปริมาณความหนาแน่นของมวลกระดูกของกระดูกทุกตำแหน่งที่ทำการศึกษา (วิสุทธิ์ สุวิทยะศิริ, 2545)

ณรงค์ บุณยะรัตเวช (2553) ศึกษาเกี่ยวกับการติดตามผลของยาไรสิโดรเนต (Risedronate) ที่ใช้กับผู้ป่วยซึ่งเป็นสตรีวัยหมดประจำเดือนที่มีค่าการสลายของกระดูกสูงกว่าปกติ

ผลการศึกษาพบว่า ไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์ทุกตัวนั้นมีค่าลดลงจากค่าปกติแต่ไม่ต่ำจนเกินไป และเมื่อเลิกใช้ยาแล้วกระดูกมีการฟื้นตัวได้เร็วมากขึ้น โดยหลังจากใช้ยาครบหนึ่งปีพบว่าค่า "Undercarboxylated osteocalcin" สูงกว่าก่อนได้รับยา อาจเป็นเพราะกระดูกต้องการวิตามินเคสองในปริมาณมากขึ้นสำหรับการสร้างกระดูก หลังจากการสลายตัวได้สงบลง ส่วนค่าของการสร้างกระดูกนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนได้รับยา แสดงให้เห็นว่ากระดูกมีการปรับตัวในการสร้างแม้ว่าการใช้ยาจะนานครบหนึ่งปีมาแล้ว กล่าวโดยสรุปว่า ยาชนิดนี้สามารถห้ยับยั้งการสลายกระดูกได้แต่ส่งผลต่อการสร้างกระดูกน้อยมาก

ยรรยงค์ พานเพ็ง และดรุณวรรณ สุขสม (2553) ได้ศึกษาผลของรูปแบบการออกกำลังกายด้วยการเต้น สเตปแอโรบิก ร่วมกับการใช้แรงต้านที่มีผลต่อ สุขสมรรถนะและระดับไขมันในเลือดในสตรีที่น้ำหนักเกิน โดยกลุ่มตัวอย่างนั้นเป็นบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการชาวจุฬาสง่างาม จำนวน 28 คน ทำการแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ได้ทำการออก

กำลังกายด้วยการฝึกเต้นแอโรบิกตามที่โครงการจัดให้อย่างอิสระ จำนวน 13 คน และกลุ่มที่ 2 ได้ทำการออกกำลังกายด้วยการฝึกเต้นสเตปแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้าน ในระดับความหนัก 60-75% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง จำนวน 15 คน โดยทั้งสองกลุ่มฝึกได้ทำการออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 50 นาที ทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยก่อนและหลังการทดลองได้ทำการเก็บข้อมูลตัวแปรทางสรีรวิทยา สุขสมรรถนะ และระดับไขมันในเลือด

ผลการวิจัยพบว่า สุขสมรรถนะในกลุ่มเต้นแอโรบิก ได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง และกล้ามเนื้อหน้าอก พร้อมทั้งมุมการเคลื่อนไหวของข้อไหล่มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มฝึกเต้นสเตปแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้านนั้นมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก และเปอร์เซ็นต์ไขมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่มฝึกเต้นสเตปแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้าน มีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทุกส่วน มุมการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดอีกด้วย เมื่อเทียบกับก่อนการฝึกออกกำลังกาย โดยทั้ง 2 กลุ่มออกกำลังกายมีระดับของระดับไฮเดนซิตี้ไลโปโปรตีนเพิ่มขึ้น และมีระดับโลวเดนซิตี้ไลโปโปรตีนนั้นลดต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึกออกกำลังกาย แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ของทั้งสองกลุ่ม สรุปได้ว่า การเต้นสเตปแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้านนั้นมีผลดีต่อการลดน้ำหนัก และสามารถเสริมสร้างสมรรถภาพด้านหัวใจและหลอดเลือดในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกินได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ยรรยงค์ พานเพ็ง และดรุณวรรณ สุขสม, 2553)

ไชยวัฒน์ นามบุญลือ ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และณรงค์ บุณยะรัตเวช (2554) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและที่กลางแจ้งต่อการสลายมวลกระดูกและวิตามินดีในสตรีวัยวัยทำงาน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครหญิงวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี จำนวน 54 คน และแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มจำนวน 17 คน กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้งจำนวน 17 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 20 คน โดยทำการฝึกเต้นแอโรบิก ประกอบจังหวะดนตรีบนมินิแทรมโพลีน พร้อมกับคาดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) โดยความหนักของการออกกำลังกายคือ 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ทำการฝึกครั้งละ 40 นาที โดยฝึก 3 ครั้ง/สัปดาห์ ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 12 สัปดาห์ ซึ่งกลุ่มควบคุมใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ โดยมีการดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง คือ ทดสอบทางสรีรวิทยา สารชีวเคมีของกระดูก (Biochemical bone maker) และระดับวิตามินดี (25-hydroxyvitamin D: 25(OH)D) และนำผลที่ได้จากการทดลองทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลองมาวิเคราะห์หาความแตกต่าง

ภายในกลุ่มโดยทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) และทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัยพบว่า ค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และกลุ่มควบคุม รวมถึงค่าระดับวิตามินดีในกลุ่มการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้งดีขึ้น โดยมีค่าแคลซิไดออล (25-hydroxyvitamin D: 25(OH)D) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่ม และกลุ่มควบคุม สรุปได้ว่า การเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนนั้นมีผลต่อสารชีวเคมีของกระดูก นอกจากนี้การฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนกลางแจ้งยังช่วยเพิ่มระดับวิตามินดี จึงสามารถช่วยลดปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุนได้ (ไชยวัฒน์ นามบุญลือ ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร และณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2554)

วิศนียา ศิวพิทักษ์ และวสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล (2552) ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายบนลู่วิ่งร่วมกับการออกกำลังกายแบบสั่นเป็นเวลา 12 สัปดาห์ต่อการสร้างและการสลายกระดูก (bone markers) ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน ซึ่งมีอายุอายุระหว่าง 55-65 ปี จำนวนทั้งหมด 46 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ออกกำลังกายบนลู่วิ่งสายพานจำนวน 23 คน และกลุ่มที่ออกกำลังกายบนลู่วิ่งสายพานร่วมกับการออกกำลังกายแบบสั่นจำนวน 23 คน ซึ่งทำการฝึกออกกำลังกาย 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยกลุ่มที่ออกกำลังกายบนลู่วิ่งสายพานจะออกกำลังกายนาน 30 นาที ที่ความหนักปานกลาง และกลุ่มที่ออกกำลังกายบนลู่วิ่งสายพานร่วมกับการออกกำลังกายแบบสั่นจะออกกำลังกายโดยการยืนงอเข่า 20 องศาอยู่บนเครื่องสั่นที่ความถี่ 30 เฮิร์ต และช่วงความกว้างนั้นคือ 4 มิลลิเมตร โดยทำการยืนนาน 1 นาทีพักระหว่างครั้ง 1 นาที รวมเป็นเวลา 20 นาที ทั้ง 2 กลุ่มจะได้รับการทดสอบก่อนการฝึกและหลังการฝึก โดยจะทดสอบค่าการสร้างกระดูกและการสลายกระดูกจากการตรวจโบนมาร์กเกอร์ รวมถึงการทดสอบการทรงตัว และทดสอบสมรรถภาพร่างกาย

ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายบนลู่วิ่งสายพานเพียงอย่างเดียวและกลุ่มที่ออกกำลังกายบนลู่วิ่งสายพานร่วมกับการออกกำลังกายแบบสั่นนั้นมีการสร้างกระดูกและการสลายกระดูกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 2 กลุ่มฝึก ($p < 0.05$) Ffpหลังการฝึกครบ 12 สัปดาห์ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม โดยใช้ ANCOVA แล้วพบว่า ค่าของการสร้างกระดูกและการสลายกระดูก ค่าการทรงตัว ความเร็วในการเดินและสมรรถภาพของร่างกายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (วิศนียา ศิวพิทักษ์ และวสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล, 2552)

วิทวัส สุขแก้ว ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และณรงค์ บุณยะรัตเวช (2554) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและฝึกเต้นแอโรบิกบนพื้นแข็งต่อการสลายมวลกระดูก, สุขสมรรถนะ แลการทรงตัวในสตรีทำงาน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครสตรีทำงาน จำนวน 63 คนโดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีน จำนวน 21 คน กลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกบนพื้นแข็งจำนวน 21 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 21 คน โดยกลุ่มที่ฝึกเต้นแอโรบิกจะทำการฝึกเต้นแอโรบิกพร้อมกับคาดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) โดยความหนักของการออกกำลังกายคือ 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ทำการฝึกครั้งละ 40 นาที และฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยกลุ่มควบคุมใช้ชีวิตประกอบกับกิจกรรมทางกายตามปกติ ทำการเก็บข้อมูลทั้งก่อนและหลังการทดลอง ได้แก่ ทดสอบข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา การสร้างมวลกระดูก (P1NP) การสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) สุขสมรรถนะ นำผลที่ได้จากการทดลองทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลองนำมาวิเคราะห์หาความแตกต่างภายในกลุ่มโดยทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance) ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัยหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มที่ออกกำลังทั้งกาย 2 กลุ่มนั้นมีค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ลดลง และค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) เพิ่มขึ้น รวมถึงสุขสมรรถนะ และการทรงตัวที่ดีขึ้น เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลุ่มที่เต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพรลีนเมื่อเปรียบกับกลุ่มที่เต้นแอโรบิกบนพื้นแข็งพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และการทรงตัวดีนั้นกว่า และยังพบแรงกดของเท้าบนมินิแทรมโพลีนนั้นมีน้อยกว่าด้วย สรุปได้ว่า การเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็งมีผลต่อสารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวทั้งคู่ แต่ในการเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนจะช่วยให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และการทรงตัวที่ดีกว่า และลดการบาดเจ็บของข้อต่อจากแรงกดได้ดี ซึ่งเป็นการออกกำลังกายทางเลือกใหม่ของหญิงวัยทำงานทั่วไปได้ (วิทวัส สุขแก้ว ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2554)

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

โคชร์ท และคณะ (Kohrt, Ehsani, & Birge, 1997) ได้ทำการศึกษาว่าผลของการออกกำลังกายแบบที่มีแรงปฏิกิริยาต่อข้อต่อ หรือ แบบที่มีแรงปฏิกิริยาต่อพื้นแบบไหนส่งผลต่อ ความหนาแน่นของมวลกระดูกในหญิงสูงอายุ การศึกษาที่เป็นการเปรียบเทียบผลของการฝึก 2 แบบ โดยใช้ระยะเวลาฝึก 11 เดือน ที่มีผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในผู้หญิงสูงอายุที่ทำงานแบบนั่งโต๊ะ มีผู้เข้าร่วม 39 คน อายุ 60-70 ปี โดยแบ่งเป็นกลุ่ม กลุ่มเอ ทำการออกกำลังกาย ที่มีแรงกระทำต่อพื้น (Ground-reaction force) คือการเดินวิ่งขึ้น บันได กลุ่ม บี ทำการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำต่อข้อต่อ (Joint-reaction force) คือการยกน้ำหนัก, การพายเรือและกลุ่ม ซี คือกลุ่มควบคุม (ไม่มีการออกกำลังกาย) ทำการวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก บริเวณกระดูกสันหลัง, กระดูกโคนขา, และกระดูกแขน โดยวัด 5 ครั้ง(วัดทุก 3 เดือน)

ผลการศึกษาพบว่าในกลุ่ม เอ และ บี มวลกระดูกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญคล้ายกัน และความหนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณคอของกระดูกสะโพกพบว่า การออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยาต่อพื้นกลุ่ม เอ มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกลุ่ม บี และในกลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ในระหว่างการออกกำลังกายพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของมวลกระดูก มีการเปลี่ยนแปลงผกผันกับปริมาณไขมันในร่างกาย คือ มวลกระดูกเพิ่มขึ้นและ ปริมาณไขมันลดลง ถึงแม้ว่าความหนาแน่นของกระดูกบริเวณคอกระดูกสะโพก มีการตอบสนองต่อการฝึกที่มีแรงปฏิกิริยาต่อพื้น การปรับตัวในบางส่วน เช่น ขนาดของกล้ามเนื้อและความแข็งแรง การปรับตัวเหล่านั้นเป็นการฝึกแบบจำเพาะเจาะจงก็คือ การออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยาต่อข้อต่อนั้นๆ เป็นการฝึกที่ช่วยในการป้องกันการหักของกระดูกซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงจากการหกล้ม ดังนั้นในการออกกำลังกายแบบทั่วไปของการใช้การฝึกทั้ง 2 แบบผสมผสานกัน สำหรับการออกกำลังกาย

เคาเท็กซ์ และคณะ (Courteix et al., 1998) ได้ทำการศึกษาผลของกีฬาประเภทที่มีแรงกระทำจากพื้น และกีฬาที่ไม่มีแรงกระทำจากพื้นที่ส่งผลต่อ ความหนาแน่นของมวลกระดูกในผู้หญิง โดยแบ่งเป็นกลุ่ม กลุ่มกีฬาที่มีแรงกระทำต่อพื้น (Ground-reaction force) และกลุ่ม กลุ่มกีฬาที่ไม่มีแรงกระทำจากพื้น

ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มกีฬาประเภทที่มีแรงกระทำจากพื้นสามารถเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกได้ดีกว่ากลุ่มกีฬาที่ไม่มีแรงกระทำจากพื้น

ไฮโนเนนและคณะ (Heinonen et al., 2000) ได้ทำศึกษาการออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจากพื้น ที่มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูกในสตรี โดยใช้การออกกำลังกายแบบสเตปแอโร

บิกใช้เวลาในการทดลอง 18 เดือน โดยมีวัตถุประสงคีเพื่อที่จะศึกษาผลของการออกกำลังแบบที่มีแรงกระทำจากพื้นที่มีผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในสตรีวัยรุ่น

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มการฝึกการออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจากพื้น คือ สเตปแอโรบิก จะเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูก เมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม

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

ผลการศึกษาพบว่าในกลุ่มก็ได้รับการฝึกเมื่อทำการทดสอบความหนาแน่นของมวลกระดูกในบริเวณ คอของกระดูกโคนขา, ปุ่มบริเวณกระดูกขา และกระดูกสะโพกทั้งหมด มีการเปลี่ยนแปลง คือ ลดลงน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก สรุป คือการฝึกแบบดังกล่าวในระยะเวลา 5 ปี สามารถป้องกันการสูญเสียของกระดูกสะโพกในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนได้

คริสติน เจเนท และคาร่า (Christine, Janet, & Kara, 2000) ทำการศึกษาระยะยาวของการออกกำลังกายประเภทที่มีแรงกระทำจากพื้นพร้อมกับการสวมเสื้อเพิ่มน้ำหนัก ในการป้องกันการสูญเสียมวลกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อทำการศึกษาในระยะยาวของการออกกำลังกายประเภทที่มีแรงกระทำจากพิ้น ในการป้องกันการลดลงของมวลกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน และหาแนวทางในการลดความเสี่ยงในการเกิดกระดูกหักในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีวัยหมดประจำเดือนจำนวน 18 คน มีอายุระหว่าง 64.1±1.6 ปี และทำการวิเคราะห์ความหนาแน่นของมวลกระดูกหลังการทดลอง

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มออกกำลังกายที่มีแรงกระทำจากพื้นพร้อมสวมเสื้อเพิ่มน้ำหนักนั้นสามารถรักษาความหนาแน่นของมวลกระดูกได้เป็นอย่างดี เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่สูญเสียมวลกระดูกเป็นอย่างมาก

วิทซ์เคและคณะ (Witzke, 2000) ศึกษาเกี่ยวกับผลการฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริกที่มีต่อความหนาแน่นของกระดูกในเด็กวัยรุ่นหญิง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการฝึกแบบมีแรงกระทำตากพื้นที่มีผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกและความสามารถในการทรงตัวในเด็กวัยรุ่นหญิงโดยกลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 53 คน และมีอายุ 14.6 +/- 0.5 ปี แบ่งออกเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 28 คน และกลุ่มฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริกจำนวน 25 คน ทำการฝึกการกระโดดแบบพลัยโอ

เมตริกเป็นเวลา 30-45 นาที ทำการเป็นเวลานาน 9 เดือน และหลังการฝึกทำการวัดความหนาแน่นของกระดูกแล้วนำมาเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ผลการศึกษาพบว่า การฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริกเป็นเวลานาน 9 เดือนนั้นมีผลต่อค่าความหนาแน่นของกระดูกบริเวณเกรทเทอร์ โทแชนเทอร์ (Greater trochanter) ของกระดูกต้นขาของกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดแบบพลัยโอเมตริกนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถเพิ่มความแข็งแรงของขาได้ดีอีกด้วย

เดวิด (David, 2001) ได้ทำการศึกษาผลการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีต่อความหนาแน่นของกระดูกในสตรีวัยรุ่นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการฝึกแบบใช้แรงต้านที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและการทรงตัวในเด็กวัยรุ่นหญิง

ผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และเพิ่มการสร้างกระดูกในสตรีวัยรุ่นได้

โรบิน ฟัชส์ และสโนว์ (Robyn, Fuchs, & Snow, 2002) ทำการศึกษาผลการฝึกออกกำลังกายประเภทมีแรงกระทำจากพื้นในการเพิ่มมวลกระดูกบริเวณสะโพกและกระดูกเชิงกราน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังกายประเภทที่มีแรงกระทำจากพื้นในการเพิ่มมวลกระดูกบริเวณสะโพกและกระดูกเชิงกรานในเด็ก โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กชายจำนวน 51 คน เด็กหญิงจำนวน 38 คน และมีอายุระหว่าง 5.9 -9.8 ปี ซึ่งแบ่งออกเป็น กลุ่มควบคุมจำนวน 44 คน และกลุ่มฝึกออกกำลังกายจำนวน 45 คน โดยทำการกระโดดด้วยเท้าเปล่าจำนวน 100 ครั้ง จากกล่องสูง 61 เซนติเมตร และทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลานาน 7 เดือน หลังการทดลองทำการวิเคราะห์ผลความหนาแน่นของกระดูกเปรียบเทียบ

ผลการศึกษาพบว่า ก่อนการทดลองค่าความหนาแน่นของกระดูกในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองนั้นไม่มีความแตกต่างกัน แต่ภายหลังการฝึกเป็นระยะเวลา 7 เดือน พบว่าค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกในกลุ่มฝึกออกกำลังกายนั้นมีค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณสะโพก และกระดูกเชิงกราน สูงกว่ากลุ่มควบคุมมาก ซึ่งทำให้ทราบว่าการออกกำลังกายประเภทที่มีแรงกระทำจากพื้นนั้นสามารถเป็นแนวทางในการออกกำลังกายที่เพิ่มมวลกระดูกในเด็กเป็นอย่างดี

คิน (Qin, 2002) ได้ทำการศึกษาผลการออกกำลังกายแบบไทชิต่อการชะลอการสลายมวลกระดูกในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินถึงประโยชน์ที่ได้จากการออกกำลังกายแบบไทชิอย่างสม่ำเสมอต่อการลงน้ำหนักตัว และการพัฒนาของกระดูกของสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีวัยหมดประจำเดือนที่มีอายุ 50-59 ปี จำนวน 34 คน ทำการ

แบ่งออกเป็นกลุ่มควบคุมที่ไม่ต้องทำการฝึกไทชิ 17 คน และกลุ่มทดลองที่เคยมีประสบการณ์ในการฝึกไทชิมาแล้วมากกว่า 4 ปี จำนวน 17 คน และทำการวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกโดยใช้เครื่อง DEXA เพื่อเปรียบเทียบความหนแน่นของมวลกระดูกระหว่างกลุ่ม

ผลการศึกษาพบว่า ผลการฝึกไทชิเป็นประจำสม่ำเสมอนั้นจะช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกของสตรีวัยหมดประจำเดือนได้ดีกว่าบุคคลที่ไม่ได้ออกกำลังกายแบบลงน้ำหนัก เพราะไทชิเป็นการออกกำลังกายแบบลงน้ำหนักตัวไปสู่กระดูกจึงสามารถชะลอการสลายกระดูกได้

คัสเล่อร์และคณะ (Cussler et al., 2003) ได้ทำการศึกษาผลการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน ที่มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และ สารชีวเคมีในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยทำการฝึกเป็นระยะเวลา 16 `สัปดาห์ๆ ละ 3 วัน โดยทำการแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มฝึกแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

ผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และรักษาสมดุลของสารชีวเคมีในสตรีวัยหมดประจำเดือนได้

มิลลิเกน และคณะ (Milliken et al., 2003) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการออกกำลังกายต่อการเปลี่ยนแปลงของกระดูก ,อินซูลินลิงค์โกรธห์เฟคเตอร์และความหนาแน่นของแร่ธาตุกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือนที่ได้รับฮอร์โมนทดแทนและไม่ได้รับฮอร์โทนทดแทน โดยมีวัตถุประสงค์แรกของการวิจัยคือ การออกกำลังกายแบบลงน้ำหนักและใช้แรงต้านเป็นเวลา 12 เดือน นั้นมีผลต่อความหนาแน่นของแร่ธาตุของกระดูก และการเปลี่ยนแปลงของกระดูกในกลุ่มสตรีวัยหมดประจำเดือนทั้ง 2 กลุ่มคือกลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนทดแทน และ ไม่ได้รับฮอร์โมนทดแทน วัตถุประสงค์ประสงค์ที่ 2 คือ ลักษณะเฉพาะของการเปลี่ยนแปลงของอิซูลินลิงค์โกรธห์เฟคเตอร์ชนิดที่ 1, 2 และอินซูลินลิงค์โกรธห์พันธะโปรตีน 3 ในการตอบสนองต่อรูปแบบการออกกำลังกาย โดยผู้เข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้เป็นผู้ที่หมดประจำเดือนผ่านมาแล้ว 3-10 ปี (อายุ 40-65 ปี) แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้ 1) กลุ่มไม่ได้รับฮอร์โมนทดแทนและไม่ออกกำลังกายจำนวน 27 คน 2) กลุ่มได้รับฮอร์โมนทดแทนแต่ไม่ออกกำลังกายจำนวน 21 คน 3) กลุ่มไม่ได้รับฮอร์โมนทดแทนแต่ออกกำลังกายจำนวน 25 คน และ 4) กลุ่มได้รับฮอร์โมนทดแทนและออกกำลังกายจำนวน 17 คน โดยกลุ่มที่ออกกำลังกายทำการออกกำลังกายเป็นเวลา 65 นาที ทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ และมีรูปแบบการออกกำลังกายแบ่งออกเป็น 3 ช่วงดังนี้ 1) ออกกำลังกายแบบแอโรบิกชนิดที่มีการลงน้ำหนัก 20 นาที เช่น กระโดดเชือก และ การก้าวเสต็ป (step) หลังจากฝึกแล้ว 4 เดือน เริ่มใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักขนาด 10 ปอนด์ ขณะออกกำลังกาย สัปดาห์ละ 2 ครั้ง 2) ออกกำลังกายแบบออกแรงต้าน 35 นาที 3) ออกกำลังกายแบบยืดเหยียดและการทรงตัว 10 นาที

ผลการศึกษาพบว่า การใช้ฮอร์โมนนั้นมีผลทำให้ความหนาแน่นของแร่ธาตุกระดูกเพิ่มขึ้นมาก อย่างไรก็ตาม การผสมผสานกันระหว่างการออกกำลังกายและการใช้ฮอร์โมนร่วมกันนั้น ส่งผลที่ดีกว่าการใช้ฮอร์โมนเพียงอย่างเดียว โดยการออกกำลังกายเพียงอย่างเดียวช่วยเพิ่มความหนาแน่นของแร่ธาตุของกระดูกพอประมาณ ส่วนการเปลี่ยนแปลงของกระดูกในกระบวนการสร้างกระดูกและการสลายของกระดูกนั้นถูกยับยั้งในกลุ่มที่ได้รับฮอร์โมนทดแทนโดยไม่ต้องคำนึงถึงการออกกำลังกาย การเปลี่ยนแปลงในกระบวนการสร้างกระดูกและการสลายของกระดูกที่มีผลจากการได้รับการออกกำลังกาย เมื่อพิจารณาเฉพาะในกลุ่มที่ไม่ได้รับฮอร์โมนทดแทนพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามทิศทางของการเปลี่ยนแปลง บ่งบอกถึงผลของการออกกำลังกายทำให้การเปลี่ยนแปลงของกระดูกเพิ่มขึ้นตามข้อเท็จจริงที่กล่าวเกี่ยวกับการสลายของความหนาแน่นของกระดูก ทั้งนี้ผลการตรวจอินซูลินลิงค์โกรธห์เฟคเตอร์ชนิดที่ 1, 2 และ อินซูลินลิงค์โกรธห์พันธะโปรตีน3 ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการออกกำลังกาย

ชาน (Chan, 2004) ศึกษาเกี่ยวกับความคาดหวังผลการฝึกไทชิที่มีต่อความหนาแน่นของกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลที่ได้จากการออกกำลังกายที่มีการลงน้ำหนักตัวในรูปแบบไทชิของสตรีวัยหมดประจำเดือนจำนวน 132 คน ที่มีอายุเฉลี่ย 54 ปี แบ่งออกเป็นกลุ่มควบคุม 65 คน และกลุ่มทดลอง 67 คน โดยทำการฝึกครั้งละ 45 นาที 5 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 เดือน

ผลการศึกษาพบว่า การฝึกไทชินั้นจะช่วยชะลอการสลายกระดูกของสตรีวัยหมดประจำเดือนได้ และจากการติดตามผลอย่างเป็นระยะนานของกลุ่มทดลองได้ผลพิสูจน์ให้เห็นว่า การออกกำลังกายแบบไทชิจะช่วยทำให้อัตราการเกิดกระดูกหักน้อยลงได้

นิวสเตด (Newstead, 2004) ศึกษาการออกกำลังกายประเภทแรงกระทำจากพื้นในรูปแบบการกระโดด ที่มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแรงกระทำจากพื้นในรูปแบบการกระโดดเป็นเวลา 12 เดือน ที่มีต่อความหนาแน่นของกระดูก และ สารชีวเคมีของกระดูกสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีวัยหมดประจำเดือนจำนวน 49 คน ที่มีอายุระหว่าง 50-65 ปี และแบ่งออกเป็นกลุ่มควบคุม 26 คน และกลุ่มการออกกำลังกาย 23 คน โดยทำออกกำลังกายด้วยการกระโดดจากพื้น กระโดดจากแอโรบิกสเตปสูง 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว เป็นระยะเวลา 12 เดือน แล้วทำการวิเคราะห์ความหนาแน่นของกระดูก และสารชีวเคมีของกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน

ผลการศึกษาพบว่า ค่าความหนาแน่นของกระดูกในกลุ่มออกกำลังกายด้วยการกระโดด มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนค่าสารชีวเคมีในการสร้างกระดูกเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมในสตรีวัยหมดประจำเดือน

สตรอง และทัคเคอร์ (Strong & Tucker, 2005) ทำการศึกษาผลการฝึกโปรแกรมการออกกำลังกายด้วยการกระโดดในรูปแบบที่แตกต่างกัน ที่มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูกสะโพกและกระดูกเชิงกรานในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกออกกำลังกายด้วยการกระโดดในรูปแบบที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ และเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน ที่มีอายุระหว่าง 25-50ปี แบ่งออกเป็น กลุ่มฝึกการกระโดดรูปแบบที่ 1 คือ กระโดด เต็มความสามารถ 10 ครั้ง แต่ละครั้งพัก 30 วินาที และกลุ่มฝึกการกระโดดรูปแบบที่ 2 คือ กระโดด เต็มความสามารถ 20 ครั้ง แต่ละครั้งพัก 30 วินาที และกลุ่มควบคุมไม่ทำการฝึก ใช้ระยะเวลาทดลอง 16 สัปดาห์ แล้ววิเคราะห์ความหนาแน่นของกระดูก

ผลการศึกษาพบว่า ก่อนการทดลองค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ภายหลังจากการฝึกการกระโดด 16 สัปดาห์ พบว่าค่าความหนาแน่นของกระดูกในกลุ่มการกระโดดรูปแบบที่ 1 และกลุ่มการกระโดดรูปแบบที่ 2 เพิ่มมากขึ้นทั้งคู่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

สเตนเจล เคมเลอร์ และพินแทก (Stengel, Kemmler, & Pintag, 2005) ศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกพัฒนาความแข็งแรง (Strength training) กับการฝึกพัฒนาพลัง (Power training) ที่มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกทั้ง 2 รูปแบบ ที่มีผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือนโดยกลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีวัยหมดประจำเดือนจำนวน 53 คน โดยมีค่าเฉลี่ยของอายุอยู่ที่ 58.2+/- 3.7 ปี แบ่งออกเป็นกลุ่มฝึกพัฒนาความแข็งแรงและกลุ่มฝึกพัฒนาพลัง ทำการฝึกออกกำลังกาย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลานาน 2 ปี

ผลการศึกษาพบว่า ทั้ง 2 กลุ่มออกกำลังกายสามารถชะลอการสลายของมวลกระดูกได้ แต่อย่างไรก็ตาม การฝึกพัฒนาพลัง (Power training) นั้นสามารถ ชะลอการเสื่อมของกระดูก ในหญิงวัยหมดประจำเดือนได้ดีกว่า การฝึกพัฒนาความแข็งแรง (Strength training) เนื่องจากกลุ่มการฝึกพัฒนาพลัง (Power training) มีความเร็วในการยกมากระตุ้นเซลล์สร้างกระดูก

คลารี่ย์และคณะ (Clary et al., 2006) ศึกษาเปรียบเทียบการออกกำลังกาย สเตปแอโรบิก บัลเล่ต์และการเดิน ที่มีผลต่อการทรงตัว ในสตรีที่มีอายุ 50- 75 ปี โดยใช้เวลาในการทดลอง 13 สัปดาห์ และทำการแบ่งกลุ่มการฝึกออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1. กลุ่มออกกำลังกายบัลเล่ต์ 2. กลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิก 3. กลุ่มออกกำลังกายด้วยการเดิน โดยแต่ละกลุ่มทำกรออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่า การฝึกการออกกำลังกายแบบบัลเล่ต์ จะเพิ่มควมสามารถในการทรงตัวแบบเคลื่อนไหวได้ดีที่สุด รองลงมาคือกลุ่มสเตปแอโรบิก แต่อย่างไรก็ตามกลุ่มสเตปแอโรบิกนั้นสามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวแบบอยู่กับที่ได้ดีที่สุด

ฮินตัน มาลิสัน และโทมัส (Hinton, Mallinson, & Thomas, 2006) ได้ทำการศึกษาผลการออกกำลังกายแบบลงน้ำหนัก และการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ที่มีผลต่อสารชีวเคมีของกระดูก ในผู้มีน้ำหนักเกินทั้งผู้ชายและผู้หญิง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการออกกำลังกายแบบลงน้ำหนัก และการออกกำลังกายแบบแอโรบิที่มีผลต่อสารชีวเคมีของกระดูกในบุคคลที่มีน้ำหนักเกิน

ผลการศึกษาพบว่า การฝึกออกกำลังกายทั้ง 2 รูปแบบ ทั้งการออกกำลังกายแบบลงน้ำหนักและการออกกำลังกายแบบแอโรบิก สามารถเพิ่มสารชีวเคมีสร้างกระดูกได้ และยังสามารถพัฒนาค่าทางองค์ประกอบของร่างกายได้ด้วย โดยค่าองค์ประกอบของร่างกายที่ดีขึ้นนั้นมีความสัมพันธ์กับสารชีวเคมีในการสร้างกระดูกที่เพิ่มขึ้นด้วย

โทซัน (Tosun, 2006) ได้ทำการศึกษา ผลฉับพลันในการออกกำลังกายที่มีการเพิ่มน้ำหนักแบบแอโรบิก ที่มีผลต่อการโบนเทิร์นโอเวอร์ในสตรีสุขภาพดี โดยงานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจว่าผลฉับพลันของการออกกำลังกายต่อกระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ และเพื่อพิจารณาว่าการออกกำลังกายแบบเพิ่มน้ำหนักแบกในรูปแบบแอโรบิกนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกระดูก (bone metabolism) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นสตรีที่มีสุขภาพดี และทำการตรวจ ซีรั่มพาราธัยรอยด์ฮอร์โมน (PTH), แคลโทนิน (CT), ออสทีโอแคลซิน (OC), พีวันซีพี (PICP), พีวันเอ็นพี (PINP) โดยตัวแปรที่กล่าวมาข้างต้นนั้นทำการเก็บข้อมูลก่อนออกกำลังกาย, ในนาทีที่ 30 และนาทีที่ 45 ส่วนอัลคาไลน์ฟอสเฟต (ALP) ทำการเก็บข้อมูลก่อนการออกกำลังกาย และ 24 ชั่วโมงหลังการออกกำลังกาย และดิอ๊อกซีไพริดิโอรีน (D-Pyr) ทำการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง, 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงหลังการออกกำลังกาย โดยทำการเก็บข้อมูลในทุกตัวแปรในแต่ละรูปแบบของการออกกำลังกาย รวมทั้งในภาวะพัก (resting)

ผลการศึกษาพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในปริมาณซีรั่มเอแอลพี และพาราธัยรอยด์ฮอร์โมน เท่านั้น เมื่อพิจาณาในปริมาณ เอแอลพี หลังการออกกำลังกาย 24 ชั่วโมง การเดินเร็ว

เพียงอย่างเดียวทำให้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การเดินเร็วพร้อมกับการเพิ่มน้ำหนักตัวทำให้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และการเดินเร็วทำให้ระดับพาราธัยรอยด์ฮอร์โมนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ (เพิ่มขึ้นในนาทีที่ 30 และกลับลดลงเท่าเดิมในนาทีที่ 45) ส่วนการเดินออกกำลังกายพร้อมกับการเพิ่มน้ำหนักก็ส่งผลเช่นเดียวกัน สรุปได้ว่าการเดินเร็ว 30 นาที ส่งผลต่อการกระตุ้นต่อกระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ นอกจากนี้แล้ว การเพิ่มแรงกดจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อกระดูกก็เป็นส่วนหนึ่งเช่นกัน

เวย์น (Wayne, 2007) ศึกษาผลของการฝึกไทชิที่มีต่อมวลกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของข้อมูลการฝึกไทชิที่จะช่วยลดการสลายกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยมีขั้นตอนวิจัยโดยการรวบรวมข้อมูลการฝึกไทชิจากแหล่งต่างๆ ทั้งที่ทดลองในระยะสั้นและการทดลองในระยะยาวแล้วนำมาวิเคราะห์ดูรูปแบบ ความน่าเชื่อถือ คุณภาพของงานวิจัย และสรุปผลที่ได้จากการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า การฝึกไทชิที่มีผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนความถี่ ความนานของการฝึก และความมีคุณภาพในการฝึก นอกจากนี้ยังชี้ให้เห็นว่าผลการฝึกไทชินั้นสามารถช่วยป้องกันการหกล้ม สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กล้ามเนื้อโครงร่าง และยังสามารถช่วยชะลอการสลายของมวลกระดูกได้

ปาร์คและคิม (Park & Kim, 2008) ทำศึกษารูปแบบการออกกำลังกายแบบผสมผสาน ที่มีผลต่อกระดูก การทรงตัวและความสามารถในการเดิน ในสตรีสูงอายุ 65-75 ปีโดยแบ่งเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง จำนวน 25 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 25 คน ซึ่งกลุ่มทดลองทำการฝึกการออกกำลังกายแบบผสมผสาน โดยเริ่มจากยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 9 นาที ตามด้วยฝึกความแข็งแรงเป็นเวลา 10 นาที ต่อมาฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกเป็นเวลา 23 นาทีที่ความหนัก 65-75 เปอร์เซ็นต์ของการเต้นหัวใจสูงสุด สุดท้ายทำการฝึกการทรงตัวเป็นเวลา 18 นาที โดยใช้เวลาในการทดลอง 48 สัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบการออกกำลังกายแบบผสมผสาน สามารถชะลอการสลายมวลกระดูก และสามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวและการเดิน เมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม

อิริคสันและคริสตินา (Erickson & Christina, 2008) ศึกษาผลของการฝึกโปรแกรมการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำจากพื้นที่สูงที่มีต่อสารชีวเคมีของกระดูกในเวลา 8 `สัปดาห์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกการกระโดด 1 ครั้งต่อวัน กับการฝึกกระโดด 2 ครั้งต่อ

วัน โดยจะศึกษาผลจากปริมาณการกระโดดและระยะเวลาในการฟื้นตัวที่มีต่อสารชีวเคมีของกระดูก โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นชายสุขภาพดีทั้งหมด 15 คน แบ่งเป็นกลุ่มฝึก 1 ครั้งต่อวัน และกลุ่มฝึก 2 ครั้งต่อวันโดยจะตรวจดูสารชีวเคมีในการสร้างและสลายของกระดูก

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มฝึก 2 ครั้งต่อวันให้ผลในการสร้างเซลล์สร้างกระดูกที่ดีกว่ากลุ่มฝึก 1 ครั้งต่อวันเป็นผลมาจากเวลาในการฟื้นตัว และปริมาณการฝึกนั้นยังอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

กูเนนได (Gunendi, 2008) ทำศึกษาการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีผลต่อการทรงตัวในผู้ป่วยโรคกระดูกพรุน ใช้เวลาในการทดลอง 4 สัปดาห์ โดยแบ่งกลุ่มการฝึกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1. กลุ่มการออกกำลังกายแบบแอโรบิกโดยให้ทำการวิ่งบนลู่กล 2. กลุ่มควบคุม

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มการออกกำลังกายแอโรบิกโดยทำการวิ่งบนลู่กลสามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวในผู้ป่วยโรคกระดูกพรุนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองและ กลุ่มควบคุม

ฟรีเดล อีวานส์ และโมแลน (Friedel, Evans, & Moran, 2008) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของรูปแบบการฝึกทหารใหม่ในเป็นระยะเวลา 4 เดือน ที่ส่งผลต่อโบนมาร์กเกอร์ โดยทำการฝึกในผู้ชายจำนวน 58 คน และผู้หญิง 199 คน ที่มีอายุ 19 ปี ทั้งผู้ชายและผู้หญิงได้รับการฝึกเหมือนกัน ทำการเก็บตัวอย่างเลือด 3 ครั้ง คือ ก่อนการฝึก, หลังการฝึก 2 เดือน และหลังการฝึก 4 เดือน และทำการทดสอบสมรรถภาพร่างกาย 2 ครั้ง คือ ก่อนการฝึกและหลังการฝึก 4 เดือน ซึ่งการวิเคราะห์ตัวอย่างเลือด ทำโดยวิเคราะห์ค่าการสร้างของกระดูก (BAP และ PINP) และค่าการสลายของกระดูก (CTx และ TRAP5b) สารในระบบต่อมไร้ท่อ (parathyroid hormone, calcium) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว, หาความสัมพันธ์ และการถดถอย

ผลการศึกษาพบว่า การโบนเทิร์นโอเวอร์ (bone turnover) ของกระดูกในผู้ชายสูงกว่าในผู้หญิง และทั้งผู้ชายและผู้หญิงมีการเพิ่มขึ้นเหมือนกันหลังจากผ่านการฝึก 2 เดือน สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดและซีรั่มแคลเซียมสามารถพยากรณ์การสร้างของกระดูกได้ (BAP) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพื้นฐาน ซีรั่มแคลเซียมและพาราธัยรอยด์ฮอร์โมน ในผู้ชายและผู้หญิงจะลดลงจากการฝึก 2 เดือนแรก และเพิ่มขึ้นจนเท่าเดิมหลังจากฝึก 4 เดือน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสารในระบบต่อมไร้ท่อมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ กับการเปลี่ยนแปลงของโบนมาร์กเกอร์ (bone marker) สรุปได้ว่าการฝึกแบบทหารเป็นเวลา 2 เดือนพบว่าค่าโบนมาร์กเกอร์เพิ่มขึ้น กล่าวได้ว่า การเริ่มฝึกความแข็งแรงนั้นส่งผลให้เกิดการหมุนเวียนของการสร้างกระดูกที่คล้ายคลึงกันในเพศชายเพศหญิง อย่างไรก็ตามโบนมาร์กเกอร์ในเพศชาย จะสูงกว่าเพศหญิง การสร้างของกระดูกอาจสัมพันธ์กับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนและซีรั่มแคลเซียม

ภู่สุวรรณ กฤษณ์เพ็ชร์ และยุกตะนันทน์ (Poosuwan, Kritpet, & Yooktranundana, 2009) ศึกษาผลของการฝึกโยคะแบบลงน้ำหนักที่มีต่อการสลายมวลกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยทำการศึกษาในสตรีวัยหมดประจำเดือนที่มีอายุระหว่าง 50-60 ปี โดยแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มที่ได้รับการฝึกโยคะแบบลงน้ำหนักจำนวน 19 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 14 คน ทำการเก็บข้อมูล คือ ค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) และแบบสอบถามมาตรฐานชีวิต (SF-36) โดยทำการทดลองเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆ ละ 50 นาที

ผลการศึกษาพบว่าหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มฝึกโยคะแบบลงน้ำหนัก และกลุ่มใช้ชีวิตประจำวันตามปกตินั้นมีค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มฝึกโยคะมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงที่ลดลงมากกว่า สำหรับคุณภาพชีวิตโดยใช้แบบสอบถามมาตรฐานเอสเอฟ 36 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ฮัมฟรีย์ เฟนนิ่ง และแมคเรย์ (Humphries, Fenning, & Macrae, 2009) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และการออกกำลังกายแบบไม่ใช้แรงต้าน ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบของการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และการออกกำลังกายแบบไม่ใช้แรงต้านที่มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูก

ผลการศึกษาพบว่า การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านสามารถเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ได้ดีกว่ากลุ่มออกกำลังกายที่ไม่ใช้แรงต้านในรูปแบบการเดิน

Chulalongkorn University

เบมเบน และคณะ (Bemben et al., 2010) ได้ทำการศึกษาผลการออกกำลังกายผสมผสานระหว่างการออกกำลังกายแบบใช้แรงสั่นและการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและสารชีวเคมีในสตรีวัยหมดประจำเดือน

ผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบใช้แรงสั่นผสมผสานกับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และ รักษาสมดุลของสารชีวเคมีในสตรีวัยหมดประจำเดือนได้

วัลท์แมน (Waltman, 2010) ได้ศึกษาเรื่องผลของการฝึกแบบใช้แรงต้านที่มีผลต่อโบนมาร์กเกอร์และความแข็งแรงในการเคลื่อนไหวในสตรีวัยหมดประเดือน โดยผู้เข้าร่วมการทดลองเป็นสตรีวัยหมดประจำเดือนอย่างน้อย 1 ปี ซึ่งกลุ่มออกกำลังกายจะได้รับการออกกำลังกายหลายรูปแบบ คือ การเดิน การฝึกความแข็งแรงกล้ามเนื้อกลุ่มกล้ามเนื้อขา, หน้าท้อง และหลัง และฝึกการทรงตัว โดย

ค่าโบนเทิร์นโอเวอร์ที่ทำการวัด คือ ซีรั่มออสทีโอแคลซิน (OC) และ เอ็นทีเอกซ์ (NTx) พร้อมกับวัดความแข็งแรงของเข่าและข้อเท้าที่มุม 60° และ 180° โดยใช้เครื่องไอโซคิเนติก ไดนาโมมิเตอร์

ผลการศึกษาพบว่า ค่าเอ็นทีเอกซ์ลดลง 14.5% ในกลุ่มที่มีการออกกำลังกาย ส่วนค่าออสทีโอแคลซินไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ และในกลุ่มที่มีการออกกำลังกายมีการพัฒนาความแข็งแรงของการงอปลายเท้าที่มุม 60° เพิ่มขึ้น 40% โดยปริมาณไขมันในร่างกายมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และมวลกล้ามเนื้อนั้นเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่มีการออกกำลังกาย งานวิจัยนี้เป็นการพิสูจน์ว่า การเพิ่มความหนักของแรงต้านในขณะออกกำลังกายในสตรีวัยหมดประจำเดือนนั้นช่วยเพิ่มความแข็งแรงและมีผลต่อการโบนเทิร์นโอเวอร์

คาราบูลัท (Karabulut, 2011) ได้ทำการศึกษาผลการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน ที่มีความหนักสูงและการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีความหนักเบา ที่มีต่อหลอดเลือด และสารชีวเคมีของกระดูก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหนักของรูปแบบการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีผลต่อหลอดเลือด และสารชีวเคมีของกระดูก

ผลการศึกษาพบว่า การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีความหนักที่สูงสามารถเพิ่มสารชีวเคมีในการสร้างกระดูกได้ ส่วนการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีความหนักเบาส่งผลดีต่อหลอดเลือดได้เช่นกัน

ตันติวิบูรณ์ชัย กฤษณ์เพ็ชร์ และยุกตะนันทน์ (Tuntiwiboonchai, Kritpet, & Yuktanandana, 2011) ศึกษาเปรียบเทียบการออกกำลังกายระหว่างผลของการเดินออกกำลังกายแบบสวมเสื้อเพิ่มน้ำหนัก และไม่สวมเสื้อเพิ่มน้ำหนัก ต่อการสลายของกระดูกและสุขสมรรถนะ ในสตรีวัยทำงาน โดยทำการทดสอบค่าสลายและสร้างมวลกระดูกด้วยขบวนการทางชีวเคมี

ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ค่าสลายมวลกระดูกและค่าสุขสมรรถนะของทั้งสองกลุ่มออกกำลังกายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทั้งสองกลุ่มออกกำลังกายมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าสลายมวลกระดูกที่ลดลง

มาร์เกซ วันดาเร่ย์ ซูซ่าและคาวัลโญ่ (Marques et al., 2011) ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีผลต่อ ความหนาแน่นของมวลกระดูก และสารชีวเคมีของกระดูก ในสตรีสูงวัย โดยได้แบ่งการทดลองเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) การออกกำลังกายแบบแอโรบิก 2) การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน 3) กลุ่มควบคุม ทำการออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ใช้เวลาในการทดลอง 8 เดือน

ผลการศึกษาพบว่าในกลุ่มการออกกำลังกายใช้แรงต้าน มีการเพิ่มความหนาแน่นของกระดูกและค่าองค์ประกอบของร่างกายได้ดีกว่ากลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิก โดยการออกกำลังกายทั้ง 2 รูปแบบสามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวได้ดีเหมือนกัน

เอนก คนึงสุขเกษม และบุณยะรัตเวช (Anek, Kanungsukkasem, & Bunyaratavej, 2011) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อ การสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน โดยผู้ร่วมวิจัยเป็นอาสาสมัครซึ่งเป็นสตรีวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง35-45ปีและเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 57 คน มีการเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มทดลอง 28 คน และกลุ่มควบคุม 29 คน โดยกลุ่มทดลอง จะทำการฝึกออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนโดยใช้ จังหวะดนตรี เป็นตัวกำหนดความเร็วในการกระโดด พร้อมกับคาดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยกล่องที่ออกกำลังกายมีความสูง 10 เซนติเมตร 15 เซนติเมตร และ20 เซนติเมตร ความหนักของการออกกำลังกายคือ 60%-80% โดยมีระยะเวลาการทดลองเป็นเวลานาน 12 สัปดาห์ๆ ละ 3 วัน

ผลการศึกษาพบว่าค่าสารชีวเคมีของกระดูกในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนดีขึ้น ค่าการสลายมวลกระดูกนั้นลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งค่าการสร้างมวลกระดูก ([อัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (PINP) ต่อ การสลายมวลกระดูก (β- CrossLaps)] x ค่าคงที่ 0.31) สุขสมรรถนะและการทรงตัว ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกับกลุ่มควบคุมภายหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เดง (Deng, 2013) ได้ทำการศึกษาผลการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ที่มีต่อการชะลอการสลายของมวลกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือนตอนต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกสตรีวัยหมดประจำเดือน

ผลการศึกษาพบว่า การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พร้อมทั้งส่งผลต่อการชะลอการสลายมวลกระดูกในสตรีได้

มาร์เกซ โมท่าและคาวัลโญ่ (Marques, Mota, & Carvalho, 2013) ได้ทำการศึกษาการออกกำลังกายแบบผสมผสานระหว่างการออกกำลังกายแบบลงน้ำหนักในผู้สูงอายุชายและหญิง ที่มีต่อการทรงตัว สารชีวเคมีของกระดูกและความหนาแน่นของมวลกระดูก โดยอายุเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมวิจัยคือ 68.2 ปี แบ่งเป็นเพศชาย 23 คน เพศหญิง 24 คน โดยออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน 2 ครั้ง

ต่อสัปดาห์ และออกกำลังกายแบบใช้แรงกระทำจากพื้นโดยลงน้ำหนักตัว 1 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยใช้เวลาทดลอง 32 สัปดาห์

ผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบผสมผสานระหว่างการใช้แรงต้านและการออกกำลังกายแบบใช้แรงกระทำจากพื้นโดยการลงน้ำหนักตัว สามารถเพิ่มมวลกระดูก ความสามารถในการทรงตัว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนล่างได้ดี

อีด, อิบราฮิม และเอลี่ย์ (Eid, Ibrahim, & Aly, 2014) ได้ทำการศึกษาผลการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านและการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความสามารถในการทรงตัวในเด็ก

ผลการศึกษาพบว่า การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านและการออกกำลังกายแบบแอโรบิก สามารถเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความสามารถในการทรงตัวได้อย่างมีนัยสำคัยทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

การสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โรคกระดูกพรุนจะพบปัญหาในเพศหญิงมากกว่าเพศชายเพราะในเพศหญิงจะมีการลดลงของเนื้อกระดูกเป็นอย่างมาก อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของร่างกายโดยเฉพาะฮอร์โมนเอสโตรเจนที่ลดลง ส่งผลให้เกิดการสลายมวลกระดูกมากกว่าปกติ อันเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโรคกระดูกพรุนในเวลาต่อมา โดยจะมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดกระดูกหัก ยุบตัว หรือหลังคดงอได้ง่าย นอกจากนั้น ยังจะส่งผลกระทบต่อสภาพจิตใจ อารมณ์ และสังคมของสตรีผู้สูงอายุเป็นอย่างมาก ตลอดจนเป็นปัญหาด้านภาวะการพึ่งพิงของบุคคลรอบข้างและจะต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายอย่างมหาศาลในการรักษา จนกล่าวได้ว่าโรคกระดูกพรุนเป็นโรคที่สาธารณสุขของหลายประเทศทั่วโลกจะต้องเผชิญโดยมิอาจหลีกเลี่ยงได้ โดยการเกิดโรคกระดูกพรุน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างโดยเฉพาะส่วนของกระดูกสันหลัง และยังพบว่าโรคกระดูกพรุนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดกระดูกหัก โดยในปัจจุบันมีวิธีการป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนหลายวิธี เช่น การรับประทานอาหารที่ถูกต้อง การจัดวางท่าทางที่ถูกต้อง การออกกำลังกาย และการใช้ยาบางชนิด การรักษาด้วยยาในบางกรณีมีข้อจำกัด และอาจเกิดผลข้างเคียง นอกจากนั้นแล้วยังต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นหากเราเลือกวิธีการป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนที่ไม่เป็นอันตราย เพียงแค่เราปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ชีวิตประจำวัน เพิ่มกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายให้มากขึ้น โดยการออกกำลังกาย ซึ่งนอกจากจะช่วยในเรื่องของโรคกระดูกพรุนแล้วนั้น ยังส่งผลต่อสุขภาพร่างกายในด้านอื่นด้วย ซึ่งการออกกำลังกายเพื่อป้องกันการเกิดภาวะกระดูกพรุน ได้แก่ การออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจาก

พื้น (Impact exercise) เพื่อเสริมสร้างเนื้อกระดูกโดยรวม และการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (Resistance exercise) โดยมีรูปแบบกลไกมากมายที่ใช้ในการอธิบายว่ากระดูกมีการตอบสนองต่อน้ำหนักหรือแรงที่กระทำต่อกระดูก (Mechanical forces) ซึ่งน้ำหนักหรือแรงที่กระทำต่อกระดูกกระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกเพิ่มขึ้น น้ำหนักของร่างกายที่กระทำต่อกระดูกนั้นเป็นผลทำให้เกิดแรงกดหรือแรงบิด โดยแรงโน้มถ่วงของโลกจะกระทำต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูก สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกใหม่ได้ เนื่องจากร่างกายนั้นประกอบด้วยกล้ามเนื้อจำนวนมาก ซึ่งมีที่เกาะต้นและเกาะปลายอยู่บนกระดูกจำนวนมากมายที่ประกอบเป็นโครงร่างของร่างกายประมาณ 206 ชิ้น การหดตัวของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะการหดตัวที่ต้องออกแรงต้านกับแรงโน้มถ่วงหรือแรงต้านทานจากภายนอกร่างกายสามารถที่จะทำให้เกิดแรงจำนวนมากต่อกล้ามเนื้อ เอ็น กระดูกและข้อต่อ และแรงเหล่านี้มีผลต่อการสร้างกระดูก (Bone formation)

ในปัจจุบันรูปแบบการออกกำลังกายชนิดต่างๆคือ สเตปแอโรบิก การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าการออกกำลังกายประเภทใดจะให้ผลต่อการพัฒนากระดูก และความสามารถในการทรงตัวได้ดีที่สุด และยังเป็นที่อภิปรายโต้เถียงกันในปัจจุบัน และยังต้องการงานวิจัยสนับสนุนองค์ความรู้ด้านการออกกำลังกายที่มีผลต่อระบบกระดูก และการทรงตัวเพิ่มขึ้น และสามารถทราบถึงความแตกต่างของการฝึกที่มีผลต่อระบบสรีรวิทยาของร่างกายที่เกี่ยวข้องกับสารชีวเคมีของกระดูก พร้อมทั้งสามารถนำผลวิจัยที่ได้มาเป็นแนวทางการออกกำลังกายที่พัฒนา สุขสมรรถนะ การทรงตัว และกระดูก ซึ่งจะช่วยลดอุบัติการณ์กระดูกหักจากการหกล้ม โดยเสนอแนะการออกกำลังกายที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้สตรีมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น และเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการรักษาทั้งของตนเองและประเทศชาติ

Chulalongkorn University

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นวิธีการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) เพื่อศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีต่อสารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะและการทรงตัว ในสตรีวัยทำงานซึ่งระเบียบวิธีการวิจัยเชิงทดลองที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบ 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านและกลุ่มควบคุม ได้มีการเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก (Simple random sampling) และมีการทดสอบก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 8 สัปดาห์และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ของทั้ง 4 กลุ่ม ตลอดจนมีการทดสอบก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ระหว่างกลุ่มด้วย โดยการวิจัยได้ผ่านการรับรองโครงการวิจัยที่ 166.1/55 จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประชากร

สตรีวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี

กลุ่มตัวอย่าง

สตรีวัยทำงานซึ่งเป็นอาสาสมัครที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปีและเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 72 คน มีสุขภาพที่แข็งแรงและมีความพร้อมที่จะออกกำลังกาย ได้ถูกประเมินจากแบบสอบถามประวัติสุขภาพและคุณสมบัติทั่วไปก่อนเข้าร่วมการฝึกการออกกำลังกาย การแบ่งกลุ่มตัวอย่างมีที่มา คือ ผู้วิจัยได้ใช้ตารางการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของ โคเฮน โดยกำหนดค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size) ที่ .50 และค่าอำนาจของการทดสอบ (Power of the test) ที่ .80 โดยขนาดกลุ่มตัวอย่างได้มาจากตารางการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของโคเฮน คือกลุ่มละ 12 คน (Cohen, 1988) รวมทั้งทั้งหมด 4 กลุ่มๆละ `12 คน รวมทั้งหมด 48 คน โดยในการวิจัยนี้จะรับผู้ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าทั้งหมดจำนวน 72 คน เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการสูญเสียผู้เข้าร่วมวิจัยระหว่างการดำเนินการ และได้มีการเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มๆละ 18 คน โดยภายหลังการทดลอง 16 `สัปดาห์เหลือผู้เข้าร่วมทดลองจำนวน 60 คน โดยแบ่งเป็น กลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกจำนวน 15 คน กลุ่ม

ออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านจำนวน 14 คน กลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านจำนวน 15 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 16 คน

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นอาสาสมัครสตรีวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี และเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. กลุ่มตัวอย่างจะต้องมีสุขภาพที่แข็งแรงและมีความพร้อมที่จะออกกำลังกาย โดยการประเมินจากแบบสอบถามประวัติสุขภาพและคุณสมบัติทั่วไปก่อนเข้าร่วมการทดลอง

3. กลุ่มตัวอย่างมีค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้าไม่ต่ำกว่า -2.5 ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่องค์การอนามัยโลกกำหนด (WHO, 2000) โดยเกณฑ์มาตราฐานกำหนดไว้ว่า หากค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้าต่ำกว่า -2.5 ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หมายความว่าเป็นโรคกระดูกพรุน ส่วนค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้า -1 ถึง -2.5 ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะมีภาวะกระดูกบางลงแต่ไม่เป็นโรคกระดูกพรุน และ ค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้ามากกว่า -1 ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หมายความว่า กระดูกปกติ โดยเครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูกที่บริเวณส้นเท้า (กลุ่มตัวอย่างต้องไม่เป็นโรคกระดูกพรุนหากพบความผิดปกติจะได้รับคำปรึกษาจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านออร์โทปิดิกส์)

4. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่เป็นผู้ที่สูบบุหรี่ ดื่มสุรา และรับประทานยาหรือฮอร์โมนที่มีผลต่อกระดูกมาก่อนการเข้าร่วมการศึกษาอย่างน้อย 1 ปี

5. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่ดื่ม ชา และหรือกาแฟดำโดยเฉลี่ยที่มากกว่า 2 แก้ว/ถ้วยมาตรฐานต่อ 1 วัน (250 ซี.ซี. เท่ากับ 1 แก้ว)

6. กลุ่มตัวอย่างไม่มีประวัติของการป่วยเป็นโรคตับและโรคไต โรคข้อเข่าเสื่อมและโรคหัวใจ

7. กลุ่มตัวอย่างมีการออกกำลังกายไม่เกิน 2 ครั้งต่อสัปดาห์

8. น้ำหนักตัวอยู่ในเกณฑ์ไม่อ้วน (ค่าดัชนีมวลกายไม่เกิน30 กิโลกรัม/เมตร^2)

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจเข้าร่วมการทดลองต่อไป

3. กลุ่มตัวอย่างมาออกกำลังกายน้อยกว่า 40 ครั้ง จากทั้งหมด 48 ครั้ง

ผู้วิจัยทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่มด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก (Simple random sampling) ไว้เปรียบเทียบ (True-experimental designs) โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 72 คน แบ่งออกเป็น

1 กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านจำนวน 18 คน

2 กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกจำนวน 18 คน

3 กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านจำนวน 18 คน

4 กลุ่มควบคุมจำนวน 18 คน

สุ่มกลุ่มตัวอย่าง	**ก่อนการทดลอง**	**ช่วงเวลา 8 สัปดาห์**	**หลังการทดลอง 8 สัปดาห์**	**ช่วงเวลา 16 สัปดาห์**	**หลังการทดลอง**
กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับใช้แรงต้าน	O1	X	O5	X	O9
กลุ่มฝึกออกกำลังกายกายสเตปแอโรบิก	O2	X	O6	X	10
กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน	O3	X	O7	X	11
กลุ่มควบคุม	O4	-	O8	-	12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ

กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีจำนวน 18 คน กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกมีจำนวน 18 คน กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกแบบใช้น้ำหนักเป็นแรงต้านมีจำนวน 18 คน และกลุ่มควบคุมมี 18 คนมีการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลาก (Simple random sampling)

O1, O2 ,O3, O4 หมายถึง การทดสอบก่อนการทดลอง

O5, O6 ,O7, O8 หมายถึง การทดสอบหลังการทดลอง 8 สัปดาห์

O9, 10 ,11, 12 หมายถึง การทดสอบหลังการทดลอง 16 สัปดาห์

X หมายถึง การฝึกการออกกำลังกายด้วยแบบในรูปแบบต่างๆ 16 สัปดาห์

กลุ่มควบคุม ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1.1 แบบคัดกรองอาสาสมัคร (เป็นแบบคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัยถ้าตอบ ไม่ใช่ ข้อใดข้อหนึ่งหมายถึง อาสาสมัครไม่สามารถเข้าร่วมโครงการวิจัยได้) (ภาคผนวก ง)

1.2 แบบสอบถามประวัติสุขภาพ (เพื่อตรวจสอบและเก็บข้อมูลพื้นฐานด้านสุขภาพของอาสาสมัคร) (ภาคผนวก จ)

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

1.4 สารชีวเคมีของกระดูก (Bone biochemical bone marker) (ภาคผนวก ฌ)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.1 แบบฝึกการออกกำลังกายการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิก แบบฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และแบบฝึกการออกกำลังกายแอโรบิกผสมผสานกับการใช้น้ำหนักเป็นแรงต้าน โดยจะมีการทำกรณีศึกษา (Pilot study) เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและเหมาะสมในด้านความสูงของสเตปและความหนักของดัมเบลที่ใช้การฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (ภาคผนวก ซ)

2.2 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพลาร์รุ่น “M53” ประเทศฟินแลนด์ (ภาคผนวก ซ)

2.3 จังหวะดนตรีใช้เสียงเพลงประกอบจังหวะการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านเพื่อความสนุกสนาน สร้างแรงจูงใจในการออกกำลังกายและไม่น่าเบื่อ (ภาคผนวก ซ)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.1 เครื่องมือในการทดสอบพื้นฐานทางสรีรวิทยา (ภาคผนวก ฌ)

3.1.1 เครื่องวัดส่วนสูง (Height)

3.1.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก (Weight) ยี่ห้อ ทานิต้า (Tanita) รุ่น“UM-052” ประเทศญี่ปุ่น

3.1.3 เครื่องวัดความดันโลหิต (Mercury sphygmomanometer) ยี่ห้อ เอ แอนด์ ดี (A&D) รุ่นโมเดล เอ ยู 767 (Model AU 767)

3.1.4 เครื่องตรวจฟัง (Stethoscope)

3.2 เครื่องมือในการทดสอบสุขสมรรถนะ (ภาคผนวก ฌ)

3.2.1 ลู่กล (Treadmill) ยี่ห้อ มาราธอน (marathon) รุ่น โอแซดวัน (OZ1)

3.2.2 เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition analyzer) ยี่ห้อ ไอโอไอ ทรีไฟว์ทรี (ioi 353) รุ่น จาวอน เมดดิคอล (Jawon Medical)

3.2.3 เครื่องวัดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส (Gas Analyzer) ยี่ห้อคอร์เทกซ์ รุ่น เมตาแม็ก ทีบี (Corterx, Metamax 3B)

3.2.4 เครื่องวัดความอ่อนตัว (Sit and reach box)

3.2.5 เครื่องเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Weight machine)

3.2.6 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพลาร์รุ่น “M53” ประเทศฟินแลนด์

3.3 เครื่องมือในการทดสอบการสร้างและการสลายของกระดูก (ภาคผนวก ฌ)

3.3.1 เครื่องตรวจวิเคราะห์ฮอร์โมนแบบอัตโนมัติ (Elecsys 2010) ยี่ห้อ ฮิตาชิ ประเทศญี่ปุ่น

3.3.2 น้ำยาตรวจชีวเคมีของบริษัทโรช ไดแอกโนติกส์ จำกัด (สวิตซ์เซอร์แลนด์)

3.4 เครื่องมือในการทดสอบความสามารถในการทรงตัว (ภาคผนวก ฌ)

3.4.1 เครื่องวัดความสามารถในการทรงตัว (Balance board) ยี่ห้อ บาลานซ์เช็ค สกรีนเนอร์ แอนด์ เทรนเนอร์ (Balance Check Screener and Trainer) รุ่น เบอร์เทค (Bertec)

4.เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล

4.1 แบบบันทึกข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนักตัว ส่วนสูง อัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก ความดันโลหิต ดัชนีมวลกาย (Body mass index) (ภาคผนวก ญ)

4.2 แบบบันทึกการประเมินสุขสมรรถนะ ได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ (ภาคผนวก ญ)

4.3 แบบบันทึกการประเมินสารชีวเคมีของกระดูก ได้แก่ เครื่องมือวินิจฉัยโดยการตรวจวัดค่าเบต้าครอสแล็บ (β-CrossLaps) พีวันเอ็นพี (P1NP) และเอ็นมิดออสทีโอแคลซิน (NMID Osteocalcin) ทางห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (ภาคผนวก ญ)

4.4 แบบบันทึกประเมินการทรงตัว โดยประเมินความสามารถในการทรงตัว (ภาคผนวก ญ)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมดังต่อไปนี้

1. การคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์อาสาสมัครโดยสอบถามตามแบบคัดกรองอาสาสมัครและทำการทดสอบความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้า ต้องไม่ต่ำกว่า -2.5 SD ตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก และตรวจสอบสารชีวเคมีของกระดูกประกอบ (กลุ่มตัวอย่างต้องไม่เป็นโรคกระดูกพรุน) (ภาคผนวก ง)

1.2 อาสาสมัครทำการตอบแบบสอบถามประวัติสุขภาพ (ภาคผนวก จ)

2. เก็บข้อมูลก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง

2.1 ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา (ภาคผนวก ฌ)

2.1.1 อายุ (ปี)

2.1.2 ส่วนสูง (เซนติเมตร)

2.1.3 น้ำหนัก (กิโลกรัม)

2.1.4 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)

2.1.5 ความดันโลหิตขณะพัก (มิลลิเมตรปรอท)

2.2 ข้อมูลด้านสุขสมรรถนะ (ภาคผนวก ฌ)

2.2.1 องค์ประกอบของร่างกาย (ภาคผนวก ฌ)

- อัตราส่วนเอวต่อสะโพก
- มวลกล้ามเนื้อ (กิโลกรัม)
- มวลไขมัน (กิโลกรัม)
- ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)

2.2.2 ความอ่อนตัว (เซนติเมตร) (ภาคผนวก ฌ)

2.2.3 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Leg press weight machine) (ภาคผนวก ฌ)

2.2.4 สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2Max) (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) (ภาคผนวก ฌ)

2.3 ข้อมูลการสร้างและการสลายของกระดูก (ภาคผนวก ฌ)

ภาวะการสร้างกระดูกจะมีค่าพีวันเอ็นพี (P1NP) ปกติอยู่ในช่วง 40.78 - 48.35 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ภาวะการสลายมวลกระดูกจะมีค่าเบต้าครอสแล็บ (β- CrossLaps) ปกติอยู่ในช่วง

0.293 - 0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และภาวะกระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก ปกติอยู่ในช่วง 14.90 - 18.02 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และ ค่าการสร้างกระดูก (Bone formation) ที่คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ต่อค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) คูณ 0.31 (นาโนกรัม/มิลลิลิตร) โดยทำการเจาะเลือดโดยผู้ปฏิบัติการ (พยาบาล) ทางห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของสตรีวัยเจริญพันธุ์

2.4 ความสามารถในการทรงตัว (เปอร์เซ็นต์) (ภาคผนวก ฌ)

3. เก็บข้อมูลระหว่างการทดลอง

3.1 บันทึกพฤติกรรมประจำวันโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการบันทึกทุกๆสัปดาห์ตลอดระยะเวลา 4 เดือน (ภาคผนวก ช)

3.2 ตรวจสอบวัดอัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกายด้วยแบบฝึกการออกกำลังกาย (ภาคผนวก ซ)

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 การคัดเลือกท่าการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และการออกกำลังแบบใช้แรงต้าน

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดโปรแกรมการออกกำลังกายให้เป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับสตรีวัยทำงาน

ผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 ดังนี้

1. ทบทวนเอกสารและข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสตรีก่อนวัยหมดประจำเดือน โรคกระดูกพรุน การออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกและการฝึกแบบการใช้แรงต้าน

2. คัดเลือกท่าออกกำลังกาย เพื่อใช้เป็นรูปแบบโปรแกรมในการฝึกการออกกำลังกายของการวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินการเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาสาสมัครสตรีวัยทำงาน

ผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 2 ดังนี้

1. รับสมัครอาสาสมัครและทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด หลังจากโครงการวิจัยได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ผู้ทำวิจัยติดต่อและคัดเลือกสตรีวัยทำงานโดยการสมัครใจเข้าร่วม

3. ผู้ทำวิจัยได้ทำการอบรมที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาเกี่ยวกับประโยชน์ที่จะได้รับจากการออกกำลังกาย และการเตรียมตัวก่อนการออกกำลังกายซึ่งเกี่ยวเนื่องกับงานวิจัย

4. กลุ่มตัวอย่างได้รับทราบรายละเอียดของวิธีปฏิบัติในการทดสอบและการเก็บข้อมูล พร้อมทั้งลงชื่อในใบยินยอมเพื่อเข้าร่วมทำการทดลอง

5. การแบ่งกลุ่มอาสาสมัครเข้า กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก 18 คน กลุ่มฝึกแบบแรงต้าน 18 คน กลุ่มฝึกออกกำลังกายกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน 18 คน และกลุ่มควบคุม 18 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 72 คน ด้วยวิธีสุ่มกลุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple random sampling)

6. รับสมัครผู้ช่วยวิจัย เพื่อดูแลการออกกำลังกายจำนวน 12 คนโดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มๆละ 4 คน ซึ่งผู้ช่วยวิจัยต้องมีคุณสมบัติเป็นนิสิตของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา แล้วทำการเปิดอบรมเทคนิคการออกกำลังกายแก่ผู้ช่วยวิจัย โดยผู้วิจัยเป็นผู้ฝึกฝนเทคนิคการฝึกการออกกำลังกายทั้ง 3 รูปแบบ โปรแกรมแก่ผู้ช่วยวิจัยด้วยตัวเอง เพื่อให้ผู้ช่วยวิจัยมีความชำนาญในด้านเทคนิคการออกกำลังกาย และลดข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดต่างๆที่อาจเกิดได้ในขณะฝึกการออกกำลังกาย

7. กลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มฝึกแบบใช้แรงต้านโดยปฏิบัติดังนี้

กลุ่มควบคุม ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ

กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก โดยแบ่งเป็นช่วงการฝึกดังนี้

-ระยะที่ 1 ในช่วง 2 สัปดาห์แรก ผู้เข้าร่วมวิจัยจะฝึกโดยใช้โปรแกรมการเตรียมพร้อมร่างกายโดยเริ่มจากการอบอุ่นร่างกายบนสเตปแอโรบิกที่มีความสูง 10 เซนติเมตรจนถึงระดับความหนัก 50 % ของอัตราการการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 30 นาที โดยใช้จังหวะดนตรี 110 ครั้งต่อนาที (Beat/minute) แล้วทำการผ่อนคลายยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 10 นาที โดยวางโปรแกรมให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์

-ระยะที่ 2 ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 – 8 ผู้เข้าร่วมวิจัยจะฝึกโดยโปรแกรมสเตปแอโรบิกที่มีความสูง 10 เซนติเมตรโดยมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อและอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 10 นาที และทำการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องในรูปแบบของการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วง 60%-70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยฝึกออกกำลังกาย 30 นาทีต่อครั้ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษานำร่อง (Pilot study) พบว่าในช่วงที่ออกกำลังกายความหนัก 60-70 %ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 30 นาที ที่ความสูงของสเตปแอโรบิก 10 เซนติเมตรพบว่าจะใช้จังหวะดนตรี 120 ครั้งต่อนาที (Beat/minute) และเมื่อจบการฝึกให้ทำการผ่อนคลายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 10 นาที

-ระยะที่ 3 ในช่วงสัปดาห์ที่ 9-16 ผู้เข้าร่วมวิจัยจะฝึกโดยโปรแกรมสเตปแอโรบิกที่มีความสูง 15 เซนติเมตรโดยมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อและอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 10 นาที และทำการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องในรูปแบบของการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วง 70%-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยฝึกออกกำลังกาย 40 นาทีต่อครั้ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษานำร่อง (Pilot study) พบว่าในช่วงที่ออกกำลังกายความหนัก 70-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 40 นาที ที่ความสูงของสเตปแอโรบิก 15 เซนติเมตรพบว่าจะใช้จังหวะดนตรี 130 ครั้งต่อนาที (Beat/minute) และเมื่อจบการฝึกให้ทำการผ่อนคลายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 10 นาที

กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน โดยแบ่งเป็นช่วงการฝึกดังนี้

-ระยะที่ 1 ในช่วง 2 สัปดาห์แรก ผู้เข้าร่วมวิจัยจะฝึกโดยใช้โปรแกรมการเตรียมพร้อมร่างกายโดยเริ่มจากการอบอุ่นร่างกายโดยยกดัมเบลที่มีน้ำหนักเบาขนาด 0.5 กิโลกรัม ออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 50 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ซึ่งใช้เวลาในการฝึกทั้งหมด 30 นาที โดยใช้จังหวะดนตรี 115 ครั้งต่อนาที (Beat/minute) แล้วทำการผ่อนคลายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 10 นาที โดยวางโปรแกรมให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์

-ระยะที่ 2 ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 – 8 ผู้เข้าร่วมวิจัยจะฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านโดยยกดัมเบลที่มีน้ำหนักเบาขนาด 0.5 กิโลกรัม จะมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อและอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 10 นาที และทำการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องในรูปแบบแรงต้านที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วง 60%-70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยฝึกออกกำลังกาย 30 นาทีต่อครั้ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษานำร่อง (Pilot study) พบว่า ในช่วงที่ออกกำลังกายความหนัก 60-70 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 30 นาที ที่ความหนักดัมเบล 0.5 กิโลกรัม พบว่าจะใช้จังหวะดนตรี 125 ครั้งต่อนาที (Beat/minute)และเมื่อจบการฝึกให้ทำการผ่อนคลายเป็นเวลา 10 นาที

-ระยะที่ 3 ในช่วงสัปดาห์ที่ 9 -16 ผู้เข้าร่วมวิจัยจะฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านโดยยกดัมเบลที่มีน้ำหนักเบาขนาด 0.5 กิโลกรัมโดยมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อและอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 5 นาที และทำการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วง 70%-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยฝึกออกกำลังกาย 40 นาทีต่อครั้ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษานำร่อง (Pilot study) พบว่า ในช่วงที่ออกกำลังกายความหนัก 70-80 %ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 40 นาที ที่ความหนักดัมเบล 0.5 กิโลกรัมพบว่าจะใช้จังหวะดนตรี 135 ครั้งต่อนาที (Beat/minute) และเมื่อจบการฝึกให้ทำการผ่อนคลายเป็นเวลา 10 นาที

กลุ่มการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน โดยแบ่งเป็นช่วงการฝึกดังนี้

-ระยะที่ 1 ในช่วง 2 สัปดาห์แรก ผู้เข้าร่วมวิจัยจะฝึกโดยใช้โปรแกรมการเตรียมพร้อมร่างกายโดยเริ่มจากการอบอุ่นร่างกายโดยยกดัมเบลที่มีน้ำหนักเบาขนาด 0.5 กิโลกรัม ที่ระดับความสูงของสเตปแอโรบิก 10 เซนติเมตร ออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 50 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ซึ่งใช้เวลาในการฝึกทั้งหมด 30 นาที โดยใช้จังหวะดนตรี 100 ครั้งต่อนาที (Beat/minute) และวางโปรแกรมให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์

-ระยะที่ 2 ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 – 8 ผู้เข้าร่วมวิจัยจะฝึกออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน โดยสเตปแอโรบิกมีความสูง 10 เซนติเมตร และดัมเบลมีน้ำหนักเบาขนาด 0.5 กิโลกรัม จะมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อและอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 5 นาที และทำการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องในรูปแบบของการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วง 60%-70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยฝึกออกกำลังกาย 40 นาทีต่อครั้ง โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษานำร่อง (Pilot study) พบว่า ในช่วงที่ออกกำลังกายความหนัก 60-70 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 30 นาที พบว่าจะใช้จังหวะดนตรี 110 ครั้งต่อนาที (Beat/minute) และเมื่อจบการฝึกให้ทำการผ่อนคลายเป็นเวลา 10 นาที

-ระยะที่ 3 ในช่วงสัปดาห์ที่ 9 – 16 ผู้เข้าร่วมวิจัยจะฝึกโดยโปรแกรมสเตปแอโรบิกที่มีความสูง 15 เซนติเมตรและดัมเบลมีน้ำหนักเบาขนาด 0.5 กิโลกรัม โดยมีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อและอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 5 นาที และทำการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องในรูปแบบของการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในช่วง 70-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยฝึกออกกำลังกาย 40 นาทีต่อครั้ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 16 สัปดาห์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษานำร่อง (Pilot study) พบว่า ในช่วงที่ออกกำลังกายความหนัก 70-80 %ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 40 นาที จะใช้จังหวะดนตรี 120 ครั้งต่อนาที (Beat/minute) และเมื่อจบการฝึกให้ทำการผ่อนคลายเป็นเวลา 5 นาที

	ระยะที่ 1 (สัปดาห์ที่ 1 - 2)	ระยะที่ 2 (สัปดาห์ที่ 3 - 8)	ระยะที่ 3 (สัปดาห์ที่ 9 - 16)
กลุ่มฝึกสเตปแอโรบิก	- ฝึกที่ระดับความหนัก 50% ของ HR Max - -ความสูงสตเปแอโรบิก 10 เซนติเมตร -จังหวะดนตรี 110 ครั้งต่อนาที -เวลา 30 นาที	- ฝึกที่ระดับความหนัก 60-70% ของ HR Max -ความสูงสเตปแอโรบิก 10 เซนติเมตร -จังหวะดนตรี 120 ครั้งต่อนาที -เวลา 30 นาที	- ฝึกที่ระดับความหนัก 70-80% ของ HR Max -ความสูงสเตปแอโรบิก 15 เซนติเมตร -จังหวะดนตรี 130 ครั้งต่อนาที -เวลา 40 นาที
กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน	- ฝึกที่ระดับความหนัก 50% ของ HR Max -ความหนักดัมเบล 0.5 กิโลกรัม -จังหวะดนตรี 115 ครั้งต่อนาที -เวลา 30 นาที	- ฝึกที่ระดับความหนัก 60-70% ของ HR Max -ความหนักดัมเบล 0.5 กิโลกรัม -จังหวะดนตรี 125 ครั้งต่อนาที -เวลา 30 นาที	- ฝึกที่ระดับความหนัก 70-80% ของ HR Max -ความหนักดัมเบล 0.5 กิโลกรัม -จังหวะดนตรี 135 ครั้งต่อนาที -เวลา 40 นาที
กลุ่มฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน	- ฝึกที่ระดับความหนัก 50% ของ HR Max -ความหนักดัมเบล 0.5 กิโลกรัม -ความสูงสเตปแอโรบิก 10 เซนติเมตร -จังหวะดนตรี 100 ครั้งต่อนาที -เวลา 30 นาที	- ฝึกที่ระดับความหนัก 60-70% ของ HR Max -ความหนักดัมเบล 0.5 กิโลกรัม -ความสูงสเตปแอโรบิก 10 เซนติเมตร -จังหวะดนตรี 110 ครั้งต่อนาที -เวลา 30 นาที	- ฝึกที่ระดับความหนัก 70-80% ของ HR Max -ความหนักดัมเบล 0.5 กิโลกรัม -ความสูงสเตปแอโรบิก 15เซนติเมตร -จังหวะดนตรี 120 ครั้งต่อนาที -เวลา 40 นาที

แผนภูมิที่ 1 สรุปรูปแบบโปรแกรมการออกกำลังกาย

ผู้ร่วมวิจัยทำการฝึกภายในอุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้นำการออกกำลังกาย ซึ่งจะมีผู้ช่วยวิจัยดูแลและควบคุมการฝึก โดยทำการฝึก ณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8. กลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มฝึกการออกกำลังกายทั้ง 3 กลุ่ม และกลุ่มควบคุมบันทึกพฤติกรรมประจำวันทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลานาน 4 เดือน

9. ก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกาย 8 สัปดาห์และ 16 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างต้องได้รับการทดสอบเพื่อหา ค่าทางสรีรวิทยาทั่วไป การทดสอบสุขสมรรถนะ การทดสอบด้านสารชีวเคมีของกระดูก และความสามารถในการทรงตัว

9.1 การหาค่าทางสรีรวิทยาทั่วไป ได้แก่

9.1.1 น้ำหนักและส่วนสูง ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองถอดรองเท้าก่อนทำการวัดน้ำหนักและส่วนสูง น้ำหนักมีหน่วยเป็นกิโลกรัม ส่วนสูงมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

9.1.2 อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงจับชีพจรเป็นเวลา 1 นาที มีหน่วยเป็นจำนวนครั้งต่อนาที

9.1.3 ความดันโลหิต วัดทั้งความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวขณะพัก (Systolic blood pressure) และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวขณะพัก(Diastolic blood pressure) โดยเครื่องวัดความดันโลหิต ยี่ห้อเอ แอนด์ ดี (A&D) รุ่นโมเดล เอ ยู 767 (Model AU 767) ในท่านั่งพัก มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท

9.2 การทดสอบสุขสมรรถนะ

9.2.1 องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) วัดอัตราส่วนเอวต่อสะโพก มวลกล้ามเนื้อ มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันโดยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทำการวัดด้วยการยืนบนเครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Bioelectrical impedance analyzer) ยี่ห้อ ไอโอไอ ทรี ไฟว์ทรี (ioi 353) รุ่น จาวอน เมดดิคอล (Jawon medical) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

9.2.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength) ได้แก่วัดความแข็งแรงของของกล้ามเนื้อขาโดยใช้ท่าเหยียดขา (Leg extension) และท่างอขา (Legcurl) วัดจากเครื่องเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Weight Machine) มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว โดยวิธีการหาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (1 RM) และแรงบีบมือ วัดจากเครื่องวัดแรงบีบมือ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว

9.2.3 ความอ่อนตัว (Flexibility) วัดจากการทำท่านั่งเหยียดขาแล้วโน้มตัวแตะปลายเท้า ระยะที่ห่างจากปลายเท้าถึงปลายนิ้วมือ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

9.2.4 ความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ วัดจากสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen uptake) โดยใช้เครื่องวัดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส (Gas

Analyzer) ยี่ห้อคอร์เทกซ์ รุ่นเมตาแม็ก ทีบี (Corterx, Metamax 3B) โดยก่อนการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเดินอบอุ่นร่างกายบนลู่วิ่งเป็นเวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นทำการทดสอบโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเดิน-วิ่ง บนลู่กลนานเท่าที่จะทำได้โดยใช้โปรแกรมโมดิฟายด์บรูซ โปรโตคอล (Modified Bruce Protocol) โดยเกณฑ์ในการประเมิณว่าได้สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen uptake) ผู้ร่วมวิจัยต้องผ่านการประเมิณ 3 ใน 4 ข้อต่อไปนี้คือ

1. การเปลี่ยนแปลงของค่าการใช้ออกซิเจน ไม่เกิน 2.1 ml/kg/min (Vo2 plateau)

2. อัตราการเต้นของหัวใจมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

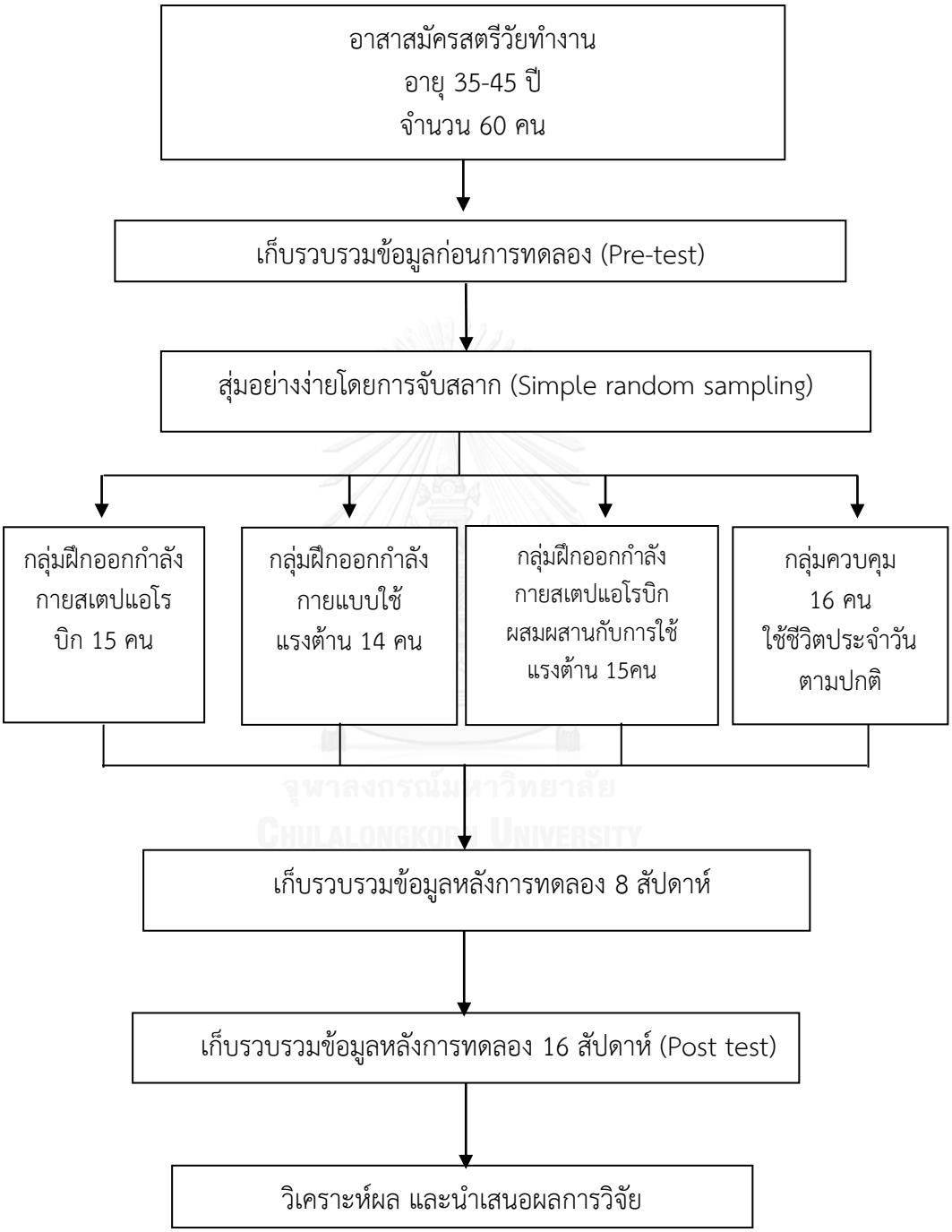
3. ค่า RER มีค่ามากกว่า 1.1

4. ค่า RPE ≥ 18 (ค่าในตาราง RPE คือ 6 - 20) (ACSM, 2014)

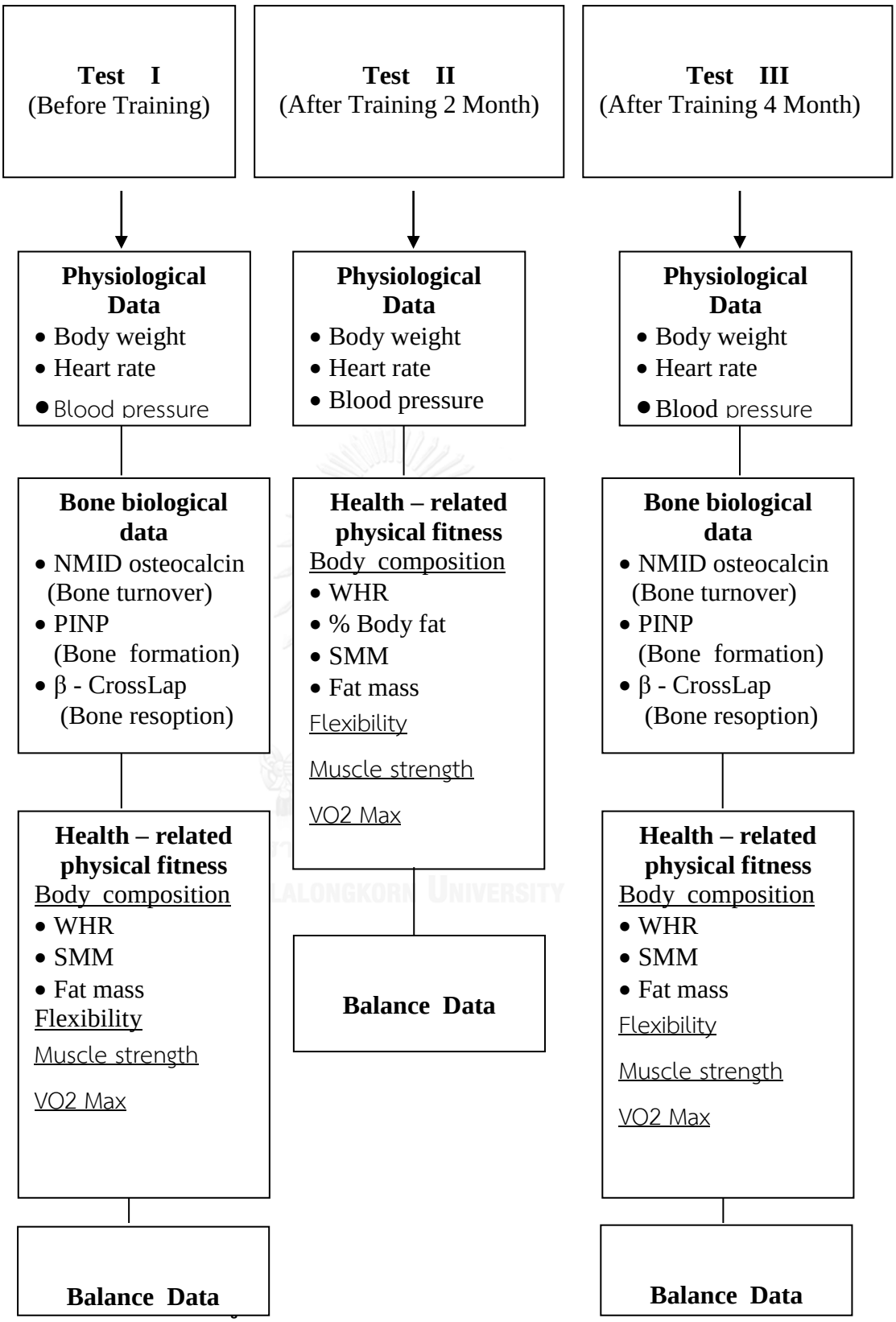
9.3 ความสามารถในการทรงตัว ทดสอบได้จากเครื่องทดสอบความสามารถในการทรงตัว (Balance board) ยี่ห้อ บาลานซ์ เช็ค สกรีนเนอร์ แอนด์ เทรนเนอร์ (Balance Check Screener and Trainer) รุ่น เบอร์เทค (Bertec) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยวัดความสามารถในการทรงตัวบนพื้นแข็งและพื้นนุ่มโดยลืมตา

9.4 การทดสอบด้านค่าสารชีวเคมีของกระดูก (Biochemical bone markers) ซึ่งทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยผู้ปฏิบัติการ(พยาบาล) ดำเนินการเจาะเลือดทดสอบสารชีวเคมีของกระดูกหาค่าเบต้าครอสแล็บ (β -CrossLaps) พีวันเอ็นพี (P1NP) และ เอ็นมิดออสทีโอแคลซิน (NMID Osteocalcin) ของกลุ่มตัวอย่าง โดยการเจาะเลือดของกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลองรวมทั้งหมด 2 ครั้งๆ ละ `5 ซีซี โดยทำการวิเคราะห์เลือดที่เจาะตรวจทันที ซึ่งทำการวัดค่าการสร้างและการสลายของกระดูกโดยใช้น้ำยาอิเล็กซิส เบต้าครอสแล็บ (Elecsys β-CrossLaps) น้ำยาอิเล็กซิส เอ็นมิด ออสทีโอแคนซิน (Elecsys NMID-Osteocalcin) และน้ำยาอิเล็กซิส พีวันเอ็นพี (Elecsys P1NP) ทางห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์โดยใช้วิธีการอิเล็คโทรเคมีลูมิเนสเซนส์ (electrochemiluminescence immunoassay method) (ECLIA) โดยในการทดสอบจะทำการวัดสารลูมิเนสเซนส์ (luminescence) ว่ามีความเข้มข้นเท่าไรโดยวัดจากเครื่องวัดที่มีอิเล็กโทรด(Electrod) ในการให้แรงดัน (Voltage) แก่สารเคมีลูมิเนสเซนส์ (chemiluminescence) และมีการทำลายหลังสิ้นสุดการวิจัย พร้อมกับหาค่าการสร้างมวลกระดูกเปรียบเทียบ(Bone formation)เพื่อตรวจสอบการสร้างของมวลกระดูก คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ต่อค่าการสลายมวลกระดูก (β -CrossLaps) คูณค่าคงที่ 0.31(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) โดยค่าคงที่ 0.31 คือค่าเฉลี่ยมาตรฐานของค่าการสลายมวล

กระดูก (β -CrossLaps) ของโบนมาร์คเกอร์ของหญิงวัยเจริญพันธ์ซึ่งมีค่า 0.31นาโนกรัม/มิลลิลิตร (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2552)



แผนภูมิที่ 2 สรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



แผนภูมิที่ 3 สรุปขั้นตอนการศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังกาย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการทดลองของกลุ่มฝึกทั้ง 3 กลุ่ม และกลุ่มควบคุมมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาค่าต่างๆ ดังนี้

1. หาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางสรีรวิทยาวิทยาทั่วไป สุขสมรรถนะ และการทรงตัว ระหว่างก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 2 เดือน และหลังเข้าร่วมการออกกำลังกาย 4 เดือน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two- way ANOVA with repeated) ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางสารชีวเคมีของกระดูก ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังเข้าร่วมการออกกำลังกาย 4 เดือน ด้วยการทดสอบ “ค่าที” (Paired t-test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05

4. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มทดลอง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two- way ANOVA) ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05

การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้ต้องผ่านการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการก่อนทำการวิจัย

2. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มประชากรจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม

3. หากกลุ่มผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ได้รับบาดเจ็บเนื่องจากการศึกษาทดลอง ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ต้องแจ้งให้ผู้วิจัยทราบโดยทันที ซึ่งจะได้รับความช่วยเหลือเบื้องต้น เช่น ให้หยุดพักเพื่อสังเกตอาการหรือปฐมพยาบาลเบื้องต้น และจะนำส่งโรงพยาบาลโดยผู้วิจัยจะเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับการดูแลรักษาอย่างเหมาะสม

4. การเข้าร่วมเป็นกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะโดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

5. หากผู้เข้าร่วมวิจัยมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

Chulalongkorn University

6. หากผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าว สามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบันชุดที่ 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

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน การออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน ที่มีผลต่อสารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน กลุ่มตัวอย่างคือ อาสาสมัครซึ่งเป็นสตรีที่มีอายุระหว่าง 35–45 ปี และเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 72 คน แบ่งเป็น 4 กลุ่มได้แก่ กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านจำนวน 18 คน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกจำนวน 18 คน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านจำนวน 18 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 18 คน ด้วยการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย กลุ่มฝึกออกกำลังกายทำการฝึกการออกกำลังกายตามโปรแกรมพร้อมกับคาดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) โดยกลุ่มควบคุมใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ แล้วดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์คือ วัดค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา สารชีวเคมีของกระดูก การทดสอบสุขสมรรถนะทางกาย ความสามารถในการทรงตัว โดยมีระยะเวลาการทดลองเป็นเวลานาน 16 สัปดาห์ๆ ละ 3 วัน โดยภายหลังการทดลอง 16 `สัปดาห์เหลือผู้เข้าร่วมทดลองจำนวน 60 คน โดยแบ่งเป็น กลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกจำนวน 15 คน (สูญเสียผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 3 คน เนื่องจาก กลุ่มตัวอย่างมาออกกำลังกายน้อยกว่า 40 ครั้ง จากทั้งหมด 48 ครั้ง ตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัยข้อที่ 3) โดยกลุ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีจำนวน 14 คน (สูญเสียผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 4 คน เนื่องจาก กลุ่มตัวอย่างมาออกกำลังกายน้อยกว่า 40 ครั้ง จากทั้งหมด 48 ครั้ง ตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัยข้อที่ 3) ส่วนกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีจำนวน 15 คน (สูญเสียผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 3 คน เนื่องจาก กลุ่มตัวอย่างมาออกกำลังกายน้อยกว่า 40 ครั้ง จากทั้งหมด 48 ครั้ง ตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัยข้อที่ 3) และกลุ่มควบคุมจำนวน 16 คน (สูญเสียผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 2 คน เนื่องจาก กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจเข้าร่วมการทดลองต่อไป ตามเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัยข้อที่ 2) โดยผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการทดลองของกลุ่มฝึกทั้ง 3 กลุ่ม และกลุ่มควบคุมมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูล และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสอง

ทางแบบวัดซ้ำ (Two - way ANOVA with repeated) ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 และวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรทางสารชีวเคมีของกระดูก ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังเข้าร่วมการออกกำลังกาย 4 เดือน ด้วยการทดสอบ “ค่าที” (Paired t-test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 และวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มก่อนการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (Two- way ANOVA) ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 เพื่อนำเสนอข้อมูลในรูปตารางประกอบความเรียง และแผนภูมิ โดยแบ่งการนำเสนอเป็น 6 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความตรงเชิงเนื้อหาของรูปแบบ การฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน การฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก การฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางสรีรวิทยาทั่วไป ความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้า ก่อนการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางสรีรวิทยาทั่วไปก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทรงตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสุขสมรรถนะก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง การสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) และค่าโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก (Nmid Osteocalcin) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 1 ความตรงเชิงเนื้อหาของรูปแบบการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก การฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิก

ข้อที่	องค์ประกอบการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิก	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
		-1	0	+1	
1.	**ท่าทางการออกกำลังกาย**				
	1.1 ท่าทางการออกกำลังกายทำได้ง่าย	1	0	4	0.6
	1.2 ท่าทางการออกกำลังกายน่าสนใจ	0	1	4	0.8
	1.3 ท่าการออกกำลังกายประกอบด้วยการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ๆในร่างกาย	0	0	5	1
	1.4 การเรียงลำดับความหนักการออกกำลังกายจากระดับเบาถึงระดับปานกลางมีความต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน	0	1	4	0.8
	1.5 ท่าการออกกำลังกายมีความเหมาะสมกับสตรีวัยทำงานและมีความเสี่ยงน้อยต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนหรือการบาดเจ็บ	1	0	4	0.6
2.	**ขั้นตอนการออกกำลังกาย** ***ช่วงอบอุ่นร่างกาย***				
	2.1 มีการเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ทำได้เป็นอย่างดี	0	1	4	0.8
	2.2 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อและข้อต่อทำได้ครบทุกส่วน	0	0	5	1
	2.3 การอบอุ่นร่างกายมีการจัดเรียงท่าได้ต่อเนื่อง	0	1	4	0.8
	2.4 ระยะเวลาการอบอุ่นร่างกายมีความเหมาะสมช่วงออกกำลังกาย	0	0	5	1
	2.5 โปรแกรมการออกกำลังกายในระยะที่ 1 มีความเหมาะสม	0	1	4	0.8
	2.6 โปรแกรมการออกกำลังกายในระยะที่ 2 มีความเหมาะสม	0	1	4	0.8
	2.7 โปรแกรมการออกกำลังกายในระยะที่ 3 มีความเหมาะสม	0	1	4	0.8
	2.8 ความถี่ของโปรแกรมการฝึกต่อสัปดาห์มีความเหมาะสม	0	0	5	1

ข้อที่	องค์ประกอบการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิก	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
		-1	0	+1	
	2.9 ระยะเวลาในการฝึกมีความเหมาะสม	0	0	5	1
	2.10 การออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกมีความเหมาะสมกับสตรีวัยทำงาน	1	0	4	0.6
	ช่วงผ่อนคลาย				
	2.12 การผ่อนคลายกล้ามเนื้อมัดใหญ่ทำได้ดี	0	0	5	1
	2.13 การผ่อนคลายกล้ามเนื้อทำได้ทุกส่วน	0	0	5	1
	2.14 การผ่อนคลายกล้ามเนื้อเรียงลำดับของท่าได้ต่อเนื่องกัน	0	1	4	0.8
	2.15 ระยะเวลาการผ่อนคลายมีความเหมาะสม	1	0	4	0.6
3.	**อุปกรณ์ “สเตป”**				
	3.1 สามารถใช้ในการออกกำลังกายได้ง่าย	0	0	5	1
	3.2 เกิดความเสี่ยงน้อยต่อการบาดเจ็บในสตรีวัยทำงาน	0	0	5	1

จากตารางที่ 1 แสดงผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกพบว่าไม่มีเนื้อหาในข้อใดที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.6 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกมีความเหมาะสม และมีค่าความสัมพันธ์ของความเที่ยงแบบวัดซ้ำ (Test and retest) ของอัตราการเต้นหัวใจขณะฝึกการออกกำลังกาย คือ โปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกมีค่า 0.893

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน

ข้อที่	องค์ประกอบการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
		-1	0	+1	
1.	**ท่าทางการออกกำลังกาย**				
	1.1 ท่าทางการออกกำลังกายทำได้ง่าย	1	0	4	0.6
	1.2 ท่าทางการออกกำลังกายน่าสนใจ	0	1	4	0.8
	1.3 ท่าการออกกำลังกายประกอบด้วยการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ๆในร่างกาย	0	0	5	1
	1.4 การเรียงลำดับความหนักการออกกำลังกายจากระดับเบาถึงระดับปานกลางมีความต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน	0	1	4	0.8
	1.5 ท่าการออกกำลังกายมีความเหมาะสมกับสตรีวัยทำงานและมีความเสี่ยงน้อยต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนหรือการบาดเจ็บ	1	0	4	0.6
2.	**ขั้นตอนการออกกำลังกาย** ***ช่วงอบอุ่นร่างกาย***				
	2.1 มีการเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ทำได้เป็นอย่างดี	0	1	4	0.8
	2.2 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อและข้อต่อทำได้ครบทุกส่วน	0	1	4	0.8
	2.3 การอบอุ่นร่างกายมีการจัดเรียงท่าได้ต่อเนื่อง	0	1	4	0.8
	2.4 ระยะเวลาการอบอุ่นร่างกายมีความเหมาะสม	0	0	5	1
	ช่วงออกกำลังกาย				
	2.5 โปรแกรมการออกกำลังกายในระยะที่ 1 มีความเหมาะสม	0	1	4	0.8
	2.6 โปรแกรมการออกกำลังกายในระยะที่ 2 มีความเหมาะสม	0	1	4	0.8
	2.7 โปรแกรมการออกกำลังกายในระยะที่ 3 มีความเหมาะสม	0	1	4	0.8
	2.8 ความถี่ของโปรแกรมการฝึกต่อสัปดาห์มีความเหมาะสม	0	0	5	1

ข้อที่	องค์ประกอบการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
		-1	0	+1	
	2.9 ระยะเวลาในการฝึกมีความเหมาะสม	0	1	4	0.8
	2.10 การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีความเหมาะสมกับสตรีวัยทำงาน	1	0	4	0.6
	ช่วงผ่อนคลาย				
	2.12 การผ่อนคลายกล้ามเนื้อมัดใหญ่ทำได้ดี	0	0	5	1
	2.13 การผ่อนคลายกล้ามเนื้อทำได้ทุกส่วน	0	0	5	1
	2.14 การผ่อนคลายกล้ามเนื้อเรียงลำดับของท่าได้ต่อเนื่องกัน	0	0	5	1
	2.15 ระยะเวลาการผ่อนคลายมีความเหมาะสม	1	0	4	0.6
3.	**อุปกรณ์ “ดัมเบล”**				
	3.1 สามารถใช้ในการออกกำลังกายได้ง่าย	0	0	5	1
	3.2 เกิดความเสี่ยงน้อยต่อการบาดเจ็บในสตรีวัยทำงาน	0	0	5	1

จากตารางที่ 2 แสดงผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านพบว่าไม่มีเนื้อหาในข้อใดที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.6 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีความเหมาะสม และมีค่าความสัมพันธ์ของความเที่ยงแบบวัดซ้ำ (Test and retest) ของอัตราการเต้นหัวใจขณะฝึกการออกกำลังกาย คือ โปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีค่า 0.910

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน

ข้อที่	องค์ประกอบการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
		-1	0	+1	
1.	**ท่าทางการออกกำลังกาย**				
	1.1 ท่าทางการออกกำลังกายทำได้ง่าย	1	0	4	0.6
	1.2 ท่าทางการออกกำลังกายน่าสนใจ	0	1	4	0.8
	1.3 ท่าการออกกำลังกายประกอบด้วยการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ๆในร่างกาย	0	0	5	1
	1.4 การเรียงลำดับความหนักการออกกำลังกายจากระดับเบาถึงระดับปานกลางมีความต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน	0	1	4	0.8
	1.5 ท่าการออกกำลังกายมีความเหมาะสมกับสตรีวัยทำงานและมีความเสี่ยงน้อยต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนหรือการบาดเจ็บ	1	0	4	0.6
2.	**ขั้นตอนการออกกำลังกาย** ***ช่วงอบอุ่นร่างกาย***				
	2.1 มีการเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ทำได้เป็นอย่างดี	0	1	4	0.8
	2.2 การยืดเหยียดกล้ามเนื้อและข้อต่อทำได้ครบทุกส่วน	0	0	5	1
	2.3 การอบอุ่นร่างกายมีการจัดเรียงท่าได้ต่อเนื่อง	0	1	4	0.8
	2.4 ระยะเวลาการอบอุ่นร่างกายมีความเหมาะสมช่วงออกกำลังกาย	0	0	5	1
	2.5 โปรแกรมการออกกำลังกายในระยะที่ 1 มีความเหมาะสม	0	1	4	0.8
	2.6 โปรแกรมการออกกำลังกายในระยะที่ 2 มีความเหมาะสม	0	1	4	0.8
	2.7 โปรแกรมการออกกำลังกายในระยะที่ 3 มีความเหมาะสม	0	1	4	0.8
	2.8 ความถี่ของโปรแกรมการฝึกต่อสัปดาห์มีความเหมาะสม	0	0	5	1

ข้อที่	องค์ประกอบการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
		-1	0	+1	
	2.9 ระยะเวลาในการฝึกมีความเหมาะสม	0	0	5	1
	2.10 การออกกำลังกายแบบสตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีความเหมาะสมกับสตรีวัยทำงาน	1	0	4	0.6
	ช่วงผ่อนคลาย				
	2.12 การผ่อนคลายกล้ามเนื้อมัดใหญ่ทำได้ดี	0	0	5	1
	2.13 การผ่อนคลายกล้ามเนื้อทำได้ทุกส่วน	0	0	5	1
	2.14 การผ่อนคลายกล้ามเนื้อเรียงลำดับของท่าได้ต่อเนื่องกัน	0	1	4	0.8
	2.15 ระยะเวลาการผ่อนคลายมีความเหมาะสม	1	0	4	0.6
3.	**อุปกรณ์ “สเตป” และ “ดัมเบล”**				
	3.1 สามารถใช้ในการออกกำลังกายได้ง่าย	0	0	5	1
	3.2 เกิดความเสี่ยงน้อยต่อการบาดเจ็บในสตรีวัยทำงาน	0	0	5	1

จากตารางที่ 3 แสดงผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านพบว่าไม่มีเนื้อหาในข้อใดที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.6 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีความเหมาะสม และมีค่าความสัมพันธ์ของความเที่ยงแบบวัดซ้ำ (Test and retest) ของอัตราการเต้นหัวใจขณะฝึกการออกกำลังกาย คือ โปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่า 0.881

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางสรีรวิทยาทั่วไป ความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้า ก่อนการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรทางสรีรวิทยาของกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกแต่อย่างใด กลุ่มที่ได้รับการฝึกสเตปแอโรบิก กลุ่มที่ได้รับการฝึกโดยใช้น้ำหนักเป็นแรงต้าน และกลุ่มฝึกแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านช่วงก่อนการทดลอง

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (CON; n=16)	สเตปแอโรบิก(STE; n=15)	แรงต้าน (RES; n=14)	ผสมผสาน (COM; n=15)	F	P-value
อายุ (ปี)	41.25± 3.3	39.86±3.7	40.92± 4.0	40.26 ± 3.2	0.16	0.81
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	57.32± 4.5	58.24 ± 4.0	57.59± 5.0	58.96± 4.2	0.75	0.45
ค่าดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร^2)	23.55 ± 2.8	24.0± 2.3	24.30 ± 2.4	23.82 ± 1.7	0.91	0.39
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	79.13± 3.1	78.26 ± 12.0	79.11 ± 3.0	79.40± 3.3	1.63	0.21
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	128.00± 2.8	127.86± 2.0	126.57± 2.0	127.86±2.2	1.51	0.23
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	81.43± 3.6	81.73± 2.6	81.57± 1.9	81.13± 1.8	0.20	0.82

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าค่าสรีรวิทยาทั่วไปของกลุ่มควบคุม กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ในช่วงก่อนการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรของมวลกระดูกบริเวณส้นเท้าของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่มช่วงก่อนการทดลอง

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (CON; n=16)	สเตปแอโรบิก (STE; n=15)	แรงต้าน (RES; n=14)	ผสมผสาน (COM; n=15)	F	P-value
ความหนาแน่นมวลกระดูกที่ส้นเท้าข้างขวา (SD)	0.223±0.863	0.217±0.877	0.216±0.978	0.229±0.826	0.84	0.43
ความหนาแน่นมวลกระดูกที่ส้นเท้าข้างซ้าย (SD)	0.212±0.876	0.199±0.893	0.215±0.973	0.207±0.873	0.96	0.39

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าค่าความหนาแน่นมวลกระดูกที่ส้นเท้าของกลุ่มควบคุม กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ในช่วงก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นมวลกระดูกที่ส้นเท้าขวา 0.223 SD, 0.217 SD, 0.216 SD และ 0.229 SD ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นมวลกระดูกที่ส้นเท้าซ้าย 0.212 SD, 0.199 SD, 0.215 SD และ 0.207 SD ตามลำดับ ซึ่งปรากฏว่าทั้ง 4 กลุ่มนั้นมีค่าเฉลี่ยของค่าความหนาแน่นมวลกระดูกที่ส้นเท้าช่วงก่อนการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางสรีรวิทยาทั่วไปก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (CON; n=16)			กลุ่มสเตปแอโรบิก (STE; n=15)			กลุ่มใช้แรงต้าน (RES; n=14)			กลุ่มสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM; n=15)		
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์
อายุ (ปี)	41.2± 3.3	-	-	39.8±3.7	-	-	40.9± 4.0	-	-	40.2± 3.2	-	-
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	57.3±4.5	57.5± 4.7	57.3± 4.6	58.2 ± 4.0	57.6± 3.6	56.7±4.0*†	57.5± 5.0	57.1± 5.1	56.8± 5.1*	58.9± 4.2	56.3± 4.3	55.1±4.3*†
ค่าดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร^2)	23.5± 2.8	23.7± 2.8	23.7± 2.9	24.0± 2.3	23.5± 2.7	23.1± 2.5*	24.5± 2.4	24.1± 2.5	23.9± 2.5	23.8 ± 1.7	23.1± 2.3	22.6±2.2*†
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	79.1± 3.1	79.1± 3.0	79.5± 2.9	78.2± 12.0	77.2± 2.9*	76.8±2.7*†	79.1± 3.0	78.9± 3.0	78.1±2.5*	79.4± 3.3	77.2± 3.1*	75.2±3.1*†

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางสรีรวิทยาทั่วไปก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (CON; n=16)			กลุ่มสเตปแอโรบิก (STE; n=15)			กลุ่มใช้แรงต้าน (RES; n=14)			กลุ่มสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM; n=15)		
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	128.0± 2.8	127.7± 2.0	127.7± 1.5	127.8± 2.0	126.2±2.2*	125.0±2.4*†	126.5± 2.0	125.2± 2.1	125.0±2.6*	127.8± 2.2	126.6±2.0*	125.1±1.9*†
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)	81.43± 3.6	80.25± 3.5	80.56± 5.2	81.73± 2.6	81.66± 2.8	79.46 ± 4.1	81.57± 1.9	81.85±3.0	81.64± 3.2	81.13± 1.8	81.46± 2.3	79.73± 4.0

*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05
†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05

จากตารางที่ 6 พบว่าน้ำหนักตัวหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ในขณะที่น้ำหนักตัวในกลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

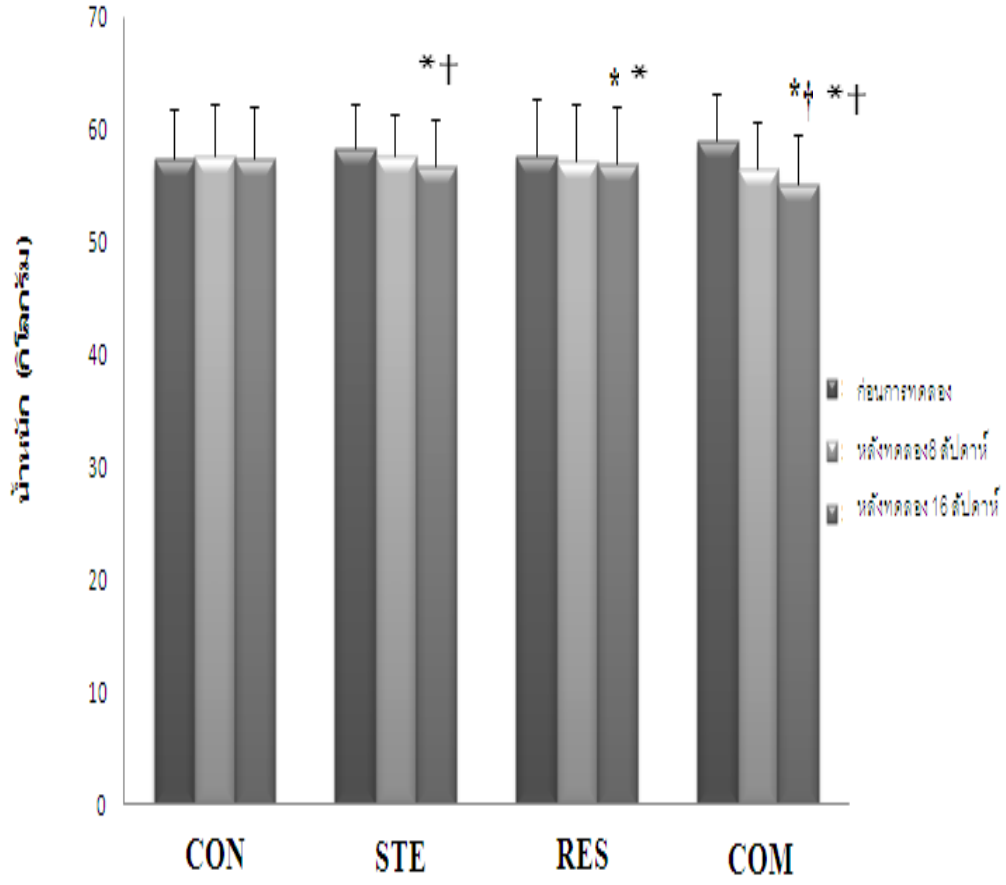
ค่าดัชนีมวลกายหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ พบว่าค่าดัชนีมวลกายในกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่ค่าดัชนีมวลกายในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักหลังการทดลอง 8 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยภายหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในกลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดในหลังการทดลอง 8 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ พบว่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดในกลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

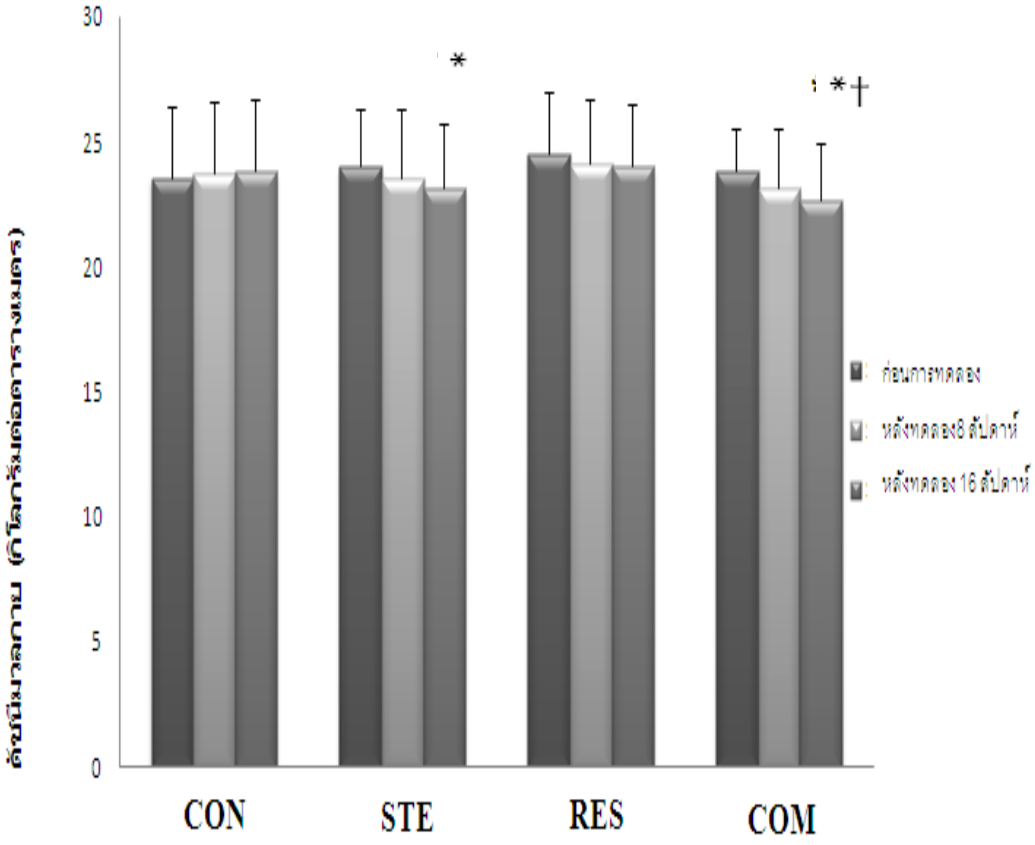
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก,กลุ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าไม่แตกต่างเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 4 ,5 , 6 ,7 และ 8



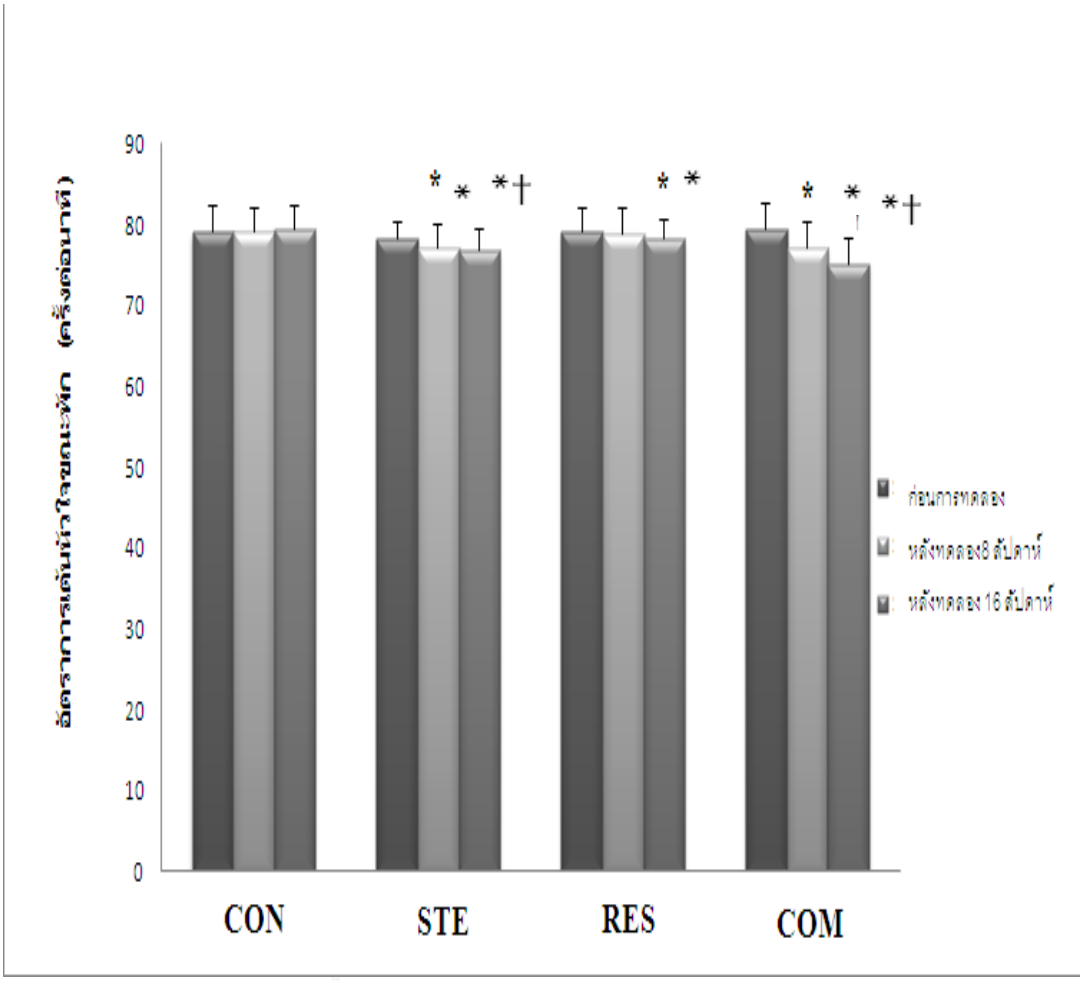
*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05
†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)



*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05
†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

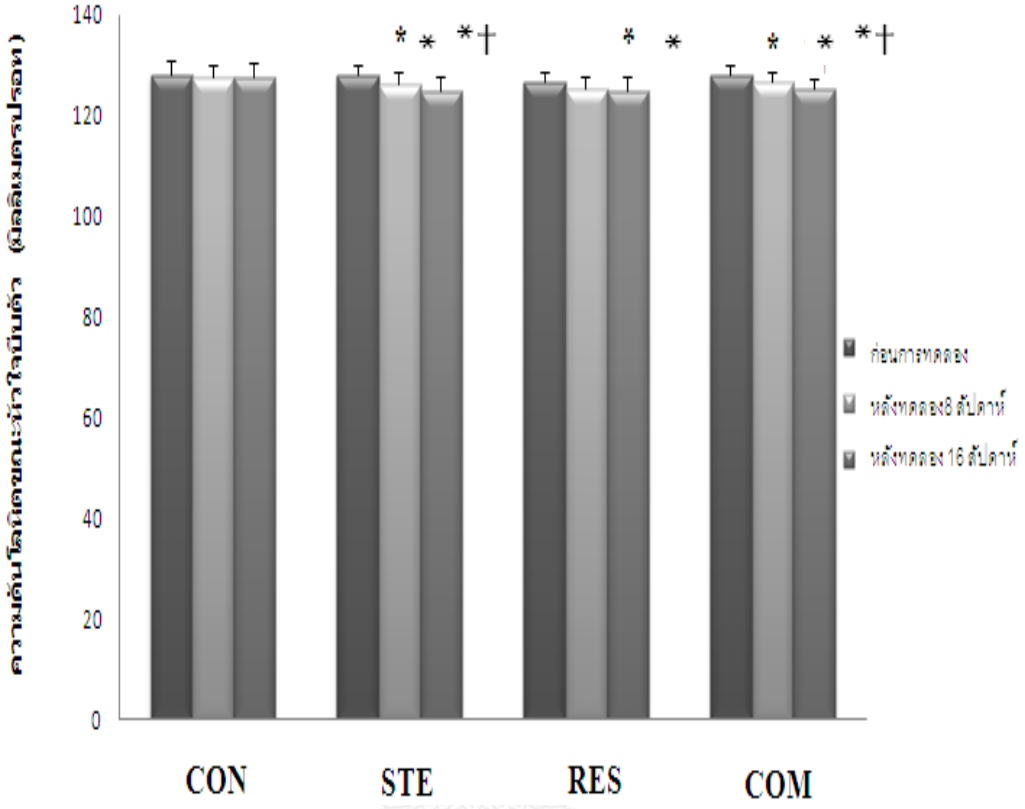
แผนภูมิที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ดัชนีมวลกาย ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)



Chulalongkorn University

*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05
†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

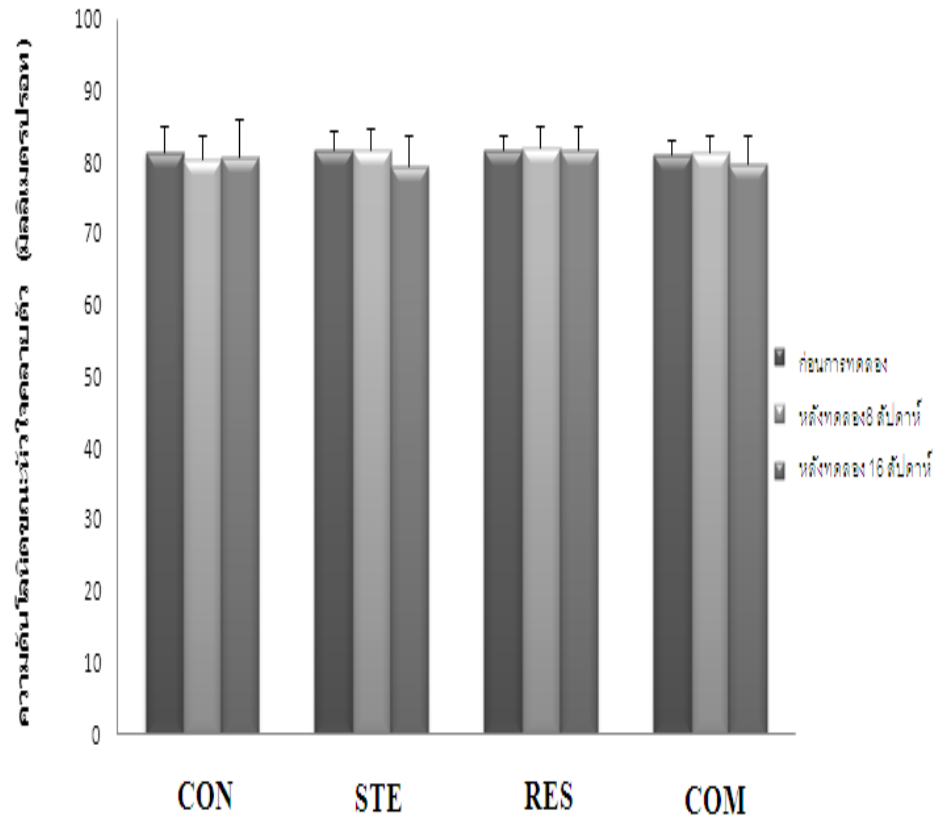
แผนภูมิที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)



*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05
†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)



*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05
†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทรงตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการทรงตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (CON; n=16)			กลุ่มสเตปแอโรบิก (STE; n=15)			กลุ่มใช้แรงต้าน (RES; n=14)			กลุ่มสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM; n=15)		
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์
ความสามารถในการทรงตัวโดยสัมตาบนพื้นแข็ง (เปอร์เซ็นต์)	93.56±2.27	93.58±2.2	93.72±2.7	92.80±1.0	93.10±1.2	94.13±1.0*	92.80±1.5	92.99±1.9	93.12±1.8	92.85±1.4	93.98±1.6*	94.40±1.0*†≠
ความสามารถในการทรงตัวโดยสัมตาบนพื้นนุ่ม (เปอร์เซ็นต์)	92.35±2.6	92.46±2.1	91.90±2.5	91.89±1.5	91.95±1.7	92.54±1.4*	91.86±3.2	91.90±2.9	92.13±2.9	91.90±3.4	92.16±2.8	93.00±2.9*†

*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

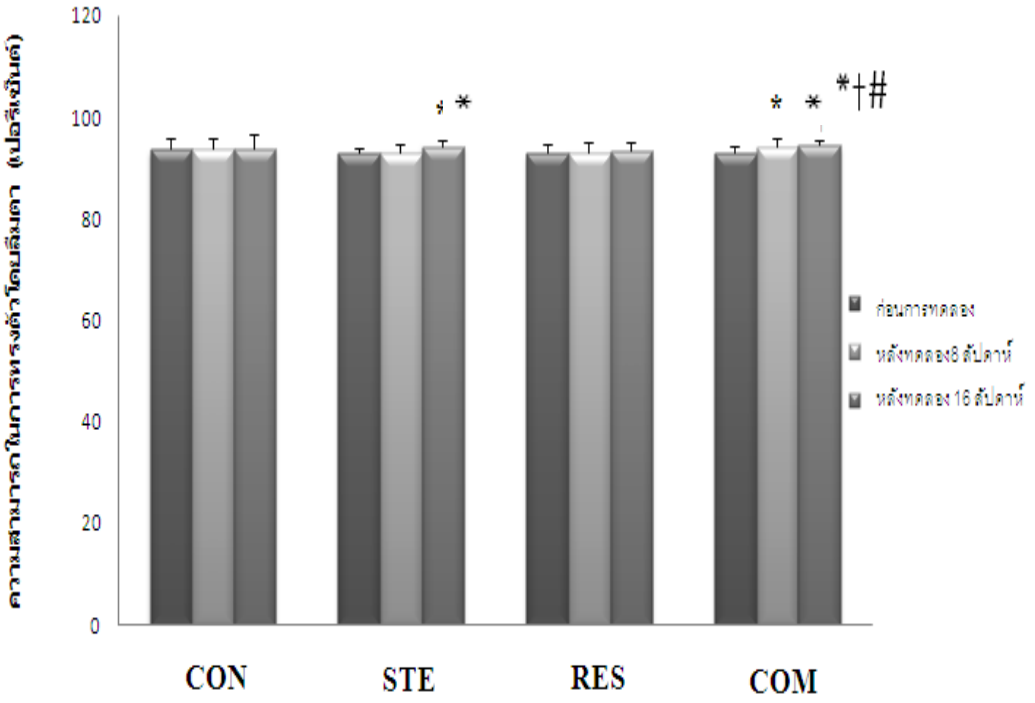
†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05

≠แตกต่างจากกลุ่มใช้แรงต้านหลังฝึกที่ระดับ .05

จากตารางที่ 7 พบว่าความสามารถในการทรงตัวโดยลืมตาบนพื้นแข็งหลังการทดลอง 8 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยหลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าความสามารถในการทรงตัวโดยลืมตาบนพื้นแข็งในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่กลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง, กลุ่มควบคุม และกลุ่มใช้แรงต้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความสามารถในการทรงตัวโดยลืมตาบนพื้นนุ่มหลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าความสามารถในการทรงตัวโดยลืมตาบนพื้นนุ่มในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่กลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 9 และ 10

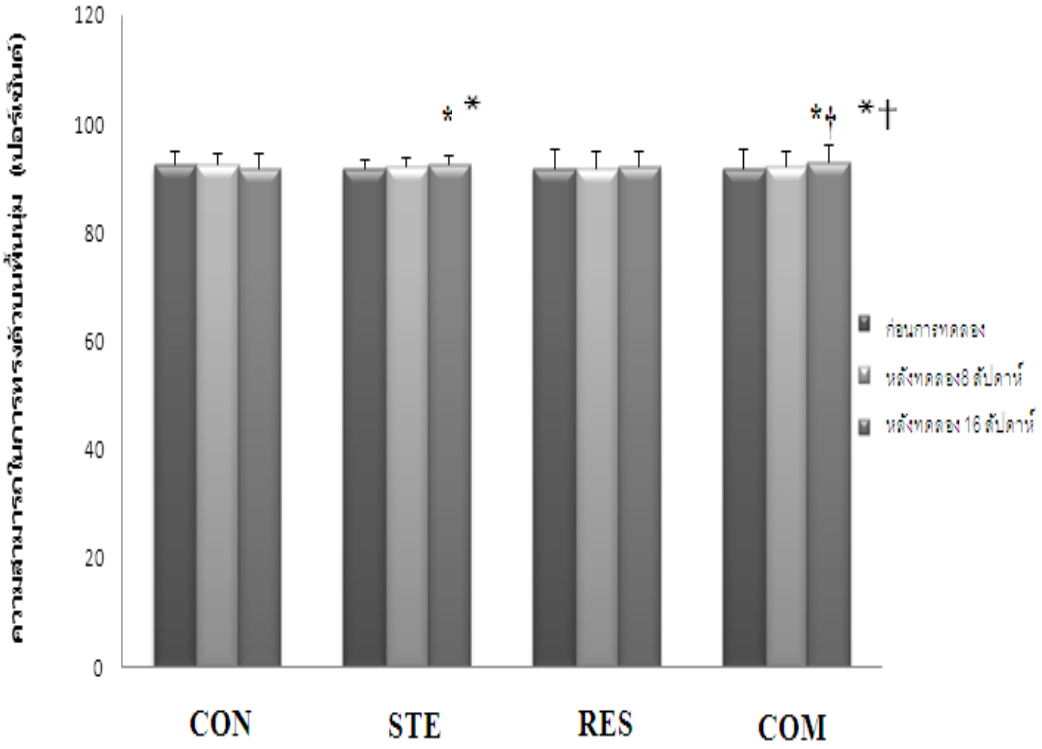


*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

#แตกต่างจากกลุ่มใช้แรงต้านหลังการทดลองที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความสามารถในการทรงตัวบนพื้นแข็ง ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)



Chulalongkorn University

*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05
†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความสามารถในการทรงตัวบนพื้นนุ่ม ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสุขสมรรถนะก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานขององค์ประกอบของร่างกายก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (CON; n=16)			กลุ่มสเตปแอโรบิก (STE; n=15)			กลุ่มใช้แรงต้าน (RES; n=14)			กลุ่มสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM; n=15)		
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์
อัตราส่วนรอบเอวต่อสะโพก	0.804±0.03	0.806±0.03	0.808±0.03	0.819±0.02	0.811±0.02	0.804±0.03*	0.820±0.03	0.816±0.03	0.801±0.01*	0.817±0.03	0.802±0.03	0.790±0.03*
มวลกล้ามเนื้อ (กิโลกรัม)	37.06±2.5	37.03±2.4	37.05±2.5	36.68±2.8	36.91±2.7	36.99±2.9*	36.60±3.1	36.85±3.0	36.91±2.8*	37.10±3.4	37.45±3.7*	37.66±3.5*
มวลไขมัน (กิโลกรัม)	30.86±4.7	31.21±4.4	31.41±4.3	31.58±5.8	31.02±5.6	30.48±5.1*	32.30±4.7	31.90±4.7	31.23±5.0*	31.32±4.0	30.62±4.2	30.38±4.4*

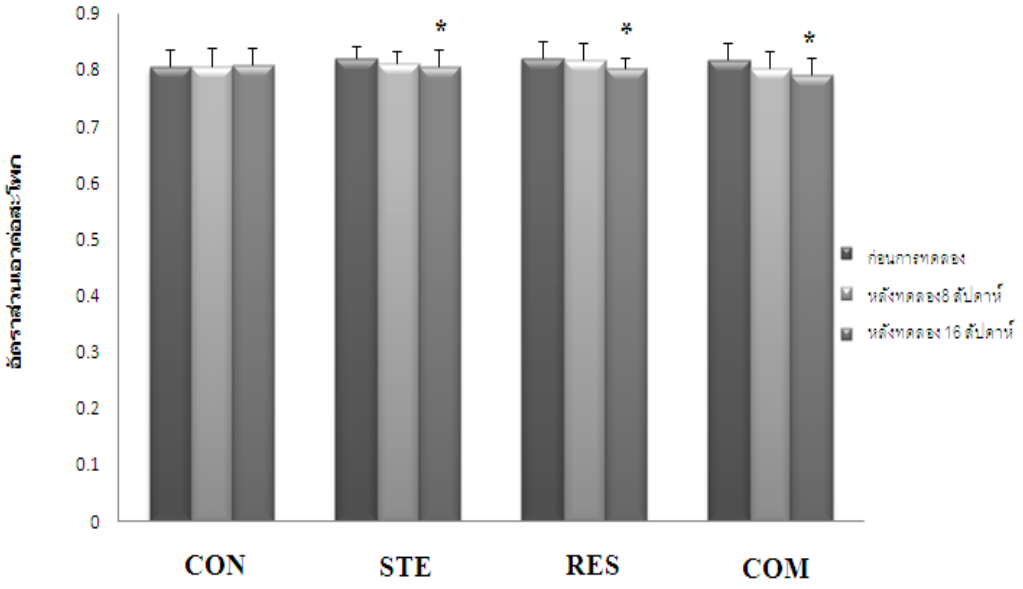
*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

จากตารางที่ 8 พบว่าอัตราส่วนรอบเอวต่อสะโพกหลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าอัตราส่วนรอบเอวต่อรอบสะโพกในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มวลกล้ามเนื้อ (กิโลกรัม) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่า มวลกล้ามเนื้อในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

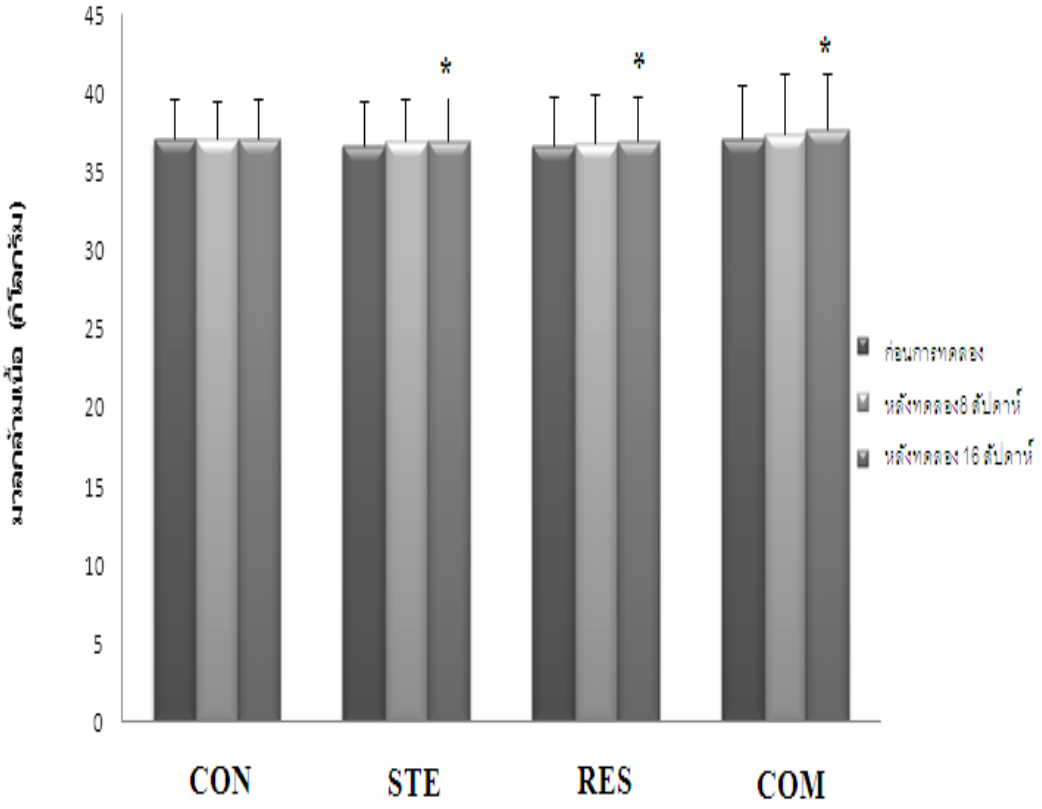
มวลไขมัน (กิโลกรัม) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่า มวลไขมันในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 11, 12 และ13



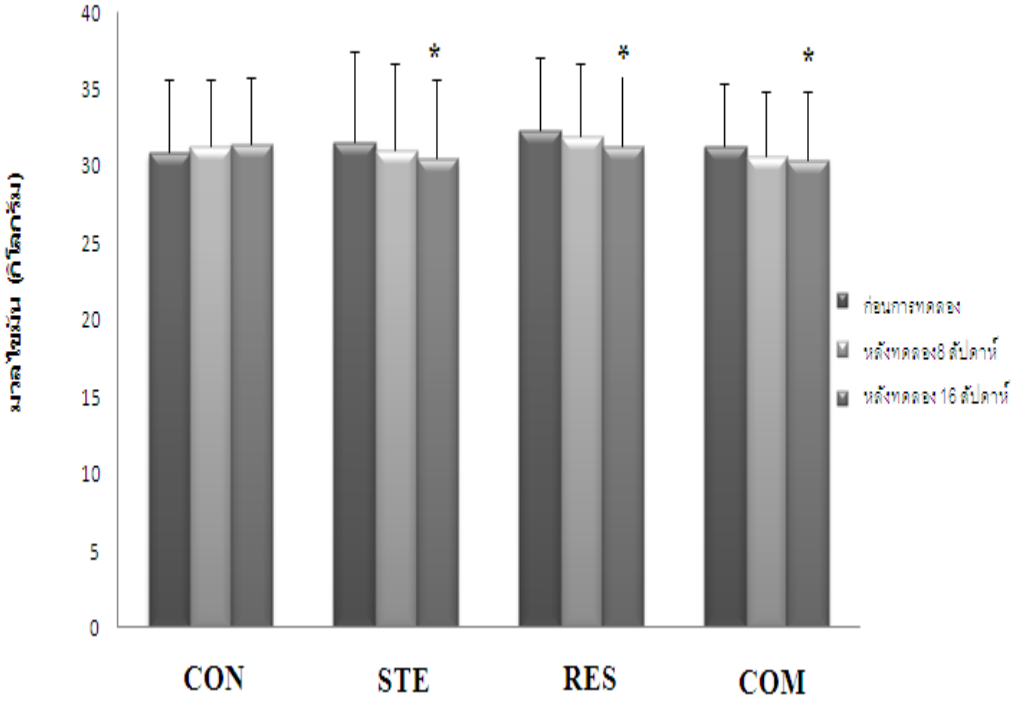
*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย อัตราส่วนเอวต่อสะโพก ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)



*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย มวลกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)



*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย มวลไขมัน ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (CON; n=16)			กลุ่มสเตปแอโรบิก (STE; n=15)			กลุ่มใช้แรงต้าน (RES; n=14)			กลุ่มสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM; n=15)		
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์
ท่าเล็คเอ็คเทนชั่น (กิโลกรัม)	49.87±2.4	49.91±2.6	49.78±2.6	49.53±4.1	49.83±3.1	49.96±3.1*	49.78±2.5	49.82±2.6	49.94±2.4	49.53±2.4	49.73±2.3	49.90±2.5*
ท่าเล็คเคิร์ล (กิโลกรัม)	32.00±2.1	32.18±2.0	31.93±2.3	31.20±1.6	32.33±1.8	33.33±2.5*	32.64±2.1	32.85±2.2	32.87±2.1	32.26±2.0	32.63±2.1	33.10±2.2*
แรงบีบมือ (กิโลกรัม/น้ำหนัก)	0.44±0.03	0.43±0.04	0.43±0.04	0.45±0.03	0.45±0.05	0.44±0.04	0.44±0.05	0.46±0.04	0.48±0.04*	0.44±0.05	0.45±0.04	0.47±0.04*

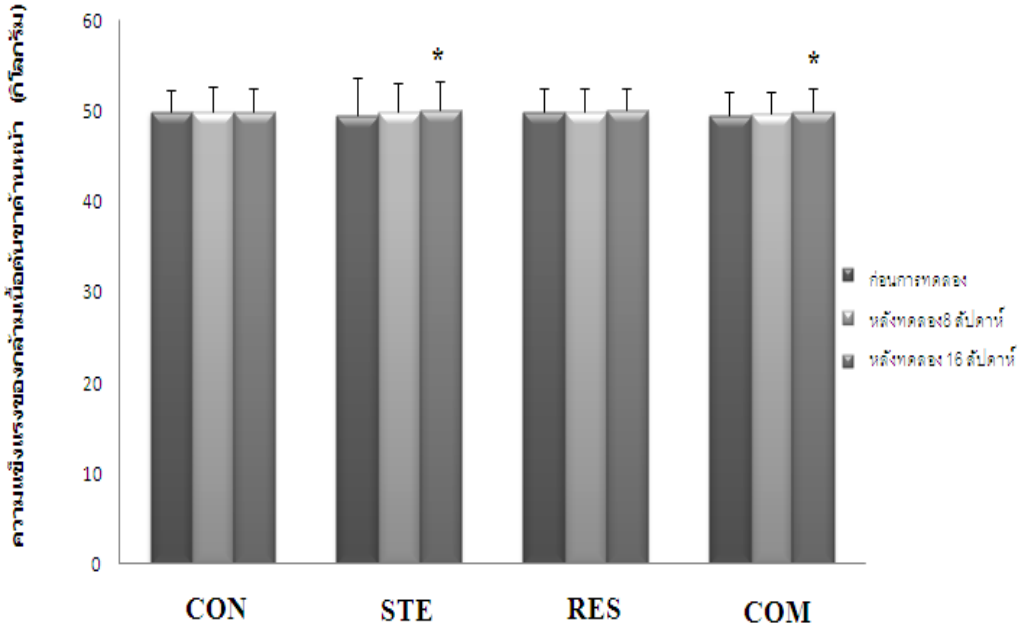
*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

จากตารางที่ 9 พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าในท่าเลคเอ็กเทนชั่น(กิโลกรัม) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ในท่าเลคเคิร์ล(กิโลกรัม) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

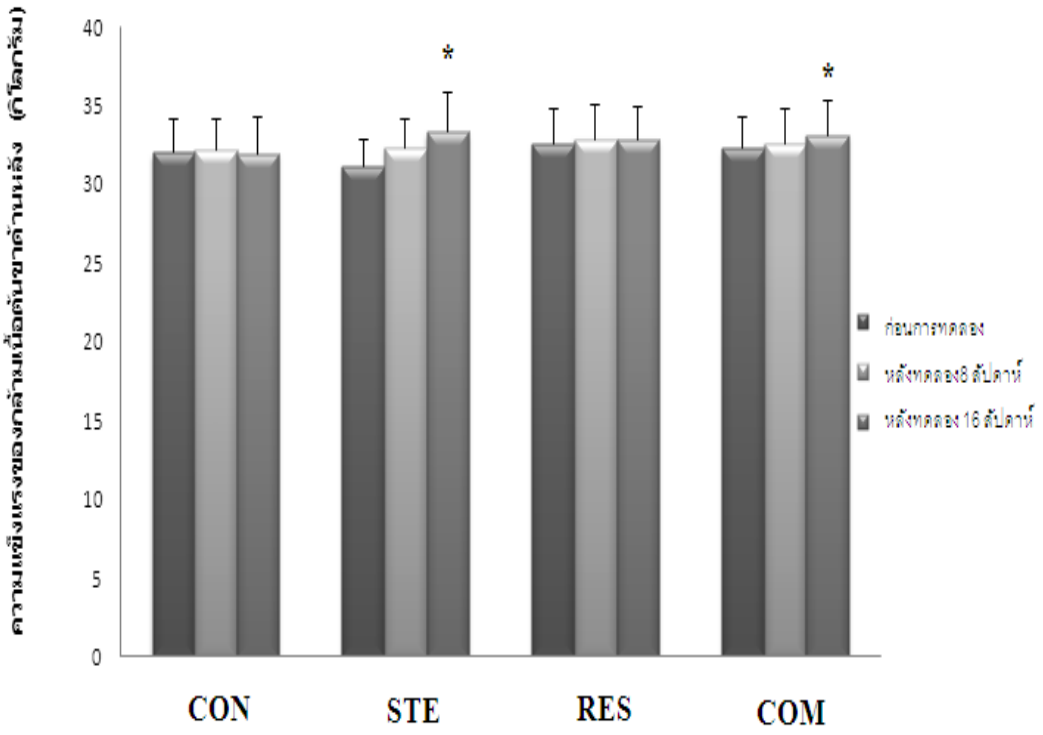
แรงบีบมือ (กิโลกรัม/น้ำหนัก) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าแรงบีบมือในกลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 14, 15 และ16



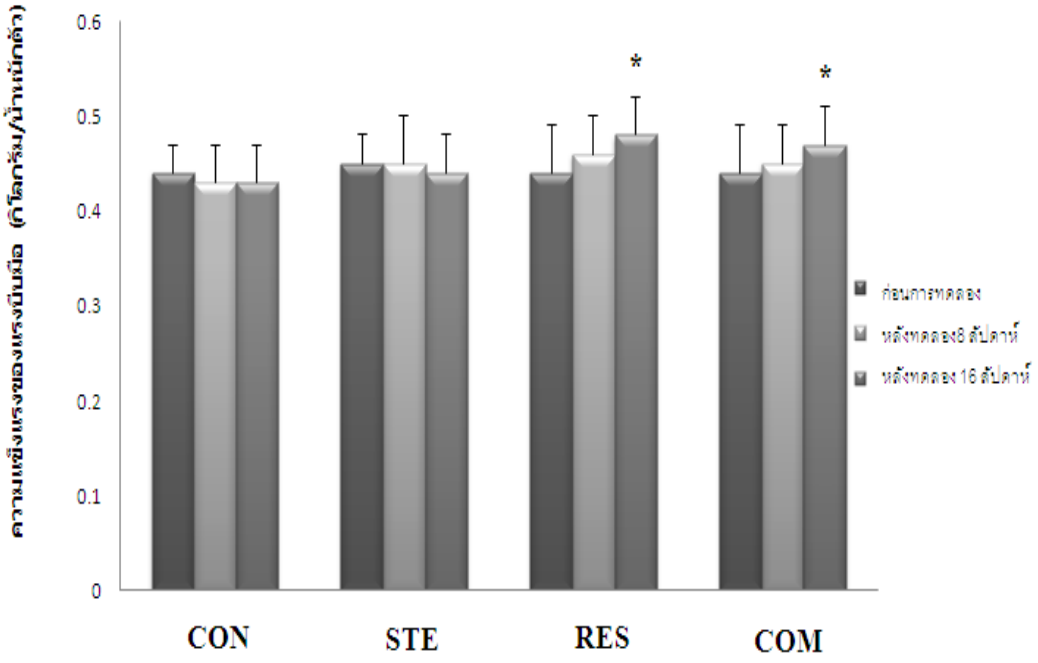
*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาด้านหน้า ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)



*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาด้านหลัง ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)



*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงของแรงบีบมือ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความอ่อนตัวก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

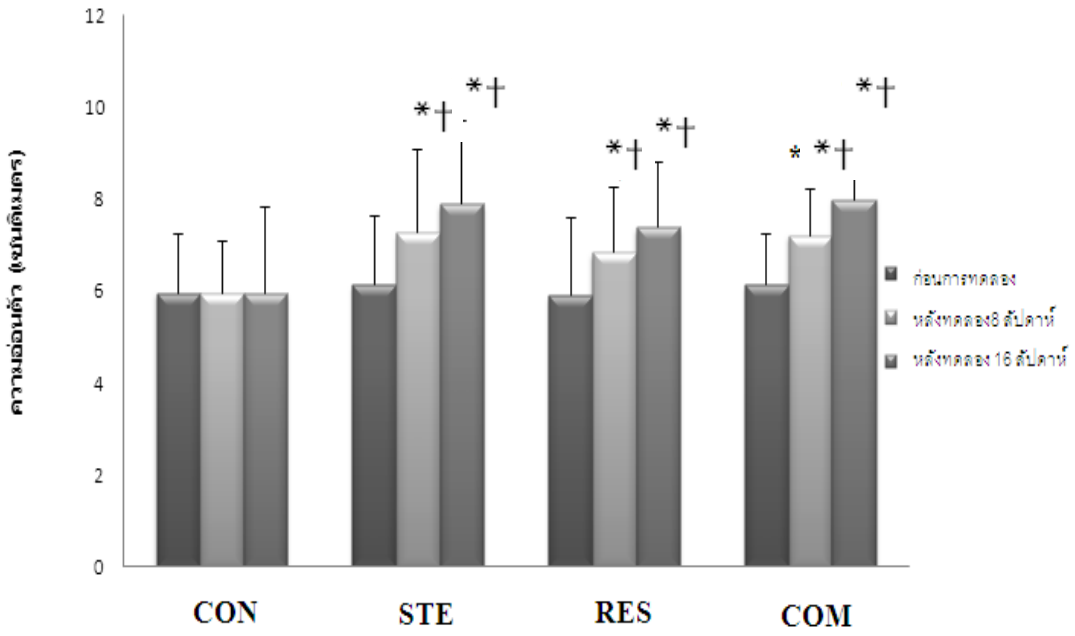
กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (CON; n=16)			กลุ่มสเตปแอโรบิก (STE; n=15)			กลุ่มใช้แรงต้าน (RES; n=14)			กลุ่มสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM; n=15)		
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์
ความอ่อนตัว (เซนติเมตร)	5.95±1.3	5.96±1.1	5.93±1.9	6.13±1.5	7.26±1.8*†	7.88±1.8*†	5.90±1.7	6.84±1.4*†	7.38±1.4*†	6.13±1.1	7.20±1.0*†	7.98±1.8*†

*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05

จากตารางที่ 10 พบว่า อ่อนตัวในท่านั่งโน้มตัวยืดแขนก้มแตะปลายเท้า (เซนติเมตร) หลังการทดลอง 8 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก, กลุ่มการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยหลังภายหลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าอ่อนตัวในท่านั่งโน้มตัวยืดแขนก้มแตะปลายเท้า (เซนติเมตร) พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก, กลุ่มการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 17



*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05
†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความอ่อนตัว ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)

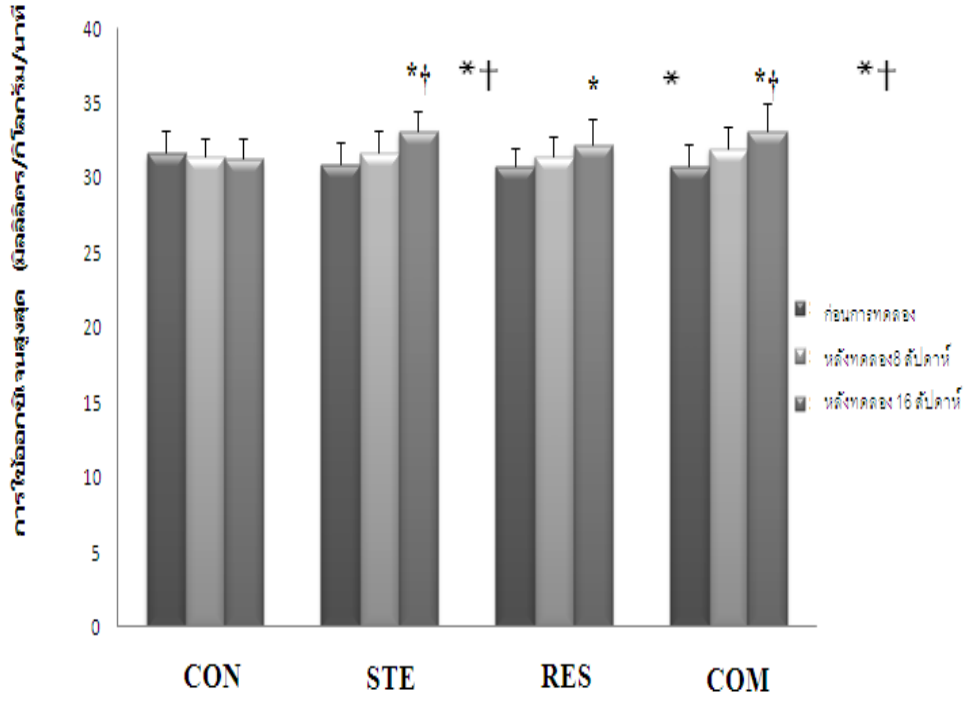
ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (CON; n=16)			กลุ่มสเตปแอโรบิก (STE; n=15)			กลุ่มใช้แรงต้าน (RES; n=14)			กลุ่มสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM; n=15)		
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 8 สัปดาห์	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	31.62±1.5	31.37±1.2	31.25±1.3	30.86±1.5	31.60±1.5	33.14±1.3*†	30.78±1.1	31.42±1.3	32.13±1.7*	30.80±1.4	31.93±1.4	33.16±1.7*†

*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05
†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05

จากตารางที่ 11 พบว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่กลุ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 18



*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05
†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังการทดลองที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)

ตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) และค่าโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก (Nmid Osteocalcin) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 16 สัปดาห์

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) และค่าโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก (Nmid Osteocalcin) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 16 สัปดาห์

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (CON; n=16)		กลุ่มฝึกสเตปแอโรบิก (STE; n=15)		กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (RES; n=14)		กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM; n=15)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์
ค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)	0.330± 0.063	0.332± 0.071	0.328± 0.035	0.349± 0.029*	0.331± 0.141	0.343± 0.075	0.337± 0.059	0.352± 0.054*
ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)	42.86± 5.11	42.79± 5.74	41.56± 2.70	45.28± 4.34*	42.21± 3.18	43.97± 4.26	42.54± 2.85	45.71± 2.83*
ค่าการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก (Nmid-osteo) (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)	18.88± 0.86	18.76± 0.88	18.48± 0.89	19.52± 1.03*	18.83± 0.92	18.93± 0.84	18.56± 0.89	19.55± 0.74*

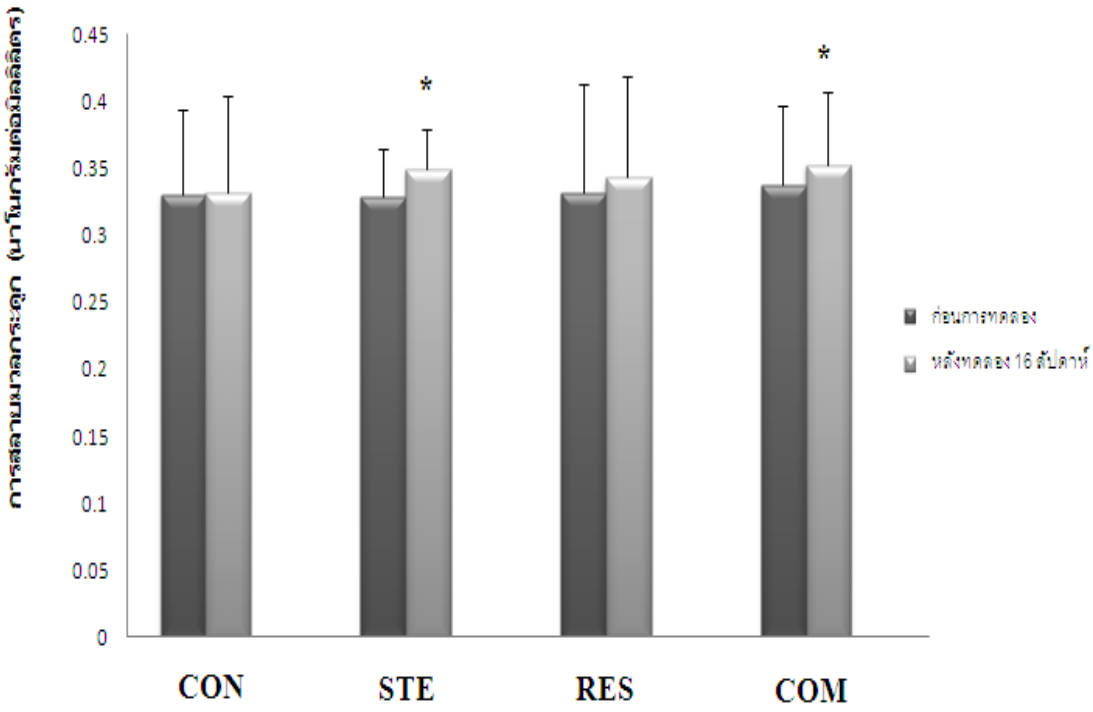
*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

จากตารางที่ 12 พบว่า ค่าการสลายมวลกระดูก(β-CrossLaps)(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าการสร้างมวลกระดูก(P1NP)(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

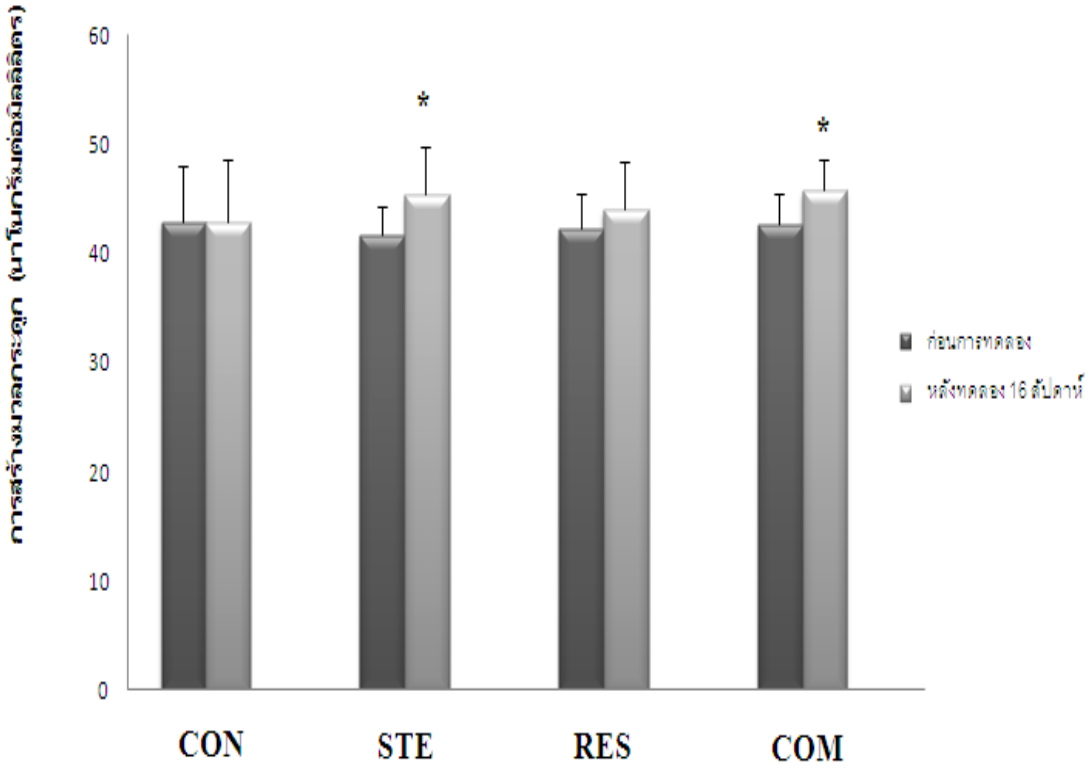
ค่าการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก (Nmid-osteocalcin) (นาโนกรัม/มิลลิลิตร) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกและกลุ่มฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 .

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 19, 20 และ21



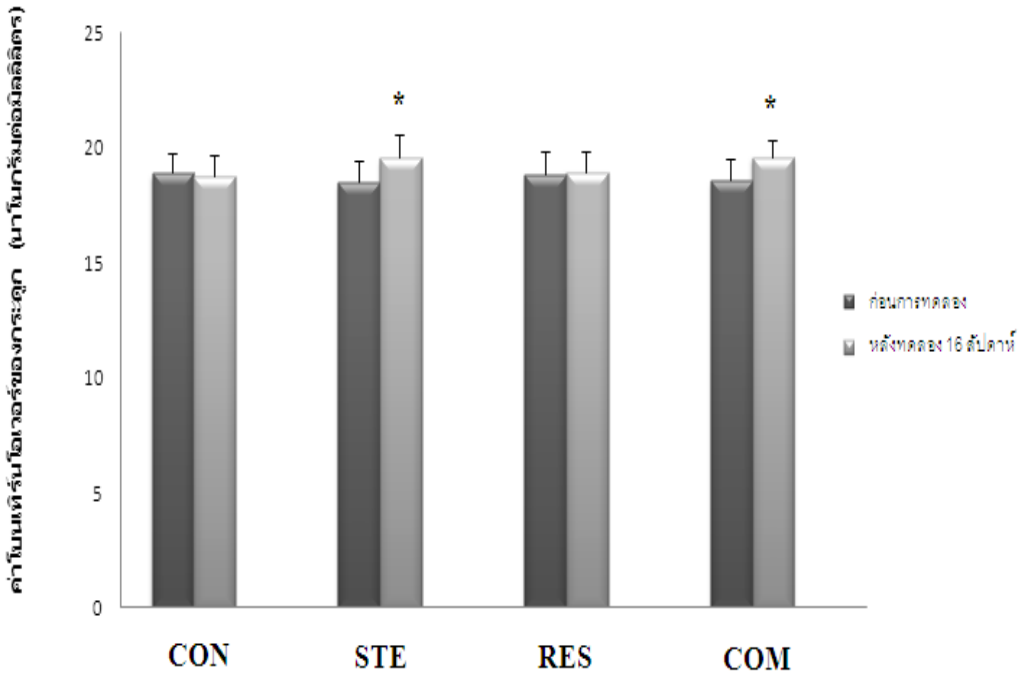
*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ค่าการสลายมวลกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)



*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ค่าการสร้างมวลกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)



*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ค่าโบนเทิร์นโอเว่อร์ของกระดูก ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)

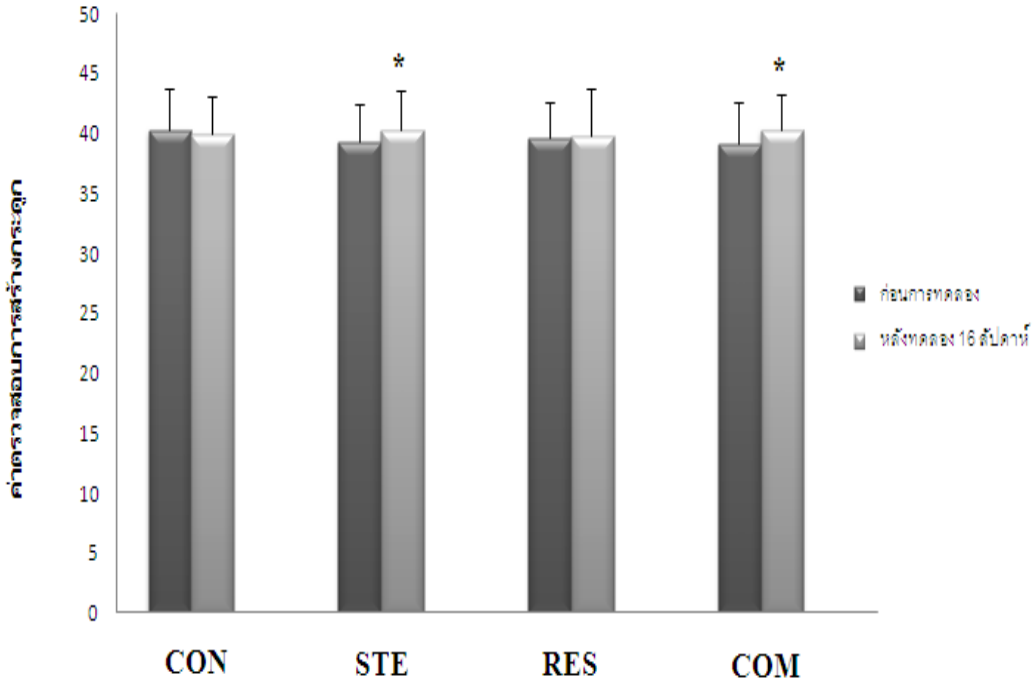
ตารางที่ 13 การตรวจสอบการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ต่อค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) คูณ 0.31(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ในก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (CON; n=16)		กลุ่มฝึกสเตปแอโรบิก (STE; n=15)		กลุ่มฝึกโดยใช้แรงต้าน (RES; n=14)		กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM; n=15)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง 16 สัปดาห์
ค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation)	40.26±3.34	39.95± 3.12	39.27± 3.12	40.22±3.24*	39.53± 2.98	39.73± 3.88	39.13±3.45	40.25± 2.89*

*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

จากตารางที่ 13 พบว่าค่าการสร้างมวลกระดูก(Bone formation) ที่คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ต่อค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) คูณ 0.31 (นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 22



*แตกต่างจากก่อนการทดลองของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ค่าตรวจสอบการสร้างกระดูกที่คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ต่อค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) คูณ 0.31 (นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ และระหว่างกลุ่มทดลอง: กลุ่มควบคุม (CON) กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก (STE) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (RES) และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน (COM)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) โดยการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน พร้อมกับศึกษา และเปรียบเทียบผลของการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน, สเตปแอโรบิก และการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน ที่มีต่อสารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครเพศหญิงและเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีอายุระหว่าง 35-45 ปี จำนวน 60 คน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านจำนวน 15 คน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกจำนวน 15 คน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านจำนวน 14 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 16 คน โดยกลุ่มฝึกออกกำลังกายทั้ง 3 กลุ่มทำการฝึกการออกกำลังกายตามโปรแกรมพร้อมกับคาดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) โดยกลุ่มควบคุมใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ แล้วดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ คือ ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ค่าการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก (Nmid-osteocalcin) ค่าทางสรีรวิทยาทั่วไป องค์ประกอบของร่างกาย ความอ่อนตัว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และค่าความสามารถในการทรงตัวแล้วจึงดำเนินการทดลองเป็นเวลานาน 16 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆ ละประมาณ 50 นาที ขณะเดียวกันกลุ่มฝึกออกกำลังกายที่ทำการฝึกออกกำลังกาย และกลุ่มควบคุมที่ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติได้มีการบันทึกพฤติกรรมประจำวัน ทุกๆ สัปดาห์เป็นเวลานาน 4 เดือน นำผลที่ได้จากการทดลองทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มควบคุมมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยมีการทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าดัชนี IOC ของแบบความเหมาะสมด้านเนื้อหาขององค์ประกอบของการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน การฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก การฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน พบว่ามีค่าดัชนี IOC

อยู่ระหว่าง 0.5 - 1.0 และมีค่าความสัมพันธ์ของความเที่ยงแบบวัดซ้ำ (Test and retest) ของอัตราการเต้นหัวใจขณะฝึกการออกกำลังกายคือ โปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่า 0.881 โปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกมีค่า 0.893 และโปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีค่า 0.910

2. ผลด้านสรีรวิทยาทั่วไป พบว่า

2.1 น้ำหนักตัวในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ในขณะที่น้ำหนักตัวในกลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2.2 ค่าดัชนีมวลกายหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ พบว่าค่าดัชนีมวลกายในกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่ค่าดัชนีมวลกายในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักหลังการทดลอง 8 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยภายหลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในกลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.4 ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดในหลังการทดลอง 8 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยหลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดในกลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.5 ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก,ก

ลุ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าไม่แตกต่างเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3. ผลด้านความสามารถในการทรงตัวพบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านจะส่งผลที่ดีต่อความสามารถในการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน และ การออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านจะส่งผลที่ดีกว่า การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านเพียงอย่างเดียวในเรื่องความสามารถในการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน โดยพบว่า

3.1 ความสามารถในการทรงตัวโดยลืมตาบนพื้นแข็งหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ในกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และภายหลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าความสามารถในการทรงตัวโดยลืมตาบนพื้นแข็งในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่กลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง, กลุ่มควบคุม และกลุ่มใช้แรงต้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.2 ความสามารถในการทรงตัวโดยลืมตาบนพื้นนุ่มหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ ในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่กลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลด้านสุขสมรรถนะ พบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านจะช่วยเพิ่มสุขสมรรถนะในหญิงวัยทำงานได้โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ด้านองค์ประกอบทางกาย

4.1.1 อัตราส่วนรอบเอวต่อสะโพกหลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าอัตราส่วนรอบเอวต่อรอบสะโพกในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.1.2 มวลกล้ามเนื้อ (กิโลกรัม) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่า มวลกล้ามเนื้อในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.1.3 มวลไขมัน (กิโลกรัม) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่า มวลไขมันในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 ด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พบว่า

4.2.1 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าในท่าเลคเอ็กเทนชั่น(กิโลกรัม) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ในท่าเลคเคิร์ล (กิโลกรัม) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2.3 แรงบีบมือ (กิโลกรัม) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าแรงบีบมือในกลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.3 ด้านความอ่อนตัวในท่านั่งโน้มตัวยืดแขนก้มแตะปลายเท้า (เซนติเมตร) หลังการทดลอง 8 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก, กลุ่มการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยหลังภายหลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าอ่อนตัวในท่านั่งโน้มตัวยืดแขนก้มแตะปลายเท้า (เซนติเมตร) พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก, กลุ่มการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.4 ด้านสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในขณะที่กลุ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ผลด้านสารชีวเคมีของกระดูกในเลือด พบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านเพิ่มการสร้างมวลกระดูกในสตรีวัยทำงานได้โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP)(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 ค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps)(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.3 ค่าการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก (Nmid-osteocalcin)(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) หลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกและกลุ่มฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.4 การตรวจสอบการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) ที่คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ต่อค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) คูณค่าคงที่ 0.31 (นาโนกรัม/มิลลิลิตร) พบว่าค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

ผลของการออกกำลังกายต่อตัวแปรทางสรีรวิทยาของกลุ่มที่ได้รับฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน

การออกกำลังกายโดยทั่วไปเป็นที่ยอมรับว่าให้ผลดีต่อการฟื้นฟูของตัวแปรทางสรีรวิทยาต่างๆ ได้แก่ น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และค่าความดันโลหิต โดยมีงานวิจัยจำนวนมากแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางสรีรวิทยาจากการออกกำลังกาย

แบบแอโรบิก โดยฟาวแมน และคณะ (Fahlman et al., 2001) รายงานว่าผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกนั้นให้ผลดีในการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในผู้สูงอายุเพศหญิง จาคิซิค มาร์คัส และแลง (Jakicic, Marcus, & Lang, 2003) ได้ศึกษาเรื่องผลของความหนักและระยะเวลาในการออกกำลังกายที่มีผลต่อการลดน้ำหนักในผู้หญิงวัยทำงาน พบว่าทั้งการออกกำลังกายในระดับความหนักต่ำ (1,000 กิโลแคลอรี่ต่อสัปดาห์) และการออกกำลังกายในระดับความหนักสูง (2,000 - 2,500 กิโลแคลอรี่ต่อสัปดาห์) ให้ผลที่ดีต่อการลดน้ำหนักตัว แต่การออกกำลังกายแบบความหนักสูงให้ผลที่ดีกว่า สำหรับการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านนั้นนักวิจัยหลายท่านได้แสดงให้เห็นถึงผลการเปลี่ยนแปลงต่อตัวแปรทางสรีรวิทยาที่ดีเช่นกัน เคลลี่ และทราน (Kelley & Tran, 2001)ได้ทำการศึกษาเรื่องการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านที่มีผลต่อค่าแมทาบอลิก และมวลกระดูก พบว่าการฝึกด้วยแรงต้านทำให้ค่าความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวลดลง ต่อมาบอลดุซซี่และคณะ (Balducci et al., 2004) ได้ศึกษาการออกกำลังกายแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีต่อค่าแมทาบอลิก พบว่าทำให้ค่าน้ำหนักตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

สำหรับผลการทดลองครั้งนี้ พบว่ากลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ส่งผลที่ดีต่อตัวแปรทางสรีรวิทยา โดยภายหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ จะพบว่ากลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านนั้นส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ซึ่งไม่พบการเปลี่ยนแปลงทางค่าสรีรวิทยาในกลุ่มการฝึกแบบใช้แรงต้าน แต่อย่างไรก็ตาม ภายหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ พบว่าทั้งสามกลุ่มออกกำลังกายนั้นส่งผลที่ดีต่อตัวแปรทางสรีรวิทยา โดยมีค่าน้ำหนักตัว อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่เคยทำมา แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายแบบนี้ส่งผลดีต่อค่าทางสรีรวิทยา และการพัฒนาระบบหัวใจและหลอดเลือด ดัชนีมวลกายและน้ำหนักตัวที่ลดลงบ่งบอกถึงอัตราการใช้พลังงานของร่างกายที่มากขึ้น โดยกิจกรรมทางกายซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวร่างกายโดยใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ เช่น ที่บริเวณแขน ขา หลัง เป็นต้น ทำให้ร่างกายเผาผลาญพลังงานมากขึ้นจากปกติ และเมื่อออกกำลังกายจะทำให้ร่างกายดึงพลังงานในรูปไขมันมาใช้เพื่อผลิตพลังงานมากขึ้นทำให้ดัชนีมวลกายและน้ำหนักตัวลดลง

นอกจากนี้ก้าวขึ้นลงสเตปของกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านร่างกายต้องแบกรับน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นกว่ากิจกรรมทางกายปกติในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการทำงานที่เพิ่มขึ้นโดยส่งผลทำให้เกิดการเผาผลาญพลังงานเพิ่มขึ้นจึงทำให้กลุ่มที่ได้รับการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลัง

กายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการฝึกภายในระยะเวลาหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และการที่อัตราการเต้นของหัวใจลดลงน่าจะมีสาเหตุมาจากการเพิ่มการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกวากัส (Parasympatetic vagas) ที่มาเลี้ยงหัวใจ ซึ่งเนื่องมาจากการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกที่ลดลง และเหตุผลต่อมาคือการทำงานของเอสเอโนด (SA node) ซึ่งเป็นตัวกำหนดอัตราการเต้นของหัวใจมีความไวต่อแคติโคมามีนลดลง จึงส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักลดลง และช่วยทำให้แนวโน้มในการเป็นโรคความดันโลหิตสูงลดลง (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์, 2554) ส่วนความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดมีค่าลดลง น่าจะมีสาเหตุมาจาก การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องจะช่วยลดระดับแรงดันโลหิต โดยค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดจะมีค่าลดต่ำกว่าคนปกติ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากผู้ที่ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้อัตราการเต้นของหัวใจและแรงบีบตัวของหัวใจลดลงพร้อมช่วยให้หลอดเลือดมีความยืดหยุ่นทำให้มีความต้านทานต่อการไหลเวียนโลหิตลดลง หลอดโลหิตขยายตัวได้ดี ทำให้ปริมาณโลหิตในหลอดโลหิตแดงเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้ความดันขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดลดลงด้วย (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์, 2554) ซึ่งภายหลังการทดลอง 16 สัปดาห์จะเห็นได้ว่า กลุ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีความหนักน้อยก็มีการพัมนาของระบบหัวใจและการไหลเวียนโลหิตเช่นเดียวกัน เนื่องจากการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านของงานวิจัยนี้เป็นรูปแบบแอโรบิกจึงส่งผลให้มีการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจ และความดันโลหิตขณะบีบตัวสูงสุด ซึ่งอาจสรุปได้ว่ารูปแบบการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีความหนักน้อย การออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านนั้นมีส่วนช่วยในการทำให้ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดลดลง โดยผลการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาน่าจะเป็นผลที่มาจากการฝึกออกกำลังกายในรูปแบบแอโรบิก เป็นเหตุผลทางกลไกดังที่ได้กล่าวข้างต้น

ผลของการออกกำลังกายต่อสุขสมรรถนะของกลุ่มที่ได้รับฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน

ผลของการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ต่อสุขสมรรถนะพบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าการฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านให้ผลที่ดีต่อสุขสมรรถนะในสตรีวัยทำงาน แต่อย่างไรก็ตามผลของการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านต่อสุขสมรรถนะไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ในเรื่อง การฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านให้ผลที่ดีกว่าการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านในเรื่องสุขสมรรถนะในสตรีวัยทำงานตามสมมติฐานของการวิจัย

องค์ประกอบร่างกาย

ด้านองค์ประกอบร่างกาย พบว่า กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านส่งผลที่ดีต่อตัวแปรด้านองค์ประกอบของร่างกายได้ โดยหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ มีค่าอัตราส่วนรอบเอวต่อสะโพกและมวลไขมันลดลงเมื่อเทียบก่อนการทดลอง และมีค่ามวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง โดยการลดลงของอัตราส่วนเอวต่อสะโพกและการลดลงของปริมาณไขมันเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงการลดลงของภาวะอ้วน เมื่อมีการเพิ่มกิจกรรมทางกาย (Physical Activity) กิจกรรมทางกายเป็นการเคลื่อนไหวของร่างกายโดยใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ เช่น ที่บริเวณขา แขน หลัง เป็นต้น ทำให้ร่างกายเกิดการเผาผลาญพลังงานมากขึ้นจากปกติ และเมื่อออกกำลังกายจึงทำให้ร่างกายดึงพลังงานในรูปไขมันมาใช้เพื่อผลิตพลังงานมากขึ้นทำให้ อัตราส่วนรอบเอวต่อสะโพก ปริมาณไขมัน ลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการฝึก นอกจากนี้จะเห็นได้ว่ารูปแบบการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก การฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน นั้นมีท่าการออกกำลังกายหลากหลายในรูปแบบแอโรบิก ซึ่งสอดคล้องกับแมคอาร์เดิลและคณะ (McArdle, Katch, & Katch, 2000) ที่กล่าวว่า การฝึกการออกกำลังกายนั้นทำให้การเผาผลาญพลังงานเพิ่มขึ้นได้เมื่อมีการออกกำลังกายในรูปแบบแอโรบิกอย่างต่อเนื่อง และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของเหว่ย รีเบคก้า และกรันฟิล์ด (Wei, Rebecca, & Grunfeld, 2012) ได้ทำการศึกษาด้านองค์ประกอบของร่างกายที่มีอิทธิพลต่อ สุขภาพของกระดูกในสตรีที่มีการออกกำลังกาย โดยผลการศึกษาพบว่าสตรีที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิกส่งผลต่อองค์ประกอบของร่างกายที่ดี ทำให้มีมวลไขมันน้อยลง และมีมวลกล้ามเนื้อมากขึ้น โดยกล้ามเนื้อที่มากขึ้นนี้น่าจะทำให้กระดูกแข็งแรงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เอนก คนึงสุขเกษม และบุณยะรัตเวช (Anek, Kanungsukkasem, & Bunyaratavej, 2011) พบว่าการฝึกการออกกำลังกายแบบที่มีแรงกระทำจากพื้นนั้นสามารถพัฒนาองค์ประกอบของร่างกายได้เป็นอย่างดีและมีนัยสำคัยทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม

นอกจากนี้ยังพบว่ารูปแบบการออกกำลังกายทั้ง 3 โปรแกรมนั้นร่างกายต้องแบกรับน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นกว่าปกติ จากการที่การก้าวขึ้นลงสเตป และการยกดัมเบลในท่าต่างๆจึงทำให้กล้ามเนื้อเกิดการทำงานมากขึ้นและมีการระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment) เพื่อที่จะทำให้ออกแรงได้มากขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้เกิดการเผาผลาญพลังงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วยจึงทำให้กลุ่มที่ได้รับการฝึกการออกกำลังกายทั้ง 3 รูปแบบ มีการลดลงอัตราส่วนรอบเอวต่อสะโพก ปริมาณไขมัน และมีการเพิ่มของมวลกล้ามเนื้อเมื่อเทียบกับก่อนการฝึก ซึ่งงานวิจัยในปัจจุบันมวลกล้ามเนื้อที่น้อยเกินไปมีส่วนสัมพันธ์กับการเกิดโรคกระดูกพรุน ดังนั้นการที่มีมวลกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นย่อมทำให้ลดลงปัจจัยเสี่ยงของโรคกระดูกพรุนได้ โดยกลุ่มที่ได้รับการฝึกสเตปแอโรบิก กลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มที่ได้รับการฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีการลดลงของอัตราส่วนรอบเอวต่อ

สะโพก ซึ่งการลดลงนี้เป็นตัวชี้วัดถึงการลดลงของไขมันที่กระจายโดยรวมของร่างกาย (Hinton, Mallinson, & Thomas, 2006) และมีการลดลงของปริมาณไขมัน สอดคล้องกับงานวิจัยของเคลลี่และทรานซ์ (Kelley & Tran, 2001) พบว่า การฝึกโดยใช้แรงต้านมีผลช่วยลดปริมาณไขมัน และดัชนีมวลกาย มีการลดลงของปริมาณไขมันเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของไนด์ล และคณะ (Nindl et al., 2009) ซึ่งได้ศึกษาเรื่องผลของการผสมผสานการออกกำลังกายแอโรบิกกับการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านพบว่า มีการเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อ และมีการลดลงของปริมาณไขมันในร่างกาย และการลดลงของอัตราส่วนรอบเอวต่อสะโพก นอกจากนี้ การฝึกโดยใช้แรงต้านและการฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านยังมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณกล้ามเนื้อ และมวลกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดการเพิ่มขึ้นของการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Wisloff et al., 2007) เป็นผลให้ค่าองค์ประกอบของร่างกายดีขึ้น

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ดีจะมีประโยชน์ทำให้สตรีวัยทำงานลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุน เคลื่อนไหวได้เป็นอย่างดี ส่งผลดีในการทรงตัว และเพิ่มความมั่นคงระหว่างการเคลื่อนไหว การขาดกิจกรรมที่พัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออาจทำให้เกิดโรคกล้ามเนื้อลีบ (Sacopenia) และส่งผลให้กระดูกไม่แข็งแรงอีกด้วย (Deng, 2013) โดยผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกสเตปแอโรบิกและกลุ่มที่ได้รับการฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต้นขาด้านหน้าและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองภายหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ ซึ่งความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นนี้น่าจะเกิดจากการที่ต้นขาต้องแบกรับน้ำหนักตัวจากการฝึกก้าวขึ้นลงบนสเตป และการเพิ่มความก้าวหน้าของโปรแกรม เมื่อกล้ามเนื้อเกิดการเคลื่อนไหวและได้รับงานที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้มีการระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment) เพิ่มขึ้น การส่งกระแสประสาทไปยังกล้ามเนื้อจึงมีมากขึ้นทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อซึ่งสอดคล้องกับแมคอาร์เดิล แคทช์ และแคทช์ (McArdle, Katch, & Katch, 2000) ที่กล่าวถึง การออกแรงที่น้อยจะมีการระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment) จำนวนไม่มากแต่ถ้ามีการออกแรงที่มากจะมีการระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment) จำนวนมากขึ้นตามไปด้วย ทำให้ ระบบประสาทสั่งการ (Axon neurons) ทำงานได้ดีขึ้น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ส่วนความแข็งแรงของแรงบีบมือพบว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะร่างกายส่วนบนได้รับแรงต้านในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อบริเวณแขนส่วนปลายได้ดี ซึ่งจะเห็นได้ว่าหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ จะพบว่าแรงบีบมือมีค่าเพิ่มขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง สอดคล้องกับงานวิจัย

ของฟาเทารอสและคณะ (Fatouros et al., 2005) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่องการฝึกโดยใช้แรงต้านในผู้สูงอายุเพศชาย พบว่าการฝึกโดยใช้แรงต้านสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยรวม สมรรถภาพทางด้านร่างกาย และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของเซียว, คิม และซิงค์ (Seo, Kim, & Singh, 2012) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และการฝึกออกกำลังกายด้านการทรงตัว ที่มีผลต่อความสามารถในการทรงตัว และการหกล้มในสตรีสูงอายุ โดยผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน สามารถพัฒนากล้ามเนื้อได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของเบมเบน และคณะ (Bemben et al., 2010) ได้ทำการศึกษาผลการออกกำลังกายแบบแรงสั่นและการออกกำลังกายแบบแรงต้าน ที่มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และสารชีวเคมีในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบแรงต้าน สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และรักษาสมดุลของสารชีวเคมีในสตรีวัยหมดประจำเดือนได้

จากผลวิจัยครั้งนี้พบว่า กลุ่มฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อโดยรวมมากขึ้นทั้ง กล้ามเนื้อขาด้านหน้า กล้ามเนื้อขาด้านหลัง และแรงบีบมือ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีผลในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยรวมของร่างกายได้ดี ซึ่งผลดังกล่าวน่าจะเกิดผลรวมของแรงต้านจากดัมเบลที่มือและแรงต้านของน้ำหนักตัวจากการก้าวขึ้นลงบนสเตปซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มาร์เกซ โมท่าและคาร์วัลโย่ (Marques, Mota, & Carvalho, 2013) ที่ได้ทำการศึกษาการออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจากพื้นในผู้สูงอายุชายและหญิง ที่มีต่อการทรงตัว สารชีวเคมีของกระดูกและความหนาแน่นของมวลกระดูก โดยอายุเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมวิจัยคือ 68.2 ปี แบ่งเป็นเพศชาย 23 คน เพศหญิง 24 คน โดยออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ และออกกำลังกายแบบใช้แรงกระทำจากพื้น 1 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยใช้เวลาทดลอง 32 สัปดาห์ โดยผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบผสมผสานระหว่างการใช้แรงต้านและการออกกำลังกายแบบใช้แรงกระทำจากการพื้น สามารถเพิ่มมวลกระดูก ความสามารถในการทรงตัว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนล่างได้ดี ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ดีเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเพิ่มของมวลกระดูก ผลการเปลี่ยนแปลงด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้งส่วนบนและส่วนล่างของร่างกายนี้ น่าจะเป็นผลที่มาจากการฝึกออกกำลังกายในรูปแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านเป็นเหตุผลทางกลไกดังที่ได้กล่าวข้างต้น

ความอ่อนตัวของร่างกาย

ด้านความอ่อนตัวของร่างกายจากการวัดท่านั่งโน้มตัวยืดแขนแตะปลายเท้า ซึ่งท่านั่งโน้มตัวยืดแขนแตะปลายเท้าเป็นการประเมินความยืดหยุ่นของหลังส่วนล่าง และข้อต่อสะโพก (ACSM, 2013) ผลการทดลองพบว่ากลุ่มการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีการเพิ่มขึ้นของ

ความอ่อนตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของความอ่อนตัวของร่างกายเมื่อเทียบกับก่อนการฝึกและเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมภายหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ และ 16 สัปดาห์ที่เป็นเช่นนั้นเพราะการออกกำลังกายทั้ง 3 รูปแบบมีช่วงของการอบอุ่นร่างกาย การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และช่วงออกกำลังกายที่มีการเคลื่อนไหวใช้กล้ามเนื้อบริเวณลำตัว สะโพก และ ขา จึงทำให้มีความอ่อนตัวเพิ่มมากขึ้น (ACSM, 2013) ซึ่งมากกว่าช่วงของการเคลื่อนไหวของกิจวัตรประจำวันตามปกติ

ความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ด้านความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจเป็นตัวชี้วัดด้านสุขสมรรถนะที่สำคัญ เนื่องจาก ค่าความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจที่ต่ำมีความสัมพันธ์อย่างเด่นชัดกับการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคกระดูกพรุนเนื่องจากการนำออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อด้อยประสิทธิภาพ ส่งผลให้ระบบโครงสร้างและกล้ามเนื้อไม่ดี หากค่าของความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจที่สูงย่อมหมายถึงลักษณะนิสัยที่มีการเคลื่อนไหวทางกายเป็นประจำ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อประโยชน์ในด้านสุขภาพในสตรีวัยทำงานที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุน จากผลการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวัดสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพื่อบ่งบอกความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ พบว่ากลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านส่งผลต่อตัวแปรด้านความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ดี โดยหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ มีค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสุงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ ฉกาจ ผ่องอักษร (2552) ที่ได้กล่าวไว้การออกกำลังกายซ้ำๆ ทำเป็นประจำและมีความต่อเนื่องเพียงพอ จะทำให้มีการปรับตัวของระบบการทำงานต่างๆของร่างกาย เรียกว่า ผลของการฝึก (Training effects) โดยทั่วไปจะทำให้ประสิทธิภาพในการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นโดยเพิ่มสมรรถนะสำรอง (Reserve capacity) และลดความสิ้นเปลืองสูญเปล่าถ้าออกกำลังกายหนักปานกลางถึงหนักมาก ทำติดต่อกันนาน 20 นาที 3-5 วันต่อสัปดาห์ จะเพิ่มอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen uptake; VO_2max) ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งนาที (Cardiac output) และปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในการบีบตัวหนึ่งครั้ง (Stroke volume) เพิ่มขึ้น และอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักลดลง เอนไซม์ในการกระบวนการออกซิเดชั่น (Oxidation) และปริมาณไกลโคเจน (Glycogen) ไมโอโกลบิน (myoglobin) ความหนาแน่นของไมโทรคอนเดรีย และหลอดเลือดฝอยของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ทำให้ความสามมารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) สูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ไม่ถาวรถ้าปราศจากการฝึกอย่างสม่ำเสมอ โดยการเพิ่มของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เป็นผลมาจากการเพิ่มปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในการบีบตัวหนึ่งครั้ง (Stroke volume) และปริมาณความแตกต่างของออกซิเจนระหว่างหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดดำ (A-v O_2 difference) ซึ่งสมการความสัมพันธ์ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด คือ

อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) = ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งนาทีสูงสุด (Max Cardiac output) x ปริมาณความแตกต่างของออกซิเจนระหว่างหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดดำสูงสุด (Max a-v O_2 difference) อีกทั้งจากการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีรูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิก และมีการเพิ่มแรงกระทำจากภายนอกจึงส่งผลต่อสมรรถภาพพัฒนาการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เอนก คนึงสุขเกษม และบุณยะรัตเวช (Anek, Kanungsukkasem, & Bunyaratavej, 2011) ที่พบว่าการฝึกการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำจากภายนอกโดยใช้ จังหวะดนตรี เป็นตัวกำหนดความเร็ว ฝึกที่ความหนักของการออกกำลังกาย 60%-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดนั้นสามารถพัฒนาความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้เป็นอย่างดี

ผลของการออกกำลังกายต่อความสามารถในการทรงตัวของกลุ่มที่ได้รับฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน

ผลของการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ต่อความสามารถในการทรงตัวพบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าการฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านให้ผลที่ดีต่อความสามารถในการทรงตัวสตรีวัยทำงาน และการฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านให้ผลที่ดีกว่าการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านในด้านการทรงตัวในสตรีวัยทำงานตามสมมติฐานของการวิจัย โดยกลุ่มที่ได้รับการฝึกการออกกำลังกายด้วยสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการทรงตัวบนพื้นแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการฝึกหลังการทดลองเพียงแค่ 8 สัปดาห์เท่านั้น และภายหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ พบว่าความสามารถในการทรงตัวบนพื้นแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการฝึกกลุ่มควบคุม และกลุ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน ส่วนกลุ่มออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกพบว่าความสามารถในการทรงตัวบนพื้นแข็ง ภายหลังการฝึก 16 สัปดาห์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการฝึก แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าการฝึกแอโรบิกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านสามารถพัฒนาความสามารถในการทรงตัวในสตรีวัยทำงานได้ดี โดยในการก้าวขึ้นลงสเตปนั้นร่างกายต้องรักษาความสมดุลและความมั่นคงตอนก้าวขึ้นสเตปและก้าวลงสู่พื้นส่งผลให้เกิดการพัฒนาของระบบประสาทที่สั่งการกล้ามเนื้อได้ดีขึ้นจึงส่งผลต่อการทรงตัวที่ดีขึ้น และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้นจากการที่ต้นขาต้องแบกรับน้ำหนักตัวจากก้าวขึ้นลงในแต่ละครั้งของการฝึก อีกทั้งยังต้องรักษาสมดุลจากการยกดัมเบลประกอบการออกกำลังกายในท่าการฝึกอีกด้วย ซึ่งเป็นการ

เพิ่มแรงต้านให้กับกล้ามเนื้อแขนอีกด้วย การฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านนั้นเป็นการฝึกทั้งส่วนบน และส่วนล่างของร่างกายไปพร้อมกัน ทำให้กลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้งส่วนบน และส่วนล่าง ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นมีผลต่อความสามารถในการทรงตัวอย่างมาก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาวิจัยความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสามารถในการทรงตัวพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวที่เพิ่มขึ้นด้วย (Kligyte, Lundy-Ekman, & Medeiros, 2003) นอกจากนี้แล้วการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านนั้นมีส่วนทำให้สมองแปลผลข้อมูลที่ได้จากสิ่งแวดล้อมและตำแหน่งของร่างกายเมื่อออกกำลังกายก้าวขึ้นลงสเตปและยกดัมเบลโดยข้อมูลเหล่านี้ได้มาจากระบบการมองเห็น (Visual) และประสาทรับรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของโควัค และคณะ (Kovacs et al., 2012) ที่ได้ทำการศึกษารูปแบบโปรแกรมการออกกำลังกายที่มีผลต่อ ความสามารถในการทรงตัว พบว่าโปรแกรมการออกกำลังกายที่มีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของร่างกายนั้นมีผลต่อการเพิ่มความสามารถในการทรงตัวได้ดีด้วย ซึ่งการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านจะมีแรงกระทำจากภายนอกทั้งแรงกระทำจากพื้นจากการก้าวขึ้นลงสเตป และแรงกระทำจากการยกดัมเบลในท่าทางที่หลากหลาย ทำให้ระบบการรับรู้ตำแหน่งส่วน ต่างๆของร่างกายดีขึ้น เนื่องจากปลายประสาทสัมผัสที่รับรู้ของกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อต่อ (propioceptor) แข็งแรงขึ้นจากการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกที่มีแรงกระทำจากพื้น และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนที่ยกดัมเบลเพิ่มขึ้นด้วยจึงทำให้สามารถส่งข้อมูลการเปลี่ยนแปลงแรงตึงตัวในกล้ามเนื้อ แรงกด และการเคลื่อนไหวในเนื้อเยื่อต่างๆของร่างกายไปยังสมองซึ่งสมองจะตอบสนองโดยสั่งให้กล้ามเนื้อหดหรือคลายตัวอย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของคลาริ่ย์และคณะ (Clary et al., 2006) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการออกกำลังกายบัลเล่ต์ สเตปแอโรบิก และการเดิน ที่มีผลต่อการทรงตัวในสตรีวัย 50- 75 ปี ใช้เวลาในการทดลอง 13 สัปดาห์ โดยผลการศึกษาพบว่า การฝึกการออกกำลังกายแบบบัลเล่ต์ และการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำจากพื้นสามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวได้ดี และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปาร์คและคิม (Park & Kim, 2008) ที่ได้ทำศึกษารูปแบบการออกกำลังกายแบบผสมผสาน ที่มีผลต่อกระดูก การทรงตัวและความสามารถในการเดิน ในสตรีสูงอายุ 65-75 ปี โดยรูปแบบการออกกำลังกายแบบผสมผสาน สามารถชะลอการสลายมวลกระดูก และสามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวได้ นอกจากนี้แล้ว ฉกาจ ผ่องอักษร (2552) ได้กล่าวไว้ว่า การออกกำลังกายในรูปแบบที่เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไปควบคู่กับการทรงตัวจะช่วยลดอุบัติการณ์กระดูกหักจากการหกล้มด้วย สรุปได้ว่าเมื่อกล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและการสั่งการของระบบประสาทดีขึ้นจะทำให้ความสามารถในการทรงตัวของร่างกายเพิ่มขึ้นตามด้วย จะเห็นได้ว่าจากผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้การ

ออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน สามารถพัฒนาความสามารถในทรงตัวบนพื้นแข็ง และพื้นนุ่มได้ดี ทำให้ช่วยลดอุบัติการณ์กระดูกหักจากการหกล้มบริเวณพื้นที่มีลักษณะแข็งที่พบบ่อยในชีวิตประจำวัน และยังสามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวบนพื้นที่มีลักษณะอ่อนนุ่มได้ดีเช่นกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าในปัจจุบันอุบัติการณ์กระดูกหักจากการหกล้มนั้นพบบ่อยมาก ทำให้มีงานวิจัยเพื่อลดปัจจัยเสี่ยงที่จะทำให้จากการหกล้ม โดยมาร์เกซ โมท่าและคาวัลโย่ (Marques, Mota, & Carvalho, 2013) ได้ทำการศึกษาการออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจากพื้นในผู้สูงอายุชายและหญิง ที่มีต่อการทรงตัว สารชีวเคมีของกระดูกและความหนาแน่นของมวลกระดูก โดยอายุเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมวิจัยคือ 68.2 ปี แบ่งเป็นเพศชาย 23 คน เพศหญิง 24 คน โดยออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ และออกกำลังกายแบบใช้แรงกระทำจากพื้น 1 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยใช้เวลาทดลอง 32 สัปดาห์ โดยผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบผสมผสานระหว่างการใช้แรงต้านและการออกกำลังกายแบบใช้แรงกระทำจากพื้น สามารถเพิ่มมวลกระดูก ความสามารถในการทรงตัว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนล่างได้ดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของเซียว, คิม และซิงค์ (Seo, Kim, & Singh, 2012) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการออกกำลังกายแบบแรงต้าน และการฝึกออกกำลังกายด้านการทรงตัว ที่มีผลต่อความสามารถในการทรงตัว และการหกล้มในสตรีสูงอายุ ที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไป โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัย 95 คนแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ 1) กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน 2) กลุ่มฝึกออกกำลังกายด้านการทรงตัว 3) กลุ่มควบคุม โดยผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน และการฝึกออกกำลังกายด้านการทรงตัว สามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม จากการที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านในงานวิจัยครั้งนี้นำดัมเบลซึ่งเป็นการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมาประยุกต์เข้ากับการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกจึงทำให้ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการทรงตัวยิ่งขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่ว่าการออกกำลังกายในรูปแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านจึงสามารถพัฒนาความสามารถในการทรงตัวที่ดีและเป็นทางเลือกที่ดีในพัฒนาความสามารถในการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน และให้ช่วยลดอุบัติการณ์กระดูกหักจากการหกล้มได้ดีอีกด้วย

ผลของการออกกำลังกายต่อสารชีวเคมีของกระดูกของกลุ่มที่ได้รับฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน และกลุ่มฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน

ผลของการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ต่อสารชีวเคมีของกระดูกที่เกี่ยวกับการสร้างกระดูกพบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า การฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านให้ผลที่ดีต่อ สารชีวเคมีของกระดูกเกี่ยวกับการสร้างกระดูกในสตรีวัย

ทำงาน แต่อย่างไรก็ตามผลของการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ในเรื่อง การฝึกแอโรบิกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านให้ผลที่ดีกว่าการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน ในเรื่อง สารชีวเคมีของกระดูกเกี่ยวกับการสร้างกระดูกในสตรีวัยทำงานโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านของการวิจัยนี้สามารถช่วยกระตุ้นการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) โดยรวมของร่างกายได้ดี จากการศึกษาหลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่า ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) และค่าโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก (Nmid-Osteocalcin) ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงค่าปกติของโบนมาร์คเกอร์ในสตรีวัยทำงานอย่างมีนัยสำคัยทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และเมื่อตรวจสอบค่าการสร้างมวลกระดูก [[อัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก(PINP) ต่อการสลายมวลกระดูก (β- CrossLaps)] x ค่าคงที่0.31] (Bunyaratavej et al., 2010) ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวงจรการปรับแต่งกระดูกได้ทำงานแล้ว โดยรูปแบบการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านเป็นการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำจากพื้นเมื่อลงน้ำหนักก้าวขึ้นลงสเตปที่มีความสูงที่เหมาะสมกับสตรีวัยทำงานโดยแรงกระทำจากพื้น (impact exercise) นั้นผลของแรงที่เกิดจากน้ำหนักตัวและพลังงานศักย์ที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลกจะส่งผ่านไปยังกระดูกและข้อต่อต่างๆทำให้กระดูกและข้อต่อของขารับน้ำหนักทั้งหมดของร่างกายและยังทำให้กล้ามเนื้อของขาเกิดการหดตัวเพิ่มมากขึ้นจากก้าวขึ้นลงสเตปในท่าทางที่หลากหลายและจากการรักษาการทรงตัวให้สมดุลตอนก้าวขึ้นลงสเตปแอโรบิกนั้นส่งผลให้เกิดแรงบีบเค้นต่อมวลกระดูกทำให้เซลล์ของกระดูกได้รับการกระตุ้นต่อกระบวนการทำงาน ซึ่งโวล์ฟ (Wolff ,1892) ได้กล่าวไว้ว่าแรง (Weigh bearing) ที่กดลงบนกระดูกที่มากขึ้น จะทำให้แร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของกระดูกนั้นเพิ่มขึ้นด้วย ผลที่ตามมาคือทำให้กระดูกมีความแข็งแรงขึ้นเมื่อกระดูกได้รับแรงกดจากน้ำหนักตัว (Weight bearing) และการที่กล้ามเนื้อหดตัวจากแรงกลส่วนใหญ่ที่ออกแรงกระทำต่อกระดูกจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของมวลกระดูก (Bone mass) เมื่อกระดูกต้องรับน้ำหนักเพิ่มขึ้นหรือกล้ามเนื้อหดตัวเพิ่มขึ้น หรือทั้งสองอย่างประกอบกันโดยมวลกระดูกจะลดลงเมื่อร่างกายส่วนนั้นถูกจำกัดการเคลื่อนไหว (Immobilization) และสอดคล้องกับ ฉกาจ ผ่องอักษร (2552) ได้กล่าวไว้ว่า กระดูกมีการปรับตัวมากขึ้นตามแรงที่มากระทำที่เพิ่มขึ้น โดยที่แรงที่เกิดขึ้นขณะออกกำลังกายจะกระทำต่อกระดูกโดยตรง ดังนั้นการประเมินความหนักของการออกกำลังกายที่มีผลต่อกระดูกมักจะวัดเป็นความเครียดทางกายภาพ (Physical strain) ด้วยวิธีการต่างๆเช่นแรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground-reaction force) หรือแรงตึงตัวจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle contraction forces) ที่

กระทำต่อกระดูกส่วนนั้นๆ โดยหน้าที่ของกระดูกเปรียบเหมือนเป็นผลึกที่มีประจุไฟฟ้า (Piezoelectrie crystal) สามารถผลิตประจุไฟฟ้าในสัดส่วนที่สัมพันธ์กับแรงที่กระทำต่อกระดูก โดยแรงกล (Mechanical force) ที่เกิดจากการก้าวขึ้นลงสเตปน่าจะกระทำต่อกระดูกทำให้เกิดกระดูกหักเป็นบริเวณเล็กๆ (Microfracture) ที่ไม่สามารถมองเห็น ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวจะเป็นตัวกระตุ้นให้ ออสทีโอคลาสต์ (Osteoclast) ทำการสลายกระดูกควบคู่ไปกับออสทีโอบลาสต์ (Osteoblast) ทำการสร้างกระดูกใหม่ ซึ่งผลการวิจัยนี้พบว่า ภายหลังทดลอง 16 สัปดาห์ในกลุ่มการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีการเพิ่มขึ้นของค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) และค่าการสร้างมวลกระดูก [[อัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (PINP) ต่อการสลายมวลกระดูก (ß- CrossLaps)] x ค่าคงที่0.31] (Bunyaratavej et al., 2010) อย่างมีนัยสำคัยทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง จะเห็นได้ว่าการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำจากพื้น (Impact exercise) นั้นสามารถเพิ่มการสร้างกระดูกได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของเอนก คนึงสุขเกษม และบุณยะรัตเวช (Anek, Kanungsukkasem, & Bunyaratavej, 2011) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อการสลายมวลกระดูกในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน โดยกลุ่มทดลอง จะฝึกออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนโดย ความหนักของการออกกำลังกายคือ 60%-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยผลการศึกษาพบว่าค่าสารชีวเคมีของกระดูกในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนดีขึ้น โดยมีค่าการสลายมวลกระดูกลดลง เมื่อเทียบกับค่าก่อนการทดลองและค่าของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ไฮโนเนนและคณะ (Heinonen et al., 2000) ที่ได้ทำการศึกษาโปรแกรมการออกกำลังกายแบบที่มีแรงกระทำจากพื้นสูงที่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของของกระดูก โดยผลการศึกษาพบว่าการฝึกการออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจากพื้นสามารถเพิ่มความหนาแน่นกระดูกได้ นอกจากนี้แล้ว มัลทาเนน ไนเอมีเนน และไฮโนเนน (Multanen, Nieminen, & Heinonen, 2014) ได้ทำการศึกษาผลการออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจากพื้น ที่มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูก สารชีวเคมีของกระดูก โดยผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจากพื้น สามารถเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูก และยังเพิ่มสารชีวเคมีในด้านการสร้างของกระดูกอีกด้วย

การออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน และการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกนั้นสามารถเพิ่มค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ได้ดี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจาจากพื้นนั้นสามารถกระตุ้นเซลล์ ออสทีโอไซต์ (Osteocytes) ที่มีจำนวนมากถึง 20,000 เซลล์/ลูกบาศก์มิลลิเมตร ให้ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงที่กระทำต่อกระดูกจากภายนอกได้ดี โดยผลผลิตของสารสื่อประสาทที่เป็นสารเคมีที่ออกฤทธิ์กระทำต่อเซลล์ต้นตอที่ทำหน้าที่สร้าง

กระดูก (bone precursors cell) และเมื่อพิจารณาถึงกระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูกภายหลังการทดลอง 16 สัปดาห์พบว่าในกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านนั้นยังพบว่าค่าโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก (Nmid-Osteocalcin) เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงปกติของสตรีวัยทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ซึ่งปกติแล้วค่าโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก(Nmid-Osteocalcin) เป็นตัวบ่งบอกว่าเกิดโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูกที่ปกติหรือไม่ โดยณรงค์ บุณยะรัตเวช (2557) กล่าวว่า ออสทีโอแคลซิน (Osteocalcin) มีการเปลี่ยนแปลงสภาพได้หลายสถานะ กล่าวคือ ออสทีโอแคลซิน (Osteocalcin) ที่อยู่ในเลือดจะมีได้ 2 สถานะคือ อันเดอร์คาร์บ๊อกซีเลต ฟอร์ม (UcOC) และ คาร์บ๊อกซีเลต ฟอร์ม (Carboxylated form) จะปรากฏได้ทั้งในขณะที่มี การสร้างมวลกระดูก และ การสลายมวลกระดูก ดังนั้น ออสทีโอแคลซิน (Osteocalcin) จึงสามารถเป็นตัวแทนบ่งบอกได้ทั้ง สารชีวเคมีในการสร้างกระดูก (Bone formative marker) และสารชีวเคมีในการสลายกระดูก (Bone resorptive marker) จึงจำเป็นต้องพิจารณาค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ซึ่งในที่นี้เป็น สารชีวเคมีในการสลายกระดูก (Bone resorptive marker) ประกอบด้วย เช่น ออสทีโอแคลซิน (Osteocalcin) จะเป็นตัวบ่งบอกสารชีวเคมีในการสลายกระดูก (Bone resorptive marker) ก็ต่อเมื่อค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) สูงกว่าเกณฑ์ปกติ หากจะเป็นตัวบ่งบอกว่าเป็นสารชีวเคมีในการสร้างกระดูก (Bone resorptive marker) ก็ต่อเมื่อค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) อยู่ในเกณฑ์ปกติหรือต่ำกว่า ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้กลุ่มออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านนั้นมีค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง แต่เป็นการเพิ่มในช่วงเกณฑ์ปกติในสตรีวัยทำงาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าโบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูก (Nmid-Osteocalcin) ที่เพิ่มขึ้นนั้น เป็นตัวบ่งบอกถึงสารชีวเคมีในการสร้างกระดูก (Bone formative marker) ที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง และเมื่อตรวจสอบค่าการสร้างมวลกระดูก [[อัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (PINP) ต่อการสลายมวลกระดูก(β- CrossLaps)] x ค่าคงที่0.31] (Bunyaratavej et al., 2010) แล้วยืนยันว่า กลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เป็นการยืนยันถึงการสร้างกระดูกที่ดีในกลุ่มออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิก และกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน แต่กลุ่มการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีความหนักต่ำภายหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า ในงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะทำการฝึกแรงต้านที่จะสามารถพัฒนากระดูกได้ดีจำเป็นต้องใช้น้ำหนักค่อนข้างสูง และจำนวนครั้งในแต่ละเซ็ตประมาณ 10-15 ครั้ง (Karabulut, 2011) แต่ในงานวิจัยครั้งนี้ ใช้ดัมเบลที่มีน้ำหนักไม่มาก คือ 0.5 กิโลกรัม แต่เป็นการ

ออกกำลังกายแรงต้านในรูปแบบแอโรบิก ซึ่งใช้หลักการทำยกซ้ำๆประกอบจังหวะดนตรีอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจากผลวิจัยทำให้ทราบว่าการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีความหนักเบาในรูปแบบแอโรบิกนี้ ไม่สามารถพัฒนาความหนาแน่นของกระดูกได้ และเมื่อนำการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านผสมผสานกับการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกข้างต้น ก็ยังให้ผลใกล้เคียงกับการออกกำลังกายแบบสเตปแอโรบิก โดยงานวิจัยของเบมเบน เฟทเทอร์ และโคห์ (Bemben, Fetters, & Koh, 2000) ที่ได้ทำการศึกษาขนาดของความหนักที่เหมาะสมของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านที่มีผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในผู้ใหญ่ ใช้เวลาในการทดลอง 40 สัปดาห์ โดยแบ่งกลุ่มการฝึกเป็น 4 กลุ่ม คือ 1. ความหนักสูง (80% ของ 1RM), 2 ครั้งต่อสัปดาห์ (2HI) 2.ความหนักต่ำ (40% ของ 1RM), 2 ครั้งต่อสัปดาห์ (2LI) 3. ความหนักสูง (80% ของ 1RM), 3 ครั้งต่อสัปดาห์ (3HI) 4.ความหนักต่ำ (40% ของ 1RM), 3 ครั้งต่อสัปดาห์ (3LI) ผลการศึกษาพบว่า การฝึกการออกกำลังกายแบบแรงต้านในกลุ่มที่มีความหนักสูงทั้ง 2 กลุ่มสามารถเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ซึ่งการออกกำลังกายแบบแรงต้านที่มีความหนักต่ำไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของมวลกระดูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปได้ว่าการออกกกำลังกายสเตปแอโรบิก และการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่มีแรงกระทำจากพื้น (Ground-reaction force) มากกว่าการออกกำลังกายเต้นแอโรบิคกับพื้นถึง 3 เท่า (Park & Kim, 2008) นั้นส่งผลดีต่อการสร้างกระดูก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในกลุ่มคนที่เล่นกีฬาหรือออกกำลังกายที่ผ่านมาว่า กิจกรรมที่มีแรงกระทำจากพื้น (Ground-reaction force) ต่อร่างกาย เช่น ยิมนาสติก การกระโดด นั้นจะมีมวลกระดูกสูงกว่ากีฬาหรือการออกกำลังกายประเภทที่มีแรงกระทำจากพื้นน้อย ยังมีการศึกษาจำนวนหนึ่งในกลุ่มประชากรที่ไม่ใช่นักกีฬาแต่ให้มาออกกำลังกายชนิดที่มีแรงกระทำจากพื้น โดยการศึกษาของเวอารี่ และคณะ (Vuori, 2001) พบว่า ในนักกีฬาวัยหนุ่มสาวทั้งเพศชายและเพศหญิงจะมีความหนาแน่นของกระดูก (Bone mineral Density-BMD) สูงกว่าในส่วนของร่างกายที่มีการรับแรงกระทำจากภายนอก เมื่อเทียบกับหนุ่มสาวที่ไม่เป็นนักกีฬา โดยยังพบว่า การเพิ่มของความหนาแน่นของกระดูก จะสูงมากอย่างเห็นได้ชัดมากในนักกีฬาประเภทที่มีแรงกระทำย้อนกลับจากพื้นหรือกระทำต่อข้อต่างๆ จากหลักฐานที่มีอยู่จนถึงปัจจุบันยังคงสนับสนุนให้ใช้การออกกำลังกายที่มีแรงกระทำจากพื้น ได้แก่ ยิมนาสติก วอลเล่ย์บอล และยังสอดคล้องกับงานวิจัยการออกกำลังกายประเภทผสมผสานที่มีแนวโน้มที่จะวิจัยเพิ่มขึ้นมากในปัจจุบัน โดย มาร์เกซ โมท่าและคาวัลโย่ (Marques, Mota, & Carvalho, 2013) ได้ทำการศึกษาการออกกำลังกายแบบผสมผสานระหว่างการใช้แรงต้านและการออกกำลังกายแบบใช้แรงกระทำจากพื้นตัวในผู้สูงอายุชายและหญิงที่มีต่อการทรงตัว สารชีวเคมีของกระดูก และความหนาแน่นของมวลกระดูก โดยทำการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ และออกกำลังกายแบบใช้แรงกระทำจากพื้นโดยลงน้ำหนักตัว 1 ครั้งต่อ

สัปดาห์ โดยใช้เวลาทดลอง 32 สัปดาห์ โดยผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบผสมผสานระหว่างการใช้แรงต้านและการออกกำลังกายแบบใช้แรงกระทำจากพื้นสามารถเพิ่มมวลกระดูก ความสามารถในการทรงตัว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนล่างได้ดี เพราะฉะนั้นจากผลการศึกษาจึงสรุปได้ว่าผลของการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านนั้นสามารถช่วยส่งเสริมสารชีวเคมีในการสร้างกระดูกของสตรีวัยทำงานได้ดี โดยกลุ่มการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยก่อนการทดลองมีค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) 39.13 นาโนกรัม/มิลลิลิตร หลังการฝึกเป็นเวลา 4 เดือนค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) 40.25 นาโนกรัม/มิลลิลิตร แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มในการสร้างมวลกระดูกที่ดีมากในกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน และกลุ่มการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกมีค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสำคัญทางสถิติเช่นกัน โดยก่อนการทดลองมีค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) 39.27 นาโนกรัม/มิลลิลิตร หลังการฝึกเป็นเวลา 4 เดือนค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) 40.22 นาโนกรัม/มิลลิลิตร แต่กลุ่มการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านพบว่าค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสำคัญทางสถิติการทดลองมากโดยก่อนการทดลองมีค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) 39.53 นาโนกรัม/มิลลิลิตร หลังการฝึกเป็นเวลา 4 เดือนค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) 39.73 นาโนกรัม/มิลลิลิตร และในกลุ่มกลุ่มควบคุมที่ใช้ชีวิตประจำวันในปกติมีค่าการสร้างมวลกระดูก(Bone formation) ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติโดยก่อนการทดลอง 40.26 นาโนกรัม/มิลลิลิตรหลังการทดลองเป็นเวลา 3 เดือนลดลงเหลือ 39.95 นาโนกรัม/มิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกและกลุ่มการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านในการวิจัยนี้มีผลต่อแนวโน้มในการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) ที่ดี

ข้อค้นพบในงานวิจัยคือกลุ่มการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านและกลุ่มออกกำลังกายสเตปแอโรบิกสามารถพัฒนาค่าทางสรีวิทยา สุขสมรรถนะทางด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และการทรงตัวได้ดีซึ่งค่าต่างๆเหล่านี้สามารถบอกถึงแนวโน้มในการพัฒนาของกระดูกที่ดีตามมาด้วย โดยในการศึกษาต่างๆพบว่านอกจากผลของการเพิ่มมวลกระดูกจากการออกกำลังกายแล้ว ยังพบว่า มีผลการเปลี่ยนแปลงของ องค์ประกอบของร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วย โดยเฉพาะส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน (Fat Free Mass) ซึ่งรวมถึงส่วนที่เป็นกระดูกและกล้ามเนื้อด้วยนั่นเอง ทำให้และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความหนาแน่นของกระดูกในบริเวณเดียวกัน โดยมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงถึง 50 % ต่อระดับความหนาแน่นของกระดูก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้พบความสัมพันธ์ระหว่างค่าสรีรวิทยา

ทั่วไป และองค์ประกอบของร่างกายที่มีผลต่อ ความหนาแน่นของกระดูกที่เพิ่มขึ้น โดยฮินตัน, เรคเตอร์ และโทมัส (Hinton, Mallinson, & Thomas, 2006) ได้ทำการศึกษาพบว่า ผลการออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจากพื้นและการออกกำลังกายแบบแอโรบิก มีส่วนช่วยในการลดลงของน้ำหนักในผู้ชายและผู้หญิงที่มีน้ำหนักเกินและยังส่งผลดีต่อองค์ประกอบของร่างกายพร้อมทั้งรักษาสมดุลของสารชีวเคมีในการสร้างกระดูกและการสลายกระดูกอีกด้วย และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของเหว่ย รีเบคก้าและกรันฟิล์ด (Wei, Rebecca, & Grunfeld, 2012) ที่ได้ศึกษาด้านองค์ประกอบของร่างกายที่มีอิทธิพลต่อสุขภาพของกระดูกในสตรีที่มีการออกกำลังกายแบบแรงกระทำจากพื้น โดยผลการศึกษาพบว่าสตรีที่ออกกำลังกายแบบมีแรงกระทำจากพื้น ส่งผลต่อองค์ประกอบของร่างกายที่ดี ทำให้มีมวลไขมันน้อยลง และมีมวลกล้ามเนื้อมากขึ้น และทำให้กระดูกแข็งแรงขึ้นตามไปด้วย จากงานวิจัยข้างต้นจะพบว่าค่าทางสรีวิทยา และสุขสมรรถนะที่ดีนั้นมีความสัมพันธ์กับการสร้างมวลกระดูก เมื่อออกกำลังกายแบบแอโรบิกจะทำให้ระบบการหายใจและการไหลเวียนโลหิตที่ดีขึ้น เพิ่มปริมาณเลือดที่ที่ออกจากหัวใจใน 1นาที (Cardiac output) ซึ่งจากการเพิ่มปริมารเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 ครั้ง (Stroke volume) ซึ่งจะส่งผลต่อค่าสรีรวิทยา คือ อัตราการเต้นหัวใจที่ช้าลง ทำให้หัวใจทำงานง่ายขึ้น และนำเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนมากขึ้นจากการทำงานของฮีโมโกลบินที่ดีขึ้น ส่งผลให้กล้ามเนื้อได้รับออกซิเจนเพียงพอขณะออกกำลังกาย จึงทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรงและระบบประสาททำงานได้มากขึ้น การสร้างกระดูกจึงดีขึ้นตามไปด้วยอันเนื่องมาจากได้รับความเครียดจากการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างสม่ำเสมอ โดยกล้ามเนื้อมีการเกาะต้นละที่เกาะปลายอยู่บนกระดูกจำนวนมากมายโดยการหดตัวของกล้ามเนื้อที่แข้งแรงขึ้นโดยเฉพาะการหดตัวที่ต้องออกแรงเพื่อพยายามสู้กับแรงต้านทานจากภายนอกร่างกายสามารถที่จะทำให้เกิดแรงจำนวนมากต่อกล้ามเนื้อเอ็น กระดูกและข้อต่อ และแรงเหล่านี้มีผลต่อความหนาแน่นของเนื้อกระดูก (Bone matrix) ที่มากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้แล้วจะพบว่าการฝึกแอโรบิกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านสามารถพัฒนาความสามารถในการทรงตัวในสตรีวัยทำงานได้ดีอีกด้วยทั้งการทรงตัวในพื้นแข็งและพื้นที่อ่อนนุ่ม ซึ่งการทรงตัวที่ดีจะช่วยลดอุบัติการณ์กระดูกหักจากการหกล้มในชีวิตประจำวันได้ดีขึ้นด้วย จากข้อมูลการวิจัยข้างต้นได้สอดคล้องกับรายงานการศึกษาวิจัยความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสามารถในการทรงตัวพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวที่เพิ่มขึ้นด้วย (Kligyte, Lundy-Ekman, & Medeiros, 2003) และสอดคล้องกับงานวิจัยอีกหลายงานที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อความสามารถในการทรงตัว และความหนาแน่นของมวลดูก

สรุปได้ว่า การฝึกออกกำลังกายแอโรบิกประเภทที่มีแรงกระทำจากพื้น (Impact exercise) คือ กลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก และกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน ส่งผลต่อการสร้างกระดูก [[อัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (PINP) ต่อการสลาย

มวลกระดูก (β- CrossLaps)] x ค่าคงที่0.31] ได้ดี โดยกลุ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านโดยใช้ดัมเบลที่มีน้ำหนักเบาประกอบการฝึกไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของสารชีวเคมีในด้านการสร้างกระดูก ดังนั้นการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านและการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกจึงเป็นการออกกำลังกายที่ให้ผลดีต่อการสร้างกระดูกของสตรีวัยทำงาน โดยการฝึกแอโรบิกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน และการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก เป็นการออกกำลังกายที่เหมาะสมต่อสตรีวัยทำงานโดยเป็นการออกกำลังกายที่เป็นรูปแบบที่น่าสนใจ และเป็นทางเลือกที่ดีในการออกกำลังกายในสตรีวัยทำงานเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายในด้านการเพิ่มการสร้างมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และช่วยลดปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุนของสตรีวัยทำงานได้ แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับความสามารถด้านการทรงตัวหลังการทดลอง ผลของการวิจัยคือกลุ่มฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านสามารถเพิ่มความสามารถด้านการทรงตัวได้ดี และมีค่าค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง กลุ่มควบคุม และกลุ่มการฝึกแบบใช้น้ำหนักเป็นแรงต้าน อีกทั้งยังพบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกการออกกำลังกายด้วยสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการทรงตัวบนพื้นแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการฝึกหลังการทดลองเพียงแค่ 8 สัปดาห์อีกด้วย ดังนั้นการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน จึงเป็นโปรแกรมการออกกำลังกายทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับสตรีวัยทำงานในด้านการพัฒนาความสามารถในการทรงตัว ซึ่งจะส่งผลให้ช่วยลดอุบัติการณ์กระดูกหักจากการหกล้มได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

แนะนำให้ออกกำลังกายสเตปแอโรบิก หรือสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน โดยเป็นการออกกำลังกายประเภทที่มีแรงกระทำจากพื้นสูงกว่าการออกกำลังกายแอโรบิกบนพื้นราบถึง 3 เท่าซึ่งจะส่งผลดีต่อการสร้างกระดูกของสตรีวัยทำงาน และควรคำนึงถึงความสูงของสเตปแอโรบิกไม่ควรเกิน 15 เซนติเมตร เพื่อความปลอดภัยต่อข้อเข่า หากสตรีวัยทำงานต้องการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการทรงตัว ควรออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน เนื่องจากสามารถพัฒนาความสามารถการทรงตัวที่ดีได้ ซึ่งเป็นแนวทางให้ กองออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข นำองค์ความรู้ด้านโปรแกรมการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านไปปรับใช้และถ่ายทอดองค์ความรู้ เพื่อให้สตรีวัยทำงานตระหนัก และดูแลปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพของตนเอง พร้อมทั้งนำผลวิจัยที่ได้มาเป็นแนวทางการออกกำลังกายที่พัฒนา สุขสมรรถนะ การทรงตัว และกระดูก ซึ่งจะช่วยลดอุบัติการณ์กระดูกหักจากการหกล้ม โดยเสนอแนะการออกกำลังกายที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้สตรีมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น และเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการรักษาทั้งของตนเองและประเทศชาติ

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาผลของกิจกรรมการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านในสตรีผู้สูงอายุต่อไป

2. ควรทำการศึกษาผลของกิจกรรมการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้น้ำหนัก หรือ กิจกรรมการออกกำลังกายรูปแบบอื่นๆ ที่มีต่อการสร้างมวลกระดูก หรือชะลอการสลายมวลกระดูกในกลุ่มผู้ป่วยโรคกระดูกพรุน

3. ควรทำการศึกษาผลของกิจกรรมการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน หรือการออกกำลังกายรูปแบบที่มีแรงกระทำจากพื้นที่มีผลต่อการสร้างของกระดูกในผู้ชาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กอบจิตต์ ลิมปพะยอม. (2543). วัยหมดระดู. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.

ฉกาจ ผ่องอักษร. (2552). ใน ณรงค์ บุณยะรัตเวช *(บรรณาธิการ),* ประชุมวิชาการ *Bone Forum 2009.* พิมพ์ครั้งที่ *1.* กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท์ เมดิคัส.

ไชยวัฒน์ นามบุญลือ ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร และณรงค์ บุณยะรัตเวช. (2554). การเปรียบเทียบผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนในร่มและกลางแจ้งต่อการสลายมวลกระดูกและวิตามินดีในหญิงวัยทำงาน. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ, ฉบับที่ 3, 77-87.

ณรงค์ บุณยะรัตเวช. (2552). ใน ณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), ประชุมวิชาการ Bone Forum 2009. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท์ เมดิคัส, 2552.

ณรงค์ บุณยะรัตเวช. (2554). ใน ณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), ประชุมวิชาการ Bone Forum 2011. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท์ เมดิคัส.

ณรงค์ บุณยะรัตเวช. (2556). ใน ณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), ประชุมวิชาการ Bone Forum 2013. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท์ เมดิคัส.

ณรงค์ บุณยะรัตเวช. (2557). ใน ณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), ประชุมวิชาการ Bone Forum 2014. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท์ เมดิคัส.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และเฉลิม ชัยวัชราภรณ์. (2540). สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทวี ทรงพัฒนาศิลป์. (2550). ใน ณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), ประชุมวิชาการ Bone Forum 2007. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท์ เมดิคัส.

นิมิต เตชไกรชนะ. (2543). ฮอร์โมนทดแทนในวัยหมดระดู ใน นิมิต เตชไกรชนะ (บรรณาธิการ) กรุงเทพฯ : บียอนด์ เอ็นเทอร์ไพรซ์ จำกัด.

นิมิต เตชไกรชนะ และกระเษียร ปัญญาคำเลิศ. (2543). ฮอร์โมนทดแทนในวัยหมดระดู ใน นิมิต เตชไกรชนะ (บรรณาธิการ). กรุงเทพฯ: บียอนด์ เอ็นเทอร์ไพรซ์ จำกัด.

บุญส่ง องค์พิพัฒนกุล. (2544). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์: โครงการวิจัยเรื่อง การป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนในคนไทย การหาอัตราการลดลงของความหนาแน่นของกระดูกในสตรีไทยหลังวัยหมดประจำเดือนและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง. คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี, มหาวิทยาลัยมหิดล.

บุปผา อินต๊ะแก้ว. (2544). ตัวกำหนดความเชื่อด้านสุขภาพและพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนของสตรีวัยหมดประจำเดือน. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภนารี พานเพียรศิลป์. (2541). สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

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

ยรรยงค์ พานเพ็ง และดรุณวรรณ สุขสม. (2553). ผลของการฝึกเต้นสเตปแอโรบิกร่วมกับการใช้แรงต้านต่อสุขสมรรถนะและระดับไขมันในเลือดในหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกิน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา, ฉบับที่ 1 ,103 -106.

วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ. (2538). ออร์โธปิดิกส์ (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ : โฆสิตการพิมพ์.

วิทวัส สุขแก้ว ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร และณรงค์ บุณยะรัตเวช. (2554). การเปรียบเทียบระหว่างผลของการฝึกเต้นแอโรบิกบนมินิแทรมโพลีนและบนพื้นแข็งต่อการสลายมวลกระดูก, สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในหญิงวัยทำงาน. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิศนียา ศิวพิทักษ์ และวสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล. (2552). ผลของการออกกำลังกายบนลู่วิ่งสายพานร่วมกับการออกกำลังกายแบบสั่นเป็นเวลา 12 สัปดาห์ต่อการสร้างและการสลายกระดูก. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิสุทธิ์ สุวิทยะศิริ. (2545). ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีมวลกายกับความหนาแน่นของมวลกระดูกของสตรีวัยหมดระดู. วชิรเวชสาร, 213-222.

สมชาย เอื้อรัตนวงศ์. (2544). โรคกระดูกพรุนในโรคข้อ. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.

สมพงษ์ สุวรรณวลัยกร. (2543). โรคกระดูกพรุน. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.

สิรินทร ฉันศิริกาญจนา. (2544). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์: โครงการวิจัยเรื่อง การป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนในคนไทย. ใน รัชตะ รัชตะนาวิน และคณะ , วิธีการรักษาโรคกระดูกพรุนในสตรีไทยวัยหมดประจำเดือน. คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล.

สุขจันทร์ พงษ์ประไพ. (2543). การออกกำลังกายและแนวทางป้องกันการหกล้มสำหรับผู้ป่วยโรคกระดูกพรุน. . กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์.

สุคนธ์ ไข่แก้ว. (2540). การดูแลตนเองเพื่อป้องกันโรคกระดูกพรุน. 15(1).

เสก อักษรานุเคราะห์. (2539). ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: เทคนิค.

เสก อักษรานุเคราะห์. (2543). โรคกระดูกโปร่งบาง กระดูกพรุน กระดูกทรุด (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: บี.เอ็ล.เอช. เทรดดิ้ง จำกัด.

หะทัย เทพพิสัย และอุรุษา เทพพิสัย. (2541). สตรีวัยหมดประจำเดือน. เชียงใหม่ (เอกสารประกอบการบรรยายเรื่อง Menopause: Health promoting clinic ณ โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว).

อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา. (2540). โรคกระดูกโปร่งบางกับวัยทอง. ภาควิชาสุขภาพจิตและการพยาบาลจิตเวช คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ภาษาอังกฤษ

ACSM. (2013). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.* (9). Pennsylvania: Lippincott Williams & Wilkin.

Aloia, J. F., Vaswani, A., Ma, R., & and Flaster, E. (1995). To what extend is bone mass determined by fat-free or fat mass. *American Journal of Clinical Nutrition,* 61(5), 1110-1114.

Anek, A., Kanungsukkasem, V., & Bunyaratavej, N. (2011). Effects of the circuit box jumping on bone resorption, health- related physical fitness and balance in premenopausal women. *Journal of Medical Association of Thailand,* 94 ,17-23.

Balducci, S., Leonetti, F., Mario, U. D., & Fallucca, F. (2004). Is a long-term aerobic plus resistance training program feasible on metabolic profiles in type 2 diabetic patients? *Diabetes Care,* 27(3), 841-842.

Barrett-Connor, E., Channg, J. C., & Edelstein, S. L. (1994). Coffee-associated osteoporosis offset by daily milk consumption. Journal of American Medical Association, 4, 280-283.

Bassey, E. J., Rothwell, M. C., Littlewood, J. J., & Pye, D. W. (1998). Pre- and postmenopausal women have different bone mineral density responses to the same high-impact exercise. *.Journal of Bone Mineral Research,* 13(12), 1805-1813.

Bemben, D. A., Fetters, N. L., & Koh, E. T. (2000). Musculoskeletal responses to high- and low-intensity resistance training in early postmenopausal women. *Bone .* 32, 1949–1957.

Bemben, D. A., Palmer, I. J., Bemben, M. G., & Knehans, A. W. (2010). Effects of combined whole-body vibration and resistance training on muscular strength and bone metabolism in postmenopausal women. *Bone,* 47, 650–656.

Chan, K. (2004). A randomized, prospective study of the effects of tai chi chun exercise on bone mineral density in postmenopausal women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,* 85*,* 717-722.

Christine, C., Janet, E., Kerri, J., & Kara, C. (2000). The Long-term exercise using weighted vests prevents hip bone loss in postmenopausal women. *Journals of Gerontology,* 55(9), 489-491.

Clary, S., Barnes, C., Bemben, D., & Knehans, A. (2006). High-Impact Exercise and Bones of Growing Girls: A 9-Month Controlled Trial. *J Sports Sci Med,* 5(3), 390–399.

Courteix, D., Lespessailles, E., Peres, S. L., Obert, P., Germain, P., & Benhamou, C. L. (1998). Effect of physical training on bone mineral density in prepubertal girls: a comparative study between impact-loading and non-impact-loading sports. *Osteoporos International,* 8(2), 152-158.

Cummings, S. R., & Melton, L. J. (2002). Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures. *Lancet,* 18, 1761-1767.

Cussler, E. C., Lohman, T., Going, S., & Houtkooper, L. (2003). Weight lifted in strength training predicts bone change in postmenopausal women. *Med Sci Sports,* 35(1), 100-107.

David, L. N. (2001). Resistance training and bone mineral density in adolescent females. *The Journal of Pediatrics,* 139(4), 473-475.

Deng, S. L. (2013). Muscle strength training helps to reduce bone loss in early postmenopausal women. *Science and Sport,* 28, 260-266.

Eid, M. A., Ibrahim, M. M., & Aly, S. M. (2014). Effect of resistance and aerobic exercises on bone mineral density, muscle strength and functional ability in children with hemophilia. *The Egyptian Journal of Medical Human Genetics.*

Erickson, T., & Christina, R. (2008). The effect of an eight-week jump training program on markers of bone turnover. *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 60, 75-76.

Fahlman, M. M., Boardley, D., Lambert, C. P., & Flynn, M. G. (2001). Effects of endurance training and resistance training on plasma lipoprotein profiles in elderly women. *The Journals of Gerontology,* 57(2), 54-60.

Fatouros, I. G., Kambas, A., Katrabasas, I., Nikolaidis, K., Chatzinikolaou, A., Leontsini, D., & Taxildaris, K. (2005). Strength training and detraining effects on muscular strength, anaerobic power, and mobility of inactive older men are intensity dependent. *Br J Sports Med,* 39, 776-780.

Friedel, K. L., Evans, R. K., & Moran, D. S. (2008). Stress Fracture and Military Medical Readiness: Bridging Basic and Applied Research. *MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE,* 1, 105-109.

Gillespie, L. D., Gillespie, W. J., Robertson, M. C., Lamb, S. E., Cumming, R. G., & Rowe, B. H. (2003). Interventions for preventing falls in elderly people. *Physiotherapy,* 89(12), 692-693.

Gunendi, Z. (2008). The effect of 4-week aerobic exercise program on postural balance in postmenopausal women with osteoporosis. *Rheumatol Int,* 28, 1217-1222.

Heinonen, A., Sievanen, H., Kannus, P., & Bemben, I. (2000). High-Impact Exercise and Bones of Growing Girls: A 9-Month Controlled Trial. *Osteoporos Int,* 11, 1010–1017.

Hinton, P. S., Mallinson, R. J., & Thomas, T. R. (2006). Weight-bearing, aerobic exercise increases markers of bone formation during short-term weight loss in overweight and obese men and women. *Metabolism Clinical and Experimental,* 55, 1616– 1618.

Humphries, B., Fenning, A., & Macrae, K. (2009). effects on bone mineral density in women with or without resistance training. *Aviat Space Environ Med,* 80, 1025–1031.

Jakicic, J. M., Marcus, B. H., & Lang, W. (2003). Effect of exercise duration and intensity on weight loss in overweight, sedentary women: a randomized trial. Journal of the American Medical Association, 290, 1323-1330.

Karabulut, M. (2011). Effects of high-intensity resistance training and low-intensity resistance training with vascular restriction on bone markers in older men, *Eur J Appl Physiol,* 111, 1659–1667.

Kelley, G. A., & Tran, Z. V. (2001). Resistance training and bone mineral density in women: a meta-analysis of controlled trials. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation,* 80(1), 65-77.

Kerr, D. (2001). Resistance training over 2 years increases bone mass in calcium-replete postmenopausal women. *Journal of Bone Mineral Research,* 16(1), 175-181.

Kerr, D., Ackland, T., Maslen, B., Morton, A., & Prince, R. (2001). Resistance training over 2 years increases bone mass in calcium-replete postmenopausal women. *J Bone Miner Res,* 16, 175-179.

Kligyte, I., Lundy-Ekman, L., & Medeiros, J. M. (2003). Relationship between lower extremity muscle strength and dynamic balance in people post-stroke. *MEDICINA,* 39(2), 122-127.

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

Kovacs, E., Toth, K., Denes, L., & Varasek, T. (2012). Effects of exercise programs on balance in older women with age-related visual problems: A pilot study. *Archives of Gerontology and Geriatrics,* 55, :446–452.

Lane, N. E. J. (2006). Epidemiology, etiology, and diagnosis of osteoporosis. . *Am.Obstet.Gynecol,* 194, S3–S11.

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

Marks, R., Allegrante, J. P., Ronald, C., & Lane, J. M. (2003). Hip fractures among the elderly: causes, consequences and control. *Ageing Research* 2(1), 57-93.

Marques, E. A., Mota, J., & Carvalho, J. (2013). Response of bone mineral density, inflammatory cytokines, and biochemical bone markers to a 32-week

combined loading exercise programme in older men and women. *Archives of Gerontology and Geriatrics,* 57, 226–233.

Marques, E. A., Wanderley, F., Sousa, F., & Carvalho, J. (2011). Effects of resistance and aerobic exercise on physical function, bone mineral density, OPG and RANKL in older women. *Experimental Gerontology,* 46, 524–532.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2000). *Essensials of exercise physiology*. United States of America: Lippincott William&Wilkins.

Milliken, L. A., Going, S. B., Houtkooper, L. B., Flint-Wagner, H. G., Figueroa, A., Metcalfe, L. L., Blew, R. M., Sharp, S. C., & Lohman, T. G. (2003). Effects of Exercise Training on Bone Remodeling, Insulin-Like Growth Factors, and Bone Mineral Density in Postmenopausal Women With and Without Hormone Replacement Therapy. *Calcif Tissue Int,* 72, 478–484.

Multanen, J., Nieminen, M., & Heinonen, A. (2014). Effects of High Impact Training on Bone and Articular Cartilage: 12 Month Randomized Controlled Quantitative MRI Study. . *Journal of Bone and Mineral Research,* 29(1), 192–201.

Newstead, A. H. (2004). The effect of a jumping exercise intervention on bone mineral density in post-menopausal women. . *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 36(5), 58s-59s.

Nindl, B. C., Lester, M. E., Urso, M. L., Evans, R. A., & Kraemer, W. J. (2009). Influence of exercise mode and osteogenic index on bone biomarker responses during short-term physical training. *Bone,* 45, 768–776.

Park, H., & Kim, K. J. (2008). Effect of combined exercise training on bone, body balance, and gait ability: a randomized controlled study in community-dwelling elderly women. *Journal of Bone and Mineral Metabolism,* 26(3), 254-259.

Peterson, J. A. (2001). Osteoporosis: overview. . *Geriatric Nursing,* 22(1), 17 - 21.

Poosuwan, M., Kritpet, T., & Yooktranundana, P. (2009). The effects of weight bearing yoga training on the bone resorption markers of the postmenopausal woman. *Journal of Medical Association of Thailand,* 92, 102-108.

Qin, L., et al. . (2002). Regular tai chi chuan exercise may retard bone loss in postmenopausal women: a case-controlStudy. . *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,* 83, 1355-1359.

Robyn, K., Fuchs, K., & Snow, T. (2002). Gains in hip bone mass from high-impact training are maintained: A randomized controlled trial in children. *The Journal of Pediatrics,* 141(3), 357-362.

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

Salamone, L. M., Cauley, J. A., Black, D. M., Simkin-Silverman, L., Lang, W., Gregg, E., Palermo, L., Epstein, R. S., Kuller, L. H., & Wing, R. (1999). Effect of a lifestyle intervention on bone mineral density in premenopausal women: a randomized trial. . *American Journal of Clinical Nutrition,* 70, 97-103.

Seo, B. D., Kim, B. J., & Singh, K. (2012). The comparison of resistance and balance exercise on balance and falls efficacy in older females. *European Geriatric Medicine,* 3, 312–316.

Singh, J. A., Schmitz, K. H., & Petit, M. A. (2009). Effect of resistance exercise on bone mineral density in premenopausal women. *Joint Bone Spine,* 76, 273–280.

Snow-Harter, C., Bouxsein, M. L., Lewis, B. T., Carter, D. R., & Marcus, R. (1992). Effects of resistance and endurance exercise on bone mineral status of young women: a randomized exercise intervention trial. *Journal of Bone Mineral Research* 7(7), 761-769.

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

Snow, C. M., Williams, D. P., Riviere, J., Fuchs, R. K., Robinson, T. L., & . (2001). Bone gains and losses follow seasonal training and detraining in gymnasts. *Calcified Tissues International,* 69(1), 7-12.

Stengel, S. V., Kemmler, W., & Pintag, R. (2005). Power training is more effective than strength training for maintaining bone mineral density in postmenopausal women. . *Journal of Applied Physiology,* 99, 181 – 188.

Strong, J. E., & Tucker, L. A. (2005). Effects of different jumping programs on hip and spine bone mineral density in premenopausal women. *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 37(5), 452-453.

Tosun, A. (2006). Acute effects of a single session of aerobic exercise with or without weight-lifting on bone turnover in healthy young women. *Modern Rheumatology,* 16(5), 300-304.

Tuntiwiboonchai, N., Kritpet, T., & Yuktanandana, P. (2011). A Comparison between the Effects of the Walking Exercise with and without Weighted Vests on Bone Resorption and Health-Related Physical Fitness in the Working Women. *J Med Assoc Thai,* 94(10).

Vuori, I. M. (2001). Dose-response of physical activity and low back pain, osteoarthritis, and osteoporosis. *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 33, 551-586.

Waltman, M. L. (2010). The effect of weight training on bone mineral density and bone turnover in postmenopausal breast cancer survivors with bone loss: a 24-month randomized controlled trial. *Osteoporos International,* 21, 1361–1369.

Wayne, P. M. (2007). The Effects of Tai Chi on Bone Mineral Density in Postmenopausal Women: A Systematic Review *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,* 88(5), 673–680.

Wei, S., Rebecca, S., & Grunfeld, C. (2012). Relationship between MRI-Measured Bone Marrow Adipose Tissue and Hip and Spine Bone Mineral Density in African-American and Caucasian Participants: The CARDIA Study. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism,* 97(4), 121-127.

WHO. (2000). *Research on the menopause* (866). Geneva: Author.

Wisloff, U., Støylen, A., Loennechen, J. P., Bruvold, M., Rognmo, O., Haram, P. M., Tjonna, A. E., & Skjærpe, T. (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients. *Circulation,* 115, 3086-3094.

Witzke, K. A., and Snow, C. M. . (2000). Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. . *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 32(6), 1051-1057.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมฯ

COA No. 088/2556

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 166.1/55	:	ผลของการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีผลต่อสารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน
ผู้วิจัยหลัก	:	นายอัจฉริยะ อเนก
หน่วยงาน	:	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

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

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

วันที่รับรอง : 15 พฤษภาคม 2556 **วันหมดอายุ** : 14 พฤษภาคม 2557

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

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

สชท โครงการวิจัย 166.1/55
วันที่รับรอง 15 พ.ค. 2556
วันหมดอายุ 14 พ.ค. 2557

เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ

2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องชุดิ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย

3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด

4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น

5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ

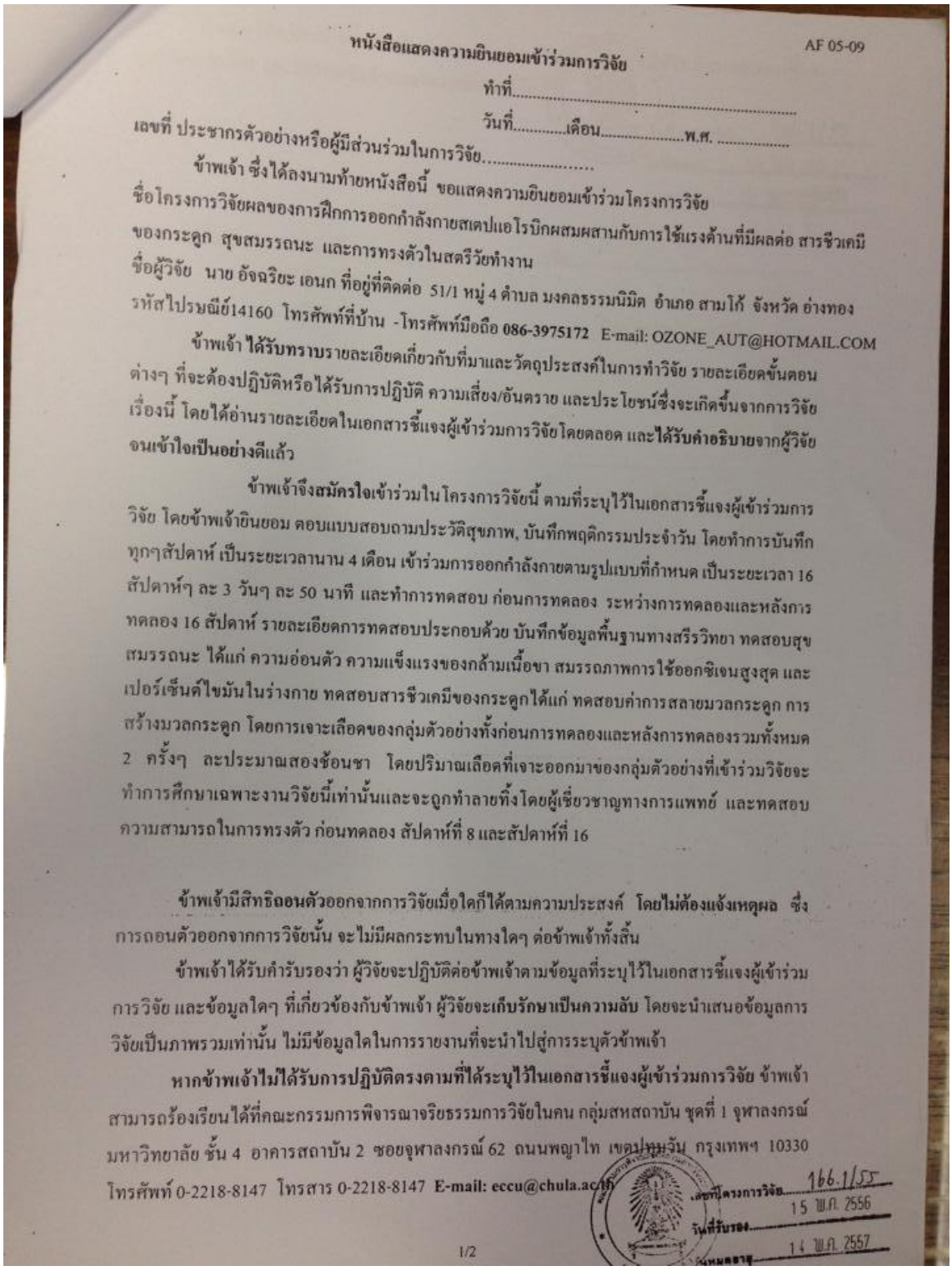
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ

7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-12) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

ภาคผนวก ข

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย



หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย AF 05-09

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัยผลของการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านที่มีผลต่อ สารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน

ชื่อผู้วิจัย นาย อัจฉริยะ เอนก ที่อยู่ที่ติดต่อ 51/1 หมู่ 4 ตำบล มงคลธรรมนิมิต อำเภอ สามโก้ จังหวัด อ่างทอง รหัสไปรษณีย์14160 โทรศัพท์ที่บ้าน -โทรศัพท์มือถือ 086-3975172 E-mail: OZONE_AUT@HOTMAIL.COM

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

ข้าพเจ้า**จึงสมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอม ตอบแบบสอบถามประวัติสุขภาพ, บันทึกพฤติกรรมประจำวัน โดยทำการบันทึกทุกๆสัปดาห์ เป็นระยะเวลานาน 4 เดือน เข้าร่วมการออกกำลังกายตามรูปแบบที่กำหนด เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆ ละ 50 นาที และทำการทดสอบ ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลองและหลังการทดลอง 16 สัปดาห์ รายละเอียดการทดสอบประกอบด้วย บันทึกข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา ทดสอบสุขสมรรถนะ ได้แก่ ความอ่อนตัว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ทดสอบสารชีวเคมีของกระดูกได้แก่ ทดสอบค่าการสลายมวลกระดูก การสร้างมวลกระดูก โดยการเจาะเลือดของกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลองรวมทั้งหมด 2 ครั้งๆ ละประมาณสองช้อนชา โดยปริมาณเลือดที่เจาะออกมาของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยจะทำการศึกษาเฉพาะงานวิจัยนี้เท่านั้นและจะถูกทำลายทิ้งโดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ และทดสอบความสามารถในการทรงตัว ก่อนทดลอง สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 16

ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

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

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

เลขที่โครงการวิจัย 166.1/55

วันที่รับรอง 15 พ.ค. 2556

วันหมดอายุ 14 พ.ค. 2557

1/2

AF 05-09

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ซึ่งในขณะนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

รหัสโครงการวิจัย 166.1/55

วันที่รับรอง 15 พ.ค. 2556

วันหมดอายุ 14 พ.ค. 2557

ลงชื่อ.....
(นาย อัจฉริยะ เอนก)
ผู้วิจัยหลัก

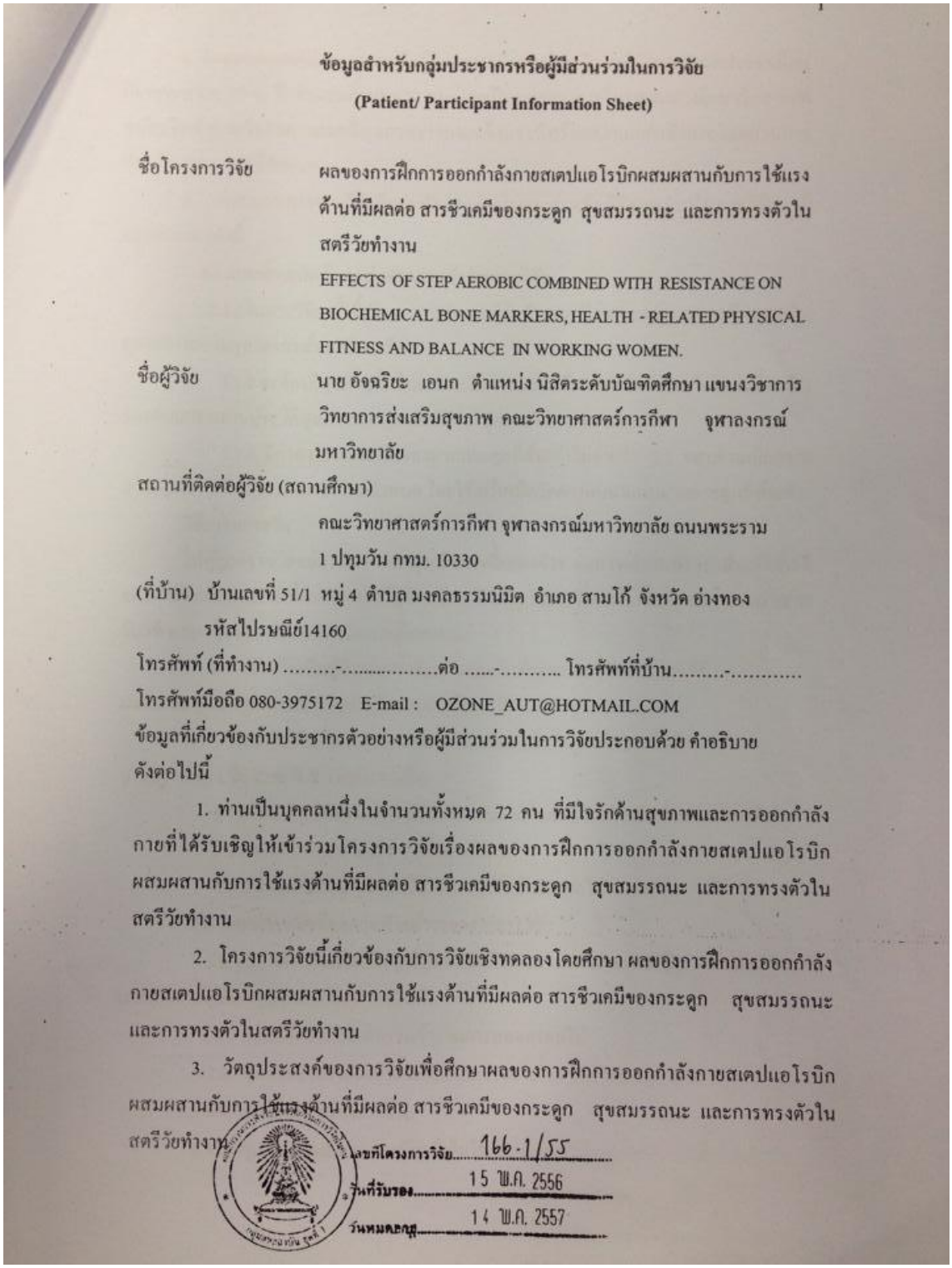
ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

ภาคผนวก ค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัย



ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

(Patient/ Participant Information Sheet)

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงด้านที่มีผลต่อ สารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน

EFFECTS OF STEP AEROBIC COMBINED WITH RESISTANCE ON BIOCHEMICAL BONE MARKERS, HEALTH - RELATED PHYSICAL FITNESS AND BALANCE IN WORKING WOMEN.

ชื่อผู้วิจัย นาย อัจฉริยะ เอนก ตำแหน่ง นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา แขนงวิชาการวิทยาการส่งเสริมสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (สถานศึกษา)

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระราม 1 ปทุมวัน กทม. 10330

(ที่บ้าน) บ้านเลขที่ 51/1 หมู่ 4 ตำบล มงคลธรรมนิมิต อำเภอ สามโก้ จังหวัด อ่างทอง รหัสไปรษณีย์14160

โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) .....-.....ต่อ .....-..... โทรศัพท์ที่บ้าน.....-.....

โทรศัพท์มือถือ 080-3975172 E-mail : OZONE_AUT@HOTMAIL.COM

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยประกอบด้วย คำอธิบาย ดังต่อไปนี้

1. ท่านเป็นบุคคลหนึ่งในจำนวนทั้งหมด 72 คน ที่มีใจรักด้านสุขภาพและการออกกำลังกายที่ได้รับเชิญให้เข้าร่วมโครงการวิจัยเรื่องผลของการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงด้านที่มีผลต่อ สารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน

2. โครงการวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการวิจัยเชิงทดลองโดยศึกษา ผลของการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงด้านที่มีผลต่อ สารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงด้านที่มีผลต่อ สารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยทำงาน

เลขที่โครงการวิจัย 166-1/55

วันที่รับรอง 15 พ.ค. 2556

วันหมดอายุ 14 พ.ค. 2557

4. ลักษณะของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย คือ สตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน มีอายุระหว่าง 35-45 ปี จำนวนทั้งหมด72 คน โดยเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการและมีสุขภาพร่างกายแข็งแรงที่พร้อมจะออกกำลังกายโดยผ่านการประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนด

5. กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย มีกระบวนการดังนี้

5.1 เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

5.1.1ในการวิจัยครั้งนี้เป็นอาสาสมัครสตรีวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี และเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.2 จะต้องมีสุขภาพที่แข็งแรงและมีความพร้อมที่จะออกกำลังกาย โดยการประเมินจากแบบสอบถามประวัติสุขภาพและคุณสมบัติทั่วไปก่อนเข้าร่วมการทดลอง

5.1.3 มีค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้าไม่ต่ำกว่า -2.5 ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่องค์การอนามัยโลกกำหนด โดยใช้เครื่องมือวัดความหนาแน่นมวลกระดูกที่ส้นเท้า

วิธีการตรวจวัด

ให้ผู้ถูกตรวจวัดถอดรองเท้าและถุงเท้าออกทั้งสองข้าง และวางตำแหน่งของส้นเท้าข้างที่จะวัดให้ชิดกับตำแหน่งที่กำหนด (วัดได้ทีละข้าง) โดยผู้ถูกตรวจวัดจะต้องนิ่งอยู่เฉยๆ ประมาณ 30 วินาที และเครื่องตรวจจะทำการวิเคราะห์ออกมา

5.1.4 ต้องไม่เป็นผู้ที่สูบบุหรี่ ดื่มสุรา และรับประทานยาหรือฮอร์โมนที่มีผลต่อกระดูกมาก่อนการเข้าร่วมการศึกษาอย่างน้อย 1 ปี

5.1.5 ต้องไม่ดื่ม ชา และหรือกาแฟดำโดยเฉลี่ยที่มากกว่า 2 แก้ว/ถ้วยมาตรฐานต่อ 1 วัน (250 ซี.ซี. เท่ากับ 1 แก้ว)

5.1.6ไม่มีประวัติของการป่วยเป็นโรคตับและโรคไต โรคข้อเข่าเสื่อมและโรคหัวใจ

5.1.7 ออกกำลังกายไม่เกิน 2 ครั้งต่อสัปดาห์

5.1.8 น้ำหนักตัวอยู่ในเกณฑ์ไม่อ้วน (ค่าดัชนีมวลกายไม่เกิน30)

5.2 เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

5.2.1 กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

5.2.2 กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจเข้าร่วมการทดลองต่อไป

5.2.3 กลุ่มตัวอย่างมาออกกำลังกายน้อยกว่า 40 ครั้ง จากทั้งหมด 48 ครั้ง

5.3 ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

5.3.1 กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครที่เต็มใจเข้าร่วมการวิจัยและได้รับการชี้แจงรายละ

เลขที่โครงการวิจัย 166.1/55
15 พ.ค. 2556

เอียดที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการวิจัยต่างๆ อย่างละเอียด พร้อมทั้งลงชื่อในใบยินยอมเพื่อเข้าร่วมทำการทดลอง

5.3.2กลุ่มทดลองต้องไม่ทำการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านเพิ่มเติมและกลุ่มควบคุมให้ความร่วมมือในการใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ

5.3.5 ผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมในการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านด้วยตนเองทุกครั้ง

5.3.6 ใช้สถานที่ของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาเป็นที่สำหรับกลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิก มีช่วงเวลาที่ทำการฝึกตั้งแต่เวลาประมาณ 16.30-17.20 น. กลุ่มการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน มีช่วงเวลาในการฝึกคือ 17.25 – 18.15 น.และกลุ่มการฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีช่วงเวลาการฝึกคือ 18.20- 19.10 น.

5.3.7 ใช้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เลือดทางชีวเคมีเพื่อหาค่าการสลายมวลกระดูก ค่าไบนเทิร์นโอเวอร์ของกระดูกและค่าการสร้างมวลกระดูกของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

5.4 วิธีดำเนินการวิจัย

5.4.1 รับสมัครอาสาสมัครและทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยผ่านแบบคัดกรองอาสาสมัคร

5.4.2 จัดประชุมกลุ่มตัวอย่างโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการเพื่อชี้แจงรายระเอียดที่เกี่ยวกับขั้นตอนการวิจัยให้กับกลุ่มตัวอย่างพร้อมทั้งลงชื่อในใบยินยอมเพื่อเข้าร่วมทำการทดลอง

5.4.3ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลาก เข้ากลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน กลุ่มการฝึกออกกำลังกายสเตปแอโรบิก กลุ่มการฝึกออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านและกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม กลุ่มละ 18 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 72 คน

5.4.4 ดำเนินการเจาะเลือดของกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลองรวมทั้งหมด 2 ครั้งๆ ละประมาณหนึ่งช้อนชา

5.4.5 กลุ่มทดลองทำการฝึกการออกกำลังกายเป็นเวลา 16 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆ ละ 50นาที กลุ่มควบคุมให้ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติและตามข้อตกลงเบื้องต้น

5.4.6 ทดสอบสุขสมรรถนะ ได้แก่ ความอ่อนตัว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ทดสอบค่าการสลายมวลกระดูก การสร้างมวลกระดูก และทดสอบความสามารถในการทรงตัว ก่อนทดลอง สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 16 และบันทึกประจำวัน

การเตรียมผู้ทดสอบ

1. ให้ผู้ทดสอบกรอกแบบสอบถามประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย
2. อธิบายรายละเอียดการทดสอบประเภทต่างๆ ให้ผู้ทดสอบได้รับทราบก่อน

เลขที่โครงการวิจัย 166.1/55
วันที่รับรอง 15 พ.ค. 2556

3. ผู้ทดสอบควรได้รับคำแนะนำให้ปฏิบัติดังนี้

- สวมใส่เสื้อผ้าที่สบาย หลวม และเหมาะสมกับการทดสอบ
- ตลอดช่วง 1 วันก่อนการทดสอบให้ดื่มน้ำให้พียงพอ
- ให้งดอาหารก่อนการทดสอบทดสอบ อย่างน้อยที่สุด 3 ชั่วโมง
- ในวันที่ทำการทดสอบให้งดการออกกำลังกาย หรือเคลื่อนไหวที่ทำให้เหนื่อยมาก
- ในคืนก่อนการทดสอบ นอนหลับให้เพียงพอ ประมาณ 6-8 ชั่วโมง

6. ความเสี่ยงของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยที่อาจจะได้รับจากการเข้าร่วมวิจัยมีดังนี้

<u>ความเสี่ยงจากการเจาะเลือด</u> การเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำที่แขนมักจะทำให้เจ็บขณะแทงเข็ม และอาจเป็นรอยเขียวช้ำได้หรือมีการติดเชื้อบริเวณที่เข็มแทงได้ กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยบางคนอาจเวียนศีรษะ มึนงงหรืออาจจะเป็นลมได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายการวิเคราะห์ผลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้เท่านั้น

อนึ่ง ปริมาณเลือดที่เจาะออกมาของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยจะทำการศึกษาเฉพาะงานวิจัยนี้เท่านั้นและจะถูกทำลายทิ้งโดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ หากกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยต้องการทราบผลการตรวจเลือดอื่นๆ ที่นอกเหนือจากการวิจัยนี้กรุณาแจ้งความจำนงต่อผู้วิจัยพร้อมทั้งต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการตรวจเลือดเพื่อวิเคราะห์ผลนั่นๆ เอง

<u>ความเสี่ยงจากการฝึกการออกกำลังกาย</u> ในขณะที่ทำการฝึกกลุ่มตัวอย่างการออกกำลังกายอาจรู้สึกปวดเมื่อยตามร่างกายหรือรู้สึกอึดอัดหายใจไม่สะดวก แต่อาการดังกล่าวจะหายไปในเวลาอันสั้น ทั้งนี้ก่อนและหลังจากการฝึกการออกกำลังกายทุกครั้งจะมีการอบอุ่นร่างกายและการผ่อนคลายร่างกายเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้น หากพบว่ามีการบาดเจ็บเกิดขึ้นระหว่างการฝึกการออกกำลังกาย กลุ่มตัวอย่างสามารถหยุดพักได้ทันที และควรแจ้งต่อผู้วิจัยโดยเร็วเพื่อดำเนินการปฐมพยาบาลตามความเหมาะสมของอาการ โดยมีผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษา

7. การเข้าร่วมเป็นกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

8. กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัย หากมีข้อสงสัยสามารถสอบถามเพิ่มเติมได้ โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

9. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มตัวอย่างจะเก็บเป็นความลับ และหากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม

เลขที่โครงการวิจัย 166.1/55
วันที่รับรอง 15 พ.ค. 2556
วันหมดอายุ 14 พ.ค. 2557

10. ประโยชน์ของกลุ่มตัวอย่างที่จะได้รับจากการเข้าร่วมวิจัย คือ กลุ่มฝึกการออกกำลังกาย ได้รับโปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของสตรีวัยทำงาน ส่วนกลุ่มควบคุมจะได้รับโปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายหลังการทดลองเสร็จสิ้น โดยสิ่งที่กลุ่มควบคุมต้องทำเมื่อเข้าร่วมโครงการวิจัยคือบันทึกประจำวัน ลงบันทึกสัปดาห์ละหน ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับค่าเดินทางในการไปเจาะเลือดที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ทั้งหมด 3 ครั้งๆ ละ 100 บาท รวมเป็นเงินทั้งสิ้น300 บาทต่อคน พร้อมทั้งได้รับอาหารบำรุงร่างกายหลังจากการเจาะเลือด เช่น นม กล่อง ขนม เป็นต้น

11. กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการวิจัย หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าว สามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน 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

เอกสารโครงการวิจัย 166.1/55

วันที่รับรอง 15 พ.ค. 2556

วันหมดอายุ 14 พ.ค. [illegible]

ภาคผนวก ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบคัดกรองอาสาสมัคร

วันที่ทำการคัดกรอง...../...../.....

อายุ.....ปี

<u>กรุณาทำเครื่องหมายถูกลงในช่องที่ถูกต้อง</u>

<u>สำหรับเจ้าหน้าที่ดำเนินการคัดกรอง</u>

1. ยังคงมีประจำเดือนอย่างสม่ำเสมอ หรืออาจพบว่าประจำเดือนขาดหายไปบ้างบางครั้งแต่ไม่เกิน 3 เดือน	☐ ไม่ใช่	☐ใช่
2. อายุอยู่ระหว่าง 35 -45 ปี	☐ไม่ใช่	☐ใช่
3. ไม่ดื่มหรืองดดื่มสุรามาแล้วมากกว่า 1 ปี	☐ไม่ใช่	☐ใช่
4. ไม่ดื่มชา หรือกาแฟดำเกิน 2 ถ้วยมาตรฐานต่อวัน	☐ไม่ใช่	☐ใช่
5. มีค่าความหนาแน่นของกระดูกที่ส้นเท้าไม่ต่ำกว่า -2.5 SD	☐ไม่ใช่	☐ใช่
6. ไม่ได้รับฮอร์โมนทดแทน	☐ไม่ใช่	☐ใช่
7. ไม่ได้รับยาที่มีผลต่อกระดูก		
8. ไม่สูบหรือเลิกสูบบุหรี่มาแล้วมากกว่า 1 ปี	☐ไม่ใช่	☐ใช่
9. สามารถเข้าร่วมโครงการเป็นเวลานาน 4 เดือน	☐ไม่ใช่	☐ใช่
10. กลุ่มตัวอย่างไม่มีประวัติของการผ่าตัดมดลูกออก	☐ไม่ใช่	☐ใช่
11. กลุ่มตัวอย่างไม่มีประวัติของการผ่าตัดรังไข่ออก	☐ไม่ใช่	☐ใช่
12. กลุ่มตัวอย่างไม่มีประวัติของการเป็นโรคตับและโรคไต โรคข้อเข่าเสื่อมและโรคหัวใจ	☐ไม่ใช่	☐ใช่

<u>หมายเหตุ</u> ในกรณีที่มีการทำเครื่องหมายใน ☐ ช่อง **ไม่ใช่** หมายถึง อาสาสมัครไม่สามารถเข้าร่วมโครงการวิจัย

สรุปผลการคัดกรอง ☐ สามารถเข้าร่วมโครงการ ☐ ไม่สามารถเข้าร่วมโครงการ

ลงชื่อผู้ดำเนินการคัดกรอง.....(ตัวบรรจง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ

แบบสอบถามประวัติสุขภาพและคุณสมบัติทั่วไป

กรุณาตอบแบบสอบถามให้ครบทุกข้อ โปรดใช้เวลาประมาณ 10 นาที อ่านและตอบแบบคำถามแต่ละข้อให้ถูกต้องตามความเป็นจริงโดยขีดเครื่องหมายถูกลงในช่องว่าง □ ที่คุณเห็นว่าตรงกับลักษณะของคุณมากที่สุดและเติมรายละเอียดลงในช่องว่างต่อไปนี้

1. รหัส.....

2. ประวัติของ มารดา บิดา เคยกระดูกหักจากการหกล้มเล็กน้อย หรือ ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคกระดูกพรุนหรือไม่

□เคย □ ไม่เคย

3. ประวัติของคุณเคยกระดูกหักจากการล้มเล็กน้อยเมื่อเป็นผู้ใหญ่แล้ว

□ เคย □ ไม่เคย

4. ประวัติการมีประจำเดือน

□ สม่ำเสมอ □ ไม่สม่ำเสมอ

ปริมาณประจำเดือน □ ปกติ □มากกว่าปกติ

เริ่มมีประจำเดือนเมื่ออายุ.....ปี

5. ได้รับฮอร์โมนทางเพศเสริมหรือไม่

□ ไม่รับ □ ได้รับ

รูปแบบของยาฮอร์โมนเพศที่ได้รับ

□ ยากิน □ ยาทา

6. การออกกำลังกาย

□ ไม่เคย □ เคย โดย □เป็นบางครั้ง □สม่ำเสมอ

ชนิดการออกกำลังกาย.....

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

7. ท่านเคยใช้ยาในข้อใดเป็นประจำ

□ ไม่เคยใช้ยาชนิดใดเป็นประจำ เคย □ ธัยรอยด์ฮฮร์โมน

□ สเตียรอยด์ □ ยากันชัก

□อื่น..... □ไม่ทราบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฉ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR-Q)		
อายุ ____ ปี ความดันโลหิต (ค่าบน/ค่าล่าง) ____ / ____		
โปรดตอบคำถามดังต่อไปนี้	ไม่เคย	เคย
1. แพทย์ที่เคยตรวจรักษาบอกหรือไม่ว่า ท่านมีความผิดปกติของหัวใจ และควรออกกำลังกายภายใต้คำแนะนำของแพทย์เท่านั้น		
2.ท่านมีความรู้สึกแน่นบริเวณหน้าอก ขณะที่ออกกำลังกายหรือไม่		
3.ในเดือนที่ผ่านมา ท่านมีอาการเจ็บหน้าอก ขณะที่อยู่ปกติเฉยๆโดยไม่ได้ออกกำลังกายหรือไม่		
4.ท่านมีอาการสูญเสียการทรงตัว (ยืนหรือเดินเซ) เนื่องจากมีอาการวิงเวียนศีรษะหรือไม่ หรือท่านเคยเป็นลมหมดสติหรือไม่		
5.ท่านมีปัญหากระดูกหรือข้อต่อ ซึ่งจะมีอาการแย่ลง ถ้าออกกำลังกายหรือไม่		
6.แพทย์ที่ตรวจรักษามีการสั่งยารักษาความดันโลหิต หรือความผิดปกติของหัวใจให้ท่านหรือไม่		
7.ท่านมีความรู้สึกหายใจติดขัด และมีอาการหอบหืด ขณะท่านออกกำลังกายหรือไม่		
สรุปคำแนะนำ		
สรุปข้อมูลของท่าน พบความเสี่ยงรวม___ ข้อ		
** สรุปคำแนะนำ หมายเหตุ อาการที่ควรหยุดพัก หรือเลื่อนการออกกำลังกายไปก่อน (1) รู้สึกไม่ค่อยสบาย ครั่นเนื้อครั่นตัว เช่นเป็นหวัดหรือมีไข้ ควรหยุดพักผ่อนจนรู้สึกดีขึ้น (2) ถ้าตอบว่าเคยอย่างน้อยข้อใดข้อหนึ่ง ควรปรึกษาแพทย์ก่อนที่จะออกกำลังกาย		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ช

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกข้อมูลการดำเนินชีวิตประจำวันระหว่างการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง เป็นเวลานาน 4 เดือน

1. รหัส.....

2. ประวัติของการได้รับฮอร์โมนเพศ

☐ไม่ได้รับ ☐ได้รับ

3. ประวัติของการดื่มเครื่องดื่ม

3.1 ☐ ชา/กาแฟดำ

☐ ไม่ดื่ม ☐ ดื่มไม่สม่ำเสมอ อย่างน้อย....แก้ว/ถ้วย ต่อสัปดาห์

☐ ดื่มสม่ำเสมอ....แก้ว/ถ้วย ต่อวัน

3.2 ☐ น้ำอัดลม

☐ ไม่ดื่ม ☐ ดื่มไม่สม่ำเสมอ อย่างน้อย....แก้ว ต่อเดือน

☐ ดื่มสม่ำเสมอ....แก้ว ต่อวัน

3.3 ☐ นม

☐ ไม่ดื่ม ☐ ดื่มไม่สม่ำเสมอ อย่างน้อย....แก้ว ต่อสัปดาห์

☐ดื่มสม่ำเสมอ....แก้ว ต่อวัน

4. ประวัติของการออกกำลังกาย

☐ ไม่ได้ออกกำลังกาย ☐ ออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ

☐ ออกกำลังกายสม่ำเสมอ

ชนิดของการออกกำลังกาย.....

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

5. ประวัติของการรับประทานแคลเซียมและผลิตภัณฑ์จากแคลเซียม

☐ ไม่รับประทาน ☐ รับประทานไม่สม่ำเสมอ

☐ รับประทานสม่ำเสมอ

ภาคผนวก ซ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน

หลักการและเหตุผล

สตรีโดยทั่วไปมีแนวโน้มที่จะเกิดการสลายมวลกระดูกเร็วกว่าผู้ชายอันเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโรคกระดูกพรุนในเวลาต่อมา โดยจะมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดกระดูกหัก ยุบตัว หรือหลังคดงอได้ง่ายเมื่อมีการหกล้มที่ไม่รุนแรง นอกจากนั้นแล้วยังต้องเผชิญปัญหาด้านต่างๆอีกอาทิเช่นปัญหาด้านการทรงตัว (Balance) ซึ่งหากการทรงตัวไม่ดี จะทำให้เกิดปัญหาการหกล้ม และกระดูกหักตามมา และยังมีปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญอย่างอื่นอีกคือ ปัญหาทางด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และระบบการหายใจและไหลเวียนโลหิต ทำให้ส่งผลต่อสุขภาพทางกาย,สภาพจิตใจ, อารมณ์ และสังคมเป็นอย่างมาก ตลอดจนเป็นปัญหาด้านภาวะการพึ่งพิงของบุคคลรอบข้างและจะต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายอย่างมหาศาลในการรักษาด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงขอเสนอทางเลือกใหม่ในการช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกของสตรีวัยก่อหมดประจำเดือน พร้อมทั้งเพิ่มสุขสมรรถนะและการทรงตัว ในคราวเดียวกัน ด้วยโปรแกรมการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านของการวิจัยนี้

วัตถุประสงค์

เพื่อเสริมสร้างกระดูก หรือช่วยชะลอการสลายของกระดูก เพิ่มสุขสมรรถนะ และการทรงตัวของสตรีวัยทำงาน

รูปแบบและระยะเวลาในการฝึก

การฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านโดยความหนักของการออกกำลังกายคือ 60%-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 30-40 นาที โดยผู้วิจัยมีการทำโครงการศึกษานำร่อง(Pilot study) เพื่อปรับความหนักของโปรแกรมการฝึกและตรวจสอบความเหมาะสมของความสูงของสเตป ขณะออกกำลังกายทำการคาดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ประกอบกับมีการเตรียมความพร้อมของร่างกายด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบชนิดคงนิ่ง (Static) ทั้งก่อนและหลังการฝึกเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจจะเกิดขึ้นดังรายละเอียดต่อไปนี้

คุณภาพของโปรแกรมการฝึกการออกกำลังกาย

จากการตรวจสอบโปรแกรมการออกกำลังกายทั้ง 3 โปรแกรมพบว่ามีค่าของความตรงหรือดัชนีความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน อยู่ในช่วง 0.5 – 1.0 และมีค่าความสัมพันธ์ของความเที่ยงแบบวัดซ้ำ (Test and retest) ของอัตราการเต้นหัวใจขณะฝึกการออกกำลังกาย คือ โปรแกรม

การฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้านมีค่า 0.881 โปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายสเตปแอโรบิกมีค่า 0.893 และโปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านมีค่า 0.910

รูปแบบและระยะเวลาในการฝึก

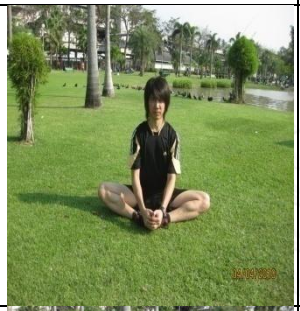
กิจกรรม	วัตถุประสงค์	เวลา
1. ช่วงอบอุ่นร่างกาย (warm up) อบอุ่นร่างกายด้วยการเดิน (Dynamic warm up)และยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบคงที่ (Static stretching)	1. เพื่อเตรียมความพร้อมของร่างกายและป้องกันการบาดเจ็บ	10 นาที
2. ช่วงฝึก (Work out)โดยปฏิบัติตามโปรแกรม การออกกำลังกายสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน	2. เพื่อสร้างมวลกระดูก เพิ่มสุขสมรรถนะ และความสามารถในการทรงตัว	30 - 40 นาที
3. ผ่อนคลายร่างกาย (Cool down) โดย การเดิน และ ยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบคงที่ (Static stretching)	3. เพื่อปรับสภาพร่างกายกลับคืนสู่ภาวะปกติ และลดอาการปวดเมื่อย	10 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ช่วงอบอุ่นร่างกาย (Warm up)

จะเป็นการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว (Dynamic warm up) ด้วยการย่ำเท้าอยู่กับที่ 6 นาที แล้วยืดเหยียดกล้ามเนื้อชนิดคงนิ่งไว้ประมาณ 15 วินาที จำนวน 8 ท่าประกอบด้วย

เนื้อหา			
1.โปรแกรมการ Warm-up ทั้งหมด 10 นาที ดังนี้			
1.1 ย่ำเท้าอยู่กับที่ 6 นาที แล้วตามด้วยข้อ 1.2			
1.2 ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static stretching) 4 นาที ดังนี้			
ลำดับ/ชื่อท่า	**ท่า**	**กล้ามเนื้อที่ใช้**	**เวลาที่ใช้**
1.2.1 ท่ายืนยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา (Standing quadriceps stretch)		กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadricep group)	ข้างละ 15 วินาที
1.2.2 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อไอลิโอโซแอส (Kneeling iliopsoas stretch)		กล้ามเนื้อขาด้านหน้า เร็คตัส ฟีมูลิส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อไอลิโอโซแอส (Iliopsoas)	ข้างละ 15 วินาที
1.2.3 ท่านั่งก้มตัว (Seated hamstring stretch)		กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring group) กล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius) กล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (Lower back)	ข้างละ 15 วินาที

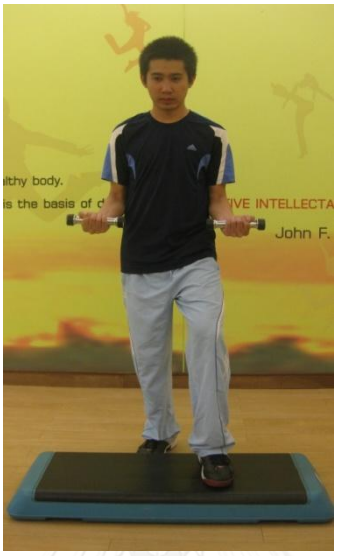
ลำดับ/ชื่อท่า	ท่า	กล้ามเนื้อที่ใช้	เวลาที่ใช้
1.2.4 ท่านั่งบิดตัว (Seated rotation)		กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring group) กล้ามเนื้อบริเวณก้น (Gluteus maximus) กล้ามเนื้อสะโพก (Deep lateral hip rotators)	ข้างละ 15 วินาที
1.2.5 ท่านั่งยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มแอดดัคเตอร์(Seated Adductor Stretch)		กล้ามเนื้อต้นขาด้านใน (Adductor group)	ทำ 2 ครั้ง ครั้งละ 15 วินาที
1.2.6 ท่านอนหงายเข่าชิดอก (Supine Legs to chest)		กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring group) กล้ามเนื้อบริเวณก้น (Gluteus maximus)	ข้างละ 15 วินาที
1.2.7 ท่ายืนยืดเหยียดกล้ามเนื้อน่อง (Standing Gastroc nemius stretch)		กล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius) กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus)	ข้างละ 15 วินาที
1.2.8 ท่ายืนยืดเหยียดกล้ามเนื้ออก และกล้ามเนื้อหัวไหล่ (Standing chest and shoulder stretch)		กล้ามเนื้ออก (Pectoralis major) กล้ามเนื้อไหล่ (deltoid)	ข้างละ 15 วินาที

ช่วงการฝึก (Work out)

1) โปรแกรมการฝึกสเตปแอโรบิกผสมผสานกับการใช้แรงต้าน

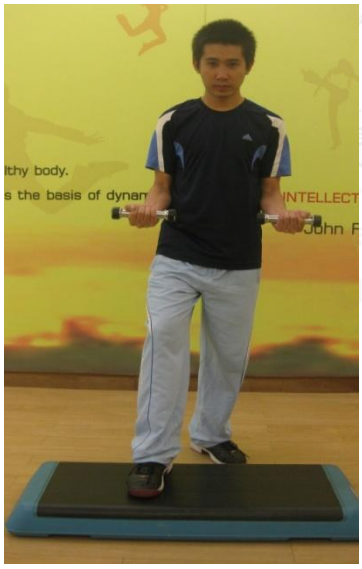
1.1) เบสิคสเตปวิทดัมเบลรีซิสแทนซ์ (Basic step with dumbells resistance)

1

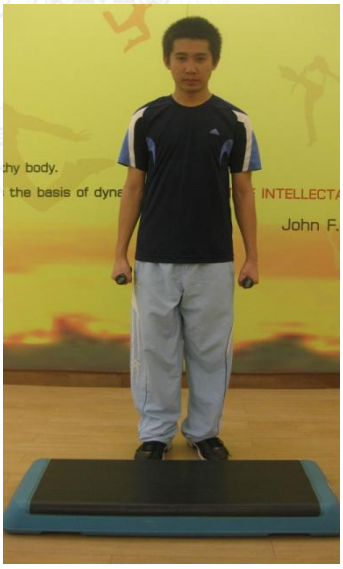


2

3



4



5

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ก้าวขาซ้ายขึ้นสเตปพร้อมกับยกดัมเบลขึ้นในท่า ไบเซ็พ เคิร์ล (Biceps curl)

3. ก้าวขาขึ้นสเตปทั้งสองข้างพร้อมกับยกดัมเบลขึ้นในท่า ไบเซ็พ เคิร์ล (Biceps curl)

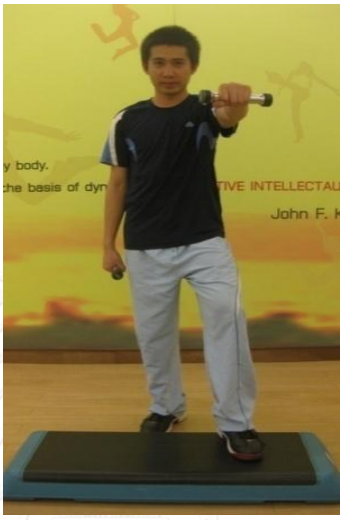
4. ก้าวขาซ้ายลงสเตปพร้อมลดดัมเบลสู่ท่าเดิม

5. `ก้าวขาทั้งสองข้างลงสเตปพร้อมลดดัมเบลสู่ท่าเดิม

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

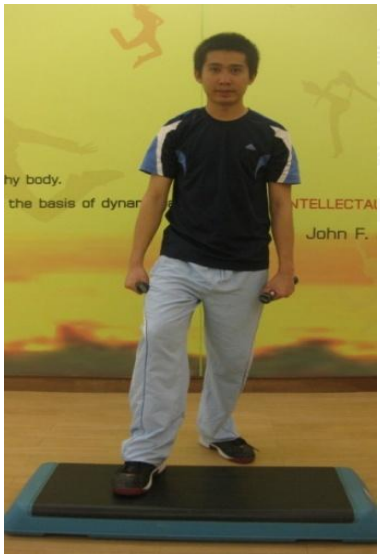
1.2) วีสเตปวิทดัมเบลรีซิสแทนซ์ (V step with dumbells resistance)

1

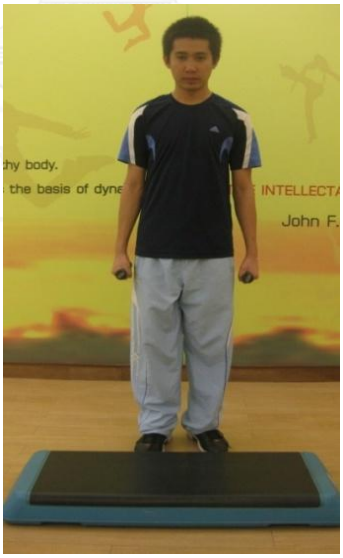


2

3



4



5

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ก้าวขึ้นสเตปในท่ารูปตัววี พร้อมกับยกดัมเบลขึ้นด้วยแขนซ้ายในท่า โชลเดอร์ เรส (Shoulder raise)

3. ก้าวขึ้นสเตปในท่ารูปตัววี พร้อมกับยกดัมเบลขึ้นด้วยแขนขวาในท่า โชลเดอร์ เรส (Shoulder raise)

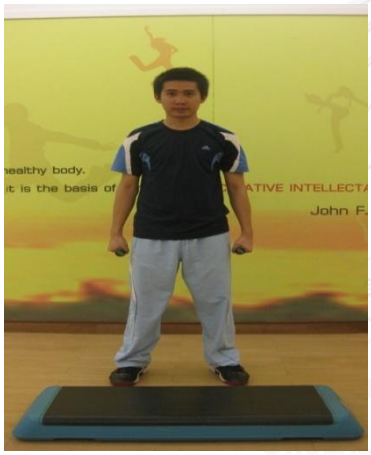
ก้าวลงสเตปพร้อมลดดัมเบลสู่ท่าเดิม

4. ก้าวขาข้างซ้ายดลงสเตปพร้อมลดดัมเบลสู่ท่าเดิม

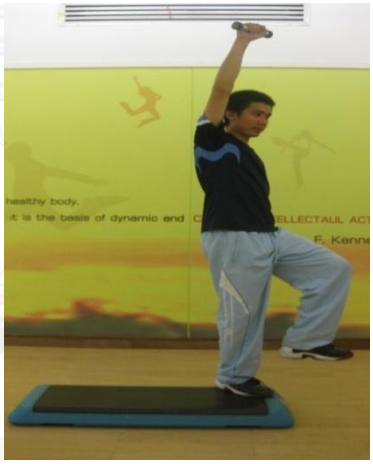
5. `ก้าวขาทั้งสองข้างลงสเตปพร้อมลดดัมเบลสู่ท่าเดิม

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

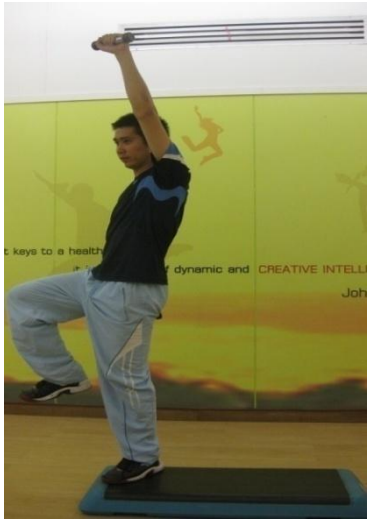
1.3) สเตปนีวิทดัมเบลรีซิสแทนซ์ (Step knee with dumbells resistance)



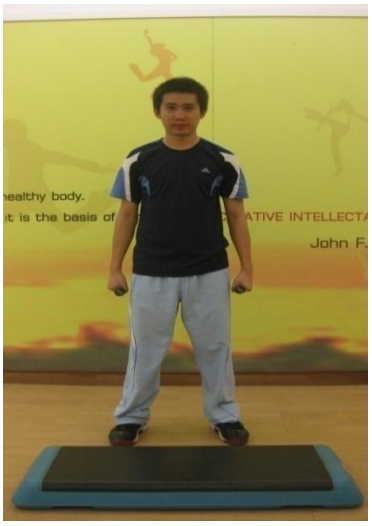
1



2



3



4

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

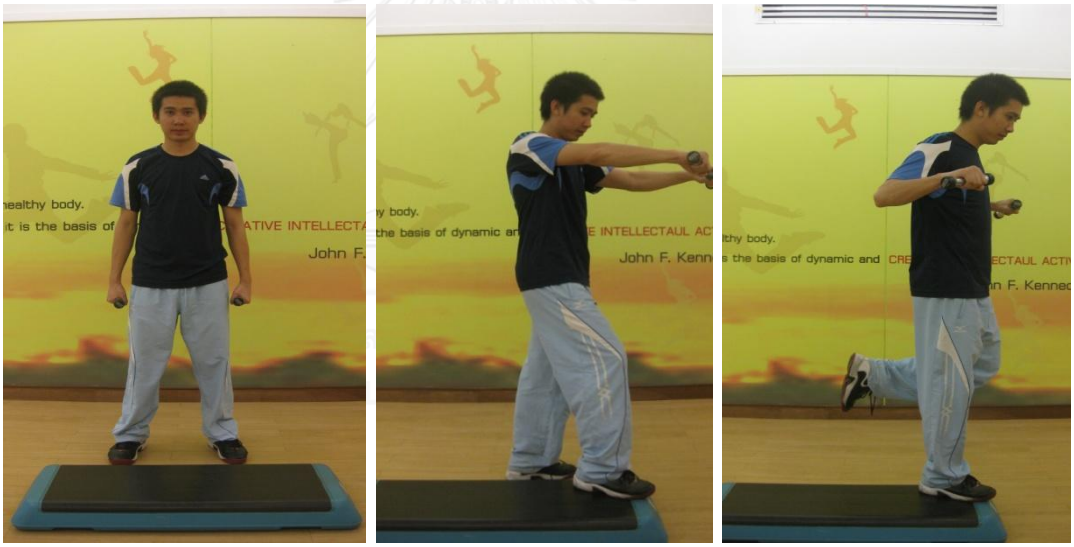
2. ก้าวขึ้นสเตปในท่ายกเข่าขึ้นหนึ่งข้าง พร้อมกับยกดัมเบลด้วยแขนขวาขึ้นในท่าโชลเดอร์ เพลส (Shoulder press)

3. ก้าวขึ้นสเตปในท่ายกเข่าขึ้นหนึ่งข้าง พร้อมกับยกดัมเบลด้วยแขนซ้ายขึ้นในท่าโชลเดอร์ เพลส (Shoulder press)

4. ก้าวลงสเตปพร้อมลดดัมเบลสู่ท่าเดิม

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัย

1.4) สเตปเลคเคิร์ลวิทดัมเบลรีซิสแทนซ์ (Step leg curl with dumbells resistance)



1 **2** **3**

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ก้าวขึ้นสเตปด้วยขาข้างขวา พร้อมกับยกดัมเบลขึ้นในท่า เชสเพลส (chest press)

3. ก้าวขึ้นสเตปในท่างอเข่าไปด้านหลัง พร้อมกับยกดัมเบลขึ้นในท่า เชสเพลส (chest press) ทำสลับกันสองด้าน

1.5) สเตปคิควิทดัมเบลรีซิสแทนซ์ (Step kick with dumbells resistance)

1 2 3

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ก้าวขึ้นสเตปด้วยขาข้างขวา พร้อมกับยกดัมเบลขึ้น

3. ก้าวขึ้นสเตปในท่าเตะขาไปด้านหน้า พร้อมกับยกดัมเบลขึ้นในท่าชกไปด้านหน้า (Punch) ทำสลับกันสองด้าน

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัย

1.6) ลันซ์สเตปวิทดัมเบลรีซิสแทนซ์ (Lunge step with dumbells resistance)

1 2 3

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเ_ตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ก้าวขึ้นสเตปในท่าลันช์ (Lunch) พร้อมกับยกดัมเบลขึ้นในท่าไบเซพ เคิร์ล (Biceps curl)

3. ย่อเข่าลงในท่าพร้อมกับยกดัมเบลขึ้นในท่าไบเซพ เคิร์ล (Biceps curl) ทำสลับกันสองด้าน

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

1.7) สเตปไซด์แทพวิทดัมเบลรีวิสแทนซ์ (Step side tap with dumbells resistance)

1 **2** **3**

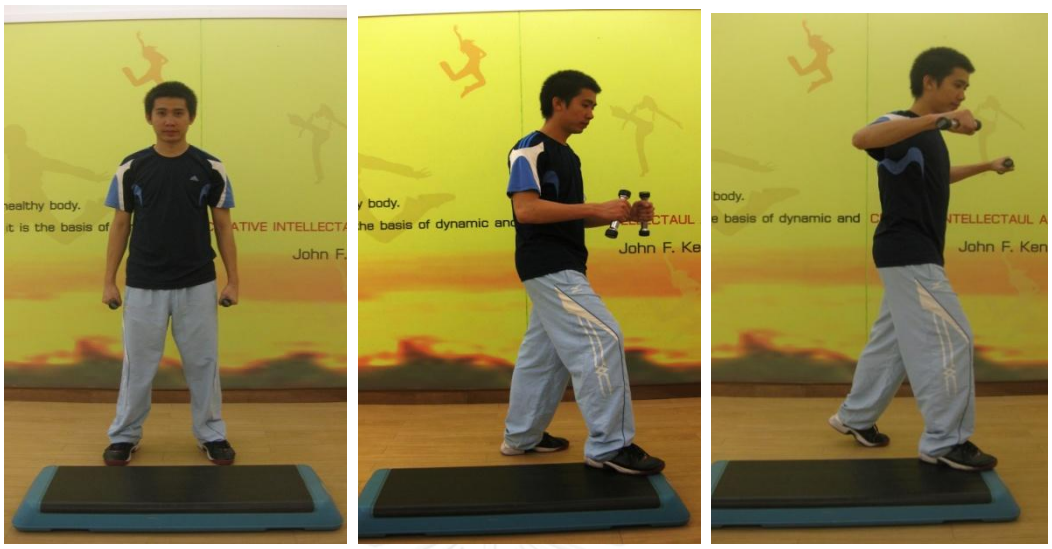
วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ก้าวขึ้นสเตปแล้วทำท่าแตะเท้าไปด้านข้างของสเตป (Step side tap) พร้อมกับยกดัมเบลขึ้นในท่า ไบเซพ เคิร์ล (Biceps curl)

3. ก้าวลงสเตปพร้อมแตะเท้าออกด้านข้างสเตปและลดดัมเบลสู่ท่าเดิม

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

1.8) แมมโบออนสเตปวิทดัมเบลรีวิสแทนซ์ (Mambo on step with dumbells resistance)



1 2 3

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

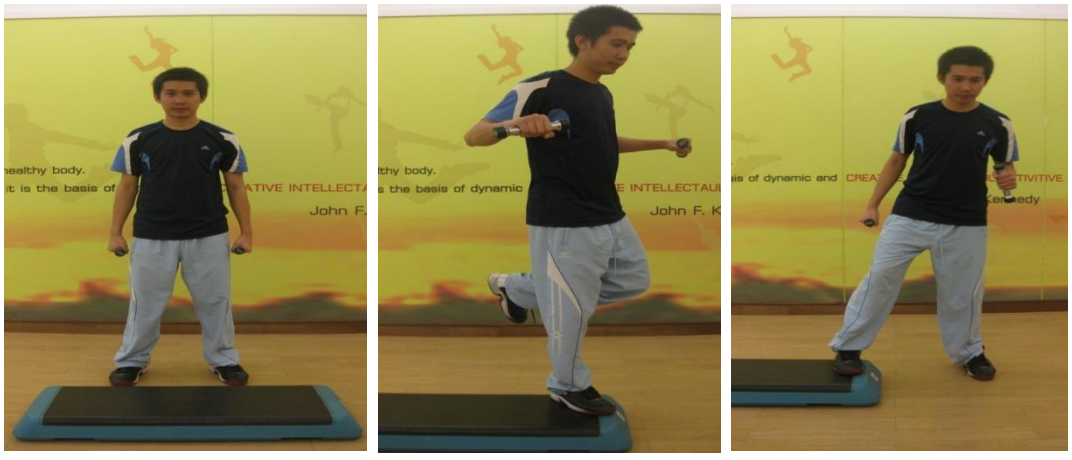
2. ก้าวขึ้นสเตปในท่าแมมโบ่ (Mambo on step) พร้อมกับยกดัมเบลขึ้นระดับลำตัว

3. ก้าวขึ้นสเตปในท่าแมมโบ่ (Mambo on step) พร้อมกับยกดัมเบลขึ้นในท่า แลททารอล โชลเดอร์ เรส (Lateral shoulder raise) ทำสลับกันสองด้าน

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัย

Chulalongkorn University

1.9) แอลสเตปวิทดัมเบลรีวิสแทนซ์ (L step with dumbells resistance)



1 2 3

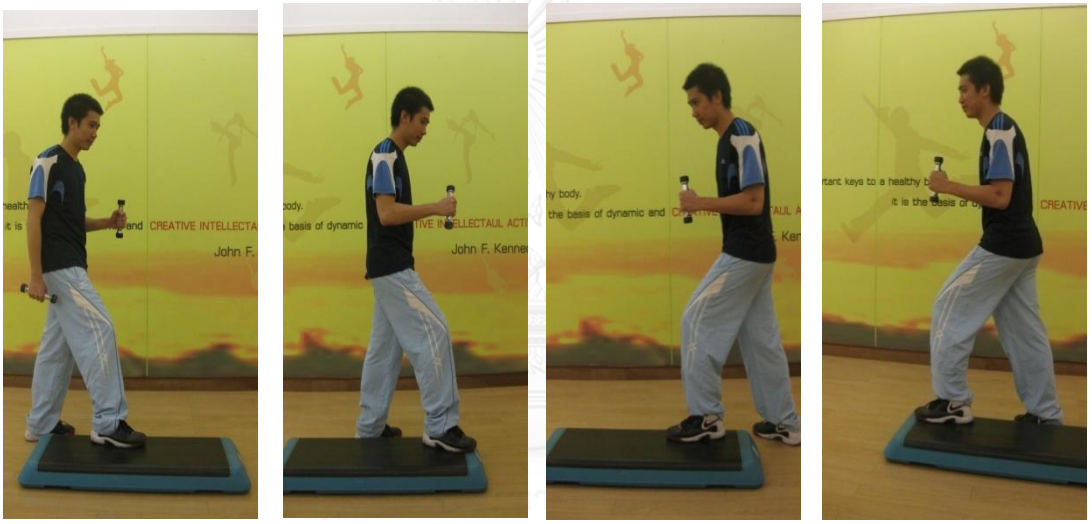
วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ก้าวขึ้นสเตปในท่างอเข่าไปด้านหลัง พร้อมกับยกดัมเบลขึ้น

3. ก้าวขึ้นสเตปในท่าแอลสเตป (L step) พร้อมกับยกดัมเบลขึ้นในท่า แลททารอลโชลเดอร์ เรส (Lateral shoulder raise) ทำสลับกันสองด้าน

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

1.10) สตอมออนสเตปวิทดัมเบลรีวิสแทนซ์ (Stomp on step with dumbells resistance)



1 2 3 4

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันข้างเข้าหาสเตปพร้อมกับวางเท้าข้างขวาไว้บนสเตป

2. ก้าวย้ำไปบนสเตปด้วยขาข้างขวา พร้อมกับยกดัมเบลขึ้นในท่า ไบเซบ เคิร์ล (Biceps curl)

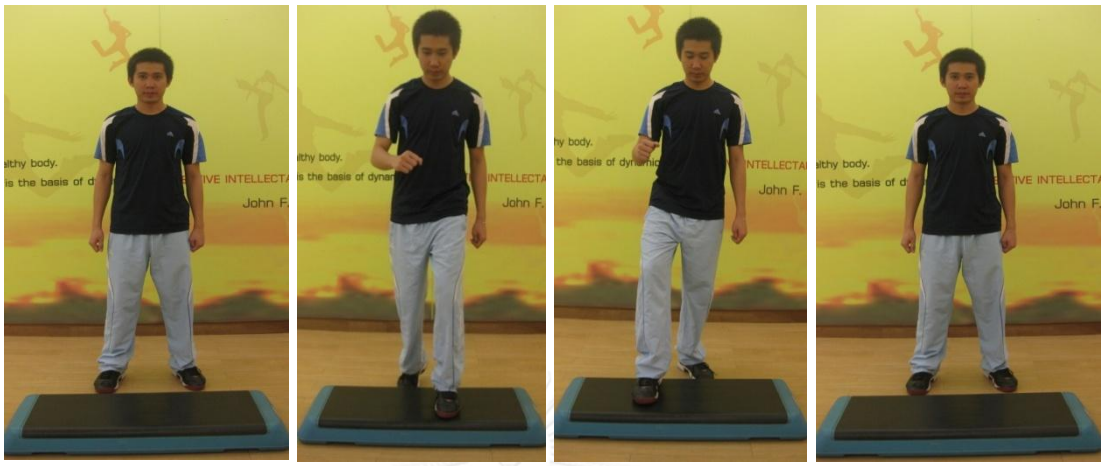
3. พลิกตัวกลับโดยหันข้างเข้าหาสเตปพร้อมกับวางเท้าข้างซ้ายไว้บนสเตป

4. ก้าวย้ำไปบนสเตปด้วยขาข้างซ้าย พร้อมกับยกดัมเบลขึ้นในท่า ไบเซบ เคิร์ล (Biceps curl)

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

2) โปรแกรมการฝึกสเตปแอโรบิก

2.1) เบสิค สเตป (Basic step)



1 2 3 4

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

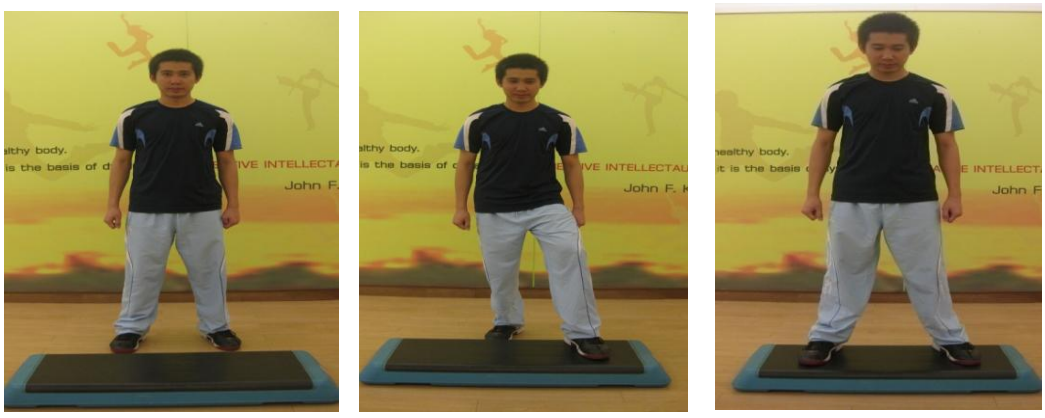
2. ก้าวขึ้นสเตปแอโรบิก

3. ก้าวลงสเตปแอโรบิก

4. ยืนหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัย

2.2) วีสเตป (V step)



1 2 3

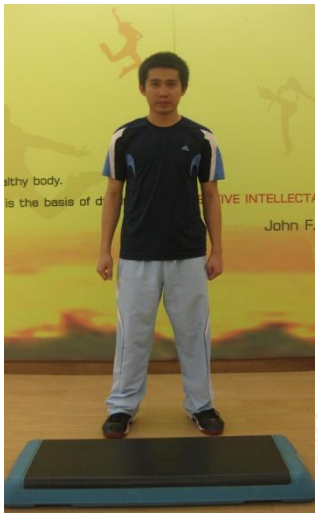
วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ก้าวขึ้นสเตปด้วยขาซ้าย

3. ก้าวขึ้นสเตปด้วยขาทั้งสองข้างเป็นรูปตัววี

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

2.3) สเตปนี (Step knee)



1

2

3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ก้าวขึ้นสเตปแอโรบิก

3. ยกเข่าข้างหนึ่งขึ้นไปข้างหน้า

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

2.4) สเตปเลคเคิร์ล (Step leg curl)

1 2 3

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

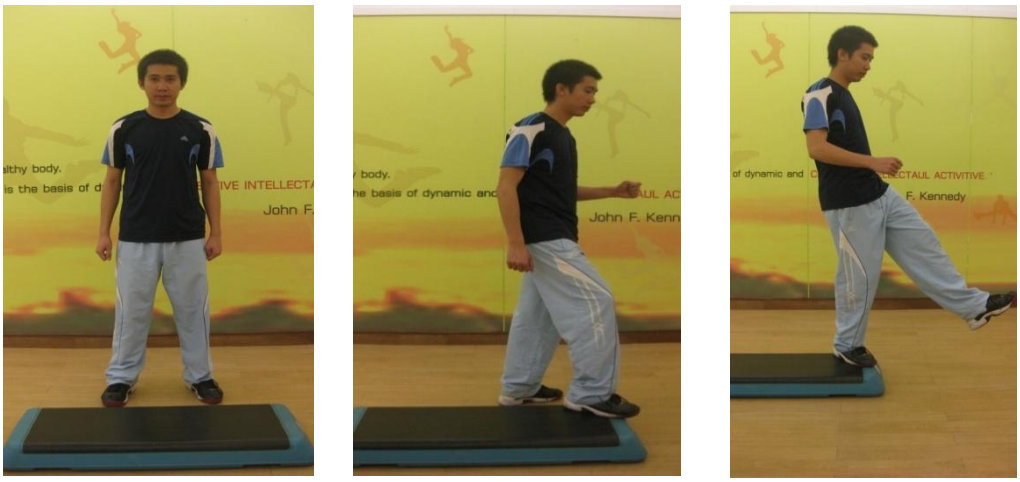
2. ก้าวขึ้นสเตปแอโรบิก

3. งอเข่าข้างหนึ่งขึ้นไปข้างหลัง

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5) สเตปคิค (Step kick)



1 2 3

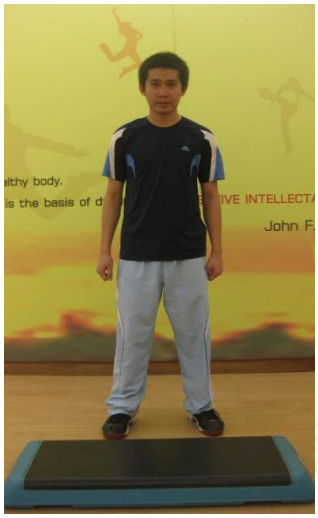
วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ก้าวขึ้นสเตปแอโรบิก

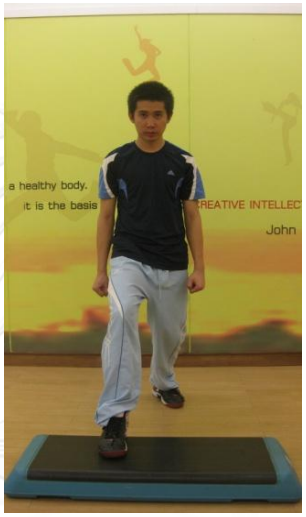
3. เตะขาข้างหนึ่งขึ้นไปด้านหน้า

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

2.6) ลันซ์สเตป (Lunge step)



1



2

3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

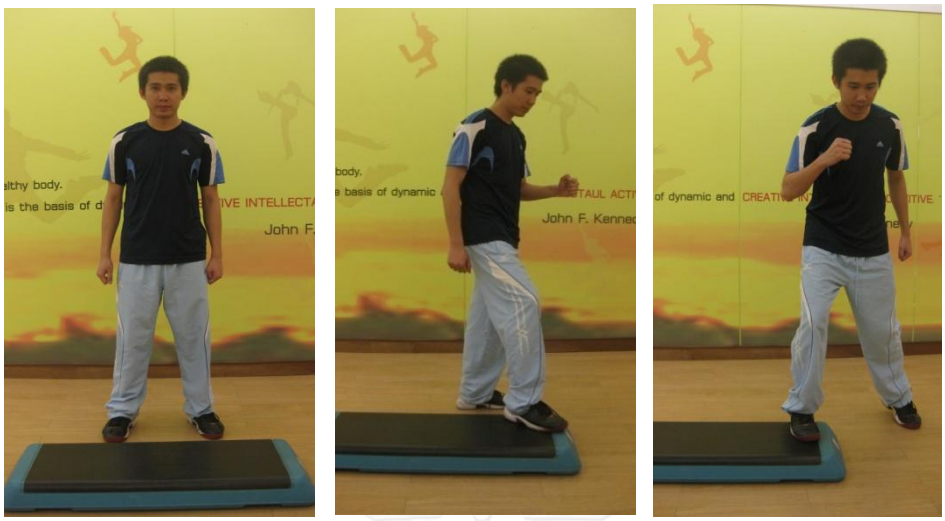
วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ก้าวขาข้างหนึ่งขึ้นสเตปในท่าลันซ์สเตป (Lunge step)

3. ย่อเข่าลงในท่าลันซ์สเตป (Lunge step)

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

2.7) สเตปไซด์แทพ (Step side tap)



1 2 3

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

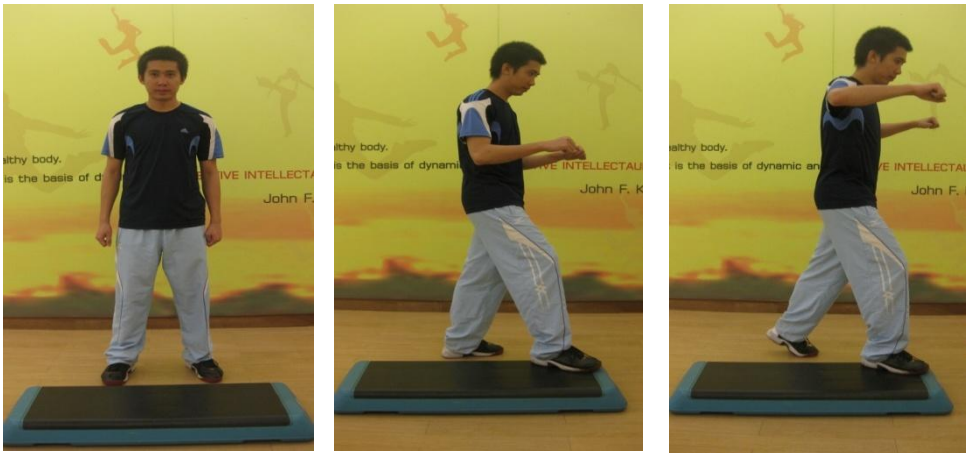
2. ก้าวขึ้นสเตปแอโรบิก

3. ทำท่าแตะเท้าไปด้านข้างของสเตป (Step side tap) แล้วทำสลับกันสองด้าน

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.8) แมมโบออนสเตป (Mambo on step)



1 2 3

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ก้าวขึ้นสเตปแอโรบิก

3. ทำท่าเหยียบบนสเตปในท่า เมมโบแล้วทำสลับกันสองด้าน

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

2.9) แอลสเตป (L step)

1 2 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหาสเตปพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ก้าวขึ้นสเตป พร้อมงอเข่าไปด้านหลัง

3. ทำท่าแอลสเตป (L step) ไปด้านข้างของสเตป แล้วทำสลับกันสองด้าน

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

2.10) สตอมออนสเตป (Stomp on step)

1 2 3 4

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันข้างเข้าหาสเตปพร้อมกับวางเท้าข้างขวาไว้บนสเตป

2. ก้าวย้ำไปบนสเตป

3. พลิกตัว แล้วหันข้างเข้าหาสเตปพร้อมกับวางเท้าข้างซ้ายไว้บนสเตป

4. ก้าวย้ำไปบนสเตป

ข้อควรปฏิบัติ ในการก้าวขึ้นลงสเตป ควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

3) โปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบแรงต้าน

3.1) ไบเซพเคิร์ล (Biceps curl)

1 2 3

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย
2. ยกดัมเบลขึ้นในท่า ไบเซ็พ เคิร์ล (Biceps curl) ในระดับกลางลำตัว
3. ยกดัมเบลขึ้นในท่า ไบเซ็พ เคิร์ล (Biceps curl) ในระดับสูงสุด

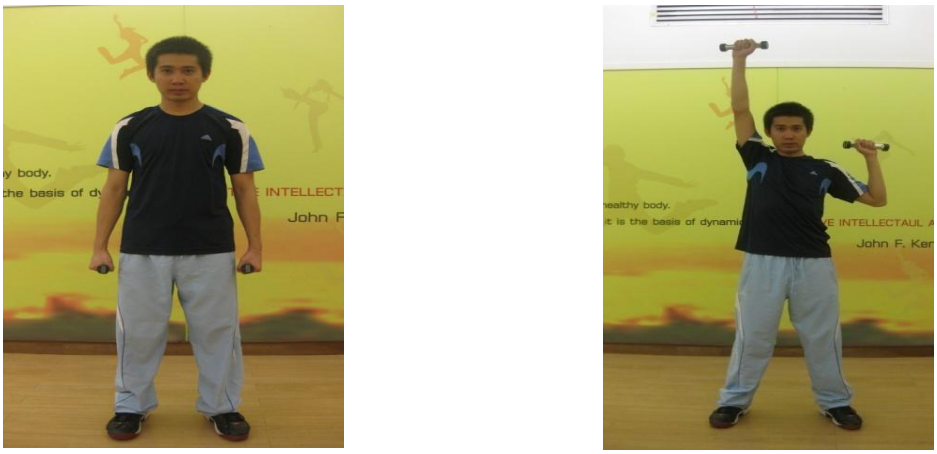
3.2) Shoulder raise

1 2 3

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย
2. ยกดัมเบลขึ้นในท่า โชลเดอร์ เรส (Shoulder raise) โดยใช้แขนซ้าย
3. ยกดัมเบลขึ้นในท่า โชลเดอร์ เรส (Shoulder raise) โดยใช้แขนขวา

Chulalongkorn University

3.3) โชลเดอร์เพลส (Shoulder press)

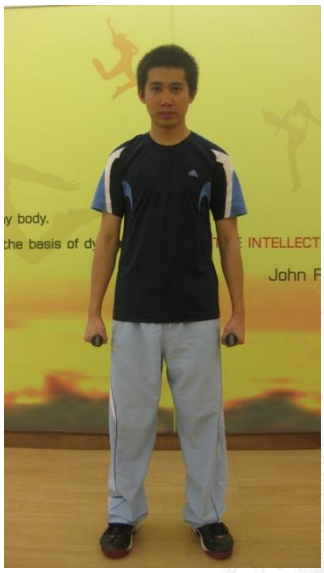


1 2

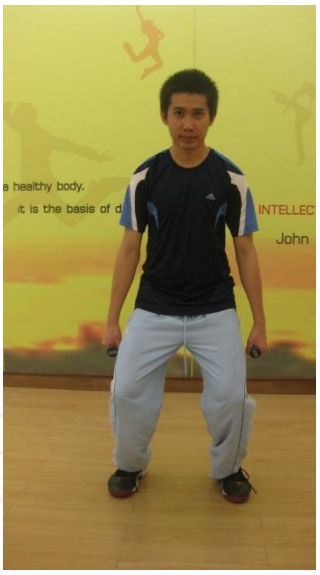
วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ยกดัมเบลขึ้นในท่า โชลเดอร์ เพลส (Shoulder press)

3.4) สควอท (Squat)



1



2

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ย่อตัวลงในท่าสควอท (Squat)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5) เชสท์เพลส (Chest press)

1

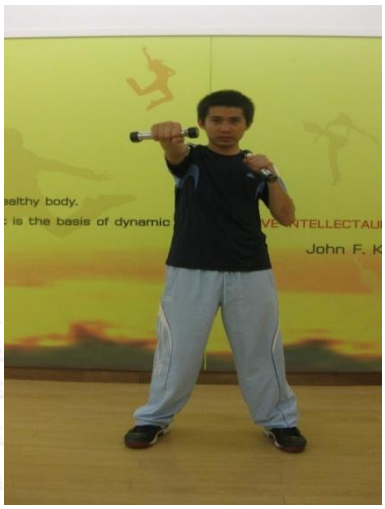
2

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ยกดัมเบลขึ้นระดับอก แล้วแยกออกจากกันแล้วดันดัมเบลไปด้านหน้าที่ระดับอกเหมือนเดิม (Chest press)

3.6) พันช์ (Punch)

1



2

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย พร้อมกับ ยกดัมเบลขึ้นพร้อมกับชกไปด้านหน้า (Punch) ด้วยแขนซ้าย

2. ยกดัมเบลขึ้นพร้อมกับชกไปด้านหน้า (Punch) ด้วยแขนขวา

3.7 ลันช์ (Lunge)

1

2

3

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย
2. ก้าวขาข้างหนึ่งไปด้านหน้าในท่าลันซ์ (Lunge)
3. ย่อเข่าลงในท่าลันซ์ (Lunge)

3.8) แลทเทอรัลโชลเดอร์เรส (Lateral shoulder raise)

1 2

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย พร้อมกับยกดัมเบลไว้ที่ระดับหน้าอก
2. กางแขนทั้งสองข้างที่ถือดัมเบลออกจนถึงระดับไหล่

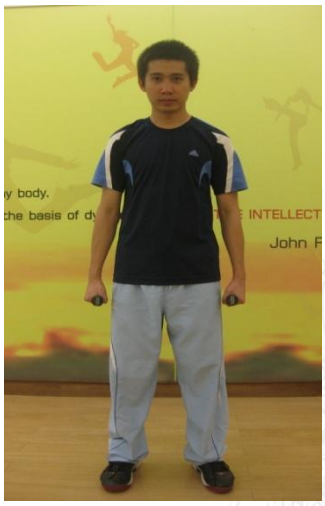
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.9) อินเนอร์ไบเซพเคิร์ล (Inner biceps curl)

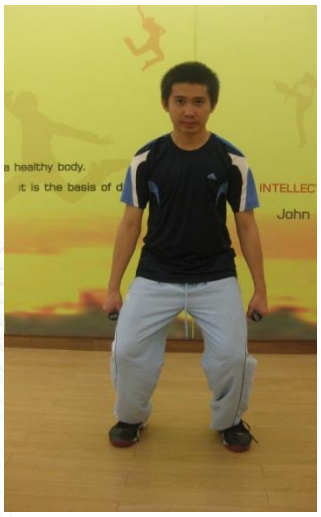
1 2 3

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย
2. ยกดัมเบลขึ้นในท่า อินเนอร์ ไบเซ็พ เคิร์ล (Inner biceps curl)
3. ลดดัมเบลสู่ท่าเดิม ทำสลับกันทั้งสองข้าง

3.10) สควอท (Squat)



1



2

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย
2. ย่อตัวลงในท่าสควอท (Squat)

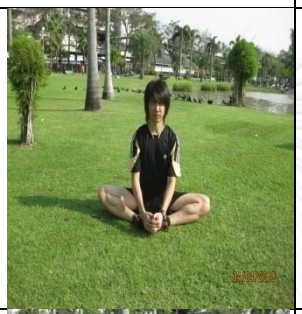
ข้อควรปฏิบัติ ในการย่อเข้า ควรย่อเข่าในแนวระดับไม่เกินปลายเท้าของตนเอง เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ช่วงคูลดาวน์ (Cool down)

คูลดาวน์ ด้วยการย่ำเท้าอยู่กับที่ 6 นาที แล้ว ยืดเหยียดกล้ามเนื้อชนิดคงนิ่งไว้ประมาณ 15 วินาที จำนวน 8 ท่าประกอบด้วย

เนื้อหา			
1.โปรแกรมการคูลดาวน์ ทั้งหมด 10 นาที ดังนี้			
1.1 ย่ำเท้าอยู่กับที่ 6 นาที แล้วตามด้วยข้อ 1.2			
1.2 ยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static stretching) 4 นาที ดังนี้			
ลำดับ/ชื่อท่า	**ท่า**	**กล้ามเนื้อที่ใช้**	**เวลาที่ใช้**
1.2.1 ท่ายืนยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขา(Standing quadriceps stretch)		กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadricepgroup)	ข้างละ 15 วินาที
1.2.2 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อไอลิโอโซแอส (Kneeling iliopsoas stretch)		กล้ามเนื้อขาด้านหน้า เร็คตัส ฟีมูลิส (Rectus Femoris) กล้ามเนื้อไอลิโอโซแอส (Iliopsoas)	ข้างละ 15 วินาที
1.2.3 ท่านั่งก้มตัว (Seated hamstring stretch)		กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring group) กล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius) กล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (Lower back)	ข้างละ 15 วินาที

ลำดับ/ชื่อท่า	ท่า	กล้ามเนื้อที่ใช้	เวลาที่ใช้
1.2.4 ท่านั่งบิดตัว (Seated rotation)		กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring group) กล้ามเนื้อบริเวณก้น (Gluteus maximus) กล้ามเนื้อสะโพก (Deep lateral hip rotators)	ข้างละ 15 วินาที
1.2.5 ท่านั่งยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มแอดดัคเตอร์ (Seated Adductor Stretch)		กล้ามเนื้อต้นขาด้านใน (Adductor group)	ทำ 2 ครั้ง ครั้งละ 15 วินาที
1.2.6 ท่านอนหงายกดเข่าชิดอก (Supine Legs to chest)		กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring group) กล้ามเนื้อบริเวณก้น (Gluteus maximus)	ข้างละ 15 วินาที
1.2.7 ท่ายืนยืดเหยียดกล้ามเนื้อน่อง (Standing Gastroc nemius stretch)		กล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius) กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus)	ข้างละ 15 วินาที
1.2.8 ท่ายืนยืดเหยียดกล้ามเนื้ออกและกล้ามเนื้อหัวไหล่ (Standing chest and shoulder stretch)		กล้ามเนื้ออก (Pectoralis major) กล้ามเนื้อไหล่ (deltoid)	ข้างละ 15 วินาที

ภาคผนวก ณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทดสอบสมรรถภาพทางกาย (Physical Fitness Test)

จุดประสงค์ของการทดสอบสมรรถภาพทางกาย

1. เพื่อให้การศึกษาแก่ผู้ทดสอบ ถึงระดับสมรรถภาพทางกายของตนเอง
2. ทำให้สามารถติดตามและประเมินผลความก้าวหน้าของผู้ทดสอบ
3. เพื่อกระตุ้นให้ผู้ทดสอบตั้งเป้าหมายระดับสมรรถภาพทางกายที่ต้องการ

การเตรียมผู้ทดสอบ

1. ให้ผู้ทดสอบกรอกแบบสอบถามประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย
2. อธิบายรายละเอียดการทดสอบประเภทต่างๆ ให้ผู้ทดสอบได้รับทราบก่อน
3. ผู้ทดสอบควรได้รับคำแนะนำให้ปฏิบัติดังนี้
    - สวมใส่เสื้อผ้าที่สบาย หลวม และเหมาะสมกับการทดสอบ
    - ตลอดช่วง 1 วันก่อนการทดสอบให้ดื่มน้ำให้พียงพอ
    - ให้งดอาหารก่อนการทดสอบทดสอบ อย่างน้อยที่สุด 3 ชั่วโมง
    - ในวันที่ทำการทดสอบให้งดการออกกำลังกาย หรือเคลื่อนไหวที่ทำให้เหนื่อยมาก
    - ในคืนก่อนการทดสอบ นอนหลับให้เพียงพอ ประมาณ 6-8 ชั่วโมง

ลำดับการทดสอบ

1. ก่อนที่จะให้บริการทดสอบสมรรถภาพต้องเตรียมตัวให้พร้อม ดังนี้
    - แบบฟอร์มต่างๆ
    - ปรับหรือตั้งเครื่องมือให้ได้มาตรฐาน
2. จัดเรียงเครื่องมือตามลำดับการทดสอบ
3. ถ้าต้องการทดสอบสมรรถภาพหลายประเภทควรเรียงลำดับการทดสอบดังนี้
    - วัดชีพจร วัดความดันโลหิตขณะพัก
    - วัดส่วนสูงและชั่งน้ำหนัก
    - ตรวจวัดไขมัน
    - ทดสอบความอดทนของหัวใจ ปอดและระบบหายใจ
    - ทดสอบความแข็งแรงและอดทนของกล้ามเนื้อ
    - ทดสอบความอ่อนตัว

สภาพแวดล้อมการทดสอบ

1. ต้องเงียบเป็นส่วนตัว
2. มีที่นั่งสบายและโต๊ะสำหรับการวัดความดันโลหิตและชีพจร

3. เครื่องมือมาตรฐานมีความพร้อม
4. การทดสอบต้องไม่เร่งรีบ และทุกขั้นตอนผู้ทดสอบได้รับการอธิบายโดยละเอียด

ข้อบ่งชี้ในการหยุดทดสอบสมรรถภาพด้วยการออกกำลังกาย

1. เมื่อมีอาการเจ็บแน่นหน้าอก
2. ความดันเลือดขณะบีบตัวลดลงมากกว่า 20 มิลลิเมตรปรอท หรือไม่เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความหนักของการออกกำลังกาย
3. ความดันเลือดขณะบีบตัวสูงมากกว่า 260 มิลลิเมตรปรอท หรือความดันเลือดขณะคลายตัวมากกว่า 115 มิลลิเมตรปรอท
4. มีอาการหน้ามืดเป็นลม สับสน อาการเซ หน้าซีดเขียว คลื่นไส้ ผิวหนังเย็น
5. อัตราการเต้นหัวใจไม่เพิ่มขึ้นตามความหนักของการออกกำลังกาย
6. ผู้ทดสอบร้องขอหยุดการทดสอบ
7. ร่างกายหรือน้ำเสียงของผู้ทดสอบแสดงให้เห็นถึงความเหนื่อยล้าอย่างที่สุด
8. เครื่องมือทดสอบมีปัญหา

ที่มา: American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 9th ed. Philadelphia. Lippincott Williams and Wilkins: 2013.

การทดสอบสมรรถภาพทางกายด้านสรีรวิทยาและสุขสมรรถนะ

1. การวัดอัตราการเต้นหัวใจและความดันโลหิตขณะพัก

อุปกรณ์

เครื่องวัดชีพจรและความดันโลหิต ยี่ห้อเอ แอนด์ ดี (A&D) รุ่นโมเดล เอ ยู 767 (Model AU 767)

วิธีการ

1. ให้ผู้ทดสอบนั่งสบายๆ ประมาณ 5 นาที ก่อนทำการวัด

2. ใช้ที่พันแขน (Arm cuff) พันเหนือข้อศอกประมาณ 1 นิ้ว ให้บริเวณที่มีขีดตรงกับหลอดเลือด (Brachial)

3. ตั้งค่าการบีบลมที่ประมาณ 200-220 มิลลิเมตรปรอท แล้วกดเปิดเครื่อง

4. เครื่องจะทำการอ่านค่าชีพจรและความดันโลหิต

5. บันทึกค่าอัตราการเต้นหัวใจ (ครั้งต่อนาที) และความดันโลหิต (มิลลิเมตรปรอท) ที่ปรากฏบนเครื่อง

2. การวัดส่วนสูง

อุปกรณ์

เครื่องวัดสัดส่วนของร่างกาย (Antropometer) ยี่ห้อ ทีเคเค (TKK)

วิธีการ

1. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบถอดรองเท้า
2. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบยืนตัวตรง ปลายเท้าชิดกัน หลังพิงตรงที่วัดหน้ามองตรง
3. บันทึกค่าส่วนสูงเป็นเซนติเมตร

3. การวัดองค์ประกอบทางด้านร่างกาย

แสดงการวัดองค์ประกอบทางกาย

อุปกรณ์

เครื่องวัดองค์ประกอบทางกาย (Body composition analyzer) ยี่ห้อยี่ห้อ ไอโอไอ ทรีไฟว์ทรี (ioi 353)

จุดประสงค์ของการทดสอบสมรรถภาพทางกาย

1. เพื่อให้การศึกษาแก่ผู้ทดสอบ ถึงระดับองค์ประกอบทางกายของตนเอง
2. ทำให้สามารถติดตามและประเมินผลความก้าวหน้าของผู้ทดสอบ
3. เพื่อกระตุ้นให้ผู้ทดสอบตั้งเป้าหมายระดับองค์ประกอบทางกายที่ต้องการ

การเตรียมผู้ทดสอบ

1. ให้ผู้ทดสอบกรอกแบบสอบถามประเมินความพร้อมก่อนทดสอบ
2. อธิบายรายละเอียดการทดสอบประเภทต่างๆ ให้ผู้ทดสอบได้รับทราบก่อน
3. ผู้ทดสอบควรได้รับคำแนะนำให้ปฏิบัติดังนี้
   - สวมใส่เสื้อผ้าที่สบาย หลวม และเหมาะสมกับการทดสอบ
   - ให้งดการดื่มน้ำก่อนการทดสอบ อย่างน้อยที่สุด 1 ชั่วโมง
   - ให้งดอาหารก่อนการทดสอบทดสอบ อย่างน้อยที่สุด 3 ชั่วโมง
   - ในวันที่ทำการทดสอบให้งดการออกกำลังกาย หรือเคลื่อนไหวที่ทำให้เหนื่อยมาก
   - ในคืนก่อนการทดสอบ นอนหลับให้เพียงพอ ประมาณ 6-8 ชั่วโมง
   - ผู้ทดสอบจะต้องจัดท่าทางในการทดสอบให้ถูกต้องโดยมีผู้วิจัยเป็นผู้แนะนำ
   - ก่อนที่จะให้บริการทดสอบสมรรถภาพต้องเตรียมตัวให้พร้อม และปรับตั้งเครื่องมือให้ได้มาตรฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิธีการ

1. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบถอดรองเท้า และถุงเท้า
2. ยืนบนเครื่องมือตามแนวการวางเท้า แล้วรอสักครู่ให้เครื่องมืออ่านค่าน้ำหนัก
3. กรอกส่วนสูง อายุ และเพศ
4. จากนั้นให้ใช้ปลายนิ้วโป้งของมือทั้งสองข้าง จับบริเวณอิเล็คโทรดแล้วค้างไว้สักครู่ รอจนเครื่องมือแสดงผลว่าเสร็จสิ้นการทำงาน
5. ผลรายงานออกมาในรูปหน้ากระดาษ A4

4. การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของขา ด้วยวิธี 1 RM

แสดงการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

อุปกรณ์

เครื่องเล่นยกน้ำหนัก (Weight machine)

วิธีการ

1. ให้ผู้รับการทดสอบอบอุ่นกล้ามเนื้อก่อน แล้วพักประมาณ 1-2 นาที

2. ผู้ทดสอบใส่ลูกน้ำหนัก โดยแนะนำให้จังหวะการดึงหรือดันเป็นไปตามปกติ อย่ากระชาก หากน้ำหนักที่ใช้ดึงหรือดันยังไม่หนักพอ คือผู้รับการทดสอบยังสามารถทำได้โดยง่าย ให้ผู้รับการทดสอบพักประมาณ 1-2 นาที แล้วเพิ่มน้ำหนักให้ทำใหม่

3. ผู้รับการทดสอบทำการดึงหรือดันน้ำหนักที่กำหนดโดยก่อนทำให้หายใจเข้า ขณะทำการดึงหรือดันน้ำหนักให้หายใจออก

4. บันทึกค่าเป็นกิโลกรัม

ความแข็งแรงของแรงบีบมือ (Grip Strength)

อุปกรณ์

เครื่องมือวัดแรงบีบมือ (Handgrip dynamometer)

วิธีการ

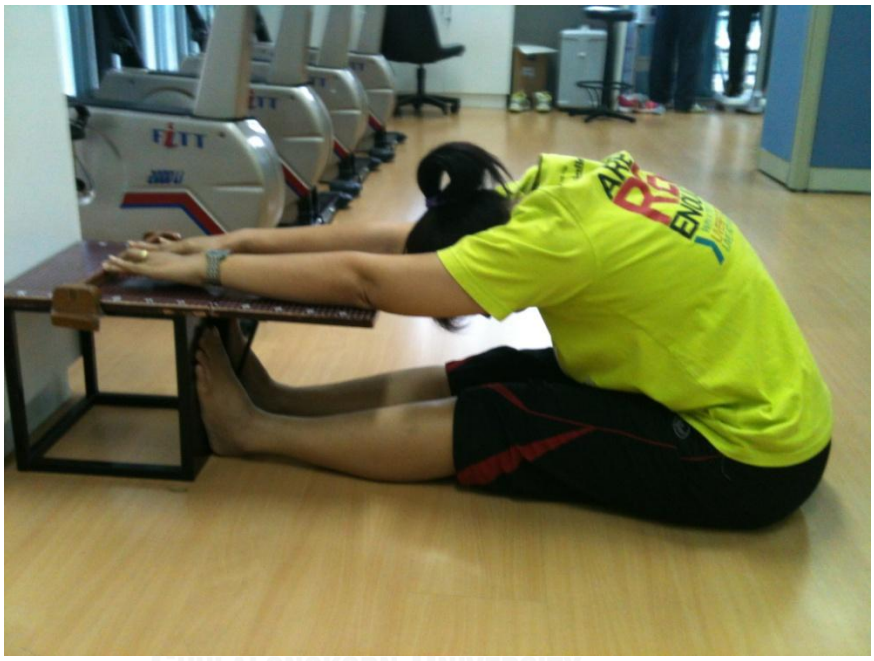
1. จัดระดับที่จับเครื่องมือให้เหมาะสมกับมือของผู้เข้ารับการทดสอบ โดยปกติขณะบีบมือข้อที่สองของนิ้วชี้จะเป็นมุมฉาก (ใช้มือข้างที่ถนัด)

2. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบปล่อยแขนตามสบายข้างลำตัว มือกำที่จับให้ห่างลำตัวประมาณ 1 ฝ่ามือ

3. ให้ออกแรงบีบมือให้แรงที่สุด (ห้ามมือชิดลำตัวขณะออกแรง)

4. ทำการทดสอบ 2 ครั้งใช้ค่าที่มากที่สุด การบันทึก บันทึกผลการวัดเป็นกิโลกรัมหารด้วยน้ำหนักตัว

5. การวัดความอ่อนตัว ด้วยวิธี การวัดระยะการเคลื่อนไหวของข้อต่อ



แสดงการวัดความอ่อนตัว

อุปกรณ์

กล่องวัดความยืดหยุ่นของร่างกาย (Sit and reach box)

วิธีการ

1. ให้ผู้รับการทดสอบนั่งลงโดยยืดขาให้ตึงไปด้านหน้าของร่างกาย โดยที่เข่าไม่งอ
2. เอื้อมมือไปแตะบนสเกลวัดให้ได้ไกลที่สุด
3. ทดสอบ 2 ครั้ง บันทึกค่ามากที่สุด หน่วยเป็นเซนติเมตร

6. การวัดความอดทนของระบบหัวใจและหายใจ (Cardiorespiratory endurance)

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen uptake) ด้วยวิธี Maximal exercise testing

อุปกรณ์

1. ลู่วิ่ง (Treadmill)

2. เครื่องวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ (Gas analyzer) ยี่ห้อคอร์เท็ก (Cortex)

วิธีการ

1. ให้ผู้รับการทดสอบลองเดินบนลู่วิ่ง

2. ใส่อุปกรณ์การวัดให้ผู้เข้ารับการทดลอง โดยอุปกรณ์ได้รับการปรับตั้งเครื่องมือให้ได้มาตรฐานแล้ว (Calibrate)

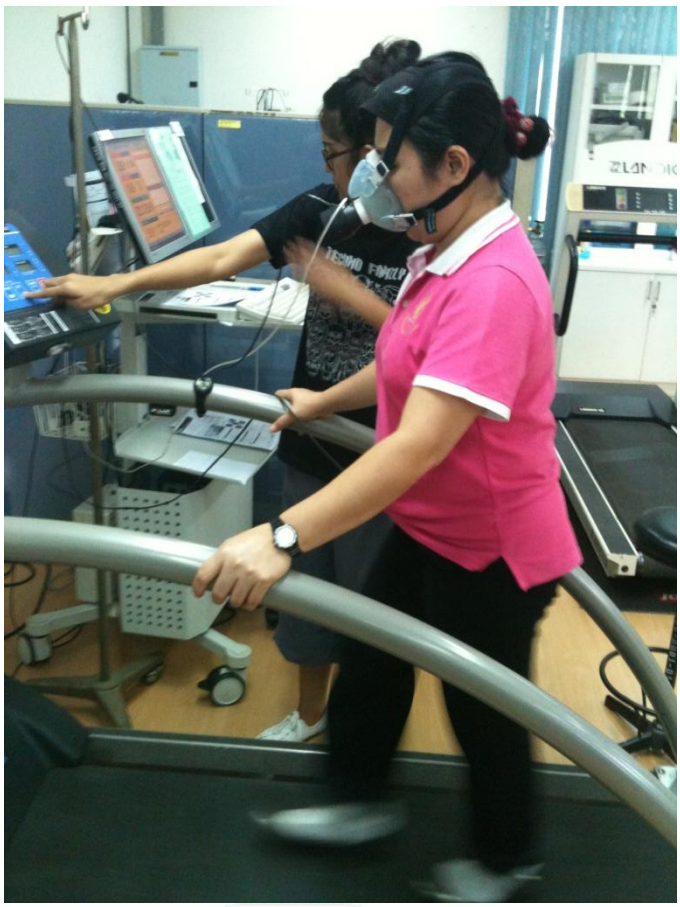
3. ให้ผู้รับการทดสอบออกกำลังกายโดยการเดิน-วิ่ง บนลู่กลนานเท่าที่จะทำได้โดยใช้โปรแกรมโมดิฟายด์ บรูซ (Modified Bruce)

4. ขณะทำการทดสอบวัดความดัน และสอบถามระดับของความเหนื่อย (Rating of perceived exertion of Borg, RPE) ทุกๆ 3 นาที

5. เมื่อผู้รับการทดสอบไม่สามารถเดินต่อได้หรือค่า RER มากกว่า1.1 ก็ให้ผ่อนความเร็วคงไว้ 2 นาที และนั่งพักอีก 3 นาที

6. บันทึกค่าในคอมพิวเตอร์ หน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



แสดงการวัดความอดทนของระบบหัวใจ และหายใจ

7. การวัดความสามารถในการทรงตัว

แสดงเครื่องวัดวัดความสามารถในการทรงตัว

อุปกรณ์

เครื่องวัดความสามารถในการทรงตัว (Balance board) ยี่ห้อ บาลานซ์ เช็ค สกรีนเนอร์ แอนด์ เทรนเนอร์ (Balance Check Screener and Trainer) รุ่น เบอร์เทค (Bertec)

วิธีการ

1. ให้ผู้รับการทดสอบยืนบนเครื่องทดสอบความสามารถในการทรงตัวพื้นแข็ง และพื้นนุ่ม

2. ในขณะที่ทำการยืนให้ปล่อยมือทั้งสองข้างไว้แนบลำตัว ระยะห่างของเท่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

3. โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำการวิเคราะห์ความสามารถในการทรงตัวโดยใช้หลักการวิเคราะห์แรงที่ออกจากแนวกลางของร่างกาย และบันทึกค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทรงตัว

แสดงการวัดความสามารถในการทรงตัว

8. การวัดสารชีวเคมีของกระดูกจากเลือด

อุปกรณ์

1. เข็มฉีดยา หลอดฉีดยา
2. หลอดเก็บเลือด
3. แอลกอฮอล์ และพลาสเตอร์ปิดแผล

แสดงหลอดเก็บเลือด

วิธีการ

1. นัดผู้เข้ารับการทดสอบ โดยให้งดออกกำลังกาย 2 วัน ก่อนการเจาะเลือด งดอาหาร หลัง 4 ทุ่ม ของคืนก่อนมาเจาะเลือด โดยผู้เข้ารับการทดสอบสามารถดื่มน้ำเปล่าได้ พักผ่อนให้เพียงพอ

2. ทำการเจาะเลือดใส่หลอดเก็บเลือด โดยทำการเจาะเลือดที่บริเวณหลอดเลือดดำที่ท้องแขนในปริมาณ 5 `ซีซี และทำการส่งตรวจทันที

3. เลือดที่เจาะตรวจวัดค่าเบต้าครอสแล็บ (β-CrossLaps) เอ็นมิด ออสทีโอแคนซิน (NMID-Osteocalcin) และพีวันเอ็นพี (P1NP) ทางห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยใช้วิธีการ อิเล็คโทรเคมีลูมิเนสเซนส์ (electrochemiluminescence immunoassay method) (ECLIA) โดยในการทดสอบจะทำการวัดสารลูมิเนสเซนส์ (luminescence) ว่ามีความเข้มข้นเท่าไร โดยวัดจากเครื่องวัดที่มีอิเล็กโทรด(Electrod) ในการให้แรงดัน (Voltage) แก่สารเคมีลูมิเนสเซนส์ (chemiluminescence)

แสดงการเก็บตัวอย่างเลือด

การแปลผลที่ได้มาตราฐานต้องมีการเก็บตัวอย่างเลือดที่ถูกต้องดังต่อไปนี้

1. เก็บตัวอย่างเลือดที่งดอาหารมาไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง (Fasting blood)

2. เก็บเลือดในเวลาเช้า 8.00-9.00 น.

3. การตรวจ ผู้เข้ารับการทดสอบ ต้องไม่ได้รับยาใดๆที่จะมีผลต่อกระดูกมาก่อน หรือหยุดยาไม่น้อยกว่า 3 เดือน

4. ไม่มีโรคประจำตัวใดๆ เช่น โรคตับ โรคไต เป็นต้น

5. ต้องตรวจ โบนมาร์คเกอร์เป็นคู่ (Pair test) คือ ตรวจการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) คู่กับ การสลายของมวลกระดูก (Bone resorption) ถ้าจะดูกระบวนการโบนเทิร์นโอเวอร์ (Bone turnover)

6. เลือกหลอดเก็บตัวอย่างให้ถูกต้อง คือ ใช้หลอดเก็บเลือดที่มี K2 EDTA 5.4 mg เก็บเลือดปริมาณ 5 ซีซี ให้ผสมกลับไปมา 10-15 ครั้งเพื่อป้องกันเลือดแข็งตัว และนำส่งตรวจทันที

แสดงการแปลผลด้วยเครื่องวิเคราะห์สารชีวเคมีของกระดูก

9. การตรวจวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณส้นเท้า

อุปกรณ์

1. เครื่องตรวจความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้า ยี่ห้อ “SAHARA^{R}” ของบริษัทโฮโลจิค ประเทศสหรัฐอเมริกา

2. เจลหล่อลื่นสำหรับทาบริเวณเท้าที่ใช้กับเครื่องตรวจความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้า

วิธีการ

1. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบถอดถุงเท้าก่อนทำการทดสอบ

2. ทาเจลหล่อลื่นบริเวณเท้าของผู้ถูกทดสอบ

3. ให้ผู้ถูกทดสอบนั่งตามสบาย และวางเท้าลงบนเครื่องวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ทำการตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว

4. บันทึกผลการทดสอบ

5. ทำเหมือนกันทั้งสองเท้าและประเมินว่าผ่านเกณฑ์การคัดเข้าหรือไม่

เกณฑ์การแปรผล

ตามมติขององค์การอนามัยโลกได้กำหนดเกณฑ์การแปรผลการตรวจวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) เป็นดังนี้

1. ค่า BMD ปกติ จะมีค่า T-score ไม่ต่ำกว่า -1.0 SD

2. โรคกระดูกโปร่งบางค่า BMD จะมีค่า T-score อยู่ระหว่าง -1.0 SD ถึง -2.5 SD

3. โรคกระดูกพรุนค่า BMD จะมีค่า T-score น้อยกว่า -2.5 SD

สำหรับโครงการวิจัยนี้จะรับสตรีวัยทำงานที่ไม่เป็นโรคกระดูกพรุนเข้าร่วมการวิจัยโดยจะต้องมีค่า BMDที่ไม่น้อยกว่า -2.5 SD

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึก ค่าทางสรีรวิทยา การทดสอบสุขสมรรถนะ สารชีวเคมีของกระดูก และการทรงตัว

วันที่ทำการทดลอง _____

<u>ส่วนที่ 1</u> แบบบันทึกค่าทางสรีรวิทยา

อายุ_____ ปี น้ำหนัก_____ กก. ส่วนสูง _____ ซม.

- ชีพจรขณะพัก _____ ครั้ง/นาที
- ความดันโลหิต _____ มิลลิเมตรปรอท

<u>ส่วนที่ 2</u> แบบบันทึกการทดสอบสุขสมรรถนะ สารชีวเคมีของกระดูก และการทรงตัว

1. สัดส่วนร่างกาย

ค่าที่วัด	**ผลการทดสอบ**
BMI	
WHR	
SMM	
T.Fat %	
FAT MASS	

2. ค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด VO_2max

.....ml/kg/min

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

ท่าการทดสอบ	1 RM
Leg curl	
Leg extension	
Handgrib	

4. ความอ่อนตัว

Sit-reach	.....ซม.

5. ความสามารถในการทรงตัว

Balance	.....เปอร์เซ็นต์

6. สารชีวเคมีในเลือด

ค่าที่วัด	ผลการทดสอบ (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)
เบต้าครอสแล็บ (β-CrossLaps)	
พีวันเอ็นพี (P1NP)	
เอ็นมิด ออสทีโอแคลซิน (NMID osteocalcin)	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฎ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาองค์ประกอบความเหมาะสมของรูปแบบการออกกำลังกาย

1. ศาสตราจารย์. นพ. วิญญู มิตรานันทร์
2. ศาสตราจารย์ ดร. ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์
3. รองศาสตราจารย์ เจริญ กระบวนรัตน์
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์. ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ราตรี เรืองไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ: นายอัจฉริยะ เอนก

เกิดวันที่ : 4 ตุลาคม พ.ศ. 2528

สถานที่เกิด: กรุงเทพฯ

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสามโก้วิทยาคม จ.อ่างทอง

ปีการศึกษา 2546

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา เกียรตินิยมอันดับ 1

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2550

สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาโท ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา

โดยผลการสอบวิทยานิพนธ์ระดับดีเยี่ยม คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2552

เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาเอก ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิทยาการส่งเสริมสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2553

ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์

1. ทุน 90 ปี (กองทุนรัชดาลัยสมโภชน์) จากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University