ผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อ การสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน

นายอัจฉริยะ เอนก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF CIRCUIT BOX JUMPING ON BONE RESORPTION , HEALTH - RELATED PHYSICAL FITNESS AND BALANCE IN PREMENOPAUSAL WOMEN

Mr.Achariya Anek

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Sports Science

Faculty of Sports Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อ การสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะและการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน
โดย	นาย อัจฉริยะ เอนก
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. วิชิต คนึงสุขเกษม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์คลินิก เกียรติคุณ นายแพทย์ ณรงค์ บุณยะรัตเวช

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์คลินิก เกียรติคุณ นายแพทย์ ณรงค์ บุณยะรัตเวช)

..... กรรมการภายในมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์)

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัจฉริยะ เอนก : ผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อ การสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน (EFFECTS OF CIRCUIT BOX JUMPING ON BONE RESORPTION, HEALTH - RELATED PHYSICAL FITNESS AND BALANCE IN PREMENOPAUSAL WOMEN) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ศ.คลินิกเกียรติคุณ นายแพทย์ ณรงค์ บุณยะรัตเวช,170 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมการออกกำลังกายโดยการการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อ การสร้างมวลกระดูก การสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน กลุ่มตัวอย่างคือ อาสาสมัครซึ่งเป็นสตรีวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี และเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจำนวน 57 คน และได้มีการเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling)โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน 28 คน และกลุ่มควบคุม 29 คน โดยกลุ่มฝึก ทำการฝึกออกกำลังกายโดยใช้จังหวะดนตรีเป็นตัวกำหนดความเร็วในการกระโดด พร้อมกับคาดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor)โดยกล่องมีความสูง 10 เซนติเมตร 15 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร ความหนักของการออกกำลังกายคือ 60%-80%ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด สถานีหนึ่งกระโดด 10 ครั้ง มีทั้งหมด 6 สถานี กระโดดทั้งหมด 2 รอบวงจรโดยกลุ่มควบคุมใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ แล้วดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง คือ ทดสอบทางสรีรวิทยา สารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะ และความสามารถในการทรงตัว โดยมีระยะเวลาการทดลองเป็นเวลานาน 12 สัปดาห์ๆ ละ 3 วัน นำผลที่ได้จากการทดลองทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาวิเคราะห์หาความแตกต่างด้วยวิธี paired samples t-test และ independent samples t-test อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า

1.ค่าสารชีวเคมีของกระดูกในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนดีขึ้น โดยมีค่าการสลายมวลกระดูก(ß-CrossLaps) ลดลง เมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าการสร้างมวลกระดูก(Bone formation) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมภายหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.ค่าสุขสมรรถนะและความสามารถในการทรงตัวในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมภายหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีผลต่อการชะลอการสลายมวลกระดูกและมีแนวโน้มในการสร้างมวลกระดูกได้ดีนอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาสุขสมรรถนะ และความสามารถในการทรงตัว จึงเป็นผลดีต่อสุขภาพและช่วยลดปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุนของสตรีได้

ลายมือชื่อนิสิต.....อัจฉริยะ เอนก.....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2552 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5178645239 : MAJOR SPORTS SCIENCE

KEY WORD : CIRCUIT OF BOX JUMPING/ BONE RESORPTION / BONE MARKER / HEALTH - RELATED PHYSICAL FITNESS / PREMENOPAUSAL WOMEN

ACHARIYA ANEK : EFFECTS OF CIRCUIT BOX JUMPING ON BONE RESORPTION, HE A LTH - RELATED PHYSICAL FITNESS AND BALANCE IN PREMENOPAUSAL WOMEN. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. VIJIT KANUNGSUKASEM, Ed.D. THESIS CO - ADVISOR : PROF. NARONG BUNYARATAVEJ, M.D.,170 pp.

The purpose of this research was to develop a circuit box jumping exercise program and examine the effect of circuit box jumping exercise program on bone formation, bone resorption, health related physical fitness and balance of premenopausal women. The samples consisting of 57 female volunteers from Chulalongkorn University aged between 35-45 years. Subjects were divided into two groups with 28 female in the training group and 29 female in the control group by simple random sampling method. The training group participated in a circuit box jumping exercise program while wearing heart rate monitor. The exercise speed was determined by the rhythm of the music. The training group completed two circuits of jumping on 6 stations with 10 jumps per station three times per week, for a period of twelve weeks. The jumping box is 10, 15 and 20 centimeters in height. The intensity was 60%-80% of the maximum heart rate. The control group did not participate in the circuit box jumping exercise program. The data were collected before and after the experiment. The collected data were physiological data, biochemical bone marker, health related physical fitness and balance ability. The data were collected before and after the experiment and were compared and analyzed by paired samples t-test and independent samples t-test. The differences of the test were statistically significant at the .05 level.

Results of the study were shown as follow;

1. Biochemical bone marker in the circuit box jumping subjects after the training intervention was significantly lower in bone resorption (ß-Crosslaps) while bone formation was significantly higher after the training intervention ($p<.05$).

2. Health-related physical fitness and balance in the circuit box jumping subjects after the training intervention was significantly better after the training intervention ($p<.05$).

The circuit box jumping training had positive effect on slowing down the bone resorption which resulting in increasing the bone formation. It may be concluded that the circuit box jumping training could reduce the risk of osteoporosis in premenopausal women. Additionally, it promoted the better health-related physical fitness and balance .

Student's Signature Achariya Anek

Field of Study : Sports Science — Advisor's Signature Vijit Kanungsukasem

Academic Year : 2009 — Co - Advisor's Signature Narong Bunyaratavej

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีเพราะความเมตตากรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร. วิชิต คนึงสุขเกษม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และศาสตราจารย์คลินิกเกียรติคุณ นพ. ณรงค์ บุญยะรัตเวช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตลอดจนรองศาสตราจารย์ ดร. ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิม ชัยวัชราภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ราตรี เรืองไทย ซึ่งเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้มอบทุน 72 พรรษา ฯ และทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ และขอกราบขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้มอบทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการพิเศษ อาคารภปร. โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเจาะเลือดผู้เข้าร่วมวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บข้อมูลสำหรับการทำวิจัย และขอกราบขอบพระคุณบุคลากร ซึ่งเป็นผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกๆ ท่านที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

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

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……จ

กิตติกรรมประกาศ……ฉ

สารบัญ……ช

สารบัญตาราง……ฌ

สารบัญแผนภูมิ……ฎ

บทที่

1 บทนำ……1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา……1

คำถามการวิจัย……4

สมมติฐานของการวิจัย……4

วัตถุประสงค์ของการวิจัย……4

ขอบเขตของการวิจัย……5

ข้อจำกัดของการวิจัย……5

ข้อตกลงเบื้องต้น……6

คำจำกัดความที่ใช้ในการการวิจัย……6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ……7

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……9

เอกสาร วารสาร และตำราที่เกี่ยวข้อง……10

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายในประเทศ……49

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ……52

3 วิธีดำเนินการวิจัย……59

ประชากร……59

กลุ่มตัวอย่าง……59

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง……59

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย……61

บทที่ หน้า

3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....63

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย.....64

การวิเคราะห์ข้อมูล.....69

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....71

5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....94

สรุปผลการวิจัย.....95

อภิปรายผลการวิจัย.....97

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....111

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป.....111

รายการอ้างอิง.....113

ภาคผนวก.....123

ภาคผนวก ก ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมฯ.....124

ภาคผนวก ข ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....126

ภาคผนวก ค ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัย.....129

ภาคผนวก ง แบบคัดกรองอาสาสมัคร.....135

ภาคผนวก จ แบบสอบถามประวัติสุขภาพ.....137

ภาคผนวก ฉ แบบบันทึกพฤติกรรมประจำวันของกลุ่มตัวอย่าง.....140

ภาคผนวก ช โปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลง
บนกล่องแบบหมุนเวียน.....142

ภาคผนวก ซ การทดสอบสมรรถภาพทางกาย.....156

ภาคผนวก ฌ แบบบันทึก ค่าทางสรีรวิทยา การทดสอบสุขสมรรถนะ
สารชีวเคมีของกระดูกและการทรงตัว.....164

ภาคผนวก ญ รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาองค์ประกอบความเหมาะสม
ของรูปแบบการออกกำลังกาย.....168

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....170

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน.....72

2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มช่วงก่อนการทดลอง.....76

3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณส้นเท้าของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มช่วงก่อนการทดลอง.....76

4 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรสรีรวิทยาของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....77

5 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทรงตัวของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบน.....81

6 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานองค์ประกอบทางร่างกายของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....82

7 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสูงสุดทางร่างกายของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....85

8 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดทางร่างกายของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....87

9 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....88

ตารางที่ หน้า

10 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) และค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....89

11 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) และค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP)ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....91

12 ผลการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการสร้างมวลกระดูก(Bone formation)ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....92

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	กรอบแนวความคิดในการวิจัย	8
2	สรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	68
3	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว (กิโลกรัม)ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบ หมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง	78
4	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายของกลุ่มควบคุมและ กลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบ หมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง	79
5	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดด ขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง	79
6	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดด ขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง	80
7	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดด ขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง	80
8	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการทรงตัวของ กลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้น ลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง	81
9	การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราส่วนเอวต่อสะโพกของ กลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้น ลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง	83

แผนภูมิที่ หน้า

10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อ (กิโลกรัม)ของกลุ่ม
ควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบน
กล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....83
11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมวลไขมัน (กิโลกรัม)ของกลุ่ม
ควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลง
บนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....84
12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยไขมัน (เปอร์เซ็นต์) ของกลุ่ม
ควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลง
บนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....84
13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ
ต้นขาด้านหน้าในท่าเลคเอ็กเทนชั่นของกลุ่มควบคุมและ
กลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบ
หมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....86
14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ
ต้นขาด้านหลังในท่าเลคเคิลของกลุ่มควบคุมและกลุ่ม
การฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบ
หมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....86
15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความอ่อนตัวในท่านั่งยืดแขนก้มแตะปลายเท้า
ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดด
ขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....87
16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด
ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดด
ขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....88
17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูก(β-CrossLaps)
ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดด
ขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....90

แผนภูมิที่ หน้า

18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูก(P1NP) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดด ขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง.....91
19 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูกเปรียบเทียบ (Bone formation)ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออก กำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและ หลังการทดลอง.....93

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้รุดหน้าอย่างมากทำให้เกิดสิ่งอำนวยความสะดวกมากมายซึ่งมีทั้งด้านดีและด้านเสียคือเกิดความสะดวกมากขึ้นแต่ก็เกิดผลเสียทางด้านสุขภาพ การพึ่งพาสิ่งอำนวยความสะดวกนี้ทำให้คนเรามีกิจกรรมทางกายน้อยลงทำให้เกิดผลเสียต่างๆที่ตามมามากมาย ปัญหาที่สำคัญคือการเกิดภาวะโรคกระดูกพรุน ซึ่งโรคกระดูกพรุนนั้นจะพบมากในผู้สูงอายุโดยจะพบปัญหาในเพศหญิงมากกว่าเพศชายเพราะในเพศหญิงจะมีการลดลงของเนื้อกระดูกเป็นอย่างมากในช่วง 5 ปีหลังวัยหมดประจำเดือน โดยสตรีวัยหมดประจำเดือนเป็นวัยที่ต้องเผชิญกับปัญหาครั้งสำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่งของชีวิต คือ การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของร่างกายโดยเฉพาะฮอร์โมนเอสโตรเจนที่ลดลงอย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากประสิทธิภาพการทำงานของรังไข่หยุดทำงาน โดยจะเริ่มมีความผิดปกติทางสรีรวิทยาเมื่ออายุ 45 ปีขึ้นไปส่งผลให้เกิดการสลายมวลกระดูกเร็วมากกว่าปกติอันเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโรคกระดูกพรุนในเวลาต่อมา โดยจะมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดกระดูกหัก ยุบตัว หรือหลังคดงอได้ง่ายเมื่อมีการหกล้มที่ไม่รุนแรง นอกจากนั้น ยังจะส่งผลกระทบต่อสภาพจิตใจ อารมณ์ และสังคมของสตรีผู้สูงอายุเป็นอย่างมาก ตลอดจนเป็นปัญหาด้านภาวะการพึ่งพิงของบุคคลรอบข้างและจะต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายอย่างมหาศาลในการรักษา จนกล่าวได้ว่าโรคกระดูกพรุนเป็นโรคที่สาธารณสุขของหลายประเทศทั่วโลกจะต้องเผชิญโดยมิอาจหลีกเลี่ยงได้

การศึกษาโรคกระดูกพรุนมีมาอย่างต่อเนื่องและได้รับการพัฒนาทั้งด้านการวินิจฉัย การรักษาและการป้องกัน (สมชาย เอื้อรัตนวงศ์, 2544) ในปัจจุบันพบว่าวิธีที่นิยมมากที่สุดอย่างหนึ่ง คือ การรักษาด้วยยาแต่อาจเกิดภาวะแทรกซ้อนจากการรักษาได้ง่ายหากใช้ติดต่อกันเป็นเวลานาน หรือการใช้ฮอร์โมนทดแทนเป็นระยะเวลานานอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งมดลูกและมะเร็งเต้านมได้ในสตรีบางราย (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538; นิมิต เตชไกรชนะ และกระเษียร ปัญญาคำเลิศ, 2543)

ภาพรวมของกระดูกในร่างกายตั้งแต่เกิดจนถึงวัยสูงอายุในช่วงเด็กจะมีการสร้างมากกว่าการทำลายในช่วงวัยกลางคนจะมีการสร้างและการทำลายพอดีกันและการทำลายของกระดูกจะมีมากกว่าเมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุ แต่ก็ไม่ใช่หมายความว่าผู้สูงอายุทุกคนจะต้องเกิดกระดูกสันหลังทรุดหรือกระดูกหัก ทั้งนี้เป็นผลจากมีการสะสมของเนื้อกระดูกไว้ตั้งแต่ในช่วงเด็กและวัยรุ่น

ซึ่งเป็นช่วงที่มีการสะสมของกระดูกสูงสุดเพราะเมื่อมีการสูญเสียเนื้อกระดูกเพิ่มขึ้นในช่วงวัยหมดประจำเดือนไปก็ยังมีความหนาแน่นของกระดูกในเกณฑ์ปกติได้ ซึ่งจะต่างกับรายที่ไม่ได้มีการสะสมของกระดูกไว้เนื้อกระดูกก็อาจจะลดลงจนถึงระดับที่เป็นอันตรายได้

จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ก่อให้ผู้วิจัยเกิดแรงผลักดันในการที่จะศึกษาหาแนวทางที่จะป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุนเพื่อเป็นการรองรับคุณภาพชีวิตที่ดีเมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุในอนาคตได้ด้วยตนเองอีกด้วย จะเห็นว่าปัญหากระดูกพรุนนี้ก่อให้เกิดการสูญเสียต่อชีวิตคุณภาพของชีวิตและทรัพย์สินอย่างมาก ดังนั้นการป้องกันจึงเป็นทางออกที่ดีที่สุดในขณะนี้

การออกกำลังกายซึ่งแพทย์และนักสรีรวิทยาการออกกำลังกายยอมรับว่าสามารถเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกและสามารถป้องกันโรคกระดูกพรุนได้จะเป็นชนิดที่มีน้ำหนักกดลงบนกระดูกและมีแรงกระแทกได้แก่ การยกน้ำหนัก (Weight training) การออกกำลังกายแบบลงน้ำหนัก (Weight bearing) การออกกำลังกายแบบมีแรงกระแทก(High impact exercise)เพื่อให้เกิดแรงปฏิกิริยาจากพื้น และการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (Resistance exercise)

จากการศึกษาเบื้องต้นในต่างประเทศรายงานถึงผลของการออกกำลังกายที่มีต่อการเพิ่มมวลกระดูกของสตรีพบว่า คริสตินและคณะ (Christine et al.,2000)ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายที่ใช้เสื้อถ่วงน้ำหนักซึ่งเป็น การออกกำลังกายแบบลงน้ำหนัก (Weight bearing) จะมีผลต่อการป้องกันการสูญเสียความหนาแน่นของกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน สเตนเจลและคณะ (Stengel et al., 2007)ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกพัฒนาความแข็งแรง (Strength training) กับ การฝึกพัฒนาพลัง (Power training)ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในหญิงวัยหมดประจำเดือน ผลการศึกษาพบว่าก่อนการทดลองค่าความหนาแน่นของกระดูกของกลุ่มฝึกพัฒนาความแข็งแรงและกลุ่มการฝึกพัฒนาพลังไม่มีความแตกต่างกัน แต่หลังจากการฝึกพบว่า กลุ่มการฝึกพัฒนาพลังนั้นสามารถชะลอ การเสื่อมของกระดูก ในหญิงวัยหมดประจำเดือนได้ดีกว่ากลุ่มฝึกพัฒนาความแข็งแรงเนื่องจากกลุ่มการฝึกพัฒนาพลังมีความเร็วในการยกมากระตุ้นเซลล์สร้างกระดูก วิทซ์เคและคณะ (Witzeke et al.,2000) ได้ศึกษาผลการฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริกที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในเด็กวัยรุ่นหญิงโดยผลการศึกษาพบว่าก่อนการทดลองค่าความหนาแน่นของกระดูกของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกัน แต่หลังจากการฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริก พบว่าค่าความหนาแน่นของกระดูกบริเวณเกรทเทอร์โทรแคนเทอร์(Greater trochanter) ของกระดูกต้นขาของกลุ่มฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริกมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถพัฒนาความแข็งแรงของขาอีกด้วย

แต่อย่างไรก็ตามในขณะที่การศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดที่มีต่อการเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกหรือชะลอการสลายมวลกระดูกของสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนเพื่อป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุนในประเทศไทยนั้นยังไม่มีหลักฐานปรากฏที่แน่ชัดอยู่ในปัจจุบัน ในสตรีผู้สูงอายุนอกจากปัญหาโรคกระดูกพรุนแล้ว ยังต้องเผชิญปัญหาด้านต่างๆอีกอาทิเช่นปัญหาด้านการทรงตัว (Balance) ซึ่งหากการทรงตัวไม่ดี จะทำให้เกิดปัญหาการหกล้ม และกระดูกหักตามมา และยังมีสิ่งที่สำคัญอื่นอีกคือปัญหาทางด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และระบบการหายใจและไหลเวียนโลหิต ซึ่งทำให้ส่งผลต่อสุขภาพทางกาย สภาพจิตใจ อารมณ์ และสังคมเป็นอย่างมาก ตลอดจนเป็นปัญหาด้านภาวะการพึ่งพิงของบุคคลรอบข้างและต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายอย่างมหาศาลในการรักษา

โดยปกติแล้วการออกกำลังกายแบบการฝึกความแข็งแรง (Strength training)จะพัฒนาในด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแต่มีผลต่อระบบการหายใจและการไหลเวียนโลหิตไม่มากและการออกกำลังกายแบบการฝึกความอดทน (Endurance training) จะพัฒนาในด้านระบบการหายใจและการไหลเวียนโลหิตแต่จะมีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และกระดูกไม่มาก อย่างไรก็ดีผู้วิจัยมีความสนใจในการออกกำลังกายที่จะสามารถพัฒนาทั้งระบบกระดูก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ระบบการหายใจและการไหลเวียนโลหิต และการทรงตัวในคราวเดียวกัน จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจการนำการออกกำลังกายแบบกระโดดขึ้นลงบนกล่องมาประยุกต์ ซึ่งคาดว่าการออกกำลังกายแบบกระโดดขึ้นลงบนกล่องนั้นจะมีผลช่วยในการพัฒนาทางด้านชะลอการสลายมวลกระดูก , ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และเพิ่มความสามารถในการทรงตัว เพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่างๆ (ROM) ช่วยพัฒนาในด้านระบบการหายใจและการไหลเวียนโลหิต ลดอัตราการเต้นของหัวใจในขณะพัก เพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและเป็นการออกกำลังกายที่สนุกสนาน ไม่น่าเบื่อ เพราะผู้วิจัยได้ออกแบบสถานีการออกกำลังกายการกระโดดขึ้นลงบนกล่องทั้งหมด 6 สถานี จึงเป็นที่น่าสนใจว่าการออกกำลังกายใหม่ที่คิดค้นขึ้นนี้จะมีผลต่อการชะลอการสลายมวลกระดูกของ การทรงตัว และสุขสมรรถนะ คือ องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงและอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจอย่างไร มีผลแตกต่างกับกลุ่มผู้ไม่ออกกำลังกายแบบการกระโดดบนกล่องแบบหมุนเวียนหรือไม่ ผลที่ได้จากการศึกษาจะทำให้ทราบถึงค่าการสลายมวลกระดูก การทรงตัว และสุขสมรรถนะ คือ องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงและอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการออกกำลังกายในสตรีเพื่อป้องกันการเป็นโรคกระดูกพรุนเมื่ออายุมากขึ้นพร้อมทั้งเป็นการตอบสนองนโยบายของรัฐบาล

ในการสร้างเสริมสุขภาพและเพิ่มคุณภาพชีวิตที่ดี และช่วยลดการสูญเสียทางเศรษฐกิจของประเทศอีกด้วย อีกทั้งยังเป็นฐานข้อมูลในการศึกษาค้นคว้าวิจัยด้านสรีรวิทยาการออกกำลังกายในโอกาสต่อไป

คำถามของการวิจัย

1. การออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนจะช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกและสามารถเพิ่มแนวโน้มในการสร้างมวลกระดูกในหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือนได้หรือไม่

2. การออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนจะช่วยเพิ่มสุขสมรรถนะในหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือนได้หรือไม่

3. การออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนจะช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวในหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือนได้หรือไม่

สมมติฐานของการวิจัย

1. การออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนจะช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกและสามารถเพิ่มแนวโน้มในการสร้างมวลกระดูกในหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือนได้

2. การออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนจะช่วยเพิ่มสุขสมรรถนะในหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือนได้

3. การออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนจะช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวในหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือนได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อพัฒนาโปรแกรมการออกกำลังกายโดยการการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน

2. เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีต่อการสลายมวลกระดูกและการสร้างมวลกระดูกในหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือน

3.เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีต่อสุขสมรรถนะในหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือน

4.เพื่อศึกษาผลของ การออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีต่อความสามารถในการทรงตัวในหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรในการวิจัยครั้งนี้คือสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน ที่มีอายุระหว่าง 35 - 45 ปี ซึ่งเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ตัวแปรที่จะการศึกษาในครั้งนี้

ตัวแปรต้น (Independent variables)

- รูปแบบการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน

ตัวแปรตาม (Dependent variables)

- ตัวแปรทางสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนักตัว อัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก ความดันโลหิตขณะพัก

- ตัวแปรการทดสอบสุขสมรรถนะ ได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ

- ตัวแปรการทดสอบด้านสารชีวเคมีกระดูก ได้แก่ ภาวะการสลายและการสร้างมวลกระดูกโดยภาวะการสลายมวลกระดูกจะมีค่าเบต้าครอสแล็บ (β- CrossLaps) ปกติอยู่ในช่วง0.293 - 0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และภาวะการสร้างมวลกระดูกจะมีค่าพีวันเอ็นพี (P1NP) ปกติอยู่ในช่วง 40.78-48.35 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

- ตัวแปรค่าทดสอบความสามารถในการทรงตัว

3. โปรแกรมของการฝึกมีการคัดเลือกท่าการกระโดดที่ส่งผลต่อการลงน้ำหนักผ่านเส้นแนว แขน ขา กระดูกและข้อต่อต่างๆ และทำการฝึกในรูปแบบเป็นวงจรหมุนเวียน

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนคือ 12 สัปดาห์ และความถี่ในการออกกำลังกายคือ 3 ครั้งต่อสัปดาห์

ข้อจำกัดของการวิจัย

ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมการประกอบกิจกรรมในการดำเนินชีวิตประจำวันของกลุ่มตัวอย่างให้เหมือนกันได้ เช่น การรับประทานอาหาร และการพักผ่อน เป็นต้น

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครที่เต็มใจเข้าร่วมการวิจัยและได้รับการชี้แจงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการวิจัยต่างๆอย่างละเอียดพร้อมทั้งลงชื่อในใบยินยอมเพื่อเข้าร่วมทำการทดลอง

2. กลุ่มทดลองต้องไม่ทำการกระโดดเพิ่มเติมและกลุ่มควบคุมให้ความร่วมมือในการใช้ ชีวิตประจำวันตามปกติและตามข้อตกลงเบื้องต้น

3. ผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมในการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงแบบหมุนเวียนด้วยตนเองทุกครั้ง

4. ใช้สถานที่และช่วงเวลาที่ทำการทดลองเดียวกัน

5. ใช้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เลือดเพื่อหาค่าการสลายมวลกระดูกและค่าการสร้างมวลกระดูกโดยการตรวจวัดค่าเบต้าครอสแล็บ (β-CrossLaps) และค่าพีวันเอ็นพี (P1NP) ตามลำดับ

คำจำกัดความของการวิจัย

การฝึกการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน หมายถึง กระบวนการฝึกการกระโดดขึ้นลงบนกล่องโดยมีหลายๆสถานีการฝึก และฝึกอย่างต่อเนื่องเป็นวงจรหมุนเวียน

การสลายมวลกระดูก หมายถึง ภาวะที่มีการสลายกระดูกมากกว่าการสร้างกระดูกใหม่ขึ้นมาทดแทน หรืออาจมีสาเหตุอื่นๆ มาช่วยเร่งทำให้มีการสูญเสียมวลกระดูกและเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนมากขึ้น (สมชาย เอื้อรัตนวงศ์, 2544)

การตรวจโบนมาร์กเกอร์ หมายถึง การตรวจด้วยขบวนการเคมีพิเศษที่สามารถบอกภาวะการสลายและการสร้างมวลกระดูกได้ โดยภาวะการสลายมวลกระดูกจะมีค่าเบต้าครอสแล็บ (β-CrossLaps) ปกติอยู่ในช่วง 0.293 - 0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และภาวะการสร้างมวลกระดูกจะมีค่าพีวันเอ็นพี (P1NP) ปกติอยู่ในช่วง 40.78-48.35 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเรียกวิธีการตรวจทางชีวเคมีนี้ว่าไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์ (Biochemical bone markers) หรือเรียกสั้นๆว่า โบนมาร์กเกอร์ (ณรงค์ บุญยะรัตเวช, 2550)

การตรวจสอบการสร้างกระดูก (Bone formation) หมายถึง การตรวจสอบการสร้างมวลกระดูก(Bone formation) ที่คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP)ต่อค่าการสลายมวลกระดูก(β-CrossLaps)แล้วคูณค่าคงตัว 0.31(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ซึ่งค่า 0.31 คือค่าเฉลี่ยมาตรฐานของค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps)ของโบนมาร์คเกอร์ในหญิงวัยเจริญพันธ์ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2552)

สตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน หมายถึง สตรีที่ยังคงมีประจำเดือนมาอย่างสม่ำเสมอ หรือ อาจพบว่ามีประจำเดือนขาดหายไปบ้างบางครั้งแต่ไม่เกิน 3 เดือน(หะทัย เทพพิสัย และ อุรุษา เทพพิสัย, 2541)

สุขสมรรถนะ หมายถึง สมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพทั้ง 4 ประการ ได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ

การทรงตัว หมายถึง ความสามารถในการรักษาสมดุลของร่างกายเอาไว้ได้ทั้งในขณะอยู่กับที่และเคลื่อนที่

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. การฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (Circuit of box jumping) สามารถเพิ่มความหนาแน่นของกระดูก หรือ ชะลอการสลายมวลกระดูกของสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน

2. เป็นแนวทางในการส่งเสริมการออกกำลังกายในรูปแบบอื่นๆให้มีความหลากหลาย และปลอดภัยสามารถปฏิบัติเองได้ง่ายไม่ต้องใช้อุปกรณ์ที่ซับซ้อน เพื่อเป็นทางเลือกในการออกกำลังกายเพื่อป้องกันโรคกระดูกพรุนที่นำไปใช้ได้กับสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน

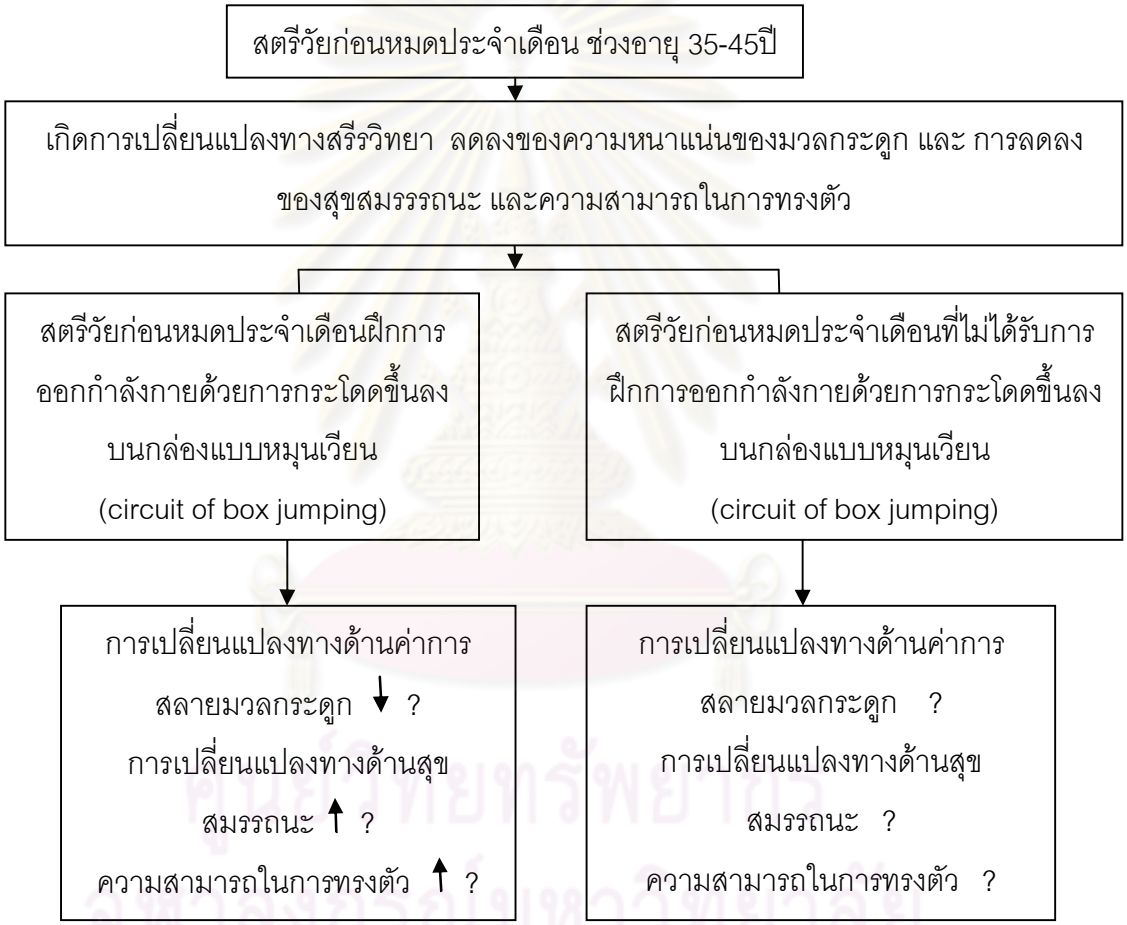
3. การฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน(Circuit of box jumping) สามารถเพิ่มสุขสมรรถนะ ได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจกับสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน

4. การฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (Circuit of box jumping) สามารถเพิ่มความสามารถในการทรงตัวของสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนและจะ

ช่วยลดอุบัติการณ์กระดูกหักเพราะหากการทรงตัวไม่ดีจะทำให้เกิดปัญหาการหกล้ม และกระดูกหักตามมา

5. ข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างเสริมสุขภาพและการเพิ่มคุณภาพชีวิตของสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนต่อไป

แผนภูมิที่ 1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่องผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีต่อ การสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนจึงได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลต่างๆ จากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาประกอบและเป็นแนวทางในการศึกษาซึ่งเรียบเรียงไว้ดังนี้

ก. เอกสาร วารสาร และตำราที่เกี่ยวข้อง

1. สตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน
2. โรคกระดูกพรุน
3. การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน
4. ชีววิทยาของกระดูก
5. การวินิจฉัยโดยการตรวจทางชีวเคมี
6. รูปแบบการออกกำลังกายในผู้ใหญ่
7. การฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน
8. ผลของการออกกำลังกายต่อการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย
9. ผลของการออกกำลังกายต่อการปรับตัวของกระดูก

ข.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. เอกสาร วารสาร และตำราที่เกี่ยวข้อง

1.สตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน

สตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน หมายถึง สตรีที่ยังคงมีประจำเดือนมาอย่างสม่ำเสมอ หรือ อาจพบว่ามีประจำเดือนขาดหายไปบ้างบางครั้งแต่ไม่เกิน 3 เดือน (หะทัย เทพพิสัย และอุรุษา เทพพิสัย ,2541)

สตรีวัยหมดประจำเดือน หมายถึง สตรีที่เข้าสู่ช่วงวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงของจิตใจและระบบต่างๆในร่างกายตามธรรมชาติโดยเฉพาะมีการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะเจริญพันธุ์ไปสู่ภาวะหมดความสามารถในการเจริญพันธุ์เนื่องจากหยุดการทำงานของรังไข่ (บุปผา อินต๊ะแก้ว, 2544) ซึ่งสตรีวัยหมดประจำเดือนจะเริ่มมีอาการและการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปตั้งแต่อายุประมาณ 40 ปีขึ้นไปเนื่องจากการผลิตฮอร์โมนเอสโตรเจนที่เริ่มลดลง (อร่าม โรจนสกุล, 2533; Smith, 1997; Whitehead, 1999) เช่น อาการทางระบบประสาทอัตโนมัติ อาการทางจิตประสาท อาการทางผิวหนัง อาการทางระบบกล้ามเนื้อและโครงร่าง อาการของระบบทางเดินปัสสาวะและอวัยวะสืบพันธุ์ อาการของระบบหัวใจและหลอดเลือด และอาการที่เกิดจากกระดูกพรุน (กอบจิตต์ ลิมปพยอม, 2543)

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

1. ภาวะก่อนหมดประจำเดือน (Premenopause) คือ ภาวะก่อนหมดประจำเดือนซึ่งยังคงมีประจำเดือนยังมาอย่างสม่ำเสมอ หรืออาจพบว่ามีประจำเดือนขาดหายไปบ้างบางครั้งแต่ไม่เกิน 3 เดือน

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

3. ภาวะหลังหมดประจำเดือน (Postmenopause) คือ ภาวะหมดประจำเดือนอย่างถาวรโดยธรรมชาติ และไม่มีประจำเดือนมาเป็นระยะเวลา 12 เดือนขึ้นไป

2. โรคกระดูกพรุน

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าได้มีผู้ที่ให้ความหมายของคำว่าโรคกระดูกพรุน (Osteoporosis) ไว้ดังนี้

โรคกระดูกพรุน หมายถึง ภาวะที่กระดูกมีความแข็งแรงทนทานลดลง อันเนื่องมาจากเนื้อกระดูกบางลงจนเป็นเหตุให้เกิดการแตกหัก ยุบตัวลงได้ง่าย (สมพงษ์ สุวรรณวลัย, 2543)

โรคกระดูกพรุน หมายถึง โรคที่มีเนื้อกระดูกน้อยกว่าปกติ และมีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของกระดูก (สุขจันทร์ พงษ์ประไพ , 2543)

โรคกระดูกพรุน หมายถึง ภาวะที่มีการสูญเสียเนื้อกระดูกทำให้กระดูกบาง ผุ และมีความเสี่ยงสูงต่อการทรุดตัวลงของกระดูกและอาจเกิดการหักได้ (อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, 2540)

โรคกระดูกพรุน หมายถึง ภาวะที่ความหนาแน่นของมวลกระดูกมีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นสูงสุดของมวลกระดูกในเพศหญิงวัยเจริญพันธุ์ โดยมีค่าคะแนนมาตรฐานที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ -2.5 (WHO, 1996)

จากการทบทวนวรรณกรรมพอสรุปได้ว่า โรคกระดูกพรุน หมายถึง ภาวะที่เนื้อกระดูกในร่างกายนั้นลดลงจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและอาจเกิดการหักได้ง่ายแม้จะหกล้มที่ไม่รุนแรง

ชนิดของโรคกระดูกพรุน

การจำแนกชนิดของโรคกระดูกพรุนแบ่งได้ 3 วิธี ดังนี้

1. จำแนกตามอัตราการย่อยสลายกระดูกเก่าและการสร้างกระดูกใหม่ โดยแบ่งเป็น

1.1 กลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงเร็ว (High bone turnover)

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

2. จำแนกตามวิธีของริกส์และเมลโตน (Riggs and Melton) โดยแบ่งแยกโรคกระดูกพรุนออกเป็น

2.1 ประเภทที่1 โรคกระดูกพรุนในสตรีวัยหมดประจำเดือน(Postmenopausal osteoporosis, type I) (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543) ซึ่งเกิดในช่วงอายุ 51-65 ปี ของเพศหญิง เนื่องจากขาดฮอร์โมนเอสโตรเจนทำให้มีการสลายเนื้อกระดูกโดยเฉพาะกระดูกทราบีคิวลาร์มากกว่ากระดูกคอร์ติคอลโดยการสูญเสียเนื้อกระดูกในกลุ่มนี้ไม่ได้เกิดจากความผิดปกติของระดับแคลเซียมในกระแสเลือด (Peterson, 2001) อัตราการสลายกระดูกมีมากกว่าอัตราการสร้างกระดูกทำให้มีการสูญสียเนื้อกระดูกวันละประมาณ 50 มิลลิกรัม (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

2.2 ประเภทที่ 2 (Age-related หรือ Senile osteoporosis, type II) ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงอายุมากกว่า 75 ปี เป็นโรคกระดูกพรุนที่เกิดในผู้สูงอายุทั้งเพศชายและเพศหญิงเนื่องจากการดูดซึมของแคลเซียมในลำไส้ลดลง ทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดต่ำลงต่อมพาราธัยรอยด์จึงหลั่งพาราธัยรอยด์ฮอร์โมนเพิ่มขึ้นเป็นผลให้มีการสลายกระดูกมากขึ้น เพื่อทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดกลับสู่ภาวะปกติ โรคกระดูกพรุนในผู้สูงอายุจะมีผลต่อกระดูกคอร์ติคอลมากกว่ากระดูกทราบีคิวลาร์ (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539; นิมิต เตชไกรชนะ, 2543)

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

3.1 โรคกระดูกพรุนชนิดปฐมภูมิ หมายถึง โรคกระดูกพรุนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของร่างกายตามธรรมชาติ

3.2 โรคกระดูกพรุนชนิดทุติยภูมิ หมายถึง โรคกระดูกพรุนที่ปรากฏจากสาเหตุต่างๆ เช่น จากโรคทางอายุรกรรม โรคของระบบต่อมไร้ท่อ จากการใช้ยาบางชนิด เป็นต้น

ลักษณะอาการของโรคกระดูกพรุน

อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา (2540) กล่าวว่า โรคกระดูกพรุนเป็นโรคที่ไม่ได้เกิดขึ้นทันทีทันใดแต่จะค่อยเป็นค่อยไป โดยแบ่งได้ 2 ระยะ ดังนี้

1. อาการแสดงในระยะแรก ในระยะนี้จะไม่ปรากฏอาการใดๆให้เห็นว่าเป็นโรคกระดูกพรุน แต่จะมีภาวะการขาดหรือการลดลงของฮอร์โมนเอสโตรเจนอย่างมาก ทำให้เกิดอาการดังนี้

1.1 อาการทางประสาทบังคับหลอดเลือด (Vasomotor symptom) ผู้ป่วยจะมีอาการรู้สึกร้อนวูบ เหงื่อออก และอาจมีเหงื่อออกมาในเวลากลางคืน ลักษณะอาการเช่นนี้อาจปรากฏ 5 - 10 ครั้ง/วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพผู้ป่วยแต่ละราย สตรีวัยหมดประจำเดือนร้อยละ 75-80 ถ้าไม่ได้รับการรักษาด้วยการให้ฮอร์โมนเอสโตรเจนชดเชยจะมีอาการทางประสาทบังคับหลอดเลือดในรายที่มีอาการเหล่านี้ในเวลากลางคืนอาจทำให้นอนไม่หลับ ซึ่งถ้านอนไม่หลับบ่อยครั้งจะทำให้มีผลต่อสุขภาพกายและจิตใจด้วย

1.2 อาการทางจิตประสาท เช่น วิตกกังวล หงุดหงิด ซึมเศร้า ขาดความมั่นใจ เป็นผลให้การตัดสินใจไม่ดี

1.3 ระบบอวัยวะสืบพันธ์จะมีการเหี่ยวย่นของเต้านม มดลูก ปีกมดลูก ช่องคลอด เยื่อบุมดลูกแห้งและบางลง เป็นผลให้เกิดความเจ็บปวดเมื่อมีเพศสัมพันธ์

1.4 ระบบทางเดินปัสสาวะ ท่อทางเดินปัสสาวะหดสั้นลงทำให้มีการติดเชื้อของระบบทางเดินปัสสาวะได้ง่าย บางรายเกิดภาวะถ่ายปัสสาวะบ่อย

1.5 ระบบผิวหนัง ผิวจะมีลักษณะแห้ง ชอกช้ำง่าย เปราะบาง เล็บฉีกขาดง่าย ผมแห้งและร่วงง่าย

1.6 ระบบข้อต่อ ข้อต่อต่างๆมีความเสื่อม บางรายอาจมีอาการปวดบริเวณข้อต่อทำให้เคลื่อนไหวไม่ได้เต็มที่ ซึ่งถ้าไม่ได้รับการแก้ไข ข้อจะเสื่อมมากขึ้น มีอาการเจ็บปวดทวีคูณ ความสามารถในการเคลื่อนไหวลดลง ทำให้ผู้ป่วยได้รับความทุกข์ทรมานมากขึ้นและเป็นผลเสียต่อภาวะจิต สังคมมากขึ้นด้วย

1.7 อาการอื่นๆ บางรายอาจมีอาการอ่อนเพลีย ปวดศีรษะ เบื่ออาหาร

2. อาการแสดงในระยะยาว แบ่งเป็นความรุนแรง 3 ระดับ คือ

2.1 ระดับเล็กน้อย (Mild) ผู้ป่วยไม่มีอาการและอาการแสดงบางรายอาจมีอาการปวดตามกระดูกทั่วไปเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อตรวจความหนาแน่นของกระดูก (Bone mineral density) จะมีความหนาแน่นของเนื้อกระดูกไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

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

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

กล่าวได้ว่าลักษณะของภาวะโรคกระดูกพรุนในสตรีวัยหมดประจำเดือนอาจส่งผลกระทบต่อด้านต่างๆ มากมายในการดำเนินชีวิต

ผลกระทบของการเกิดโรคกระดูกพรุนในสตรี

โรคกระดูกพรุนส่งผลกระทบทั้งด้านร่างกาย จิตใจ สังคม และเศรษฐกิจ ดังนี้

1. ด้านร่างกาย สตรีจะทุกข์ทรมานมากจากการกระดูกหักของกระดูก ซึ่งเป็นสาเหตุของอาการเจ็บปวดหลังเรื้อรัง อาการปวดหลังเป็นอาการที่พบมากในสตรีที่มีภาวะกระดูกพรุน (อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, 2540; Holmes, 1998) มีการศึกษาในกลุ่มสตรีที่มีภาวะกระดูกสันหลังหักจะมีอาการปวดหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มากกว่ากลุ่มที่ไม่มีภาวะกระดูกสันหลังหัก (Galindo-ciocan et al., 1995) ทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิต (Christiansen, 1991) ทำให้ปวดกล้ามเนื้อ ปวดเอ็น ส่งผลต่อการเดินลำบาก หลังโกง ส่วนสูงลดลง (กอบจิตต์ ลิมปพะยอม, 2543;

รัชตะ รัชตะนาวิน, 2538; Christiansen, 1991; Rose & Rose, 1994) และไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ (Rose, 1997)

2. ด้านจิตใจ โรคกระดูกพรุนทำให้ทุกข์ทรมานมากจากอาการที่เกิดขึ้น ซึ่งทำให้ไม่มีความสุขและเครียด การผิดรูปของกระดูก เกิดความพิการ เช่น กระดูกโก่งงอ หลังค่อม และไหล่งุ้ม นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงภาพลักษณ์ ทำให้อาย คิดมาก (Galindo-ciocan et al., 1995; Rose & Rose, 1994) ทำให้สูญเสียความเชื่อมั่นในตนเอง (Rose, 1997)

3. ด้านสังคม การเกิดโรคกระดูกพรุนทำให้ไม่กล้าพบปะเพื่อน ไม่กล้าออกสังคม (Galindo-ciocan et al., 1995; Rose, 1997; Rose & Rose, 1994) และแยกตัวออกจากสังคม (Ross, 1997) ทำให้ความสัมพันธภาพในครอบครัวลดลงและมีปัญหาในการทำกิจกรรมในครอบครัว

4. ด้านเศรษฐกิจ ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาและดูแลจำนวนมาก (มยุรี ปัตตพงศ์, 2541) ซึ่งร้อยละ 50 ของสตรีที่กระดูกข้อสะโพกหักต้องได้รับการดูแลรักษาที่ยาวนาน และต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงมากกว่าสตรีที่เจ็บป่วยด้วยโรคมะเร็ง ในสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ. 1984 มีการหักของกระดูกเนื่องจากโรคกระดูกพรุนและต้องเสียค่าใช้จ่ายถึง 6 ล้านดอลลาร์ ต่อปี และคาดว่าจะมีการหักของกระดูกเนื่องจากภาวะกระดูกพรุนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (Rose & Rose, 1994) และต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมากในการรักษา (Kulak & Bilezikian, 1998)

เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าโรคกระดูกพรุนได้ส่งผลกระทบมากมายและยังเป็นปัญหากระทบกับประเทศอื่นๆ ไปทั่วโลก การเกิดโรคกระดูกพรุนนั้นมีปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งหรือหลายปัจจัยรวมกันก็ได้ ดังนั้นการป้องกันจึงเป็นทางออกที่ดีในปัจจุบัน

ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุนในสตรีวัยหมดประจำเดือน

ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคกระดูกพรุนในสตรีวัยหมดประจำเดือน ประกอบด้วยปัจจัยด้านพันธุกรรม ด้านโภชนาการ ด้านพฤติกรรมสุขภาพ ด้านการเจ็บป่วย ด้านการใช้ยาและปัจจัยอื่นๆ ดังนี้

1. ปัจจัยด้านพันธุกรรม ได้แก่ กรรมพันธุ์ เชื้อชาติ และ เพศ

1.1 กรรมพันธุ์ ผู้ที่มีโครงร่างใหญ่ แข็งแรง จากการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุ์กรรม ของพ่อแม่ได้เปรียบกว่าคนที่พ่อแม่มีรูปร่างเล็ก (หมายถึง ความสูงไม่ได้มาตรฐาน รวมทั้งขนาดหรือความหนาของรูปร่าง) หรือมีประวัติบุคคลในครอบครัว ญาติใกล้ชิด เป็นโรคกระดูกพรุน หรือกระดูกหักง่ายจากการบาดเจ็บที่ไม่รุนแรง (Finn, 1997)

1.2 เชื้อชาติ ประชากรในประเทศแถบทวีปเอเชีย (ผิวเหลือง) มีความแข็งแรงของกระดูกน้อยกว่าชาวตะวันตก (ผิวขาว) ซึ่งชนชาติที่มีกระดูกแข็งแรงมากที่สุดได้แก่ ชนชาติแอฟริกัน (ผิวดำ) ส่วนสตรีผิวขาว สตรีผิวเหลืองหรือชาวเอเชีย มีโอกาสเกิดโรคกระดูกพรุนสูงกว่าสตรีผิวดำ (Rose & Rose, 1994)

1.3 เพศ สตรีมีโอกาสเกิดโรคกระดูกพรุนมากกว่าบุรุษถึง 4 เท่า เนื่องจากการลดลงของฮอร์โมนเอสโตรเจนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการลดลงของเนื้อกระดูกโดยตรง (Christiansen, 1991; Rose & Rose, 1994)

2. ปัจจัยด้านโภชนาการ ได้แก่ การได้รับสารอาหารที่มีแคลเซียมไม่เพียงพอ การได้รับวิตามินดีไม่เพียงพอ และการรับประทานอาหารโปรตีนจากเนื้อสัตว์จำนวนมาก

2.1 การได้รับสารอาหารที่มีแคลเซียมไม่เพียงพอ หรือการขาดสารอาหารที่มีแคลเซียมเรื้อรังเนื่องจากแคลเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อกระดูกร้อยละ 98 แคลเซียมเป็นส่วนสำคัญในการสร้างเนื้อกระดูกใหม่และช่วยทำให้กระดูกแข็งแรง (Christiansen, 1991; Rose & Rose, 1994)

2.2 การได้รับวิตามินดีไม่เพียงพอ วิตามินดีเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อกระดูกช่วยสร้างโปรตีนในการดูดซึมของแคลเซียม ทำให้แคลเซียมมีการดูดซึมได้ดี และช่วยในการสร้างของเนื้อกระดูก โดยปกติร่างกายสามารถได้รับวิตามินดีจากการบริโภค เช่น น้ำมันตับปลา เมล็ดธัญญาพืชทั้งเปลือก ขนมปัง มาการีน และจากแสงแดด เป็นต้น การขาดวิตามินดีทำให้ลำไส้ดูดซึมแคลเซียมได้ลดลง ทำให้แคลเซียมในกระแสเลือดลดต่ำลง ซึ่งจะส่งผลกระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนพาราธัยรอยด์ออกมาสลายเนื้อกระดูกเพื่อเพิ่มระดับแคลเซียมในเลือดให้กลับสู่ปกติ ทำให้กระบวนการสลายเนื้อกระดูกเพิ่มมากขึ้น (Christiansen, 1991; Finn,1997; Rose & Rose, 1994)

2.3 การรับประทานอาหารโปรตีนจากเนื้อสัตว์จำนวนมาก การได้รับฟอสฟอรัสจากเนื้อสัตว์มากเกินไปเป็นประจำ ทำให้แคลเซียมถูกขับออกจากร่างกาย ก่อให้เกิดการขาดแคลเซียมตามมา (สุคนธ์ ไข่แก้ว, 2540)

2.4 การรับประทานอาหารรสเค็มจัด หากร่างกายได้รับโซเดียมมาก อาจส่งผลให้ร่างกายขับแคลเซียมทางปัสสาวะมากกว่าปกติ ซึ่งโซเดียมพบได้ในเครื่องปรุงรสจำพวกเกลือแกง และผงชูรส ดังนั้นการบริโภคผงชูรสปริมาณมากเสี่ยงต่อการเกิดภาวะกระดูกพรุน

3. ปัจจัยด้านฮอร์โมน ได้แก่ ภาวะพร่องฮอร์โมนเอสโตรเจน และภาวะธัยรอยด์ฮอร์โมนมากกว่าปกติ

3.1 ภาวะพร่องฮอร์โมนเอสโตรเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสตรีที่มีการหมดประจำเดือนเร็วก่อนอายุ 45 ปี และสตรีที่ได้รับการผ่าตัดรังไข่ทั้ง 2 ข้างจะทำให้ความหนาแน่นของกระดูกมีการสูญเสียอย่างรวดเร็วมากกว่าเพศชายในวัยเดียวกัน (Christiansen, 1991; Rose & Rose, 1994)

3.2 ภาวะธัยรอยด์ฮอร์โมนมากกว่าปกติ โรคต่อมพาราธัยรอยด์ทำงานมากกว่าปกติทำให้การดูดซึมแคลเซียมในลำไส้ลดลงผิดปกติ ส่งผลกระทบต่อการสลายของเนื้อกระดูกเพิ่มขึ้น (Holmes, 1998)

4. ปัจจัยด้านพฤติกรรมสุขภาพ ได้แก่ การสูบบุหรี่ การเสพสิ่งเสพติด การดื่มสุราหรือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การเสพเฮโรอีนและทินเนอร์ การดื่มน้ำชา กาแฟ น้ำอัดลมที่มีส่วนผสมของโคลาโคล่าเป็นประจำ และขาดการออกกำลังกาย

4.1 การสูบบุหรี่ การสูบบุหรี่อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานจะทำให้ความสามารถของการดูดซึมแคลเซี่ยมลดลง (Christiansen, 1991)

4.2 การเสพสิ่งเสพติด เช่น การดื่มสุราหรือเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การเสพเฮโรอีน และทินเนอร์ จะส่งผลต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนตามมา (Christiansen, 1991)

4.3 การดื่มน้ำชา กาแฟ น้ำอัดลมที่มีส่วนผสมของโคลาโคล่าเป็นประจำ ทำให้ลดความสามารถในการดูดซึมแคลเซียม (Christiansen, 1991; Rose & Rose, 1994) และนอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าการดื่มกาแฟมากกว่า 2 ถ้วยต่อวัน จะเพิ่มอัตราการสูญเสียเนื้อกระดูกที่รวดเร็วมากขึ้นกว่าสตรีที่ไม่ดื่มกาแฟ (Barrett-Connor, 1994)

5. การขาดการออกกำลังกาย สตรีที่นั่งทำงานเป็นเวลานานๆ การขาดการเคลื่อนไหวของร่างกายเป็นเวลานาน จะทำให้การสูญเสียเนื้อกระดูกสูงขึ้นและทำให้เกิดกระดูกหักง่ายกว่าคนที่ออกกำลังกายปกติ (อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา, 2540)

6. ปัจจัยด้านการเจ็บป่วย ได้แก่ การเจ็บป่วยด้วยโรคทางด้านอายุรกรรม โดยเฉพาะโรคของต่อมไร้ท่อ เช่น โรคธัยรอยด์เป็นพิษ ฮอร์โมนพาราธัยรอยด์สูง โรคเบาหวาน เป็นต้น โรคของระบบทางเดินอาหารผิดปกติ การได้รับการผ่าตัดเพื่อรักษาโรคกระเพาะ และโรคตับเรื้อรัง จะทำให้เกิดการดูดซึมของแคลเซี่ยมลดลง (Christiansen, 1991; Holmes, 1998)

7. ปัจจัยด้านการใช้ยาหลายๆปี อย่างเช่น ยาลดกรด ยาขับปัสสาวะ ยาป้องกันอาการชัก ยารักษาโรคหัวใจ ยารักษาโรคเบาหวาน กลูโคคอร์ติคอยส์ ยาเตตร้าไซคลิน เฮปาริน เป็นต้น การได้รับยาเหล่านี้เป็นเวลานาน จะขัดขวางการดูดซึมแคลเซียม (Christiansen, 1991; Holmes, 1998)

8. ปัจจัยอื่นๆ เช่น น้ำหนักตัวน้อย โครงร่างเล็ก ผอม หรือดัชนีมวลกายต่ำกว่าปกติ และอายุ เป็นต้น

8.1 น้ำหนักตัวน้อย โครงร่างเล็ก ผอม หรือดัชนีมวลกายต่ำกว่าปกติ ซึ่งค่าดัชนีมวลกายสามารถคิดได้จากน้ำหนัก (กิโลกรัม) หารด้วยความสูง (เมตร^2) และเกณฑ์การแบ่งกลุ่มดัชนีมวลกายขององค์การอนามัยโลก (WHO, 1996) กำหนดไว้ดังนี้ 18.50-24.99 กิโลกรัม/เมตร^2 (ปกติ) 25.00-29.99 กิโลกรัม/เมตร^2 (อ้วน) และ 30.00-39.99 กิโลกรัม/เมตร^2 (อ้วนมาก)โดยเฉพาะกลุ่มสตรีที่มีดัชนีมวลกายต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ จะเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนสูงกว่าสตรีที่มีดัชนีมวลกายปกติหรือในคนอ้วน เนื่องจากไขมันเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการผลิตเอสโตรเจน เมื่อรังไข่หยุดทำงาน การผลิตเอสโตรเจนส่วนหนึ่งได้มาจากไขมันในร่างกาย ซึ่งจะช่วยป้องกันโรคกระดูกพรุน (Rose & Rose, 1994) และสตรีที่มีโครงร่างเล็กจะมีโอกาสเกิดโรคกระดูกพรุนได้มากกว่าสตรีที่มีโครงร่างใหญ่ เพราะสตรีโครงร่างเล็กจะมีปริมาณกระดูกเนื้อแน่นน้อยกว่า (Lappe, 1993)

8.2 อายุ กระดูกมีการสร้างถึงจุดสูงสุดเมื่ออายุ 35 ถึง 40 ปี จากนั้นการสูญเสียเนื้อกระดูกจะเพิ่มขึ้นตามอายุที่มากขึ้น ทำให้เนื้อกระดูกลดลงอย่างต่อเนื่อง และอายุที่มากขึ้นทำให้ความสามารถในการดูดซึมแคลเซี่ยมจากลำไส้ลดลง (อารีรัตน์ สังวรวงศ์พนา, 2540) จากปัจจัยเสี่ยงที่อาจทำให้เกิดโรคกระดูกพรุนของสตรีวัยหมดประจำเดือนนั้น เราก็สามารถที่จะทราบได้ชัดเจนว่าเรามีโอกาสเป็นโรคกระดูกพรุนหรือไม่ โดยการวินิจฉัยที่ถูกต้องซึ่งสามารถวินิจฉัยได้ตั้งแต่ยังไม่เกิดอาการ หรืออาจจะมีอาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยได้

3.การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน

บุคคลที่ควรได้รับการตรวจวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนเพื่อจะได้ทราบว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหัก ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก ได้แก่ บุคคลดังต่อไปนี้ (สมชาย เอื้อรัตนวงศ์ 2544)

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

2. บุคคลที่มีปัจจัยเสี่ยงที่ส่งเสริมให้เกิดโรคกระดูกพรุน เช่น เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหาร โรคทางต่อมไร้ท่อ โรคเรื้อรังทางอายุรกรรม และการรับประทานยาที่มีผลต่อกระดูก

วิธีการตรวจโรคกระดูกพรุน

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

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

1.2 ประวัติทางกรรมพันธุ์ กรรมพันธุ์มีส่วนส่งเสริมสัมพันธ์กับการเกิดโรคกระดูกพรุน ดังนั้นควรมีการซักประวัติครอบครัว ประวัติที่ควรซักถามอาทิเช่น มีบุคคลในครอบครัวเป็นโรคกระดูกโปร่งบางหรือกระดูกพรุนหรือไม่ ร่างกายมีขนาดกล้ามเนื้อเล็กและไม่แข็งแรงหรือไม่ มีลักษณะเส้นผมเล็กและบางหรือไม่ ผิวหนังมีลักษณะบางหรือไม่ ลักษณะสีผิวขาว เหลือง หรือดำ ฯลฯ

ประวัติเหล่านี้อาจจะช่วยอธิบายสาเหตุของการเกิดกระดูกพรุน และจำแนกกระดูกพรุนว่าเป็นชนิดปฐมภูมิหรือทุติยภูมิ (Primary or secondary osteoporosis) สามารถจะช่วยเป็นแนวทางในการรักษาแต่ไม่สามารถวินิจฉัยได้แน่นอน

1. การตรวจเนื้อกระดูกทางพยาธิวิทยา (Bone biopsy) การตรวจวิธีนี้มีความแน่นอนในการบอกความหนาแน่นของกระดูก สามารถวินิจฉัยโรคกระดูกบางได้ก่อนกระดูกหัก ถือเป็น “gold standard” ในการวินิจฉัยโรคกระดูกบาง อาจใช้ในการวินิจฉัยแยกโรคอื่นๆ ในกรณีที่สงสัย ได้แก่มะเร็งของกระดูก หรือในบางรายของภาวะกระดูกนิ่มและงอโค้ง (Osteomalacia) ที่ผิดปกติเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามวิธีที่นำมาใช้ในทางปฏิบัติควรเป็นวิธีที่ไม่เกิดอันตราย หรือไม่เกิดความเจ็บปวดแก่ผู้ป่วย (กอบจิตต์ ลิมปพะยอม, 2543; เสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

2. การตรวจความหนาแน่นของกระดูก (Quantitative bone mineral analysis) ทำได้ดังนี้(เสก อักษรานุเคราะห์, 2539; อุรุษา เทพพิสัย, 2546)

2.1 วิธีเอ็กซเรย์ธรรมดา การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนด้วยวิธีนี้ ร่างกายจะต้องสูญเสียเนื้อกระดูกไปถึงร้อยละ 25-30 จึงจะสามารถตรวจพบความผิดปกติได้ ปัจจุบันใช้ในการวินิจฉัยกระดูกหัก อันเนื่องมาจากกระดูกพรุน

2.2 เครื่องคลื่นเสียงความถี่สูง (Quantitative ultrasound) เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า บอรดแบนด์ อัลตราโซนิค อัทเทอนัวชั่น(Broadband ultrasonic attenuation) ทำการวัดโดยให้ผู้ป่วยวางส้นไว้บริเวณช่องตรงกลาง ใช้เวลาในการตรวจเพียง 1-10 นาที ผู้ป่วยจะไม่ได้รับรังสีใดๆ เป็นวิธีที่ปลอดภัยไม่ก่อให้เกิดความเจ็บปวด

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

การตรวจหาสารในกลุ่มนี้ประกอบด้วยสารทางชีวเคมีของการสลายกระดูก (Markers of bone resorption) และสารชีวเคมีของการสร้างกระดูก (Markers of bone formation) ซึ่งสารทางชีวเคมีมากมายที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใหม่ในปัจจุบัน ในการนำมาใช้ในงานวิจัยพบว่ามีความแปรปรวนระหว่างบุคคลได้มากจึงเหมาะที่จะใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลง หรือผลการรักษาในแต่ละรายโดยเปรียบเทียบค่าที่จุดเริ่มต้น สำหรับประโยชน์ของการตรวจในวิธีนี้คือสามารถเห็นผลจากการรักษาได้ในระยะเวลาสั้นๆเพียง 1-3 เดือน

4. การวินิจฉัยโดยการตรวจวัดทางชีวเคมี (Biochemical bone markers)

ณรงค์ บุณยะรัตเวช (2550) กล่าวว่า องค์ประกอบของกระดูกมีส่วนสำคัญคือเกลือแร่ มี 65 เปอร์เซ็นต์ ในจำนวนนี้เป็นแคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม นอกนั้นเป็น “Trace elements” สำหรับส่วนที่เป็นโปรตีนมี 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแบ่งได้ 2 ชนิดคือ โปรตีนที่อยู่ในรูปของคอลลาเจน 23 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นโปรตีนชนิดช่วยเสริมความแข็งแรงหรือยึดส่วนประกอบอื่นๆ ของกระดูกเรียกว่า นอนคอลลาเจนโปรตีน (Noncollagen protein) ได้แก่ ออสทีโอแคลซิน (Osteocalcin), ออสทีโอพอนนิน (Osteopontin), ออสทีโอเนคติน (Osteonectin) ฯลฯ ส่วนน้ำมีในกระดูก 10 %

เมื่อกระดูกมีการเปลี่ยนแปลงจากการทำงานของเซลล์กระดูกได้แก่ เซลล์ออสทีโอคลาสท์ ทำหน้าที่ละลายกระดูกเพื่อเบิกทางให้เซลล์สร้างกระดูกออสทีโอบลาสท์ทำงาน สิ่งที่เกิดจากการละลายหรือสร้างกระดูกจะหลุดเข้าสู่เลือดพร้อมกับเอ็นไซม์ของเซลล์กระดูกที่ใช้ในกิจกรรมนั้น ซึ่งสามารถตรวจด้วยขบวนการเคมีพิเศษจะบอกได้ว่าเป็นสิ่งใดที่เกิดจากกิจกรรมของ

ออสทีโอบลาสท์ หรือ ออสทีโอคลาสท์ หรืออีกนัยหนึ่งสามารถบอกภาวะการสร้างหรือสลายของกระดูกได้ การตรวจวิธีนี้เรียกว่า ไบโอเคมีคัลโบนมาร์กเกอร์ (Biochemical bone markers) (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

โดยการตรวจเพื่อการวินิจฉัยจะประกอบด้วยการตรวจ 3 รายการคือ

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

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

3. พีวันเอ็นพี (P1NP) เพื่อดูกระบวนการสร้างของมวลกระดูก (Bone formation)

การตรวจทางชีวเคมีชนิดของการสลายมวลกระดูก (Biochemical bone markers of resorptive markers)

ในทางปฏิบัติการตรวจมาร์กเกอร์ (Markers) ชนิดนี้มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นตัวบอกถึงภาวะกระดูกมีการสูญเสียเนื้อกระดูกออกมา เช่นเดียวกับมีการเสียเลือด หากปล่อยไว้นานๆ อาจส่งผลให้เกิดอันตรายต่อกระดูกได้ เช่น บางลงหรือหักได้ รีซอร์ฟทีฟโบนมาร์กเกอร์ (Resorptive bone marker) ได้มาจากแหล่งที่มา 2 ทาง คือ แฟรกเมนท์ (Fragments) ของคอลลาเจน และเอ็นไซม์ที่ออสทีโอคลาสท์ใช้ย่อยสลายกระดูก (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

การตรวจดูความเปลี่ยนแปลงของกระดูกในขณะที่เกิดจากการทำงานของออสทีโอบลาสท์ และออสทีโอคลาสท์ ลักษณะการทำงานเป็น 2 ลักษณะ คือ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

1. การสร้างเนื้อกระดูกโดยเซลล์ออสทีโอบลาสท์ที่สร้างเมทริก(Matrix)ที่ประกอบด้วยโปรตีนต่างๆ ตลอดจนคอลลาเจน และในขณะทำงานเซลล์ก็จะปล่อยเอนไซม์ ออกมาหลายชนิด

1.1 คอลลาเจน (Collagen) ลักษณะของคอลลาเจนเป็นชนิด “type I” ซึ่งจะพบมากที่สุดในกระดูก เอ็นกล้ามเนื้อ เอ็นข้อต่อ พังผืด และผิวหนัง เมื่อออสทีโอบลาสท์สร้างคอลลาเจน จะมีส่วนปลายของคอลลาเจน ที่ไม่พันกัน (Propeptide) ออกมาสู่เลือด ได้แก่ Procollagen type1-N-terminal propepeptide (P1NP) ซึ่งเป็นโพรเปปไทด์ทางปลาย N ถ้าตรวจเลือดพบว่ามีส่วนของคอลลาเจนนี้สูงกว่าปกติจัดว่าขณะนี้มีการสร้างกระดูก (Bone formation) เกิดขึ้น หรือแสดงว่า ออสทีโอบลาสท์เริ่มทำงานในการสร้างเนื้อเยื่อกระดูก (Formation period)

1.2 ออสทีแคลซิน (Osteocalcin) เป็นโปรตีนที่พบมากในกระดูก (99%) สร้างโดยออสทีโอบลาสท์ ขณะที่ออสทีโอบลาสท์สร้างกระดูกจะมีการสร้างออสทีโอแคลซินเป็นขั้นตอน จะมีบางส่วนของออสทีโอแคลซินที่หลุดสู่เลือด แต่ ออสทีโอแคลซินเป็นมาร์กเกอร์ได้ 2 แบบ คือ บอกได้ทั้งภาวะการสร้างกระดูก และการสลายของกระดูก เพราะในกระดูกจะมีออสทีโอแคลซินอยู่ หากว่าถูกสลายออก โดยออสทีโอคลาสท์ก็จะออกสู่เลือดได้เช่นกัน แต่อาจต่างกันตรงที่จำนวน อินแทคออสทีโอแคลซิน(Intact osteocalcin) ไม่มากเท่ากับการสร้างกระดูก

2. การสลายตัวของเนื้อกระดูก

ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันคือ การวัดส่วนของ คอลลาเจน ที่ถูก ออสทีโอคลาสท์ย่อยละลายออกมาเป็นส่วนๆ (Fragments) ที่ใช้เป็นมาร์กเกอร์กันมาก คือ ส่วนเทโลเปปไทด์ (Telopeptide) ที่ครอสลิงค์ (Cross link) มาเกาะในตำแหน่งกรดอะมิโนแอสปาติกเชื่อมกับกลัยซีน (D-G) เพราะคอลลาเจน ส่วนนี้เมื่อหลุดออกมา จะคงสภาพพันธะอยู่ตลอดเวลา จึงเหมาะใช้เป็นมาร์กเกอร์ ส่วนนี้เรียกว่า เบต้าครอสแล็บ(BatacrossLap)บางครั้งสับสนเรียกว่า “CTx” ความจริงแล้ว“CTx” คือส่วนคอลลาเจนตรง เทโลเปปไทด์ทางปลาย “C” ถ้าทางปลาย “N” จะเรียกว่า “NTx” อย่างไรก็ตามทั้ง “CTx” และ“NTx” ก็เป็น มาร์คเกอร์ที่บ่งบอกภาวะการสลายของกระดูก (resorptive markers)เช่นกันเพราะจะสลายแยกออกมาได้เมื่อถูกออสทีโอคลาสท์ย่อยและจะพบมากในช่วงการสลายมวลกระดูก (Resorption period) ในเมืองไทยการตรวจนิยมตรวจเบต้าครอสแล็บ(BatacrossLap) ซึ่งเป็นส่วนที่ครอสลิงค์ (Crosslink) มาเกาะตรงตำแหน่งกรดกลัยซีนกับแอสปาติก ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเทโลเปปไทด์ ซึ่งมีพันธะพิเศษเชื่อมระหว่างกรดสองชนิดนี้ที่ทนทานต่อการถูกย่อย ไม่สลายง่ายโดยเอนไซม์ในร่างกาย

การตรวจโบนมาร์กเกอร์ที่เหมาะสม (bone markers)

เพื่อการแปลผลที่ดีควรตรวจ 3 รายการ คือ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

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

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

3. พีวันเอ็นพี (P1NP) หรือ พีวันซีพี (P1CP) เพื่อดูกระบวนการสร้างของมวลกระดูก (Bone formation)

ณรงค์ บุณยะรัตเวช (2550) กล่าวว่า ในการแปลผลการตรวจค่าเบต้าครอสแล็บว่าผิดปกติหรือปกติจำเป็นต้องนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ได้จากสตรีวัยเจริญพันธุ์ที่

ร่างกายแข็งแรงไม่มีโรคใดๆ หากเมื่อเปรียบเทียบแล้วได้ค่าสูงกว่าถือว่าผิดปกติ ยกเว้นในวัยกำลังเจริญเติบโตค่าที่วัดได้สูงจะจัดเป็นปกติ จากการศึกษาพบว่าค่ามาตรฐานของสตรีวัยหมดประจำเดือนในประเทศไทยมีค่าเบต้าครอสแล็บเฉลี่ยอยู่ที่ 0.31 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร หรือควรอยู่ในช่วง 0.293 - 0.328 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร จัดว่าเป็นค่าที่ปกติ

คุณสมบัติของการตรวจไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์

ณรงค์ บุณยะรัตเวช (2549) ได้กล่าวว่า คุณสมบัติของการตรวจไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์คือ

1. ควรตรวจเลือดโดยใช้ไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์ ซึ่งจะช่วยให้การศึกษาการเปลี่ยนแปลง (Dynamic study) ของกระดูกได้ดีขึ้น

2. กรณีใช้เพื่อดูผลของยาจำเป็นต้องตรวจก่อนได้รับยาแล้วหลังได้รับยาตามกำหนดจึงควรตรวจเปรียบเทียบอีกครั้ง

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

4. การใช้โบนมาร์กเกอร์ต้องคำนึงถึงตัวแปรที่ทำให้ค่าเปลี่ยนแปลงได้ เช่น อายุ อวัยวะต่างๆ มีความผิดปกติหรือไม่ การได้รับยามาก่อนตรวจหรือมีโรคประจำตัวอยู่หรือไม่ ซึ่งการตรวจเช็คมาก่อนยังมีประโยชน์และจำเป็นต้องทำในครั้งแรกร่วมกับการตรวจโบนมาร์กเกอร์เสมอ

5. การใช้โบนมาร์กเกอร์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงกระดูกต่อเนื่อง จึงมิได้ใช้เพื่อการวินิจฉัยแต่เป็นส่วนประกอบการวินิจฉัยหรือพยากรณ์โรค

6. การเปรียบเทียบค่าโบนมาร์กเกอร์ต้องคำนึงถึง วิธีการตรวจ เวลาที่เก็บตัวอย่างและตัวอย่างตรวจต้องเป็นชนิดเดียวกันเสมอ

ตัวแปรที่ควรคำนึงและมีผลต่อการตรวจไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์ (Biochemical bone markers) ได้แก่

1. เวลาตรวจ เนื่องจากระดับของเบต้าครอสแล็บ ขึ้น-ลง เปลี่ยนแปลงตลอด 24 ชั่วโมง มีค่าสูงสุดประมาณ 4.00 นาฬิกา ดังนั้น ทางปฏิบัติที่ควรตรวจเลือดก็คือ 8.00 - 9.00 น. และควรงดอาหารด้วย (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

2. ควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโรคบางโรค (Underlying disease) ที่อาจรบกวนการตรวจ เช่น โรคไต โรคตับ เป็นต้น (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

3. ยาที่ได้รับมาก่อน เช่น ยาในกลุ่มที่ลดการสลายของกระดูกและยาในกลุ่มที่บำรุงกระดูก ซึ่งอาจทำให้ค่าของการสลายมวลกระดูก (Resorptive bone marker) เพิ่มหรือลดลงได้ (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

4. คอลลาเจนที่ไม่ได้มาจากกระดูก บ่อยครั้งที่คอลลาเจนในเลือดมาจากที่อื่นที่ไม่ใช่กระดูก เช่น โรคผิวหนังบางชนิด, สเกอร์โรเดอร์มา, รูมาตอยส์ เป็นต้น (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

5. อายุ โบนมาร์กเกอร์ทุกชนิดเปลี่ยนแปลงตามอายุ ในวัยเด็กต่ำกว่า 13-15 ปี 15-25 ปี 25-49 ปี และ 50 ปีขึ้นไปจะมีค่าไม่เหมือนกัน กล่าวโดยกว้างคือ อายุน้อยค่าโบนมาร์กเกอร์จะสูงกว่าอายุมาก

6. เพศ ในเพศชายมักสูงกว่าเพศหญิงเป็นส่วนใหญ่

7. อาหาร มีการพบว่าการตรวจโบนมาร์กเกอร์ก่อนอาหาร (งดอาหาร) จะให้ผลดีกว่าหลังอาหาร โดยเฉพาะค่าเบต้าครอสเล็ป ค่าจะไม่แกว่งมากในกรณีตรวจก่อนรับประทานอาหาร

8. ตัวอย่างที่ตรวจ การตรวจโบนมาร์กเกอร์จากซีรั่ม (เจาะเลือด) จะได้ผลดีกว่าการตรวจปัสสาวะ 24 ชั่วโมง เนื่องจากค่าไม่แกว่งมาก ซึ่งโดยทั่วไปนิยมจากการตรวจทางเลือด

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

10. ชนิดของ โบนมาร์กเกอร์ จำเป็นจะต้องตรวจคู่กัน คือ ตรวจ การสร้างของกระดูก และ การสลายของกระดูก เช่น เบต้าครอสเล็ป กับ พีวันเอ็นพี หรือ พีวันซีพี การตรวจรายการเดียวจะแปลผลได้ไม่ถูกต้อง กล่าวโดยสรุปจำเป็นต้องตรวจ 2 รายการเพื่อดูการทำงาน (Turnover) ของเซลล์กระดูกว่าจัดเป็นระดับสูงหรือต่ำ ถ้าค่าทั้ง 2 สูงเกินค่าปกติก็จัดว่าเป็น “high bone turnover” คือเปลี่ยนแปลงตามกันแบบความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear correlation)

11. ค่ามาตรฐาน การแปลผล โบนมาร์กเกอร์ จำเป็นต้องอาศัยค่าปกติเปรียบกับค่าที่ตรวจได้ เช่น การตรวจ โบนมาร์กเกอร์ ในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนรายหนึ่งได้ค่าเบต้าครอสเล็ป = 0.422 ng/ml. จะทราบว่าปกติหรือไม่ ต้องนำไปเปรียบเทียบกับค่าP1NPและ

ค่าเฉลี่ยมาตรฐานของค่าเบต้าครอสแล็ปในสตรีวัยเจริญพันธ์จะได้สมการคือ {(P1NP/ β-CrossLaps) X 0.31}

5. ชีววิทยาของกระดูก

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

กระดูกของคนเราปกติจะมีน้ำหนักประมาณ 4 กิโลกรัม มีปริมาตรทั้งหมดประมาณ 1,750 มิลลิลิตร และมีปริมาณแคลเซียมทั้งหมดประมาณ 1,050 กรัม กระดูกจะประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อกระดูก 2 ประเภท ถ้าแบ่งตามจุลกายวิภาคศาสตร์ (Histology) คือ กระดูกเนื้อแน่น (Compact bone หรือ Cortical bone) ซึ่งคิดเป็น 80% ของมวลกระดูกทั้งหมด ที่เหลืออีก 20% เป็นกระดูกเนื้อพรุน (Trabecular bone หรือ Cancellous bone) อย่างไรก็ตาม กระดูกเนื้อพรุนจะมีเมตาบอลิซึมที่ทำงานถึง 10 เท่า ถ้าคิดต่อหน่วยปริมาตรที่เท่ากัน จึงทำให้เราพอจะประมาณได้ว่าเนื้อเยื่อกระดูกทั้ง 2 ประเภทมีเมตาบอลิซึมที่พอๆ กัน โดยภาพรวมกระดูกนอกจากจะทำหน้าที่ห่อหุ้มปกป้องอวัยวะภายในและเป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อ เส้นเอ็นต่างๆ ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวเคลื่อนที่ไปได้แล้ว ยังเป็นที่อยู่ของไขกระดูก (Bone marrow) ซึ่งเป็นที่ผลิตเซลล์เม็ดเลือดทั้งหลาย อีกทั้งยังเป็นแหล่งสะสมใหญ่ที่สุดของแร่ธาตุสำคัญๆ เช่น แคลเซียม และฟอสฟอรัส อีกด้วย

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

พัฒนาการของกระดูก

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

1. การเจริญของกระดูก (Growth)

การเจริญของกระดูก (Growth) คือการเพิ่มหรือการขยายขนาดของกระดูกในช่วงเด็กหรือวัยรุ่น เป็นการเจริญเติบโตตามแนวยาวของกระดูก (Longitudinal growth) อันเนื่องมาจากการเพิ่ม (proliferation)ของ เนื้อเยื่อกระดูกอ่อน

2. การเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (Modeling)

การเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (Modeling) เป็นกระบวนการซึ่งมีการปรับเปลี่ยนรูปร่างของกระดูก เพื่อตอบสนองต่อสรีระ และอิทธิพลจากการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้น กระดูกสามารถที่จะกว้างออก หรือปรับแนวของตัวมันเองโดยใช้กลไกการเคลื่อนย้ายกระดูกในตำแหน่งที่ไม่ต้องการ และเพิ่มกระดูกในตำแหน่งที่ต้องการ ยกตัวอย่างเช่น การกว้างออกของกระดูกยาว (Long bone) เกิดจากการสร้างชั้นกระดูกใหม่ (New layer) ที่ผิวของเยื่อหุ้มกระดูก (Periosteal surface) ในขณะที่มีการเคลื่อนย้ายกระดูกในด้านพื้นผิวของเยื่อโพรงกระดูก ปรากฏการณ์นี้จะเห็นได้ชัดเจนในช่วงวัยเด็ก และจะค่อยหมดความสามารถนี้ไปเมื่ออายุมากขึ้น การที่กระดูกยาวสามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างไปตามแรงกดที่กระทำกับมันได้ เราเรียกอีกอย่างว่า “กฎของวูฟ (Wolff’slaw)”

3. การปรับแต่งกระดูก (Remodeling)

การปรับแต่งกระดูก (Remodeling) เป็นกระบวนการสลายกระดูกเก่าและสร้างกระดูกใหม่ ซึ่งเกิดขึ้นตลอดเวลา และจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปตลอดชีวิตโดยมีการเคลื่อนย้ายกระดูกเก่า ที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง (Bone resorption) ออก ตามมาด้วยการ สร้างกระดูกทดแทนใหม่ที่ตำแหน่งนั้นๆ (Bone formation) ความแตกต่างจากการเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (Modeling) อยู่ที่การเคลื่อนย้ายของกระดูก และการแทนที่ของกระดูก ในการปรับแต่งกระดูก (Remodeling) จะต้องเกิดขึ้นที่ตำแหน่งเดียวกันเสมอ ในระดับที่เล็กมาก (Microscopic) และการปรับแต่งกระดูก เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในทุกๆกระดูกของร่างกายตลอดเวลา แต่ในระดับที่เล็กมากนี้ทำให้เราแทบไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงใดๆ ทั้งในแง่ปริมาณ หรือรูปร่างกระดูกเลย (ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550) กระบวนการดังกล่าวนี้มีความสัมพันธ์กับการปรับสมดุลของแคลเซียมในร่างกาย (Calcium homeostasis) กระบวนการนี้เป็นการทำงานของเซลล์ 2 ชนิด คือ เซลล์สลายกระดูก (Osteoclast) ซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยสลายกระดูกเก่า และเซลล์สร้างกระดูก

(Osteoblast) ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างกระดูกใหม่ กระบวนการสลายและการสร้างกระดูกมักจะเกิดที่บริเวณผิวด้านในของกระดูก (Endosteum) ทั้งนี้กระบวน การสร้างและการสลายกระดูกจะทำให้มีการสร้างกระดูกใหม่ทดแทนที่กระดูกเก่าในอัตราร้อยละ 2-10 ต่อปี ดังนั้นการสร้างกระดูกใหม่แทนที่กระดูกเก่าจนครบทั่วร่างกายจึงอาจใช้เวลา 9-11 ปี (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543)

4. การซ่อมแซมกระดูก (Repair)

การซ่อมแซมกระดูก (Repair) เป็นการซ่อมแซมเมื่อมีการเสื่อมหรือหักของกระดูกซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปตลอดชีวิต

หน้าที่ของการปรับแต่งกระดูก (Function of bone remodeling)

ทวี ทรงพัฒนศิลป์ (2550)กล่าวว่า หน้าที่หลักของการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling) ที่ยอมรับกันในปัจจุบันมีอยู่ 2 ประการ

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

2. เพื่อควบคุมความสมดุลของแร่ธาตุต่างๆ (Mineral homeostasis) ในร่างกาย กระดูกถือได้ว่าเป็นแหล่งสะสมธาตุแคลเซี่ยมและฟอสฟอรัสใหญ่ที่สุดของร่างกาย และต้องอาศัยกลไกของการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling) จะเห็นว่าในขณะที่อัตราการหมุนเวียนของกระดูก (Bone turnover rate) ในกระดูกเนื้อแน่น (Cortical bone) มีเพียง 2-3% ต่อปี ซึ่งมีความเหมาะสมพอเพียงในการรักษากลไกความแข็งแรงของกระดูก (Maintain mechanical strength) แต่อัตราการหมุนเวียนของกระดูก (Bone turnover rate) ในกระดูกเนื้อพรุน(Cancellous bone) มีมากกว่า ซึ่งสนับสนุนความคิดที่ว่า กระดูกเนื้อพรุนทำหน้าที่ในแง่ของการรักษาภาวะสมดุลของแร่ธาตุในร่างกาย มากกว่าที่จะทำหน้าที่ในแง่ของความแข็งแรง

เซลล์กระดูก (Bone cells)

ภนารี พานเพียรศิลป์ (2541) กล่าวว่ากระดูกประกอบด้วยเซลล์ 5 ชนิด ซึ่งมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงบทบาทตามความต้องการของร่างกายในขณะที่โครงร่างมีการเจริญเติบโต

1. เซลล์ออสทีโอเจนิค (Osteogenic cells) เป็นเซลล์ที่มีขนาดเล็ก เป็นเซลล์รูปกระสวย (Spindle-shaped) ส่วนมากพบในชั้นที่ลึกที่สุดของเพอริออสเทียม (Periosteum) และในเอ็นดอสเทียม (Endosteum) เซลล์เหล่านี้มีอัตราการแบ่งตัวแบบไมโทซิสที่สูงและสามารถ

เปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ที่สร้างกระดูก (Bone formation) เรียกว่า ออสทีโอบลาสท์ (Osteoblast) ขณะที่มีการซ่อมแซมกระดูก

2. เซลล์ออสทีโอบลาสท์ (Osteoblast cells) ทำหน้าที่สังเคราะห์และหลั่ง "Ground substance" ที่ยังไม่มีการรวมตัวของแร่ธาตุเรียกว่า ออสทีออยด์ (Osteoid) เมื่อมีการรวมตัวของแคลเซียมในไฟบรัส ออสทีออยด์ ทำให้ออสทีออยด์กลายไปเป็นเนื้อกระดูก (Bone matrix) ออสทีโอบลาสท์มีหน้าที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแคลเซียมและฟอสเฟตเข้าและออกจากกระดูกอย่างเป็นไปตามลำดับขั้น คือเมื่อมีการสะสมของแคลเซียมในกระดูก (Calcification) ก็จะมีการสลายแคลเซียมออกจากกระดูก (Decalcification) ออสทีโอบลาสท์มักจะพบในบริเวณที่มีการเจริญเติบโตของกระดูกรวมทั้งบริเวณเพอริออสเทียมด้วย

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

4. เซลล์ออสทีโอคลาสท์ (Osteoclast cell) เป็นเซลล์ขนาดใหญ่ที่มีนิวเคลียสหลายอันเคลื่อนที่อยู่บนผิวกระดูกมีหน้าที่สลายและดูดซึมเนื้อกระดูกจากบริเวณที่มีการทำลายกระดูก เซลล์ออสทีโอคลาสท์พบทั่วไปในบริเวณที่มีการสลายกระดูกขณะที่ร่างกายมีการเจริญเติบโตอย่างปกติและมีการเจริญมาจากเซลล์เม็ดเลือดขาวที่เรียกว่าโมโนไซต์

5. เซลล์โบน-ไลนิง (Bone-lining cells) เป็นเซลล์ที่พบอยู่บนผิวของกระดูกในผู้ใหญ่เป็นส่วนใหญ่ เชื่อกันว่าเซลล์เหล่านี้เจริญมาจากเซลล์ออสทีโอบลาสท์มีหน้าที่ยับยั้งการทำงานทางสรีรวิทยาของเซลล์ออสทีโอบลาสท์และเป็นเซลล์ที่มีรูปร่างแบนเกาะอยู่บนผิวของกระดูก เซลล์เหล่านี้มีหน้าที่มากมายหลายอย่างทำหน้าที่เหมือนเป็นเซลล์ออสทีโอเจนิคซึ่งมีการแบ่งตัวและเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ออสทีโอบลาสท์ บางครั้งเซลล์เหล่านี้ส่วนใหญ่จะทำหน้าที่เป็น "Ion barrier" ที่อยู่รอบๆ เนื้อเยื่อกระดูก

กลไกการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling)

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

1. เพื่อให้มีการคงสภาพของกลไกการสะสมมวลกระดูก (Mechanical property) โดยการแทนที่กระดูกเก่าด้วยการสร้างกระดูกใหม่ที่มีกลไกความแข็งแรง (Mechanical strength) ดีกว่าและทำให้กระดูกมีคุณภาพรับแรงต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

2. เพื่อควบคุมความสมดุลของแร่ธาตุต่างๆ (Mineral homeostasis) ในร่างกาย เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม วิตามินดี วิตามินซี วิตามินเค เป็นต้น

ดังนั้น กระดูกถือได้ว่าเป็นแหล่งสะสมธาตุแคลเซี่ยมและฟอสฟอรัสใหญ่ที่สุดของร่างกาย การนำแร่ธาตุเหล่านี้มาใช้และการเก็บแร่ธาตุกลับไปเมื่อเกินความต้องการ ต้องอาศัยกลไกของการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling) จะเห็นว่าในขณะที่ “Bone turnover rate” ในกระดูกเนื้อแน่นมีเพียง 2-3% ต่อปี ซึ่งมีความเหมาะสมพอเพียงในการรักษากลไกความแข็งแรงของกระดูก (Maintain mechanical strength)

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

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

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

3. ระยะเปลี่ยนกลับเป็นตรงกันข้าม (Reversal stage) ระยะนี้เซลล์ที่มีลักษณะคล้ายมาโครฟาจ (Macrophage) จะเข้ามาในหลุมกระดูก และสร้างเส้นซีเมนต์ (Cement line) เพื่อจำกัดการทำลายกระดูก และเป็นตัวเชื่อมกระดูกเก่ากับกระดูกใหม่

4. ระยะสร้างกระดูก (Formation stage) ระยะนี้เซลล์สร้างกระดูก (Osteoblast) จะเข้ามาและ สร้างเนื้อกระดูก (Matrix) เติมลงในหลุมจนเต็ม ต่อมาจะมีการตกตะกอนเกลือแคลเซียมเพื่อให้เกิดเป็นกระดูกที่สมบูรณ์

ระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่ระยะที่ 1-4 เป็นเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการปรับแต่งกระดูกอย่างสมบูรณ์ จะเรียกว่า “ระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูก” (Remodeling period) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น “ระยะเวลาในการสลายกระดูก” (Resorption period / Erosion period) และ “ระยะเวลาในการสร้างกระดูก” (Formation period) ในกระดูกเนื้อแน่น (Cortical bone) ระยะเวลาในการสลายจะกินเวลาประมาณ 30 วันซึ่งในช่วงเวลานี้ อุโมงค์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 150 ไมโครเมตร (μm) หรือเรียกว่า “cutting cone” จะถูกขุดโดยออสทีโอคลาสท์ (Osteoclast) หลังจากนั้นจะมีระยะเปลี่ยนกลับเป็นตรงกันข้าม (Reversal stage) ซึ่งกินเวลาสั้นๆแค่ 5 วัน ระยะเวลาในการสร้างกระดูก ก็เริ่มต้นขึ้นและจะกินเวลาทั้งสิ้น 90 วัน รวมแล้วระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูกสำหรับกระดูกเนื้อแน่นจะใช้เวลาประมาณ 100 วัน สำหรับกระดูกเนื้อพรุน (Trabecular bone) จะใช้เวลานานกว่าโดย ระยะเวลาในการสลาย จะกินเวลาประมาณ 45 วัน มีระยะเปลี่ยนกลับเป็นตรงกันข้าม (Reversal stage) ประมาณ 7 วัน และ ระยะเวลาในการสร้างกระดูก จะกินเวลา 145 วัน รวมแล้วระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูกในกระดูกเนื้อพรุน จะใช้เวลาทั้งสิ้น 200 วัน จะได้ความหนาของกระดูกใหม่ที่เกิดขึ้นประมาณ 60 ไมโครเมตร เวลาต่างๆนี้ล้วนเป็นค่าประมาณโดยเฉลี่ยทั้งสิ้น เพราะกระดูกแต่ละอันจะใช้เวลาไม่เท่ากันในการปรับแต่งกระดูกโดยทั่วไปแล้ว ระยะเวลาในการปรับแต่งกระดูก หรืออาจเรียกว่า “life span” ของหน่วยการปรับแต่งกระดูก(Bone remodeling unit) จะอยู่ที่ประมาณ 3-9 เดือน โดยเฉลี่ยแล้วเราแทบจะผลัดเปลี่ยนกระดูกใหม่ทั้งหมดใน 10 ปี ปริมาณของเนื้อกระดูกซึ่งผลัดเปลี่ยนในหนึ่งหน่วยเวลาย่อมขึ้นอยู่กับจำนวนของตำแหน่งที่มีการปรับแต่ง (Active remodeling sites) ที่เกิดขึ้นเราเรียกอัตราการเกิดของตำแหน่งที่มีการปรับแต่ง หรือหน่วยการปรับแต่งกระดูก นี้ว่า “ความถี่ในการกระตุ้น” (Activation frequency) ภาษาธรรมดาจะเรียกว่า “อัตราการหมุนเวียนกระดูก” (Bone turnover rate) ในวัยผู้ใหญ่กระบวนการปรับแต่งกระดูกจะเกิดขึ้นตลอดเวลา โดยปริมาณของกระดูกที่สร้างขึ้นใหม่จะใกล้เคียงกับกระดูกที่ถูกทำลาย ดังนั้น ปริมาณรวมของกระดูกทั้งหมดจะคงที่เสมอ เรียกว่า “กลไกคู่ควบ” (Coupling mechanism) ซึ่งกลไกนี้มีความสำคัญอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากถ้ากลไกนี้ถูกรบกวนจะทำให้เกิดภาวะผิดปกติขึ้นได้ เช่น ภาวะกระดูกบาง (Osteopenia) และภาวะกระดูกหนา (Osteosclerosis) (ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550)

กระบวนการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling) เป็นกระบวนการที่สลับซับซ้อนและถูกควบคุมด้วยฮอร์โมนต่างๆในร่างกาย ได้แก่ ฮอร์โมนเพศ ฮอร์โมน พาราไทรอยด์ (Parathyroid) แคลซิโทนิน (Calcitonin) โกรทห์ฮฮร์โมน (Growth hormone) เป็นต้น

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

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

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการสร้างกระดูกและกระบวนการสลายกระดูกของมนุษย์ คือ ระดับแคลเซียมในเลือดซึ่งถูกควบคุมโดยฮอร์โมนที่สำคัญดังนี้

1. พาราธัยรอยด์ฮอร์โมน (Parathyroid hormone) เมื่อระดับแคลเซียมในเลือดลดลง ต่อมพาราธัยรอยด์จะหลั่งพาราธัยรอยด์ฮอร์โมนมากขึ้นซึ่งจะออกฤทธิ์โดยตรงต่อไตทำให้ไตดูดซึมแคลเซียมกลับสู่ร่างกายมากขึ้นและกระตุ้นให้ไตสร้างแคลซิไทรออล (Calcitriol) หรือวิตามินดี3 เพื่อช่วยในการดูดซึมแคลเซียมในลำไส้เล็ก นอกจากนี้พาราธัยรอยด์ฮอร์โมนจะกระตุ้นให้เพิ่มปริมาณและสมรรถภาพการทำงานของออสตีโอคลาสท์ จึงมีการสลายกระดูกมากขึ้น ระดับแคล เซียมในเลือดก็จะเพิ่มขึ้น (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538)

2. แคลซิโตนิน (Calcitonin) เมื่อระดับแคลเซียมในเลือดเพิ่มขึ้นต่อมธัยรอยด์จะหลั่งฮอร์โมนแคลซิโทนินซึ่งจะออกฤทธิ์โดยตรงต่อออสทีโอคลาสท์ ทำให้กระบวนการสลายกระดูกลดลงและออกฤทธิ์ต่อไตให้ลดการดูดซึมแคลเซียมกลับเข้าสู่ร่างกาย นอกจากนี้ยังมีผลต่อลำไส้เล็กให้ลดการหลั่งกรดไฮโดรคลอลิกทำให้การดูดซึมแคลเซียมในลำไส้เล็กลดลง (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538; วิวัฒน์ วจนะวิศิษฐ์, 2538)

3. แคลซิไทรออล (Calcitriol) หรือ วิตามินดี3 เป็นฮอร์โมนที่ช่วยการดูดซึมแคลเซียมในลำไส้เล็กโดยร่างกายได้รับวิตามินดีจากสารอาหาร เช่น ไข่แดง นม ตับ เป็นต้น ซึ่งอยู่ในรูปเออร์โกแคลซิเฟอรอล (Ergocalciferol หรือ vit D2) และจากผิวหนังเมื่อผิวหนังได้รับแสงแดดอ่อนๆ นาน 15-20 นาที โดยไม่ต้องทาครีมกันแดดซึ่งรังสีอุลตราไวโอเลตจะเปลี่ยนวิตามินดีเฉื่อย (Inert form) หรือเซเวน-ดีไฮโดรคอเลสเตอรอล (7-Dehydrocholesterol) ที่ผิวหนังเป็นวิตามินดีที่สามารถนำไปใช้งานได้ (Active form) หรือ คอเลแคลซิเฟอรอล (Cholecalciferol) (Dowd & Cavalieri, 1999; Erickson & Jones, 1992) ซึ่งวิตามินดีจากทั้งสองแหล่งจะต้องได้รับการไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation) ที่ตับและไตก่อนจึงจะได้วิตามินที่มีคุณภาพและพร้อมทำงาน (1,25 Dihydroxy vitamin D3 หรือ Calcitriol) ซึ่งวิตามินดีนี้จะกระตุ้นลำไส้เล็กสร้างโปรตีนที่จะจับแคลเซียมกลายเป็นชีวแคลเซี่ยมซึ่งสามารถซึมผ่านเข้าสู่ผนังลำไส้เล็กได้ดี (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538; เสก อักษรานุเคราะห์, 2542)

4. เอสโตรเจน (Estrogen) เป็นฮอร์โมนเพศที่สังเคราะห์จากรังไข่ของเพศหญิงที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการสร้างกระดูกของร่างกาย ทำให้มีกระบวนการสร้างกระดูกเพิ่มขึ้นและลดกระบวนการสลายกระดูกรวมทั้งส่งเสริมการสังเคราะห์ฮอร์โมนแคลซิโทนินของต่อมธัยรอยด์ นอกจากนี้พบว่าเอสโตรเจนทำให้ความไวของออสทีโอบลาสท์ต่อพาราธัยรอยด์ฮอร์โมนลดลง (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538)

5. ธัยรอยด์ฮอร์โมน (Thyroid hormone) เป็นฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมธัยรอยด์มีผลต่อกระบวนการสร้างและการสลายกระดูกโดยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์เนื้อสารโปรตีนและเพิ่มระดับแคลเซียมและฟอสฟอรัสในเลือด แต่ในกรณีที่มีฮอร์โมนชนิดนี้มากกว่าปกติจะทำให้ภาพรวมของการกระตุ้นเป็นการทำลายทำให้มวลกระดูกลดน้อยลง เนื่องจากการสลายกระดูกต่อหน่วยเร็วกว่าการสร้างกระดูก (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538)

6. คอร์ติโคสเตอรอยด์ (Corticosteroid hormone) เป็นฮอร์โมนที่สังเคราะห์จากต่อมหมวกไตส่วนนอกมีผลต่อออสตีโอบลาสท์และเซลล์ของลำไส้เล็กโดยพบว่าคอร์ติโคสเตอรอยด์ฮอร์โมนจะยับยั้งการสร้างคอลลาเจนและทำให้ปฏิกิริยาของวิตามินดี3 ในลำไส้เล็กที่จะช่วยการดูดซึมแคลเซี่ยมลดลง ทำให้แคลเซียมในเลือดลดลงซึ่งจะเป็นการกระตุ้นให้พาราธัยรอยด์ฮอร์โมนหลั่งเพิ่มขึ้นจึงมีการสลายกระดูกเพิ่มขึ้น (วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ, 2538)

กระบวนการสร้างและสลายกระดูก

กระดูกเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดพิเศษ (Special connective tissue) ที่มีกระบวนการปรับเปลี่ยนเนื้อกระดูกตลอดเวลา ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการสร้างและสลายกระดูก ในกระบวนการสลายกระดูกจะมีเซลล์ออสทีโอคลาสท์ทำหน้าที่สลายกระดูกส่วนผิวทั้งของกระดูกเนื้อแน่น(Compact bone หรือ Cortical bone) และกระดูกเนื้อพรุน (Trabecular bone หรือ Cancellous bone) จนเป็นร่องเล็กๆ (Lacuna) โดยการหลั่งสารคาร์บอนิคแอนไฮเดรสและแอซิดไฮโดรเดรส กระบวนการสร้างกระดูกจะมีเซลล์ออสทีโอบลาสท์ทำหน้าที่สร้างสารพื้นฐานที่ประกอบด้วยไฮโดรออกซีโพรลีนซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งและคอลลาเจน ตลอดจนเป็นเซลล์ที่กระตุ้นให้เกิดกระบวนการดึงแคลเซียมในเลือดมาเกาะกับสารพื้นฐาน (Mineralization) รวมทั้งสร้างและหลั่งสารอินซูลินไลค์โกร์ธแฟคเตอร์วันแอนทูและทรานสฟอร์มมิงโกร์ธแฟคเตอร์ (Insulin-like growth factors I-II และTransforming growth factors) ที่ช่วยให้มีการสร้างเนื้อกระดูก กระบวนการดังกล่าวใช้เวลาประมาณ 3-5 เดือน จึงจะได้กระดูกที่แข็งแรงและสมบูรณ์ ในภาวะปกติวัยเด็กหรือวัยที่มีการเจริญเติบโตจะมีกระบวนการสร้างกระดูกในอัตราที่เร็วกว่ากระบวนการสลายกระดูกทำให้มีการสะสมเนื้อกระดูกเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุด (Peak bone mass [PBM]) เมื่ออายุ 30-35 ปี หลังจากนั้นความหนาแน่นของเนื้อกระดูกจะคงที่อยู่ระยะเวลาหนึ่ง แต่เมื่ออายุ 40 ปี กระบวนการสร้างกระดูกจะช้ากว่ากระบวนการสลายกระดูกโดยมีอัตราการสูญเสียเนื้อกระดูกเฉลี่ยทั้งในเพศชายและเพศหญิงร้อยละ 0.5-1 ต่อปี (Roach, 2001) และเมื่อเข้าสู่วัยหมดประจำเดือนการสูญเสียเนื้อกระดูกของเพศหญิงจะมีอัตราเร็วกว่าเพศชาย (ประมาณร้อยละ 5-10 ต่อปี) โดยอัตราการสูญเสียเนื้อกระดูกจะเป็นไปอย่างรวดเร็วในระยะ 5 ปีแรกหลังหมดประจำเดือน ซึ่งต่อมาอัตราการสูญเสียเนื้อกระดูกของเพศหญิงจะลดลงเหลือเพียงร้อยละ 1 ต่อปี เมื่ออายุ 70 ปี ซึ่งจะเท่ากันทั้งในเพศชายและเพศหญิง (รัชตะ รัชตะนาวิน, 2538; เสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

6. การฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (Circuit of box jumping)

รูปแบบการออกกำลังกายในผู้ใหญ่

ชนิดการออกกำลังกาย (Mode)ได้แก่ กิจกรรมประเภทความทนทานที่ใช้น้ำหนักตัว เช่น เทนนิส, ขึ้นบันได, วิ่งสลับเดิน กิจกรรมประเภทกระโดดเช่น วอลเลย์บอล, บาสเกตบอล การฝึกด้วยแรงต้าน เช่นการยกน้ำหนัก (ควรใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่)

ความหนัก (Intensity)ได้แก่ ระดับปานกลางจนถึงระดับมากเป็นครั้งคราว

ความถี่ (Frequency)ได้แก่ กิจกรรมประเภทความทนทานฝึก 3-5 ครั้ง ต่อสัปดาห์ การฝึกด้วยแรงต้าน 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์

ระยะเวลา (Duration)ได้แก่ 30-60 นาที ซึ่งรูปแบบของกิจกรรม ต้องมีการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อหลัก ในการกำหนดการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ ควรที่จะมีการฝึกความทนทานโดยใช้น้ำหนักตัวและฝึกโดยใช้แรงต้าน เพื่อที่จะรักษาปริมาณของมวลกระดูก แต่นอกจากนี้ ควรที่จะออกแบบให้กิจกรรมดังกล่าวมีการฝึกเพื่อความสามารถในการทรงตัวเพื่อป้องกันการหกล้มด้วย (Kohrt et al., 1997)

การฝึกแบบหมุนเวียน (Circuit Training)

ธีรวิทย์ ชีตะลักษณ์ (2546) กล่าวว่า จุดเด่นของการออกกำลังกายแบบหมุนเวียนคือสามารถเพิ่มความสามารถในระบบการหายใจและไหลเวียนโลหิตไปพร้อมๆกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ แนวความคิดแรกของการฝึกแบบหมุนเวียน (Circuit training) ได้ถูกเสนอในปี ค.ศ.1959 โดย มอร์แกน (Morgan) และ อดัมสัน (Adamson) จากมหาวิทยาลัยลีดส์ และได้เคยใช้วิธีตามแนวคิดนี้ในสถานออกกำลังกายทั่วไป จุดเริ่มแรกของการฝึกแบบหมุนเวียนได้ถูกพิจารณาให้ใช้กับเครื่องออกกำลังกาย โดยจัดรวบรวมกันไว้เป็นหมวดหมู่ในกลุ่มของการฝึกกล้ามเนื้อโดยการฝึกอย่างสม่ำเสมอ จากเครื่องมือหนึ่งไปยังเครื่องมือหนึ่ง จากที่การฝึกแบบหมุนเวียนได้เป็นที่นิยมทำให้ผู้เขียนหนังสือได้นำเอาข้อมูลเกี่ยวกับการฝึกแบบหมุนเวียนเข้าไปไว้ในหนังสือ โดยมีหนังสือที่ขายดีที่สุดในท้องตลาดที่เขียนโดย สโคริช (Scholich)ในปีค.ศ.1992 และถูกแก้ไขเพิ่มเติมจัดพิมพ์โดย พี.คลาโวรา (P.Klavora)

ขณะที่การพัฒนาการฝึกแบบหมุนเวียนนั้น การออกกำลังกายหลายชนิด ก็สามารถนำวิธีการฝึกแบบหมุนเวียนนี้ไปใช้ในการออกกำลังกายได้ อาทิเช่น ใช้น้ำหนักตัว เซอร์จิคอล ทิวบิง (Surgical tubing) เมดดิซีน บอล (Medicine ball) ดัมเบล (Dumbells) และเครื่องมือฝึกความแข็งแรงอีกหลายชนิด รอบของการ ฝึกอาจจะอยู่ในช่วงสั้นๆ 6-9 ท่า,ช่วงกลางๆ 9-12 ท่า หรือช่วงยาว 12-15ท่า รอบการฝึกอาจทำซ้ำได้อีกหลายๆครั้ง ขึ้นอยู่กับจำนวนของท่าที่สัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่องยกตัวอย่างที่เห็นได้ชัด เช่น จำนวนของรอบการฝึก,จำนวนของการทำซ้ำต่อเครื่องมือ และน้ำหนักถ่วงเป็นสิ่งที่ใช้สำหรับการพิจารณาระดับความพร้อมของร่างกาย การฝึกรวมทั้งหมดไม่ควรหนักเกินไป จนทำให้เกิดการบาดเจ็บ

การออกกำลังกายแบบหมุนเวียน ระยะเวลาในการพัก (The rest interval, RI) ระหว่าง 60-90 วินาที หรือ 1-3 นาทีต่อการเปลี่ยนรอบการฝึก การฝึกแบบหมุนเวียนไม่ควรใช้ใน

การทดสอบความสามารถหรือเปรียบเทียบสมรรถภาพระหว่างนักกีฬาเนื่องจาก การมีความแตกต่างกันของนักกีฬาในเรื่องของส่วนสูงและน้ำหนักด้วยเหตุนี้ การแข่งขันระหว่างนักกีฬาด้วยกันเองจึงเป็นสิ่งที่ไม่เสมอภาค เริ่มตั้งแต่ความเร็วในการกระทำ ลำดับขั้นของการยืดตัว/หดตัว ที่ไม่เท่ากัน ในทางตรงกันข้ามถ้าจะให้เกิดผลสำเร็จสามารถเปรียบเทียบเป็นรายบุคคลในนักกีฬาที่ผ่านเกณฑ์แล้ว (ธีรวิทย์ ชีตะลักษณ์, 2546)

การฝึกการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน หมายถึง กระบวนการฝึกการกระโดดขึ้นลงบนกล่อง โดยมีหลายๆ สถานีการฝึก และฝึกอย่างต่อเนื่องเป็นวงจรหมุนเวียน

โดยการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน(Circuit of box jumping)นั้นเป็นการฝึกการกระโดดขึ้นลงบนกล่องโดยอาศัยหลักการออกกำลังกายแบบแอโรบิก เพื่อพัฒนาความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจพร้อมกับสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และพัฒนาความหนาแน่นของกระดูก ความสามารถในการทรงตัวไปพร้อมกัน

การออกกำลังกายแบบแอโรบิกนั้น ผู้ที่บัญญัติศัพท์นี้คือ นายแพทย์ เคนเนท เอ็ช คุปเปอร์ แห่งกองทัพอากาศสหรัฐในมลรัฐเท็กซัส และได้ให้ความหมายของแอโรบิกว่าเป็นการออกกำลังกายภายในระยะเวลาพอสมควร คือนานเพียงพอที่ร่างกายจะต้องใช้พลังงานจากการสูดเอาออกซิเจนเข้าไปในสันดาปเพื่อให้เกิดกระบวนการสร้างพลังงานในกล้ามเนื้อ การออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่เป็นกีฬา เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล วอลเลย์บอล ว่ายน้ำ เทนนิส กระโดดเชือก หรือกายบริหารแบบต่างๆ ก็ได้ แต่ข้อสำคัญของการออกกำลังกายนั้นจะต้องกระตุ้นให้หัวใจทำงานเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถสูงสุดที่หัวใจพึงมี คือหัวใจจะเต้น 120-140 ครั้ง/นาที ในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี และทำให้การไหลเวียนของโลหิตเพียงพอแก่ความต้องการของกล้ามเนื้อที่จะทำงาน(ธีรวิทย์ ชีตะลักษณ์, 2546)

ผลของการออกกำลังกายต่อการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ (2540) กล่าวว่าผลของการออกกำลังกายต่อการเปลี่ยนแปลงของร่างกายคือ

1. ระบบการหายใจ

1.1 ความสามารถทางการจับออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (Maximum oxygen uptake, VO_2Max) มีค่าเพิ่มขึ้น ค่านี้เป็นดัชนีดีที่สุดของความสามารถทางแอโรบิกของร่างกาย ซึ่งหมายถึง ความทนทานของระบบหัวใจและการหายใจ

1.2 ความจุชีพ (Vital capacity) เพิ่มขึ้นค่านี้เป็นจำนวนของอากาศที่สามารถหายใจเข้าไปเต็มที่ในการหายใจ ค่านี้คิดเป็นปริมาณที่เริ่มจากเมื่อหายใจออกเต็มที่แล้ว

1.3 ทรวงอกขยายใหญ่ขึ้น กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการหายใจแข็งแรงขึ้น ความยืดหยุ่นของปอดเพิ่มขึ้น

1.4 การหายใจมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น รู้สึกหายใจสะดวกขึ้นและเต็มปอดมากขึ้น ทำให้ออกซิเจนไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกายได้มากขึ้น รวมทั้งสมองด้วย

1.5 ลดอันตรายของโรคบางอย่าง เช่น โรคหืด โรคถุงลมโป่งพอง และโรคที่ระบบทางเดินหายใจอุดกั้นเรื้อรัง เป็นต้น

2. ระบบไหลเวียนโลหิต

2.1 กล้ามเนื้อหัวใจเพิ่มขนาดและความแข็งแรงขึ้น ปริมาณหัวใจของคนปกติเฉลี่ยประมาณ 10 ลบ.ซม. ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ผู้ที่ออกกำลังกายปริมาตรหัวใจอาจมากกว่า 15 ลบ.ซม. ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม หลอดเลือดฝอยกระจายเพิ่มขึ้น การไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดโคโรนารีที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจดีขึ้น และการไหลเวียนของเลือดในส่วนรอบนอกเช่น บริเวณแขนและขาดีขึ้น

2.2 อัตราการเต้นของชีพจรในขณะพักช้าลง รวมทั้งอัตราการเต้นของชีพจรขณะออกกำลังกายต่ำกว่าระดับสูงสุดก็ช้าลงด้วย ความดันโลหิตทั้งซีสโตลิค (Systolic) และไดแอสโตลิค (Diastolic) ลดต่ำลง

2.3 ปริมาณเม็ดเลือดแดงและฮีโมลโกลบิน คนปกติมีฮีโมลโกลบิน 12 กรัมเปอร์เซ็นต์ ผู้ที่ออกกำลังกายอาจมีถึง 16 กรัมเปอร์เซ็นต์

2.4 ช่วยลดไขมันในหลอดเลือด กล่าวคือ คอเลสเตอรอลในเลือดประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ระดับโปรตีนไขมันที่มีความหนาแน่นสูง (High-density lipoprotein : HDL) ในเลือดเพิ่มขึ้นกับระดับของโปรตีนไขมันที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low-density lipoprotein : LDL) ในเลือดลดต่ำลง ซึ่งทั้ง 2 ส่วนนี้มีความแตกต่างกันมาก คือ เอชดีแอล (HDL) นั้นนอกจากจะไม่เป็นอันตรายคือไม่ไปเกาะอยู่ตามผนังของหลอดเลือด ตรงกันข้ามกับ แอลดีแอล (LDL) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่จะไปเกาะอยู่ตามผนังของหลอดเลือดและทำให้หลอดเลือดอุดตันได้ซึ่งการออกกำลังกายจะทำให้ไขมัน แอลดีแอล ลดลงประโยชน์คือ แอชดีแอล เพิ่มขึ้นด้วย จึงสามารถป้องกันและรักษาโรคหลอดเลือดของหัวใจอุดตันได้อย่างดีที่สุด

2.5 เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน คืออัตราการเต้นหัวใจต่ำลงซึ่งผู้ที่ออกกำลังกายสม่ำเสมอมีอัตราการเต้นของหัวใจ 40-60 ครั้งต่อนาที ส่วนคนปกติ 70-80 ครั้งต่อนาที ความ

ดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวลดลง ปริมาณสูบฉีดโลหิตต่อนาทีต่ำลง ขณะออกกำลังกายในการทำงานหนักเท่ากัน อัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่า ถ้าเพิ่มงานขึ้นเรื่อยๆ จะสามารถทำได้มากกว่า จำนวนเลือดที่บีบจากหัวใจแต่ละครั้งเพิ่มขึ้น และจำนวนเลือดที่ส่งออกจากหัวใจแต่ละครั้งเพิ่มขึ้นและต่อนาทีก็เพิ่มขึ้นด้วย

3. ระบบกล้ามเนื้อและโครงร่าง

3.1 เพิ่มกำลังของกล้ามเนื้อ (Muscular strength) วัดได้โดยการให้กล้ามเนื้อหดตัวเต็มที่ครั้งเดียว

3.2 เพิ่มความทนทานของกล้ามเนื้อ (Muscular endurance) คือกล้ามเนื้อทำงานได้นานขึ้น

3.3 พังผืดและเอ็นแข็งแรงขึ้น ทำให้ข้อต่อมีความมั่นคงมากขึ้น

3.4 ข้อต่อมีการอ่อนตัวดีขึ้น ทำให้ช่วงการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้น

3.5 อาการตึงและเจ็บปวดกล้ามเนื้อลดน้อยลง

3.6 ป้องกันการเสื่อมสลายของเนื้อเยื่อที่เกิดจากการไม่ได้ใช้งาน เช่น การฝ่อลีบ การอ่อนตัวลดน้อยลง ภาวะกระดูกพรุน รวมทั้งการเสื่อมสลายของหัวใจและหลอดเลือด

3.7 กระดูกแข็งแรงและหนาขึ้น เพราะถ้าไม่ค่อยได้ออกกำลังกายจะทำให้กระดูกบางลงด้วย

3.8 ทำให้การทรงตัว การอ่อนตัว การร่วมมือกันของกล้ามเนื้อดีขึ้น ซึ่งหมายถึงการเคลื่อนไหวสะดวกขึ้น

3.9 ลดอุบัติเหตุ แต่ถ้าเกิดขึ้นก็จะอันตรายน้อยลง

3.10 ชะลอการเสื่อมของข้อต่อและทำให้การเคลื่อนไหวของข้อต่อคงสภาพดีอยู่ได้

3.11 หลีกเลี่ยงอาการของข้ออักเสบ การปวดหลัง อาการตึงของกล้ามเนื้อและปัญหาอื่นๆ ทางด้านกล้ามเนื้อและโครงร่าง

3.12 ความยืดหยุ่นและการหล่อลื่นของข้อต่อดีขึ้น

3.13 ปฏิกิริยาตอบสนองของร่างกายทั้งในและนอกอำนาจจิตใจดีขึ้น

3.14 บุคลิกภาพของร่างกายดีขึ้น

3.15 ร่างกายมีไขมันน้อยลงช่วยหลีกเลี่ยงการสูญเสียกล้ามเนื้อเมื่อมีอายุเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ระบบประสาท

ผลของการออกกำลังกายส่วนใหญ่จะมีต่อระบบประสาทอัตโนมัติเพราะเป็นที่แน่นอนแล้วว่าการออกกำลังกายจะไปกระตุ้นให้ต่อมแอดดรีนอลหลั่งสารอะดรีนาลินหรือนอร์อะดรีนาลีนออกมา ซึ่งสารนี้จะไปกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติอีกต่อหนึ่งทำให้ระบบประสาทอัตโนมัติ 2 ระบบ คือ ประสาทซิมพาเทติค และพาราซิมพาเทติคทำงานได้สมดุลกัน กล่าวคือ

4.1 ทำให้การปรับตัวของอวัยวะให้เหมาะสมกับการออกกำลังกายทำได้เร็วกว่า

4.2 ทำให้การทำงานของอวัยวะต่างๆ ที่ถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติสามารถทำงานได้ดีขึ้น เช่น การหลั่งเหงื่อ การย่อยอาหาร การทำงานของลำไส้ การทำงานของต่อมไร้ท่อ

5. ระบบฮอร์โมน

การออกกำลังกายสามารถเร่งขบวนการทำงานต่างๆ ของร่างกายให้เพิ่มขึ้นได้อย่างมากโดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องฮอร์โมน ถึงแม้ว่าเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนบางตัวยังไม่ทราบคำอธิบายที่แน่ชัด แต่ก็มีฮอร์โมนอีกหลายตัวที่ทราบแน่ชัดแล้วว่า สามารถถูกกระตุ้นได้ด้วยการออกกำลังกายและมีส่วนในการเกื้อหนุนการออกกำลังกายได้ด้วย ดังต่อไปนี้

5.1 ต่อมหมวกไตมีการหลั่งฮอร์โมนอิพิเนฟริน และนอร์อิพิเนฟริน ทำให้หัวใจเต้นดีขึ้นและแรงขึ้น เลือดไปสู่ที่ต้องการเลือดมาเลี้ยงมากๆ เช่น กล้ามเนื้อหัวใจ การสลายตัวของไกลโคเจนเพิ่มขึ้นในตับและกล้ามเนื้อลาย ทำให้มีพลังงานเพิ่มขึ้นสมดุลกับพลังงานที่จะต้องใช้ไปในการออกกำลังกาย คือการสร้างกลูโคสขึ้นใหม่ในตับ สร้างสารที่หน้าที่ย่อยโปรตีน ทำให้เป็นกรดอะมิโนในกล้ามเนื้อ

5.2 ต่อมหมวกไตมีการหลั่งฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยและคอร์ติซอล มีผลต่อการเผาผลาญของร่างกายคือการสร้างกลูโคสขึ้นมาใหม่ในตับ สร้างสารที่ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนในกล้ามเนื้อ

5.3 ต่อมพิทูอิทารีในสมอง หลั่งฮอร์โมนเร่งความเจริญเติบโตมีหน้าที่สำคัญคือทำให้มีการเจริญเติบโตของกระดูกตอนอายุอยู่ในวัยรุ่น แต่เมื่อร่างกายเจริญเติบโตเต็มที่แล้วย่างเข้าสู่วัยสูงอายุ หน้าที่สำคัญเกี่ยวกับการสังเคราะห์โปรตีนและเซลไขมันทำให้เพิ่มการทำลายไตรกลีเซอไรด์ และทำให้ไขมันอิสระเพิ่มขึ้นในเลือดทำให้เซลอื่นๆ เพิ่มการใช้กรดไขมัน ซึ่งเป็นการสงวนน้ำตาลในเลือดไปในตัว

5.4 ตับอ่อนมีการหลั่งฮอร์โมนอินซูลิน และกลูคากอนซึ่งเป็นฮอร์โมนสำคัญที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด โดยการเปลี่ยนไกลโคเจนให้เป็นกลูโคส

5.5 ต่อมไทรอยด์ หลั่งฮอร์โมนไทโรซีนและไทรไอโอโทโรนีน ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของร่างกาย การทำหน้าที่ของสมอง ระบบไหลเวียนโลหิต กล้ามเนื้อ การเผาผลาญพลังงาน การสร้างโปรตีนและการเผาผลาญของไขมัน

5.6 มีการหลั่งฮอร์โมนพาราไทรอยด์ และแคลซิโทนิน คอยควบคุมระดับแคลเซี่ยมในเลือด ซึ่งระดับแคลเซี่ยมในเลือดมีความสำคัญต่อหน้าที่ของร่างกายอย่างมาก ถ้าระดับต่ำจะทำให้เกิดสภาวะไวต่อการกระตุ้นของเส้นประสาทและทำให้เกิดอาการชักได้ ในทางตรงกันข้ามถ้ามีระดับสูงจะทำให้เกิดหัวใจเต้นเร็ว

5.7 มีการสร้างฮอร์โมนเพศในผู้ชาย คือ แอนโดรเจนและเทสโตสเตอโรนจากเซลล์เลดิกของลูกอัณฑะและฮอร์โมนทางเพศในผู้หญิง คือ เอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรน

6. ทางด้านจิตใจ

การออกกำลังกายชนิดแอโรบิกเป็นเวลานานมากกว่า 10 นาที ขึ้นไปร่างกายจะหลั่งฮอร์โมนเอนโดฟิน (Endorphine) ในร่างกายเอนโดฟีนนี้มีฤทธิ์เหมือนมอร์ฟีนหรือฝิ่นจะทำให้คลายเครียดกล้ามเนื้อหายเกร็ง อาการปวดหายไป ตัวเบาสบาย เมื่อออกกำลังกายติดต่อกันจะทำให้ผู้นั้นติดเอนโดฟีนได้ เมื่อถึงระยะนี้จะหมดความเบื่อหน่ายถึงเวลาจะทำการออกกำลังกายเองโดยอัตโนมัติ

7. ผลของการออกกำลังกายต่อการปรับตัวของกระดูก

ภนารี พานเพียรศิลป์ (2541) กล่าวว่า มีรูปแบบมากมายของกลไกที่ใช้ในการอธิบายว่ากระดูกมีการตอบสนองต่อแรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อกระดูก (Mechanical forces) โดยหน้าที่ของกระดูกเปรียบเหมือนเป็นผลึกที่มีประจุไฟฟ้า (Piezoelectrie crystal) สามารถผลิตประจุไฟฟ้าในสัดส่วนที่สัมพันธ์กับแรงที่กระทำต่อกระดูก โดยเมื่อมีแรงกล (Mechanical force) ที่กระทำต่อกระดูกทำให้เกิดกระดูกหักเป็นบริเวณเล็กๆ (Microfracture) ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวจะเป็นตัวกระตุ้นให้เซลล์ออสทีโอคลาสต์(Osteoclast) ทำการสลายกระดูกควบคู่ไปกับเซลล์ออสทีโอบลาสต์ (Osteoblast) ทำการสร้างกระดูกใหม่ ทำให้เกิด ของกระดูก

แม้ว่าแรงที่กระทำต่อกระดูกที่มีการเคลื่อนที่ ทำให้เนื้อกระดูกมีความหนาเพิ่มขึ้น (Hypertrophy) โดยปริมาณของแรงที่กระทำต่อกระดูก มีอิทธิพลต่อการ รีโมลเดลลิ่ง

(Remodeling) ของกระดูก โดยมวลกระดูกมีค่าลดลงถ้ากระดูกไม่ได้รับน้ำหนัก(No load) มวลกระดูกมีค่าเดิมถ้าแรงกดปกติที่กระทำต่อกระดูกในอัตรา 4 รอบ/วัน (2,000 microstrain) และเนื้อกระดูกจะมีความหนาเพิ่มขึ้น (Hypertrophy) ถ้าแรงที่กระทำต่อกระดูกในอัตรา 36 รอบ/วัน (1 รอบ/2นาที) ส่วนแรงที่กระทำต่อกระดูกในอัตรา 3,600 รอบ/วัน และ 36 รอบ/วัน ไม่มีความแตกต่างกันในการเพิ่มเนื้อกระดูก (Hypertrophy) จำนวนรอบของแรงที่กระทำต่อกระดูกมีค่าคงที่และขนาดของแรงที่กระทำต่อกระดูกมีการเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงของกระดูกเป็นสัดส่วนโดยตรงกับน้ำหนักหรือแรงที่กระทำต่อกระดูก เนื้อกระดูกมีความบางลดลงเมื่อแรงที่กระทำต่อกระดูกมีค่าต่ำกว่า 1,000 ไมโครสเตรน และพื้นที่หน้าตัดของกระดูกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อแรงที่กระทำต่อกระดูกมีค่ามากกว่า 1,000 ไมโครสเตรน(ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

โวลฟ์ (Wolff ,1892)ได้ตั้งสมมติฐานว่าแรง (Weight bearing) ที่กดลงบนกระดูกมากขึ้น จะทำให้ long bone งอได้ และยังทำให้แร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของกระดูกเพิ่มขึ้นด้วย ผลที่ตามมาคือทำให้กระดูกแข็งแรงขึ้นและทำให้กระดูกมีโอกาสหักได้น้อยลงโดยการรับน้ำหนัก (Weight bearing) ของกระดูกและการหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นแรงกลส่วนใหญ่ที่ออกแรงกระทำต่อกระดูกซึ่งส่งผลให้กระดูกมีความหนาแน่นมากขึ้น

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและเนื้อเยื่อของกระดูกที่เป็นผลจากการรับน้ำหนัก กลไกของแรงที่กระทำต่อกระดูกอาจจะมีผลต่อการตอบสนองต่อเซลล์ออสทีโอไซต์ (Osteocytes) ที่มีจำนวนมากถึง 20,000เซลล์/ลูกบาศก์มิลลิเมตรในตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของเราที่กระทำต่อกระดูก โดยผลผลิตของสารสื่อประสาทที่เป็นสารเคมีที่ออกฤทธิ์กระทำต่อเซลล์ต้นตอที่ทำหน้าที่สร้างกระดูก (Bone precursors cell)

มีการศึกษามากมายที่แสดงให้เห็นว่าแรงที่กระทำต่อกระดูก (Mechanical loading) มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูก ผลที่เกิดจากการออกกำลังกายต่อกระดูกเป็นผลที่เกิดเฉพาะที่และเป็นสัดส่วนกับแรงที่กระทำต่อกระดูก มีข้อมูลที่สนับสนุนว่าเนื้อกระดูกที่มีความหนาเพิ่มขึ้น เกิดขึ้นเฉพาะที่ทั้งในกลุ่มผู้สูงอายุและเยาวชนที่เป็นนักกีฬาเทนนิส ซึ่งพบว่าความหนาแน่นของกระดูกในส่วนต้นแขน(Humerus) ของข้างที่ถนัดมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 35% เมื่อเทียบกับแขนข้างที่ไม่ถนัด การศึกษาในกลุ่มนักกีฬาปริมาณของความหนาของเนื้อกระดูกมีความสัมพันธ์กับแรงที่กระทำต่อกระดูกขณะที่เล่นกีฬา ตัวอย่างเช่นนักยกน้ำหนักมีความหนาแน่นของกระดูกบริเวณกระดูกสันหลังและกระดูกต้นขามากกว่านักกีฬาที่ออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจน(Aerobic athletes) ส่วนความหนาแน่นของกระดูกสันหลังของนักกีฬาว่ายน้ำไม่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เล่นกีฬา ในการศึกษาพบว่านักว่ายน้ำชายมี

ความหนาแน่นของกระดูกสันหลังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เล่นกีฬา แต่ยังพบว่าไม่มีความแตกต่างของความหนาแน่นของกระดูกระหว่างนักว่ายน้ำหญิงกับกลุ่มผู้หญิงที่ไม่ได้ออกกำลังกาย (ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

การออกกำลังกายโดยการลงน้ำหนักที่กระดูกแบบใช้ออกซิเจน(Aerobic weight-activities) มีผลทำให้ความหนาแน่นของกระดูกสันหลังในกลุ่มสตรีวัยกลางคนและสตรีที่เป็นโรคกระดูกบางมีค่าเพิ่มขึ้น ในการศึกษาความหนาแน่นทั้งหมดของกระดูกสันหลังระดับเอวชิ้นที่ 2 (L2)และ ชิ้นที่ 4 (L4) พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในขณะที่การศึกษาความหนาแน่นของกระดูกทราบิคิวลาร์(Trabecular) ไม่ใช่ความหนาแน่นทั้งหมดของกระดูกสันหลังระดับเอว ชิ้นที่1 ถึงชิ้นที่ 3 พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความหนาแน่นของเนื้อกระดูกที่เพิ่มขึ้น พบได้ในนักยกน้ำหนักและในสัตว์ทดลองที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างแรงที่กระทำต่อกระดูกและความหนาแน่นของเนื้อกระดูกที่เพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่การศึกษามากมายโดยการใช้การฝึกด้วยแรงต้านทาน(Resistance training) เพื่อเพิ่มความหนาแน่นของเนื้อกระดูก(Bone Mass Density,BMD) ในการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบใช้ออกซิเจนโดยทั่วไปทั้งแบบที่มีแรงต้านทานละไม่มีแรงต้านทาน กลุ่มที่ได้รับการฝึกเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีแนวโน้มที่จะทำให้ดัชนีของแคลเซี่ยมในกระดูก(มวลกระดูกที่ปรับเปลี่ยนไปตามขนาดของร่างกาย) มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าผู้ที่ได้รับการฝึกแบบแอโรบิคเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามการฝึกเพื่อเสริมสร้างความแข็งค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าผู้ที่ได้รับการฝึกแบบแอโรบิคเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามการฝึกเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรง ของกล้ามเนื้อเพียงอย่างเดียว(Resistance training) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของเนื้อกระดูก การศึกษาในสตรีก่อนวัยหมดประจำเดือนและหลังหมดประจำเดือนในช่วงแรก พบว่าสตรีที่ออกกำลังกายจะมีความหนาแน่นของกล้ามเนื้อกระดูกบริเวณกระดูกสันหลังเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนกับกลุ่มสตรีที่ไม่ได้ออกกำลังกาย(กลุ่มควบคุม) (ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

ได้มีการรายงานการศึกษาพบว่าการออกกำลังกายมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของแร่ธาตุในกระดูก พบว่าความหนาแน่นของแร่ธาตุในกระดูกมีค่าสูงขึ้นในนักกีฬาเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มคนที่ไม่ได้ออกกำลังกายและนักกีฬายกน้ำหนักมีส่วนประกอบของแร่ธาตุในกระดูกมากที่สุด จากการศึกษาในแนวนอนพบว่าความหนาแน่นของแร่ธาตุกระดูกในนักกีฬายกน้ำหนักทุกคนมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังความเชื่อกันว่าจำนวนของมวลกล้ามเนื้อเป็นสัดส่วนโดยตรงกับส่วนประกอบของแร่ธาตุในกระดูก (ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

การออกกำลังกายมีผลต่อการรักษาปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในกระดูกในนักกีฬาที่ไม่มีประจำเดือนแต่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่ทำให้กระดูกมีการรับน้ำหนัก อย่างไรก็ตามการออกกำลังกายที่มีส่วนทำให้กระดูกรับน้ำหนักสามารถที่จะรักษาปริมาณแร่ธาตุในกระดูกได้มากกว่าจะออกกำลังกายที่ไม่มีแรงหรือน้ำหนักกระทำต่อกระดูก

สำหรับคนที่มีอายุระหว่าง 40-60 ปี พบว่าการออกกำลังกายเป็นเวลาประมาณ 10 ปี มักจะมีผลทำความหนาแน่นของแร่ธาตุในกระดูกมีค่าเพิ่มขึ้นมากหรือกระบวนการสลายกระดูกเกิดน้อยลงเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในปัจจุบันยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าการออกกำลังกายมีผลต่อส่วนประกอบของแร่ธาตุในกระดูกอย่างไรในผู้สูงอายุ

น้ำหนักหรือแรงที่กระทำต่อกระดูก กระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกเพิ่มขั้น น้ำหนักของร่างกายที่กระทำต่อกระดูกเป็นผลจากการออกกำลังกายซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เป็นแรงกดหรือแรงบิด แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูกหรือแรงต้านทานที่กระทำต่อกระดูก(Resisting impact) สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกใหม่ เนื่องจากร่างกายประกอบด้วยกล้ามเนื้อจำนวนมากกว่า 600 มัด ซึ่งมีที่เกาะต้นละที่เกาะปลายอยู่บนกระดูกจำนวนมากมายที่ประกอบเป็นโครงร่างของร่างกายประมาณ 206 ชิ้น การหดตัวของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะการหดตัวที่ต้องออกแรงต้านกับแรงโน้มถ่วงหรือแรงต้านทานจากภายนอกร่างกายสามารถที่จะทำให้เกิดแรงจำนวนมากต่อกล้ามเนื้อ เอ็น กระดูกและข้อต่อ และแรงเหล่านี้มีผลต่อความหนาแน่นของเนื้อกระดูก(Bone matrix) ความจริงดังกล่าวนี้ได้มีการเปิดเผยโดยนักบินอวกาศของสหรัฐอเมริกาที่พยายามออกกำลังกายในสภาพไร้น้ำหนักเพื่อที่จะลดการสลายกระดูกขณะที่ทำการบินอยู่ในอวกาศ (ภนารี พานเพียรศิลป์, 2541)

ผลการออกกำลังกายต่อสุขภาพกระดูก

ภาวะมวลกระดูกต่ำจากโรคกระดูกพรุน (Osteoporosis) เป็นปัจจัยเสี่ยงต่ออุบัติการณ์เกิดกระดูกหักของผู้สูงอายุ ดังนั้นขบวนการต่างๆ ที่สามารถทำให้เพิ่มและคงสภาพความแข็งแรงของกระดูกให้มากที่สุด และวิธีการที่จะลดหรือป้องกันความเสี่ยงที่จะเกิดการหกล้มจึงเป็นสิ่งจำเป็น ที่มีแนวโน้มจะช่วยลดปัญหาแทรกซ้อนจากการเจ็บป่วยหรืออัตราการตายได้มากที่สุด นอกจากการรักษาด้วยการให้ยาและอาหารเสริมที่มีผลดีต่อการสร้างกระดูกแล้ว การออกกำลังกายยังเป็นอีกวิธีที่สามารถทำให้เกิดผลดีต่อกระดูกและลดความเสี่ยงต่อการหกล้มที่จะเป็นสาเหตุที่ทำให้กระดูกหักในผู้สูงอายุได้

การประเมินความหนักของการออกกำลังกายที่มีผลต่อกระดูกมักจะวัดเป็นความเครียดทางกายภาพ(Physical strain) ด้วยวิธีการต่างๆเช่นแรงปฏิกิริยาจากพื้น(Ground-

reaction force) ระหว่างการลงน้ำหนัก หรือแรงตึงตัวจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ(Muscle contraction forces) ที่กระทำต่อกระดูกส่วนนั้นๆเป็นต้น (ฉกาจ ผ่องอักษร, 2552)

กิจกรรมทางกาย (Physical activity) มีบทบาทที่สำคัญที่จะทำให้มวลกระดูกมีมากที่สุดในช่วงวัยเด็กและช่วงวัยแรกของผู้ใหญ่ ซึ่งมีผลในการช่วยคงรักษาระดับมวลกระดูกไว้ได้ตลอดจนช่วงอายุประมาณ 50 ปี ช่วยชะลอการสูญเสียมวลกระดูกตามอายุที่เพิ่มขึ้น และยังช่วยลดความเสี่ยงที่จะหกล้มและเกิดกระดูกในผู้สูงอายุ ผลดีต่อกระดูกจาก กิจกรรมทางกาย (Physical activity)ดังกล่าวนั้น พิจารณาได้จากผลการศึกษาที่พบว่า ระดับของกิจกรรมทางกาย (Physical activity)มีความสัมพันธ์กับปริมาณมวลกระดูก และอุบัติเหตุการณ์เกิดกระดูกหัก มวลกระดูกมีการเปลี่ยนแปลงตอบสนองต่อการฝึกออกกำลังกายด้วยโปรแกรมชนิดต่างๆอย่างเฉพาะเจาะจง

ในการประเมินผลต่อการสร้างกระดูก (Osteogenic effect) ของโปรแกรมการออกกำลังกายนั้นมักจะยึดหลักการในการฝึกออกกำลังกายดังต่อไปนี้ คือ ความเจาะจง (Specificity) เฉพาะส่วนของกระดูกที่ได้รับแรงกระทำที่ได้รับในแต่ละวันเท่านั้นที่จะมีการปรับสภาพของกระดูก การเพิ่มแรงกระทำ (Overload) การปรับตัวของกระดูกจะเกิดขึ้นเมื่อแรงกระทำนั้นมากกว่าแรงที่ได้โดยทั่วไปในชีวิตประจำวัน และจะเกิดต่อเนื่องต่อไปได้ ก็จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงแรงที่ปรับเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วยเช่นกัน ความสามารถลดลงได้(Reversibility)ผลดีที่เกิดขึ้นต่อกระดูกจากการฝึกออกกำลังกายจะลดลงถ้าหยุดออกกำลังกาย และในขณะนี้ยังสมารถตอบได้ว่าผลของการออกกำลังกายลดลงด้วยอัตราที่ต่างกันหรือไม่ระหว่างคนอายุน้อยและคนสูงอายุ (ฉกาจ ผ่องอักษร, 2552)

การศึกษาความสัมพันธ์ของผลจากการออกกำลังกายกับมวลกระดูกที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะมาจากการศึกษาที่เปรียบเทียบคนทั่วไปกับนักกีฬาที่เล่นกีฬาชนิดต่างๆ หรือคนทั่วไปที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกายกับคนที่ออกกำลังกายในระดับความหนักที่ต่างกัน(Khan ,1998)ซึ่งการศึกษาชนิดนี้จะศึกษาในผู้ที่ออกกำลังกายและไม่ออกกำลังกาย ว่ามีผลเพิ่มหรือลดมวลกระดูกหรือไม่ เป็นที่น่าสนใจโดยพบว่าการศึกษาวิจัยที่ภาวะไร้น้ำหนัก ภาวะที่ต้องการนอนพักเป็นเวลานาน หรือในผู้ป่วยอัมพาตจากการบาดเจ็บกระดูกสันหลัง(Giangregorio,2002)แสดงให้เห็นได้ชัดว่า แรงกระทำมีความสำคัญต่อโครงสร้างของกระดูกอย่างเห็นได้ชัด และมีผลทำให้มวลกระดูกลดลงได้อย่างรวดเร็วมากที่ขาดแรงกระทำบนกระดูก

ปัจจัยพื้นฐานที่ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดภาวะโรคกระดูกพรุนในวัยสูงอายุ คือ มีระดับมวลกระดูกน้อยหรือต่ำตั้งแต่เด็กหรือในช่วงวัยรุ่น การศึกษาแบบการวิจัยแนวนอน (Cross-

sectional research) พบว่า คนเราเริ่มมีการสูญเสียโพรงกระดูก (Trabecular bone) ตั้งแต่เมื่ออายุย่างเข้า 30 ปี ในขณะที่ส่วนของกระดูกเนื้อแน่น (Cortical bone) ยังสามารถเพิ่มขึ้นได้อีกเล็กน้อยในผู้หญิงที่มีสุขภาพปกติดีจนถึงช่วงอายุประมาณ 30 ปี(Recker,1992)

บทบาทของการออกกำลังกายในผู้ใหญ่

ในคนทั่วไป มวลร่างกายจะสะสมมวลกระดูกจนได้ปริมาณสูงสุดเมื่อประมาณอายุช่วง 30 ปี ซึ่งเป็นช่วงอายุสุดท้ายที่จะมีโอกาสกระตุ้นเพิ่มเติมกระดูกได้ ได้มีการศึกษาทั้งในเพศชายและหญิงในวัยนี้ ผลการศึกษาก็พบไปในทำนองเดียวกัน คือ ในคนที่เป็นนักกีฬาจะพบว่าในส่วนของร่างกายเฉพาะที่ถูกใช้ในการเล่นกีฬาที่ต้องถูกแรงกระแทกมาก จะมีมวลกระดูกสูงกว่าคนที่ไม่ค่อยได้เล่นกีฬาหรือออกกำลังกาย(Vuori,2001)และในกลุ่มที่เล่นกีฬาหรือออกกำลังกายด้วยกันนั้นในกลุ่มที่มีกิจกรรมที่มีแรงกระแทกต่อร่างกายสูง หรือมีการลงน้ำหนักชนิดต่างๆเช่น ยิมนาสติก ยกน้ำหนัก เพาะกาย ก็จะมีมวลกระดูกสูงกว่ากีฬาประเภทที่มีแรงกระทำน้อย และ มีรายงานผลการศึกษาออกมาอยู่มากพอสมควร ในการติดตามดูการเปลี่ยนแปลงของกระดูกในนักกีฬาระหว่างฤดูการฝึกซ้อมและช่วงพักนอกฤดูการฝึกซ้อมในนักกีฬาเทนนิสเทนนิสทีมชาติชายมีการเพิ่มขึ้นของความแตกต่างของความหนาแน่นของมวลกระดูก ระหว่างแขนสองข้างเพิ่มขึ้นถึง 13-25% สูงกว่ากลุ่มควบคุมในระหว่างการฝึกซ้อมเพื่อเตรียมการแข่งขันและยังคงสภาพนั้นอยู่นานถึง 4 ปีหลังเลิกเป็นนักกีฬา 27 ยังมีการศึกษาอื่นๆ ที่ศึกษาในนักกีฬาชนิดต่างๆคือ วิ่งแข่งพายเรือ ยกน้ำหนัก ยิมนาสติก นาน 7 เดือน ถึง 2 ปีก็พบเช่นเดียวกันว่ามีความหนาแน่นของมวลกระดูก เพิ่มขึ้น 1-5% ในส่วนของร่างกายที่ใช้ฝึกในแต่ละชนิดกีฬานั้นๆ19 สำหรับการศึกษาในนักยิมนาสติกพบว่า ในช่วงที่มีการฝึกซ้อมเพื่อเตรียมแข่นขัน มีการเพิ่มขึ้น 2-4% และลดลงเหลือเพียง 1% เมื่อหยุดซ้อมนอกฤดูการแข่นขัน(Snow ,2001)

ยังมีการศึกษาจำนวนหนึ่งในกลุ่มประชากรที่ไม่ใช่นักกีฬาแต่ให้มาออกกำลังกายชนิดที่มีแรงกระแทกเกิดขึ้นสูง นาน 6 - 36 เดือน แล้วติดตามดูผลต่อมวลกระดูกซึ่งศึกษาในผู้หญิงที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย ผลการศึกษาที่ได้ออกมาส่วนใหญ่จะพบว่ามีความหนาแน่นของมวลกระดูก เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 1-5% ในส่วนคอกระดูกฟีเมอร์ (Femoral neck)และกระดูกสันหลังส่วนเอว(Lumbar spine)(Bassey,1994)

นอกจากผลของการเพิ่มมวลกระดูกจากการออกกำลังกายแล้ว ในการศึกษาต่างๆยังพบว่า มีผลการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของร่างกาย (Body Composition)และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วย โดยเฉพาะส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน (Fat Free Mass) ซึ่งรวมถึงส่วนที่

เป็นกระดูกและกล้ามเนื้อด้วยนั่นเอง ทำให้นักวิจัยมีความคิดว่า ความแข็งแรงของกระดูกน่าจะมีส่วนสัมพันธ์ กับ องค์ประกอบของร่างกาย (Body Composition)ที่ปริมาณของกล้ามเนื้อเพิ่มร่วมกับผลที่ตามมาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในส่วนที่ได้รับการใช้งานด้วยซึ่งเมื่อพิจารณาจากงานวิจัยต่างๆพบว่า องค์ประกอบของร่างกาย (Body Composition), มวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติความหนาแน่นของมวลกระดูกในบริเวณเดียว โดยมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงถึง 50 % ต่อระดับความหนาแน่นของมวลกระดูก (Snow-Harter,1992) ดังเช่นตัวอย่างการศึกษาในนักยกน้ำหนัก มักจะพบว่ามีสัดส่วนของปริมาณกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อร่วมกับ มวลกระดูกที่มากขึ้นด้วย โดยอธิบายได้ว่าแรงของกล้ามเนื้อจะสร้างความเครียดและกระตุ้นให้มีการตอบสนองในการสร้างมวลกระดูกได้มากขึ้น

บทบาทของการออกกำลังกายในผู้ใหญ่วัยกลางคนและสูงอายุ

ในผู้ใหญ่อายุตั้งแต่ประมาณ 40 ปี เป็นต้นไป จะเริ่มมีมวลกระดูกลดลงด้วยอัตราประมาณ0.5% ต่อปีหรือมากกว่า ในทุกเพศหรือเชื้อชาติ ดังนั้นผลของการออกกำลังกายจึงเป็นไปในลักษณะที่ช่วยชะลอหรือลดการสูญเสียมวลกระดูกไปตามวัย อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยของเฟสคานิช(Feskanich et.,al 2002) ที่ดูผลของการให้ฮอร์โมนและการออกกำลังกายในการลดความเสี่ยงสัมพัทธ์(Relative risk) ในการเกิดกระดูกหักที่สะโพกในหญิงวัยหมดระดู รายงานว่าการให้ฮอร์โมนสามารถลดความเสี่ยงที่จะเกิดกระดูกสะโพกหักได้ 60-70% ไม่ว่ามีการออกกำลังกายมากน้อยเพียงไรเทียบกับผู้หญิงกลุ่มควบคุมที่โดยปกติไม่ค่อยออกำลังกาย และในกลุ่มที่ไม่ได้ให้ฮอร์โมนที่มีระดับการออกกำลังกายในควอไตด์สูงสุดจะมีความเสี่ยงต่อข้อสะโพกหักลดลงได้ถึง67% ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การออกกำลังกายสามารถช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดกระดูกหักได้แม้ว่าจะไม่สามารถทำให้ทำให้มีมวลกระดูกเพิ่มขึ้นก็ตาม และผลการศึกษาจากงานวิจัยอื่นยังพบว่า มวลร่างกายที่ไม่ใช่ไขมัน (Fat-free mass) เป็นปัจจัยที่สำคัญมากกว่ามวลไขมัน(Fat mass) หรือมวลร่างกายโดยรวมในการบอกถึงคุณภาพของกระดูกในผู้สูงอายุ (Aloia et.,al 1995) ดังนั้น กิจกรรมการออกกำลังชนิดต่างๆที่ทำให้มีการเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ จึงอาจน่าจะช่วยทำให้คงรักษามวลกระดูกได้ด้วย

งานวิจัยศึกษาการป้องกันโรคกระดูกพรุนที่เกิดขึ้นนั้น จะเห็นว่าส่วนใหญ่จะทำในผู้หญิง เพราะว่าผู้หญิงมีอุบัติการณ์การเกิดกระดูกหักจากโรคกระดูกพรุนได้มากกว่าผู้ชาย โดยจะพบว่าอุบัติการณ์ในผู้ชายไม่ค่อยเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งอายุประมาณ 70 -80 ปี (Cumming et.,al 2002) นักวิจัยให้ความสนใจงานวิจัยที่ใช้โปรแกรมออกกำลังกาย เพื่อดูผลการรักษาต่อกระดูกใน

สตรีอย่างมากขึ้นเป็นลำดับในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา โปรแกรมการออกกำลังกายที่ใช้มักได้แก่ การเดินเร็ว (Brisk walking) วิ่งเหยาะ (Jogging) เดินขึ้นลงบันได (Stair climbing/descending) ยกน้ำหนัก (Weight lifting) และการกระโดดต่างๆ(Jumping) เป็นต้น

บทสรุปที่ได้จากงานวิจัยมหภาพ (Meta analysis) ของงานวิจัยต่างๆบ่งชี้ว่าการออกกำลังกายมีประสิทธิภาพที่ช่วยคงรักษาสภาพของกระดูกในหญิงสูงวัยได้(Kelly et.,al 2001) และมีการศึกษาใช้การออกกำลังกายด้วยการเดินนาน1 ปีให้ผลดีต่อกระดูกบ้างแต่ไม่มากนัก (Nelson et.,al 1991)และบางงานวิจัยพบว่า แค่คงความแข็งแรงของกระดูกไว้เท่านั้น (Cavanaugh et.,al 1988) ซึ่งผลการศึกษานี้ช่วยสนันสนุนว่า แรงที่เกิดจากการเดินไม่ได้ทำให้เกิดแรงกระทำต่อกระดูกสูงมากดังที่ได้ทราบมาแล้วจากการศึกษาในสัตว์ทดลอง แต่ก็ยังคงคำแนะนำให้มีการเดินซึ่งมีการลงน้ำหนัก ในขณะที่มีงานวิจัยอื่นพบว่า การเดินขึ้นลงบันไดและวิ่งเหยาะให้ผลตอบสนองในการกระตุ้นกระดูกได้ดีกว่าการเดิน (Chow et.,al 1987)

การออกกำลังกายที่ใช้การยกน้ำหนักที่มีการปรับแรงต้านที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และใช้น้ำหนักมากพบว่า มีผลเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกในกระดูกสะโพกและกระดูกสันหลังในผู้หญิงขาดฮอร์โมน (Kohrt et.,al 1997)และหญิงได้รับฮอร์โมนเอสโตรเจน ในการรักษา งานวิจัยที่ใช้แรงยกน้ำหนักปานกลางเท่านั้นพบว่ามีการตอบสนองเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของมวลกระดูกไม่มากเท่าใช้น้ำหนักมาก (Kerr et.,al 2001)มีงานวิจัยที่รายงานน่าสนใจมาก โดยแสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของมวลกระดูก สัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับปริมาณน้ำหนักหรือ แรงที่ใช้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(Cussler et.,al 2003)

สำหรับงานวิจัยใช้การกระโดดเป็นการออกกำลังกาย พบว่าทำให้เกิดผลกระตุ้นให้มีการสร้างกระดูก (Osteogenic effect) ในหญิงวัยหมดประจำเดือนได้ไม่มากเท่ากับที่เกิดในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนที่การออกกำลังกายด้วยการกระโดดจะส่งผลให้ความหนาแน่นของมวลกระดูก ของกระดูกสะโพกเพิ่มขึ้น(Bassey et.,al 1998)

กิจกรรมทางกาย(Physical Activity) และความเสี่ยงกระดูกหัก

การเกิดกระดูกหักในโรคกระดูกพรุน สามารถเกิดขึ้นง่ายกว่าแม้ถูกแรงกระทำไม่สูงมาก เพราะมีระดับความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ต่ำลงและสภาพโครงสร้างของกระดูกมีการเปลี่ยนแปลงจนไม่เอื้อให้สามารถทนต่อแรงได้ดีเหมือนเช่นเดิม ซึ่งมักจะพบบ่อยว่าเสี่ยงต่อกระดุกหักได้แก่ ปลายกระดูกเรเดียส กระดูกสันหลัง และกระดูกต้นขาส่วนคอ

ปัจจุบันมีรายงานการศึกษาผลจากการออกกำลังกายในการลดการเกิดกระดูกหักค่อนข้างน้อย เพราะการศึกษาในลักษณะนี้ทำได้ยาก โดยจะต้องมีการติดตามผลเป็นระยะ

เวลานาน และต้องใช้ขนาดประชากรตัวอย่างที่มากพอ อย่างไรก็ตาม ยังมีการรายงานผลการศึกษาในกลุ่มประชากรขนาดเล็กในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนเป็นระยะเวลา 2 ปี พบว่าการออกกำลังกายบริหารเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลัง สามารถลดอุบัติการณ์กระดูกหักที่กระดูกสันหลังในช่วงเวลาที่ติดตามผลนาน 8 ปี นอกจากนี้ยังมีการศึกษาติดตามผลเป็นเวลาเฉลี่ย 7.6 ปี รายงานผลว่า การออกกำลังกายช่วยลดกระดูกหักในส่วนของกระดูกสะโพก กระดูกข้อมือ และกระดูกสันหลัง

ยังมีหลักฐานจากการศึกษาทางระบาดวิทยาบ่งชี้ว่า ภาวการณ์ไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย เคลื่อนไหวร่างกาย (Physical inactivity)เป็นปัจจัยเสี่ยงให้เกิดกระดูกหักโดยพบว่า ในคนสูงอายุที่มีการออกกำลังกายจะมีอุบัติการณ์ของกระดูกสะโพกหักน้อยกว่าคนสูงอายุที่ไม่ออกกำลังกายถึง 20-40% (Marks et.,al 2003)

ในผู้สูงอายุทั้งชายและหญิงที่ไม่ค่อยมีกิจกรรมเคลื่อนไหวร่างกายเช่น เดินขึ้นลงบันได ทำสวนปลูกต้นไม้ ทำกิจกรรมที่มีการลงน้ำหนักชนิดต่างๆ เป็นต้น จะมีความเสี่ยงต่อกระดูกสะโพกหักสูง 2 เท่าเมื่อเทียบกับผู้ที่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหวชนิดต่างๆ ดังกล่าว หลังจากได้มีการคำนึงถึงปัจจัยเสี่ยงอื่นๆได้แก่ ค่ามวลกระดูก สูบบุหรี่ ดื่มเหล้า และการไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองในชีวิตประจำวันแล้วในการศึกษาจำนวนประชากรตัวอย่างถึง 30,000 คน ในชาวเดนนิชเพศชายและหญิงพบว่าอุบัติการณ์ของคนที่เคยออกกำลังกายมาเป็นประจำแล้วหยุดออกกำลังกาย จะมีความเสี่ยงต่อกระดูกสะโพกหัก 2 เท่า มากกว่าคนที่ยังคงออกกำลังกายต่อเนื่องไม่ได้หยุดเลยโดยการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นจะลดอัตราเสี่ยงข้อสะโพกหักลงประมาณ 6 % ซึ่งการออกกำลังกายระดับนี้ จะเทียบเท่ากับใกล้เคียงกับการเดินลงน้ำหนัก 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ 50 ส่วน ในผู้หญิงที่ออกกำลังกายด้วยการเดินอย่างน้อย 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จะมีอัตราเสี่ยงสะโพกหักลดลงถึง 14% เมื่อเทียบกับเพื่อนร่วมกลุ่มที่เดินเพียง 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ หลักฐานดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า แม้แต่การเดินซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีแรงกระทำต่อกระดูกไม่สูง ยังมีประโยชน์ในส่วนของการลดความเสี่ยงต่อกระดูกหักได้ โดยที่ระดับของความหนาแน่นของมวลกระดูกไม่ได้เปลี่ยนแปลงหรือมีก็ไม่มากนัก

ดังนั้นการออกกำลังกายเป็นประจำในผู้ใหญ่จึงจะมีผลดี ไม่เพียงแต่ทำให้คงหรือชะลอการเกิดภาวะกระดุกพรุนเท่านั้น แต่ยังมีประโยชน์มากในแง่ของการลดความเสี่ยงในการหกล้มด้วย ซึ่งมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงในการหกล้ม ปัจจัยจากตัวผู้สูงอายุเองได้แก่ ความสามารถในการควบคุมการทรงตัว ความบกพร่องสายตาและมองเห็น ความแข็งแรงกล้ามเนื้อที่ลดลง มีพิสัยข้อต่างๆ ที่ขาลดลง และสติปัญญาการรับรู้(Cognitive function) ส่วน

ปัจจัยภายนอก ได้แก่ ยาชนิดต่างๆที่ทำให้มึนงง หรือ ง่วงซึม และสภาพแวดล้อมกีดขวางทางเดินที่อาจทำให้สะดุดล้มได้ เป็นต้นจะเห็นได้ว่า การลดปัญหากระดูกหักด้วยการออกกำลังกาย จะช่วยได้ในผู้สูงอายุที่มีปัญหาหรือความบกพร่อง ที่สามารถทำให้ดีขึ้นได้ เฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ตอบสนองต่อการออกกำลังกายเป็นหลัก เช่น ในการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อ หรือการทรงตัว เป็นต้น

ผลจากงานวิจัยแบบทบทวนวรรณกรรมและมหภาพ(Reviews and meta-analysis) จึงมีรายงานสรุปให้แนะนำว่า ควรมีโปรแกรมการออกกำลังกายที่รวมทั้งการฝึกการทรงตัว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะที่ขา ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อและข้อ ตลอดจนถึงความทนทานของกล้ามเนื้อเฉพาะที่ร่วมด้วย เพื่อลดความเสี่ยงในการหกล้มในผู้สูงอายุ (ฉกาจ ผ่องอักษร, 2552)

การออกกำลังกายเพียงอย่างเดียวไม่ช่วยลดความเสี่ยงในการหกล้มในผู้สูงอายุทั้งชายและหญิง (Gillespie et., al 2003) การออกกำลังกายเพิ่มการทรงตัวของร่างกายดูจะเป็นชนิดที่ควรแนะนำให้ทำในสตรี เพื่อลดความเสี่ยงในการหกล้ม การออกกำลังกายเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นอีกชนิดหนึ่งที่มักแนะนำให้ทำด้วยเช่นกัน เพราะจะช่วยให้แก้ไขปัจจัยได้หลายๆอย่าง เช่นในกรณีที่ความหนาแน่นของกระดูกต่ำ ความเร็วในการเคลื่อนไหวและการเดินช้าลงเนื่องจากกล้ามเนื้ออ่อนแรง ความไม่สามารถดูดรับแรงกระแทกของเนื้อเยื่อต่างๆรอบๆข้อและการเคลื่อนไหวที่ไม่แคล่วคล่อง เป็นต้น ตามหลักฐานที่มีรายงานพบว่า การที่ได้เข้าโปรแกรมการออกกำลังกายเพิ่มความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อ จะมีแนวโน้มที่หันมาทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันได้มากขึ้นและดีขึ้น

บทสรุปผลของการออกกำลังกายต่อสุขภาพของกระดูก

กิจกรรมการเคลื่อนไหวทางกาย (Physical activity) ที่มีการลงน้ำหนักจะให้ผลดีต่อสุขภาพของกระดูกได้ตลอดทุกช่วงอายุขัย เมื่อทำในช่วงตั้งแต่วัยเด็กและวัยรุ่นนอกจากจะช่วยกระตุ้นให้มีการสะสมสารเกลือแร่ที่จะเกิดขึ้นในกระดูกมากที่สุด มีหลักฐานงานวิจัยแสดงว่า ยังส่งผลต่อเนื่องระยะยาวต่อสุขภาพของกระดูกได้ในวัยผู้ใหญ่โดยกิจกรรมที่สามารถให้แรงกระทำบนกระดูกได้สูง ได้แก่ การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก (Plyometrics exercise) การกระโดด (Jumping) การยกน้ำหนัก(Resistance weight training) อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดของข้อมูลการวิจัยที่จะสามารถยืนยันในรายละเอียดที่เฉพาะเจาะจงของโปรแกรมการออกกำลังกายที่จะให้ดีที่สุดในการเพิ่มมวลกระดูกในวัยเด็กและวัยรุ่น แต่ข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันที่ได้สรุปรวบรวมจากงานวิจัยต่างๆ ทำให้มีแนวทางของวิธีการออกกำลังกายที่จะมีผลในทางที่ดีต่อกระดูกในช่วงวัยเด็ก

และวัยรุ่นส่วนในวัยผู้ใหญ่นั้น เป้าหมายในการทำกิจกรรมออกกำลังกายชนิดต่างๆนั้นจะเป็นการรักษาให้คงสภาพของมวลกระดูกให้มากที่สุดเป็นหลัก เพราะผลการออกกำลังกายในตอนผู้ใหญ่ต่อการเพิ่มมวลกระดูกยังไม่มีหลักฐานที่ยืนยันแน่ชัด และในงานวิจัยที่ได้ผลว่ามีการเพิ่มมวลกระดูก ก็พบว่ามวลกระดูกจะลดลงหลังจากหยุดออกกำลังกายด้วยในเวลาต่อมา นอกจากนี้ยังพบว่า ในผู้ใหญ่ที่ยังมีการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง สามารถช่วยชะลอการลดลงของมวลกระดูกตามอายุ(Age- related osteopenia) และลดความเสี่ยงต่อกระดูกหักได้ ถึงแม้ว่ากิจกรรมการออกกำลังกายนั้นจะไม่หนักมากเท่าที่ควร ก็ยังมีส่วนช่วยได้เมื่อเทียบผู้ใหญ่ที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย

อนึ่งการวัดความหนักของแรงที่จะกระทำบนกระดูกจากกิจกรรมการออกกำลังกายอย่างแน่ชัดยังไม่สามารถทำได้ในปัจจุบัน โดยเฉพาะแรงที่เกิดจากการออกกำลังกายชนิดทนทานโดยการลงน้ำหนัก แต่ก็พอประมาณได้ว่า แรงกระทำที่เกิดขึ้นจะแปรตามความหนักของกิจกรรมหรือการออกกำลังกายได้

มวลกระดูกนั้นจะลดลงหลังจากหยุดออกกำลังกายด้วยในเวลาต่อมา นอกจากนี้ยังพบว่า ในผู้ใหญ่ที่ยังมีการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องสามารถช่วยชะลอการลดลงของมวลกระดูกตามอายุ (Age-related osteopenia) และลดความเสี่ยงต่อกระดูกหักได้ ถึงแม้ว่ากิจกรรมการออกกำลังกายนั้นจะไม่หนักมากเท่าที่ควร ก็ยังมีส่วนช่วยได้เมื่อเทียบผู้ใหญ่ที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกายโดยการออกกำลังกายหรือกิจกรรมที่มีการลงน้ำหนักหรือแรงกระทำต่อกระดูกที่มากนั้นโดยทั่วไปยังคงแนะนำให้ควรทำโดยไม่จำกัดอายุถ้าทำได้ โดยจะต้องไม่เป็นปัญหาแทรกซ้อนต่อสุขภาพด้านอื่นๆ ซึ่งต้องมีการประเมินสภาพร่างกายและปัญหาสุขภาพที่มักจะมากับวัยที่สูงอายุ โดยคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก แม้แต่ในวัยที่สูงอายุมากๆก็ยังแนะนำให้พยายามมีการการเคลื่อนไหวออกกำลังกายเท่าที่สภาพร่างกายจะอำนวย เพราะเมื่อหยุดหรือลดการเคลื่อนไหว ออกกำลังกายเท่าที่สภาพร่างกายจะอำนวย เพราะเมื่อหยุดหรือลดการเคลื่อนไหว มักเกิดผลแทรกซ้อนจากกลุ่มอาการลดการเคลื่อนไหวร่างกาย(Immobilization Syndrome) เกิดขึ้นต่อสุขภาพของกระดูกได้ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม นอกจากนี้ การออกแบบโปรแกรมกิจกรรมและการออกกำลังกายของผู้สูงอายุทั้งชายและหญิง ควรจะมีทั้งชนิดของการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความทนทานและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแล้ว และยังจำเป็นจะต้องรวมถึงการออกกำลังกายที่เน้นการทรงตัวเป็นด้วย เพื่อป้องกันการหกล้มด้วยเป็นสำคัญ (ฉกาจ ผ่องอักษร, 2552)

ข. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยภายในประเทศ

เนื่องจากงานวิจัยในประเทศที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องหรือการฝึกการออกกำลังกายแบบหมุนเวียน กับความหนาแน่นของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวของสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนนั้นอาจจะไม่ค่อยปรากฏให้เห็น ส่วนใหญ่นั้นมักจะเป็นการศึกษาทางด้านการแพทย์ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

สิรินทร ฉันศิริกาญจน (2544) ศึกษาวิธีการรักษาโรคกระดูกพรุนในสตรีไทยวัยหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อบอกประสิทธิภาพของแคลเซียมและขนาดที่เหมาะสมของเอสโตรเจน แคลซิโตนิน และแอคทีฟอนาล็อคของวิตามินดีในการรักษาโรคกระดูกพรุนในสตรีไทยวัยหมดประจำเดือนอย่างน้อย 10 ปี เป็นเวลานาน 2 ปี

ผลการศึกษาพบว่า

1.ความหนาแน่นของกระดูกไม่เปลี่ยนแปลงในผู้ที่ได้รับแคลเซียม 750 มิลลิกรัมต่อวัน

2.แคลเซียมร่วมกับ “Conjugated equine estrogen” ทั้งขนาด 0.3 มิลลิกรัมและ 0.625 มิลลิกรัมต่อวันสามารถเพิ่มความหนาแน่นที่บริเณกระดูกสันหลังส่วนเอว (Lumbar spine) โดยผลของ “Conjugated equine estrogen” ทั้ง 2 ขนาดไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.แคลเซียมร่วมกับแคลซิไตรออลขนาด 0.25 และ 0.5 ไมโครกรัมต่อวันมีผลคล้าย เอสโตรเจน คือเพิ่มความหนาแน่นของกระดูกที่บริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว และแคลซิไตรออลทั้ง 2 ขนาดมีผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดจนผลของแคลซิไตรออลไม่แตกต่างจากผลของเอสโตรเจน

บุญส่ง องค์พิพัฒนกุล (2544) ศึกษาวิธีการป้องกันการลดลงของความหนาแน่นของกระดูกในสตรีไทยวัยหมดประจำเดือนระยะต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อบอกประสิทธิภาพของแคลเซียมและขนาดที่เหมาะสมของเอสโตรเน, อินตรานาซอลแคลซิโตรนิน และแคลซิไตร- ออลในการป้องกันโรคกระดูกพรุนในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยศึกษาผลต่อความหนาแน่นของกระดูกในสตรีไทยวัยหมดประจำเดือนไม่เกิน 6 ปี ทำการเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมเป็นเวลานาน 2 ปี

ผลการศึกษาพบว่า

1. แคลเซียม 750 มิลลิกรัมต่อวันโดยที่มีหรือไม่มีอินตรานาซอลแคลซิโตรนิน 50 IU ต่อวันไม่สามารถป้องกันการลดลงของความหนาแน่นของกระดูกที่บริเวณกระดูกต้นขาส่วนคอ (Femoral neck) ได้

2. แคลเซียมร่วมกับ “Conjugated equine estrogen” ทั้งขนาด 0.3 มิลลิกรัม และ 0.625 มิลลิกรัม ต่อวันสามารถป้องกันการลดลงของความหนาแน่นที่บริเวณกระดูกต้นขา นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มความหนาแน่นที่บริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว

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

นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาการหาอัตราการลดลงของความหนาแน่นของกระดูกในสตรีไทยหลังวัยหมดประจำเดือนและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอัตราการลดลงของความหนาแน่นของกระดูกในสตรีไทยหลังวัยหมดประจำเดือนไม่เกิน 6 ปี เป็นเวลานาน 2 ปี

ผลการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นของกระดูกที่บริเวณกระดูกสันหลังไม่ได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเวลา 2 ปี อย่างไรก็ตาม ความหนาแน่นของกระดูกที่บริเวณสะโพกลดลงประมาณ 3.9 เปอร์เซ็นต์

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

ผลการศึกษาพบว่า

1. สตรีวัยหมดประจำเดือนปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนโดยรวมอย่างสม่ำเสมอเพียงร้อยละ 2.40 แต่ปฏิบัติไม่สม่ำเสมอถึงร้อยละ 97.60

2. สตรีวัยหมดประจำเดือนมีการรับรู้โอกาสเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุน และการรับรู้อุปสรรคของการปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนระดับค่อนข้างต่ำ ขณะที่การรับรู้ความรุนแรงของการเกิดโรคกระดูกพรุน และการรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนระดับค่อนข้างสูง นอกจากนี้สตรีวัยหมดประจำเดือนร้อยละ 75.07 ไม่มีสิ่งกระตุ้นของการปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนโดยรวมจากตัวกำหนดความเชื่อด้านสุขภาพ 4 องค์ประกอบ การรับรู้ประโยชน์ของการปฏิบัติพฤติกรรม ป้องกันโรคกระดูกพรุน การรับรู้โอกาสเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุน และการรับรู้อุปสรรคของการปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนเป็นปัจจัยทำนายจำแนกกลุ่มของสตรีวัยหมดประจำเดือนที่ปฏิบัติพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนโดยรวม ซึ่งมีค่าอำนาจการทำนายจากมากที่สุดถึงน้อยที่สุดตามลำดับ ส่วนการรับรู้ความรุนแรงของการเกิดโรคกระดูกพรุนไม่เป็นปัจจัยทำนายจำแนกกลุ่มดังกล่าว

จากผลการวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะให้พยาบาลส่งเสริมพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนโดยรวมของสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยมุ่งเน้นเพิ่มการรับรู้โอกาสเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุนให้มากขึ้น

ธีรวิทย์ ชีตะลักษณ์ (2546) ศึกษาผลของการฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนที่มีต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพของนักศึกษาชายในระดับปริญญาตรี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชาย อายุ 18-22 ปี จำนวน 44 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายแบ่งเป็น 2 กลุ่มๆละ 22 คน กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุมการออกกำลังกายตามปกติ กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียน ใช้เวลาในการทดลอง 8 สัปดาห์

ผลการวิจัยพบว่า

1. หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนมีการพัฒนาสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพมากกว่ากลุ่มควบคุมที่มีการออกกำลังกายตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. หลังการทดลอง 4 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนมีการพัฒนาความอดทนของระบบหัวใจและหลอดเลือด ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา และสัดส่วนที่เป็นส่วนประกอบของร่างกายมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

3. หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนมีการพัฒนาความอดทนของระบบหัวใจและหลอดเลือด ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อแขน ขา และ หลัง ความอ่อนตัว และสัดส่วนที่เป็นส่วนประกอบของร่างกายมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ณรงค์ บุณยะรัตเวช (2548) ศึกษาการติดตามผลของยาไรสิโดรเนต (Risedronate) ที่ใช้ในผู้ป่วยสตรีวัยหมดประจำเดือนที่มีค่า CTx สูงกว่าปกติ

ผลการศึกษาพบว่า ไบโอเคมิคัลโบนมาร์กเกอร์ ทุกตัวมีค่าลดลงจากค่าปกติแต่ไม่ต่ำเกินไป ซึ่งเมื่อเลิกใช้ยากระดูกมีการฟื้นตัวได้เร็วมากขึ้น และหลังจากใช้ยาครบหนึ่งปีพบว่าค่า "Undercarboxylated osteocalcin" สูงกว่าก่อนได้รับยาอาจเป็นเพราะกระดูกต้องการวิตามินเคสองมากขึ้นสำหรับการสร้างหลังจากการสลายตัวสงบลง ส่วนค่าของ P1CP ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงภาวะการสร้างกระดูกกลับมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนได้รับยา แสดงถึงกระดูกมีการปรับตัวในการสร้างแม้ว่าการใช้ยาจะนานครบหนึ่งปีมาแล้ว กล่าวโดยสรุปว่า ยาชนิดนี้สามารถห้ามการสลายกระดูกได้แต่มีผลต่อการสร้างกระดูกน้อยมาก

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

โคชร์ท และคณะ (Kohrt et al., 1997) ได้ทำการศึกษาว่าผลของการออกกำลังกายแบบที่มีแรงปฏิกิริยาต่อข้อต่อ หรือ แบบที่มีแรงปฏิกิริยาต่อพื้นแบบไหนส่งผลต่อ ความหนาแน่นของมวลกระดูกในหญิงสูงอายุ การศึกษาที่เป็นการเปรียบเทียบผลของการฝึก 2 แบบ โดยใช้ระยะเวลาฝึก 11 เดือน ที่มีผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในผู้หญิงสูงอายุที่ทำงานแบบนั่งโต๊ะมีผู้เข้าร่วม 39 คน อายุ 60-70 ปี โดยแบ่งเป็นกลุ่ม กลุ่มเอ ทำการออกกำลังกาย ที่มีแรงกระทำต่อพื้น (Ground-reaction force) คือการเดินวิ่งขึ้น บันได กลุ่ม บี 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 มวลกระดูกเพิ่มขึ้น และ ปริมาณไขมันลดลง ถึงแม้ว่าความหนาแน่นของกระดูกบริเวณคอกระดูกสะโพก มีการตอบสนองต่อการฝึกที่มีแรงปฏิกิริยาต่อพื้น การปรับตัวในบางส่วน เช่น ขนาดของกล้ามเนื้อและความแข็งแรง การปรับตัวเหล่านั้นเป็นการฝึกแบบจำเพาะเจาะจงก็คือ การออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยาต่อข้อต่อนั้นๆ เป็นการฝึกที่ช่วยในการป้องกันการหักของกระดูกซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงจากการหกล้ม ดังนั้น ในการออกกำลังกายแบบทั่วไปของการใช้การฝึกทั้ง 2 แบบผสมผสานกัน สำหรับการออกกำลังกาย

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

ผลการศึกษาพบว่าในกลุ่มก็ได้รับการฝึกเมื่อทำการทดสอบความหนาแน่นของมวลกระดูกในบริเวณ คอของกระดูกโคนขา, ปุ่มบริเวณกระดูกขา และกระดูกสะโพกทั้งหมด มีการเปลี่ยนแปลงคือ ลดลงน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก สรุป คือการฝึกแบบดังกล่าวในระยะเวลา 5 ปี สามารถป้องกันการสูญเสียของกระดูกสะโพกในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนได้

คริสติน (Christine, 2000) ทำการศึกษาระยะยาวของการออกกำลังกายด้วยการกระโดดโดยใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ในการป้องกันการสูญเสียมวลกระดูกในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อทำการศึกษาระยะยาวของการออกกำลังกายด้วยการกระโดดโดยใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนัก ในการป้องกันการสูญเสียมวลกระดูกในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน และหาแนวทางในการลดความเสี่ยงในการเกิดกระดูกหักในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีวัยหมดประจำเดือน 18 คน มีอายุระหว่าง 64.1±1.6 ปี วิเคราะห์ความหนาแน่นของมวลกระดูก

ผลการศึกษาพบว่าในกลุ่มออกกำลังกายด้วยใส่เสื้อเพิ่มน้ำหนักกระโดด สามารถรักษาความหนาแน่นของมวลกระดูกได้เป็นอย่างดี เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่สูญเสียมวลกระดูกเป็นอย่างมาก

โรบินและคณะ (Robyn et al., 2001) ทำการศึกษาผลการฝึกการกระโดดในการพัฒนามวลกระดูกบริเวณสะโพก และกระดูกเชิงกรานในเด็ก โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการฝึกการกระโดดในการพัฒนามวลกระดูกบริเวณสะโพก และกระดูกเชิงกรานในเด็ก และ เป็นแนวทางในการป้องกันโรคกระดูกพรุนโดย กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กชาย 51 คน เด็กหญิง 38 คน มีอายุระหว่าง 5.9 -9.8 ปี แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 44 คน และกลุ่มฝึก 45 คนโดย ทำการกระโดดด้วยเท้าเปล่า 100 ครั้ง จากกล่องสูง 61 เซนติเมตร ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นเวลานาน 7 เดือน วิเคราะห์ผลความหนาแน่นของกระดูก

ผลการศึกษาพบว่า ก่อนการทดลองค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกัน แต่หลังจากการฝึกการกระโดดนาน 7 เดือน พบว่าค่า ความหนาแน่นของกระดูกของกลุ่มฝึกการกระโดดมีค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณสะโพกและกระดูกเชิงกราน สูงกว่ากลุ่มควบคุมมาก ซึ่งทำให้การออกกำลังกายด้วยการกระโดดจึงเป็นแนวทางในการออกกำลังกายที่เพิ่มมวลกระดูกในเด็กเป็นอย่างดี

คิน และคณะ (Qin et al., 2002) ศึกษาผลการออกกำลังแบบไท้ชิอย่างสม่ำเสมอที่ช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประโยชน์ที่ได้จากการออกกำลังกายแบบไท้ชิอย่างสม่ำเสมอที่มีต่อการลงน้ำหนักตัวไปสู่กระดูกของสตรีวัยหมดประจำเดือน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีวัยหมดประจำเดือนที่มีอายุ 50-59 ปี จำนวน 34 คน โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มควบคุมไม่ต้องทำการฝึกไท้ชิ 17 คน และกลุ่มทดลองที่เคยมีประสบการณ์ในการฝึกไท้ชิมาแล้วมากกว่า 4 ปี จำนวน 17 คน ทำการวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกโดยใช้เครื่อง DEXA

ผลการศึกษาพบว่า ผลการฝึกไท้ชิอย่างเป็นประจำสม่ำเสมอจะช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกของสตรีวัยหมดประจำเดือนได้ เพราะไท้ชิเป็นการออกกำลังกายแบบลงน้ำหนักตัวไปสู่กระดูก

วิทซ์เคและคณะ (Witzeke et al., 2000)ศึกษาผลการฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริก ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในเด็กวัยรุ่นหญิง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและประเมินผลการฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริก ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกและการทรงตัวในเด็กวัยรุ่นหญิงโดยกลุ่มตัวอย่างมีทั้งหมด 53 คน โดยมีค่าเฉลี่ยของอายุอยู่ที่ 14.6 +/- 0.5 ปี แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 28 คน และกลุ่มฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริก 25 คน ทำการฝึก

การกระโดดแบบพลัยโอเมตริก เป็นเวลา 30-45 นาที เป็นเวลานาน 9 เดือนเพื่อวัดความหนาแน่นของกระดูกแล้วนำมาเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ผลการศึกษาพบว่า ก่อนการทดลองค่า ความหนาแน่นของกระดูกของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกัน แต่หลังจากการฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริกนาน 9 เดือน พบว่าค่าความหนาแน่นของกระดูกบริเวณเกรทเทอร์ โทแซนเทอร์(Greater trochanter) ของกระดูกต้นขาของกลุ่มฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริกมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าสามารถพัฒนาความแข็งแรงของขาอีกด้วย

ชาน และคณะ (Chan et al., 2004) ศึกษาความคาดหวังผลการฝึกไท้ชิที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลที่ได้จากการออกกำลังกายที่มีการลงน้ำหนักตัวแบบไท้ชิของสตรีวัยหมดประจำเดือนจำนวน 132 คน มีอายุเฉลี่ย 54 ปี แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 65 คน และกลุ่มทดลอง 67 คน โดยทำการฝึกครั้งละ 45 นาที 5 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลานาน 12 เดือน

ผลการศึกษาพบว่า ประโยชน์ที่ได้จากการฝึกไท้ชิจะช่วยชะลอการสลายกระดูกของสตรีวัยหมดประจำเดือนได้ และจากการติดตามผลอย่างเป็นระยะยาวของกลุ่มทดลองได้พิสูจน์ให้เห็นว่า การออกกำลังกายแบบไท้ชิจะช่วยป้องกันการเกิดกระดูกหักซ้ำและป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุนได้

นิวสเตด และคณะ(Newstead et al., 2004) ทำการศึกษาการออกกำลังกายด้วยการกระโดด ที่มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูกในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยการกระโดดเป็นเวลา 12 เดือน ที่มีต่อความหนาแน่นของกระดูก และ สาร ชีวเคมี ของกระดูกผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีวัยหมดประจำเดือน 49 คน มีอายุระหว่าง 50-65 ปี แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 26 คนและกลุ่มการออกกำลังกาย 23 คน โดยจะออกกำลังกายด้วยการกระโดด จากพื้น กระโดดจากแอโรบิคสเตปสูง 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว เป็นเวลา 12 เดือน วิเคราะห์ความหนาแน่นของกระดูก และสารชีวเคมีของกระดูก

ผลการศึกษาค่าความหนาแน่นของกระดูกในกลุ่มออกกำลังกายด้วยการกระโดดมีค่า เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมในสตรีวัยหมดประจำเดือน

สตรอง และคณะ (Strong et al., 2005) ทำการศึกษาผลการฝึกโปรแกรมการกระโดดที่แตกต่างกัน ที่มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูกสะโพกและกระดูกเชิงกรานในผู้หญิงวัยก่อนหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกการกระโดด ที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ และกลุ่มควบคุม ที่มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูกสะโพกและกระดูกเชิงกรานในผู้หญิงวัยก่อนหมดประจำเดือน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน มีอายุระหว่าง 25-50ปี แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม คือ กลุ่มฝึกการกระโดดรูปแบบที่ 1 คือ กระโดด เต็มความสามารถ 10 ครั้ง แต่ละครั้งพัก 30 วินาที และกลุ่มฝึกการกระโดดรูปแบบที่ 2 คือ กระโดดเต็มความสามารถ 20 ครั้ง แต่ละครั้งพัก 30 วินาที ฝึกเป็นเวลา16 สัปดาห์ แล้ววิเคราะห์ความหนาแน่นของกระดูก

ผลการศึกษาพบว่า ก่อนการทดลองค่า ความหนาแน่นของกระดูกของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกัน หลังจากการฝึกการกระโดด 16 สัปดาห์ พบว่าค่าความหนาแน่นของกระดูกในกลุ่มการกระโดดรูปแบบที่ 1 และกลุ่มการกระโดดรูปแบบที่ 2 เพิ่มสูงขึ้นทั้งคู่เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

เวย์น และคณะ (Wayne et al., 2007) ศึกษาผลการฝึกไท้ชิที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของข้อมูลการฝึกไท้ชิที่ช่วยลดอัตราการสลายกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน วิธีการศึกษาได้มีการรวบรวมข้อมูลการฝึกไท้ชิจากแหล่งต่างๆ ทั้งที่ทดลองในระยะสั้นและระยะยาวมาทำการวิเคราะห์ดูรูปแบบความน่าเชื่อถือ คุณภาพของงานวิจัย และผลสรุปที่ได้จากการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า ผลการฝึกไท้ชิต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนความถี่ ความนานของการฝึก และความมีคุณภาพในการทำวิจัย นอกจากนี้ยังชี้ให้เห็นว่าผลการฝึกไท้ชิสามารถช่วยป้องกันการหกล้ม เพิ่มความแข็งแรงให้กล้ามเนื้อโครงร่าง และยังสามารถช่วยชะลอการสลายของมวลกระดูกได้ อย่างไรก็ตาม ในอนาคตไท้ชิสามารถเป็นทางเลือกของการออกกำลังกายที่ดีที่จะช่วยลดปัจจัยเสี่ยงของการสลายมวลกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือนได้

สเตนเจลและคณะ (Stengel et al., 2007)ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกพัฒนาความแข็งแรง (Strength training) กับ การฝึกพัฒนาพลัง (Power training)ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในหญิงวัยหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกพัฒนาความแข็งแรง (Strength training) กับการฝึกพัฒนาพลัง(Power training)ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในหญิงวัยหมดประจำเดือนโดยกลุ่มตัวอย่างเป็นหญิงวัยหมดประจำเดือนทั้งหมด 53คน โดยมีค่าเฉลี่ยของอายุอยู่ที่ 58.2+/- 3.7 ปี แบ่งเป็นกลุ่มฝึกพัฒนาความแข็งแรงและกลุ่มฝึกพัฒนาพลังโดยลักษณะการฝึก(Strength training, 4 s (Concentric)/4 s (Eccentric); (Power training, Explosive/4 s)., ทำการฝึก 10–12 การออกกำลังกาย 2 ครั้งต่อ สัปดาห์ เป็นเวลานาน 2 ปี

ผลการศึกษาพบว่า ก่อนการทดลองค่า ความหนาแน่นของกระดูกของกลุ่ม Strength training และกลุ่ม Power training ไม่มีความแตกต่างกัน แต่หลังจากการฝึก พบว่ากลุ่มการฝึกพัฒนาพลัง (Power training) นั้นสามารถ ชะลอ การเสื่อมของกระดูก ในหญิงวัยหมดประจำเดือน ได้ดีกว่ากลุ่ม ฝึกพัฒนาความแข็งแรง (Strength training) เนื่องจากกลุ่มการฝึกพัฒนาพลัง (Power training) มีความเร็วในการยกมากระตุ้นเซลล์สร้างกระดูก

อิริคสันและคณะ(Erickson et al., 2007)ทำการศึกษาผลของการฝึกโปรแกรมการกระโดด เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ที่มีต่อสารชีวเคมีของกระดูก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกการกระโดด 1 ครั้งต่อวันกับการกระโดด 2 ครั้งต่อวัน โดยจะศึกษาผลจากปริมาณการกระโดดและเวลาในการฟื้นตัวที่มีต่อสารชีวเคมีของกระดูก โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นชายสุขภาพดีทั้งหมด 15 คน แบ่งเป็นกลุ่มฝึก 1 ครั้งต่อวัน และกลุ่มฝึก 2 ครั้งต่อวันโดยจะตรวจดูสารชีวเคมีในการสร้างและสลายของกระดูก

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มฝึก 2 ครั้งต่อวันให้ผลในการสร้างเซลล์สร้างกระดูกที่ดีกว่ากลุ่มฝึก 1 ครั้งต่อวันเป็นผลมาจากเวลาในการฟื้นตัว และปริมาณการฝึก

มานพ ถนอมวงศ์และ พงศ์ศักดิ์ (Manop,Thanomwong andPongsak, 2009)ได้ศึกษาเรื่องผลของการฝึกโยคะแบบลงน้ำหนักที่มีต่อการสลายมวลกระดูกของสตรีวัยหมดประจำเดือน ทำการศึกษาในหญิงวัยหมดประจำเดือนอายุระหว่าง 50-60 ปี แบ่งกลุ่มออกเป็น

กลุ่มที่ได้รับการฝึกโยคะแบบลงน้ำหนัก 19 คน และกลุ่มควบคุม คือกลุ่มที่ใช้ชีวิตประจำวันปกติ 14 คน ทำการเก็บข้อมูล คือการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) การสร้างมวลกระดูก (P1NP) และแบบสอบถามมาตรฐานชีวิต (SF-36) โดยทำการทดอง 12 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆ ละ 50 นาที

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นวิธีการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) เพื่อศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีต่อความหนาแน่นของกระดูก สุขสมรรถนะและการทรงตัว ในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนซึ่งระเบียบวิธีการวิจัยเชิงทดลองที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบสองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและกลุ่มควบคุม ได้มีการเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก (Simple random sampling)และมีการทดสอบก่อน และหลังการทดลองของทั้งสองกลุ่ม ตลอดจนมีการทดสอบก่อนและหลังการทดลองระหว่างกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและกลุ่มควบคุม

ประชากร

สตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน ที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี

กลุ่มตัวอย่าง

สตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนซึ่งเป็นอาสาสมัครที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปีและเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 57 คน มีสุขภาพที่แข็งแรงและมีความพร้อมที่จะออกกำลังกาย ได้ถูกประเมินจากแบบสอบถามประวัติสุขภาพและคุณสมบัติทั่วไปก่อนเข้าร่วมการฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน การแบ่งกลุ่มตัวอย่างมีที่มา คือ ผู้วิจัยได้ใช้ตารางการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของ โคเฮน โดยกำหนดค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size) ที่ .40 และค่าอำนาจของการทดสอบ (Power of the test) ที่ .80 (ขนาดกลุ่มตัวอย่างของจากตารางการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของโคเฮน = 52 คน) ในการวิจัยนี้มีผู้ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าทั้งหมดจำนวน 70 คน ได้มาเข้ารับการเจาะเลือดเพียง 57 คน จึงเหลือกลุ่มอาสาสมัครทั้งหมด 57 คน ซึ่งจำนวนอาสาสมัคร 57 คน นั้นมีมากกว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากตารางการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของโคเฮน คือ 52 คน เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการสูญเสียผู้เข้าร่วมวิจัยและได้มีการเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) แบ่งออกเป็นกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน 28 คน และกลุ่มควบคุม 29 คน

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นอาสาสมัครสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี

2. กลุ่มตัวอย่างจะต้องมีสุขภาพที่แข็งแรงและมีความพร้อมที่จะออกกำลังกาย โดยการประเมินจากแบบสอบถามประวัติสุขภาพและคุณสมบัติทั่วไปก่อนเข้าร่วมการทดลอง

3. กลุ่มตัวอย่างมีค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้าไม่ต่ำกว่า -2.5 ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่องค์การอนามัยโลกกำหนดโดยเครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องวัดความหนาแน่นมวลกระดูกที่บริเวณส้นเท้า

4. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่เป็นผู้ที่สูบบุหรี่ ดื่มสุรา และรับประทานยาหรือฮอร์โมนที่มีผลต่อกระดูกมาก่อนการเข้าร่วมการศึกษาอย่างน้อย 1 ปี

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

6. กลุ่มตัวอย่างไม่มีประวัติของการป่วยเป็นโรคตับและโรคไต โรคข้อเข่าเสื่อม และโรคหัวใจ

7. กลุ่มตัวอย่างมีการออกกำลังกายอย่างไม่สม่ำเสมอ (ไม่เกิน 2 ครั้งต่อสัปดาห์)

8. น้ำหนักตัวอยู่ในเกณฑ์ไม่อ้วน (ค่าดัชนีมวลกายไม่เกิน30)

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างไม่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดของการวิจัย

2. กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

3. กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจเข้าร่วมการทดลองต่อไป

4. กลุ่มตัวอย่างมีการออกกำลังกายมากกว่า 2 ครั้งต่อสัปดาห์

5. กลุ่มตัวอย่างไม่ผ่านการประเมินสุขภาพ

ผู้วิจัยทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก (Simple random sampling) ไว้เปรียบเทียบ (True-experimental designs) โดยกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมี 28 คน กลุ่มควบคุมมี 29 คน ดังนี้

สุ่มกลุ่มตัวอย่าง	ก่อนการทดลอง	ช่วงเวลา 12 สัปดาห์	หลังการทดลอง
กลุ่มฝึกออกกำลังกาย	O1	X	O3
กลุ่มควบคุม	O2	-	O4

หมายเหตุ

กลุ่มฝึกออกกำลังกายมี 28 คน กลุ่มควบคุมมี 29 คนมีการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลาก (Simple random sampling)

O1, O2 หมายถึง การทดสอบก่อนการทดลอง

O3, O4 หมายถึง การทดสอบหลังการทดลอง

X หมายถึง การฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน 12 สัปดาห์ โดยที่ กลุ่มฝึกออกกำลังกาย ทำการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน

กลุ่มควบคุม ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติและให้ความร่วมมือปฏิบัติตามข้อตกลงเบื้องต้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1.1 แบบคัดกรองอาสาสมัคร (เป็นแบบคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัยถ้าตอบ ไม่ใช่ข้อใดข้อหนึ่งหมายถึง อาสาสมัครไม่สามารถเข้าร่วมโครงการวิจัยได้)

1.2 แบบสอบถามประวัติสุขภาพ(เพื่อตรวจสอบและเก็บข้อมูลพื้นฐานด้านสุขภาพของอาสาสมัคร)

1.3 เครื่องตรวจความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้า ยี่ห้อ “SAHARA^{R}” ของบริษัทโฮโลจิค ประเทศสหรัฐอเมริกา

1.4 แบบยินยอมของประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (Informed Consent Form)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.1 แบบฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (Circuit of box jumping) โดยผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 ท่าน

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

2.3 จังหวะดนตรี(ใช้เสียงเพลงประกอบจังหวะการกระโดดเพื่อความสนุกสนาน สร้างแรงจูงใจในการออกกำลังกายและไม่น่าเบื่อ)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.1 เครื่องมือในการทดสอบพื้นฐานทางสรีรวิทยา

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

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

3.2.2 เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย(Body composition analyzer) ยี่ห้อ อินบอดี้ (Inbody) รุ่น 220

3.2.3 เครื่องวัดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส (Gas Analyzer) ยี่ห้อคอร์เทกซ์ รุ่นเมตาแม็ก ทีบี (Corterx, Metamax TB)

3.2.4 เครื่องวัดความอ่อนตัว (Sit and reach box)

3.2.5 เครื่องเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา(Weight machine)

3.2.6 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพลาร์ รุ่น “M53” ประเทศฟินแลนด์

3.3 เครื่องมือในการทดสอบการสร้างและการสลายของกระดูก

3.3.1 เครื่องตรวจวิเคราะห์ฮอร์โมนแบบอัตโนมัติ (Elecsys 2010) ยี่ห้อ ฮิตาชิ ประเทศญี่ปุ่น

3.3.2 น้ำยาตรวจชีวเคมีของบริษัทโรช ไดแอกโนติกส์ (ประเทศไทย) จำกัด

3.4 เครื่องมือในการทดสอบความสามารถในการทรงตัว

3.4.1 กระดานทดสอบการทรงตัว (Balance board)

4.เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 แบบบันทึกการประเมินสุขสมรรถนะ ได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ

4.3 แบบบันทึกการประเมินสารชีวเคมีของกระดูก ได้แก่ เครื่องมือวินิจฉัยโดยการตรวจวัดค่าเบต้าครอสแล็บ (β-CrossLaps) และพีวันเอ็นพี (P1NP) ทางห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

4.4 แบบบันทึกประเมินการทรงตัว โดยประเมินความสามารถในการทรงตัว

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมดังต่อไปนี้

1. การคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์อาสาสมัครโดยสอบถามตามแบบคัดกรองอาสาสมัคร และทำการทดสอบความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้า ต้องไม่ต่ำกว่า -2.5 SD ตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก

1.2 อาสาสมัครทำการตอบแบบสอบถามประวัติสุขภาพ

2. เก็บข้อมูลก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง

2.1 ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา

2.1.1 อายุ (ปี)

2.1.2 ส่วนสูง (เซนติเมตร)

2.1.3 น้ำหนัก (กิโลกรัม)

2.1.4 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)

2.1.5 ความดันโลหิตขณะพัก (มิลลิเมตรปรอท)

2.2 ข้อมูลด้านสุขสมรรถนะ

2.2.1 องค์ประกอบของร่างกาย

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.2 ความอ่อนตัว (เซนติเมตร)

2.2.3 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Leg press weight machine)

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

2.3 ข้อมูลการสร้างและการสลายของกระดูก

การสร้างของกระดูกทำการทดสอบพีวันเอ็นพี (PINP) และการสลายของกระดูกทำการทดสอบเบต้าครอสแล็ป (β-CrossLaps)ทำการเจาะเลือดโดยผู้ปฏิบัติการ(พยาบาล)ทางห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของสตรีวัยเจริญพันธุ์

2.4 ความสามารถในการทรงตัว (วินาที)

3. เก็บข้อมูลระหว่างการทดลอง

3.1 บันทึกพฤติกรรมประจำวันโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำการบันทึกทุกๆ สัปดาห์ ตลอดระยะเวลา 3 เดือน

3.2 ตรวจสอบวัดอัตราการเต้นของหัวใจในขณะออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 การคัดเลือกท่าการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดโปรแกรมการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน(Circuit of box jumping) ให้เป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน

ผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 ดังนี้

1. ทบทวนเอกสารและข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสตรีก่อนวัยหมดประจำเดือน โรคกระดูกพรุน การออกกำลังกายด้วยการกระโดดและการฝึกแบบหมุนเวียน (Circuit training)

2. คัดเลือกท่าออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่อง เพื่อใช้เป็นรูปแบบโปรแกรมในการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (Circuit of box jumping) ของการวิจัย

3. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา และวิเคราะห์หาความเที่ยง

3.1 สร้างแบบประเมินความเหมาะสมตามองค์ประกอบการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (Circuit of box jumping) ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 6 ท่าน ได้แก่ ศ.นพ.วิญญู มิตรานันท์ ผศ.นพ.อนุพงศ์ นิติเรืองจรัส รศ.ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ ผศ.ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ รศ.เจริญ กระบวนรัตน์ และดร.สุวัตร สิทธิหล่อ ตรวจพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ของแบบประเมิน โดยการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินใช้เกณฑ์ในการตัดสิน คือค่าดัชนี (Item Objective Congruence, IOC) โดยแบบประเมินทุกข้อมีค่าดัชนี IOC มีค่าระหว่าง 0.5 – 1.0 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสม (ตารางที่ 1)

3.2 นำรูปแบบการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (Circuit of box jumping) ไปใช้กับสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แต่มีความคล้ายกลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 ท่าน ฝึกออกกำลังกายเป็นเวลา 2 สัปดาห์ นำเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจใช้วัดอาสาสมัครขณะออกกำลังกาย โดยทำการวัด 6 ครั้ง เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ และเพื่อหาค่าความเที่ยง (Reliability) และประเมินแบบสอบถามจากกลุ่มผู้ทดลอง

4. จัดเป็นรูปแบบโปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน(Circuit of box jumping) (ภาคผนวก ช) เพื่อใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 การดำเนินการเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาสาสมัครสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน

ผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนที่ 2 ดังนี้

1. รับสมัครอาสาสมัครและทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด หลังจากโครงการวิจัยได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคนของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ผู้ทำวิจัยติดต่อและคัดเลือกสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนโดยการสมัครใจเข้าร่วม

3. ผู้ทำวิจัยได้ทำการอบรมที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาเกี่ยวกับประโยชน์ที่จะได้รับจากการออกกำลังกาย และการเตรียมตัวก่อนการออกกำลังกายซึ่งเกี่ยวเนื่องกับงานวิจัย

4. กลุ่มตัวอย่างได้รับทราบรายละเอียดของวิธีปฏิบัติในการทดสอบและการเก็บข้อมูล พร้อมทั้งลงชื่อในใบยินยอมเพื่อเข้าร่วมทำการทดลอง

5. การแบ่งกลุ่มอาสาสมัครเข้ากลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน 28 คน และกลุ่มควบคุม 29 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 57 คน ด้วยวิธีสุ่มกลุ่มตัวอย่างอย่างง่าย(Simple random sampling)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. รับสมัครผู้ช่วยวิจัย ซึ่งผู้ช่วยวิจัยต้องมีคุณสมบัติเป็นนิสิตของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจำนวน 20 คนแล้วทำการเปิดอบรมเทคนิคการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนแก่ผู้ช่วยวิจัยโดยผู้วิจัยเป็นผู้ฝึกฝนเทคนิคการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนแก่ผู้ช่วยวิจัยด้วยตัวเอง เพื่อให้ผู้ช่วยวิจัยมีความชำนาญในด้านเทคนิคการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและลดข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดต่างๆที่อาจเกิดได้ในขณะฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน

7. กลุ่มฝึกทำการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนเป็นเวลา 12 สัปดาห์ๆ ละ 3วันๆ ละ 2 รอบวงจรการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน(Circuit of box jumping) ความหนักของการออกกำลังกายคือ60%- 80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ใช้เวลาประมาณ 45 นาที ภายในอุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยเป็น 5 กลุ่ม โดยแบ่งเป็นกลุ่มละ 6 คน 3 กลุ่ม และ กลุ่มละ 5 คน 2 กลุ่ม ซึ่งในแต่ละกลุ่มมีผู้ช่วยวิจัยดูแลและควบคุมการฝึกกลุ่มละ 4 คน แล้วทำการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนไปพร้อมๆกันทั้ง 5 กลุ่ม โดยทำการฝึกตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552- กุมภาพันธ์ 2553 ณ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยช่วงเวลาในการฝึกคือ17.00-17.45น. และกลุ่มควบคุมใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ

8. กลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและกลุ่มควบคุมบันทึกพฤติกรรมประจำวันทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลานาน 3 เดือน

9. ก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (Circuit of box jumping) กลุ่มตัวอย่างต้องได้รับการทดสอบเพื่อหาค่าทางสรีรวิทยาทั่วไป การทดสอบสุขสมรรถนะ การทดสอบด้านสารชีวเคมีของกระดูก และความสามารถในการทรงตัว โดยทำการทดสอบร่างกายแต่ละครั้งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนแรกคือการทดสอบสารชีวเคมีของกระดูกโดยทำการทดสอบพร้อมกันทั้ง 57 คน เวลา 8.00 น.ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง วันต่อมาคือการทดสอบเพื่อหาค่าทางสรีรวิทยาทั่วไป การทดสอบสุขสมรรถนะ และความสามารถในการทรงตัว เวลา 9.00 น.ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมงต่อคน วันละประมาณ สิบคน ซึ่งใช้เวลาเก็บข้อมูลในส่วนที่สองประมาณ 6 วัน

8.1 การหาค่าทางสรีรวิทยาทั่วไป ได้แก่

8.1.1 น้ำหนักและส่วนสูง ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองถอดรองเท้าก่อนทำการวัดน้ำหนักและส่วนสูง น้ำหนักมีหน่วยเป็นกิโลกรัม ส่วนสูงมีหน่วยเป็นเซนติเมตร(ภาคผนวก ซ)

8.1.2 อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงจับชีพจรเป็นเวลา 1 นาที มีหน่วยเป็นจำนวนครั้งต่อนาที (ภาคผนวก ซ)

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

8.2 การทดสอบสุขสมรรถนะ

8.2.1 องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) วัดอัตราส่วนเอวต่อสะโพก มวลกล้ามเนื้อ มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันโดยให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทำการวัดด้วยการยืนบนเครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Bioelectrical impedance analyzer) ยี่ห้อ อินบอดี้ (Inbody) รุ่น 220 มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (ภาคผนวก ซ)

8.2.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength) ได้แก่วัดความแข็งแรงของของกล้ามเนื้อขาโดยใช้ท่าเหยียดขา (Leg extension) และท่างอขา (Legcurl) วัดจากเครื่องเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Weight Machine) มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว โดยวิธีการหาความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (1 RM) (ภาคผนวก ซ)

8.2.3 ความอ่อนตัว (Flexibility) วัดจากการทำท่านั่งเหยียดขาแล้วโน้มตัวแตะปลายเท้า ระยะที่ห่างจากปลายเท้าถึงปลายนิ้วมือ มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

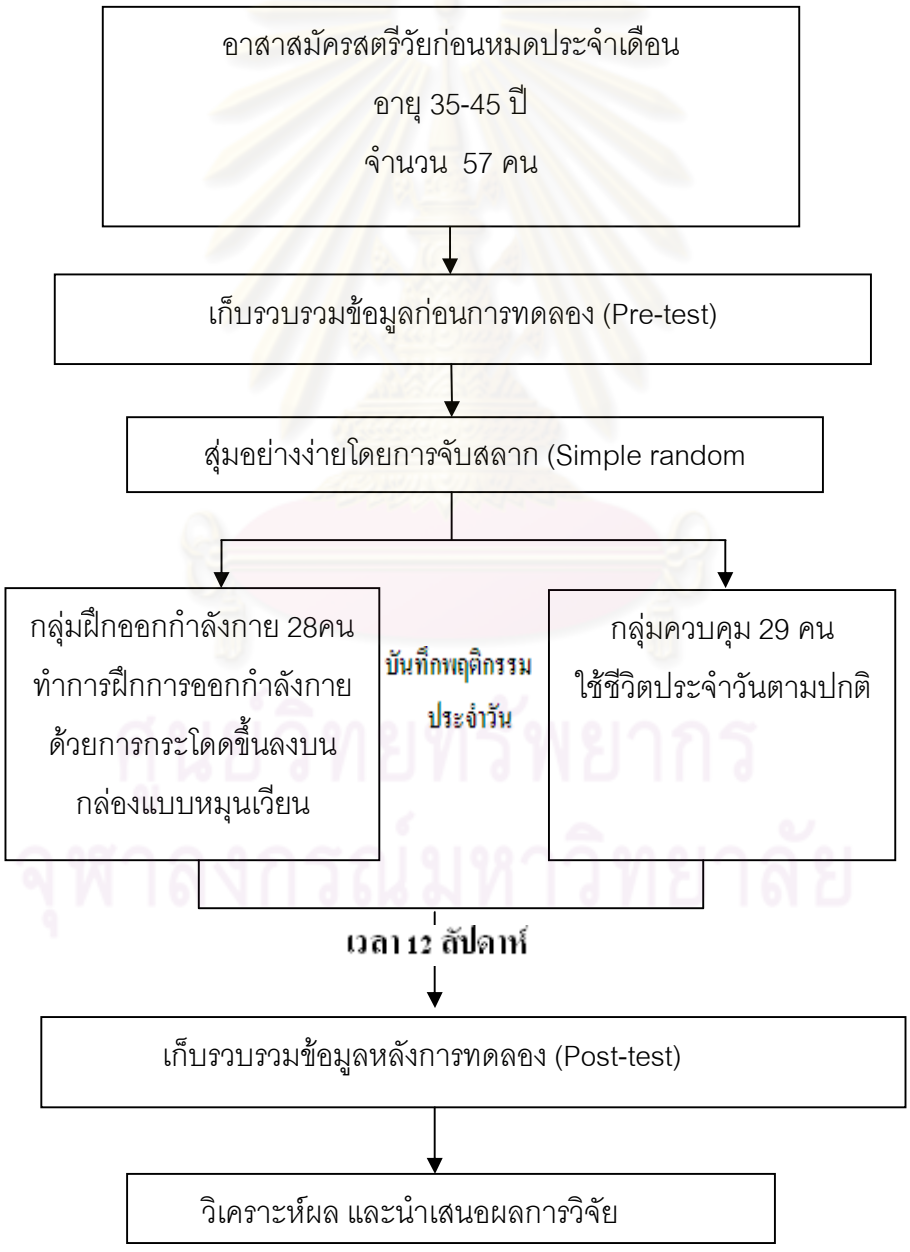
8.2.4 ความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ วัดจากสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด(Maximum oxygen uptake) โดยก่อนการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเดินอบอุ่นร่างกายบนลู่วิ่งเป็นเวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นทำการทดสอบโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเดิน-วิ่ง บนลู่กลนานเท่าที่จะทำได้โดยใช้โปรแกรมโมดิฟายด์บรูซ โปรโตคอล (Modified Bruce Protocol) จนผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สามารถทำต่อไปได้อีก และค่าRER ไม่ต่ำกว่า1.1 การทดสอบมีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที (ภาคผนวก ซ)

8.3 ความสามารถในการทรงตัว ทดสอบได้จากกระดานทดสอบการทรงตัว (Balance board) มีหน่วยเป็นวินาที (ภาคผนวก ซ)

8.4 การทดสอบด้านสารชีวเคมีของกระดูก ซึ่งทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ โดยผู้ปฏิบัติการ(พยาบาล)ดำเนินการเจาะเลือดทดสอบสารชีวเคมีของกระดูกหาค่าเบต้าครอสแล็บ (β-CrossLaps) และพีวันเอ็นพี (P1NP) ของกลุ่มตัวอย่างและมีการทำลายหลังสิ้นสุดการวิจัย พร้อมกับหาค่าการสร้างมวลกระดูกเปรียบเทียบ(Bone formation)

เพื่อตรวจสอบการสร้างของมวลกระดูก คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ต่อค่าการสลายมวลกระดูก(β-CrossLaps) คูณค่าคงที่ 0.31(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) โดยค่าคงที่ 0.31 คือค่าเฉลี่ยมาตรฐานของค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ของโบนมาร์คเกอร์ของหญิงวัยเจริญพันธ์ซึ่งมีค่า 0.31นาโนกรัม/มิลลิลิตร (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2552) (ภาคผนวก ซ)

แผนภูมิที่ 2 สรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและกลุ่มควบคุมมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาค่าต่างๆ ดังนี้

1. หาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูลเบื้องต้น ในกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและกลุ่มควบคุม

2. หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าเบต้าครอสแล็บและพีวันเอ็นพีในกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและกลุ่มควบคุม ทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ด้วยการทดสอบ “ค่าที” (Paired t-test)

3. หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การสร้างมวลกระดูก ผลการทดสอบสรีรวิทยาทั่วไป องค์ประกอบของร่างกาย ความอ่อนตัว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด และ การทรงตัว ในกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและกลุ่มควบคุม ทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ด้วยการทดสอบ “ค่าที” (Paired t-test)

4. ทดสอบความแตกต่างค่าเบต้าครอสแล็บ พีวันเอ็นพี การสร้างมวลกระดูก ผลการทดสอบสรีรวิทยาทั่วไป องค์ประกอบของร่างกาย ความอ่อนตัว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด และการทรงตัว ระหว่างกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนกับกลุ่มควบคุม ทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ด้วยการทดสอบ “ค่าที” (Independent t-test)

5. ทดสอบระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์เมื่อวันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ.2552

2. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มประชากรจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม

3. หากกลุ่มผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ได้รับบาดเจ็บเนื่องจากการศึกษาทดลอง ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ต้องแจ้งให้ผู้วิจัยทราบโดยทันที ซึ่งจะได้รับความช่วยเหลือเบื้องต้น เช่น ให้

หยุดพักเพื่อสังเกตอาการหรือปฐมพยาบาลเบื้องต้น และจะนำส่งโรงพยาบาลโดยผู้วิจัยจะเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับการดูแลรักษาอย่างเหมาะสม

4. การเข้าร่วมเป็นกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะโดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

5. หากผู้เข้าร่วมวิจัยมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อสารชีวเคมีของกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัว กลุ่มตัวอย่างคือ อาสาสมัครซึ่งเป็นสตรีที่มีอายุระหว่าง 35–45 ปี และเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 57 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มฝึกออกกำลังกายจำนวน 28 คน กลุ่มควบคุมจำนวน 29 คน ด้วยการสุ่มอย่างง่าย กลุ่มฝึกออกกำลังกายทำการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน(Circuit of box jumping) โดยใช้จังหวะดนตรีเป็นตัวกำหนดความเร็วในการกระโดด พร้อมกับคาดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor)โดยกล่องมีความสูง 10 เซนติเมตร 15 เซนติเมตร และ 20 เซนติเมตร สถานีหนึ่งกระโดด 10 ครั้ง มีทั้งหมด 6 สถานี กระโดดทั้งหมด 2 รอบวงจร โดยกลุ่มควบคุมใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ แล้วดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง คือ วัดค่าพื้นฐานทางสรีรวิทยา สารชีวเคมีของกระดูก การทดสอบสุขสมรรถนะทางกาย ความสามารถในการทรงตัว โดยมีระยะเวลาการทดลองเป็นเวลานาน 12 สัปดาห์ๆ ละ 3 วัน นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างกลุ่มการทดลองโดยการทดสอบค่าที ใช้ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อนำเสนอข้อมูลในรูปตารางประกอบความเรียง และแผนภูมิ โดยแบ่งการนำเสนอเป็น 6 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความตรงเชิงเนื้อหาของรูปแบบ การฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางสรีรวิทยาทั่วไปและความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้าก่อนการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายและกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางสรีรวิทยาทั่วไปก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายและกลุ่มควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการทรงตัว ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายและกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสุขสมรรถนะก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายและกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง การสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) และค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายและกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 1 ความตรงเชิงเนื้อหาของรูปแบบการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาจากการให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแบบสอบถามความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เห็นด้วย (-1)	
1.โปรแกรมการฝึกสามารถนำความรู้ด้านสรีรวิทยาและการออกกำลังกายมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในการฝึกที่มีผลต่อการชะลอการสลายมวลกระดูก, การเพิ่มสุขสมรรถนะและการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนได้	6	0	0	1
2.โปรแกรมการฝึก มีความชัดเจน เข้าใจง่าย สามารถปฏิบัติได้	6	0	0	1
3.การฝึกมีความหลากหลาย และน่าสนใจ	6	0	0	1
4.ความหนักของโปรแกรมการฝึกมีความเหมาะสม	3	3	0	0.5

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เห็นด้วย (-1)	
5.ความถี่ของโปรแกรมการฝึกต่อสัปดาห์มีความเหมาะสม	6	0	0	1
6.ระยะเวลาในการฝึกมีความเหมาะสม	6	0	0	1
7.โปรแกรมการฝึกมีระยะเวลาพักระหว่างการฝึกที่เหมาะสมสำหรับการออกกำลังกายแบบหมุนเวียน	6	0	0	1
8.โปรแกรมการฝึกมีการอบอุ่นร่างกายที่เหมาะสม	5	1	0	0.83
9.โปรแกรมการฝึกมีการคูลดาวน์ที่เหมาะสม	5	1	0	0.83
10.โปรแกรมการฝึกสามารถชะลอการสลายมวลกระดูก, การเพิ่มสุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนได้	5	1	0	0.83
11.ความสูงของกล่องที่ใช้กระโดด ในโปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน มีความสูง 6 นิ้ว (อ้างอิง จากงานวิจัยของ นิวสเตด ที่ศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยการกระโดดที่มีผลต่อ ความหนาแน่นของกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือน) ความสูงของกล่องมีความเหมาะสมสำหรับสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนที่มีอายุระหว่าง 35-45 ปี)	5	1	0	0.83
12.ลักษณะของกล่องที่ใช้ในการฝึก ควรมีความมั่นคงหรือวางชิดผนังเพื่อความปลอดภัยของผู้ออกกำลังกายนั้นมีความเหมาะสม	5	1	0	0.83
13.การกระโดดขึ้นลงบนกล่องควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้า ไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยของผู้ออกกำลังกายนั้นมีความเหมาะสม	6	0	0	1

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เห็นด้วย (-1)	
14.การกระโดดขึ้นลงบนกล่องควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่านั้นมีความเหมาะสม	6	0	0	1
15.รูปแบบการกระโดดขึ้นลงบนกล่องในสถานีการฝึกที่ 1 จัมพ์ทูบ็อกซ์ (Jump to Box) มีความชัดเจนเข้าใจง่าย สามารถปฏิบัติได้ และมีความเหมาะสม (ถ้าไม่เห็นด้วย โปรดเสนอแนะรูปแบบที่เหมาะสม)	6	0	0	1
16.รูปแบบการกระโดดขึ้นลงบนกล่องในสถานีการฝึกที่ 2 จัมพ์ทูบ็อกซ์แอนด์แบคดาวน์(Jump to Box and jump back down) มีความชัดเจน เข้าใจง่าย สามารถปฏิบัติได้ และมีความเหมาะสม (ถ้าไม่เห็นด้วย โปรดเสนอแนะรูปแบบที่เหมาะสม)	6	0	0	1
17.รูปแบบการกระโดดขึ้นลงบนกล่องในสถานีการฝึกที่ 3 อัลเทอร์เนท สแท็ดเดิล (Alternate straddle) มีความชัดเจน เข้าใจง่าย สามารถปฏิบัติได้ และมีความเหมาะสม (ถ้าไม่เห็นด้วยโปรดเสนอรูปแบบที่เหมาะสม)	6	0	0	1
18.รูปแบบการกระโดดขึ้นลงบนกล่องในสถานีการฝึกที่ 4 เล็ฟท์ แลทเทอร์รอล จัมพ์ ทู บอกซ์ (Left lateral jump to box)มีความชัดเจน เข้าใจง่าย สามารถปฏิบัติได้ และมีความเหมาะสม(ถ้าไม่เห็นด้วย โปรดเสนอแนะรูปแบบที่เหมาะสม)	6	0	0	1

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น			ค่า IOC
	เห็นด้วย (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เห็นด้วย (-1)	
19.รูปแบบการกระโดดขึ้นลงบนกล่องในสถานีการฝึกที่ 5 ไรท์ แลทเทอร์รอล จัมพ์ ทู บอกซ์ (Right lateral jump to box) มีความชัดเจน เข้าใจง่าย สามารถปฏิบัติได้ และมีความเหมาะสม(ถ้าไม่เห็นด้วย โปรดเสนอแนะรูปแบบที่เหมาะสม)	6	0	0	1
20.รูปแบบการกระโดดขึ้นลงบนกล่องในสถานีการฝึกที่ 6 ทูว์ ฟุต ไซด์ ฮ็อบ (two foot side hop) มีความชัดเจน เข้าใจง่าย สามารถปฏิบัติได้ และมีความเหมาะสม(ถ้าไม่เห็นด้วย โปรดเสนอแนะรูปแบบที่เหมาะสม)	6	0	0	1
21. การตรวจการสลายของกระดูกโดยตรวจ β-crossLaps	6	0	0	1
22. การตรวจการสร้างของกระดูกโดยตรวจ PINP	6	0	0	1
23. การทดสอบสุขสมรรถนะ	6	0	0	1
24. การทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนมีความเหมาะสม	6	0	0	1
25.การทดสอบการทรงตัวโดยใช้กระดานทดสอบความสามารถในการทรงตัว	5	0	1	0.66

จากตารางที่ 1 แสดงผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าดัชนี IOC ของแบบความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนพบว่าไม่มีข้อรายการใดที่มีค่าดัชนี IOC มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 – 1.0 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีความเหมาะสม

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางสรีรวิทยาทั่วไปและความหนาแน่นของมวลกระดูกส้นเท้าก่อนการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายและกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มช่วงก่อนการทดลอง

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=29)	กลุ่มการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (T; n=28)
อายุ (ปี)	39.97 ± 3.30	39.64± 2.95
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	55.44 ± 8.73	55.85 ± 9.20
ค่าดัชนีมวลกาย(กิโลกรัม/ตารางเมตร)	22.97± 3.47	22.92 ± 3.19
อัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก (ครั้ง/นาที)	79.10 ± 7.79	80.93± 8.16
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด (มิลลิเมตรปรอท)	122.89± 11.54	122.36 ± 6.24
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวสูงสุด (มิลลิเมตรปรอท)	79.14 ± 9.51	77.57 ± 5.32

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าทางสรีรวิทยาของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มช่วงก่อนการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรของมวลกระดูกบริเวณส้นเท้าของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มช่วงก่อนการทดลอง

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=29)	กลุ่มการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (T; n=28)
ความหนาแน่นมวลกระดูกที่ส้นเท้าข้างขวา (SD)	0.227± 0.973	0.219± 0.926
ความหนาแน่นมวลกระดูกที่ส้นเท้าข้างซ้าย (SD)	0.205± 0.977	0.197 ± 0.883

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าค่าความหนาแน่นมวลกระดูกที่ส้นเท้าของกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน ในช่วงก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นมวลกระดูกที่ส้นเท้าขวา 0.227 SD และ 0.219 SD ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นมวลกระดูกที่ส้นเท้าซ้าย 0.205 SD และ 0.197 SD ตามลำดับ ซึ่งปรากฏว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองนั้นมีค่าเฉลี่ยของค่าความหนาแน่นมวลกระดูกที่ส้นเท้าช่วงก่อนการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผ่านเกณฑ์คัดเข้า

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางสรีรวิทยาของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทางสรีรวิทยาของกลุ่มควบคุมและกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=29)		กลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (T; n=28)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
อายุ (ปี)	39.97 ± 3.30	-	39.64 ± 2.95	-
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	55.44 ± 8.73	56.03 ± 8.80*	55.85 ± 9.20	55.26 ± 9.09*
ค่าดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	22.97 ± 3.47	23.05 ± 3.51*	22.92 ± 3.19	22.07 ± 3.11
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	79.10 ± 7.79	79.93 ± 7.29*	80.93 ± 8.16	77.89± 7.75*†
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)	122.89 ± 11.54	123.3 ± 10.68	122.36 ± 6.24	120.32± 5.69*
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตร ปรอท)	79.14 ± 9.51	78.97 ± 8.70	77.57 ± 5.32	78.21 ± 4.28

*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05

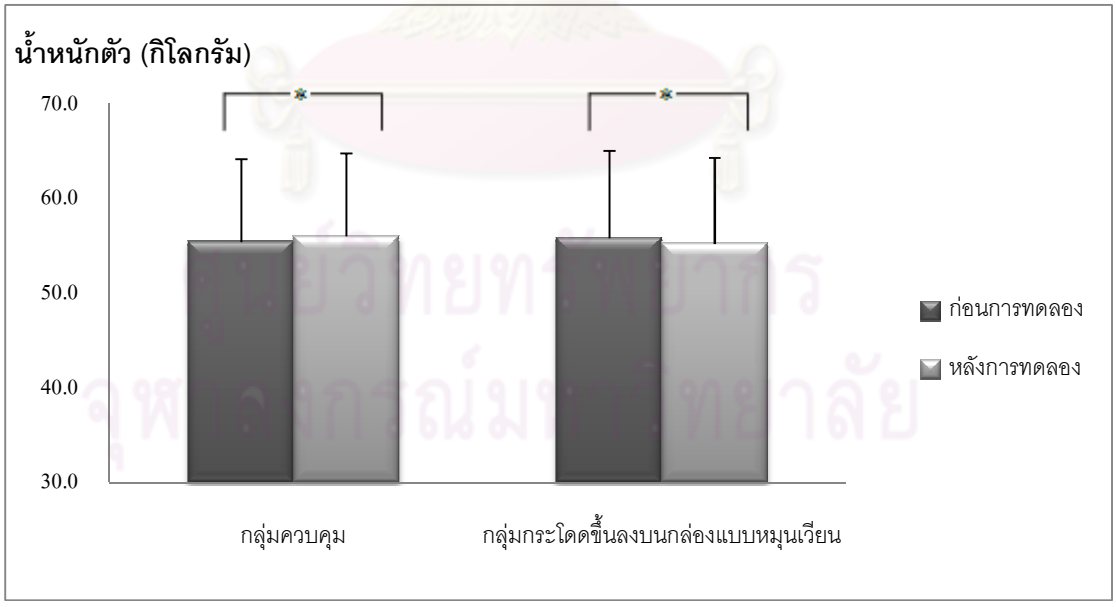
จากตารางที่ 4 พบว่าน้ำหนักตัวในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ส่วนน้ำหนักตัวในกลุ่มควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

ค่าดัชนีมวลกาย ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนค่าดัชนีมวลกายในกลุ่มควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.05 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

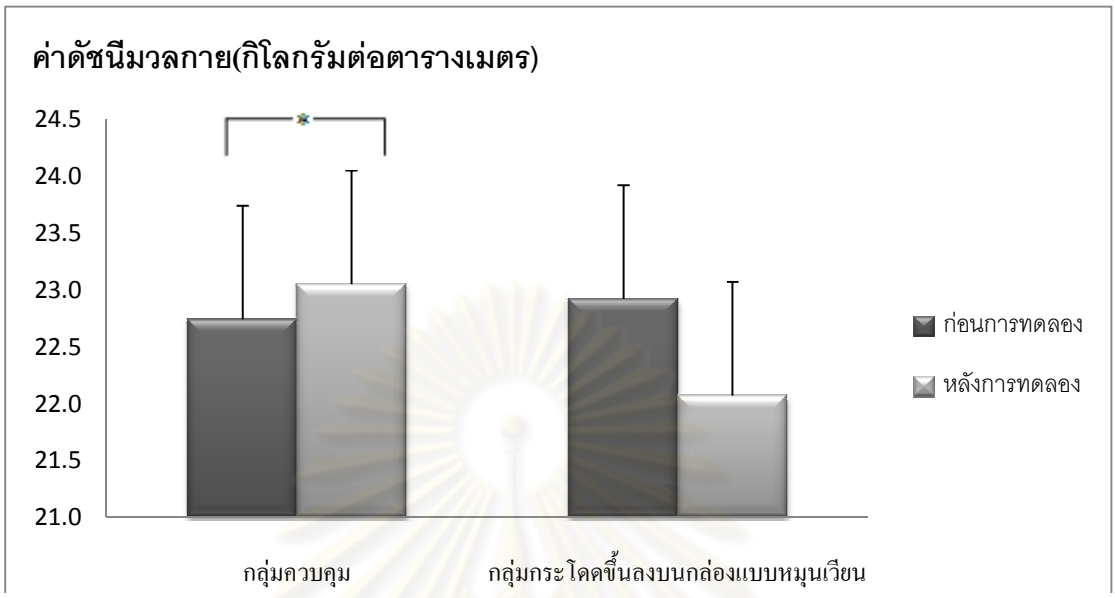
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ส่วนอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในกลุ่มควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

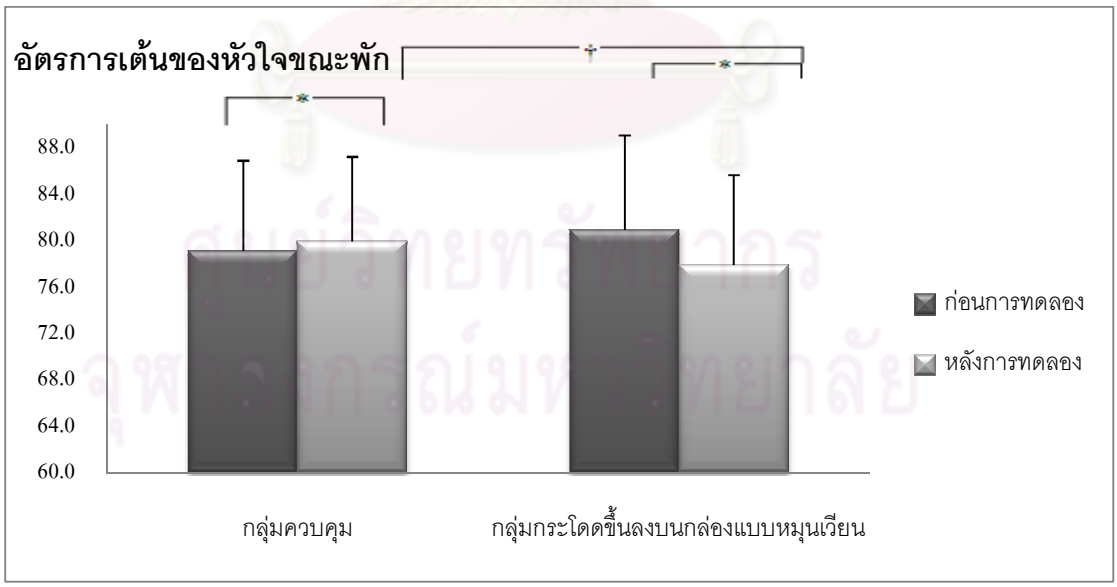
สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 3 ,4 , 5 ,6 และ 7



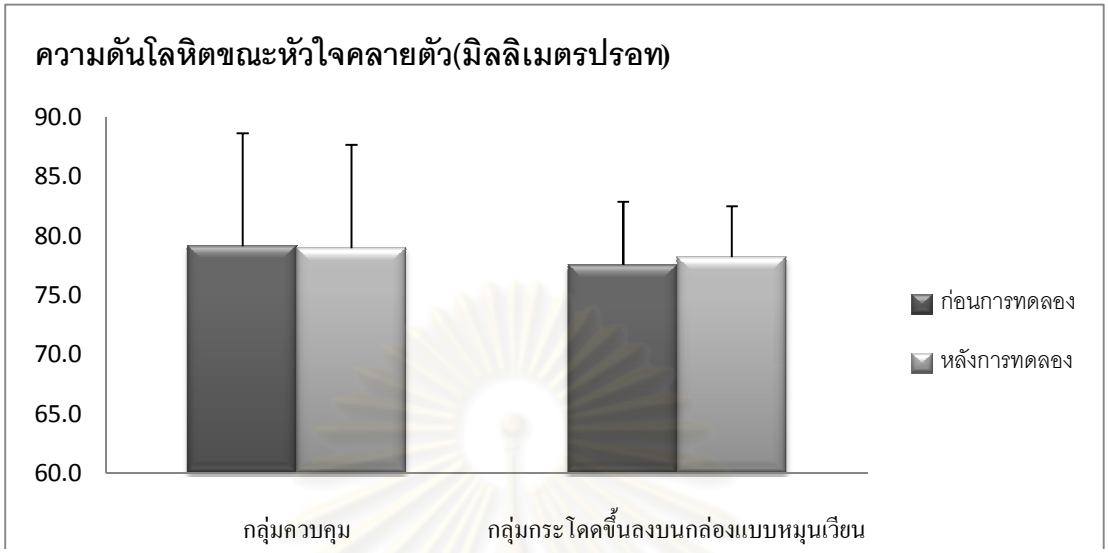
แผนภูมิที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว (กิโลกรัม)ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง



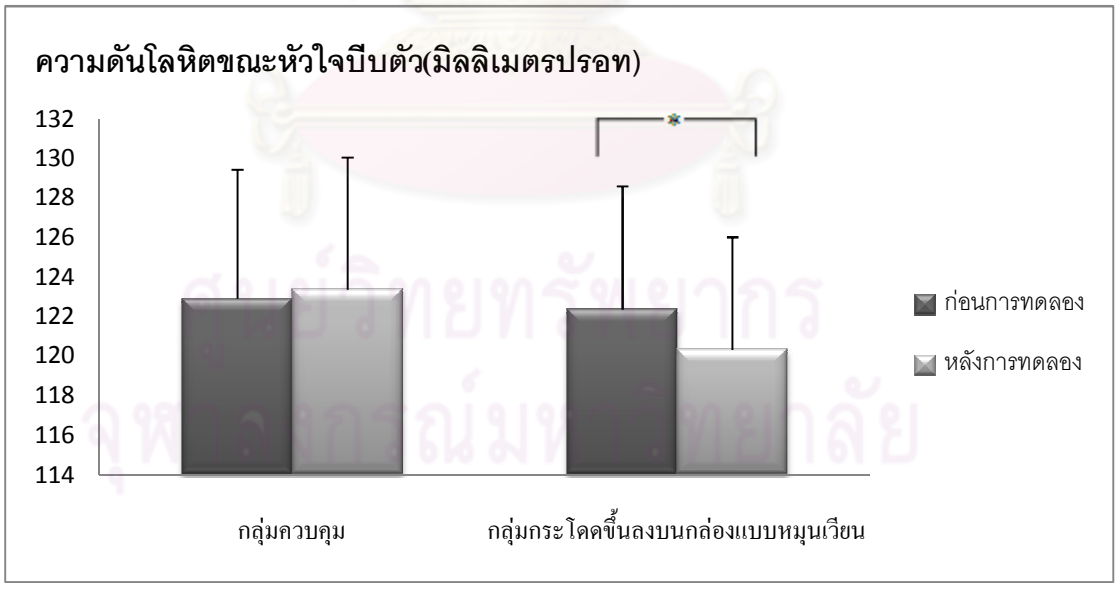
แผนภูมิที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย(กิโลกรัม/ตารางเมตร) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง



แผนภูมิที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง



แผนภูมิที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มิลลิเมตรปรอท)ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง



แผนภูมิที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มิลลิเมตรปรอท)ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการทรงตัว ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายและกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการทรงตัว ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายและกลุ่มควบคุม

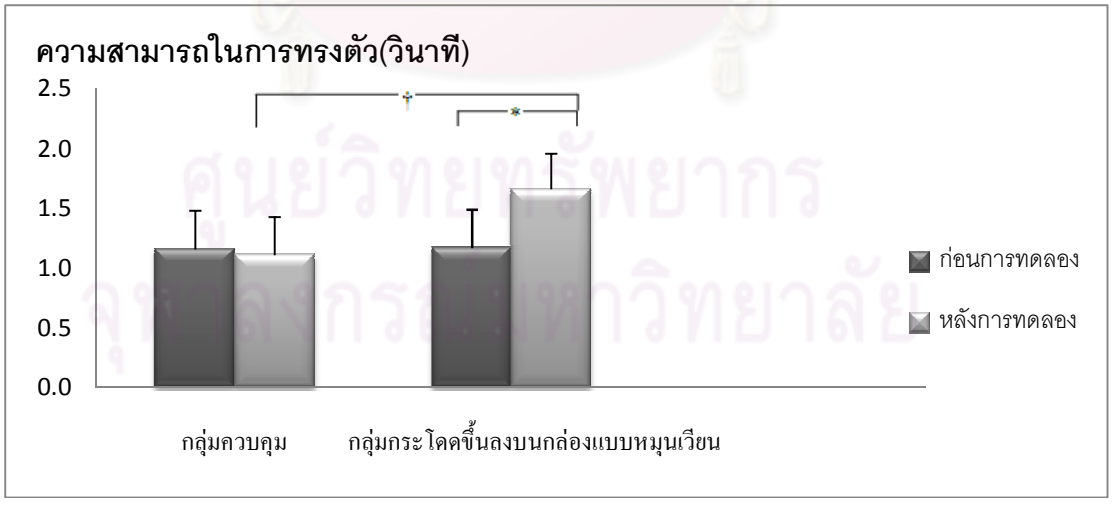
กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=29)		กลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (T; n=28)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
ความสามารถในการทรงตัว (วินาที)	1.16 ± 0.32	1.11 ± 0.32	1.17 ± 0.32	1.66 ± 0.30*†

*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05

จากตารางที่ 5 พบว่าความสามารถในการทรงตัว(วินาที) ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 8



แผนภูมิที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการทรงตัว(วินาที) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสุขสมรรถนะก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มฝึกการออกกำลังกายและกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขององค์ประกอบทางร่างกายก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=29)		กลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (T; n=28)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
อัตราส่วนเอวต่อสะโพก	0.84 ± 0.04	0.85± 0.04	0.85 ± 0.04	0.84 ± 0.04*
มวลกล้ามเนื้อ (กิโลกรัม)	20.45 ± 3.07	20.49 ± 3.05	20.75 ± 3.15	21.56 ± 3.41*
มวลไขมัน (กิโลกรัม)	18.70 ± 6.73	19.20 ± 6.81	17.67 ± 5.61	16.59 ± 5.63*
เปอร์เซ็นไขมัน (%)	31.01 ± 8.27	31.55 ± 8.17	30.79 ± 4.97	29.05 ± 4.90*

*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

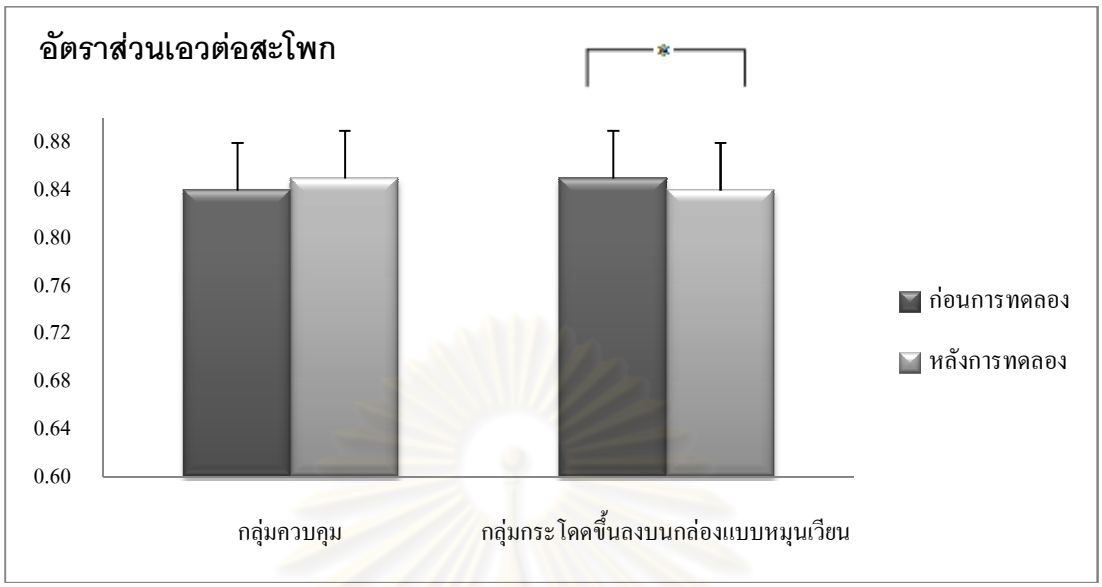
จากตารางที่ 6 พบว่าอัตราส่วนเอวต่อสะโพก ในกลุ่มการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ส่วนอัตราส่วนเอวต่อสะโพกในกลุ่มควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

มวลกล้ามเนื้อ (กิโลกรัม) ในกลุ่มการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

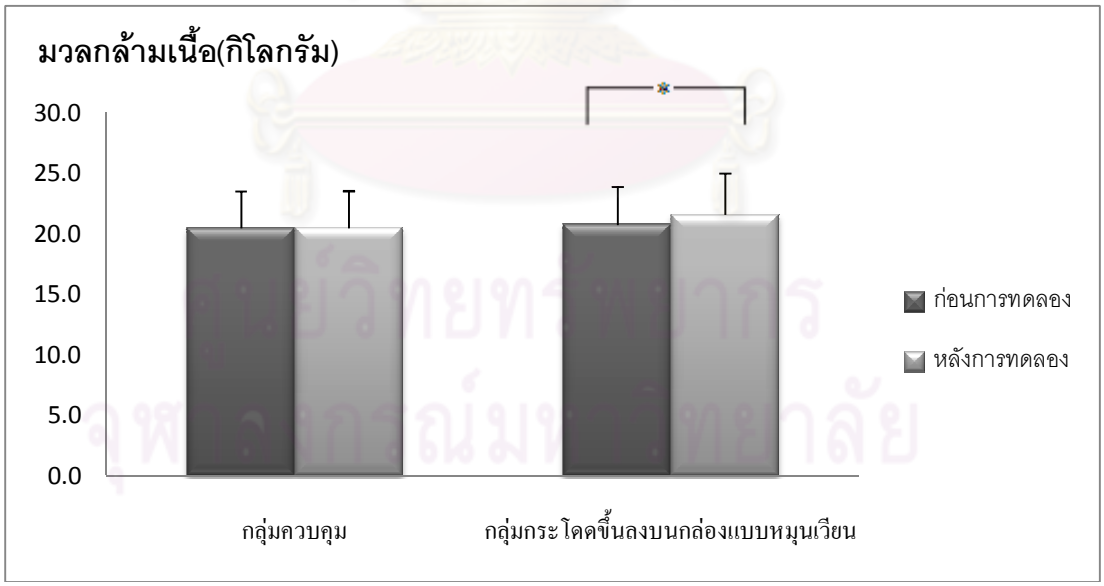
มวลไขมัน (กิโลกรัม) ในกลุ่มการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ไขมัน (เปอร์เซ็นต์) ในกลุ่ม ในกลุ่มการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

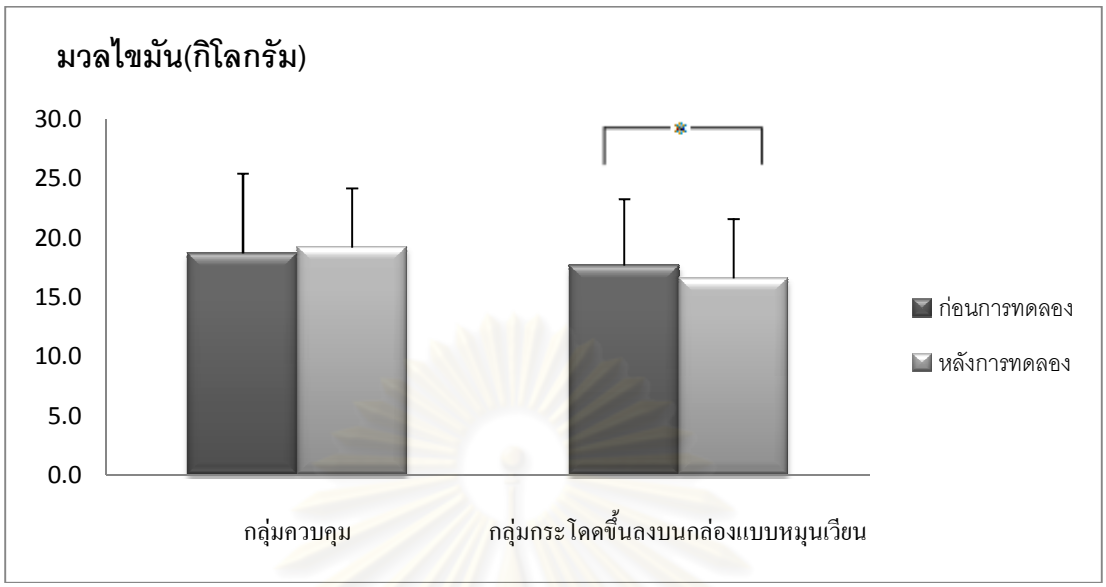
สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 9, 10, 11 และ 12



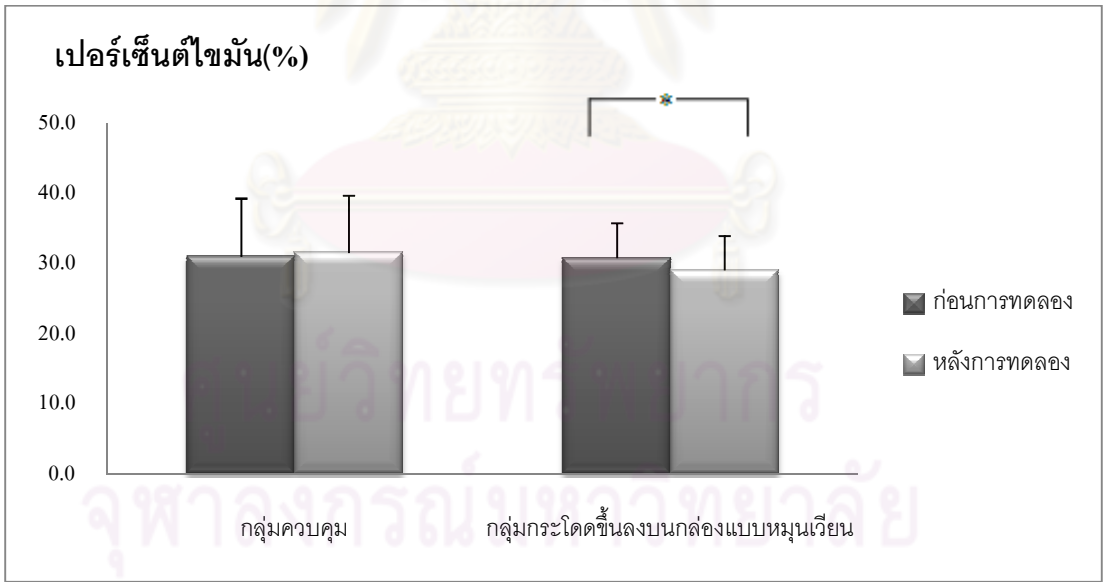
แผนภูมิที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราส่วนเอวต่อสะโพกของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง



แผนภูมิที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อ (กิโลกรัม)ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง



แผนภูมิที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมวลไขมัน (กิโลกรัม)ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง



แผนภูมิที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยไขมัน (เปอร์เซ็นต์) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสูงสุด (1 RM) ทางร่างกายก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=30)		กลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (T; n=30)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
ท่าเลคเอ็กเทนชั่น	44.65 ± 6.93	45.00 ± 6.68	43.57 ± 9.79	52.32 ±11.66*†
ท่าเลคเคิล	32.93 ± 3.89	33.10 ± 3.63	31.78 ± 4.13	36.07 ± 5.83*†

*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

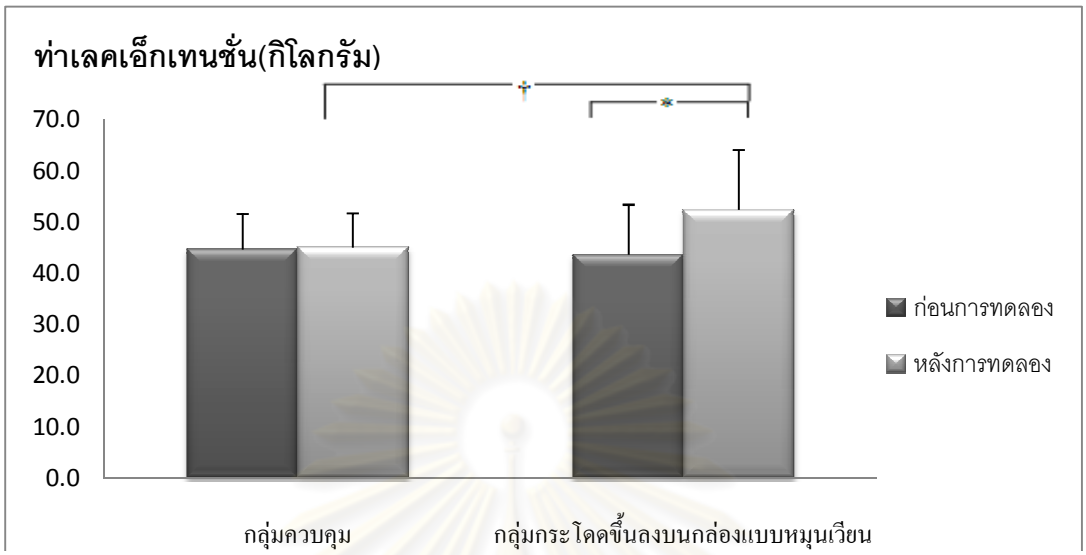
†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05

จากตารางที่ 7 พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (กิโลกรัม) ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

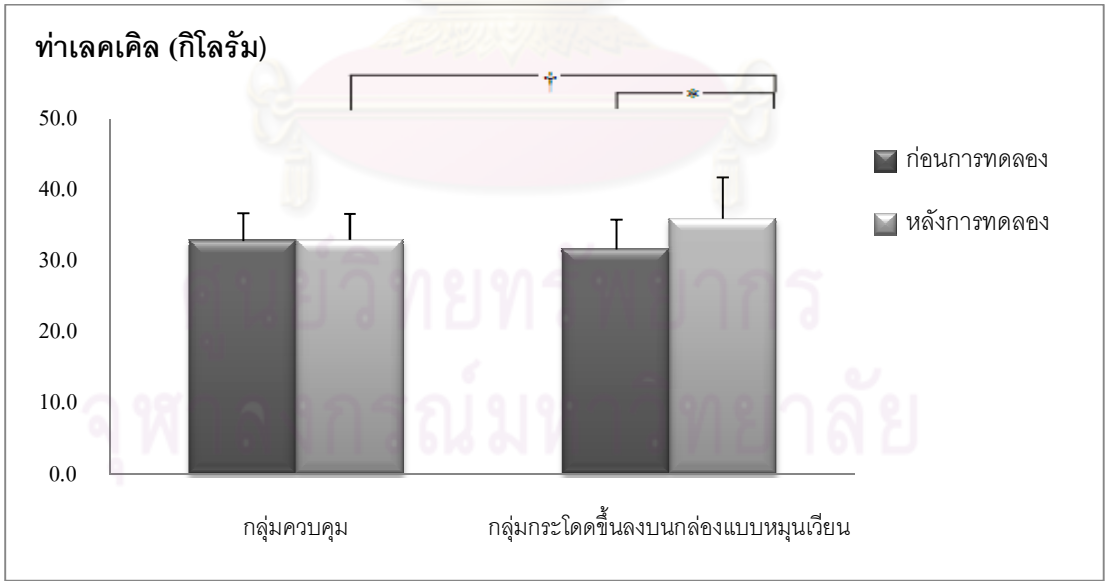
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (กิโลกรัม) ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 13และ 14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าในท่าเลคเอ็กเทนชั่น(กิโลกรัม) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง



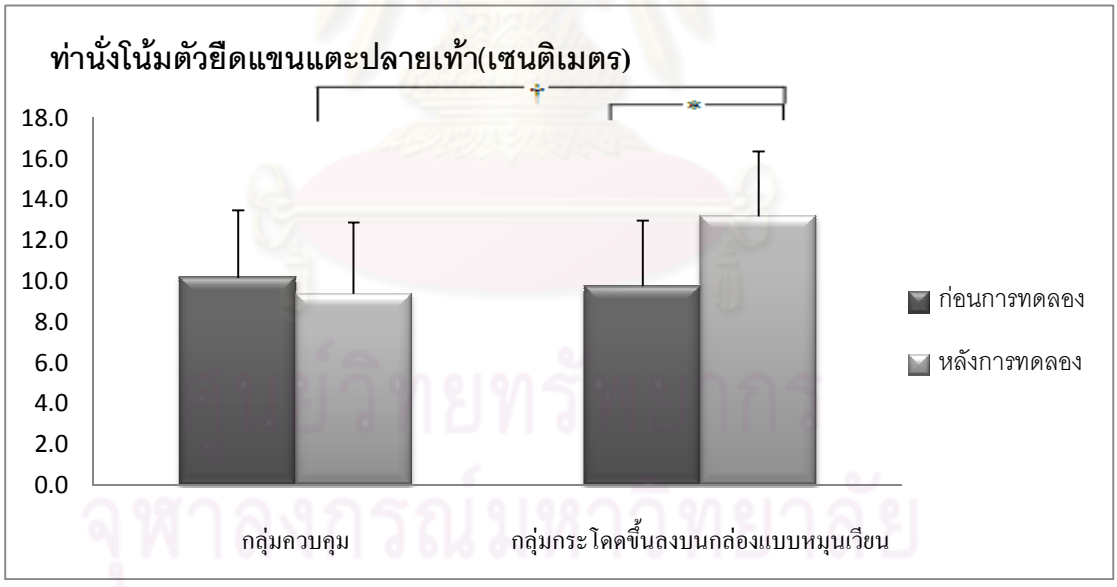
แผนภูมิที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังในท่าเลคเคิล(กิโลกรัม) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความอ่อนตัวก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=29)		กลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (T; n=28)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
ท่านั่งโน้มตัวยืดแขนก้มแตะปลายเท้า (เซนติเมตร)	10.17 ± 4.29	9.38 ± 4.49	9.75 ± 5.22	13.18 ±5.17*†

*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05



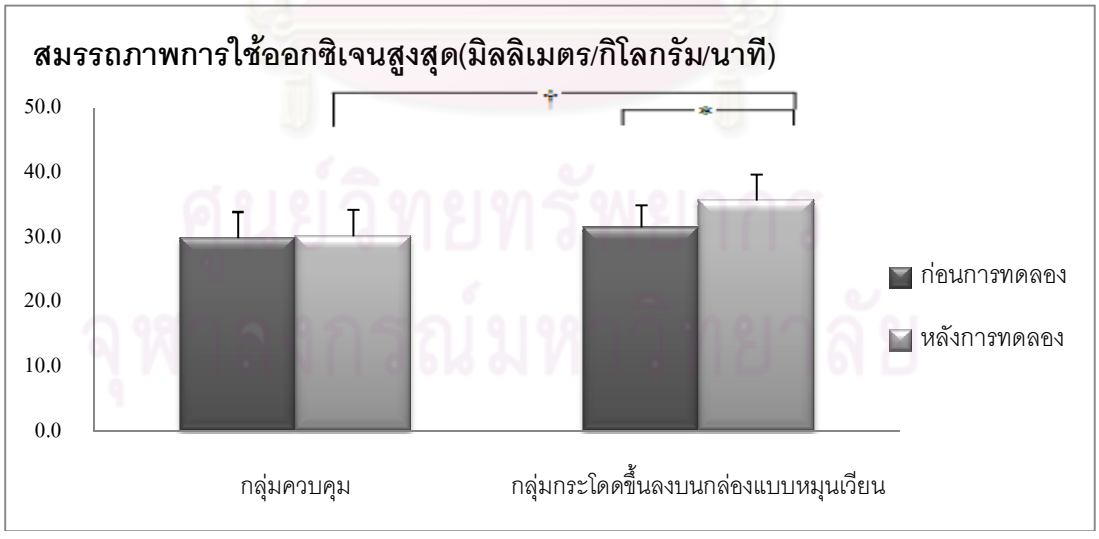
แผนภูมิที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความอ่อนตัวในท่านั่งโน้มตัวยืดแขนก้มแตะปลายเท้า(เซนติเมตร) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=29)		กลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (T; n=28)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	29.89 ± 4.04	30.13 ± 4.13	31.53 ± 3.43	35.78±4.00 *†

จากตารางที่ 9 พบว่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 16



แผนภูมิที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง

ตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงและการตรวจสอบการสร้างมวลกระดูก(Bone formation) จากค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) และค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) และค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ของกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=29)		กลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (T; n=28)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
ค่าการสลายมวลกระดูก (ß-CrossLaps) (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)	0.362±0.132	0.361±0.141	0.391±0.140	0.290±0.119*†
ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)	44.570±11.561	37.021±11.571*	45.631±18.503	38.951±17.312*

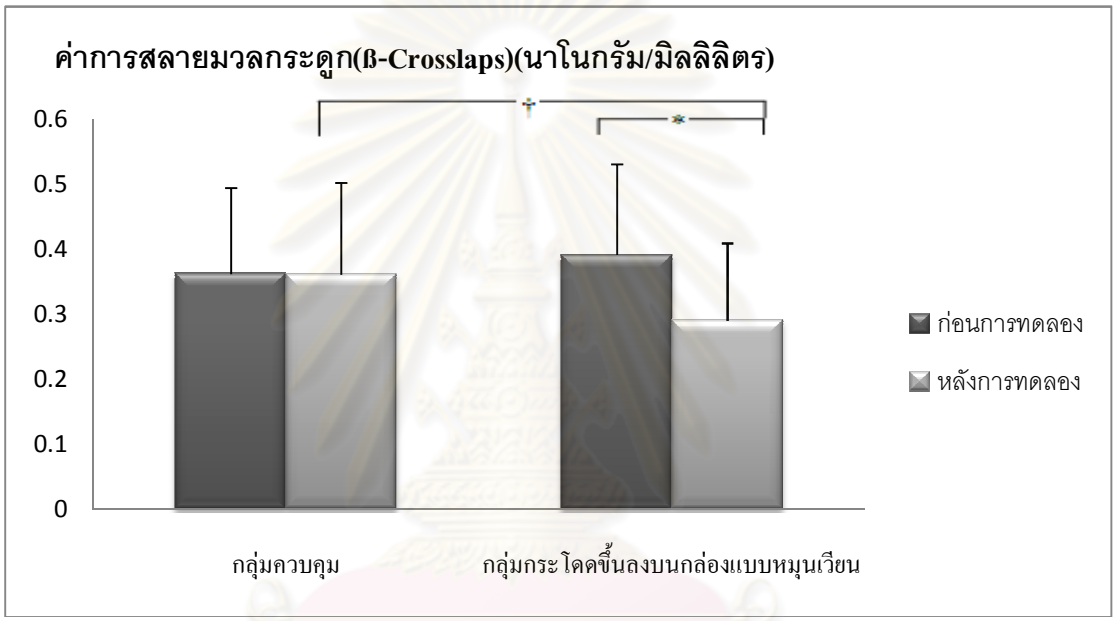
*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05

จากตารางที่ 10 พบว่าค่าการสลายมวลกระดูก(β-CrossLaps)(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

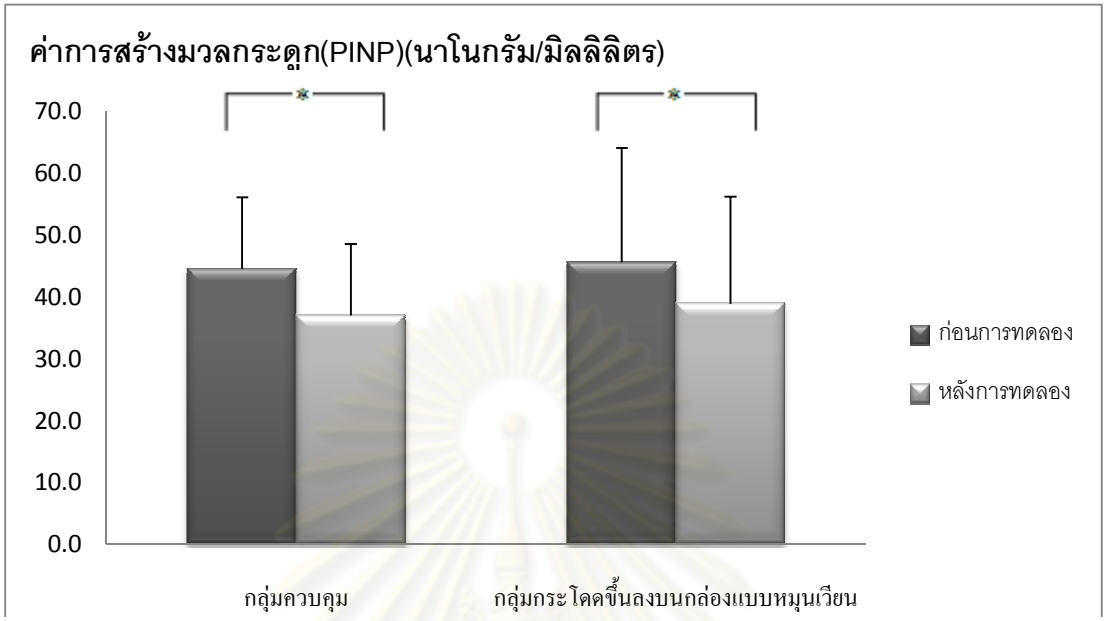
ค่าการสร้างมวลกระดูก(P1NP)(นาโนกรัม/มิลลิลิตร)ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ส่วนในกลุ่มควบคุมค่าการสร้างมวลกระดูก(P1NP)(นาโนกรัม/มิลลิลิตร)มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เช่นกัน

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 17 และ18



แผนภูมิที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสลายมวลกระดูก(β-CrossLaps)(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสร้างมวลกระดูก(P1NP)(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนก่อนและหลังการทดลอง

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบ เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) และค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของการตัวแปร การสลายมวลกระดูกและการสร้างมวลกระดูก	
	กลุ่มควบคุม	กลุ่มฝึกออกกำลังกาย
ค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps)	-0.5933	-25.6528
ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP)	-17.0497	-14.1826

จากตารางที่ 11 พบว่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าการสลายมวลกระดูก(β-CrossLaps)(นาโนกรัม/มิลลิลิตร)ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และกลุ่มควบคุมหลังการทดลอง

เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่าการสร้างมวลกระดูก(PINP)(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองแต่มีแนวโน้มที่ดีกว่ากลุ่มควบคุมที่มีค่าการมวลกระดูก(PINP)(นาโนกรัม/มิลลิลิตร)ลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองเช่นกัน

ตารางที่ 12 การตรวจสอบการสร้างมวลกระดูก(Bone formation) คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP)ต่อค่าการสลายมวลกระดูก(β-CrossLaps)คูณ 0.31(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ในก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน และกลุ่มควบคุม

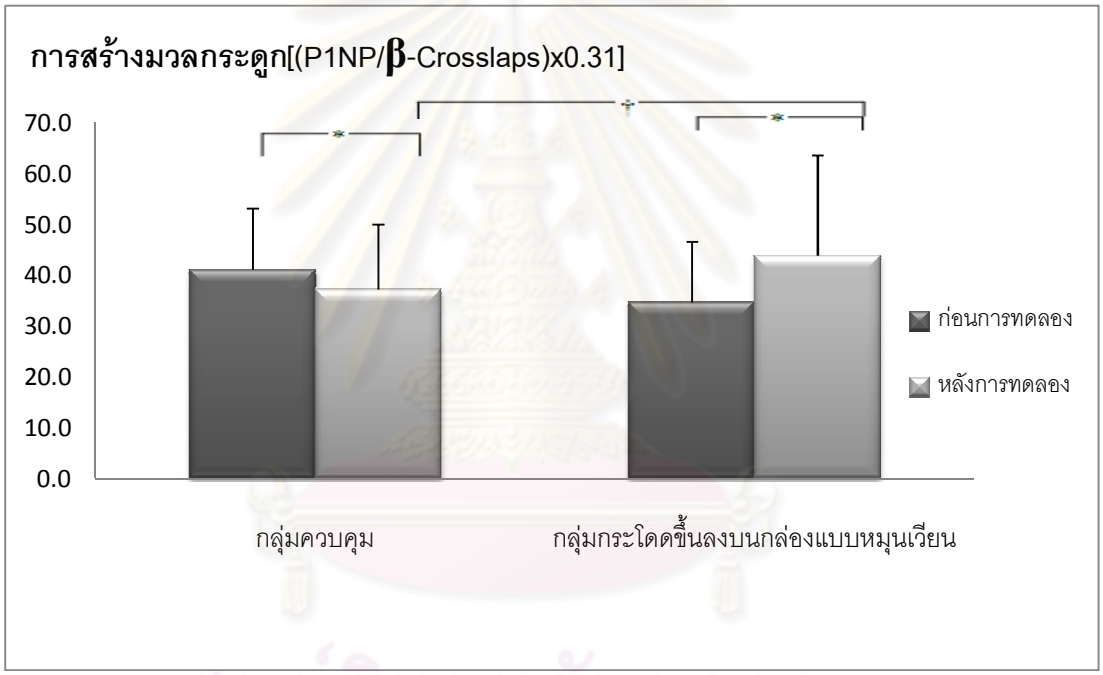
กลุ่ม / ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (C; n=29)		กลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (T; n=28)	
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
ค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation)	41.16.±12.08	34.72±12.81 *	37.24±12.01	43.97±19.73*†

*แตกต่างจากก่อนฝึกของกลุ่มเดียวกันที่ระดับ .05

†แตกต่างจากกลุ่มควบคุมหลังฝึกที่ระดับ .05

จากตารางที่ 12 พบว่าค่าการสร้างมวลกระดูก(Bone formation) ที่คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP)ต่อค่าการสลายมวลกระดูก(β-CrossLaps)คูณ 0.31(นาโนกรัม/มิลลิลิตร)ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ส่วนในกลุ่มควบคุมค่าการสร้างมวลกระดูก(Bone formation)มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เช่นกัน

สามารถเขียนแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังแผนภูมิที่ 19



แผนภูมิที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบ การสร้างมวลกระดูกเปรียบเทียบ(Bone formation) คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP)ต่อค่าการสลายมวลกระดูก(β-CrossLaps)คูณค่าคงที่ 0.31(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design)โดยโปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีต่อการสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครสตรีและเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีอายุระหว่าง 35-45 ปี จากนั้นทำการคัดกรองอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้า และมีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่าย(Simple random sampling)โดยแบ่งเป็นกลุ่มฝึกออกกำลังกายที่ทำการฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน 28 คน และกลุ่มควบคุมที่ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ 29 คน รวมทั้งหมด 57 คน แล้วดำเนินการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง คือ ค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ค่าทางสรีรวิทยาทั่วไป องค์ประกอบของร่างกาย ความอ่อนตัว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด(Vo_2max) และค่าความสามารถในการทรงตัวแล้วจึงดำเนินการทดลองเป็นเวลานาน12 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆ ละประมาณ 45 นาที ขณะเดียวกันกลุ่มฝึกออกกำลังกายที่ทำการฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและกลุ่มควบคุมที่ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติได้มีการบันทึกพฤติกรรมประจำวัน ทุกๆ สัปดาห์เป็นเวลานาน3 เดือน และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองเช่นเดียวกับก่อนการทดลอง

นำผลที่ได้จากการทดลองทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองที่ฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและกลุ่มควบคุมที่ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยมีการทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าดัชนี IOC ของแบบความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน พบว่ามีค่าดัชนี IOC อยู่ระหว่าง 0.5 - 1.0

2. ผลด้านสรีรวิทยาทั่วไป พบว่า

2.1 น้ำหนักตัวในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ส่วนน้ำหนักตัวในกลุ่มควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

2.2 ค่าดัชนีมวลกาย ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนค่าดัชนีมวลกายในกลุ่มควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

2.3 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ส่วนอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในกลุ่มควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

2.4 ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2.5 ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม

3. ผลด้านความสามารถในการทรงตัวพบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนจะช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวในหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือนได้ โดยความสามารถในการทรงตัว(วินาที) ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4. ผลด้านสุขสมรรถนะ พบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนจะช่วยเพิ่มสุขสมรรถนะในหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือนได้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ด้านองค์ประกอบทางกาย

4.1.1 อัตราส่วนเอวต่อสะโพก ในกลุ่มการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ส่วนอัตราส่วนเอวต่อสะโพกในกลุ่มควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.1.2 มวลกล้ามเนื้อ (กิโลกรัม) ในกลุ่มการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.1.3 มวลไขมัน (กิโลกรัม) ในกลุ่มการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.1.4 ไขมัน (เปอร์เซ็นต์) ในกลุ่มการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.2 ด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พบว่า

4.2.1 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (กิโลกรัม) ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.2.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (กิโลกรัม) ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.3 ด้านความอ่อนตัว ในท่ายืดแขนแตะปลายเท้า (เซนติเมตร)พบว่าในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.4 ด้านความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ พบว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที) ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

5. ผลด้านสารชีวเคมีในเลือด พบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนจะช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกและสามารถเพิ่มแนวโน้มในการสร้างมวลกระดูกในหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือนได้โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 ค่าการสลายมวลกระดูก(β-CrossLaps)(นาโนกรัม/มิลลิลิตร)ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

5.2 ค่าการสร้างมวลกระดูก(P1NP)(นาโนกรัม/มิลลิลิตร)ในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และในกลุ่มควบคุมมีค่าการสร้างมวลกระดูก(นาโนกรัม/มิลลิลิตร)ลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

5.3 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของมวลกระดูกในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลง -25.6258 %เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง ส่วนในกลุ่มควบคุมมีค่าลดลง -0.5933 %เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง

5.4 การตรวจสอบการสร้างมวลกระดูก(Bone formation) ที่คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP)ต่อค่าการสลายมวลกระดูก(β-CrossLaps)คูณค่าคงที่ 0.31(นาโนกรัม/มิลลิลิตร) พบว่าในกลุ่มฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และในกลุ่มควบคุมมีค่าการสร้างมวลกระดูก(Bone formation) ลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

ผลของการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนต่อค่าทางสรีรวิทยา

สำหรับผลการทดลองครั้งนี้ พบว่า กลุ่มฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าดัชนีมวลกาย น้ำหนักตัว อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับก่อนฝึกซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่เคยทำมา แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายแบบนี้ส่งผลดีต่อค่าทางสรีรวิทยา และการพัฒนาระบบหัวใจและหลอดเลือด ดัชนีมวลกายและน้ำหนักตัวที่ลดลงบ่งบอกถึงอัตราการใช้พลังงานของร่างกายที่มากขึ้น โดยกิจกรรมทางกายซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวร่างกาย

โดยใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ เช่น ที่บริเวณแขน ขา หลัง เป็นต้น ทำให้ร่างกายเผาผลาญพลังงานมากขึ้นจากปกติ และเมื่อออกกำลังกายจะทำให้ร่างกายดึงพลังงานในรูปไขมันมาใช้เพื่อผลิตพลังงานมากขึ้นทำให้ดัชนีมวลกาย และน้ำหนักตัวลดลง นอกจากนี้จะเห็นได้ว่ารูปแบบการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (การวิจัยนี้มีทั้งหมด 6 สถานี สถานีหนึ่งกระโดด 10 ครั้ง) ซึ่งสอดคล้องกับแมคอาร์เดิลและคณะ (McArdle et. al, 2000) ที่กล่าวถึง การฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนว่าค่าการเผาผลาญพลังงานสามารถเพิ่มขึ้นได้เมื่อมีการพัฒนารูปแบบมากกว่า 1 ลักษณะ โดยใช้การฝึกมากกว่า 1 ท่า

นอกจากนี้การกระโดดในแต่ละครั้งของการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนจะเห็นได้ว่าร่างกายต้องแบกรับน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นกว่ากิจกรรมทางกายปกติในชีวิตประจำวัน ซึ่งการกระโดดในแต่ละครั้งทำให้กล้ามเนื้อเกิดการทำงานที่เพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลทำให้เกิดการเผาผลาญพลังงานเพิ่มขึ้นจึงทำให้กลุ่มที่ได้รับการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน มีการลดลงของดัชนีมวลกายและน้ำหนักตัว เมื่อเทียบกับก่อนการฝึก และการที่อัตราการเต้นของหัวใจลดลงน่าจะมีสาเหตุมาจากการเพิ่มการทำงานของระบบประสาทพาราซิมพาเทติกวากัส(Parasympatetic vagas)ที่มาเลี้ยงหัวใจ ซึ่งเนื่องมาจากการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกที่ลดลง และเหตุผลต่อมาคือการทำงานของเอสเอโนด (SA node) ซึ่งเป็นตัวกำหนดอัตราการเต้นของหัวใจมีความไวต่อแคติโคมามีนลดลงจึงส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักลดลง และช่วยทำให้แนวโน้มในการเป็นโรคความดันโลหิตสูงลดลง (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์, 2544) ส่วนความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดมีค่าลดลง น่าจะมีสาเหตุมาจาก การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องจะ ช่วยลดระดับแรงดันโลหิต โดยค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดจะมีค่าลดต่ำกว่าคนปกติ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากผู้ที่ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้อัตราการเต้นของหัวใจและแรงบีบตัวของหัวใจลดลง พร้อมช่วยให้หลอดเลือดมีความยืดหยุ่นทำให้มีความต้านทานต่อการไหลเวียนโลหิตลดลง หลอดโลหิตขยายตัวได้ดี ทำให้ปริมาณโลหิตในหลอดโลหิตแดงเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้ความดันขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดลดลงด้วย(ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์, 2544) ซึ่งอาจสรุปได้ว่าการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนนั้นมีส่วนช่วยในการทำให้ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุดลดลง ซึ่งความดันโลหิตที่สูงเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้

การออกกำลังกายเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าให้ผลดีต่อการพัฒนาของค่าทางสรีรวิทยา อันได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิต น้ำหนักตัวและดัชนีมวลกาย มีงานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าทางสรีรวิทยาจากการออกกำลังกาย ซาลามอนและคณะ (Salamon et al., 1999) ได้ทดลองการให้โปรแกรมกิจกรรมทางกายกับผู้หญิงวัยก่อนหมดประจำเดือน ผลจากการทดลองพบว่า การให้กิจกรรมทางกายที่ใช้พลังงานอยู่ในช่วง 4,180-6,270 กิโลจูลต่อสัปดาห์ สามารถลดน้ำหนักได้มากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับกิจกรรมทางกาย และได้ทำการศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายที่ได้รับเพิ่มเติมจากกิจกรรมปกติ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 45 – 60 นาที พบว่ามีการลดลงของน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวสูงสุดไม่มีการเปลี่ยนแปลง จาคิซิคและคณะ (Jakicic et al., 2003) ศึกษาเรื่องผลของระยะเวลาและความเข้มข้นในการออกกำลังกายที่มีผลต่อการลดน้ำหนักในผู้หญิงวัยทำงาน พบว่า ทั้งการออกกำลังกายในระดับความเข้มข้นสูง (2,000 -2,500 กิโลแคลอรี่ต่อสัปดาห์) และการออกกำลังกายในระดับความเข้มข้นต่ำ (1,000 กิโลแคลอรี่ต่อสัปดาห์) ให้ผลที่ดีต่อการลดน้ำหนักตัว แต่การออกกำลังกายแบบความเข้มข้นสูงให้ผลที่ดีกว่า และฟาวแมนและคณะ (Fahlman et al.,2001) ศึกษาผลของการออกกำลังกายแอโรบิกในผู้สูงอายุเพศหญิง หลังการทดลองพบว่าให้ผลดีในการลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก สำหรับผลของการออกกำลังกายแบบกระโดดที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา มีนักวิจัยหลายท่านได้แสดงให้เห็นถึงผลการเปลี่ยนแปลงที่ดี

ผลของการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนต่อสุขสมรรถนะ

ผลของการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนต่อสุขสมรรถนะ พบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนจะช่วยเพิ่มสุขสมรรถนะในหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือนได้โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

องค์ประกอบร่างกาย

ด้านองค์ประกอบร่างกาย พบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของอัตราส่วนรอบเอวต่อสะโพก ปริมาณไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน เมื่อเทียบกับก่อนการฝึก โดยการลดลงของอัตราส่วนเอวต่อสะโพกและการลดลงของปริมาณไขมันเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงการลดลงของภาวะอ้วน เมื่อมีการเพิ่มกิจกรรมทางกาย (Physical Activity) กิจกรรมทางกายเป็นการเคลื่อนไหวร่างกายโดยใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ เช่น ที่บริเวณแขน ขา หลัง เป็นต้น ทำให้ร่างกายเผาผลาญ

พลังงานมากขึ้นจากปกติ และเมื่อออกกำลังกายจะทำให้ร่างกายดึงพลังงานในรูปไขมันมาใช้เพื่อผลิตพลังงานมากขึ้นทำให้ อัตราส่วนรอบเอวต่อสะโพก ปริมาณไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน เมื่อเทียบกับก่อนการฝึกจึงลดลง นอกจากนี้จะเห็นได้ว่ารูปแบบการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (การวิจัยนี้มีทั้งหมด 6 สถานี สถานีหนึ่งกระโดด 10 ครั้ง) ซึ่งสอดคล้องกับ แมคอาร์เดิลและคณะ (McArdle et. al, 2000) ที่กล่าวถึง การฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนว่าค่าการเผาผลาญพลังงานสามารถเพิ่มขึ้นได้เมื่อมีการพัฒนารูปแบบมากกว่า 1 ลักษณะ โดยใช้การฝึกมากกว่า 1 ท่า

นอกจากนี้การกระโดดในแต่ละครั้งของการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนจะเห็นได้ว่าร่างกายต้องแบกรับน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นกว่าปกติจากการกระโดดในแต่ละครั้งทำให้กล้ามเนื้อเกิดการทำงานที่เพิ่มขึ้นและมีการระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment) ทำให้ออกแรงได้มากขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้เกิดการเผาผลาญพลังงานเพิ่มขึ้นจึงทำให้กลุ่มที่ได้รับการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน มีการลดลงอัตราส่วนรอบเอวต่อสะโพก ปริมาณไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน เมื่อเทียบกับก่อนการฝึก ซึ่งสอดคล้องกับ แมคอาร์เดิลและคณะ (McArdle et. al, 2000) ที่กล่าวถึง การออกกำลังกายมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัว พบว่า บุคคลที่มีน้ำหนักตัวที่สูงกว่าคนปกติจะมีผลต่อการใช้พลังงานที่สูงขึ้นระหว่างการออกกำลังกาย

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของความแข็งแรงส่วนกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังเมื่อเทียบกับก่อนการฝึกและเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมจากการวัดความแข็งแรงโดยวัดจากท่าเลคเอ็กเทนชั่นและท่าเลคเคิลตามลำดับ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวเกิดจากการที่ต้นขาต้องแบกรับน้ำหนักตัวจากการกระโดดในแต่ละครั้งของการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน เมื่อกล้ามเนื้อเกิดการเคลื่อนไหวและได้รับงานที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้มีการระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment) เพิ่มขึ้น การส่งกระแสประสาทไปยังกล้ามเนื้อจึงมีมากขึ้นทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อซึ่งสอดคล้องกับแมคอาร์เดิลและคณะ (McArdle et. al, 2000) ที่กล่าวถึง การออกแรงที่น้อยจะมีการระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment)ไม่มากแต่ถ้ามีการออกแรงที่มากจะมีการระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment)จำนวนมาก ทำให้แรงของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น

ระบบประสาทสั่งการ(Axon neurons)ใหญ่ขึ้น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจึงเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ มาร์ซนิค (Marcinik, 1998) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนที่มีต่อความอดทน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังงานความอดทน และจุดสะสมแลคติค พบว่าความแข็งแรงในท่าเหยียดขา งอขา เพิ่มขึ้นหลังการทดลอง งานวิจัยของวิทซ์เคและคณะ(Witzke et al., 2002) ได้ศึกษาผลการฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริก ที่มีต่อความแข็งแรงและความหนาแน่นของมวลกระดูกในเด็กวัยรุ่นหญิง และผลการศึกษาพบว่า ก่อนการทดลองค่าความแข็งแรงของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกัน แต่หลังจากการฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริก พบว่าค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาของกลุ่มฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริกมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และงานวิจัยของ กัวดาลูปและคณะ (Guadalupe et al., 2009) ได้ศึกษาผลการฝึกความแข็งแรงร่วมกับการกระโดดแบบพลัยโอเมตริกในผู้ใหญ่ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพทางกาย กลุ่มตัวอย่างเป็นชาย 43 คน มีอายุ 23 ปี หญิง 23คน มีอายุ 23 ปี แบ่งเป็นกลุ่มการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อร่วมกับการกระโดดและกลุ่มควบคุมทำการฝึกเป็นเวลา 9 สัปดาห์ แล้วตรวจสมรรถภาพและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อผลการศึกษาพบว่า หลังจากการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อร่วมกับการกระโดดแบบพลัยโอเมตริกเป็นเวลา 9 สัปดาห์พบว่าทั้งเพศชายและเพศหญิงมีการพัฒนาของสมรรถภาพทางกายคือกล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

ความอ่อนตัวของร่างกาย

ด้านความอ่อนตัวของร่างกายจากการวัดท่านั่งโน้มตัวยืดแขนแตะปลายเท้า ซึ่งท่านั่งโน้มตัวยืดแขนแตะปลายเท้าเป็นการประเมินความยืดหยุ่นของหลังส่วนล่าง และข้อต่อสะโพก (ACSM, 2006) ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีการเพิ่มขึ้นของความอ่อนตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของความอ่อนตัวของร่างกายเมื่อเทียบกับก่อนการฝึกและเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เป็นเช่นนั้นเพราะการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องมีช่วงของการอบอุ่นร่างกาย และช่วงออกกำลังกายที่มีการเคลื่อนไหวใช้กล้ามเนื้อบริเวณลำตัว สะโพก และ ขา จึงทำให้มีความอ่อนตัวเพิ่มมากขึ้น (ACSM, 2006) ซึ่งมากกว่าช่วงของการเคลื่อนไหวของกิจวัตรประจำวันตามปกติ

ความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ด้านความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด พบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมี

การเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับก่อนการฝึกและเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม อาจเป็นเพราะว่าการออกกำลังกายแบบหมุนเวียนจะช่วยพัฒนาระบบหัวใจและการหายใจอย่างมากเนื่องจากรูปแบบการออกกำลังกาย ซึ่งในแต่ละสถานีการกระโดดจะกระตุ้นการทำงานของหัวใจให้สูบฉีดเลือดที่มีออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อมากขึ้นและกระตุ้นการแลกเปลี่ยนแก๊สอีกด้วยทำให้สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น 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) ความหนาแน่นของไมโทรคอนเดรียและหลอดเลือดฝอยของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ทำให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) สูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ไม่ถาวรถ้าปราศจากการฝึกอย่างสม่ำเสมอโดยการเพิ่มของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (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) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธีรวิทย์ ชีตะลักษณ์ (2546) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบหมุนเวียนที่มีต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพของนักเรียนชายในระดับปริญญาตรี พบว่า หลังการทดลอง 8 สัปดาห์มีการพัฒนาของระบบไหลเวียนโลหิตหัวใจและหลอดเลือด อีกทั้งจากการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนของการวิจัยนี้ มีทั้งหมด 6 สถานี สถานีหนึ่งกระโดด 10 ครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับ แมคอาร์เดิลและคณะ (McArdle et. al, 2000) ที่กล่าวถึง การฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนว่าค่าการเผาผลาญพลังงานสามารถเพิ่มขึ้นได้เมื่อมีการพัฒนารูปแบบมากกว่า 1 ลักษณะ โดยใช้การฝึกมากกว่า 1 ท่าและเน้นรอบ

การฝึกระยะสั้นๆสามารถพัฒนาระบบไหลเวียนโลหิตได้ อีกทั้ง บอมพา(Bompa , 1999) ได้กล่าวว่าการฝึกแบบหมุนเวียนมีความเหมาะสมการฝึกเพื่อการปรับตัวทางกายวิภาค สามารถพัฒนาระบบไหลเวียนโลหิตควบคู่กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับการ์บัตต์ (Garbutt et. al 1944) ที่พบว่าการฝึกด้วยน้ำหนักแบบหมุนเวียนสามารถพัฒนาค่าเฉลี่ยของความจุระบบการลำเลียงออกซิเจนดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนสามารถ ทำให้ระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจทำงานอย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น คือ เพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งออกซิเจนในร่างกายให้ดีขึ้นและทำให้ปริมาณการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น

ผลของการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนต่อความสามารถในการทรงตัว

ด้านความสามารถในการทรงตัว พบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนจะช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวในหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือนได้โดย กลุ่มที่ได้รับการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการทรงตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการฝึกและเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม มีรายงานการศึกษาวิจัยความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสามารถในการทรงตัวพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ต่ำจะส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวที่ลดลง(Kligyte,Lundy-Ekman and Medeiros, 2003) อาจเป็นเพราะว่าในการกระโดดร่างกายนั้นต้องรักษาความสมดุลและความมั่นคงตอนกระโดดขึ้นและลงสู่พื้นส่งผลให้เกิดการพัฒนาของระบบประสาทที่สั่งการกล้ามเนื้อได้ดีขึ้นจึงส่งผลต่อการทรงตัวที่ดีขึ้น และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้นจากการที่ต้นขาต้องแบกรับน้ำหนักตัวจากการกระโดดในแต่ละครั้งของการฝึก โดยฉกาจ ผ่องอักษร(2552) ได้กล่าวไว้ว่า การออกกำลังกายในรูปแบบที่เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไปควบคู่กับการทรงตัวจะช่วยลดอุบัติการณ์กระดูกหักจากการหกล้มด้วย สรุปได้ว่าเมื่อกล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและการสั่งการของระบบประสาทดีขึ้นจะทำให้ความสามารถในการทรงตัวของร่างกายเพิ่มขึ้นตามด้วย

ผลของการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนต่อค่าการสลายมวลกระดูกและการสร้างมวลกระดูก

ผลด้านสารชีวเคมีในเลือด พบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนจะช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกและสามารถ

เพิ่มแนวโน้มในการสร้างมวลกระดูกในหญิงวัยก่อนหมดประจำเดือนได้โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนของการวิจัยนี้สามารถช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกของสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนและกระตุ้นการสร้างมวลกระดูก(Bone formation)ได้ จากการศึกษาพบว่าค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ของกลุ่มฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าลดลงและเมื่อพิจารณาในด้านเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของมวลกระดูกแล้วยังพบว่าในกลุ่มการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ลดลงจากก่อนการทดลองได้ถึง-25.65 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในกลุ่มควบคุมมีค่าการสลายมวลกระดูก (β-CrossLaps) ลดลงจากก่อนการทดลองได้เพียง -0.5933 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายความว่า เซลล์กระดูกมีการทำงานที่ดีขึ้น เพราะมีปริมาณการสูญเสียเนื้อกระดูกที่ลดน้อยลงและยังจะทำให้ความเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุนตามมาอีกด้วย เนื่องจากรูปแบบการฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนนั้นมีท่ากระโดดขึ้นลงบนกล่องที่มีความสูงเหมาะสมกับสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนโดยเป็นการออกกำลังกายแบบมีแรงกระแทกสูง (High impact exercise) ซึ่งผลของแรงที่เกิดจากน้ำหนักตัวและพลังงานศักย์(เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก) จะส่งผ่านไปยังกระดูกและข้อต่อต่างๆ ทำให้กระดูกและข้อต่อของขารับน้ำหนักทั้งหมดของร่างกายและยังทำให้กล้ามเนื้อของขาเกิดการหดตัวเพิ่มมากขึ้นจากการกระโดดและจากการรักษาการทรงตัวให้มั่นคงตอนกระโดดขึ้นลงบนกล่องส่งผลให้เกิดแรงบีบเค้นต่อมวลกระดูกทำให้เซลล์ของกระดูกได้รับการกระตุ้นต่อกระบวนการทำงาน สอดคล้องกับ โวล์ฟ (Wolff ,1892)ได้กล่าวไว้ว่า แรง (Weigh bearing) ที่กดลงบนกระดูกมากขึ้น จะทำให้แร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของกระดูกเพิ่มขึ้นด้วย ผลที่ตามมาคือทำให้กระดูกแข็งแรงขึ้นและทำให้กระดูกมีโอกาสหักได้น้อยลงเมื่อกระดูกได้รับแรงกด โดยการรับน้ำหนัก(Weight bearing) ของกระดูกและการหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นแรงกลส่วนใหญ่ที่ออกแรงกระทำต่อกระดูกจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของมวลกระดูก (Bone mass) เมื่อกระดูกต้องรับน้ำหนักเพิ่มขึ้นหรือกล้ามเนื้อหดตัวเพิ่มขึ้น หรือทั้งสองอย่างประกอบกัน โดยมวลกระดูกจะลดลงเมื่อร่างกายส่วนนั้นถูกจำกัดการเคลื่อนไหว (Immobilization) และสอดคล้องกับ ฉกาจ ผ่องอักษร(2552)ได้กล่าวไว้ว่า กระดูกมีการปรับตัวมากขึ้นตามแรงที่มากระทำที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความหนักของการออกกำลังกายที่หมายถึงนั้นจะให้ความสำคัญเจาะจงไปที่แรงที่เกิดขึ้นขณะออกกำลังกายว่ากระทำต่อกระดูกโดยตรงมากน้อยเพียงใด แต่ไม่ได้ดูที่ความหนักของการออกกำลังกายในแง่ของการเพิ่มความหนักต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด หรือระบบ

การใช้พลังงานชนิดต่างๆ เป็นหลักเหมือนการออกกำลังกายที่ทำโดยทั่วไป ดังนั้นการประเมินความหนักของการออกกำลังกายที่มีผลต่อกระดูกมักจะวัดเป็นความเครียดทางกายภาพ(Physical strain) ด้วยวิธีการต่างๆเช่นแรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground-reaction force) ระหว่างการลงน้ำหนักเดิน หรือแรงตึงตัวจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ(Muscle contraction forces) ที่กระทำต่อกระดูกส่วนนั้นๆ โดยหน้าที่ของกระดูกเปรียบเหมือนเป็นผลึกที่มีประจุไฟฟ้า (Piezoelectrie crystal) สามารถผลิตประจุไฟฟ้าในสัดส่วนที่สัมพันธ์กับแรงที่กระทำต่อกระดูก โดยแรงกล (Mechanical force) ที่เกิดจากการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนน่าจะกระทำต่อกระดูกทำให้เกิดกระดูกหักเป็นบริเวณเล็กๆ (Microfracture) ที่ไม่สามารถมองเห็น ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวจะเป็นตัวกระตุ้นให้ ออสทีโอคลาสต์(Osteoclast) ทำการสลายกระดูกควบคู่ไปกับออสทีโอบลาสต์ (Osteoblast)ทำการสร้างกระดูกใหม่ ทำให้เกิดรีโมเดลลิ่ง (remodeling)ของกระดูก โดยการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนอาจจะไปกระตุ้นเซลล์ ออสทีโอไซต์ (Osteocytes) ที่มีจำนวนมากถึง 20,000เซลล์/ลูกบาศก์มิลลิเมตร อาจจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงที่กระทำต่อกระดูก โดยผลผลิตของสารสื่อประสาทที่เป็นสารเคมีที่ออกฤทธิ์กระทำต่อเซลล์ต้นตอที่ทำหน้าที่สร้างกระดูก (bone precursors cell)

อีกทั้งการออกกำลังกายในท่าการกระโดดนั้นเป็นรูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาพลัง (Power training)ซึ่งการออกกำลังกายในลักษณะการฝึกเพื่อพัฒนาพลัง(Power training) นั้นจะมีความเร็วเข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งจะส่งผลต่อการกระตุ้นกระบวนการทำงานของเซลล์ของกระดูกเพิ่มมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สเตนเจล และคณะ(Stengel et al., 2007)ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกพัฒนาความแข็งแรงกับการฝึกพัฒนาพลังที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในหญิงวัยหมดประจำเดือน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มการฝึกพัฒนาพลังนั้นสามารถชะลอการเสื่อมของกระดูก ในหญิงวัยหมดประจำเดือนได้ดีกว่ากลุ่มฝึกพัฒนาความแข็งแรงเนื่องจากกลุ่มการฝึกพัฒนาพลังมีความเร็วในการยกเข้ามาเกี่ยวข้องทำให้กล้ามเนื้อทำงานมากขึ้นเกิดแรงบีบเค้นต่อมวลกระดูกเพิ่มขึ้นทำให้เซลล์ของกระดูกได้รับการกระตุ้นต่อกระบวนการทำงานเพิ่มขึ้นด้วยน้ำหนักหรือแรงที่กระทำต่อกระดูกกระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกเพิ่มขึ้น โดยน้ำหนักของร่างกายที่กระทำต่อกระดูกจากการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องนั้นสามารถนำมาประยุกต์เป็นแรงกดหรือแรงบิด แรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อระบบกล้ามเนื้อและกระดูกหรือแรงต้านทานที่กระทำต่อกระดูก(Resisting impact) สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกใหม่ เนื่องจากร่างกายประกอบด้วยกล้ามเนื้อจำนวนมากกว่า 600 มัด ซึ่งมีที่เกาะต้นละที่เกาะปลายอยู่บนกระดูกจำนวนมากมายที่ประกอบเป็นโครงร่างของร่างกายประมาณ 206 ชิ้น การหดตัวของ

กล้ามเนื้อโดยเฉพาะการหดตัวที่ต้องออกแรงต้านกับแรงโน้มถ่วงหรือแรงต้านทานจากภายนอก ทำให้เกิดแรงจำนวนมากต่อกล้ามเนื้อ เอ็น กระดูกและข้อต่อ และแรงเหล่านี้มีผลต่อความหนาแน่นของเนื้อกระดูก(Bone matrix)

สำหรับผลของการออกกำลังกายแบบกระโดดซึ่งเป็นการออกกำลังกายแบบมีแรงกระแทกสูงและมีการลงน้ำหนักที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของมวลกระดูก มีนักวิจัยหลายท่านได้แสดงให้เห็นถึงผลการเปลี่ยนแปลงที่ดี เช่น สตรอง และคณะ (Strong et al., 2005) ทำการศึกษาผลการฝึกโปรแกรมการกระโดดที่แตกต่างกัน ที่มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูกสะโพกและกระดูกเชิงกรานในผู้หญิงวัยก่อนหมดประจำเดือน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกการกระโดด ที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ และกลุ่มควบคุม ที่มีผลต่อความหนาแน่นของกระดูกสะโพกและกระดูกเชิงกรานในผู้หญิงวัยก่อนหมดประจำเดือน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน มีอายุระหว่าง 25-50 ปี แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม และ กลุ่มฝึกการกระโดดรูปแบบที่แตกต่างกันสองกลุ่ม ผลการศึกษาพบว่า หลังจากการฝึกการกระโดด 16 สัปดาห์ พบว่าค่าความหนาแน่นของกระดูกในกลุ่มการกระโดดทั้งสองรูปแบบเพิ่มสูงขึ้นทั้งคู่เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วิทซ์เค และคณะ(Witzeke et al., 2002)ศึกษาผลการฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริกที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูก กลุ่มตัวอย่างมีทั้งหมดทั้งหมด 53 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 28 คน และกลุ่มฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริก 25 คน ทำการฝึกเป็นเวลานาน 9 เดือนเพื่อวัดความหนาแน่นของกระดูกแล้วนำมาเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ผลการศึกษาพบว่าหลังจากการฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริกนาน 9 เดือน พบว่าค่าความหนาแน่นของกระดูกบริเวณเกรทเทอร์โทรแซนเทอร์(Greater trochanter) ของกระดูกต้นขาของกลุ่มฝึกการกระโดดแบบพลัยโอเมตริกมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าสามารถพัฒนาความแข็งแรงของขาอีกด้วย

การศึกษาวิจัยของ สเลเมนดา และคณะ(Slemenda et al., 1991)ทำการศึกษาเปรียบเทียบเด็กที่มีการออกกกำลังกายจะมีมวลกระดูกสูงกว่าเด็กที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย และงานวิจัยของ เคาเทกซ์ (Courteix et al., 1998) พบว่าในผู้ที่ออกกำลังกายด้วยกันจะพบว่า ชนิดของการออกกำลังกายที่มีแรงกระแทกสูงต่อร่างกายจะมีมวลกระดูกสูงกว่าผู้ที่ออกกำลังกายที่มีแรงกระแทกต่ำ เช่น การเดิน หรือ กิจกรรมที่ไม่ได้ลงน้ำหนัก เช่น กีฬาว่ายน้ำเป็นต้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ให้ความสนใจศึกษาในกิจกรรมที่มีการกระโดด หรือกิจกรรมอื่นมีแรงกระแทกต่อร่างกายสูง ซึ่งโดยทฤษฎีแล้วควรจะทำให้มีการกระตุ้นให้มีการสร้างกระดูกได้ดีและมากกว่าแรงที่

เป็นระดับน้อยถึงปานกลางเท่านั้น (Fuchs et al., 2001)เพราะแรงที่เกิดจากแรงปฏิกิริยาระหว่างการกระโดดอาจสูงได้ถึง 6-8 เท่า ของน้ำหนักตัว หรือในกรณีของกิจกรรมในการเล่นยิมนาสติกบางท่าอาจจะมากถึง 10-15 เท่า แต่ในขณะแรงที่เกิดจากการเดินหรือวิ่งสูงเพียงแค่ 1-2 เท่าของน้ำหนักตัวเท่านั้น (McNitt-Gray ,1993) และงานวิจัยของ แมคเคลวี และคณะ(MacKelvie et al., 2001)พบว่าการออกกำลังกายด้วยการกระโดดส่งผลต่อการพัฒนาของกระดูกในเด็กผู้หญิง และในการศึกษาวิจัยของ เปอร์ตี และคณะ(Petit et al., 2002) พบว่าการออกกำลังกายแบบมีแรงกระแทกส่งผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณสะโพกในเด็กผู้หญิงได้ดี ซึ่งในการศึกษาวิจัยเหล่านี้ แสดงให้เห็นไปในทางเดียวกันว่า ผู้ที่เข้าร่วมกิจกรรมที่เน้นการกระโดดโลดเต้นและมีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนไปมาหลากหลายทิศทางแตกต่างกันไป จะมีมวลกระดูกสูงกว่าผู้ที่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหวหรือออกกำลังกายตามปกติที่เคยทำเป็นประจำ และ ยังมีงานวิจัยหนึ่งที่มีการเพิ่มการแบกน้ำหนักด้วยร่วมกับกิจกรรมที่มีแรงกระแทกที่มาก ก็พบว่า ทำให้มีมวลกระดูกโดยรวมทั้งร่างกายเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะข้อสะโพกและกระดูกสันหลังด้วย(Morris et al.,1997)และการศึกษาของ เวอารี่ และคณะ(Vuori et al.,2001) พบว่า ในนักกีฬาวัยหนุ่มสาวทั้งเพศชายและเพศหญิงจะมีความหนาแน่นของกระดูก(Bone mineral Density-BMD)สูงกว่าในส่วนของร่างกายที่มีการลงน้ำหนักเมื่อเทียบกับหนุ่มสาวที่ไม่เป็นนักกีฬาโดยยังพบว่า การเพิ่มของความหนาแน่นของกระดูก จะสูงมากอย่างเห็นได้ชัดมากในนักกีฬาประเภทที่มีแรงกระทำย้อนกลับจากพื้นหรือกระทำต่อข้อต่างๆ เช่น ยิมนาสติก หรือ กีฬายกน้ำหนัก ดังนั้นพอที่จะสรุปได้จากงานวิจัยดังกล่าวนี้ เพื่อให้คำแนะนำในการออกกำลังกายว่า กิจกรรมหรือการออกกำลังกายที่มีแรงปฏิกิริยาจากพื้นสูง เช่นการกระโดดโลดเต้น การวิ่งลงน้ำหนัก และแม้แต่การออกกำลังกายยกน้ำหนักที่มีแรงต้าน ก็จะทำให้มีการกระตุ้นให้ร่างกายมีการสร้างมวลกระดูกเพิ่มขึ้นได้ จากหลักฐานที่มีอยู่จนถึงปัจจุบันยังคงสนับสนุนให้ใช้การออกกำลังกายดังกล่าวมาแล้วคือชนิดการออกกำลังกายควรเป็นชนิดที่มีการลงน้ำหนักหรือชนิดที่มีแรงกระแทกสูง ได้แก่ ยิมนาสติก พลัยโอเมตริก ฟุตบอล วอลเล่ย์บอล และ การออกกำลังกายแบบแรงต้าน (ฉกาจ ผ่องอักษร, 2552) นอกจากนี้การศึกษาของ มานพ ถนอมวงศ์ และพงศ์ศักดิ์(Manop,Thanomwong andPongsak, 2009) พบว่าการออกกำลังกายโยคะแบบลงน้ำหนักมีผลต่อการชะลอการสลายมวลกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือนเนื่องจากน้ำหนักที่กดลงกระดูกและแรงเค้นจากกล้ามเนื้อมีผลต่อการชะลอการสลายมวลกระดูกได้

ในด้านการเปลี่ยนแปลงของมวลกระดูกในร่างกายส่วนบน การออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องน่าจะมีผลต่อการสร้างของมวลกระดูกและการสลายของมวล

กระดูกในลำตัวส่วนบนของร่างกาย เช่น อก หลัง และท่อนแขนโดยกล้ามเนื้อต้องทำงานมากขึ้น จากการเหวี่ยงแขนและการรักษาความมั่นคงของส่วนบนของร่างกายจากการที่กล้ามเนื้อทำงานหนักขึ้นทำให้เกิดแรงบีบเค้นต่อมวลกระดูกทำให้เซลล์ของกระดูกได้รับการกระตุ้นต่อกระบวนการทำงานอีกเช่นกัน

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปเป็นภาพรวมได้ว่าการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนจะเห็นได้ว่ามีการกระโดดที่ซ้ำๆ กันอย่างต่อเนื่องน่าจะทำให้กระดูกและข้อต่อต่างๆ ในบริเวณนั้นได้รับการกระตุ้นอยู่ตลอดระยะเวลาของการฝึก ส่งผลให้กลไกการทำงานของเซลล์ที่อยู่ภายในกระดูกเกิดการทำงานต่อกระบวนการสลายมวลกระดูกและกระบวนการสร้างมวลกระดูก ซึ่งสอดคล้องกับ ทวี ทรงพัฒนาศิลป์ (2550) กล่าวว่า ในกระดูกจะมีเซลล์ชนิดหนึ่งซึ่งเรียกว่า ออสตีโอไซด์ เป็นตัวที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับรู้กลไกจากภายนอกที่มากระทำต่อกระดูก(Mechanism loading)หรืออาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าระบบการรับรู้ทางกลศาสตร์ (Mechano receptor) ซึ่งเป็นกลไกที่ร่างกายรับรู้ถึงน้ำหนักหรือแรงที่มากระทำต่อกระดูก และสามารถปรับเปลี่ยนการตอบสนองของกระดูกในลักษณะที่มีการเพิ่มหรือลดมวลกระดูกได้ นอกจากนี้ เสก อักษรานุเคราะห์ (2539) ยังกล่าวว่ากระดูกเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดพิเศษที่มีกระบวนการปรับเปลี่ยนเนื้อกระดูกอยู่ตลอดเวลา ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการสร้างและสลายมวลกระดูก และยังสอดคล้องกับ ภนารี พานเพียรศิลป์ (2541) ที่กล่าวว่า การที่หน่วยโครงสร้างของกระดูกมีการทำลายและการสร้างใหม่ขึ้นมาทดแทนนั้น ก็เพื่อเป็นการรักษาสภาพของเนื้อกระดูกในร่างกายให้อยู่ในสภาพที่สมดุล และอีกเหตุผลหนึ่งที่น่าจะทำให้ค่าการสลายมวลกระดูกมีค่าลดลง ซึ่งอาจจะเป็นเพราะว่าการฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนของการวิจัยนี้ช่วยทำให้ระบบการทำงานของต่อมไร้ท่อบางชนิดมีการทำงานที่สมดุลกัน ทำให้มีการหลั่งแคลเซียมที่อยู่ในกระแสเลือดเพียงพอสำหรับการใช้งานโดยที่ไม่ต้องไปกระตุ้นเซลล์สลายมวลกระดูก (Osteoclast cell) ให้ทำงานมากเกินไป นอกจากนี้ยังประกอบกับผลจากการบันทึกพฤติกรรมของกลุ่มตัวอย่างทุกๆสัปดาห์ เป็นเวลานาน 3 เดือน ระหว่างที่ทำการศึกษาพบว่า มีความสอดคล้องกับผลการวิจัย เนื่องจากกลุ่มฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและกลุ่มใช้ชีวิตประจำวันตามปกติได้ให้ความร่วมมือการปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวันตามข้อตกลงเป็นอย่างดีซึ่งก็คือ ไม่ดื่มเครื่องดื่มชนิดต่างๆที่ส่งผลต่อการสลายมวลของกระดูกเกินปริมาณที่กำหนด มีการออกกำลังกายอย่างไม่สม่ำเสมอ (ไม่เกิน 2 ครั้งต่อสัปดาห์) ไม่ได้รับฮอร์โมนทดแทน และไม่มีการรับประทานยาที่ส่งผลต่อการยับยั้งการสลายของมวลกระดูก มีเพียงบางรายที่รับประทานแคลเซียมอยู่ก่อนแล้วซึ่งถือว่าเป็นเรื่องที่ยอมรับได้และไม่

สามารถห้ามไม่ให้มีการรับประทานแคลเซียมระหว่างการทดลองของกลุ่มตัวอย่างได้ เนื่องจากจะเป็นการผิดจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

เพราะฉะนั้นจากผลการศึกษาจึงสรุปได้ว่าผลของการฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนของการวิจัยนี้สามารถช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกของสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนได้

สำหรับค่าการสร้างมวลกระดูกของกลุ่มฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและกลุ่มใช้ชีวิตประจำวันตามปกติเมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลก่อนการทดลองพบว่ามีค่าลดลง โดยที่กลุ่มฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนนั้นมีค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของการสร้างมวลกระดูกลดลงไปในทิศทางที่ดีกว่ากลุ่มใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ ส่วนปัจจัยที่ทำให้ค่าการสร้างมวลกระดูกไม่เพิ่มขึ้นนั้นอาจเป็นเพราะว่าระยะเวลาในการฝึกการออกกำลังกายแบบขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีช่วงเวลาที่น้อยกว่าช่วงเวลาการทำงานของวงจรการปรับแต่งเนื้อกระดูก (Cycle of bone remodeling) เนื่องจาก ทวี ทรงพัฒนาศิลป์ (2550)กล่าวไว้ว่า วงจรการปรับแต่งเนื้อกระดูกจะมีระยะเวลาด้วยกันทั้งหมด 4 ช่วง คือ 1. ช่วงการกระตุ้นก่อนการสลายมวลกระดูก (Activation phase) 2. ช่วงการสลายมวลกระดูก (Resorptionphase) 3. ช่วงการทำงานย้อนกลับของกระดูก (Reversal phase) และ 4. ช่วงการสร้างมวลกระดูก (Formation phase) หลังจากนั้นจะเข้าสู่ภาวะสงบของการทำงานของเซลล์กระดูกและกลับไปเริ่มต้นของวงจรของการปรับแต่งเนื้อกระดูกใหม่ โดยระยะเวลาของช่วงที่ 1 - 4 จะถูกแบ่งออกเป็น ช่วงการสลายมวลกระดูก (Resorption period หรือ Erosion period) และช่วงการสร้างมวลกระดูก (Formation period) ซึ่งถ้าเป็นวงจรการปรับแต่งเนื้อกระดูก (Remodeling period) ชนิดกระดูกเนื้อแน่น (Cortical bone) จะใช้ระยะเวลาในช่วงของการสลายมวลกระดูก (Erosionperiod) ประมาณ 30 วัน อีก 5 วันต่อมาจะเป็นระยะเวลาของการทำงานย้อนกลับของกระดูก(Reversal phase) หลังจากนั้นจะใช้เวลาต่ออีกประมาณ 90 วัน เพื่อทำการสร้างมวลกระดูกสำหรับกระดูกชนิดเนื้อพรุน (Trabecular bone) จะใช้ระยะเวลาในช่วงของการสลายมวลกระดูก(Erosion period) ประมาณ 45 วัน อีก 7 วันต่อมาจะเป็นระยะเวลาของการทำงานย้อนกลับของกระดูก (Reversal phase) และหลังจากนั้นจะใช้เวลาต่ออีกประมาณ 145 วัน เพื่อทำการสร้างมวลกระดูก รวมแล้ววงจรของกระดูกชนิดเนื้อแน่นจะใช้เวลาในการปรับแต่งเนื้อกระดูกทั้งหมดประมาณ 100 กว่าวัน ส่วนกระดูกชนิดเนื้อพรุนจะใช้เวลาในการปรับแต่งเนื้อกระดูกทั้งหมดประมาณ 200 กว่าวันเพราะฉะนั้น จึงสรุปได้ว่าช่วงระยะเวลาการฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนของการวิจัยนี้ใช้เพียง12

สัปดาห์ หรือประมาณ 90 วัน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่น้อยกว่ากลไกของวงจรการปรับแต่งเนื้อกระดูกจะทำงานสมบูรณ์เสร็จ ประกอบกับเป็นช่วงที่มีกระบวนการสร้างมวลกระดูก (Formation period)ยังทำงานไม่เสร็จสมบูรณ์ดีตามระยะเวลาที่กำหนดของกลไกในการทำงานอีกเช่นกัน จึงน่าจะเป็นเหตุให้ค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) ของการวิจัยนี้มีค่าลดลง

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบการตรวจสอบการสร้างมวลกระดูก(Bone formation) ที่คำนวณโดยอัตราส่วนระหว่างค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP)ต่อค่าการสลายมวลกระดูก(β-CrossLaps)คูณค่าคงที่ 0.31 (นาโนกรัม/มิลลิลิตร) จะพบว่าในกลุ่มการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation)เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองมากโดยก่อนการทดลองมีค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation) 37.24 นาโนกรัม/มิลลิลิตร หลังการฝึกเป็นเวลา 3 เดือนค่าการสร้างมวลกระดูก (Bone formation)เป็น 43.97 นาโนกรัม/มิลลิลิตรแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มในการสร้างมวลกระดูกที่ดีมากในกลุ่มออกกำลังกายส่วนกลุ่มควบคุมที่ใช้ชีวิตประจำวันในปกติมีค่าการสร้างมวลกระดูก(Bone formation) ลดลงโดยก่อนการทดลอง 41.16 นาโนกรัม/มิลลิลิตรหลังการทดลองเป็นเวลา 3 เดือนลดลงเหลือ 34.72 นาโนกรัม/มิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนในการวิจัยนี้มีผลต่อแนวโน้มในการสร้างมวลกระดูก(Bone formation)ที่ดี

นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงของค่าทางสรีวิทยา สุขสมรรถนะ และการทรงตัวที่ดีขึ้นจากการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน สามารถบอกถึงแนวโน้มในการพัฒนาของกระดูกที่ดีตามมาด้วย โดยในการศึกษาต่างๆพบว่านอกจากผลของการเพิ่มมวลกระดูกจากการออกกำลังกายแล้ว ยังพบว่า มีผลการเปลี่ยนแปลงของ องค์ประกอบของร่างกายและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วย โดยเฉพาะส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน (Fat Free Mass) ซึ่งรวมถึงส่วนที่เป็นกระดูกและกล้ามเนื้อด้วยนั่นเอง ทำให้และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความหนาแน่นของกระดูกในบริเวณเดียว โดยมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงถึง 50 % ต่อระดับความหนาแน่นของกระดูก ดังเช่นตัวอย่างการศึกษาในนักยกน้ำหนัก มักจะพบว่ามีสัดส่วนของปริมาณกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อร่วมกับ มวลกระดูกที่มากขึ้นด้วย โดยอธิบายได้ว่าแรงของกล้ามเนื้อจะสร้างความเครียดและกระตุ้นให้มีการตอบสนองในการสร้างมวลกระดูกได้มากขึ้นโดยสอดคล้องกับ ภนารี พานเพียรศิลป์ (2541) ได้กล่าวไว้ว่าการออกกำลังกายมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของแร่ธาตุในกระดูก โดยความหนาแน่นของแร่ธาตุในกระดูกมีค่าสูงขึ้นในนักกีฬา เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มคนที่ไม่ได้ออกกำลังกายและนักกีฬายกน้ำหนักมีส่วนประกอบของแร่ธาตุในกระดูกมากที่สุด จากการศึกษาพบว่า

ความหนาแน่นของแร่ธาตุกระดูกในนักกีฬายกน้ำหนักทุกคนมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังความเชื่อกันว่าจำนวนของมวลกล้ามเนื้อเป็นสัดส่วนโดยตรงกับส่วนประกอบของแร่ธาตุในกระดูก

แต่ก็คงเป็นการยากที่จะนำผลการศึกษาเหล่านั้นมาสนับสนุนผลการทดลองของการวิจัยนี้ เนื่องจากมีข้อจำกัดเกี่ยวกับ รูปแบบการออกกำลังกาย รูปแบบการทดสอบ สถานภาพของกลุ่มตัวอย่าง อายุ และระยะเวลาในการทดลอง แต่อย่างไรก็ตามยังคงไม่มีการศึกษาที่เกี่ยวกับผลของการฝึกการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนปรากฏเป็นที่เด่นชัดอยู่ในปัจจุบันเพื่อที่จะได้นำมาอ้างอิงผลการศึกษาของงานวิจัยนี้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ผลการศึกษาทำให้ทราบว่าการฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนภายในระยะเวลา 3 เดือนทำให้มีการชะลอการสูญเสียมวลกระดูกได้ มีการปรับปรุงด้านสุขสมรรถนะ คือ องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงและอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และ ความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจพร้อมกับความสามารถในการทรงตัวที่ดีขึ้น ดังนั้น เพื่อเป็นการลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุนและส่งเสริมให้มีคุณภาพชีวิตดีเพิ่มขึ้นก่อนเข้าสู่วัยสูงอายุ สตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนควรฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนเป็นประจำโดยทำการอบอุ่นร่างกายก่อนการฝึกการออกกำลังกายและทำการคูลดาวน์หลังการฝึกการออกกำลังกายช่วงละ 10 นาที และฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนทั้งหมด 6 สถานีโดย สถานีหนึ่งกระโดด 10 ครั้ง ทำการกระโดด 2 รอบวงจรการฝึก อย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ และเพื่อประโยชน์อันสูงสุดผู้ฝึกควรเพิ่มระดับของความหนัก และระยะเวลาในการฝึกเพิ่มมากขึ้นเมื่อสมรรถภาพของร่างกายสูงขึ้นตามความต้องการ

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีต่อการสลายมวลกระดูกในสตรีวัยหมดประจำเดือนหรือในสตรีวัยทำงานเพื่อศึกษาผลว่าเป็นอย่างไรและใช้เป็นแนวทางในการออกกำลังกายเพื่อชะลอการสลายของมวลกระดูก

2. ควรทำการศึกษาผลของกิจกรรมการออกกำลังกายรูปแบบอื่นที่มีต่อการสลายมวลกระดูกของสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนในคนไทย เช่น สเตปแอโรบิก การเดิน เป็นต้น โดยใช้วิธีการตรวจโบนมาร์กเกอร์เป็นเครื่องมือในการทดสอบ

3. หากมีเวลาควรทำการศึกษาระยะยาวโดยใช้เวลาอย่างน้อย 6 เดือนขึ้นไป เพื่อให้กระบวนการปรับแต่งเนื้อกระดูก (Cycle of Bone remodeling) ทำงานได้อย่างสมบูรณ์ครบวงจรและเพื่อให้ได้ค่าการสร้างมวลกระดูกที่แม่นยำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กระเษียร ปัญญาคำเลิศ. อาการข้างเคียงของฮอร์โมนทดแทน. ใน นิมิต เตชไกรชน (บรรณาธิการ), ฮอร์โมนทดแทนในวัยหมดระดู, 368. กรุงเทพฯ: บียอนด์ เอ็นเทอร์ไพรซ์จำกัด, 2543.

กอบจิตต์ ลิมปพะยอม. วัยหมดระดู. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์, 2543.

ฉกาจ ผ่องอักษร,Physiology of exercise and bone health effects.ใน ณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), ประชุมวิชาการBone Forum 2009, 1-25. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท์ เมดิคัส, 2552.

ณรงค์ บุณยะรัตเวช. Tutorial Bone Markers.ใน ณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), ประชุมวิชาการBone Forum 2009, 48-51. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท์ เมดิคัส, 2552.

ณรงค์ บุณยะรัตเวช. Bone Markers. ใน ณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), ประชุมวิชาการ Bone Forum 2007, 37-50. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท์ เมดิคัส, 2550.

ณรงค์ บุณยะรัตเวช. Clinical Practice in Biochemical Bone Markers. ใน ณรงค์ บุณยะรัตเวช และทวี ทรงพัฒนาศิลป์ (บรรณาธิการ), ประชุมวิชาการ Bone Forum 2005, 67-68. พิมพ์ ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท์ เมดิคัส, 2549.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และเฉลิม ชัยวัชราภรณ์. สรีรวิทยาการออกกำลังกาย 2. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

ทวี ทรงพัฒนาศิลป์. Progress in Bone Biology: The Reviews and New Insights. ใน ณรงค์ บุณยะรัตเวช (บรรณาธิการ), ประชุมวิชาการ Bone Forum 2007, 1-36. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คอนเซ็พท์ เมดิคัส, 2550.

ธีรวิทย์ ชีตะลักษณ์. ผลของการฝึกแบบหมุนเวียนที่มีต่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายเพื่อสุขภาพของนักศึกษาชายระดับปริญญาตรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546

นิมิต เตชไกรชนะ. ฮอร์โมนทดแทนและโรคกระดูกพรุน. ใน นิมิต เตชไกรชนะ (บรรณาธิการ), ฮอร์โมนทดแทนในวัยหมดระดู, 171. กรุงเทพฯ : บียอนด์ เอ็นเทอร์ไพรซ์ จำกัด, 2543

นิมิต เตชไกรชนะ และกระเษียร ปัญญาคำเลิศ. ฮอร์โมนทดแทนและมะเร็งเต้านม. ใน นิมิต เตชไกรชนะ (บรรณาธิการ). ฮอร์โมนทดแทนในวัยหมดระดู, 292. กรุงเทพฯ: บียอนด์ เอ็นเทอร์ไพรซ์ จำกัด, 2543.

บุญส่ง องค์พิพัฒนกุล. การหาอัตราการลดลงของความหนาแน่นของกระดูกในสตรีไทยหลังวัยหมดประจำเดือนและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง. ใน รัชตะ รัชตะนาวิน และคณะ, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์: โครงการวิจัยเรื่อง การป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนในคนไทย, 28-29. คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี, มหาวิทยาลัยมหิดล. 2544.

บุญส่ง องค์พิพัฒนกุล. วิธีการป้องกันการลดลงของความหนาแน่นของกระดูกในสตรีไทยวัยหมดประจำเดือนระยะต้น. ใน รัชตะ รัชตะนาวิน และคณะ, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์: โครงการวิจัยเรื่อง การป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนในคนไทย, 24-25. คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี, มหาวิทยาลัยมหิดล. 2544.

บุปผา อินต๊ะแก้ว. ตัวกำหนดความเชื่อด้านสุขภาพและพฤติกรรมป้องกันโรคกระดูกพรุนของสตรีวัยหมดประจำเดือน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลสตรี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2544.

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

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

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

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

วิเชียร เลาหเจริญสมบัติ. ภาวะกระดูกพรุน. ใน สมชัย ปรีชาสุข, วิโรจน์ กวินวงศ์โกวิท และวิวัฒน์ วจนะวิศิษฐ์ (บรรณาธิการ), ออร์โธปิดิกส์, 175-189. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โฆสิตการพิมพ์, 2538.

สมชาย เอื้อรัตนวงศ์. โรคกระดูกพรุนในโรคข้อ (Osteoporosis in Rheumatic Disease กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์, 2544.

สมพงษ์ สุวรรณวลัยกร. โรคกระดูกพรุน. ใน อุดม วิศิษฏสุนทร และรัตนวดี ณ นคร (บรรณาธิการ), คู่มือสำหรับประชาชนโรคกระดูกพรุน-โรคปวดหลัง, 1-8. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์, 2543.

สิรินทร ฉันศิริกาญจน. วิธีการรักษาโรคกระดูกพรุนในสตรีไทยวัยหมดประจำเดือน. ใน รัชตะ รัชตะนาวิน และคณะ, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์: โครงการวิจัยเรื่อง การป้องกันและรักษาโรคกระดูกพรุนในคนไทย, 26-27. คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี, มหาวิทยาลัยมหิดล, 2544.

เสก อักษรานุเคราะห์. ตำราเวชศาสตร์ฟื้นฟู. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: เทคนิค, 2539.

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

สุขจันทร์ พงษ์ประไพ. การออกกำลังกายและแนวทางป้องกันการหกล้มสำหรับผู้ป่วยโรคกระดูกพรุน. ใน อุดม วิศิษฏสุนทร และรัตนวดี ณ นคร (บรรณาธิการ), คู่มือสำหรับประชาชนโรคกระดูกพรุน-โรคปวดหลัง, 9-14. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์, 2543.

สุคนธ์ ไข่แก้ว. สตรีวัยหมดประจำเดือน: การดูแลตนเองเพื่อป้องกันโรคกระดูกพรุน. วารสารพยาบาลศาสตร์, 15, 1, 2540.

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

อร่าม โรจนสกุล. ปัญหาที่พบบ่อยในวัยหมดระดู. ใน อร่าม โรจนสกุล (บรรณาธิการ), ปัญหาที่พบบ่อยในวิทยาเอนโดครีนนรีเวช, 79-95. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ข้าวฟ่าง, 2533.

อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา. โรคกระดูกโปร่งบางกับวัยทอง, 1-60. ภาควิชาสุขภาพจิตและการพยาบาลจิตเวช คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2540.

ภาษาอังกฤษ

Aloia, J. F., Vaswani, A., Ma, R., and Flaster, E. To what extend is bone mass determined by fat-free or fat mass. American Journal of Clinical Nutrition 61, 5 (May 1995): 1110-4.

American College of Sport Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Pennsylvania: Lippincott Williams & Wilkin, 2006.

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

Bassey, E. J., and Ramsdale, S. J. Increase in femoral bone density in young women following high-impact exercise. Osteoporos International 4, 2 (March 1994): 72-75.

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

Bompa, O. Periodization training for sports : Program for peak strength in 35 Sports. Toronto: Veritas Publishing, 1999.

Cavanaugh, D. J., and Cann, C. E. Brisk walking does not stop bone loss in postmenopausal women. Bone 9, 4 (January 1998): 201-204.

Chan, K., et al. 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 (May 2004): 717-722

Chow, R., Harrison, J., E., and Notarius, C. Effect of two randomised exercise programmes on bone mass of healthy postmenopausal women. British Medical Journal 5 (December 1987): 1441-1444.

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

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

Courteix, D., Lespessailles, E., Peres, S.L., Obert, P., Germain, P.,and Benhamou, C.L. 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 (April 1998): 152-158.

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

Cussler, E. C., Lohman, T. G., Going, S. B., Houtkooper, L. B., Metcalfe, L. L., Flint-Wagner, H. G., et al. Weight lifted in strength training predicts bone change in postmenopausal women. Medicine and Science in Sports and Exercise 35, 1 (January 2003): 10-17.

Dowd, R., and Calvalieri, R. J. Help your patient live with osteoporosis. American Journal Of Nursing 99, 4 (April 1999): 55-60.

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

Erickson, G. P., and Jones, J. A. Osteoporosis risk assessment mature working women. American Association of Occupational Health Nurses 40, 90 (January 1992): 423-428.

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

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

Feskanich, D., Willett, W., and Colditz, G. Walking and leisure-time activity and risk of hip fracture in postmenopausal women. Journal of the American Medical Association 13, 18 (November 2002): 2300-2306.

Fuchs, R. K., Bauer, J. J., Snow, C. M. Jumping improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: a randomized controlled trial. Journal of Bone Mineral Research 16, 1 (January 2001): 148-56.

Garbutt, G. Physiology and spinal response to circuit Weight – Training. Ergonomics 12 (1944): 117 – 125.

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

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

Guadalupe-Grau, A., Perez-Gomez, J., Olmedillas, H., Chavarren, J., Dorado, C. Santana, A., Serrano-Sanchez, J. A., and Calbet, J. A. Strength training combined with plyometric jumps in adults: sex differences in fat-bone axis adaptations. Journal of Applied Physiology 106 (February 2009):1100-1111.

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

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

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

Kerr, D., Ackland, T., Maslen, B., Morton, A., Prince, R. Resistance training over 2 years increases bone mass in calcium-replete postmenopausal women. Journal of Bone Mineral Research 16, 1 (January 2001): 175-181.

Khan, K. M., Bennell, K. L., Hopper, J. L., Flicker, L., Nowson, C. A., Sherwin, A. J. Self-reported ballet classes undertaken at age 10-12 years and hip bone mineral density in later life. Osteoporos International 8, 2 (1998): 165-173.

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

Kohrt, W. M., Ehsani, A. .A., and Birge, S. J. 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 (August 1997): 1253-1261.

Kulak, C. A. M., and Bilezikian, J. P. Osteoporosis: preventive strategies. International Journal of Fertility 43, 2 (1998): 56-64

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

Marcinik, E. J. Effect of circuit weight training on endurance performance : Muscular strength, power endurance and lactate threshold correlates. Dissertation Abstracts International 11 (1988): 50-54.

Mackelvie, K. J., Mckay, H. A., Khan, K. M., Crocker, P. R. A school-based exercise intervention augments bone mineral accrual in early pubertal girls. Journal of Pediatric Orthopaedics 139, 4 (October 2001): 501-508.

Manop, P., Thanomwong, K., Pongsak, Y. The effects of weight bearing yoga training on the bone resorption markers of the postmenopausal woman. Journal of Medical Association of Thailand 92 (2009):102-108

Marcinik, E. J. Effect of circuit weight training on endurance performance : Muscular strength, power endurance and lactate threshold correlates. Dissertation Abstracts International 7 (1988): 50-54.

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

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

McNitt-Gray, J. L. Kinetics of the lower extremities during drop landings from three heights. Journal of Biomechanics 26, 9 (September 1993): 1037-1046.

Morris, F. L., Naughton, G. A., Gibbs, J. L., Carison, J. S., Wark, J. D. Prospective ten month exercise intervention in premenarcheal girls: positive effects on bone and lean mass. Journal of Bone Mineral Research 12, 9 (September 1997):1453-1462.

Narong, B. Monitoring of risedronate by biochemical bone markers in clinical practice. Journal of Medical Association of Thailand 88 (2005):34-36

Nelson, M. E., Fisher, E. C.,Dilmanian, F. A., Dallal, G. E., Evans, W. J. A 1-year walking program and increase dietary calcium in postmenopausal woman: effects on bone. American Journal of Clinical Nutrition 53, 5 (May 1991): 1304-1311.

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

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

Petit, M. A., Mckay, H. A., Mckelvie, K. J., Heinonen, A., Khan, K. M., Beck, T. J. A randomized school-based jumping intervention confers site and maturity-specific benefits on bone structural properties in girls: a hip structural analysis study. Journal of Bone Mineral Research 17, 3 (March 2002): 363-372.

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

Recker, R. R., Davies, K. M., Hinders, S. M., Heaney, R. P., Stegman, M.R., Kimmel, D. B. Bone gain in young adulth woman. Journal of the American Medical Association 4 (November 1992):2403-2408.

Roach, S. S. Introductory: Gerontological nursing. Philadelphia: Lippincott, 2001.

Robyn, K., Jeremy, J., Christine, M. Jumping improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: a randomized controlled trial. Journal of Bone Mineral Research 16 (January 2001):148-156.

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

Rose, P. D. Clinical consequences of vertebral fractures. The American Journal of Medicine 103 (1997): 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. and Wing, R Effect of a lifestyle intervention on bone mineral density in premenopausal women: a randomized trial. American Journal of Clinical Nutrition 70 (1999): 97-103.

Slemenda, C. W., Miller. J. Z., Hui S. L., Reister, T. K., Johnston, C. C. Role of physical activity in the development of skeletal mass in children. Journal of Bone Mineral Research 6, 11 (November 1991): 1227-1233.

Smith, R. P. Menopause. In R. P. Smith (Ed.), Gynecology in primary care. Baltimore: Williams & Wilkins, (1997): 281-301.

Snow-Harter, C., Bouxsein, M. L., Lewis, B. T., Carter, D. R., Marcus, R. 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 (July 1992): 761-769.

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

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

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

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

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

Wayne, P. M., et al., The effects of tai chi on bone mineral density in postmenopausal women: a systematic review. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 88 (May 2007): 673-680.

Whitehead, M. I. Menopause. In D. K. Edmonds. (Ed.). Dewhurst's textbook of obstetrics and gyneacology for postgraduates (6th ed.). London: Blackwell Science (1999): 441-461.

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

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมฯ

\

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

---

COA No. 112/2552

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 091.1/ 52 : ผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อ การสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน

ผู้วิจัยหลัก : นายอัจฉริยะ เอนก นิสิตระดับมหาบัณฑิต

หน่วยงาน : สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

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

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

วันที่รับรอง : 14 ตุลาคม 2552 **วันหมดอายุ** : 13 ตุลาคม 2553

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

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

เลขที่โครงการวิจัย 091.1/52
วันที่รับรอง 14 ต.ค. 2552
วันหมดอายุ 13 ต.ค. 2553

เงื่อนไข

1. *ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ*
2. *หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย*
3. *ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด*
4. *ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) **เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น แล้วส่งสำเนาใบแรกที่ใช้เอกสารดังกล่าวมาที่คณะกรรมการ***
5. *หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ*
6. *หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ*
7. *โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-11) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น*

ภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

AF 05-09

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย ชื่อโครงการวิจัยผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อการสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน

ชื่อผู้วิจัย นาย อัจฉริยะ เอนก

ที่อยู่ที่ติดต่อ 51/1 หมู่ 4 ตำบล มงคลธรรมนิมิต อำเภอ สามโก้ จังหวัด อ่างทอง รหัสไปรษณีย์14160

โทรศัพท์ที่บ้าน -โทรศัพท์มือถือ **086-5160146** E-mail: OZONE_AUT@HOTMAIL.COM

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

ข้าพเจ้า**จึงสมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอม ตอบแบบสอบถามประวัติสุขภาพ, บันทึกพฤติกรรมประจำวัน โดยทำการบันทึกทุกๆ สัปดาห์ เป็นระยะเวลานาน 3 เดือน เข้าร่วมการออกกำลังกายตามรูปแบบที่กำหนด เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆ ละ 50 นาที และทำการทดสอบ ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ รายละเอียดการทดสอบประกอบด้วย

เลขที่โครงการวิจัย 091.1/52
วันที่รับรอง 14 ต.ค. 2552
วันหมดอายุ 13 ต.ค. 2553

1. บันทึกข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยา
2. ทดสอบสุขสมรรถนะ
   - 2.1 ความอ่อนตัว
   - 2.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา
   - 2.3 สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen uptake) โดยการทดสอบจากเครื่องวัดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส (Gas Analyzer) โดยการทดสอบที่ใช้เป็นการใช้แบบทดสอบ Modified Bruce Treadmill Test
   - 2.4 เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย
3. ทดสอบค่าการสลายของมวลกระดูก(β-CrossLaps) และค่าการสร้างมวลกระดูก (P1NP) โดยดำเนินการเจาะเลือดของกลุ่มตัวอย่างทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลองรวมทั้งหมด 2 ครั้งๆ ละ 3 ซี.ซี. (ประมาณครึ่งช้อนชา) โดยปริมาณเลือดที่เจาะออกมาของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยจะทำการศึกษาเฉพาะงานวิจัยนี้เท่านั้น และจะถูกทำลายทิ้งโดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ *โดยการเจาะเลือดจะไปที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ทั้งก่อนและหลังการทดลอง โดยได้รับค่าเดินทางครั้งละ 150บาท และอาหารบำรุงร่างกาย ทั้งก่อนและหลังการทดลอง*

* ตัวเอียง หมายถึง คำอธิบาย ไม่ต้องระบุในเอกสาร

ปรับปรุงเมื่อ 23 มกราคม 2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ทดสอบความสามารถในการทรงตัวโดยใช้กระดานทดสอบการทรงตัว (Balance board)

ข้าพเจ้ามีสิทธิ**ถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **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**

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

เลขที่โครงการวิจัย 091.1/52
วันที่รับรอง 14 ต.ค. 2552
วันหมดอายุ 13 ต.ค. 2553

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

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

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

(Patient/ Participant Information Sheet)

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อ การสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน

EFFECTS OF CIRCUIT BOX JUMPING ON BONE RESORPTION , HEALTH - RELATED PHYSICAL FITNESS AND BALANCE IN PREMENOPAUSAL WOMEN.

ชื่อผู้วิจัย นาย อัจฉริยะ เอนก ตำแหน่ง นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา แขนงวิชาการสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (สถานศึกษา)

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระราม 1 ปทุมวัน กทม. 10330

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

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

โทรศัพท์มือถือ 080-5160146 E-mail : OZONE_AUT@HOTMAIL.COM

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยประกอบด้วย คำอธิบายดังต่อไปนี้

1. ท่านเป็นบุคคลหนึ่งใน*จำนวนทั้งหมด 60 คน* ที่มีใจรักด้านสุขภาพและการออกกำลังกายที่ได้รับเชิญให้เข้าร่วมโครงการวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อ การสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน

2. โครงการวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการวิจัยเชิงทดลอง โดยศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อ การสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน กลุ่มตัวอย่างเป็นสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนมีอายุระหว่าง35-45 ปี ซึ่งเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการจะต้องมีสุขภาพที่แข็งแรงและมีความพร้อมที่จะออกกำลังกาย

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาผลจากการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีต่อการการสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน

เลขที่โครงการวิจัย 091.1/52

วันที่รับรอง 14 ต.ค. 2552

วันหมดอายุ 13 ต.ค. 2553

4. ลักษณะของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย คือ สตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน *มีอายุระหว่าง 35-45 ปี จำนวนทั้งหมด 60 คน* โดยเป็นบุคลากรภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการและมีสุขภาพร่างกายแข็งแรงที่พร้อมจะออกกำลังกายโดยผ่านการประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนด

5. กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย มีกระบวนการดังนี้

5.1 เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

5.1.1 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นอาสาสมัครสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน ที่มี *อายุระหว่าง 35-45ปี*

5.1.2 กลุ่มตัวอย่างจะต้องมีสุขภาพที่แข็งแรงและมีความพร้อมที่จะออกกำลังกาย โดยการประเมินจากแบบคัดกรองอาสาสมัครก่อนเข้าร่วมการทดลอง

5.1.3 กลุ่มตัวอย่างมีค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้าไม่ต่ำกว่า -2.5 ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามที่องค์การอนามัยโลกกำหนด โดยครื่องมือที่ใช้วัดความหนาแน่นมวลกระดูกที่ส้นเท้ามีชื่อยี่ห้อเรียกว่า “SAHARA” ของบริษัท โฮโลจิค ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งผู้ตรวจวัดและเครื่องมือการตรวจวัดมวลกระดูกที่ส้นเท้าได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท บีเจซี เฮลท์แคร์ จำกัด ได้เดินทางมาดำเนินการตรวจวัดให้ที่คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยไม่คิดค่าบริการ

วิธีการตรวจวัด

ให้ผู้ถูกตรวจวัดถอดรองเท้าและถุงเท้าออกทั้งสองข้าง และวางตำแหน่งของส้นเท้าข้างที่จะวัดให้ชิดกับตำแหน่งที่กำหนด (วัดได้ทีละข้าง) โดยผู้ถูกตรวจวัดจะต้องนิ่งอยู่เฉยๆ ประมาณ 30 วินาที และเครื่องตรวจจะทำการวิเคราะห์ออกมา

5.1.4 กลุ่มตัวอย่างต้องไม่เป็นผู้ที่สูบบุหรี่ ดื่มสุรา และรับประทานยาหรือฮอร์โมนที่มีผลต่อกระดูกมาก่อนการเข้าร่วมการศึกษาอย่างน้อย 1 ปี

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

5.1.6 กลุ่มตัวอย่างไม่มีประวัติของการป่วยเป็นโรคตับและโรคไต

5.1.7 กลุ่มตัวอย่างมีการออกกำลังกายอย่างไม่สม่ำเสมอ (ไม่เกิน 2 ครั้งต่อสัปดาห์)

5.1.8 น้ำหนักตัวอยู่ในเกณฑ์ไม่อ้วน (ค่าดัชนีมวลกายไม่เกิน30)

5.1.9 กลุ่มตัวอย่างต้องผ่านการประเมินสุขภาพและข้อเข่าโดยแพทย์

5.2 เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

5.2.1 กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุการณ์ที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการ

เลขที่โครงการวิจัย 091.1/52
วันที่รับรอง 14 ต.ค. 2552
วันหมดอายุ 13 ต.ค. 2553

บาดเจ็บจากอุบัติเหตุ มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

5.2.2 กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจเข้าร่วมการทดลองต่อไป

5.3 ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

5.3.1 กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครที่เต็มใจเข้าร่วมการวิจัยและได้รับการชี้แจงรายระเอียดที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการวิจัยต่างๆ อย่างละเอียด พร้อมทั้งลงชื่อในใบยินยอมเพื่อเข้าร่วมทำการทดลอง

5.3.2กลุ่มทดลองต้องไม่ทำการฝึกการกระโดดเพิ่มเติมและกลุ่มควบคุมให้ความร่วมมือในการใช้ชีวิตประจำวันตามปกติและตามข้อตกลงเบื้องต้น

5.3.5 ผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมในการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงแบบหมุนเวียนด้วยตนเองทุกครั้ง

5.3.6 ใช้สถานที่ของสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาเป็นที่สำหรับฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน (Circuit of box jumping) และมีช่วงเวลาที่ทำการฝึกตั้งแต่เวลาประมาณ 16.30-17.20 น.

5.3.7 ใช้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เลือดทางชีวเคมีเพื่อหาค่าการสลายมวลกระดูกและค่าการสร้างมวลกระดูกของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

5.3.8 มีการบันทึกพฤติกรรมประจำวัน อาทิเช่น การบริโภค

5.4 วิธีดำเนินการวิจัย

5.4.1 รับสมัครอาสาสมัครและทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยผ่านแบบคัดกรองอาสาสมัคร

5.4.2 จัดประชุมกลุ่มตัวอย่างโดยผู้วิจัยหลักและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นผู้ดำเนินการเพื่อชี้แจงรายระเอียดที่เกี่ยวกับขั้นตอนการวิจัยให้กับกลุ่มตัวอย่างพร้อมทั้งลงชื่อในใบยินยอมเพื่อเข้าร่วมทำการทดลอง

5.4.3 ดำเนินการเจาะเลือดของกลุ่มตัวอย่างโดย*ผู้ปฏิบัติการ(พยาบาล)ทางห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์*ทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลองรวมทั้งหมด 2 ครั้งๆ ละประมาณครึ่งช้อนชา โดยปริมาณเลือดที่เจาะออกมาของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยจะทำการศึกษาเฉพาะงานวิจัยนี้เท่านั้นและจะถูกทำลายทิ้งโดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์

5.4.4 ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลาก เข้า*กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 30 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 60 คน*

5.4.5 กลุ่มทดลองทำการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนเป็นเวลา 12 สัปดาห์ๆ ละ 3 วันๆ ละ 50นาที กลุ่มควบคุมให้ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติและตามข้อตกลงเบื้องต้น

เลขที่โครงการวิจัย 091.1/52
วันที่รับรอง 14 ต.ค. 2552
วันหมดอายุ 13 ต.ค. 2553

6. ความเสี่ยงของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยที่อาจจะได้รับจากการเข้าร่วมวิจัยมีดังนี้

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

อนึ่ง ปริมาณเลือดที่เจาะออกมาของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยจะทำการศึกษาเฉพาะงานวิจัยนี้เท่านั้นและจะถูกทำลายทิ้งโดยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ หากกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยต้องการทราบผลการตรวจเลือดอื่นๆ ที่นอกเหนือจากการวิจัยนี้กรุณาแจ้งความจำนงต่อผู้วิจัยพร้อมทั้งต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการตรวจเลือดเพื่อวิเคราะห์ผลนั่นๆ เอง

<u>ความเสี่ยงจากการฝึกการออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน</u> เพื่อความปลอดภัยของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อ การสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน กับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน ก่อนนำมาใช้ในการวิจัย ในขณะที่ทำการฝึกกลุ่มตัวอย่างการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนอาจรู้สึกปวดเมื่อยตามร่างกายหรือรู้สึกอึดอัดหายใจไม่สะดวก แต่อาการดังกล่าวจะหายไปในเวลาอันสั้น*หากมีการวิงเวียนมึนงง เป็นลมจากการเจาะเลือดผู้วิจัยมีการเตรียมการทำการปฐมพยาบาลในเบื้องต้น หากมีอาการที่รุนแรงผู้วิจัยจะดำเนินการนำส่งแพทย์ต่อไปเพื่อความปลอดภัย* ทั้งนี้ก่อนและหลังจากการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนทุกครั้งจะมีการอบอุ่นร่างกายและการผ่อนคลายร่างกายเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้น หากพบว่ามีการบาดเจ็บเกิดขึ้นระหว่างการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนกลุ่มตัวอย่างสามารถหยุดพักได้ทันที และควรแจ้งต่อผู้วิจัยโดยเร็วเพื่อดำเนินการปฐมพยาบาลตามความเหมาะสมของอาการ โดยมีผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษา

7. การเข้าร่วมเป็นกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

8. กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัย หากมีข้อสงสัยสามารถสอบถามเพิ่มเติมได้ โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัยผู้วิจัยจะแจ้งให้กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

9. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มตัวอย่างจะเก็บเป็นความลับ และหากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม

เลขที่โครงการวิจัย 091.1/52
วันที่รับรอง 14 ต.ค. 2552
วันหมดอายุ 13 ต.ค. 2553

10. ประโยชน์ของกลุ่มตัวอย่างที่จะได้รับจากการเข้าร่วมวิจัย คือการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน(Circuit of box jumping)ของการศึกษานี้สามารถเพิ่มความหนาแน่นของกระดูก หรือ ชะลอการสลายมวลกระดูกของสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน และเป็นแนวทางในการส่งเสริมการออกกำลังกายในรูปแบบที่ชัดเจน และปลอดภัยสามารถปฏิบัติเองได้ง่าย ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ที่ซับซ้อน เพื่อร่วมกับการป้องกันโรคกระดูกพรุน อีกทั้งสามารถเพิ่มสุขสมรรถนะ ได้แก่ องค์ประกอบของร่างกาย ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว ความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจและการทรงตัวได้

11.ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับค่าเดินทางในการไปเจาะเลือดที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ทั้งหมด 2 ครั้งๆ ละ 150 บาท รวมเป็นเงินทั้งสิ้น300 บาทต่อคน พร้อมทั้งได้รับอาหารบำรุงร่างกายหลังจากการเจาะเลือด เช่น นมกล่อง ขนม เป็นต้น

12. 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__

เลขที่โครงการวิจัย 091.1/52
วันที่รับรอง 14 ต.ค. 2552
วันหมดอายุ 13 ต.ค. 2553

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบคัดกรองอาสาสมัคร

วันที่ทำการคัดกรอง...../...../.....

ชื่อ..... อายุ.....ปี

<u>กรุณาทำเครื่องหมายถูกลงในช่องที่ถูกต้อง</u>

<u>สำหรับเจ้าหน้าที่ดำเนินการคัดกรอง</u>

1.ยังคงมีประจำเดือนมาอย่างสม่ำเสมอ หรืออาจพบว่ามีประจำเดือนขาดหายไปบ้างบางครั้ง แต่ไม่เกิน 3 เดือน	☐ ไม่ใช่	☐ใช่
2.อายุระหว่าง 35 -45 ปี	☐ไม่ใช่	☐ใช่
3.ไม่ดื่มหรือเลิกดื่มสุรามาแล้วมากกว่า 1 ปี	☐ไม่ใช่	☐ใช่
4.ไม่ดื่มชา และหรือกาแฟดำหรือดื่มไม่เกิน 2 ถ้วยมาตรฐานต่อวัน	☐ไม่ใช่	☐ใช่
5.มีค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ส้นเท้าไม่ต่ำกว่า -2.5 SD	☐ไม่ใช่	☐ใช่
6.ไม่ได้รับฮอร์โมนทดแทน	☐ไม่ใช่	☐ใช่
7.ไม่ได้รับยาที่ส่งผลต่อกระดูก		
8.ไม่สูบหรือเลิกสูบบุหรี่มาแล้วมากกว่า 1 ปี	☐ไม่ใช่	☐ใช่
9.สามารถเข้าร่วมโครงการเป็นเวลานาน 3 เดือน	☐ไม่ใช่	☐ใช่
10. ทำการผ่าตัดมดลูกออกใช่หรือไม่	☐ไม่ใช่	☐ใช่ เมื่ออายุ.....ปี
11. ทำการผ่าตัดรังไข่ออกทั้งสองข้างใช่หรือไม่	☐ไม่ใช่	☐ใช่ เมื่ออายุ.....ปี

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

สรุปผลการคัดกรอง ☐ สามารถเข้าร่วมโครงการ ☐ ไม่สามารถเข้าร่วมโครงการ

ลงชื่อผู้ดำเนินการคัดกรอง.....(ตัวบรรจง)

ภาคผนวก จ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามประวัติสุขภาพและคุณสมบัติทั่วไป

กรุณาตอบแบบสอบถามให้ครบทุกข้อ โปรดใช้เวลาประมาณ 10 นาทีอ่านและตอบคำถามแต่ละข้อให้ถูกต้องตามความเป็นจริงโดยขีดเครื่องหมายถูกลงในช่องว่าง □ ที่ท่านเห็นว่าตรงกับลักษณะของท่านมากที่สุดและเติมรายละเอียดลงในช่องว่างต่อไปนี้

1.รหัส.....

2. ประวัติของ บิดา มารดา เคยกระดูกหักจากการล้มเล็กน้อย หรือ ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคกระดูกพรุนหรือไม่

□เคย □ ไม่เคย

3. ประวัติของท่านเคยกระดูกหักจากการล้มเล็กน้อยเมื่อเป็นผู้ใหญ่แล้ว

□ เคย □ ไม่เคย

4. ประวัติการมีประจำเดือน

□ สม่ำเสมอ □ ไม่สม่ำเสมอ

ปริมาณประจำเดือน □ ปกติ □มากกว่าปกติ

เริ่มมีประจำเดือนเมื่ออายุ.....ปี

5. ได้รับฮอร์โมนเพศเสริมหรือไม่

□ ไม่รับ □ ได้รับ

รูปแบบของยาฮอร์โมนเพศที่ได้รับ

□ ยากิน □ ยาทา

6. ประวัติการสูบบุหรี่อย่างน้อยที่สุดในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา

□ ไม่เคย □เคย โดย □เป็นบางครั้ง □สม่ำเสมอ

7. การออกกำลังกาย

□ ไม่เคย □เคย โดย □เป็นบางครั้ง □สม่ำเสมอ

ชนิดของการออกกำลังกาย.....

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

8. ท่านเคยใช้ยาข้อใดเป็นประจำ

□ ไม่เคยใช้ยาชนิดใดเป็นประจำ เคย □ ธัยรอยด์ฮฮร์โมน

□ สเตียรอยด์ □ ยากันชัก

□ เฮพฟาริน □ เตตราไซคลิน

□ อื่น.....

□ ไม่ทราบ

9. รายระเอียดอื่นๆ (โปรดระบุ)

……

……

……..

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบบันทึกข้อมูลการดำเนินชีวิตประจำวันระหว่างการทดลองของกลุ่มตัวอย่างเป็นเวลานาน 3 เดือน

1. รหัส…….. อาชีพ……..

2. ประวัติการได้รับฮอร์โมนเพศ

☐ไม่ได้รับ ☐ได้รับ

3. ประวัติการสูบบุหรี่

☐ไม่สูบ ☐สูบไม่สม่ำเสมอ ☐สูบสม่ำเสมอ

4. ประวัติการดื่มเครื่องดื่ม

4.1 ☐สุรา/เครื่องดื่มผสมแอลกอฮอล์

☐ ไม่ดื่ม ☐ ดื่มเป็นบางครั้ง อย่างน้อย….แก้ว ต่อเดือน

☐ ดื่มสม่ำเสมอ….แก้ว ต่อสัปดาห์

4.2☐ ชา/กาแฟดำ

☐ไม่ดื่ม ☐ดื่มไม่สม่ำเสมอ อย่างน้อย….แก้ว/ถ้วย ต่อสัปดาห์

☐ดื่มสม่ำเสมอ….แก้ว/ถ้วย ต่อวัน

4.3 ☐น้ำอัดลม

☐ไม่ดื่ม ☐ดื่มไม่สม่ำเสมอ อย่างน้อย….แก้ว ต่อเดือน

☐ดื่มสม่ำเสมอ….แก้ว ต่อวัน

4.4 ☐นม

☐ไม่ดื่ม ☐ดื่มไม่สม่ำเสมอ อย่างน้อย….แก้ว ต่อสัปดาห์

☐ดื่มสม่ำเสมอ….แก้ว ต่อวัน

5. ประวัติการออกกำลังกาย

☐ไม่ได้ออกกำลังกาย ☐ออกกำลังกายไม่สม่ำเสมอ

☐ออกกำลังกายสม่ำเสมอ

ชนิดของการออกกำลังกาย……

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

6. ประวัติการรับประทานแคลเซียมและผลิตภัณฑ์จากแคลเซียม

☐ไม่รับประทาน ☐รับประทานไม่สม่ำเสมอ

☐รับประทานสม่ำเสมอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ซ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน

หลักการและเหตุผล

สตรีโดยทั่วไปมีแนวโน้มที่จะเกิดการสลายมวลกระดูกเร็วกว่าผู้ชายอันเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโรคกระดูกพรุนในเวลาต่อมา โดยจะมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดกระดูกหัก ยุบตัว หรือหลังคดงอได้ง่ายเมื่อมีการหกล้มที่ไม่รุนแรง นอกจากนั้นแล้วยังต้องเผชิญปัญหาด้านต่างๆอีกอาทิ เช่นปัญหาด้านการทรงตัว (Balance) ซึ่งหากการทรงตัวไม่ดี จะทำให้เกิดปัญหาการหกล้ม และกระดูกหักตามมา และยังมีที่สำคัญอื่นอีกคือปัญหาทางด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และระบบการหายใจและไหลเวียนโลหิต ทำให้ส่งผลต่อสุขภาพทางกาย,สภาพจิตใจ, อารมณ์ และสังคมเป็นอย่างมาก ตลอดจนเป็นปัญหาด้านภาวะการพึ่งพิงของบุคคลรอบข้างและจะต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายอย่างมหาศาลในการรักษาด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงขอเสนอทางเลือกใหม่ในการช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกของสตรีวัยก่อหมดประจำเดือน พร้อมทั้งเพิ่มสุขสมรรถนะและการทรงตัว ในคราวเดียวกัน ด้วยโปรแกรมการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนของการวิจัยนี้

วัตถุประสงค์

เพื่อช่วยชะลอการสลายมวลกระดูก เพิ่มสุขสมรรถนะ และการทรงตัวของสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน

คุณภาพของโปรแกรมการฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน

จากการตรวจสอบโปรแกรมการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน พบว่ามีค่าของความตรงหรือดัชนีความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 ท่าน อยู่ในช่วง 0.5 – 1.0 และมีค่าความเที่ยงแบบวัดซ้ำ (Test and retest) ของอัตราการเต้นหัวใจขณะฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนในช่วงนาทีที่ 5, 10, 15, 20, 25 และ30 โดยมีค่า r = 0.962, 0.987, 1.000 , 0.850, 0.915 และ 0.791 ตามลำดับ

สถานที่

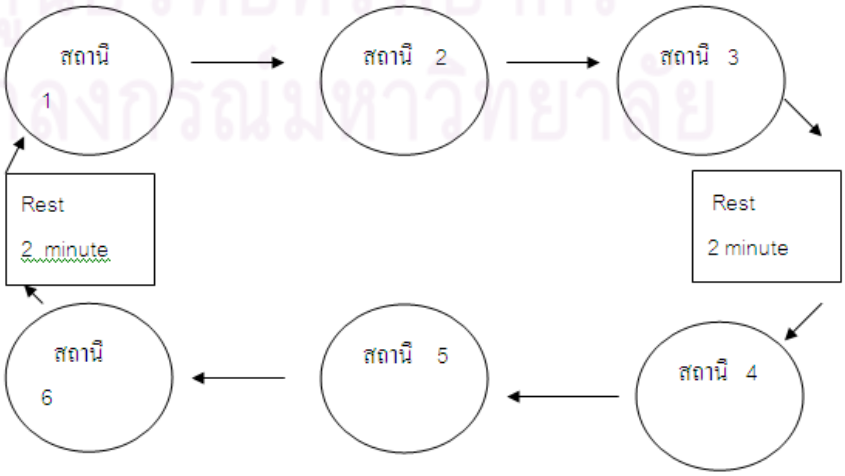
ผู้ฝึกสามารถเลือกสถานที่ใดก็ได้ตามความเหมาะสมซึ่งควรมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก เช่น ในที่ร่ม หรือ กลางแจ้ง เป็นต้น และควรตรวจสอบความมั่นคงและความปลอดภัยของกล่องที่ใช้กระโดด

ประโยชน์

การฝึกออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนสามารถช่วยชะลอการสลายมวลกระดูกของสตรีวัยหมดประจำเดือนและสามารถเพิ่มการสร้างมวลกระดูก(Bone formation)ได้ นอกจากนั้นยังส่งผลดีต่อสุขสมรรถนะและความสามารถในการทรงตัวทำให้ลดอุบัติการณ์ความเสี่ยงกระดูกหักจากการหกล้ม

รูปแบบและระยะเวลาในการฝึก

การฝึกการออกกำลังกายโดยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องจะเป็นรูปแบบวงจรหมุนเวียนโดยกล่องมีความสูง 10 เซนติเมตร 15 เซนติเมตรและ 20 เซนติเมตร สถานีหนึ่งกระโดด 10 ครั้ง มีทั้งหมด 6 สถานี กระโดดทั้งหมด 2 รอบวงจร ความหนักของการออกกำลังกายคือ 60%-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยผู้วิจัยมีการทำโครงการศึกษานำร่อง(Pilot study) เพื่อปรับความหนักของโปรแกรมการฝึกและตรวจสอบความเหมาะสมของความสูงของกล่อง โดยใช้จังหวะดนตรี เป็นตัวกำหนดความเร็วในการกระโดด พร้อมกับคาดเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor)ประกอบกับมีการเตรียมความพร้อมของร่างกายด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบชนิดคงนิ่ง (Static) ทั้งก่อนและหลังการฝึกเพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจจะเกิดขึ้นดังรายละเอียดต่อไปนี้



สถานีการฝึกที่1 จัมพ์ทูบ็อกซ์ (Jump to Box)

สถานีการฝึกที่2 จัมพ์ทูบอกซ์แอนด์แบคดาวน์ (Jump to Box and jump back down)

สถานีการฝึกที่ 3 อัลเทอร์เนท สแทรดเดิล (Alternate straddle)

สถานีการฝึกที่ 4 เลฟท์แลททารอลจัมพ์ทูบ็อกซ์ (Left lateral jump to box)

สถานีการฝึกที่ 5 ไรท์แลททารอลจัมพ์ทูบ็อกซ์ (Right lateral jump to box)

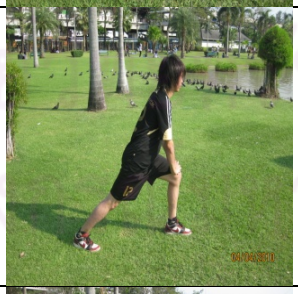
สถานีการฝึกที่ 6 ทูว์ฟุตไซด์ฮอบ (two foot side hop)

กิจกรรม	วัตถุประสงค์	เวลา
1. ช่วงอบอุ่นร่างกาย (warm up) อบอุ่นร่างกายด้วยการเดิน (Dynamic warm up)และยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบคงที่ (Static stretching)	1. เพื่อเตรียมความพร้อมของร่างกายและป้องกันการบาดเจ็บ	10 นาที
2. ช่วงฝึก (Work out)โดยปฏิบัติตามโปรแกรม การออกกำลังกายด้วยการกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียน	2. เพื่อชะลอการสลายมวลกระดูก เพิ่มสุขสมรรถนะ และความสามารถในการทรงตัว	2 รอบวงจรการฝึก ใช้เวลาประมาณ 25 นาที
3. ผ่อนคลายร่างกาย (Cool down) โดย การเดิน และ ยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบคงที่ (Static stretching)	3. เพื่อปรับสภาพร่างกายกลับคืนสู่ภาวะปกติ และลดอาการปวดเมื่อย	10 นาที

ช่วงอบอุ่นร่างกาย (Warm up)

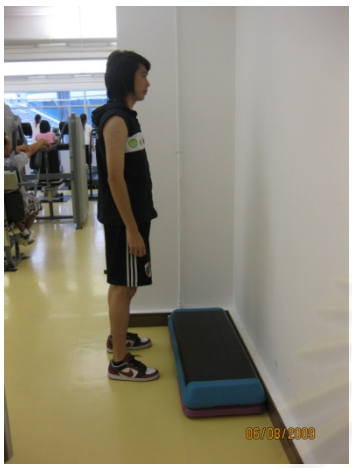
จะเป็นการอบอุ่นร่างกายแบบเคลื่อนไหว (Dynamic warm up)ด้วยการเดิน 6 นาที แล้วยืดเหยียดกล้ามเนื้อชนิดคงนิ่งไว้ประมาณ 15 วินาที จำนวน 8 ท่าประกอบด้วย

เนื้อหา			
1.โปรแกรมการ Warm-up ทั้งหมด 10 นาที ดังนี้			
1.1 เดิน 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

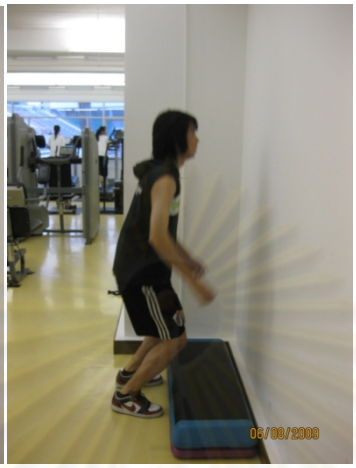
ลำดับ/ชื่อท่า	ท่า	กล้ามเนื้อที่ใช้	เวลาที่ใช้
1.2.4 ท่านั่งบิดตัว (Seated rotation)		กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring group) กล้ามเนื้อบริเวณก้น (Gluteus maximus) กล้ามเนื้อสะโพก (Deep lateral hip rotators)	ข้างละ 15 วินาที
1.2.5 ท่านั่งยืดเหยียดกล้ามเนื้อกลุ่มแอดดัคเตอร์(Seated Adductor Stretch)		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

ช่วงการฝึก (Work out)

สถานีการฝึกที่1 จัมพ์ทูบ็อกซ์ (Jump to Box)



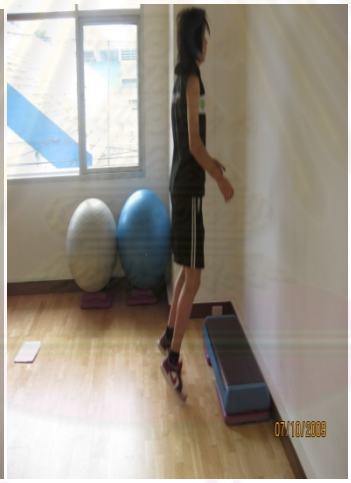
1



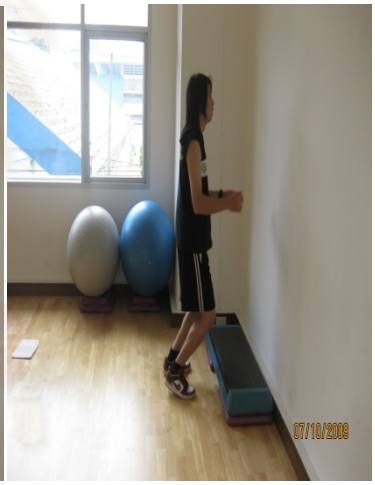
2

3

4



5



6

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหากล่องพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ย่อเข่าลงเล็กน้อย และกระโดดขึ้นกล่องโดยต้องระวังไม่ทำท่าย่อเข่า ค้างไว้นานก่อนการกระโดดและควรให้ใช้เวลาน้อยที่สุด

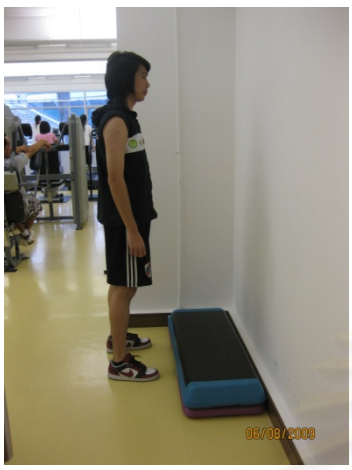
3. กระโดดถอยหลังลงจากกล่องสู่ท่าเดิม และกระโดดซ้ำต่อเนื่องจนครบ 10 ครั้ง

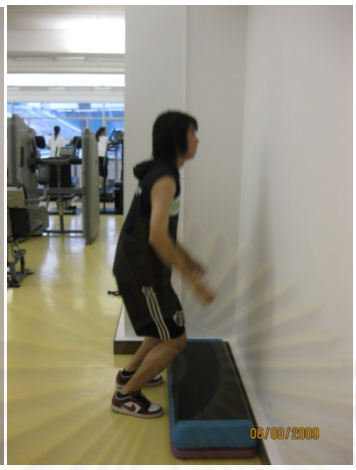
ข้อควรปฏิบัติ ในการกระโดดขึ้นลงบนกล่องควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

ความสูงของกล่อง : 10 เซนติเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานีการฝึกที่2 จัมพ์ทูบอกซ์แอนด์แบคดาวน์ (Jump to Box and jump back down)


1


2

3

4

5

6

วิธีทำ 1.ยืนเตรียมตัว โดยหันหน้าเข้าหากล่องพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2.ย่อเข่าลงเล็กน้อย และกระโดดขึ้นกล่องโดยต้องระวังไม่ทำท่าย่อเข่าค้างไว้นานก่อนการกระโดดและควรให้ใช้เวลาน้อยที่สุด

3.ก้าวถอยหลังลงทีละข้างจากกล่อง แล้วกระโดดขึ้นอีกจนครบ10 ครั้ง

ข้อควรปฏิบัติ ในการกระโดดขึ้นลงบนกล่องควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

ความสูงของกล่อง : 15 เซนติเมตร

สถานีการฝึกที่ 3 อัลเทอร์เนท สแทรดเดิล (Alternate straddle)

1

2

3

4

วิธีทำ 1. เตรียมตัวโดยยืนอยู่ข้างกล่อง โดยเท้าซ้ายอยู่บนกล่อง

2. กระโดดโดยออกแรงขาข้างซ้ายที่อยู่บนกล่องเท่านั้น

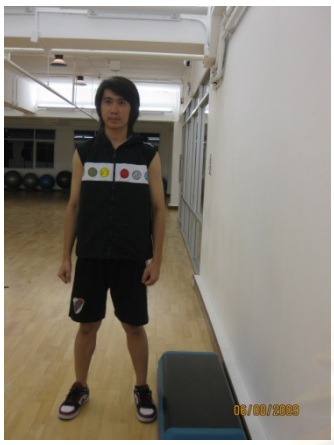
3. ลงสู่พื้นโดยเท้าข้างขวาอยู่บนกล่องและเท้าข้างซ้ายอยู่ที่พื้นของอีกด้านหนึ่งของกล่อง

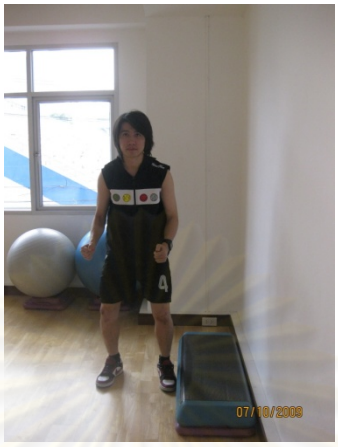
4. ทำซ้ำสลับกันไปมาจนครบ 10 ครั้ง

ข้อควรปฏิบัติ ในการกระโดดขึ้นลงบนกล่องควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

ความสูงของกล่อง : 20 เซนติเมตร

สถานีการฝึกที่ 4 เลฟท์แลททารอลจัมพ์ทูบ็อกซ์ (Left lateral jump to box)

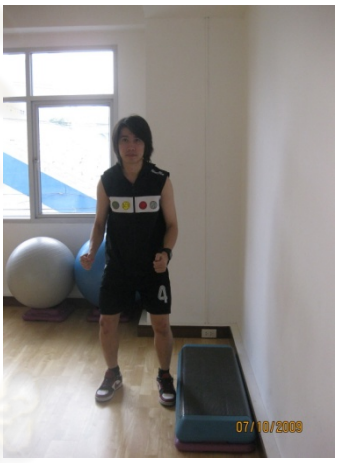

1


2

3

4

5


6

วิธีทำ

1. ยืนเตรียมตัว โดยหันด้านข้าง(ซ้าย)เข้าหากล่องพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

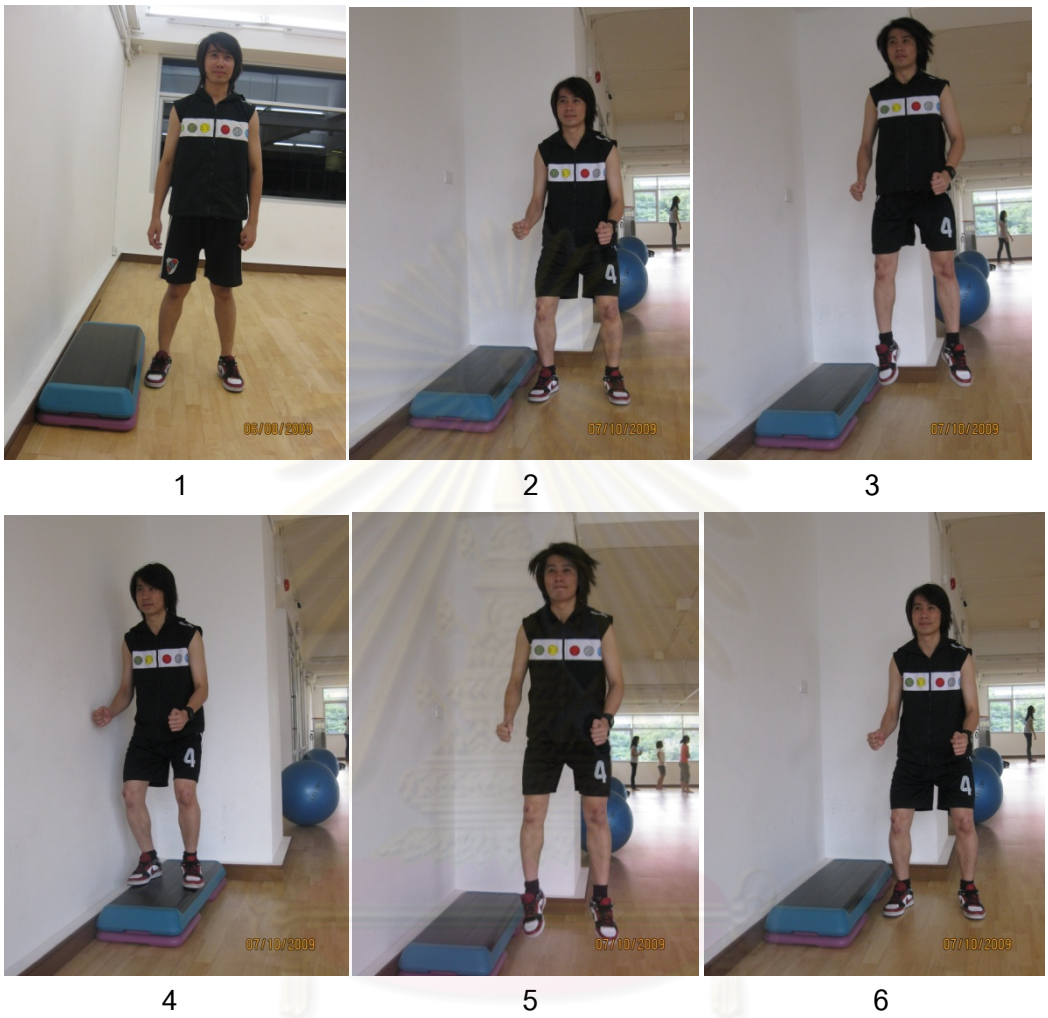
2.ย่อเข่าลงเล็กน้อย และกระโดดขึ้นกล่องที่อยู่ด้านข้างโดยต้อง ระวังไม่ทำท่าย่อเข่า ค้างไว้นานก่อนการกระโดดและควรให้ใช้เวลาน้อยที่สุด

3. กระโดดลงจากกล่องสู่ท่าเดิม และกระโดดซ้ำต่อเนื่องจนครบ 10 ครั้ง

ข้อควรปฏิบัติ ในการกระโดดขึ้นลงบนกล่องควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

ความสูงของกล่อง : 10 เซนติเมตร

สถานีการฝึกที่ 5 **ไรท์แลททารอลจัมพ์ทูบ็อกซ์** (Right lateral jump to box)



1 2 3

4 5 6

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันด้านข้าง(ขวา)เข้าหากล่องพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้างกว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ย่อเข่าลงเล็กน้อย และกระโดดขึ้นกล่องที่อยู่ด้านข้างโดยต้อง ระวังไม่ทำท่าย่อเข่า ค้างไว้นานก่อนการกระโดดและควรให้ใช้เวลาน้อยที่สุด

3. กระโดดลงจากกล่องสู่ท่าเดิม และกระโดดซ้ำต่อเนื่องจนครบ 10 ครั้ง

ข้อควรปฏิบัติ ในการกระโดดขึ้นลงบนกล่องควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

ความสูงของกล่อง : 15 เซนติเมตร

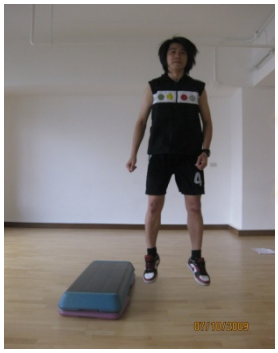
สถานีการฝึกที่ 6 **ทูว์ฟุตไซด์ฮอบ** (two foot side hop)

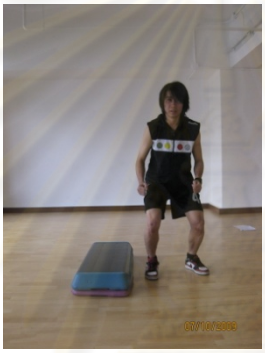
1

2

3

4


5


6

7

วิธีทำ 1. ยืนเตรียมตัว โดยหันด้านข้างเข้าหากล่องพร้อมกางขาทั้งสองข้างกว้าง กว่าความกว้างของสะโพกเล็กน้อย

2. ย่อเข่าลงเล็กน้อย และกระโดดขึ้นกล่อง โดยต้องระวังไม่ทำท่าย่อเข่า ค้างไว้นานก่อนการกระโดดและควรให้ใช้เวลาน้อยที่สุด

3. กระโดดลงจากกล่องสู่อีกด้านหนึ่งของกล่องดังรูป(เวลากระโดดอาจกางแขนเพื่อช่วยในการทรงตัว

4. กระโดดซ้ำไปกลับด้านข้างจนครบ 10 ครั้ง

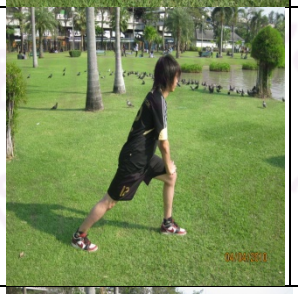
ข้อควรปฏิบัติ ในการกระโดดขึ้นลงบนกล่องควรวางเท้าให้เต็มฝ่าเท้าไม่เขย่งเท้าเพื่อความปลอดภัยและควรย่อเข่าลงเล็กน้อยเมื่อลงสู่พื้น เพื่อผ่อนแรงกดที่กระทำต่อหัวเข่า

ความสูงของกล่อง : 20 เซนติเมตร

ช่วงคูลดาวน์ (Cool down)

คูลดาวน์ ด้วยการเดิน 6 นาที แล้ว ยืดเหยียดกล้ามเนื้อชนิดคงนิ่งไว้ประมาณ 15 วินาที จำนวน 8 ท่าประกอบด้วย

เนื้อหา			
1.โปรแกรมการ Warm-up ทั้งหมด 10 นาที ดังนี้			
1.1 เดิน 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)		กล้ามเนื้อขาด้านหน้าเร็คตัส 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 ซ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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. 6th ed. Philadelphia. Lippincott Williams and Wilkins: 2000.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

อุปกรณ์

เครื่องวัดองค์ประกอบทางกาย (Body composition analyzer) ยี่ห้ออินบอดี้ (In body)

วิธีการ

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

5. การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ด้วยวิธี 1 RM

แสดงการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าด้วยท่าเลคเอ็กเทนชั่น (Leg extension)

แสดงการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังด้วยท่าเลคเคิล (Leg curl)

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

7. การวัดความอ่อนตัว ด้วยวิธี การวัดระยะการเคลื่อนไหวของข้อต่อ

แสดงการวัดความอ่อนตัว

อุปกรณ์

กล่องวัดความยืดหยุ่นของร่างกาย (Sit and reach box)

วิธีการ

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

8. **การวัดความอดทนของระบบหัวใจ และหายใจ** (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 บนลู่กลนานเท่าที่จะทำได้ โดยใช้โปรแกรมโมดิฟายด์ 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

9. **การวัดความสามารถในการทรงตัว**

แสดงการวัดความสามารถในการทรงตัว

อุปกรณ์

กระดานทดสอบความสามารถในการทรงตัว (Balance board)

วิธีการ

1. ให้ผู้รับการทดสอบยืนบนกระดานทดสอบความสามารถในการทรงตัว
2. ให้ผู้รับการทดสอบใช้มือทั้งสองจับแท่นช่วยในการทรงตัว
3. เมื่อผู้รับการทดสอบพร้อมให้กดปุ่ม 2 ข้างที่แท่นช่วยในการทรงตัวและปล่อยมือออกพร้อมกัน ทำการทรงตัว
4. บันทึกค่าเป็นวินาที

10. การวัดสารชีวเคมีของกระดูกจากเลือด

อุปกรณ์

1. เข็มฉีดยา หลอดฉีดยา
2. หลอดเก็บเลือด
3. แอลกอฮอล์ และพลาสเตอร์ปิดแผล

วิธีการ

1. นัดผู้เข้ารับการทดสอบ โดยให้งดออกกำลังกาย 2 วัน ก่อนการเจาะเลือด งดอาหารหลัง 4 ทุ่ม ของคืนก่อนมาเจาะเลือด โดยผู้เข้ารับการทดสอบสามารถดื่มน้ำเปล่าได้ พักผ่อนให้เพียงพอ
2. ทำการเจาะเลือดใส่หลอดเก็บเลือด
3. เลือดที่เจาะตรวจวัดค่าเบต้าครอสแล็บ (β-CrossLaps) และพีวันเอ็นพี (P1NP) ทางห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

11.การตรวจวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกบริเวณส้นเท้า

อุปกรณ์

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

วิธีการ

1. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบถอดถุงเท้าก่อนทำการทดสอบ
2. ทาเจลหล่อลื่นบริเวณเท้าของผู้ถูกทดสอบ
3. ให้ผู้ถูกทดสอบนั่งตามสบาย และวางเท้าลงบนเครื่องวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกที่ทำการตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว
4. บันทึกผลการทดสอบ
5. ทำเหมือนกันทั้งสองเท้าและประเมินว่าผ่านเกณฑ์การคัดเข้าหรือไม่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฌ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบบันทึก ค่าทางสรีรวิทยา การทดสอบสุขสมรรถนะ สารชีวเคมีของกระดูก และการทรงตัว

วันที่ทำการทดลอง _____

<u>ส่วนที่ 1</u> แบบบันทึกค่าทางสรีรวิทยา

ชื่อ-สกุล_____ เพศ_____ วัน/เดือน/ปี (เกิด) _____

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

3. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ท่าการทดสอบ	1 RM
Leg curl	
Leg extension	

4. ความอ่อนตัว

Sit-reach	.....ซม.

5. ความสามารถในการทรงตัว

Sit-reach	.....วินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. สารชีวเคมีในเลือด

ค่าที่วัด	ผลการทดสอบ (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)
เบต้าครอสแล็บ (β-CrossLaps)	
พีวันเอ็นพี (P1NP)	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาองค์ประกอบความเหมาะสมของรูปแบบการออกกำลังกาย

1. ศาสตราจารย์.นพ.วิญญู มิตรานันทร์
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์
3. รองศาสตราจารย์ เจริญ กระบวนรัตน์
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์.นพ. อนุพงศ์ นิติเรืองจรัส
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์
6. ดร.สุวัตร สิทธิหล่อ
   รองผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการแห่งประเทศไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ : นายอัจฉริยะ เอนก

เกิดวันที่ : 4 ตุลาคม พ.ศ. 2528

สถานที่เกิด : กรุงเทพฯ

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา	จากโรงเรียนสามโก้วิทยาคม จ.อ่างทอง ปีการศึกษา 2546
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา เกียรตินิยมอันดับ 1 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2550
เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท	ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิทยาศาสตร์การกีฬา แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2551

ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์

1. ทุน 72 พรรษาจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีการศึกษา 2552
2. ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีการศึกษา 2552
3. ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จากสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีการศึกษา 2552

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย