ผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย อายุ 13-14 ปี

น.ส.วารุณี กิจรักษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ไม่สังกัดภาควิชา/เทียบเท่า
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECTS OF SUPPLEMENTARY DROP JUMP TRAINING ON BONE MINERAL DENSITY IN BASKETBALL PLAYERS AGED 13-14 YEARS

Miss Warunee Kitraksa

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Sports and Exercise Science
Common Course
FACULTY OF SPORTS SCIENCE
Chulalongkorn University
Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย อายุ 13-14 ปี
โดย	น.ส.วารุณี กิจรักษา
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.นงนภัส เจริญพานิช

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา พงษ์พิบูลย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ดร.เบญจพล เบญจพลากร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.นงนภัส เจริญพานิช)

..... กรรมการ
(ดร.สุทธิกร อาภานุกูล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ธงชาติ พู่เจริญ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย อายุ 13-14 ปี และเพื่อศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความสูงในการกระโดด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาบาสเกตบอลชาย อายุ 13-14 ปี จำนวน 28 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลอง 14 คน และกลุ่มควบคุม 14 คน กลุ่มทดลองทำการฝึกเสริมด้วยการกระโดดท่าดร็อปจั๊มพ์ก่อนการฝึกซ้อมปกติ บนกล่องสูง 45 เซนติเมตร ทำการกระโดดจำนวน 13 ครั้ง 5 เซต และพักระหว่างเซต 2 นาที ขณะที่กลุ่มควบคุมฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกบาสเกตบอลของทางโรงเรียน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) เพื่อให้ได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 โรงเรียน และทำการแบ่งกลุ่มโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยการจับสลากว่าโรงเรียนใดเป็นกลุ่มทดลองหรือกลุ่มควบคุม ก่อนและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 ทำการวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก ด้วยเครื่อง Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) และวัดความสูงในการกระโดด ด้วยชุดทดสอบการกระโดด Yardstick นำข้อมูลที่ได้มาทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test วิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการฝึก หากข้อมูลมีการกระจายตัวปกติ ใช้สถิติทดสอบแบบที (Paired t-test) แบบ repeated measured หากข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ ใช้สถิติทดสอบ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks test และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม โดยหากข้อมูลมีการกระจายตัวปกติ วิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบแบบที (Independent t-test) หากข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ วิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบ Mann-Whitney U test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 8 พบว่า กลุ่มทดลอง มีความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ที่บริเวณ Femoral neck (Left) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ที่บริเวณ Femoral neck (Left) Femoral neck (Right) และ Vertical Jump Height เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่าทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์มีแนวโน้มพัฒนาความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) และ Vertical Jump Height ได้ดีกว่าก่อนการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2563	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6178412639 : MAJOR SPORTS AND EXERCISE SCIENCE

KEYWORD: Bone mineral density/Bone mineral content/Vertical jump height/ Basketball/ Drop jump

Warunee Kitraksa : THE EFFECTS OF SUPPLEMENTARY DROP JUMP TRAINING ON BONE MINERAL DENSITY IN BASKETBALL PLAYERS AGED 13-14 YEARS. Advisor: Nongnapas Charoenpanich, Ph.D.

The purpose of this study was to examine to the effects of supplementary drop jump training on bone mineral density in basketball players aged 13-14 years and this study was to examine to the effect of supplementary drop jump training on vertical jump height. Twenty-eight young male basketball players aged 13-14 years volunteered for this study. They were divided into two groups, the experimental group (n=14) trained twice a week of training, performed an additional practice with drop-jump. Before regular training on box 45 cm, perform 5 sets of drop jump 13 jumps and rest 2 minutes between sets before regular basketball training of school. Control group (n=14) performed a regular basketball training only. Purposive sampling was performed to obtain a sample of both schools and Simple random sampling is performed by drawing a lottery into which schools are experimental or control groups. Both groups participated in the 8 weeks. Bone mineral density (BMD; g/cm^2), Bone mineral content (BMC; g) were assessed by dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA), vertical Jump height were assessed by Yardstick. The data were obtained for testing the normal or non- normal curve distribution using the Kolmogorov-Smirnov test. The obtained data were analyzed in term of means, standard deviation. Pair sample T-test and the Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks Test was used to check the difference between before and after training. Independent t-test and Mann-Whitney U test was used to check the difference between the two groups.

The results, after 8 weeks of training, Bone mineral density at Femoral neck (Left) and Bone mineral content at Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) and Vertical Jump Height increased significantly ($p < .05$) more than before training. In addition, it was found that there was no difference in the two groups. Therefore, supplementary Drop Jump training program tended to improve Bone mineral density (BMD), Bone mineral content (BMC) and Vertical jump height better before the experiment.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Sports and Exercise Science Student's Signature .....

Academic Year: 2020 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยได้รับความกรุณาจาก อาจารย์ ดร.นงนภัส เจริญพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะต่าง ๆ มากมาย และได้ช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ตลอดจนให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดีเสมอ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.สุทธิกร อาภานุกูล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์และอาจารย์ ดร.ธงชาติ พู่เจริญ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาสละเวลามาร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำตลอดจนช่วยตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์และถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยและโรงเรียนอัสสัมชัญ ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้นักกีฬาเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ รวมไปถึงนักกีฬาบาสเกตบอลโรงเรียนอัสสัมชัญ (กลุ่มทดลอง) ทุกคน ที่เสียสละเวลาอันมีค่าในการเข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในการเก็บข้อมูลจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา อบรมสั่งสอน ซึ่งผู้วิจัยได้นำความรู้และคำสอนเหล่านั้นมาก่อประโยชน์ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จตามเป้าหมาย รวมไปถึงบุคลากร เจ้าหน้าที่ และพี่ ๆ เพื่อน ๆ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่าน สำหรับความช่วยเหลือ คำแนะนำต่าง ๆ ที่ได้มอบให้ จนทำให้วิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา คุณตาและคุณยาย ตลอดจนญาติพี่น้อง ที่ได้อบรมสั่งสอนชี้นำแนวทางการดำเนินชีวิต รวมทั้งให้คำปรึกษา และกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

วารุณี กิจรักษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

คำถามในการวิจัย 4

สมมติฐานของการวิจัย 4

ข้อจำกัดงานวิจัย 5

คำจำกัดความของการวิจัย 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

1. สรีรวิทยาของกระดูก 8

2. การวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก (Bone mineral density measurement) และการแปรผล 17

3. การศึกษาโปรแกรมการฝึกกระโดดที่ส่งผลต่อกระดูก 20

4. แนวคิดเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกกระโดดในท่าดร็อปจั๊มพ์ (Drop jump) 23

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30

กรอบแนวความคิดในการวิจัย 38

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 39

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่มตัวอย่างและวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง 39
ขั้นตอนการวิจัย 40
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 44
การเก็บรวบรวมข้อมูล 44
การวิเคราะห์ข้อมูล 46
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 48
ตอนที่ 1 แสดงผลการทดสอบการกระจายข้อมูลในแต่ละตัวแปรโดยใช้ Kolmogorov-Smirnov test 50
ตอนที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐาน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ Independent t-test 53
ตอนที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก ของกลุ่มทดลองโดยตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Left) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Paired t-test แบบ repeated measured ขณะที่ตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Total body และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Femoral neck (Right) และความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks test 54
ตอนที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึกของกลุ่มควบคุม โดยตัวแปรความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4) และความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Paired t-test แบบ repeated measured ขณะที่ตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks test 56
ตอนที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม โดยตัวแปรความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Right) และปริมาณแร่ธาตุใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กระดูก (BMC) ส่วน total body, Lumbar spine (L1-L4) และความสูงในการกระโดด ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Independent t-test ขณะที่ตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Femoral neck (Left) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 58

ตอนที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม โดยตัวแปรความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Lumbar spine (L1-L4) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Left) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Independent t-test ขณะที่ตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Total body, Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Femoral neck (Right) และความสูงในการกระโดด ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 60

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 62

สรุปผลการวิจัย 62

อภิปรายผลการวิจัย 64

ภาคผนวก 72

ภาคผนวก ก เครื่อง Dual-energy x-ray (DEXA) 73

ภาคผนวก ข ด้วยชุดทดสอบการกระโดด Yardstick (vertical Jump height) 75

ภาคผนวก ค โปรแกรมการฝึกของกลุ่มทดลอง ขณะเข้าร่วมการวิจัย 76

ภาคผนวก ง โปรแกรมการฝึกของกลุ่มควบคุม ขณะเข้าร่วมการวิจัย 78

ภาคผนวก จ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 79

ภาคผนวก ฉ การอบอุ่นร่างกาย (Warm up) 80

ภาคผนวก ช การคลายอุ่นร่างกาย (Cool down) 85

ภาคผนวก ซ แบบบันทึกข้อมูลผู้เข้าร่วมวิจัย 90

ภาคผนวก ฌ แบบคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย 91

ภาคผนวก ญ การประเมินคุณภาพ IOC 93

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฎ ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน 99
บรรณานุกรม 100
ประวัติผู้เขียน 108

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 เกณฑ์ในการเปรียบเทียบ T-Score ในการวินิจฉัย Osteoporosis 20

ตารางที่ 2 แสดงความหนักของการฝึก Plyometric (การกระโดด/ครั้ง) 28

ตารางที่ 3 ตัวอย่างของความก้าวหน้าในการฝึก Plyometric สำหรับส่วนล่างของร่างกาย 29

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของ Vertical Jump height (cm) ในเด็กที่มีอายุ 12-17 ปี 36

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยของ Vertical Jump height (cm) ในคนที่มีอายุ 11-21 ปี 37

ตารางที่ 6 ตารางโปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ 42

ตารางที่ 7 ตารางการฝึกซ้อมในระหว่างการวิจัย (8 สัปดาห์) ของทั้ง 2 กลุ่ม 43

ตารางที่ 8 แสดงการทดสอบการกระจายข้อมูล ของข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 50

ตารางที่ 9 แสดงการทดสอบการกระจายข้อมูลของตัวแปร ก่อนการฝึกและหลังการฝึก ของกลุ่มทดลอง **(n=12)** 51

ตารางที่ 10 แสดงการทดสอบการกระจายข้อมูลของตัวแปร ก่อนการฝึกและหลังการฝึก ของกลุ่มควบคุม (n=12) 52

ตารางที่ 11 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐาน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 53

ตารางที่ 12 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD), ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) และความสูงในการกระโดด ภายในกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ Paired t-test แบบ repeated measured 54

ตารางที่ 13 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ของความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD), ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) และ ความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ภายในกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks test 55

ตารางที่ 14 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD), ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) และ ความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ภายในกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ Paired t-test แบบ repeated measured 56

Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD), ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) และความสูงในการกระโดด ภายในกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks test 57

ตารางที่ 16 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD), ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) และความสูงในการกระโดด ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนการฝึก โดยใช้สถิติ Independent t-test 58

ตารางที่ 17 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) และ ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนการฝึก โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 59

ตารางที่ 18 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) และ ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังการฝึก 8 สัปดาห์ โดยใช้สถิติ Independent t-test 60

ตารางที่ 19 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) และ ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังการฝึก 8 สัปดาห์ โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 61

ตารางที่ 20 แสดงโปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ 66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 เซลล์กระดูกทั้ง 4 ชนิด ที่มา: (ภาคอายุรศาสตร์, คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)..... 11

รูปที่ 2 แสดงการพัฒนาของกระดูก ที่มา: (ดัดแปลงจาก Guiliams et al., 2009)..... 17

รูปที่ 3 กรอบแนวความคิดในการวิจัย..... 38

รูปที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย..... 47

รูปที่ 5 แสดงการพัฒนาของกระดูก ที่มา: (ดัดแปลงจาก Guiliams et al., 2009)..... 69

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กีฬาบาสเกตบอลจัดเป็นกีฬาประเภทมีแรงกระแทก (Impact loading sports) เนื่องจากรูปแบบการเล่นที่มีการวิ่งเปลี่ยนทิศทางไปมาอย่างรวดเร็ว และมีการกระโดดเพื่อทำคะแนน บล้อคลูก และแย่งบอล ทั้งในขณะฝึกซ้อมและขณะแข่งขัน มีรูปแบบการเล่นที่ทำแต้มด้วยการโยนลูกบอลให้เข้าห่วงด้วยการชู้ต และรับบอลที่กระดอนจากแป้นเพื่อชู้ตซ้ำหรือการรีบาวด์เป็นส่วนใหญ่ การโยนและรับลูกบาสเกตบอลส่วนใหญ่เป็นการโยนและรับลูกที่ลอยอยู่กลางอากาศ ดังนั้นนักกีฬาจึงต้องกระโดดเพื่อให้สามารถเข้าถึงลูกบอลได้เร็วที่สุด จึงจัดเป็นกีฬาประเภท Jumping sport ซึ่งพบว่าในแต่ละเกมการแข่งขัน นักกีฬามีการกระโดด อย่างน้อย 40 - 60 ครั้ง (Janeira & Maia, 1998; Mclnnes et al., 1995) จากรูปแบบการเล่นกีฬาบาสเกตบอลที่มีการกระโดดเป็นการเคลื่อนไหวส่วนใหญ่นั้น การศึกษาก่อนหน้านี้จึงพบว่าส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่ได้รับการบาดเจ็บบ่อยที่สุดในการเล่นกีฬาบาสเกตบอล คือ ข้อเท้าและเข่า (Bennazzo et al., 2001) โดยพบอัตราการบาดเจ็บที่ช่วงล่างของร่างกายในนักกีฬาบาสเกตบอลระดับเยาวชนถึง 78% (Pasanen et al., 2017) อาการบาดเจ็บที่พบมากที่สุดคือ ข้อเท้าแพลงและกระดูกหัก (Borowski et al., 2008) ดังนั้นหากต้องการลดอาการบาดเจ็บในนักกีฬาบาสเกตบอล ที่มีรูปแบบการเคลื่อนไหวที่ต้องมีการวิ่ง การกระโดดเป็นส่วนใหญ่นั้น นักกีฬาจึงควรมีโครงสร้างที่ใช้ในการรองรับแรงกระแทกที่แข็งแรง เพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่จะเกิดขึ้น ซึ่งนอกจากจะมีกล้ามเนื้อที่แข็งแรงสามารถดูดซับแรงกระแทกและมีความสามารถในการระเบิดพลังได้แล้ว สิ่งสำคัญไม่แพ้กันคือต้องมีโครงสร้างที่ใช้ในการรับน้ำหนักที่แข็งแรง ดังนั้นจึงควรมีความแข็งแรงของกระดูกที่มากเพียงพอต่อการรับน้ำหนักโดยเฉพาะขณะกระโดด ซึ่งผู้วิจัยได้สนใจที่จะศึกษารูปแบบการฝึกที่สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกระดูกเพื่อให้แข็งแรงเพียงพอต่อการรับแรงกระแทกขณะเล่นกีฬา ดังนั้นจากความสำคัญของความแข็งแรงของกระดูกพบว่าความหนาแน่นของมวลกระดูก (Bone mineral density; BMD) หรือปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (Bone mineral content; BMC) จัดเป็นปัจจัยหนึ่งที่บ่งบอกถึงการเกิดโรคกระดูกพรุนและการแตกหักของกระดูก สามารถใช้เพื่อบ่งบอกถึงระดับความแข็งแรงของกระดูกได้ (สมชาย เอื้อรัตนวงศ์, 2554) โดยหากมีความหนาแน่นของมวลกระดูกสูง หมายถึงกระดูกส่วนนั้นมีความแข็งแรง ทนต่อแรงกระแทกได้ดีและมีการแตกหักได้ยาก ซึ่งเฟลลิ่งและคณะ (Fehling et al., 1995) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความหนาแน่นของมวลกระดูก (Bone mineral density; BMD) หรือปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (Bone mineral content; BMC) ระหว่างกีฬาที่ใช้แรงกระแทก (Impact loading sport) และกีฬา

ที่ไม่ใช้แรงกระแทก (Active loading) พบว่ากลุ่มกีฬาที่ใช้แรงกระแทก (วอลเลย์บอลและยิมนาสติก) เป็นกลุ่มกีฬาที่พบความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) มากกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้แรงกระแทก (ว่ายน้ำและกลุ่มคนที่ไม่ออกกำลังกาย) และยังพบว่ากลุ่มกีฬาที่ใช้แรงกระแทก มีการเพิ่มของ BMD (บริเวณกระดูกขา กระดูกเชิงกรานและกระดูกสันหลังระดับเอว) มากกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้แรงกระแทกและกลุ่มคนที่ไม่ออกกำลังกาย จึงเสนอแนะว่าปัจจัยที่มีผลต่อ BMD คือแรงที่กระแทกผ่านกระดูก ซึ่งแรงกระแทกนี้จะกระตุ้นให้กระดูกมีอัตราการดูดซึมแคลเซียมมากว่าอัตราการสลายแคลเซียม (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543) ดังนั้น BMD ในนักกีฬาประเภทที่มีการกระแทกจึงมีผลการทดสอบที่สูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีการกระแทก นอกจากนี้ยังพบว่านักกีฬายิมนาสติก มี BMD มากกว่ากีฬาชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะกระดูกแขนทั้งสองข้าง ซึ่งแสดงว่าแรงกระแทกมีผลต่อ BMD ทั้งส่วนกระดูกขา กระดูกเชิงกราน กระดูกสันหลังและกระดูกแขน สอดคล้องกับงานวิจัยของ มัดด์และคณะ (Mudd et al., 2007) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบ BMD ใน 8 ชนิดกีฬาที่แตกต่างกัน (ยิมนาสติก, ซอฟท์บอล, วิ่งตามภูมิประเทศ, วิ่งประเภทลู่, ฮอกกี้, ฟุตบอล, พายเรือและว่ายน้ำ) พบว่านักวิ่งมี BMD ของขาโดยเฉพาะขาข้างที่ถนัด มากกว่านักกีฬาประเภทอื่น และยังพบว่านักกีฬาว่ายน้ำมีค่าเฉลี่ยของ BMD บริเวณขาน้อยกว่าในนักกีฬาชนิดอื่น ยิ่งไปกว่านั้นงานวิจัยของ คลานาฮานและคณะ (CLANAHAN et al., 2002) ได้ศึกษาถึงค่า BMD ของนักกีฬา (เบสบอล, บาสเกตบอล, ฟุตบอล, กอล์ฟ, เทนนิส, วิ่งตามภูมิประเทศ, กรีฑาลู่/ลานและวอลเลย์บอล) โดยเฉพาะเจาะจงในแต่ละข้าง (side-to-side) พบว่า BMD ของแขนและขาข้างที่ถนัดในทุกกีฬา มี BMD สูงกว่าข้างที่ไม่ถนัด ดังนั้นจากงานวิจัยดังกล่าวจึงน่าจะสรุปได้ว่า การกระแทกจากการเล่นกีฬา เช่น การกระโดด การวิ่ง การตีลูก น่าจะเป็นปัจจัยหลักของการเพิ่ม BMD ของกระดูกที่มีแรงกระแทกผ่าน โดยมีผลได้ทั้งกระดูกเชิงกราน กระดูกสันหลัง และกระดูกขา โดยหากมีแรงกระแทกมาก เช่น ข้างที่ถนัด จะพบการเพิ่มของ BMD ของกระดูกส่วนนั้นมากกว่าส่วนที่มีแรงกระแทกน้อยกว่า

จากที่กล่าวมาข้างต้นที่พบว่ากระดูกมี BMD สูงเมื่อได้รับแรงกระแทกโดยหากมีแรงที่มาก เช่น ข้างถนัดจะยิ่งมี BMD สูงกว่าอีกข้างหนึ่ง จึงมีการศึกษาตามมาเพื่อหาว่าแรงกระแทกขนาดใดที่จะเสริมให้มีการสร้างของกระดูกในระดับที่เหมาะสม ฟัชส์และคณะ (Fuchs et al., 2001) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการกระโดดในท่าดร็อปจั๊มพ์ ที่มีความสูง 61 เซนติเมตร โดยฝึกกระโดด 100 ครั้ง/วัน 3 วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาในการฝึกทั้งหมด 7 เดือน ที่มีผลต่อ ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก ความหนาแน่นของมวลกระดูกและพื้นผิวของกระดูก พบว่ากลุ่มที่มีการกระโดดในท่าดร็อปจั๊มพ์มีการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุในกระดูก (บริเวณกระดูกต้นขาส่วนหัวและกระดูกสันหลังระดับเอว) มากกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนการศึกษาของ โจฮานเซนและคณะ (Johannsen et al., 2003) ที่ได้ศึกษาถึงผลของการกระโดดในท่าดร็อปจั๊มพ์ ที่มีความสูง 45 เซนติเมตร โดยฝึกกระโดด 25 ครั้ง/วัน 5 วัน/สัปดาห์ รวมระยะเวลาการฝึก 12 สัปดาห์ พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุในกระดูก (BMC) (บริเวณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กระดูกทั้งตัวและกระดูกต้นขาส่วนหัว) โดยความสูงที่เหมาะสมที่จะใช้ฝึกในท่าดร็อปจั๊มพ์ พบว่าอยู่ในช่วง 30-140 เซนติเมตร (National strength and conditioning association: NSCA) และจากการค้นคว้างานวิจัย จึงน่าจะสรุปได้ว่าการฝึกกระโดดจากกล่องที่มีความสูง ตั้งแต่ 45 เซนติเมตรขึ้นไป สามารถกระตุ้นให้มีการเสริมความแข็งแรงของกระดูกด้วยการเพิ่ม BMC และ BMD ได้ โดยเฉพาะในกระดูกส่วนที่รับแรงกระแทก ได้แก่กระดูกส่วนขา และกระดูกสันหลังได้อย่างมีนัยสำคัญ

จะเห็นได้ว่ากีฬาประเภทที่มีแรงกระแทก เช่นบาสเกตบอล ผู้เล่นควรมีโครงสร้างของกระดูกที่แข็งแรง หมายถึงมีความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ที่มาก โดยเฉพาะกระดูกส่วนที่ได้รับน้ำหนัก ได้แก่กระดูกขา และกระดูกสันหลังระดับเอว ซึ่งการเพิ่ม BMD ของกระดูกส่วนนี้สามารถฝึกด้วยท่าที่เรียกว่าดร็อปจั๊มพ์ ที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากในท่าดร็อปจั๊มพ์ เป็นการกระโดดลงมาจากกล่องและมีการกระโดดขึ้นโดยทันที จึงมีลักษณะคล้ายคลึงกับการจั๊มพ์ชู้ต (Jump shot) ขณะทำแต้มในกีฬาบาสเกตบอล นอกจากนี้ยังเป็นท่าที่ใช้ในการเสริมสร้างพลังและความแข็งแรงของร่างกายช่วงล่าง (Lower limb power) ของนักกีฬาบาสเกตบอลอีกด้วย (Bobbert et al., 1990; Markovic et al., 2007) ซึ่งจากที่กล่าวมานั้น ผู้วิจัยจึงสนใจถึงช่วงอายุและเพศที่เหมาะสมต่อการฝึกเสริม โดยจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่ากระดูกเป็นเนื้อเยื่อที่มีชีวิตซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาโดยมีการสลาย กระดูกเก่าออกและแทนที่ด้วยกระดูกใหม่ กระดูกจะมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่แรกเกิดจนถึงอายุ 18-20 ปี จากนั้นกระดูกจะมีการคงสภาพความแข็งแรงถึง 25-30 ปี โดยจะพบการลดลงของความหนาแน่นของมวลกระดูก เมื่ออายุประมาณ 40 ปีขึ้นไป และเมื่ออายุหลังจากอายุ 50 ปี ขึ้นไปเนื้อกระดูกจะมีอัตราการลดลงมากขึ้นถึงประมาณร้อยละ 0.5-1 ต่อปี ยิ่งไปกว่านั้นในเพศหญิงที่กำลังเข้าสู่วัยหมดประจำเดือนเนื้อกระดูกจะยิ่งบางลงถึงประมาณร้อยละ 2-3 ต่อปี (ธวัช ประสาทฤทธา, 2549) ดังนั้นช่วงวัยเด็กจึงเป็นช่วงเวลาที่ดีที่สุดสำหรับการสะสมกระดูก และจากการศึกษาของ บราคลัชและคณะ (Bachrach et al., 2016) ศึกษาถึงการวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกด้วยเครื่อง Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) ได้มีคำแนะนำสำหรับการวัดความหนาแน่นของกระดูกในเด็กที่มีอายุน้อยกว่า 13 ปี ว่าอาจมีความไม่น่าเชื่อถือเกิดขึ้นที่บริเวณกระดูกสะโพก เนื่องจากเด็กในช่วงนี้มีการเจริญของกระดูกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องอาจทำให้มีการคลาดเคลื่อนของจุดที่จะวัด ทำให้ค่าที่ออกมาไม่แม่นยำ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาในช่วงอายุ 13-14 ปี ซึ่งสนับสนุนโดยงานวิจัยของ โจฮานเซนและคณะ (Johannsen et al., 2003) ที่กล่าวว่าในช่วงอายุ 13-14 ปี เป็นช่วงอายุที่ยังไม่ได้มีการศึกษาถึงผลของโปรแกรมที่ส่งผลต่อ BMC และ BMD ในการศึกษานี้มุ่งศึกษาในกลุ่มเพศชายที่มีอายุ 13-14 ปี เนื่องจากในเพศชายจะเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดมากกว่าผู้หญิง ซึ่งเป็นไปตามการพัฒนาของกระดูกที่เป็นกราฟสูงขึ้นจากแรกเกิดจนถึงอายุ ประมาณ 18-25 ปี แต่ในเพศหญิงในช่วงอายุ 12-13 ปี เป็นช่วงอายุที่เพศหญิงมีค่าเฉลี่ยของการมีกระจำเดือนครั้งแรก ซึ่งจะทำให้มีการเจริญเติบโตของกระดูกลดลงหลังการมีกระจำ

เดือน (ศูนย์กุมารเวช โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์, 2557) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงผลของการฝึกเสริมด้วยการกระโดดแบบดร็อปจั๊มพ์ ในนักกีฬาบาสเกตบอลชายอายุ 13-14 ปี ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในส่วนต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการวางโปรแกรมการฝึกซ้อมเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพในการเล่นกีฬาบาสเกตบอลต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย อายุ 13-14 ปี

2. เพื่อศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความสูงในการกระโดด

คำถามในการวิจัย

1. โปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ จะส่งผลในการเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกและปริมาณแร่ธาตุในกระดูกในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย 13-14 ปี หรือไม่ อย่างไร?

2. โปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ จะส่งผลต่อความสูงในการกระโดดในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย 13-14 ปี หรือไม่ อย่างไร?

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักกีฬาบาสเกตบอลชายกลุ่มที่มีการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ จะมีการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของมวลกระดูกและปริมาณแร่ธาตุในกระดูก แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกเสริม

2. นักกีฬาบาสเกตบอลชายกลุ่มที่มีการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ จะมีการเปลี่ยนแปลงของความสูงในการกระโดด แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกเสริม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักกีฬาบาสเกตบอลระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักกีฬาบาสเกตบอลชาย อายุ 13-14 ปี โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยและโรงเรียนอัสสัมชัญ จำนวน 28 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มทดลอง คือกลุ่มที่ฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์และฝึกซ้อมตามปกติ จำนวน 14 คน

กลุ่มควบคุม คือกลุ่มที่ฝึกซ้อมตามปกติ จำนวน 14 คน

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ตัวแปรต้น คือ โปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์

ตัวแปรตาม

ตัวแปรหลัก

1. ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก: Bone mineral content; BMC (บริเวณ total body, Lumbar spine (L1-L4) และ femoral neck)

2. ความหนาแน่นของมวลกระดูก: Bone mineral density; BMD (บริเวณ total body, Lumbar spine (L1-L4) และ femoral neck)

ตัวแปรรอง

ความสูงในการกระโดด Vertical jump height (cm)

ตัวแปรควบคุม

1. เพศ: นักกีฬาชาย

2. อายุ: 13-14 ปี

3. โปรแกรมการฝึก: ควบคุมเรื่องการฝึกพิเศษนอกเหนือจากการฝึกซ้อมปกติ

4. นักกีฬาบาสเกตบอลชาย อายุระหว่าง 13-14 ปี โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยและโรงเรียนอัสสัมชัญ

ขอบเขตด้านสถานที่

สถานที่ฝึก คือ โรงเรียนอัสสัมชัญ

สถานที่ทดสอบความหนาแน่นของมวลกระดูก คือ ชั้น 10 อาคารจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประมาณ 10 สัปดาห์

-ระยะเวลาในการฝึก 8 สัปดาห์

-ระยะเวลาในการทดสอบ Pre-test และ Post-test ประมาณ 2 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อจำกัดงานวิจัย

ไม่สามารถควบคุมอาหาร กิจวัตรประจำวันและการพักผ่อนได้

คำจำกัดความของการวิจัย

ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก: Bone mineral content (BMC) หมายถึง ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก ประกอบไปด้วย แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม (65%) โปรตีน (25%) และน้ำ (10%) มีหน่วยเป็น กรัม (g) ทำการวัดด้วย เครื่อง Dual-Energy X-ray Absorptiometry; DEXA ที่บริเวณ Lumbar spine (L1-L4), femoral neck และ total body

ความหนาแน่นของมวลกระดูก: Bone mineral density (BMD) หมายถึง อัตราส่วนของปริมาณแร่ธาตุในกระดูก ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร มีหน่วยเป็น กรัม/ตารางเซนติเมตร (g/cm^2) ทำการวัดด้วย เครื่อง Dual-Energy X-ray Absorptiometry; DEXA ที่บริเวณ Lumbar spine (L1-L4), femoral neck และ total body

ท่าดร็อปจั๊มพ์ (Drop jump) หมายถึง หลักของการกระโดด ที่เป็นการเคลื่อนไหวที่กล้ามเนื้อยืด-หด อย่างรวดเร็ว (Fast stretch-shortening cycle) เกิดการหดตัวแบบ eccentric contraction ในขณะที่เท้ากระทบพื้น ก่อนการหดตัวกลับแบบ concentric contraction โดยเริ่มจากการยื่นขาข้างใดข้างหนึ่งมาข้างหน้าให้พ้นจากตัวกล่องเอามือจับที่สะโพก จากนั้นทิ้งตัวลงมาจากกล่องที่มีความสูง 45 เซนติเมตร โดยให้เท้าทั้งสองข้างสัมผัสพื้นพร้อมกัน พร้อมทั้งย่อเข่าเพื่อทำการกระโดดต่อเนื่องโดยกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งเมื่อเท้าสัมผัสพื้นอีกครั้งให้ย่อเข่ารับ

นักกีฬาบาสเกตบอลชาย (Basketball player) หมายถึง นักกีฬาบาสเกตบอล เพศชาย อายุระหว่าง 13-14 ปี ที่มีความรู้ความสามารถในการเล่นบาสเกตบอลเป็นอย่างดีและมีการฝึกซ้อมอย่างสม่ำเสมอ

นักกีฬาบาสเกตบอลชาย โรงเรียนอัสสัมชัญ หมายถึง นักกีฬาบาสเกตบอล เพศชายอายุระหว่าง 13-14 ปี ที่มีความรู้ความสามารถในการเล่นบาสเกตบอลเป็นอย่างดีและมีการฝึกซ้อมอย่างสม่ำเสมอ โรงเรียนอัสสัมชัญ วิทยาเขตบางรัก

ความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) หมายถึง ระยะทางในแนวดิ่งที่วัดได้จากผลต่างของระยะทางที่กระโดดได้สูงสุด-ระยะทางก่อนการกระโดด โดยมีการทดสอบโดยชุดทดสอบการกระโดด Yardstick

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการวางโปรแกรมการฝึกซ้อมเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพในการเล่นกีฬาบาสเกตบอล

2. เพิ่มความแข็งแรงของกระดูกเพื่อป้องกันการบาดเจ็บหรือแตกหักของกระดูกและช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดของโรคกระดูกพรุนในอนาคต

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่องของความหนาแน่นของมวลกระดูกในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย อายุ 13-14 ปี จึงได้มีการศึกษารวบรวมข้อมูลในเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็น ตำรา เอกสาร งานวิจัย เพื่อนำมาประกอบเป็นแนวทางในการศึกษาและเรียบเรียงไว้ดังนี้

1. สรีรวิทยาของกระดูก
    1.1 สรีรวิทยาของกระดูก
    1.2 เซลล์กระดูก (bone cells)
    1.3 การแบ่งชนิดของกระดูก
    1.4 กระบวนการสร้างและสลายกระดูก
    1.5 พัฒนาการของกระดูก
    1.6 ผลของการออกกำลังกายต่อการปรับตัวของกระดูก
    1.7 พัฒนาการของกระดูกในแต่ละช่วงอายุ
2. การวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก (Bone mineral density measurement) และการแปรผล
    2.1 เครื่องมือที่ใช้การตรวจความหนาแน่นของกระดูก
    2.2 เครื่อง Dual-Energy X-ray Absorptiometry; DEXA
    2.3 ขั้นตอนในการตรวจความหนาแน่นของมวลกระดูก
    2.4 การแปลผลการตรวจความหนาแน่นของมวลกระดูก
    2.5 การแปลผลค่าความหนาแน่นของมวลกระดูก (Bone Mineral Density) ในเด็ก
3. การศึกษาโปรแกรมการฝึกกระโดดที่ส่งผลต่อกระดูก
4. แนวคิดเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกกระโดดในท่าดร็อปจั๊มพ์ (Drop jump)
    4.1 โปรแกรมการฝึกกระโดดดร็อปจั๊มพ์
    4.2 การออกแบบโปรแกรมการฝึก
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ
    5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ
        5.2.1 การศึกษาเกณฑ์การทดสอบที่ใช้กำหนดความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. สรีรวิทยาของกระดูก (ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550)

โครงสร้างและหน้าที่ของกระดูก (Structure and function of bone) กระดูกของมนุษย์ปกติแล้วจะมีน้ำหนักอยู่ที่ประมาณ 4 กิโลกรัม มีปริมาตรทั้งหมดประมาณ 1,750 มิลลิลิตร มีปริมาณแคลเซียมทั้งหมดประมาณ 1,050 กรัม ซึ่งประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อกระดูก 2 ประเภท แบ่งตามจุลกายวิพากษ์ศาสตร์เนื้อเยื่อ (Histology) คือกระดูกเนื้อแน่น (Compact bone หรือ Cortical bone) คิดเป็น 80% และ เนื้อกระดูกพรุน (Cancellous หรือ spongy bone คิดเป็น 20% ของมวลกระดูกทั้งหมด ซึ่งในกระดูกเนื้อพรุนจะมีเมตาบอลิซึม ต่อหน่วยปริมาตรที่เท่ากันถึง 10 เท่า โดยรวมแล้วหน้าที่หลัก ๆ ของกระดูกคือ การค้ำจุน (support) ร่างกายให้คงรูปได้ และยังป้องกันอวัยวะภายในร่างกาย เช่น สมอง ปอด หัวใจ และไขสันหลัง เป็นต้น รวมถึงการเป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อ เส้นเอ็นทำให้เกิดการเคลื่อนไหวได้ ยังเป็นที่อยู่ของไขกระดูก ที่เป็นที่ผลิตเซลล์เม็ดเลือดและเป็นแหล่งสะสมแร่ธาตุสำคัญที่ใหญ่ที่สุดในร่างกาย เช่น แคลเซียมและฟอสฟอรัส เมื่อปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสลดลง กระดูกจะมีการสลายแร่ธาตุที่เคยสะสมเอาไว้ เอามารักษาสมดุลแคลเซียมในกระแสเลือด โดยกลไกดังกล่าวควบคุมจากฮอร์โมน นอกจากนี้ยังพบว่ากระดูกยังเป็นแหล่งสะสมของไขมันและประกอบไปด้วยเซลล์ตัวอ่อนที่จะเปลี่ยนไปเป็นเซลล์เม็ดเลือดที่อยู่ภายในไขกระดูก (bone marrow)

เนื้อเยื่อกระดูก จัดเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดหนึ่ง ประกอบขึ้นด้วยส่วนที่เป็นเซลล์และส่วนพื้น (Matrix) องค์ประกอบของส่วนพื้นเป็นสารและเส้นใยโปรตีนต่าง ๆ และยังเป็นแหล่งสะสมของแคลเซียมและฟอสเฟต ซึ่งเป็นธาตุสำคัญที่ทำให้กระดูกมีความแข็งแรง ถ้าธาตุเหล่านี้มีปริมาณน้อยลง จะทำให้เกิดโรคกระดูกพรุนได้

1.1 สรีรวิทยาของกระดูก (ณรงค์ บุณยะรัตเวช, 2550)

กระดูกประกอบด้วย เกลือแร่ 65 เปอร์เซ็นต์ มีแคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม นอกนั้นเป็นธาตุที่มีความเข้มข้นน้อย (trace elements) และอีกส่วน 25 เปอร์เซ็นต์ คือโปรตีน ซึ่งแบ่งได้ 2 ชนิด คือ โปรตีนที่อยู่ในรูปคอลลาเจน คิดเป็น 23% ส่วนอีก 2% เป็นโปรตีนชนิดช่วยเสริมความแข็งแรงหรือยึดส่วนประกอบอื่น ๆ ของกระดูกเข้าด้วยกัน เรียกว่า นอนคอลลาเจนโปรตีน (noncollagenprotein) ซึ่งได้แก่ ออสทีโอแคลซิน (osteocalcin) ออสทีโอพอนติน (osteopontin) ออสทีโอเนคติน (osteonectin) นอกจากนี้ยังมีน้ำเป็นส่วนประกอบอีกด้วย ซึ่งมีน้ำในกระดูกประมาณ 10 %

การทำงานของเซลล์กระดูก ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงเซลล์กระดูก อันได้แก่ osteoclast ซึ่งทำหน้าที่ในการสลายกระดูก เป็นผลให้เซลล์สร้างกระดูก osteoblast เกิดการทำงาน สิ่งที่เกิดจากการสลายหรือการสร้างกระดูก คือกระดูกจะหลุดเข้าสู่เลือดพร้อมกับเอนไซม์ของเซลล์กระดูกที่ได้ใช้ในการสลายหรือการสร้างกระดูก จะสามารถตรวจด้วยขบวนการเคมีพิเศษหรือบอกได้ว่าเป็นสิ่งที่เกิด

จากการสลายหรือการสร้างกระดูก ของ osteoblast หรือ osteoclast หรืออีกทางหนึ่งสามารถบอกภาวะการสร้างหรือสลายของกระดูกได้จากการตรวจวิธีนี้เรียกว่า ไบโอเคมีคัลโบนมาร์กเกอร์ (Biochemical bone markers)

ในขณะที่มีการทำงานของ osteoclast และ osteoblast มีการตรวจดูความเปลี่ยนแปลงของกระดูก ซึ่งมีลักษณะการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การสร้างเนื้อกระดูกโดยเซลล์ osteoblast ที่สร้างเมทริก (matrix) ที่ประกอบด้วยโปรตีนต่าง ๆ ตลอดจนคอลลาเจนและในขณะทำงานเซลล์ก็จะปล่อยเอนไซม์ออกมาหลายชนิด ตัวอย่างเช่น

1.1 คอลลาเจน (Collagen) ลักษณะของคอลลาเจนเป็นชนิด Type 1 ซึ่งจะพบมากที่สุดในกระดูกเอ็นกล้ามเนื้อเอ็นข้อต่อพังผืดและผิวหนัง เมื่อ osteoblast ทำกระบวนการสร้างคอลลาเจนจะมีส่วนปลายของคอลลาเจนที่ไม่พันกัน (Propeptide) ออกมาสู่เลือดซึ่งมี 2 ทางได้แก่ Procollagen type 1 Nitrogenous terminal Propeptide: PINP และ Procollagen type 1 Carboxyl Terminal Propeptide: PICP ถ้าพบว่ามีส่วนของคอลลาเจนในเลือดสูงกว่าปกติ สามารถบ่งบอกได้ว่ามีอัตราการสร้างกระดูก (bone formation) สูง ซึ่งแสดงว่า osteoblast เริ่มทำงานในการสร้างเนื้อเยื่อกระดูก

1.2 ออสทีแคลซิน (Osteocalcin) เป็นโปรตีนที่พบมากที่สุดในกระดูก คิดเป็น 99 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากการสร้างของ osteoblast ขณะที่ osteoblast สร้างกระดูกจะมีการสร้างออสทีโอแคลซินเป็นขั้นตอน จะมีบางส่วนของออสทีโอแคลซินที่หลุดสู่เลือด แต่ออสทีโอแคลซินเป็นมาร์กเกอร์ได้ 2 แบบคือ บอกได้ทั้งภาวะการสร้างกระดูกและการสลายของกระดูก เพราะในกระดูกจะมี Osteocalcin อยู่ ถูกสลายออกโดย osteoclast ก็จะออกสู่เลือดได้เช่นกัน แต่อาจต่างกันตรงที่จำนวน intact osteocalcin ไม่มากเท่ากับการสร้างกระดูก

1.3 เอนไซม์ ขณะที่มีการสร้างกระดูก ค่า Bone alkaline phosphatase หรือ Total alkaline phosphatase จะเพิ่มสูงกว่าปกติ

2. การสลายตัวของเนื้อกระดูก

ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันคือการวัดส่วนของคอลลาเจนที่ถูก osteoclast ย่อยสลายออกมาเป็นส่วนๆ (Fragments) ส่วนที่ใช้เป็นมาร์กเกอร์ คือส่วน Telopeptide ที่ Cross link มาเกาะในตำแหน่งกรดอะมิโนแอสปาติก เชื่อมกับกลัยซีน (D-G) เพราะคอลลาเจนส่วนนี้ เมื่อหลุดออกมาจะคงสภาพพันธะอยู่ตลอดเวลาจึงเหมาะใช้เป็นมาร์กเกอร์ส่วนนี้เรียกว่า BatacrossLaps บางครั้งสับสนเรียกว่า CTx ความจริงแล้ว CTx คือส่วนคอลลาเจนตรง Telopeptide (Tx) ทางปลาย C ถ้าทางปลาย N จะเรียกว่า NTx อย่างไรก็ตามทั้ง CTx และ NTx ก็เป็น Resorptive markers เช่นกัน เพราะจะสลายแยกออกมาได้เมื่อถูก osteoclast ย่อย

ในเมืองไทยสารเคมีที่ใช้ตรวจ BatacrossLaps หาซื้อได้ง่ายกว่าจึงนิยมตรวจ BatacrossLaps ซึ่งเป็นส่วนที่ Cross link มาเกาะตรงตำแหน่งกรดกลัยซีนกับแอสปาติก ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ Telopeptide ซึ่งมีพันธะพิเศษเชื่อมระหว่างกรดสองชนิดนี้ที่ทนทานต่อการถูกย่อยไม่สลายง่ายโดยเอนไซม์ในร่างกาย สำหรับส่วนอื่น ๆ เช่น คอลลาเจน มักใช้ในงานวิจัย การวัดเอนไซม์จาก osteoclast ที่เรียกว่า Tratrate Resistant Acid Phosphatase (TRAP) นิยมวัดในงานวิจัยแบบ Immuno assay TRAP มี 2 ชนิดคือ TRAP5a และ TRAP5b นิยมตรวจ TRAP5b มากกว่าสามารถทำการวัดได้ทั้งในเลือดและปัสสาวะ (Urine)

1.2 เซลล์กระดูก (bone cells) (บังอร ฉางทรัพย์, 2560)

เซลล์ที่อยู่ภายในกระดูกประกอบไปด้วยเซลล์กระดูกหลายชนิดด้วยกัน ดังนี้

1. Osteoprogenitor cell

เซลล์ชนิดนี้เป็นส่วนของเซลล์ต้นกำเนิดมี (stem cell) สามารถแบ่งตัวไปเป็น osteoblast มีหน้าที่สำคัญคือสามารถซ่อมแซมตัวเอง พบว่ามันวางตัวอยู่ด้านในของเยื่อหุ้มกระดูกชั้นนอก (Periosteum) และทางชั้นในของช่องไขกระดูกและเยื่อหุ้มชั้นในของกระดูก (Endosteum) นอกจากนี้ยังวางตัวอยู่ตามหลอดเลือดที่ผ่านเข้าสู่เนื้อกระดูก

2. Osteoblast

เป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่ในการผลิตกระดูกโดยกระบวนการ osteogenesis โดย osteoblast ทำหน้าที่ผลิตและหลั่งสารพวกโปรตีนรวมถึงสารอินทรีย์ต่าง ๆ และทำให้มีการสะสมของแคลเซียมมากขึ้น จากนั้นจะเปลี่ยนแปลงตัวเองไปเป็น osteocyte ภายหลัง

3. Osteocyte

เป็นเซลล์กระดูกที่มีการพัฒนาที่เต็มที่แล้ว พบมากที่สุดในบรรดาเซลล์ของกระดูกทั้งหมด osteocyte และวางตัวอยู่ในแอ่งที่เรียกว่า Lacunae เรียงตัวเป็นชั้นอยู่รอบหลอดเลือดที่เรียกว่า lamellae แต่ละ lamellae จะติดต่อกันด้วยช่องเล็ก ๆ ที่เรียกว่า canaliculi ซึ่งเกิดมาจากแนวส่วนยื่น (process) ของ osteocyte มาเชื่อมต่อกัน หลังจากนั้นมีแคลเซียมมาสะสมทำให้เกิดการติดกันและมีลักษณะเป็นช่อง โดยช่องดังกล่าวจะเป็นทางผ่านของสารต่าง ๆ เพื่อการติดต่อระหว่าง lamellae นอกจากนี้ยังพบว่า osteocyte ยังสามารถสร้างและสลายกระดูกได้แต่อยู่ในขอบเขตที่จำกัด และยังซ่อมแซมกระดูกได้อีกด้วย เซลล์ชนิดนี้ได้รับอิทธิพลมาจาก parathyroid hormone ในการควบคุมปริมาณแคลเซียมในกระแสเลือดให้มีความเหมาะสม

4. Osteoclast

เป็นเซลล์ที่มีลักษณะค่อนข้างใหญ่เนื่องจากเป็นเซลล์ที่เปลี่ยนแปลงมาจากเซลล์เม็ดเลือดขาว ชนิด monocyte ทำหน้าที่ในการทำลายเนื้อกระดูกและมีการซ่อมแซมตัวเองของกระดูก osteoclast ทำหน้าที่หลั่งสารที่มีลักษณะเป็นกรด และเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน (proteolytic

enzyme) ซึ่งสามารถย่อยสลายกระดูกและแร่ธาตุออกมา เรียกขบวนการการทำลายกระดูกของ osteoclast นี้ว่า ขบวนการย่อยสลายกระดูก (osteolysis) เป็นขบวนการที่มีความสำคัญในการควบคุมปริมาณของแคลเซียมในกระแสเลือด นอกจากนี้ ยังพบความสมดุลของ osteoclast และ osteoblast ซึ่งมีความสำคัญในการเจริญและการทำลายของกระดูก (ดังรูปที่ 1)

รูปที่ 1 เซลล์กระดูกทั้ง 4 ชนิด

ที่มา: (ภาคอายุรศาสตร์, คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

1.3 การแบ่งชนิดของกระดูก

การแบ่งชนิดของกระดูกสามารถแบ่งได้หลายวิธี ทั้งการแบ่งตามรูปร่างที่เห็นตามตำแหน่งที่อยู่ตามลักษณะการเกิด และลักษณะการทำงาน ตามรายละเอียดดังนี้

1. แบ่งตามรูปร่างที่เห็น

1.1 กระดูกยาว (Long bone) เป็นกระดูกที่มีความยาวมากกว่าความกว้าง เช่น กระดูกขา กระดูกแขน เป็นต้นกระดูกยาวประกอบไปด้วยส่วนตรงกลาง คือ ก้าน (shaft หรือ diaphysis) และปลายของทั้งสองข้างเรียกว่า epiphysis

1.2 กระดูกสั้น (Short bone) เป็นกระดูกที่มีความกว้างและยาวใกล้เคียงกัน จึงมีลักษณะคล้ายลูกบาศก์หรือรูปหกเหลี่ยม เช่น กระดูกข้อมือ กระข้อดูกเท้า เป็นต้น พบว่าที่ภายในกระดูกสั้นมีกระดูกพรุนที่บรรจุด้วยไขกระดูก โดยชั้นนอกมีการปกคลุมด้วยกระดูกแข็งแต่มีลักษณะบาง

1.3 กระดูกแบน (Flat bone) กระดูกชนิดนี้มีลักษณะแบนและบาง ส่วนใหญ่จะมีการโค้งงอ เช่น กระดูกซี่โครง กะโหลกศีรษะ กระดูกกลางอก เป็นต้น ทำหน้าที่ปกป้องอวัยวะต่าง ๆ กระดูกชนิดนี้ประกอบไปด้วยกระดูกแข็ง 2 แผ่น ลักษณะบางประกบเข้าด้วยกัน โดยมีกระดูกพรุนซึ่งภายในบรรจุไขกระดูกแดงอยู่ตรงกลาง

1.4 กระดูกที่มีรูปร่างไม่แน่นอน (Irregular bone) เป็นกระดูกที่มีรูปร่างที่ไม่แน่นอน เช่น กระดูกสันหลัง กระดูกใบหน้า เป็นต้น กระดูกชนิดนี้เป็นที่เกาะของกล้ามเนื้อ รวมไปถึงการเคลื่อนไหวของข้อต่อด้วย

2. แบ่งตามลักษณะของเนื้อกระดูก

2.1 กระดูกแข็ง (Compact bone) เป็นกระดูกที่มีลักษณะแน่นและแข็ง สังเกตจากภายนอกจะพบว่ามีลักษณะเป็นสีขาวหรือเป็นสีเหลืองอ่อน เมื่อนำกระดูกมาหั่นตามแนวขวางให้เป็นชิ้นบาง ๆ จะพบว่ามีลักษณะเป็นวงหลายชั้น เรียกว่า lamellae ซึ่ง lamellae จะเป็นวงล้อมส่วนตรงกลางของกระดูกที่เป็น ช่องยาว เรียกว่า central carnal ซึ่งเป็นที่อยู่ของหลอดเลือด เส้นประสาท และหลอดน้ำเหลืองที่มาเลี้ยงกระดูก

2.2 กระดูกพรุน (Cancellous หรือ Spongy bone) กระดูกชนิดนี้มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ เนื้อกระดูกมีลักษณะเป็นแท่ง และแผ่นอยู่มากมายเรียกว่า trabeculae ซึ่งประกอบไปด้วยชั้นของ lamellae, osteocyte และท่อขนาดเล็ก เรียกว่า canaliculi จึงทำให้มีลักษนะคล้ายกระดูกแข็ง แต่มีการเรียงตัวที่ไม่เป็นระเบียบและมีปริมาณไม่มากนัก

3. การแบ่งตามลักษณะที่อยู่

กระดูกบางชนิดมีการฝังตัวอยู่ภายในเอ็นกล้ามเนื้อ โดยมักจะเป็นกระดูกที่มีขนาดค่อนข้างเล็ก จึงเรียกกระดูกชนิดนี้ว่า sesamoid ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันเอ็นกล้ามเนื้อไม่ให้เกิดการเสียดสีกับกระดูกมากเกินไป พบว่า กระดูก sesamoid ที่ใหญ่ที่สุดคือ สะบ้า (patella) ซึ่งอยู่ที่บริเวณข้อเข่า

1.4 กระบวนการสร้างและสลายกระดูก

กระดูกเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดพิเศษ (special connective tissue) มีกระบวนการปรับเปลี่ยนเนื้อกระดูกอยู่ตลอดเวลา ประกอบไปด้วยกระบวนการสร้างและกระบวนการสลายกระดูก ในกระบวนการสลายกระดูก จะมีเซลล์ที่ชื่อว่า osteoclast ทำหน้าที่ในการสลายกระดูกส่วนผิว ทั้งของกระดูกเนื้อแน่น (compact bone หรือ Cortical bone) และกระดูกเนื้อพรุน (Cancellous หรือ Spongy bone) จนเป็นร่องที่มีขนาดเล็ก (lacuna) ด้วยการหลั่งสารคาร์บอนิคแอนไฮเดรสและแอซิดไฮโดรเดรส

กระบวนการสร้างกระดูกจะมีเซลล์ osteoblast ทำหน้าที่ในการสร้างกระดูก ที่ประกอบไปด้วยไฮโดรออกซีโพลีน และคอลลาเจนซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง ไปจนถึงเซลล์ที่กระตุ้นให้เกิดกระบวนการดึงแคลเซียมในเลือด มาเกาะกับสารพื้นฐาน (Mineralization) รวมถึงการสร้างสารและหลั่งสาร Insulin growth factors I-II และ Transforming growth factors ที่ช่วยในการสร้างเนื้อกระดูก

กระบวนการดังกล่าวจะใช้เวลาราว ๆ 3-5 เดือน กว่าจะได้กระดูกที่สมบูรณ์และแข็งแรงออกมา ในวัยที่กำลังมีการเจริญเติบโตจะมีกระบวนการสร้างกระดูกในอัตราที่เร็วกว่าการสลายกระดูก จึงทำให้วัยเด็กมีการสะสมของเนื้อกระดูกมากกว่าวัยผู้ใหญ่ หลังจากที่อายุประมาณ 30-35 ปีขึ้นไป ความหนาแน่นของมวลกระดูกจะมีความคงที่อยู่ที่ช่วงเวลาหนึ่ง และหลังจากอายุ 40 ปี กระบวนการสร้างกระดูกจะเริ่มช้ากว่าการสลายของกระดูก โดยมีอัตราการสูญเสียเนื้อกระดูกทั้งในเพศหญิงและเพศชายเฉลี่ยแล้ว คิดเป็นร้อยละ 0.5-1 ต่อปี (Roach, 2001) นอกจากนี้เมื่อเพศหญิงเข้าสู่วัยหมดประจำเดือน จะมีการสูญเสียกระดูกเพิ่มมากขึ้นเร็วกว่าเพศชาย คิดเป็นประมาณร้อยละ 5-10 ต่อปี อัตราการสูญเสียกระดูกจะเกิดขึ้นเร็วมากในช่วง 5 ปีแรกหลังหมดประจำเดือน จากนั้นเมื่ออายุถึง 70 ปี อัตราการสูญเสียกระดูกจะลดน้อยลงเหลือเพียงร้อยละ 1 ต่อปี และจะมีการเสื่อมของเนื้อกระดูก เท่ากันทั้งเพศชายและเพศหญิงในอายุประมาณ 70 ปี (รัชตะ รัชตะนาวิน, 2538; เสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

1.5 พัฒนาการของกระดูก

สามารถแบ่งการพัฒนาการของกระดูก ได้เป็น 4 ประเภท (นิมิต เตชไกรชนะ, 2543 และเสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

การเจริญของกระดูก (Bone growth)

สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ การเจริญเติบโตของกระดูกในแนวกว้าง (appositional growth) เป็นการสร้างกระดูกที่บริเวณผิวทำให้กระดูกโตขึ้นและกว้างออก และอีกชนิดคือ การเจริญของกระดูกในแนวยาว (chondral growth) เป็นการสร้างกระดูกจากการแทนที่ของกระดูกอ่อนบริเวณ epiphyseal plate ทำให้มีการเจริญของกระดูกในแนวยาว epiphyseal plate เป็นส่วนที่แยกปลายกระดูกออกจากก้านของมัน แนวของเซลล์ epiphyseal plate เรียงตัวขนานกับแนวการเจริญของเซลล์กระดูกอ่อน (chondrocyte) ฝังตัวอยู่ใน hyaline cartilage โดยแบ่งเซลล์ออกเป็น 2 บริเวณ ได้แก่ บริเวณพักและบริเวณที่แบ่งตัว เซลล์กระดูกอ่อนที่บริเวณนั้นแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว โดยเซลล์ที่อยู่บนสุดสามารถแบ่งตัวได้เร็วกว่าเซลล์ที่อยู่ด้านล่างทำให้กระดูกงอกออกไป จึงเป็นเหตุผลว่าทำไมเราจึงมีความสูงที่เพิ่มขึ้นจากวัยเด็ก

เซลล์กระดูกอ่อนในบริเวณที่พักอยู่ใกล้กับก้านของกระดูก โดยเซลล์ นี้จะมีขนาดใหญ่และมีการสะสมของแคลเซียมมาสะสมในส่วนพื้น หลังจากนั้นจะเริ่มมีการตายของเซลล์กระดูกอ่อนและมีเซลล์ใหม่ขึ้นมาทดแทน นอกจากนี้ยังพบว่า ปกติแล้ว epiphyseal plate จะมีลักษณะเป็นสีดำ เนื่องจากเป็นกระดูกอ่อน เมื่อคนเรามีอายุมากขึ้น epiphyseal plate จะถูกแทนที่ด้วยกระดูกแข็งจนหมดไป ทำให้กระดูกหยุดการเจริญเติบโต

1. การเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (Modeling)

เป็นกระบวนการซึ่งมีการปรับเปลี่ยนรูปร่างของกระดูก เพื่อตอบสนองต่อสรีระและอิทธิพลจากการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้น กระดูกสามารถกว้างออก หรือปรับแนวของตัวมันเองโดยใช้กลไกการเคลื่อนย้ายกระดูกในตำแหน่งที่ไม่ต้องการ ยกตัวอย่างเช่น การกว้างออกของกระดูกยาว (Long bone) เกิดจากการสร้างชั้นกระดูกใหม่ (New layer) ที่ผิวของเยื่อหุ้มกระดูก (periosteal surface) ในขณะที่มีการเคลื่อนย้ายกระดูกในด้านพื้นผิวของเยื่อโพรงกระดูก ปรากฏการณ์นี้จะเห็นได้ชัดเจนในช่วงวัยเด็กและจะค่อย ๆ หมดความสามารถนี้ไปเมื่ออายุมากขึ้น การที่กระดูกยาวสามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างไปตามแรงกดที่กระทำกับมันได้เราเรียกอีกอย่างว่ากฎของวูฟ หรือ Wolff's law

2. การปรับแต่งกระดูก (Remodeling)

คือ การเติบโต การเปลี่ยนรูปร่าง การจัดตัว การซ่อมแซมและควบคุมปริมาณแคลเซียมเพื่อปริมาณที่เหมาะสม โดยปกติแล้วกระดูกจะมีกระบวนการสลายกระดูกเก่าและสร้างกระดูกใหม่เกิดขึ้นตลอดเวลาและจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปตลอดชีวิต โดยมีการเคลื่อนย้ายกระดูกเก่า (Bone resorption) ออก ตามมาด้วยการสร้างกระดูกขึ้นมาทดแทนใหม่ ที่ตำแหน่งเดิม (Bone formation) ความแตกต่างจากการเปลี่ยนขนาดและรูปร่างของกระดูก (Modeling) อยู่ที่การเคลื่อนย้ายของกระดูกและการแทนที่ของกระดูกในการปรับแต่งกระดูก (Remodeling) จะต้องเกิดขึ้นที่ตำแหน่งเดียวกันเสมอในระดับที่เล็กมาก (Microscopic) และการปรับแต่งกระดูกเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในทุกที่ของกระดูกของร่างกายตลอดเวลา แต่อยู่ในระดับที่เล็กมากแทบไม่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ ทั้งในแง่ของปริมาณหรือรูปร่างกระดูก (ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550) ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการปรับสมดุลของแคลเซียมในร่างกาย (Calcium homeostasis) เป็นการทำงานของเซลล์สองชนิดคือ คือ เซลล์สลายเนื้อกระดูก (Osteoclast) และคือเซลล์สร้างกระดูก (Osteoblast) กระบวนการสร้างและสลายกระดูกมักจะเกิดขึ้นที่บริเวณผิวด้านในของกระดูก (Endosteum) ซึ่งกระบวนการนี้จะทำให้มีการสร้างกระดูกใหม่ทดแทนกระดูกเก่าในอัตราร้อยละ 2-10 ต่อปี ซึ่งระยะเวลาในการสร้างกระดูกใหม่ทดแทนกระดูกเก่าให้ครบทั่วร่างกาย อาจใช้เวลานานถึง 9-11 ปี (นิมิต เตชะไกรชนะ, 2543)

3. การซ่อมแซมกระดูก (Repair)

เมื่อมีการบาดเจ็บของกระดูก เช่น กระดูกหัก จะทำให้หลอดเลือดที่เยื่อหุ้มกระดูกที่บริเวณนั้น ๆ ถูกทำลายด้วย จากนั้นจะมีเลือดออกและแข็งตัวเกิดขึ้น จากนั้นประมาณ 2-3 วัน หลอดเลือดโดยรอบจะเข้าไปที่บริเวณที่กระดูกแตกหรือหัก หลังจากนั้น 1 สัปดาห์เซลล์จะมีการพัฒนาไปเป็นเซลล์เนื้อเยื่อเกี่ยวพันแล้วทำการสร้างโครงเส้นใย (fibrous network) เชื่อมระหว่างกระดูกที่หัก นอกจากนีเซลล์บางเซลล์ยังพัฒนาไปเป็นเซลล์ต้นกำเนิดกระดูกอ่อน (chondroblast) เพื่อที่การสร้างกระดูกอ่อนที่มีเส้นใยคอลลาเจน เป็นจำนวนมากอยู่ภายในโครงสร้างเส้นใยที่สร้างขึ้น ซึ่งเชื่อมอยู่ระหว่างกระดูกที่หักจึงเรียกว่า fibrocartilage callus จากนั้น osteoblast ที่อยู่ใน

periosteum และ endosteum จะเคลื่อนเข้าไปอยู่ใน fibrocartilage callus ที่สร้างขึ้น และทำการสร้างกระดูกจนกลายเป็น bony callus นอกจากนี้ยังพบว่าการสร้างกระดูกในบริเวณที่หักดังกล่าวจะเป็นการสร้างกระดูกชนิด intramembranous และ endochondral ossification

5. หน้าที่ของการปรับแต่งกระดูก (Functional of Bone remodeling)

หน้าที่หลักของการปรับแต่งกระดูก (Functional of Bone remodeling) ที่ยอมรับกันในปัจจุบันมีอยู่ 2 ประการคือ

1. เพื่อให้มีการคงสภาพของกลไกการสะสมกระดูก (Mechanical property) โดยการสร้างกระดูกใหม่ที่มีความแข็งแรงมากกว่า มาแทนที่กระดูกเก่าที่เสื่อมไป

2. เพื่อควบคุมความสมดุลของแร่ธาตุ (Mineral homeostasis) ในร่างกาย กระดูกถือได้ว่าเป็นแหล่งสะสมแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่ใหญ่ที่สุดในร่างกาย ดังนั้นจึงต้องอาศัยกลไกการปรับแต่งกระดูก (Bone remodeling) จะเห็นว่าในขณะที่อัตราการหมุนเวียนของกระดูก (Bone turnover rate) ในกระดูกเนื้อแน่น (Cortical bone) มีเพียง 2-3% ต่อปี ซึ่งมีความเหมาะสมในการรักษากลไกความแข็งแรงของกระดูก (Maintain mechanical strength) แต่อัตราการหมุนเวียนของกระดูก (Bone turnover rate) ในกระดูกเนื้อพรุน (Cancellous bone) มีมากกว่าซึ่งสนับสนุนความคิดที่ว่ากระดูกเนื้อพรุนทำหน้าที่รักษาสภาวะสมดุลของแร่ธาตุต่าง ๆ ในร่างกายมากกว่าที่จะทำหน้าที่เกี่ยวกับความแข็งแรง (ทวี ทรงพัฒนศิลป์, 2550)

6. กลไกความแข็งแรงของกระดูก (จันทร์จิรา,2554)

กลไกที่ทำงานร่วมกันคือ กลไกการสร้างกระดูก ได้แก่ การปรับตัวของกระดูกผ่านแรงที่กระทำต่อกระดูก ผลของ Intermittent parathyroid hormone และภาวะที่เนื้อเยื่อมี O_2 ต่ำเฉพาะที่ ในบริเวณกระดูกขณะออกกำลังกาย และกลไกที่ลดการสลายของกระดูก จากการลดปริมาณของ Inflammatory cytokines และ Glucocorticoid เพื่อการเพิ่มความแข็งแรงของกระดูกอย่างมีประสิทธิภาพ โดยกลไกการเพิ่มความแข็งแรงของกระดูกจะต้องมีการปรับแต่งกระดูก (bone remodeling) โดยมีการสะลายกระดูกเก่า (bone resorption) และสร้างกระดูกใหม่ (bone formation) โดยเซลล์กระดูกที่มีบทบาท มีอยู่ 3 ชนิด คือ Osteoblast ทำหน้าที่ในการสร้างกระดูก Osteocyte ทำหน้าที่ในการดูแลกระดูก และOsteoclast ทำหน้าที่ในการสลายกระดูก โดยทำงานควบคู่กับการปรับแต่งกระดูกเริ่มต้นที่หน่วยเล็ก ๆ ของกระดูก โดยในเนื้อกระดูกปกติจะมีเซลล์ osteocyte แทรกอยู่โดยแต่ละเซลล์จะมีรยางค์ (filopodia) ยื่นออกไปรอบ ๆ เป็นจำนวนมากและเชื่อมต่อกันระหว่างเซลล์เป็นร่างแห โดยผ่านระบบท่อในกระดูก (canaliculi) ทำหน้าที่ตรวจจับความผิดปกติหากมีความเสียหายของกระดูกเกิดขึ้น จะทำให้รยางค์ของเซลล์ถูกตัดขาด osteocyte จะส่งสัญญาณโดยการสร้าง Macrophage colony stimulating factor (M-CSF) และ RANKL (RANK ligand) ซึ่งจะไปกระตุ้น osteoclast precursor ให้พัฒนาไปเป็น active osteoclast โดยมีลักษณะ

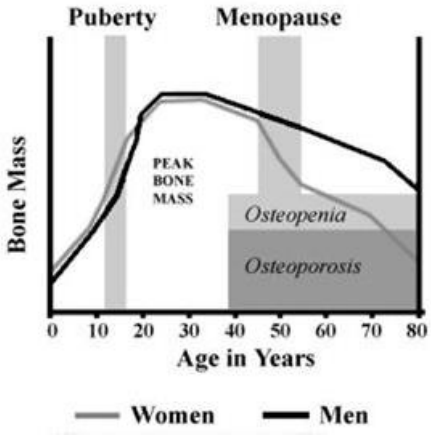
เป็น multinucleated giant cell และมีขอบเซลล์เป็นคลื่น (ruffled border) เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการย่อยสลายกระดูกซึ่ง active osteoclast จะเกาะติดกับเนื้อกระดูก หลังจากนั้นจะเริ่มทำการย่อยสลายกระดูกโดยการหลั่งกรดเกลือ (HCl) โดยขบวนการสลายกระดูกนี้ใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์ หลังจากนั้น osteoclast จะตายไปและการหลัง BMPs (Bone Morphogenic Proteins) และ Wnt กระตุ้นให้ osteoblast precursor เจริญไปเป็น active osteoblast ซึ่งจะทำหน้าที่สร้างกระดูกขึ้นมาใหม่ ที่มีโปรตีนต่างๆ รวมถึงมีการสะสมแร่ธาตุ เช่น แคลเซียม ทำให้กระดูกมีความแข็งแรงมากขึ้น

1.6 ผลของการออกกำลังกายต่อการปรับตัวของกระดูก (ภนารี พานเพียร์ศิลป์, 2541)

กล่าวไว้ว่ามีกลไกหลายอย่างที่สามารถใช้ในการอธิบายกระดูก หรือดูว่ามีการตอบสนองที่กระทำต่อกระดูกจากน้ำหนักหรือแรงหรือไม่ ซึ่งหน้าที่ของกระดูกเปรียบเสมือนเป็นผลึกที่มีประจุไฟฟ้า (Piezoelectric crystal) ที่สามารถผลิตประจุไฟฟ้าในสัดส่วนที่สัมพันธ์กับแรงที่กระทำต่อกระดูก เช่นเมื่อมีแรงกระทำต่อกระดูกที่ทำให้เกิดการหักเป็นบริเวณเล็ก อาจไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เหตุการณ์นี้จะเป็นตัวกระตุ้นให้เซลล์กระดูก Osteoclast ทำงานโดยการสลายกระดูกเก่าควบคู่ไปกับการสร้างกระดูกใหม่ของเซลล์ Osteoblast แรงที่กระทำต่อกระดูกที่มีการเคลื่อนที่ในปริมาณของแรงที่กระทำต่อกระดูกไม่ว่าจะมากหรือน้อย มีอิทธิพลในการทำให้เนื้อกระดูกมีความหนาเพิ่มขึ้น รวมถึงการปรับแต่งกระดูก (Remodeling) และสามารถอธิบายได้ ว่าเมื่อกระดูกได้รับน้ำหนักที่กระทำต่อกระดูกน้อยหรือไม่ได้รับ (No load) จะทำให้มวลกระดูกมีค่าลดลง

1.7 พัฒนาการของกระดูกในแต่ละช่วงอายุ

ร่างกายของมนุษย์ไม่ว่าจะเพศชายหรือเพศหญิง จะมีการพัฒนาของกระดูกอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วัยแรกคลอดถึงจุดสูงสุดในช่วงอายุระหว่าง 25 ถึง 30 ปีอย่างไรก็ตามเมื่อ อายุ 40 ปี จะเริ่มมีการสูญเสียมวลกระดูกอย่างช้าๆ จากนั้นกระดูกจะมีความหนาและความบางลดลงในอายุประมาณ 40 เป็นต้นไป แต่ก็ยังเห็นได้ไม่ชัดมาก และเมื่อหลังจากอายุ 50 ปี เนื้อกระดูกจะยิ่งบางเพิ่มมากขึ้นถึงประมาณร้อยละ 0.5-1 ต่อปี มากกว่านั้นในเพศหญิงที่กำลังเข้าสู่วัยหมดประจำเดือนเนื้อกระดูกจะยิ่งบางลงถึงประมาณร้อยละ 2-3 ต่อปี (ธวัช ประสาทฤทธา, 2549) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการพัฒนาของกระดูก
ที่มา: (ดัดแปลงจาก Guiliams et al., 2009)

2. การวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก (Bone mineral density measurement) และการแปรผล

ความหนาแน่นของมวลกระดูก (Bone mineral density; BMD) คือ มวลของกระดูก โดยความหนาแน่นของมวลกระดูกเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่มี ผลต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนและการเกิดการแตกหักของกระดูก (สมชาย เอื้อรัตนวงศ์, 2554)

2.1 เครื่องมือที่ใช้การตรวจความหนาแน่นของกระดูก

การตรวจความหนาแน่นของกระดูก (Quantitative bone mineral analysis) ทำได้หลายวิธีดังนี้ (อุรุษา เทพพิสัย, 2546 และ เสก อักษรานุเคราะห์, 2539)

วิธีเอกซเรย์ธรรมดา การตรวจหากระดูกพรุนด้วยวิธีนี้ ร่างกายจะต้องสูญเสียเนื้อกระดูกไปถึงร้อยละ 25-30 จึงจะสามารถตรวจพบความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ ปัจจุบันมักใช้ในการวินิจฉัยกระดูกหักอันเนื่องมาจากกระดูกพรุน

1. การวัดความหนาแน่นของกระดูกโดยเครื่อง Photon absorptiometer โดยมีเครื่องมือดังนี้

2.1. Single Photon Absorptiometry; SPA โดยส่วนใหญ่มักจะใช้ในการวัดบริเวณปลายของกระดูกแขน (radius) ซึ่งมีกระดูกเนื้อพรุน (Cancellous หรือ Spongy bone) เป็นส่วนประกอบสำคัญ แต่ไม่สามารถใช้วัดที่บริเวณกระดูกสะโพกหรือกระดูกสันหลัง เนื่องจากจะต้องผ่านเนื้อเยื่อต่าง ๆ มากมาย

2.2. Dual Photon Absorptiometry; DPA เครื่องมือชนิดนี้สามารถวัดกระดูกในบริเวณที่มีกล้ามเนื้อหนา ๆ ได้ เช่น กระดูกสะโพกหรือกระดูกสันหลัง

2.3. Dual-Energy X-ray Absorptiometry; DEXA เป็นเครื่องมือในลักษณะเดียวกับ DPA แต่แตกต่างกันที่แหล่งพลังงาน ใช้จากแหล่งกำเนิดเอกซเรย์ ดังนั้นจึงใช้เวลาในการตรวจที่สั้นกว่าปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับก็น้อยกว่าและมีความแม่นยำสูงมากกว่าวิธีอื่น และถูกกำหนดให้เป็นวิธีที่มาตรฐานที่ใช้ในการตรวจโรคกระดูกพรุน โดยองค์การอนามัยโลก (WHO)

3. Quantitative Computed Tomography; QCT เป็นเครื่องมือที่สามารถวัดความหนาแน่นของกระดูกเนื้อพรุน (Trabecular) และกระดูกเนื้อแน่น (Cortical) แยกออกจากกันได้ สามารถเลือกวัดความหนาแน่นเฉพาะบริเวณและสามารถวัดได้เป็น 3 มิติจึงมีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรสามารถแยก Extraosseous calcium ออกได้ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดความหนาแน่นของกระดูกด้วยวิธีอื่น ๆ อย่างไรก็ตามข้อจำกัดคือเป็นเครื่องมือที่มีค่าใช้จ่ายสูงและผู้ป่วยจะได้รับรังสีในปริมาณที่สูง (ประมาณ 25-360 mSv) มากกว่าการวัดชนิดอื่น

4. Quantitative ultrasound หรือเครื่องคลื่นเสียงความถี่สูง เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า Broadband Ultrasonic Attenuation; BUA ทำการวัดได้แค่กระดูกส้นเท้า โดยให้ผู้ป่วยวางส้นเท้าไว้บริเวณช่องตรงกลางใช้เวลาในการตรวจเพียง 1-10 นาทีผู้ป่วยจะไม่ได้รับรังสีใด ๆ เป็นวิธีที่ปลอดภัยไม่ก่อให้เกิดความเจ็บปวด แต่ให้ความแม่นยำไม่มากนัก

บราครัชและคณะ (Bachrach et al., 2016) ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้เครื่อง DEXA ว่ายังคงเป็นวิธีที่แนะนำสำหรับการวัดความหนาแน่นของกระดูกทางคลินิกในเด็ก เนื่องจากความพร้อมในการใช้งาน ความสามารถในการทำซ้ำ ความเร็วโดยรวมแล้วใช้ระยะเวลาประมาณ 15 นาที และมีความเสี่ยงต่ำ การวัดด้วยเครื่อง DEXA สำหรับเด็ก ส่วนของกระดูกที่มีการแนะนำไว้ในเด็กคือกระดูกสันหลังช่วงล่าง (L1–L4) และทั่วร่างกาย (total body) ซึ่งไม่รวมกะโหลกศีรษะ กะโหลกศีรษะควรแยกออกจากการวิเคราะห์หรือการสแกนร่างกายทั้งหมด เนื่องจากกะโหลกศีรษะประกอบด้วยมวลกระดูกโดยส่วนใหญ่ แต่มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยกับการเจริญเติบโต การวัดด้วยเครื่อง DEXA ที่บริเวณสะโพก ในเด็กที่มีอายุน้อยกว่า 13 ปี จะมีความน่าเชื่อถือต่ำ เนื่องจากมีการคลาดเคลื่อนของจุดที่จะวัด ทำให้ค่าที่ออกมาไม่แม่นยำ

ดังนั้นจากการศึกษาเมื่อดูจากข้อดีข้อเสียในเรื่องการใช้เครื่องมือในการตรวจหาความหนาแน่นของกระดูกในแต่ละวิธี พบว่า Dual-Energy X-ray Absorptiometry; DEXA เป็นวิธีที่เป็นมาตรฐานโดยการแนะนำของ โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) ในการตรวจวัดค่ามวลกระดูกเพื่อประเมินความเสี่ยงหรือติดตามการรักษาเกี่ยวกับโรคกระดูกพรุน เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนต่ำ ถือว่าเป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูงและได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้ผู้ที่ได้รับการตรวจจะได้รับปริมาณรังสีที่น้อย ประมาณ 0.8-4.6 mSv ซึ่งน้อยกว่ารังสีที่ได้รับจากการเอกซเรย์ปอดประมาณ 10-25 เท่า และยังสามารถใช้ตรวจกระดูกได้หลายส่วนทั้งกระดูกทั่วร่างกายหรือแยกเป็นเฉพาะที่ก็ได้เช่นกัน

2.2 เครื่อง Dual-Energy X-ray Absorptiometry; DEXA

ส่วนประกอบมี 2 ส่วน คือ

1. เตียงนอนสำหรับผู้ที่มารับการตรวจ จะมีอุปกรณ์ฉาย X-ray อยู่ด้านบนที่สามารถเลื่อนไปมาให้ตรงกับกระดูกส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้

2. อุปกรณ์ระบบคอมพิวเตอร์ สำหรับการแสดงผลพร้อมกับเครื่องปริ้นเตอร์ ที่สามารถปริ้นผลออกมาในกระดาษ ขนาด A4

2.3 ขั้นตอนในการตรวจความหนาแน่นของมวลกระดูก

1. วันที่เข้ารับการตรวจไม่จำเป็นต้องเตรียมตัวอะไรเป็นพิเศษ สามารถรับประทานอาหารหรือดื่มน้ำได้ตามปกติ

2. ผู้เข้ารับการตรวจสวมใส่เสื้อผ้าในชุดที่สบาย ถอดเครื่องประดับทุกชนิดและที่เป็นโลหะออกจากร่างกาย พร้อมทั้งนอนราบขาเหยียดตรง แขนแนบชิดลำตัวในท่าที่สบาย บนเตียงสำหรับรอรับการตรวจ

3. เจ้าหน้าที่จัดตำแหน่งร่างกายให้เหมาะสมและเริ่มการตรวจด้วยการปล่อยรังสี X-ray ไปยังที่ ๆ ต้องการตรวจ ผู้ที่ได้รับการตรวจจะไม่รู้สึกผิดปกติใด ๆ ทั้งสิ้น

4. ผู้ที่ได้รับการตรวจต้องนอนนิ่ง ๆ ห้ามขยับร่างกายเป็นเวลา 15 นาที

5. หลังจากการตรวจเสร็จสิ้นลง ผู้เข้ารับการตรวจรอรับผลการตรวจ จากนั้นเป็นอันเสร็จ

2.4 การแปลผลการตรวจความหนาแน่นของมวลกระดูก

องค์การอนามัยโลก (WHO) และ The International Society For Clinical Densitometry (ISCD) ได้กำหนดเกณฑ์ในการวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน โดยใช้ค่า

- T-Score เป็นการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกของผู้ที่เข้ารับการตรวจ กับค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกของคนที่มีอายุ 30 ปี (ที่ถือว่ากระดูกมีความหนาแน่นสูงที่สุดที่เป็นมาตรฐาน) จะมีการคำนวณความหนาแน่นของมวลกระดูก ในแต่ละส่วน มีหน่วยเป็น มวล / ตารางพื้นที่กระดูก (gm / sq cm, กรัม / ตารางเซนติเมตร) ใครที่มีค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกต่ำกว่ามาตราฐาน จะเรียกว่า (ค่ากระดูกที่เบี่ยงเบนจากมาตราฐาน: SD) ซึ่งองค์การอนามัยโลกได้ตั้งค่าความหนาแน่นของมวลกระดูก ว่าเป็นกี่เท่าในความเบี่ยงเบนมาตราฐาน (World Health Organization; WHO) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์ในการเปรียบเทียบ T-Score ในการวินิจฉัย Osteoporosis

T-Score	
กระดูกปกติ	มากกว่า -1
ถือว่ากระดูกบาง (Osteopenia)	อยู่ระหว่าง-1 ถึง -2.5
เป็นโรคกระดูกพรุน (Osteoporosis)	ต่ำกว่า -2.5

- Z-score เป็นการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกของผู้ที่เข้ารับการตรวจ กับผู้ที่อยู่ในเชื้อชาติเดียวกัน เพศเดียวกัน และในวัยเดียวกัน ค่าที่ได้อาจต่ำกว่าหรือสูงกว่าวัยเดียวกันก็ได้ ด้วยเหตุนี้ Z-score เพียงอย่างเดียว จึงไม่อาจบ่งชี้ได้ว่าในระหว่าง 2 คนนั้น ผู้ใดเป็นหรือไม่เป็นโรคกระดูกพรุนแล้วหรือยังไม่เป็น จึงแตกต่างจากค่า T-Score ที่บอกได้อย่างชัดเจน แต่ในขณะเดียวกัน Z-score ก็ยังถือว่ามีประโยชน์ในแง่ของการเฝ้าระวังโรคกระดูกบางได้
- **2.5 การแปลผลค่าความหนาแน่นของมวลกระดูก (Bone Mineral Density) ในเด็ก**

การแปลผลในเด็กที่มีอายุน้อยกว่า 20 ปี จะใช้ค่า Z-score เนื่องจากแร่ธาตุ (mineralization) สามารถเพิ่มขึ้นไปได้อีกเรื่อย ๆ จึงไม่สามารถนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ peak bone mass ได้ ซึ่ง American Society for Bone and Mineral Research ได้กล่าวไว้ว่าการแปลผล osteoporosis ในเด็กว่าให้ใช้หลักฐานอื่น ๆ ร่วมกับความหนาแน่นของมวลกระดูกในการวินิจฉัย และให้ใช้คำว่า low bone density for chronologic age

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. การศึกษาโปรแกรมการฝึกกระโดดที่ส่งผลต่อกระดูก

โจฮานเซนและคณะ (Johannsen et al., 2003) ศึกษาผลของการตอบสนองของกระดูกด้วยการกระโดด บนกล่องที่มีความสูง 45 เซนติเมตร ในเด็กช่วงอายุ 3-5, 7-8, 11-12 และ 15-18 ปี วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อตรวจสอบว่าการกระโดด 25 ครั้ง/วัน 5 วัน/สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ จะเพียงพอที่จะสังเกตการตอบสนองของกระดูกต่อการรับน้ำหนักของเด็กหรือไม่ ทำการวัดด้วยเครื่องวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก; Dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA) โดยตัวแปรที่ใช้ศึกษาคือ แร่ธาตุในกระดูก (BMC) และความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ทำการวัดที่กระดูกสะโพก (hip), กระดูกสันหลัง (spine), กระดูกหน้าแข้ง (distal tibia), กระดูกขา (leg) และกระดูกทั่วร่างกาย (Total body) ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่าเด็กกลุ่มที่มีการฝึกโปรแกรมกระโดดจะมีค่า BMC ที่เพิ่มขึ้นที่กระดูกบริเวณสะโพกและกระดูกสันหลัง และตอบสนองต่อความหนาแน่นของมวล

กระดูก มากกว่าเด็กที่ไม่ได้รับการฝึก (กลุ่มควบคุม) นอกจากนี้ผู้วิจัยยังตั้งสมมติฐานว่าการกระโดดจะไม่เป็นประโยชน์ในหมู่เด็กที่มีอายุ 3-5, 7-8 เนื่องจากอัตราการเติบโตค่อนข้างสูงที่เกิดขึ้นในเวลานี้ นอกจากนี้เพื่อให้การกระโดดเป็นไปอย่างสอดคล้องที่สุดเท่าที่จะทำได้ ก่อนที่จะมีการฝึก เด็กทุกคนจะได้รับคำแนะนำในเกี่ยวกับการกระโดด โดยให้ก้าวเท้าออกจากกล่องทิ้งตัวลงมาที่พื้นโดยเท้าทั้งสองข้างลงมาที่พื้นพร้อมกันแบบเต็มเท้าและงอเข่าเล็กน้อย ผู้เข้าร่วมการฝึกจะต้องสวมใส่รองเท้าผ้าใบทุกคน ก่อนที่จะขึ้นไปกระโดดบนกล่องที่มีความสูง 45 เซนติเมตร จะใช้กล่องที่มีขนาดครึ่งหนึ่งของกล่องกระโดด เพื่อเป็นบันไดในการก้าวขึ้นก่อนการกระโดดจริง มีการกระโดดอย่างรวดเร็วเท่าที่จะทำได้และมีการบันทึกผลเพื่อให้มั่นใจว่าเทคนิคการกระโดดนั้นมีความเหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าการกระโดดจากกล่องที่มีความสูง 45 เซนติเมตร ซึ่งเท่ากับประมาณ 4 เท่า ของน้ำหนักตัวของเด็กก็เพียงพอต่อการเพิ่มขึ้นของ BMC ของทั้งร่างกายและขาในเด็กทุกกลุ่ม ยกเว้นกลุ่ม pubertal (15-18 ปี) ในการศึกษานี้พบว่าในกลุ่มที่มีอายุ 3-5, 7-8, 11-12 ปี มีการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ของกระดูกทั่วร่างกาย (Total body) และบริเวณขาอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ของกระดูกทั่วร่างกาย (Total body) และบริเวณขา ในทุกกลุ่มยกเว้นในกลุ่ม pubertal (15-18 ปี) แต่มีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยซึ่งจะนำไปสู่ผลโดยรวมของกระดูกที่แข็งแรง การเปลี่ยนแปลงของ BMC ซึ่งสังเกตได้จาก trabecular (กระดูกสันหลังและกระดูกหน้าแข้ง) แสดงให้เห็นถึงประโยชน์จากการเพิ่มขึ้นของ (BMC) จากการกระโดดในเด็กวัย pubertal (15-18 ปี) แต่ไม่พบในเด็ก 3-5, 7-8, 11-12 ปี เด็กในกลุ่มกระโดดมีความหนาแน่นของมวลกระดูกเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหรือไม่มีเลยเมื่อเปรียบเทียบกับเด็กควบคุม Johannsen และคณะ สันนิษฐานว่าการเพิ่มขึ้นของความเร็วการเจริญเติบโตนั้นเป็นผลมาจากการลดลงของคุณภาพของกระดูกที่เกิดจากอัตราการเจริญเติบโตตามยาวมากกว่าอัตราการทำให้เป็นแร่กระดูก กล่าวโดยสรุปคือการกระโดดเพียง 25 ครั้ง/วัน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยการกระโดดจากกล่องที่มีความสูง 45 เซนติเมตร คิดเป็นประมาณ 4 เท่า ของน้ำหนักตัวในเด็กก็เพียงพอต่อการเพิ่มขึ้นของ BMC ทั้งร่างกายและขาในเด็ก

ฟัชส์และคณะ (Fuchs et al., 2001) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายในช่วงวัยเด็กที่เป็นปัจจัยหนึ่งในการเพิ่มมวลกระดูกสูงสุดและแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ซึ่งเป็นวิธีลดการหักของกระดูกที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคกระดูกพรุน ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาผลของความหนักในการกระโดดที่มีต่อกระดูกสะโพก (hip) และกระดูกสันหลังระดับเอว (lumbar spine) ในเด็ก โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุระหว่าง 5-9 ปี โปรแกรมการฝึกได้มีการรวมเข้าไปในหลักสูตรของโรงเรียนประถม โรงเรียนนี้ได้รับการคัดเลือกจากเด็กที่ลงทะเบียนเรียนในชั้นประถมศึกษา (อนุบาล-เกรดสาม) เด็กเหล่านั้นได้รับอนุญาตจากผู้ปกครองให้เข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 89 คน ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่มีการกระโดด 45 คน และ และกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มควบคุม 44 คน โดยมีการกระโดดจากกล่องที่มีความสูง 61 เซนติเมตร กระโดด 100 ครั้ง/วัน 3 วัน/สัปดาห์ ใช้เวลา

ในการฝึกทั้งหมด 7 เดือน โดยวัด Bone mineral content (BMC), Bone area และ Bone mineral density (BMD) ที่บริเวณกระดูกสะโพก (hip), กระดูกสันหลัง (spine), กระดูกขา (leg), กระดูกต้นขาส่วนคอ (femoral neck) ด้วยเครื่องวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก Dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA) โดยเด็กทุกคนมีส่วนร่วมในชั้นเรียนวิชาพลศึกษาตามกำหนดเวลาอย่างสม่ำเสมอ เป็นเวลา 30 นาที/วัน โดยมีครูพลศึกษาเป็นผู้ควบคุม และมีครูผู้สอนคนเดียวกันตลอดระยะเวลาของโปรแกรมการออกกำลังกาย การกระโดดเริ่มจากขึ้นไปบนกล่องที่มีความสูง 20 ซม. เพื่อเป็นบันไดในการก้าวขึ้นไปบนกล่องที่มีความสูง 61 ซม. จากนั้นกระโดดลงจากกล่องด้วยเท้าทั้ง 2 ข้างพร้อมกัน ลงมาที่พื้นและมีการงอเข่าเล็กน้อย โดยใช้พื้นโรงยิมในการกระโดดซึ่งเป็นพื้นไม้ ซึ่งเด็กทุกคนต้องสวมรองเท้าผ้าใบในการกระโดด ในสัปดาห์แรก (3 วัน) ใช้เวลาในการเรียนรู้เทคนิคการกระโดดที่ถูกต้องปลอดภัยโดยไม่ต้องใช้กล่อง ผลจากโปรแกรมการกระโดดที่ใช้เวลา 7 เดือน กลุ่มที่มีการกระโดดมีการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ที่บริเวณกระดูกต้นขาส่วนคอ (femoral neck) และ Lumbar Spine มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มที่มีการกระโดดและกลุ่มควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) คล้ายกันในกระดูกต้นขาส่วนคอ (femoral neck)

กัวดาลูปและคณะ (Guadalupe-Grau et al., 2009) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงด้วยการเล่น Weight Lifting ร่วมกับการฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric Exercises) ท่า Drop jump ในผู้ใหญ่ทั้งชายและหญิง เพื่อดูความแตกต่างระหว่างเพศ ในการปรับตัวของ fat-bone axis ซึ่งความเข้มข้นของ Leptin และ osteocalcin ที่เป็นโปรตีนชนิดหนึ่งในกระดูก มีบทบาทในการการเปลี่ยนแปลง fat-bone axis จากการออกกำลังกาย โดยศึกษาในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 66 คน อายุระหว่าง 18-25 ปี โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่มีการฝึก (Weight Lifting + Plyometric Exercises) และกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มควบคุม มีการฝึก 3 วัน/สัปดาห์ รวมระยะเวลา 9 สัปดาห์ โดยในโปรแกรมการฝึก Plyometric (Drop jump) มีการกระโดดในวันแรกของการฝึก 20 ครั้ง 5 เซต โดยจำนวนการกระโดดเริ่มจาก 20 ครั้ง และจากนั้นจะเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึง สัปดาห์ที่ 8 และลดจำนวนครั้งการกระโดดลงในสัปดาห์ที่ 9 โดยใช้กล่องที่มีความสูงจาก 40, 50, 60 และ 70 ซม. ตามลำดับ และมีการเปลี่ยนความสูงของกล่องทุก ๆ 2 สัปดาห์ และมีการวัดปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ด้วยเครื่อง Dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA), ความเข้มข้นของฮอร์โมน , lean mass, ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเข้มข้นของฮอร์โมน Testosterone ทั้งก่อนและหลังการทดลอง กล่าวโดยสรุปความสัมพันธ์ขณะที่มีการฝึก Weight Lifting + Plyometric Exercises (Drop jump) พบว่ามีการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อและมีปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ที่คล้ายกันในกลุ่มที่มีการฝึกทั้งในผู้ชายและผู้หญิง และมีความเข้มข้นของ Leptin เพิ่มขึ้นในเฉพาะ

ผู้หญิง นอกจากนี้ยังพบว่า osteocalcin มีการตอบสนองต่อการฝึกองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีผลต่อความแข็งแรง ถึงแม้จะมีการเพิ่มขึ้นของ osteocalcin แต่มวลไขมันไม่ลดลง

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นทำให้ผู้วิจัยได้กำหนดโปรแกรมการฝึกโดย ความสูงที่ใช้ในการฝึก 45เซนติเมตร เนื่องจากมีการศึกษาเกี่ยวกับความสูงของกล่องที่ใช้ในการกระโดดในท่า Drop jump ว่าความสูงของกล่องควรมีความสูงอยู่ที่ 40 เซนติเมตร (Jason et al., 2017) แต่ในการศึกษาดังกล่าว เป็นโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อเพื่อดูผลของการกระโดดที่สูงขึ้น ซึ่งอาจเป็นความสูงที่น้อยไปสำหรับการเพิ่ม BMC และ BMD ซึ่งจากงานวิจัยของ Johannsen และคณะ (Johannsen, 2002)ได้มีการศึกษาผลของโปรแกรมการกระโดดที่ส่งผลต่อ BMC และ BMD โดยใช้ความสูงที่ 45 เซนติเมตร ซึ่งใช้ในเด็กอายุกลุ่มเดียวกัน จึงอ้างอิงจากโปรแกรมนี้มาใช้ในการวิจัย จำนวนครั้งในการกระโดดผู้วิจัยได้กำหนดเป็น 65 ครั้ง/วัน แบ่งออกเป็น 5 เซต เซตละ 13 ครั้ง เพื่อไม่ให้มีการกระโดดต่อเนื่องที่มากเกินไป จึงมีการแบ่งออกเป็น 5 เซต ตามคำแนะนำของ NSCA จากการศึกษางานวิจัยของ Johannsen และคณะ ได้มีการกระโดด 25 ครั้ง/วัน 5 วัน/สัปดาห์ ซึ่งเป็นการฝึกที่จำนวนครั้งต่อเนื่องเกินไป และเมื่อศึกษาถึงหลักของการฝึกพลัยโอเมตริก ได้มีคำแนะนำเอาไว้ว่า การฝึกกระโดดในรูปแบบนี้เป็นรูปแบบการฝึกที่หนัก จึงควรมีระยะเวลาพักที่เหมาะสม ประมาณ 48-72 ชั่วโมง จึงเป็นเหตุผลในการแบ่งการฝึก จาก 5 วัน/สัปดาห์ เป็น 2 วัน/สัปดาห์ แต่ในขณะเดียวกันจำนวนครั้งเมื่อนับรวมกันเป็นสัปดาห์ ยังคงมีจำนวนครั้ง 125 ครั้ง/สัปดาห์ เหมือนกัน นอกจากนี้จังหวะในการกระโดดแต่ละครั้ง ถูกกำหนดเอาไว้ที่ 6 วินาที/1 ครั้ง (จากการทำ Pilot) และยังมีการพักระหว่าง 3 นาที ตามคำแนะนำของ NSCA ที่ได้กำหนดเอาไว้ว่า รูปแบบการฝึกพลัยโอเมตริกที่หนักควรมีการพักระหว่างเซต 3-5 นาที จึงได้โปรแกรมออกมาดังนี้

โปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์

ความสูงที่ใช้ในการฝึก (เซนติเมตร)	45
จำนวนครั้งในการกระโดด (ครั้ง/วัน)	65
จังหวะในการกระโดดในแต่ละครั้ง	กระโดดลง 13 ครั้ง (6 วินาที/1 ครั้ง)
จำนวนชุดในการฝึก (เซต)	5
พักระหว่างเซต (นาที)	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. แนวคิดเกี่ยวกับโปรแกรมการฝึกกระโดดในท่าดร็อปจั๊มพ์ (Drop jump)

ถนอมวงษ์ กฤษณ์เพ็ชร์ (2536) ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการฝึกในท่า เด็พธ์จั๊มพ์ (Depth jump) ซึ่งมีรูปแบบการฝึกคล้ายกับท่าดร็อปจั๊มพ์ (Drop jump) ซึ่งมีผลช่วยในการพัฒนาความเร็วและความแข็งแรงของนักกีฬา โดยใช้ความสูงของกล่องในการกระโดด 0.88-1.10 เมตร ซึ่งเป็นที่นิยม

เพื่อให้ได้ผลสำเร็จสูงสุดในการพัฒนาความเร็วและความแข็งแรง ผลของการฝึกในท่าเด็พธ์จั๊มพ์ (Depth jump) ขึ้นอยู่กับความสูงของการกระโดดลงจากกล่อง จำนวนครั้งต่อเซตและจำนวนเซตต่อการฝึก

ชู (Chu, 1996) กล่าวถึงพลัยโอเมตริกว่าคือการออกกำลังกายชนิดหนึ่งที่มีรากฐานมาจากยุโรปที่รู้จักกันในชื่อทั่ว ๆ ไปว่า การกระโดด พลัยโอเมตริกเป็นการออกกำลังกายที่เปิดโอกาสให้กล้ามเนื้อได้ยืดออกจนสุดกำลังด้วยความเร็วที่สุดที่สามารถเป็นไปได้โดยผลรวมของความเร็ว (speed) และกำลัง (strength) กลายมาเป็นสิ่งใหม่เรียกว่า พลัง (power) พลังที่กล่าวถึงนั้นคือทั้งหมดของการแข่งขัน แต่มีน้อยคนมากที่เข้าใจอย่างแท้จริงถึงกลไกการทำงานในการที่จะปรับปรุงพลัง (power) กล้ามเนื้อของร่างกายจะเกาะเกี่ยวอยู่กับกระดูก เพื่อจะก่อให้เกิดท่าทางและการเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยทั่วไปการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกจะมีการฟื้นตัวประมาณ 48-72 ชั่วโมง ซึ่งก็แล้วแต่จุดประสงค์ของการฝึก มีการกำหนดความบ่อยอยู่ที่ 2-4 ครั้งต่อสัปดาห์ ความยาวนานของโปรแกรมงานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าระยะเวลาของโปรแกรมที่เหมาะสม จะใช้ระยะเวลาประมาณ 6-10 สัปดาห์ แต่อย่างไรก็ตามการกระโดดในแนวดิ่ง (ท่า Depth jump และ Drop jump) สามารถพัฒนาได้เร็วกว่าอย่างอื่น และอาจมีผลที่เร็วกว่า นอกจากนี้การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก เป็นการออกกำลังกายที่เน้นไปที่ขาและสะโพก มีการเคลื่อนไหวส่วนมากเป็นการก้าวและรวมการเคลื่อนไหวให้เร็วที่สุดก่อนที่จะเกิดการทำงานของกล้ามเนื้อที่มีการหดตัว ในการกระโดดนักกีฬาส่วนใหญ่จะเริ่มจากความสูงของกล่องที่ 1 ฟุต (30.48 เซนติเมตร) และค่อย ๆ เพิ่มจนถึงประมาน 18-22 นิ้ว (45.72-55.88 เซนติเมตร) หากมีนักกีฬาที่สามารถกระโดดได้สูงกว่านี้ แต่ก็ไม่มีการแนะนำเนื่องจากอาการบาดเจ็บจะตามมาตามความสูงที่เพิ่มขึ้น

สยาม ใจมา (2542) ได้ศึกษาถึงผลการฝึกด้วยน้ำหนักและพลัยโอเมตริกที่มีต่อความแข็งแรงและกำลังขา โดยศึกษาในกลุ่มนักศึกษาเพศชาย (ไม่ใช่นักกีฬา) ชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยพละศึกษากรุงเทพ จำนวน 50 คน ทำการทดสอบก่อนและหลังการฝึกด้วยเครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่มีการฝึกพลัยโอเมตริก กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่ฝึกด้วยน้ำหนัก ทั้ง 2 กลุ่ม ทำการฝึก 3 วัน/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ และทำการทดสอบหลังการฝึก สัปดาห์ที่ 2, 4, 6 และ 8 ผลการศึกษาพบว่า การฝึกกล้ามเนื้อแบบพลัยโอเมตริกกับการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีต่อความแข็งแรงและกำลังขา ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05

คิมิราและคณะ (Chimera et al., 2004) กล่าวถึงโปรแกรมการฝึกแบบพลัยโอเมตริกว่าก่อนการเริ่มการฝึกโปรแกรมพลัยโอเมตริก จะต้องตรวจสอบประสบการณ์การฝึกฝนที่ผ่านมา สมรรถภาพทางกายและความแข็งแรงที่ดีพอ การฝึกจะทำให้นักกีฬามีประสบการณ์ที่ดีขึ้น นักกีฬาที่ยังหนุ่มสามารถเริ่มเล่นพลัยโอเมตริกที่เข้มข้นสูงกว่าได้ และต้องมีความแข็งแรงก่อนที่จะฝึกพลัยโอเมตริกได้ นักกีฬาควรมีการเพิ่มความแข็งแรงของร่างกายก่อนมีการฝึกพลัยโอเมตริก และในระหว่าง

การสร้างความแข็งแรงผู้ฝึกสอนควรมีความดูแลเอาใจใส่ นักกีฬาเป็นพิเศษเพื่อความปลอดภัย ซึ่งก่อนที่จะมีการเข้าสู่โปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก จะต้องมีการอบอุ่นร่างกายก่อน 15 นาที ควรมีการ สกิพ (skip) วิ่งเหยาะ ๆ ก่อน เพื่อช่วยลดการบาดเจ็บ ควรระวังพลัยโอเมตริกที่มีความสูงเข้ามาเกี่ยวข้องระหว่างการฝึกควรเว้นระยะห่าง 48-72 ชั่วโมงและใช้การฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์

เบดูยาและคณะ (Bedoya et al., 2015) การฝึกพลัยโอเมตริก คือ การเพิ่มพลังของการเคลื่อนไหว โดยใช้ความยืดหยุ่นตามธรรมชาติของกล้ามเนื้อและเอ็นแบบยืดสะท้อนกลับ ได้มีการเสนอว่าการฝึกพลัยโอเมตริกเป็นอันตรายต่อเยาวชน เพิ่มความเสี่ยงสำหรับการบาดเจ็บและการเจริญเติบโตของลักษณะแคระแกรน แต่อย่างไรก็ตามการฝึกพลัยโอเมตริกได้แสดงให้เห็นว่าเป็นประโยชน์ในนักกีฬาวัยรุ่น เมื่อมีการปฏิบัติตามแนวทางการฝึกอบรมที่เหมาะสมกับอายุ แนะนำโดยสมาคมสรีรวิทยาการออกกำลังกายของแคนาดา (CSEP) และ National Strength and Conditioning Association (NSCA) ประโยชน์ของการฝึกพลัยโอเมตริกคือการเพิ่มฟังก์ชันระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ความหนาแน่นของกระดูกเพิ่มขึ้น เป็นต้น เช่นเดียวกับการออกกำลังกายทุกประเภทที่มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ อย่างไรก็ตามด้วยการฝึกพลัยโอเมตริกไม่มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บมากกว่าการเล่นกีฬาหรือกิจกรรมสันทนาการอื่น ๆ ที่เด็กและวัยรุ่นเข้าร่วม โดยในความเป็นจริงเด็กและวัยรุ่นได้มีการกำลังออกกำลังกายแบบ plyometric ในกิจวัตรประจำวันอยู่แล้ว ว่าจะเป็นการ Hopping Jumping skipping ก็เป็นการกระโดดที่ใช้การยืดและหดกลับของกล้ามเนื้อ stretch-shortening cycle (SSC) เพื่อสร้างพลังกล้ามเนื้อ เมื่อเด็ก ๆ ตราบใดที่มีการติดตามการกำกับดูแลและการฝึกอย่างเหมาะสม ก็ไม่มีเหตุผลใดที่เด็กและวัยรุ่นไม่ควรเข้าร่วมการฝึกอบรมเกี่ยวกับพลัยโอเมตริก

โกเบลและคณะ (Kobal et al., 2017) ได้ศึกษาถึงการเปรียบเทียบรูปแบบการฝึกร่วมกันระหว่างการฝึกเวทเทรนนิ่งและพลัยโอเมตริก ต่อความแข็งแรง พลังความเร็วในการวิ่ง และความคล่องแคล่วว่องไว ได้ทำการทดลองในกลุ่มตัวอย่าง 27 คน และแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 ฝึกพลัยโอเมตริกแล้วตามด้วยฝึกเวทเทรนนิ่ง กลุ่มที่ 2 ฝึกเวทเทรนนิ่งแล้วตามด้วยฝึกพลัยโอเมตริก กลุ่มที่ 3 ฝึกเวทเทรนนิ่งแล้วฝึกฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กันแบบชุดต่อชุด (set by set) ในจำนวนเท่า ๆ กัน โดยงานวิจัยนี้ได้ทำขึ้นในขณะช่วงแข่งขัน ใช้เวลาในการทดลอง 8 สัปดาห์ ซึ่งโปรแกรมการฝึกเวทเทรนนิ่ง ใช้การฝึกความหนักที่ 60% ถึง 80% ของ 1RM ในท่าฮาล์ฟสควอช (Half squat) และการฝึกพลัยโอเมตริกในท่าดร็อปจั๊มพ์ (Drop jump) จากกล่องที่มีความสูง 30 ถึง 45 เซนติเมตร มีการทดสอบก่อนและหลังการฝึก ซึ่งประกอบไปด้วย ความแข็งแรงแบบเคลื่อนที่ในท่าฮาล์ฟสควอช (Half squat), ความสามารถในการกระโดดในแนวดิ่ง, ความเร็วในการวิ่ง และความคล่องแคล่วว่องไว ผลการวิจัยพบว่าการฝึกเวทเทรนนิ่งก่อนแล้วจึงทำการฝึกพลัยโอเมตริกหรือการฝึกเวทเทรนนิ่งแล้วฝึกฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กันแบบชุดต่อชุด สามารถพัฒนาความแข็งแรงและพลังได้ แต่มีข้อสังเกตคือ

การฝึกเวทเทรนนิ่งแล้วฝึกฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กันแบบชุดต่อชุด จะส่งผลให้เกิดการพัฒนาความแข็งแรงและพลัง มากกว่ากลุ่มอื่น

โมแรนและคณะ (Moran et al., 2017) การฝึก Plyometric เป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปสำหรับการพัฒนาความหลากหลายของคุณสมบัติทางด้านกีฬา รวมถึงความเร็ว ความเร็วในการวิ่ง รวมถึงการวิ่งด้วยการประหยัดพลังงาน โดยการใช้วงจรวงจรเหยียด- สั้น (stretch-shortening cycle: SSC) แม้จะมีการใช้โปรแกรมกระโดดในความแข็งแรงและการฝึกผสม แต่ก็ยังมีข้อถกเทียงกันเกี่ยวกับรูปแบบทางเทคนิคที่ถูกต้องและแผนการฝึกที่มีประสิทธิภาพเพื่อปรับปรุงการออกกำลังกายของนักกีฬา ได้มีการแนะนำการทำท่า Drop Jump ดังนี้

1. เริ่มจากขึ้นไปยืนบนกล่องที่มีความสูง ก้าวขาข้างใดข้างหนึ่งมาข้างหน้าให้พ้นจากตัวกล่องและเอามือทั้งสองข้างจับที่สะโพก

2. ทิ้งตัวลงมาจากกล่องที่มีความสูงในแนวดิ่ง แบบไม่กระโดด ให้เท้าทั้งสองข้างสัมผัสพื้นพร้อมกันแบบเต็มเท้าและงอเข่าเล็กน้อยเท่าที่จะน้อยได้

3. จากนั้นกระโดดขึ้นต่อเนื่องในแนวดิ่งให้สูงที่สุด ในขณะที่มือยังอยู่ที่สะโพก

4. เมื่อเท้าทั้งสองข้างตกลงมาสัมผัสพื้นพร้อมกันแบบเต็มเท้าอีกครั้ง พร้อมทั้งย่อเข่ารับเป็นอันจบท่า

ถนอมวงษ์ กฤษณ์เพชร (2536) กล่าวว่าพลัยโอเมตริก (Plyometric) เป็นการเสริมสร้างพลังของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นการฝึกเพื่อเชื่อมโยงความแข็งแรงเข้ากลับความเร็ว เพื่อให้เกิดพลังในกล้ามเนื้อ โดยใช้วิธีการกระโดดแบบต่าง ๆ เช่น เด็พธ์จั๊มพ์ (Depth jump) บ็อกซ์จั๊มพ์ (Box jump) ซึ่งโดยส่วนมากจะมีการเสริมสร้างความแข็งแรงก่อนความเร็ว การฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric) ให้ได้ผลนั้น ควรฝึกอย่างน้อย สัปดาห์ละ 2 วัน แต่ไม่เกิน 3 วัน

4.1 โปรแกรมการฝึกกระโดดดร็อปจั๊มพ์

มาร์โกวิกและคณะ (Markovic et al., 2007) ได้ทำการศึกษาถึงผลของการฝึกวิ่ง (Sprint) และการฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric) ที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและความสามารถของนักกีฬา โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประเมินผลของการฝึกวิ่งต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและการฝึกความสามารถในการเคลื่อนไหวของนักกีฬา และเปรียบเทียบกับการฝึกพลัยโอเมตริกแบบมาตราฐาน มีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน เพศชาย โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1. คือ กลุ่มวิ่ง (Sprint) 30 คน กลุ่มที่ 2. คือ กลุ่มพลัยโอเมตริก (Plyometric) 30 คน และ กลุ่มที่ 3. คือ กลุ่มควบคุม 33 คน มีการฝึก 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ โดยกลุ่มวิ่ง (Sprint) ทำการฝึกวิ่งในระยะทาง 10-50 เมตร กลุ่มพลัยโอเมตริกทำการฝึกกระโดดแบบข้ามรั้วและดร็อปจั๊มพ์ (Drop jump) ด้วยความสูงของกล่อง 40 ซม. ตามด้วยการกระโดดข้ามรั้ว และกลุ่มควบคุมมีการใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ มีการวัดผลการฝึกด้วยการวัดค่าความแข็งแรงสูงสุดของขาด้วยท่า squat

และ countermovement jump (CMJ) ซึ่งวัดที่ความสูงและพลังระเบิดของขา, กระโดดไกล, drop jump 30 ซม, speed 20 เมตร และ Shuttle run 20 หลา ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มวิ่งและกลุ่มพลัยโอเมตริกสามารถเพิ่มความสามารถในการกระโดด squat และ countermovement jump (CMJ) (ความสูง), กระโดดไกล ได้ อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้กลุ่มวิ่ง ก็มีการเพิ่มขึ้นที่ squat และ countermovement jump (CMJ) (พลังระเบิดของขา), กลุ่มวิ่งและความคล่องตัวอย่างมีนัยสำคัญ

โทมัสและคณะ (Thomas et al., 2009) ได้ศึกษาถึงผลของเทคนิคการฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric) สองวิธีต่อพลังของกล้ามเนื้อและความคล่องตัวในนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชน วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกเทคนิคพลัยโอเมตริก (Plyometric) สองวิธีนี้เพื่อดูความแตกต่าง โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายที่มีอายุ 16-18 ปี 12 คน มีการฝึก Depth jump หรือ countermovement jump (CMJ) 2 วัน/สัปดาห์ รวมระยะเวลาการฝึก 6 สัปดาห์ โดยกลุ่ม Depth jump มีการฝึกกระโดดจากกล่องที่มีความสูง 40 ซม. โดยมีการกระโดดเริ่มที่ 80 ครั้งและเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงมากสุด 120 ครั้งในสัปดาห์สุดท้ายของการฝึก ผลการศึกษาพบว่าหลังการฝึก 6 สัปดาห์ทั้ง 2 กลุ่มมีการพัฒนาในการกระโดดในแนวดิ่งและความคล่องตัวในทางที่ดีขึ้น และไม่มีการเปลี่ยนแปลงในความสามารถของการวิ่ง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric) ทั้ง 2 แบบ (Depth jump หรือ countermovement jump) สามารถพัฒนาพลังระเบิดของขาและความคล่องตัวได้ในนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชน

อาสดิ (Asadi, 2013) ได้ทำการศึกษาถึงผลของการฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric) ในช่วงระหว่างการแข่งขันที่มีผลต่อความสามารถในการกระโดดและความคล่องแคล่วว่องไวในนักกีฬาบาสเกตบอลเยาวชนชาย โดยมีกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ที่มีอายุระหว่าง 18-21 ปี โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่ฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric) 10 คน กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มควบคุม 10 คน โดยกลุ่มพลัยโอเมตริก มีการฝึก 15 ครั้ง 3 เซต/วัน 2 ครั้ง/สัปดาห์, รวมระยะเวลา 6 สัปดาห์ ฝึกในท่า Depth jump (จากกล่องที่มีความสูง 45 ซม.), กระโดดในแนวดิ่ง (Vertical jump), กระโดดไกล (Standing long jump) มีการทดสอบก่อนและหลังการฝึกโดยการทดสอบ กระโดดในแนวดิ่ง (Vertical jump), กระโดดไกล (Standing long jump), Shuttle run, Agility T test, และ Illinois Agility test ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่ฝึกพลัยโอเมตริก มีการเพิ่มขึ้นของ กระโดดในแนวดิ่ง (Vertical jump), กระโดดไกล (Standing long jump), Shuttle run, Agility T test, และ Illinois Agility test หลังจากการฝึก 6 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริก (Plyometric) ในช่วงระหว่างการแข่งขันนี้ มีผลในทางบวกต่อการเพิ่มพลังระเบิดของขาและความคล่องแคล่วว่องไวได้

4.2 การออกแบบโปรแกรมการฝึก

National Strength and Conditioning Association (NSCA) ได้มีการแนะนำเกี่ยวกับการฝึกพลัยโอเมตริกในท่าดร็อปจั๊มพ์ (Drop jump) ไว้ว่า จะต้องกำหนดความต้านทานในการฝึก ความเร็วที่ใช้ในการฝึก จำนวนเซต ระยะพักที่ใช้ในแต่ละเซตและระยะเวลาในการฝึก ซึ่งจะต้องมีการศึกษาหลักในการฝึกให้เข้าใจเพื่อที่จะออกแบบโปรแกรมได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย โดยมีการกำหนดการฝึกอยู่ที่ 3-5 ครั้ง/เซต และมีเวลาพักในแต่ละเซตประมาณ 2-5 นาที ในแต่ละท่าควรฝึกอย่างน้อย 3-5 เซต การฝึกจะเริ่มมีการพัฒนาตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 แต่การฝึกด้วยพลัยโอเมตริกควรฝึกอยู่ที่ 6-10 สัปดาห์ (NSCA, 2015) โดยมีคำแนะนำเกี่ยวกับการออกแบบโปรแกรมการฝึกดังนี้

1. ความหนัก (Intensity)

ความหนักในการฝึกพลัยโอเมตริก หมายถึง แรงกดดัน (Stress) ทั้งหมดที่มีต่อกล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันและข้อต่อ ซึ่งถูกควบคุมและกำหนดโดยรูปแบบของกีฬาแต่ละประเภท โดยความหนักของการฝึกพลัยโอเมตริกแต่ละแบบมีขอบเขตค่อนข้างกว้าง นอกจากนี้รูปแบบการฝึกพลัยโอเมตริกแต่ละประเภทยังส่งผลกระทบต่อปัจจัยด้านอื่น ๆ อีก นอกจากนี้เมื่อปรับเพิ่มความหนักในการฝึกขึ้น ปริมาณการฝึกจะต้องลดน้อยลง เนื่องจากความหนักของการออกกำลังกายแปลผกผันตามปริมาณการฝึก ดังนั้นจึงควรพิจารณารูปแบบการฝึกให้เหมาะสมและตรงกับวัตถุประสงค์

2. ปริมาณ (Volume)

ปริมาณการฝึกพลัยโอเมตริก หมายถึง สิ่งที่แสดงออกด้วยการทำซ้ำ ๆ (Number of repetition) จำนวนเซตที่ทำแต่ละครั้ง ปริมาณการฝึกพลัยโอเมตริกโดยปกติจะใช้การนับจำนวนครั้งในการฝึกแต่ละครั้ง ปริมาณการฝึกในส่วนล่าง เช่น จำนวนครั้งในการกระโดด นับจากการที่เท้าสัมผัสพื้น 50 ครั้ง ในระหว่างการฝึกซ้อมจะถือว่าเป็นปริมาณที่ต่ำ ในขณะที่ 200 ครั้งขึ้นไปจะถือว่ามีปริมาณที่สูง ในขณะเดียวกันควรเพิ่มระดับความหนักในลักษณะที่ก้าวหน้า (ค่อย ๆ เพิ่ม) เพื่อลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บหรือ overtraining (Davies et al., 2015)

ตารางที่ 2 แสดงความหนักของการฝึก Plyometric (การกระโดด/ครั้ง)

Plyometric exercises volume (foot contacts) based on athletic ability		
Beginner	**Intermediate**	**Advanced**
80-100	100-120	120-140

ที่มา: (Davies et al., 2015)

3. ความถี่ (Frequency)

ความถี่ในการฝึก หมายถึง จำนวนนวนครั้งของการฝึก plyometric ต่อสัปดาห์ โดยเฉลี่ยส่วนมากจะอยู่ที่ 1-3 ครั้ง/สัปดาห์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของกีฬานั้น ๆ และระยะเวลาของการ

ฝึกซ้อมในแต่ละวงรอบ (Time of training cycle) เช่น ในช่วงการแข่งขัน (In season) จะมีการฝึก plyometric อยู่ที่ 1 วัน/สัปดาห์ และช่วงหลังการแข่งขัน (Off season) จะมีการฝึก plyometric อยู่ที่ 2-3 วัน/สัปดาห์

4. การพักฟื้นร่างกาย (Recovery)

การฝึก plyometric เป็นการฝึกที่ต้องใช้แรงและความพยายามอย่างเต็มที่ (Maximal efforts) เพื่อพัฒนาความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจน การพักระหว่างฝึกแต่ละครั้ง (Repetitions) การพักระหว่างเซต (Sets) และการพักระหว่างการฝึกซ้อม plyometric อย่างเพียงพอ เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการฝึก plyometric สำหรับการพักระหว่างเซต ใช้อัตราส่วนของเวลาฝึก/เวลาพัก 1:5-1:10 เช่น หากมีการฝึก 10 วินาที ควรมีเวลาพักอย่างน้อย 50 วินาที นอกจากนี้ควรมีเวลาในการพัก 48-72 ชั่วโมง ก่อนการฝึกในครั้งต่อไป ถ้ามีการฝึกในแต่ละครั้งหรือเซตไม่เพียงพอ จะกลายเป็นการพัฒนาระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ แทนที่จะเป็นการฝึกพลังระเบิด (Power training) ซึ่งอาจจะนำไปสู่การฝึกซ้อมที่มากเกินไป (Overtraining)

ตารางที่ 3 ตัวอย่างของความก้าวหน้าในการฝึก Plyometric สำหรับส่วนล่างของร่างกาย

Examples of progression of plyometric activities for the lower extremity		
Beginner	**Intermediate**	**Advanced**
Squat jumps	Jump and reach	Depth jumps
Split squat jumps	Medial and posterior jumps	Box jumps
Bilateral mini jumps	Anterior and posterior jumps	Single leg hope
Skipping	Double leg tuck jumps	Single leg tuck jumps
Lateral bounding	Pike jumps	Drop jumps/Drop jumps to second box
Ankle bounces	Jumping to box	Squat depth jumps
Shuffling	Zigzag jumps	
In place jumps	Side to side push off jumps	
Single leg push off box	Step from box	

ที่มา: (Davies et al., 2015)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

พงษ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์ (2542) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการหักของกระดูกสะโพกในผู้หญิง ที่มีการหักระหว่างปี พ. ศ. 2535-2537 เพื่อดูความหนาแน่นของมวลกระดูก ในเพศหญิง 67 คน มีอายุระหว่าง 60-92 ปี ในจำนวนกลุ่มตัวอย่างมีผู้ป่วยกระดูกข้อสะโพกหัก 31 คน และผู้ป่วยข้อสะโพกปกติ 36 คน หลังจากนั้นทำการวัดค่าความหนาแน่นของมวลกระดูก ซึ่งผลการศึกษาพบว่าในผู้ป่วยข้อสะโพกหักมีความหนาแน่นของมวลกระดูก ต่ำกว่าความหนาแน่นของมวลกระดูกของผู้ป่วยปกติ และยังพบว่าความหนาแน่นของมวลกระดูกสะโพกลดลงเมื่ออายุมากขึ้น

อัจฉริยะ เอนก (2552) ได้ศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้น-ลงบนกล่องแบบหมุนเวียนที่มีผลต่อการสลายมวลกระดูกสุขสมรรถนะและการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนอายุระหว่าง 35-45 ปี ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ฝึกออกกำลังกายกระโดดขึ้น-ลงบนกล่องแบบหมุนเวียนและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มที่มีการออกกำลังกาย จะใช้จังหวะดนตรีเป็นตัวกำหนดความเร็วในการกระโดด พร้อมด้วยใส่เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) บนกล่องมีความสูง 10 เซนติเมตร 15 เซนติเมตรและ 20 เซนติเมตร โดยใช้ความหนักของการออกกำลังกายคือ 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยในแต่ละความสูงของกล่องจะมีการกระโดด 10 ครั้ง 6 สถานี กระโดดทั้งหมด 2 รอบ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน นำผลการทดลองที่ได้ทั้งก่อนและหลังการทดลอง ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาวิเคราะห์หาความแตกต่าง ด้วยวิธี paired samples t-test และ independent samples t-test อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พบว่าการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องแบบหมุนเวียนมีผลต่อการชะลอการสลายมวลกระดูก และมีการสร้างมวลกระดูกได้ดี ของกลุ่มทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุมภายหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมทั้งยังมีค่าการพัฒนาสุขสมรรถนะและความสามารถในการทรงตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วณิชชา ฉัตรกุล ณ อยุธยา (2554) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการฝึกเต้นแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำและฟิตบอลต่อการสลายมวลกระดูกและสุขสมรรถนะในผู้หญิงวัยทำงาน โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและบุคลากรกระทรวงสาธารณสุข อายุระหว่าง 35-45 ปี จำนวน 47 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำและฟิตบอล และกลุ่มฝึกเต้นแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำ โดยทำการฝึกโดยใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจซึ่งโดยใช้ความหนักของการออกกำลังกายคือ 60-80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ครั้งละ 50 นาที 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ เก็บข้อมูลก่อนการทดลองและหลังการทดลอง มีการทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารชีวเคมีของกระดูก (Biochemical bone maker) และนำผลการทดสอบที่ได้จาก 12 สัปดาห์ มาวิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มโดยทดสอบค่า T แบบรายคู่ (paired t-test) และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ด้วยการทดสอบค่า T แบบอิสระ (Independent t-test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มของการฝึกเต้นแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำและฟิตบอล มีค่าสลายมวลกระดูกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่าทั้ง2กลุ่ม มีอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะบีบตัวและคลายตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อขา รวมถึงอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างประเทศ

ทันเนอร์ (Turner, 1992) ได้กล่าวไว้ว่า การรับน้ำหนักของกระดูกและการหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นแรงกล ทำให้เมื่อมีการออกแรงกดที่กระดูก จะส่งผลให้มีความหนาแน่นของมวลกระดูก (Bone mineral density; BMD) เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากแรงที่มากกดลงไปที่กระดูกนั้น จะทำให้กระดูกยาว (Long bone) งอได้ นอกจากนี้ยังทำให้แร่ธาตุต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของกระดูกเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จึงทำให้กระดูกมีความแข็งแรงและโอกาสหักของโครงกระดูกก็จะลดน้อยลง

ไฮโนเฮนและคณะ (Heinonen et al., 1993) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับประเภทกีฬาที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบดูความหนาแน่นของมวลกระดูก (Bone mineral density; BMD) ในนักกีฬาหญิง อายุระหว่าง 20-25 ปี โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม

กลุ่มที่ 2 กลุ่มนักกีฬาเดินเขา

กลุ่มที่ 3 กลุ่มนักกีฬาสกี

กลุ่มที่ 4 กลุ่มนักกีฬาจักรยาน

กลุ่มที่ 5 กลุ่มที่เล่นเวทเทรนนิ่ง

โดยวัดความหนาแน่นของมวลกระดูกด้วยเครื่อง Dual-energy x-ray absorptiometry ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่เล่นเวทเทรนนิ่งมีค่า BMD ในส่วนของ femoral neck และ calcaneus มากกว่าทุกกลุ่ม และกลุ่มนักกีฬาจักรยานและนักกีฬาเดินเขามีค่า BMD ในส่วนของ distal femur และproximal tibia นอกจากกนี้ยังกล่าวถึงกลุ่มที่เล่นเวทเทรนนิ่งจะช่วยกระตุ้นในการสร้างของเซลล์กระดูก ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มากกว่าการฝึก กีฬาประเภทที่ใช้ความอดทน (endurance) และความแตกต่างของ BMD ในแต่ละกลุ่ม จะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเฉพาะเจาะจงของการฝึกในกีฬานั้น ๆ ที่มีรูปแบบการฝึกที่แตกต่างกันไป

เฟลลิ่งและคณะ (Fehling et al., 1995) ทำการศึกษาเปรียบเทียบเกี่ยวกับความหนาแน่นของมวลกระดูก (Bone mineral density; BMD) ในกีฬาที่ใช้แรงกระแทก (Impact loading sport)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และกีฬาที่ไม่ใช้แรงกระแทก (Active loading) ในนักกีฬาหญิงระดับวิทยาลัย ที่มีอายุระหว่าง 18-22 ปี เครื่องมือที่ใช้วัด BMD คือ Dual-energy x-ray absorptiometry จากการศึกษาพบว่ากลุ่มกีฬาที่ใช้แรงกระแทก เช่น วอลเลย์บอล, ยิมนาสติก เป็นกลุ่มกีฬาที่พบ BMD มากกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้แรงกระแทก เช่น ว่ายน้ำและกลุ่มควบคุม และยังพบว่ากลุ่มกีฬาที่ใช้แรงกระแทก มีการเพิ่มของ BMD ที่บริเวณกระดูกขา กระดูกเชิงกราน และกระดูกสันหลัง (Lumbar spine) มากกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้แรงกระแทก และกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่านักกีฬายิมนาสติก มี BMD มากกว่ากีฬาชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะกระดูกแขนทั้งสองข้าง ดังนั้นกลุ่มกีฬาประเภทที่ใช้แรงกระแทก จึงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ BMD เมื่อเปรียบเทียบกับกีฬาที่ไม่ใช้แรงกระแทก

อัลเฟรสสันและคณะ (Alfredson et al., 1997) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินมวลกระดูก ในนักกีฬาวอลเลย์บอลหญิง ซึ่งเป็นกีฬาที่มีแรงกระแทกสูง (impact loading sport) และดูการเปลี่ยนแปลงว่ามีผลต่อมวลกระดูกหรือไม่ นอกจากนี้ยังดูความสัมพันธ์กับประเภทและน้ำหนักที่ได้รับและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ มีกลุ่มตัวอย่าง 26 คน อายุระหว่าง 18-27 ปี แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มนักกีฬาวอลเลย์บอลหญิงและกลุ่มที่ไม่ออกกำลังกาย โดยวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ที่ บริเวณ total body, head, lumbar spine, femoral neck, ward's triangle, trochanter, the whole femur และ humerus เครื่องมือที่ใช้วัด BMD คือ Dual-energy x-ray absorptiometry ผลการศึกษาพบว่ามีความหนาแน่นของมวลกระดูกมาก ที่ บริเวณ total body, lumbar spine, femoral neck, ward's triangle, trochanter, femur (ข้างที่ไม่ถนัด) และ humerus นอกจากนี้ humerus ของข้างที่ถนัด แสดงให้เห็นค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกมากกว่า humerus ข้างที่ไม่ถนัดในทั้ง 2 กลุ่ม

เอเลียคิมและคณะ (Eliakim et al., 1997) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการฝึก endurance ที่ช่วยเพิ่มการสร้างกระดูก (Bone formation) ในกลุ่มวัยรุ่นชาย มีกลุ่มตัวอย่าง 38 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม endurance training (วิ่ง, เต้นแอโรบิก) กีฬาบาสเกตบอล และ weight lifting 20 คน และกลุ่มควบคุม 18 คน ที่มีอายุระหว่าง 15-18 ปี ที่ใช้เวลาในการฝึก 5 สัปดาห์ โดยมีการฝึกวันละ 2 ชั่วโมงต่อวัน 5 วันต่อสัปดาห์ ซึ่งมีการวัดด้วยวิธี Bone turnover makers ผลการศึกษาพบว่า มีการเพิ่มขึ้นของการสร้างกระดูก (Bone formation) ในกลุ่ม endurance training แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มควบคุม

ฟัชส์และคณะ (Fuchs et al., 2001) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายในช่วงวัยเด็ก ที่เป็นปัจจัยหนึ่งในการเพิ่มมวลกระดูกสูงสุดและแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ซึ่งเป็นวิธีลดการหักของกระดูกที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคกระดูกพรุน ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาผลของความหนักในการกระโดดที่มีต่อกระดูกสะโพก (hip) และกระดูกสันหลังระดับเอว (lumbar spine) ในเด็ก โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุระหว่าง 5-9 ปี โปรแกรมการฝึกได้มีการรวมเข้าไปในหลักสูตรของโรงเรียนประถม

โรงเรียนนี้ได้รับการคัดเลือกจากเด็กที่ลงทะเบียนเรียนในชั้นประถมศึกษา (อนุบาล-เกรดสาม) เด็กเหล่านั้นได้รับอนุญาตจากผู้ปกครองให้เข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 89 คน ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่มีการกระโดด 45 คน และ และกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มควบคุม 44 คน โดยมีการกระโดดจากกล่องที่มีความสูง 61 เซนติเมตร กระโดด 100 ครั้ง/วัน 3 วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาในการฝึกทั้งหมด 7 เดือน โดยวัด Bone mineral content (BMC), Bone area และ Bone mineral density (BMD) ที่บริเวณกระดูกสะโพก (hip), กระดูกสันหลัง (spine), กระดูกขา (leg), กระดูกต้นขาส่วนคอ (femoral neck) ด้วยเครื่องวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก Dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA) โดยเด็กทุกคนมีส่วนร่วมในชั้นเรียนวิชาพลศึกษาตามกำหนดเวลาอย่างสม่ำเสมอ เป็นเวลา 30 นาที/วัน โดยมีครูพลศึกษาเป็นผู้ควบคุม และมีครูคนเดียวกันตลอดระยะเวลาของโปรแกรมการออกกำลังกาย การกระโดดเริ่มจากขึ้นไปบนกล่องที่มีความสูง 20 ซม. เพื่อเป็นบันไดในการก้าวขึ้นไปบนกล่องที่มีความสูง 61 ซม. จากนั้นกระโดดลงจากกล่องด้วยเท้าทั้ง 2 ข้างพร้อมกัน ลงมาที่พื้นและมีการงอเข่าเล็กน้อย โดยใช้พื้นโรงยิมในการกระโดดซึ่งเป็นพื้นไม้ ซึ่งเด็กทุกคนต้องสวมรองเท้าผ้าใบในการกระโดด ในสัปดาห์แรก (3 ครั้ง) ใช้เวลาในการเรียนรู้เทคนิคการกระโดดที่ถูกต้องปลอดภัยโดยไม่ต้องใช้กล่อง ผลจากโปรแกรมการกระโดดที่ใช้เวลา 7 เดือน กลุ่มที่มีการกระโดดมีการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ที่บริเวณกระดูกต้นขาส่วนคอ (femoral neck), Lumbar Spine มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มที่มีการกระโดดและกลุ่มควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) คล้ายกันในกระดูกต้นขาส่วนคอ (femoral neck)

โจฮานเซนและคณะ (Johannsen et al., 2003) ศึกษาผลของการตอบสนองของกระดูกด้วยการกระโดด บนกล่องที่มีความสูง 45 เซนติเมตร ในเด็กช่วงอายุ 3-5, 7-8, 11-12 และ 15-18 ปี วัตถุประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อตรวจสอบว่าการกระโดด 25 ครั้ง/วัน 5 วัน/สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ จะเพียงพอที่จะสังเกตการตอบสนองของกระดูกต่อการรับน้ำหนักของเด็กหรือไม่ ทำการวัดด้วยเครื่องวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก; Dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA) โดยตัวแปรที่ใช้ศึกษาคือ แร่ธาตุในกระดูก (BMC) และความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ทำการวัดที่กระดูกสะโพก (hip), กระดูกสันหลัง (spine), กระดูกหน้าแข้ง (distal tibia), กระดูกขา (leg) และกระดูกทั่วร่างกาย (Total body) ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่าเด็กกลุ่มที่มีการฝึกโปรแกรมกระโดดจะมีค่า BMC ที่เพิ่มขึ้นที่กระดูกบริเวณสะโพกและกระดูกสันหลัง และตอบสนองต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกมากกว่าเด็กที่ไม่ได้รับการฝึก (กลุ่มควบคุม) นอกจากนี้ผู้วิจัยยังตั้งสมมติฐานว่าการกระโดดจะไม่เป็นประโยชน์ในหมู่เด็กที่มีอายุ 3-5, 7-8 เนื่องจากอัตราการเติบโตค่อนข้างสูงที่เกิดขึ้นในเวลานี้ นอกจากนี้เพื่อให้การกระโดดเป็นไปอย่างสอดคล้องที่สุดเท่าที่จะทำได้ ก่อนที่จะมีการฝึก เด็กทุกคนจะได้รับคำแนะนำในเกี่ยวกับการกระโดด โดยให้ก้าวเท้าออกจากกล่องทิ้งตัวลงมาที่พื้นโดยเท้าทั้ง

สองข้างลงมาที่พื้นพร้อมกันแบบเต็มเท้าและงอเข่าเล็กน้อย ผู้เข้าร่วมการฝึกจะต้องสวมใส่รองเท้าผ้าใบทุกคน ก่อนที่จะขึ้นไปกระโดดบนกล่องที่มีความสูง 45 เซนติเมตร จะใช้กล่องที่มีขนาดครึ่งหนึ่งของกล่องกระโดด เพื่อเป็นบันไดในการก้าวขึ้นก่อนการกระโดดจริง มีการกระโดดอย่างรวดเร็วเท่าที่จะทำได้และมีการบันทึกผลเพื่อให้มั่นใจว่าเทคนิคการกระโดดนั้นมีความเหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าการกระโดดจากกล่องที่มีความสูง 45 เซนติเมตร ซึ่งเท่ากับประมาณ 4 เท่า ของน้ำหนักตัวของเด็กก็เพียงพอต่อการเพิ่มขึ้นของ BMC ของทั้งร่างกายและขาในเด็กทุกกลุ่ม ยกเว้นกลุ่ม pubertal (15-18 ปี) ในการศึกษานี้พบว่าในกลุ่มที่มีอายุ 3-5, 7-8, 11-12 ปี มีการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ของกระดูกทั่วร่างกาย (Total body) และบริเวณขาอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ของกระดูกทั่วร่างกาย (Total body) และบริเวณขา ในทุกกลุ่มยกเว้นในกลุ่ม pubertal (15-18 ปี) แต่มีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยซึ่งจะนำไปสู่ผลโดยรวมของกระดูกที่แข็งแรง การเปลี่ยนแปลงของ BMC ซึ่งสังเกตได้จาก trabecular (กระดูกสันหลังและกระดูกหน้าแข้ง) แสดงให้เห็นถึงประโยชน์จากการเพิ่มขึ้นของ (BMC) จากการกระโดดในเด็กวัย pubertal (15-18 ปี) แต่ไม่พบในเด็ก 3-5, 7-8, 11-12 ปี เด็กในกลุ่มกระโดดมีความหนาแน่นของมวลกระดูกเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหรือไม่มีเลย เมื่อเปรียบเทียบกับเด็กควบคุม Johannsen และสันนิษฐานว่าการเพิ่มขึ้นของความเร็วการเจริญเติบโตนั้นเป็นผลมาจากการลดลงของคุณภาพของกระดูกที่เกิดจากอัตราการเจริญเติบโตตามยาวมากกว่าอัตราการทำให้เป็นแร่กระดูก กล่าวโดยสรุปคือการกระโดดเพียง 25 ครั้ง/วัน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยการกระโดดจากกล่องที่มีความสูง 45 เซนติเมตร คิดเป็นประมาณ 4 เท่า ของน้ำหนักตัวในเด็กก็เพียงพอต่อการเพิ่มขึ้นของ BMC ทั้งร่างกายและขาในเด็ก

คลานาฮานและคณะ (CLANAHAN et al., 2002) ศึกษาเปรียบเทียบเกี่ยวกับชนิดกีฬาที่มีความเฉพาะเจาะจงในแต่ละข้าง (side-to-side) และกระดูกส่วนบนและล่าง (upper/lower limbs) ที่มีผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ในนักกีฬาชายและหญิง ระดับวิทยาลัย โดยทำการเปรียบเทียบผลกระทบของแต่ละกีฬาชนิดต่าง ๆ ดังนี้ เบสบอล, บาสเกตบอล, ฟุตบอล, กอล์ฟ, เทนนิส, วิ่งตามภูมิประเทศ, กรีฑาลู่/ลาน และวอลเลย์บอล วัดความหนาแน่นของมวลกระดูกด้วยเครื่อง Dual-energy x-ray absorptiometry จากผลการศึกษาความเฉพาะเจาะจงในแต่ละข้าง (side-to-side) พบว่านักกีฬาเทนนิสและนักกีฬาบาสเกตบอลมีค่า BMD ของกระดูกแขนข้างที่ถนัดมากกว่าข้างที่ไม่ถนัด นอกจากนี้ยังรวมไปถึงทุกชนิดกีฬา มีค่า BMD ของกระดูกแขนข้างที่ถนัดมากกว่าข้างที่ไม่ถนัด

ฟรีเดอริคสันและคณะ (Fredericson et al., 2007) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของการเล่นกีฬาฟุตบอลและการวิ่งระยะไกลในเพศชาย ที่มีผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) มีอายุระหว่าง 20-30 ปี โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มนักกีฬาฟุตบอล กลุ่มนักกีฬาวิ่งระยะไกล และกลุ่มควบคุม วัด BMD ที่บริเวณ lumbar spine (L1-L4), right

hip, right leg และ total body ด้วยเครื่อง Dual-energy x-ray absorptiometry ผลการศึกษาพบว่า ในกลุ่มนักกีฬาฟุตบอล มีค่า BMD มากกว่ากลุ่มควบคุมทุกส่วนที่มีการวัด ไม่ว่าจะเป็น lumbar spine, right hip, right leg และcalcaneal และในกลุ่มนักกีฬาฟุตบอล ยังมีค่า BMD มากกว่ากลุ่มนักกีฬาวิ่งระยะไกล ที่บริเวณ right hip และ lumbar spine นอกจากนี้ในกลุ่มนักกีฬาวิ่งระยะไกล มีค่า BMD ในบริเวณ calcaneal มากกว่ากลุ่มควบคุม กล่าวคือในนักกีฬาฟุตบอลมีความสัมพันธ์เกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของ BMD มากกว่ากลุ่มอื่น

มัดด์และคณะ (Mudd et al., 2007) ศึกษาเปรียบเทียบเกี่ยวกับชนิดกีฬาที่มีความเฉพาะเจาะจงในแต่ละประเภท ที่ส่งผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูก (Bone mineral density; BMD) ในนักกีฬาหญิง ที่มีอายุระหว่าง 18-22 ปี โดยแบ่งออกเป็น 8 ชนิดกีฬา โดยมี ยิมนาสติก, ซอฟท์บอล, วิ่ง (วิ่งตามภูมิประเทศ และวิ่งระยะไกล มากกว่า 800 เมตร), วิ่งประเภทลู่, ฮอกกี้, ฟุตบอล, พายเรือ, ว่ายน้ำ/ดำน้ำ โดยวัด BMD ด้วยเครื่อง Dual-energy x-ray absorptiometry จากการศึกษาพบว่า นักกีฬาวิ่งมี BMD ที่บริเวณกระดูกส่วนล่างของร่างกาย (Lower body) และขาข้างที่มีความถนัด จะมีค่า BMD มากกว่าข้างที่ไม่ถนัด เมื่อเปรียบเทียบกับนักกีฬา ยิมนาสติก และซอฟท์บอล นอกจากนี้ยังพบว่าในนักกีฬาว่ายน้ำ/ดำน้ำ มีค่าเฉลี่ยของ BMD ในบริเวณขาน้อยกว่าในนักกีฬาชนิดอื่น ดังนั้นในนักกีฬาว่ายน้ำ/ดำน้ำ เป็นชนิดกีฬาที่ไม่มีผลในการเพิ่มขึ้นของ BMD เมื่อเปรียบเทียบกับนักกีฬาชนิดอื่น

ชางและคณะ (Chang et al., 2018) ได้ทำการศึกษาถึงผลของการฝึกพลัยโอเมตริก ที่มีต่อการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทและความสามารถทางด้านกีฬาในเด็กผู้ชาย กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กที่มีอายุระหว่าง 10-12 ปี จำนวน 26 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองโดยมีการฝึกกระโดดในท่าดร็อปจัมพ์ จำนวน 13 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 13 คน ทำการทดสอบก่อนและหลังการฝึกด้วย ความสูงในการกระโดดดร็อปจัมพ์, ยืนกระโดดไกล, วิ่งสปีด 20 เมตร, วิ่ง t test และวัดการทำงานของกล้ามเนื้อด้วย Electromyographic (EMG) ในขณะกระโดดดร็อปจัมพ์ หลังการทดลองพบว่าความสูงในการกระโดดดร็อปจัมพ์, ยืนกระโดดไกล, วิ่งสปีด 20 เมตร มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมากกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าขณะที่ทำการกระโดดในท่าดร็อปจัมพ์ กลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดดมากที่สุดคือ Vastus lateralis, Bicep femoris และ Gastrocnemius คิดเป็น 98.84% ± 143.89%, 96.65% ± 117.59% และ 84.14% ± 75.38% เรียงตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าการฝึกพลัยโอเมตริก สามารถช่วยเพิ่มความสามารถในนักกีฬาและการทำงานของระบบประสาทสำหรับนักกีฬาเด็กที่มีอายุ 10-12 ปีได้

5.2.1 การศึกษาเกณฑ์ที่ใช้ในการกระโดด (Vertical Jump height)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แจคโกล์วิคและคณะ (Jakovljevic et al., 2016) ได้ศึกษาถึงสถานะวุฒิภาวะทางชีวภาพและกลไกความสามารถในนักกีฬาบาสเกตบอลประเทศเซอร์เบีย ที่มีอายุ 14 ปี และเปรียบเทียบทักษะทางการกีฬาบางอย่างของสถานะวุฒิภาวะทางชีวภาพ โดยศึกษาในนักกีฬาบาสเกตบอลจำนวน 45 คน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้นำทักษะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกีฬาบาสเกตบอลนำมาทำการทดสอบ (Test) โดยมี ทั้งหมด 9 แบบทดสอบ ซึ่งหนึ่งในแบบทดสอบนั้นได้นำการทดสอบ Vertical jump มาใช้ โดยค่าเฉลี่ยความสูงที่นักกีฬาบาสเกตบอลประเทศเซอร์เบีย ใช้ในการกระโดดอยู่ที่ 43.88±5.45 เซนติเมตร แต่ทั้งนี้ในนักกีฬาบาสเกตบอลประเทศเซอร์เบียมีอายุ 14 ปี มีความสูงเฉลี่ยที่มากกว่านักกีฬาบาสเกตบอลในไทย จึงทำให้ผู้วิจัยทำการลดค่าเฉลี่ยความสูงของการกระโดดลงมาเพื่อนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับนักกีฬาบาสเกตบอลไทย

วูฟ (Wolfe 2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับค่ามาตรฐานอ้างอิงที่ใช้ในการประเมินและจำแนกเยาวชนตามการเจริญเติบโตและการเจริญเติบโตตามปกติ ได้กล่าวว่าปัจจุบันยังไม่มีค่ามาตรฐานสำหรับการวัดสมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวข้องกับทักษะเช่น กำลังของกล้ามเนื้อ ความเร็วและความคล่องตัว ซึ่งใช้ทดสอบโดยทั่วไปในนักกีฬาเยาวชน มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างค่าอ้างอิงเชิงบรรทัดฐานเฉพาะอายุและเพศสำหรับหลาย ๆ ด้านของสมรรถภาพทางกาย ที่เกี่ยวข้องกับทักษะในเด็กและวัยรุ่นที่เคลื่อนไหวทาง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นเยาวชนที่มีกิจกรรมออกกำลังกาย จำนวน 209 คน (เด็กชาย 136 คนและเด็กหญิง 73 คน) อายุ 12-17 ปี โดยหนึ่งในการศึกษานี้ได้มีการทดสอบสมรรถภาพทางกายที่วัดพลังของกล้ามเนื้อ (Muscle power) ประเมินโดยการ กระโดดในแนวดิ่ง (Vertical jump) และได้สรุปค่าเฉลี่ยความสูงที่นักกีฬาใช้ในการกระโดด โดยแบ่งออกเป็นช่วงอายุดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของ Vertical Jump height (cm) ในเด็กที่มีอายุ 12-17 ปี

อายุ	ค่าเฉลี่ย
เพศชาย	
12-13	46.9
14-15	52.7
16-17	61.5
เพศหญิง	
12-13	38.7
14-15	41.9
16-17	44.6

ที่มา: (Wolfe, 2016)

ชาร์มาและคณะ (Sharma et al., 2017) ศึกษาเกี่ยวกับสัดส่วนพื้นฐานของสมรรถภาพการกระโดดในแนวดิ่ง ในผู้เล่นเยาวชนชาวอินเดีย ซึ่ง Vertical Jump เป็นเครื่องวัดความสามารถทางการกีฬาที่ดี มีการศึกษาก่อนหน้านี้รายงานผลการศึกษาที่ขัดแย้งกันเกี่ยวกับสัดส่วนของร่างกาย จุดมุ่งหมายของการศึกษาเพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสัดส่วนและ Vertical Jump ในนักกีฬาฮอกกี้และนักปั่นจักรยานระดับชาติ โดยนักกีฬาฮอกกี้และนักปั่นจักรยานระดับชาติ 54 คน อายุ 11-21 ปี ตัวแปรที่ศึกษา คือ องค์ประกอบของร่างกาย ตัวอย่างเช่น Vertical Jump, น้ำหนัก และ ความสูง เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยได้มีความสนใจศึกษา Vertical Jump เพียงอย่างเดียวจึงพบว่าค่าเฉลี่ยของ Vertical Jump ในผู้ชาย คือ 42.26±5.19 (34.29-52.00 ซม.) และในผู้หญิง คือ 33.50±3.40 (26.67-42.00 ซม.) จะเห็นว่าในผู้ชายจะมีค่า Vertical Jump ที่มากกว่าในผู้หญิง อาจมีผลมาจากในผู้ชายมีทั้งความแข็งแรง กล้ามเนื้อที่มากกว่าจึงทำให้มีพลังขาที่มากกว่า ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยของ Vertical Jump height (cm) ในคนที่มีอายุ 11-21 ปี

Parameters	Mean±SD	
	Female	Male
Vertical Jump height (cm)	33.50±3.40 (26.67-42.00 cm)	42.26±5.19 (34.29-52.00 cm)

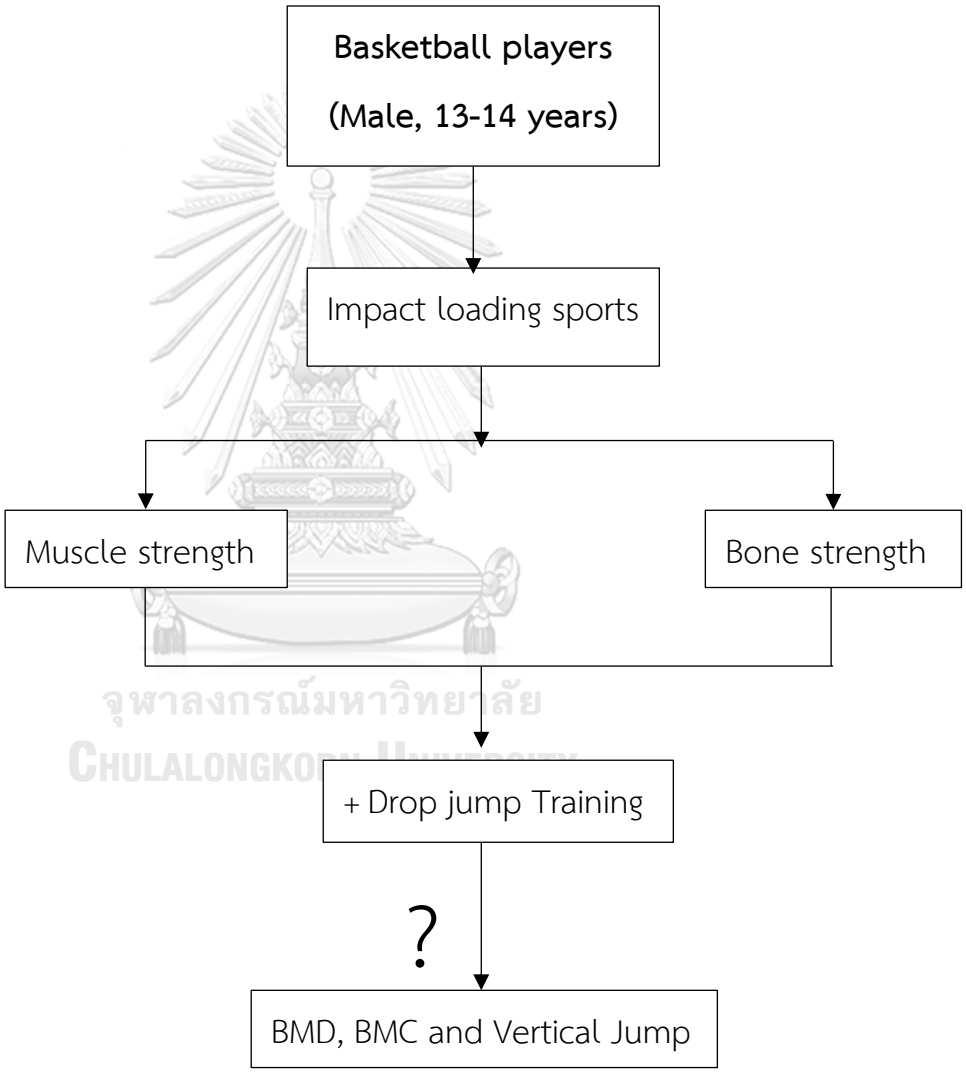
ที่มา: (Sharma et al., 2017)

จากการศึกษาเกณฑ์ความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ในวัยเด็ก พบว่ามีค่าเฉลี่ยของการกระโดดตั้งแต่ 43.88 เซนติเมตรขึ้นไปจนถึง 52.7 เซนติเมตร จากที่กล่าวมานั้น ผู้วิจัยได้สนในเกณฑ์การทดสอบของ แจคโกล์วิคและคณะ (Jakovljevic et al., 2016) ที่ได้ศึกษาถึงสถานะวุฒิภาวะทางชีวภาพและกลไกความสามารถในนักกีฬาบาสเกตบอลประเทศเซอร์เบีย ที่มีอายุ 14 ปี ซึ่งเป็นเกณฑ์การทดสอบที่ใช้ในนักกีฬาบาสเกตบอลโดยตรง จึงสนใจนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในงานวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งค่าเฉลี่ยของ Vertical jump ที่นำมาใช้คือ 43.88±5.45 เซนติเมตร แต่ทั้งนี้ในนักกีฬาบาสเกตบอลประเทศเซอร์เบียมีอายุ 14 ปี มีความสูงเฉลี่ยที่มากกว่านักกีฬาบาสเกตบอลในไทย จึงทำให้ผู้วิจัยทำการลดค่าเฉลี่ยความสูงของการกระโดดลงมา เพื่อนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับนักกีฬาบาสเกตบอลไทย และนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ โดยใช้ความสูงในการกระโดดในแนวดิ่ง (Vertical jump) ในเกณฑ์การคัดเข้าอยู่ที่ 40 เซนติเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวความคิดในการวิจัย

นักกีฬาบาสเกตบอลชาย ที่มีอายุระหว่าง 13-14 ปี จัดเป็นกีฬาประเภทมีแรงกระแทก (Impact loading sports) ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและกระดูก ในกลุ่มทดลองของการวิจัยครั้งนี้มีการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ เพื่อดูค่าความหนาแน่นของมวลกระดูก ปริมาณแร่ธาตุในกระดูกและความสูงในการกระโดด จะมีการเปลี่ยนแปลงหลังการฝึกหรือไม่ ดังรูปที่ 3



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูก และเพื่อศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความสูงในการกระโดด ในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย อายุ 13-14 ปี ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มตัวอย่างและวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. ขั้นตอนการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มตัวอย่างและวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

นักกีฬาบาสเกตบอลระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

กลุ่มตัวอย่าง

นักกีฬาบาสเกตบอลชาย อายุ 13-14 ปี ของโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยและโรงเรียนอัสสัมชัญ กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางโคเฮน (Cohen, 1997) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% (α= .05) ค่าขนาดของผลกระทบ (Effect Size) .60 และอำนาจการทดสอบ (Power of test) = .80 ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 28 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่ฝึกซ้อมปกติและฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 14 คน และ กลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่ฝึกซ้อมปกติเป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 14 คน ทำการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) เพื่อให้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 โรงเรียน และทำการแบ่งกลุ่มโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยการจับสลากว่าโรงเรียนใดเป็นกลุ่มทดลองหรือกลุ่มควบคุม ทำการตกลงกับผู้ฝึกสอนทั้ง 2 โรงเรียน เพื่อปรับรูปแบบการฝึกสมรรถภาพให้คล้ายคลึงกันเพื่อให้ได้รูปแบบการฝึกกลาง ที่ทั้งสองโรงเรียนจะได้นำรูปแบบนี้ไปฝึกให้เหมือนกัน

เกณฑ์ในการคัดกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย (Inclusion criteria)

1. เป็นนักกีฬาบาสเกตบอลชาย ที่มีอายุระหว่าง 13-14 ปี
2. ได้รับความยินยอมจากผู้ฝึกสอนหรือผู้ปกครอง

3. เป็นนักกีฬาทีมโรงเรียน มีการฝึกซ้อมไม่ต่ำกว่า 3 วัน/สัปดาห์ และมีการฝึกซ้อมมาแล้วไม่ต่ำกว่า 6 เดือน ก่อนการทดลอง

4. ไม่มีประวัติการเข้ารับการรักษาจากภาวะกระดูกหักมาก่อน

5. นักกีฬาต้องมีความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ที่ต้องไม่น้อยกว่า 40 เซนติเมตร เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานด้านสมรรถภาพทางกายที่จะสามารถเข้ารับการฝึกเสริมได้อย่างปลอดภัย (ดัดแปลงจาก Jakovljevic et al., 2016) ทำการวัดความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ด้วยชุดทดสอบการกระโดด Yardstick ตามขั้นตอน (ภาคผนวก ข)

6. ยินดีเข้าร่วมในการวิจัยและผู้ปกครองลงนามในใบยินยอมการเข้าร่วมวิจัย

เกณฑ์ในการคัดกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)

1. ไม่สมัครใจที่จะเข้าร่วมทำการวิจัยต่อ

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่มาเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกตามที่กำหนดไว้ อย่างน้อย 3 ครั้ง

3. เกิดเหตุสุดวิสัย ที่ไม่สามารถเข้าร่วมทำการวิจัยต่อได้ เช่น มีอาการป่วยหรือมีอาการบาดเจ็บ

ขั้นตอนการวิจัย

1. ทบทวนวรรณกรรม ศึกษาข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร บทความต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความหนาแน่นของมวลกระดูก รวมไปถึงวิธีการใช้เครื่องมือในการวิจัย

2. กำหนดโปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ ที่ส่งผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย

3. ทำการศึกษานำร่องก่อนการวิจัย (Pilot Study) เพื่อทดสอบโปรแกรมการฝึกและเครื่องมือที่ใช้ในการกำหนดตัวแปร ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างมากที่สุด เพื่อทดสอบความหนักของโปรแกรมว่ามีความเหมาะสมในการที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างมากน้อยเพียงใด ที่อาคารจุฬาพัฒน์ 11 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. นำรูปแบบการวิจัยไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน โดยเป็นอาจารย์ด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา จำนวน 3 ท่าน และผู้ฝึกสอนกีฬาบาสเกตบอล ในรุ่นเยาวชน จำนวน 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence; IOC) และปรับปรุงเพื่อให้ได้รูปแบบการฝึกที่เหมาะสม

5. นำโปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่ส่งผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเรียบร้อย เพื่อนำไปใช้ในกลุ่มตัวอย่าง

6. นำโปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่ส่งผลต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในนักกีฬาบาสเกตบอลชายเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

7. ดำเนินการติดต่อขอความร่วมมือจากผู้ฝึกสอนเพื่อขอนักกีฬาเข้าร่วมในการวิจัย นักกีฬาบาสเกตบอลของโรงเรียนอัสสัมชัญ จำนวน 14 คน และโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน จำนวน 14 คน จับสลากได้ว่าโรงเรียนอัสสัมชัญเป็นกลุ่มทดลองและโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนเป็นกลุ่มควบคุม

8. การคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัยตามเกณฑ์การคัดเข้า-คัดออก

ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องเดินทางมาเข้ารับการปฐมนิเทศ รวมทั้งผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยจะทำการเก็บข้อมูลพื้นฐานทางด้านสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง โดยเรียงลำดับการเก็บข้อมูลพื้นฐานเริ่มจาก การวัดน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก ตามด้วยการวัดส่วนสูงด้วยเครื่องวัดส่วนสูง และทำการวัดความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ด้วยชุดทดสอบการกระโดด Yardstick ตามขั้นตอน (ภาคผนวก ข) ที่ต้องไม่น้อยกว่า 40 เซนติเมตร เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดกรองเข้าร่วมการวิจัย ที่ชั้น 10 อาคารจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยก่อน โดยใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

หากไม่สามารถทำได้ดังเกณฑ์การคัดเข้า ซึ่งอาจเกิดจากการเจริญเติบโตยังไม่สมบูรณ์พอ หรือความแข็งแรงของกล้ามเนื้อยังไม่เพียงพอ ผู้วิจัยจะให้คำแนะนำถึงการเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ รวมไปถึงพลังของกล้ามเนื้อ (Muscle Power) ที่ส่งผลต่อ ความสามารถในการกระโดดในแนวดิ่ง ตามหลักวิทยาศาสตร์การกีฬาต่อไป และผู้ที่ไม่ผ่านการคัดเลือกจะได้รับกระบอกน้ำตราจุฬา ฯ เป็นของที่ระลึก

9. ทำการทดสอบก่อนการฝึก (Pre-test) มีขั้นตอนดังนี้

9.1 แจ้งให้ผู้ฝึกสอนและกลุ่มตัวอย่างทราบถึงวันทดสอบ โดยนัดให้มาทดสอบในวันเสาร์หรือวันอาทิตย์ ก่อนวันฝึกจริง คือ วันอังคารและวันศุกร์ สัปดาห์ละ 2 วัน

9.2 เมื่อกลุ่มตัวอย่างมาถึง ผู้วิจัยชี้แจง อธิบายวัตถุประสงค์และประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงขั้นตอนในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งขอความร่วมมือจากกลุ่มตัวอย่างและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เมื่อกลุ่มตัวอย่างลงนามยินยอมในหนังสือเข้าร่วมการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยชี้แจงกับกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดสอบถึงขั้นตอนการทดสอบทั้งหมด โดยเริ่มที่ทดสอบความสูงในการกระโดด (Vertical jump height) (ภาคผนวก ข) และตามด้วยการทดสอบความหนาแน่นของมวลกระดูกและปริมาณแร่ธาตุในกระดูก ด้วยเครื่อง Dual-energy x-ray (DEXA) (ภาคผนวก ก) ที่ ชั้น 10 อาคารจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยก่อน

9.3 ทดสอบตัวแปรที่วัดจากเครื่อง Dual-energy x-ray (DEXA) คือ

1. ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก: Bone mineral content; BMC (บริเวณ Lumbar spine (L1-L4), femoral neck และ total body)

2. ความหนาแน่นของมวลกระดูก: Bone mineral density; BMD (บริเวณ Lumbar spine (L1-L4), femoral neck และ total body)

9.4 ทำการทดสอบ Vertical jump height ด้วยชุดทดสอบการกระโดด Yardstick (ภาคผนวก ข) ทำการอบอุ่นร่างกาย (ภาคผนวก ฉ) ก่อนการทดสอบ และทำการคลายอุ่น (ภาคผนวก ช) หลังการทดสอบ

10. โปรแกรมการฝึก

<u>กลุ่มทดลอง</u>

เป็นโปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ ก่อนการฝึกซ้อมตามโปรแกรมปกติของโรงเรียน โดยก่อนการฝึกกระโดดทุกครั้ง จะต้องทำการทำการอบอุ่นร่างกาย (ภาคผนวก ฉ) และตามด้วยโปรแกรมการกระโดดด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ จำนวน 65 ครั้งต่อวัน โดยแบ่งออกเป็น 5 เซต เซตละ 13 ครั้ง จากกล่องที่มีความสูง 45 เซนติเมตร โดยทำการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ คือ วันอังคารและวันศุกร์ เพื่อป้องกันการเกิดการล้าหากมีการฝึกติดต่อกัน โดยมีเวลาพักอย่างน้อย 72 ชั่วโมง ก่อนการฝึกในครั้งต่อไป เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ และต้องมีการอบอุ่นร่างกาย (ภาคผนวก ฉ) ก่อนการฝึก และทำการคลายอุ่น (ภาคผนวก ช) หลังการฝึก ทำการฝึกที่โรงเรียนอัสสัมชัญ (ตามผลการจับสลากแบ่งกลุ่ม) ก่อนเวลาซ้อมจริงของโรงเรียน โดยผู้วิจัยมีผู้ช่วยวิจัย จำนวน 1 คน ซึ่งเป็นนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของโปรแกรมการฝึกและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นอย่างดี โดยจะมาช่วยทั้งในส่วนของการดูแลกลุ่มตัวอย่างในการฝึกและการทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6 ตารางโปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์

โปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์	
ความสูงที่ใช้ในการฝึก (เซนติเมตร)	45
จำนวนครั้งในการกระโดด (ครั้ง/วัน)	65
จังหวะในการกระโดดในแต่ละครั้ง	กระโดดลง 13 ครั้ง (6 วินาที/1 ครั้ง)
จำนวนชุดในการฝึก (เซต)	5
พักระหว่างเซต (นาที)	3

<u>กลุ่มควบคุม</u>

ฝึกซ้อมตามปกติ ตามโปรแกรมการฝึกกีฬาบาสเกตบอลของทางโรงเรียน

ตารางที่ 7 ตารางการฝึกซ้อมในระหว่างการวิจัย (8 สัปดาห์) ของทั้ง 2 กลุ่ม

ขั้นตอนการอบอุ่นร่างกาย (Warm up)	1. ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยวิ่งเหยาะๆ 5 นาที 2. ทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 15 นาที (ภาคผนวก ฉ)
ขั้นตอนการฝึกซ้อมระหว่างเข้าร่วมการวิจัยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	<u>กลุ่มทดลอง</u> ฝึกตามโปรแกรมการกระโดดด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ ทำการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ คือ วันอังคารและวันศุกร์ เวลา 16.00-17.00 น. โดยฝึกตามโปรแกรมการกระโดดด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ โดยความสูงที่ใช้ในการกระโดด คือ 45 เซนติเมตร จำนวนครั้งที่ใช้ในการกระโดด 65 ครั้งต่อวัน โดยแบ่งออกเป็น 5 เซต เซตละ 13 ครั้ง และมีระยะเวลาพักระหว่างเซต 3 นาที (ภาคผนวก ค) เมื่อฝึกครบตามโปรแกรมการกระโดดแล้ว พัก 1 ชั่วโมง และตามด้วยการฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกกีฬาบาสเกตบอลของทางโรงเรียน ณ สนามฝึกซ้อมที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสังกัด ซึ่งผู้วิจัยเป็นคนควบคุมการฝึกด้วยตนเอง และมีผู้ช่วยวิจัย 1 คน ในการดูแลความเรียบร้อยต่าง ๆ <u>กลุ่มควบคม</u> ฝึกซ้อมตามปกติ ตามโปรแกรมการฝึกบาสเกตบอลของทางโรงเรียน โดยผู้ฝึกสอน ณ สนามฝึกซ้อมที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสังกัด (ภาคผนวก ง)
ขั้นตอนการคลายอุ่นกล้ามเนื้อ (Cool down)	ทำการคลายอุ่นกล้ามเนื้อ 15 นาที (ภาคผนวก ช)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

11. ทำการทดสอบหลังการฝึก (Post-test)

เมื่อฝึกครบ 8 สัปดาห์ ให้กลุ่มตัวอย่างไปทำการทดสอบหลังการฝึกในวันถัดไป คือ วันเสาร์หรือวันอาทิตย์ (กลับไปทำตามข้อ 8)

12. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS และสรุปผลของการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เครื่องตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูก GE; Dual-energy x-rayabsorptiometry รุ่น LUNAR PRODIGR PRO หมายเลขเครื่อง 50225 ประเทศที่ผลิต สหรัฐอเมริกา (ภาคผนวก ก)

2. กล่องสำหรับการกระโดดดร็อปจั๊มพ์ ที่มีความสูง 45 เซนติเมตร (ภาคผนวก จ รูปที่ 1)

3. ชุดทดสอบการกระโดด (ภาคผนวก ข)

4. เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบในร่างกาย (ภาคผนวก จ รูปที่ 2)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยเป็นผู้กำกับดูแลควบคุมจำนวน 1 คน และมีผู้ช่วยวิจัยจำนวน 1 คน ที่มีความรู้ความสามารถในเรื่องของโปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์และการใช้เครื่องวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก

2. ผู้วิจัยขอใบอนุญาตการเข้าฝึกและเก็บข้อมูลในโรงเรียนอัสสัมชัญและโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย เพื่อเก็บข้อมูลการวิจัยและใช้เป็นสถานที่ ๆ ใช้ในการฝึก

3. ผู้วิจัยทำจดหมายขออนุญาตใช้เครื่องมือเพื่อเก็บข้อมูลจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 10 อาคารจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมีระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลทั้งหมดรวม 10 สัปดาห์ (ระยะเวลาในการฝึก 8 สัปดาห์ และระยะเวลาในการทดสอบ Pre-test และ Post-test ประมาณ 2 สัปดาห์)

4. ผู้วิจัยทำหนังสือถึงผู้ฝึกสอนหรือผู้ปกครอง ให้ลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมการวิจัย เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นกลุ่มเปราะบาง ซึ่งมีอายุไม่เกิน 18 ปี

5. ผู้วิจัยทำหนังสืออธิบายวัตถุประสงค์และประโยชน์ของการวิจัย รวมถึงขั้นตอนการเก็บข้อมูล ให้กับกลุ่มตัวอย่างทราบและลงนามยินยอมในหนังสือเข้าร่วมการวิจัย พร้อมทั้งขอความร่วมมือจากกลุ่มตัวอย่าง รวมถึงผู้ที่มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้ เมื่อกลุ่มตัวอย่างลงนามยินยอมในหนังสือเข้าร่วมการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยชี้แจงกับกลุ่มตัวอย่างว่าจะมีการทดสอบก่อนและหลังการฝึก 8 สัปดาห์ คือ สัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ 9 ด้วยการทดสอบ Vertical Jump height ก่อนและตามด้วยวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก Dual-energy x-ray (DEXA) ที่ชั้น 10 อาคารจุฬาพัฒน์ 14 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในวันเดียวกัน และในระหว่างการฝึก 8 สัปดาห์ จะมีการฝึกอยู่ที่โรงเรียนที่มีการจับสลากได้ว่าโรงเรียนใดเป็นกลุ่มทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. ผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย เป็นผู้ที่เข้าไปควบคุมโปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ด้วยตัวเอง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ๆ ละ 2 วัน เวลา 16.00-17.00 น.

7. การแต่งกายของกลุ่มตัวอย่าง แต่งกายด้วยเสื้อกีฬา กางเกงขาสั้นและรองเท้าผ้าใบ โดยให้กลุ่มตัวอย่างนำมาเอง เพื่อให้คุ้นชินและสามารถเคลื่อนไหวได้คล่องตัว

8. หากกลุ่มตัวอย่าง เกิดการบาดเจ็บจากการฝึก ให้แจ้งผู้วิจัยและหยุดทำการฝึกโดยทันที เพื่อทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นและทำการส่งต่อไปที่สถานพยาบาล โดยผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาอาการผิดปกติที่มีสาเหตุมาจากการเข้าร่วมงานวิจัยครั้งนี้

9. ความเสี่ยงและข้อจำกัดที่เกิดจากการเข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้

9.1 การใช้เครื่องวัดความหนาแน่นของมวลกระดูก Dual-energy x-ray (DEXA)

เนื่องจากการทดสอบความหนาแน่นของมวลกระดูกนี้เป็นเครื่องมือที่ต้องอาศัยการแผ่รังสีผ่านร่างกายเพื่อประมวลผล มีคำแนะนำจาก International Commission on Radiological Protection (ICRP) ว่าระดับการได้รับรังสีของบุคคลทั่วไปไว้ที่ ไม่เกิน 1 mSievert (mSV) ต่อปี (Versluis et al., 1999) และ ความปลอดภัยทางรังสีในงานการแพทย์ (2012) ดังนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงการสะสมของคลื่นรังสีมากกว่าปกติ ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบความหนาแน่นของมวลกระดูกเฉพาะก่อนและหลังการฝึก รวมเป็นจำนวน 2 ครั้ง ซึ่งยังอยู่ในระดับที่ต่ำ (ไม่เกิน 100 μGy) (Comare et al., 2019) และให้คำแนะนำในการดูแลตัวเองเพื่อหลีกเลี่ยงการได้รับรังสีวินิจฉัยโดยวิธีอื่นเพิ่มเติม เช่น การได้รับการ x-ray หรือการได้รับการทดสอบความหนาแน่นของมวลกระดูกด้วย DEXA scan ซ้ำ ภายในระยะเวลา 1 ปี นับตั้งแต่เริ่มเข้าร่วมงานวิจัย

9.2 การกระโดดในท่า Drop jump

การกระโดดในท่า Drop jump เป็นการกระโดดลงจากกล่องที่มีความสูงและเมื่อเท้าสัมผัสพื้นพร้อมกันทั้งสองข้าง ให้กระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งโดยทันที ซึ่งการฝึกในท่า Drop jump นี้เป็นท่าที่อยู่ในการฝึกของ Plyometric ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความหนักในการฝึกมากที่สุด และได้มีคำแนะนำก่อนการฝึกเอาไว้ว่า ผู้ที่ต้องการฝึกควรมีพื้นฐานความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ดีก่อน เพื่อเพิ่มความสามารถในการกระโดดและลดอาการการบาดเจ็บที่อาจจะตามมา รวมถึงอาจมีอาการ ปวดเมื่อย ตามกล้ามเนื้อ ในขณะเก็บข้อมูลหรือหลังจากเก็บข้อมูลแล้ว มากกว่านั้นหากไม่มีการจดจ่อในขณะที่ทำการฝึกอาจทำให้หกล้ม หรือตกจากกล่องได้ ดังนั้นจึงควรมีการจดต่อในโปรแกรมการฝึกและจะต้องมีการอบอุ่นกล้ามเนื้อ (Warm up) ที่เหมาะสมก่อนเข้าสู่โปรแกรมการฝึก (Chu, 1996)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม

2. ทดสอบการแจกแจงข้อมูลแบบโค้งปกติหรือไม่ปกติ โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test

3. เปรียบเทียบปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC), ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) และความสูงในการกระโดด Vertical jump height (cm) ก่อนและหลังการฝึกโดย

3.1 หากข้อมูลมีการกระจายตัวปกติ วิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบแบบที (Paired t-test) แบบ repeated measured

3.2 หากข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ วิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks test

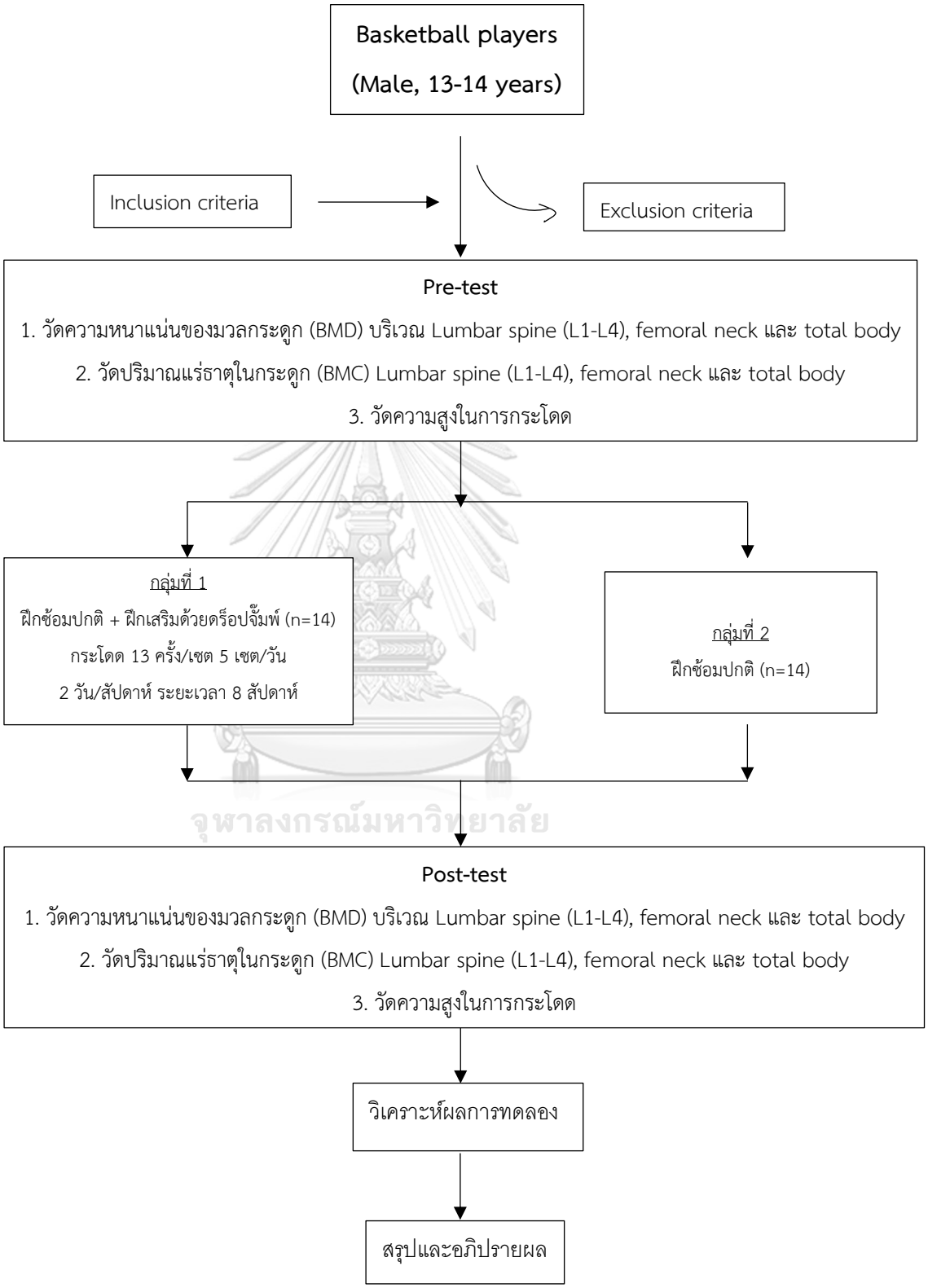
4. เปรียบเทียบปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC), ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) และความสูงในการกระโดด Vertical jump height (cm) ระหว่างกลุ่ม โดย

4.1 หากข้อมูลมีการกระจายตัวปกติ วิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบแบบที (Independent t-test)

4.2 หากข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ วิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบ Mann-Whitney U test

5. กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย อายุ 13-14 ปี และเพื่อศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความสูงในการกระโดด กลุ่มตัวอย่างคือนักกีฬาบาสเกตบอลชาย ที่มีอายุ 13-14 ปี จำนวน 28 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยทำการทดสอบก่อนและหลังการฝึก 8 สัปดาห์ และทำการเปรียบเทียบภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการตัดผู้เข้าร่วมวิจัยออก 4 คน (กลุ่มละ 2 คน) เนื่องจากผู้วิจัย 1 คน มีอาการบาดเจ็บไม่สามารถเข้าร่วมทำการวิจัยต่อได้ และอีก 3 คน ไม่มาเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกตามที่กำหนดไว้มากกว่า 3 ครั้ง (ขาดเกิน 20% ของโปรแกรมการฝึกทั้งหมด) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ซึ่งผลจากการวิเคราะห์จะถูกนำเสนอในรูปแบบของตารางประกอบความเรียง โดยแบ่งการนำเสนอเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แสดงผลการทดสอบการกระจายข้อมูลในแต่ละตัวแปรโดยใช้ Kolmogorov-Smirnov test

ตอนที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ Independent t-test

ตอนที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก ของกลุ่มทดลองโดยตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Left) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Paired t-test แบบ repeated measured ขณะที่ตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Total body และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Femoral neck (Right) และ ความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks test

ตอนที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก ของกลุ่มควบคุมโดยตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4) และ ความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Paired t-test แบบ repeated measured ขณะที่ตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Femoral neck (Left), Femoral neck (Right)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks test

ตอนที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม โดยตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Right) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน total body, Lumbar spine (L1-L4) และ ความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Independent t-test ขณะที่ตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Femoral neck (Left) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ตอนที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม โดยตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Lumbar spine (L1-L4) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Left) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Independent t-test ขณะที่ตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Total body, Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Femoral neck (Right) และความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 1 แสดงผลการทดสอบการกระจายข้อมูลในแต่ละตัวแปรโดยใช้ Kolmogorov-Smirnov test

ตารางที่ 8 แสดงการทดสอบการกระจายข้อมูล ของข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

Tests of Normality						
	กลุ่มทดลอง (n=12)			**กลุ่มควบคุม (n=12)**		
	$\bar{x}$	**SD**	**Sig.**	$\bar{x}$	**SD**	**Sig.**
อายุ	13.96	.427	.200	13.89	.649	.073
น้ำหนัก	62.26	10.28	.130	64.74	8.43	.068
ส่วนสูง	172.86	7.017	.200	174.27	5.467	.197
ดัชนีมวลกาย	20.8	2.723	.200	21.17	1.881	.138

จากตารางที่ 8 พบว่าข้อมูลพื้นฐาน คือ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูงและดัชนีมวลกาย ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีการกระจายข้อมูลแบบปกติ $p > 0.05$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 9 แสดงการทดสอบการกระจายข้อมูลของตัวแปร ก่อนการฝึกและหลังการฝึก ของกลุ่มทดลอง **(n=12)**

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov					
	ก่อนการฝึก			หลังการฝึก		
	$\bar{x}$	SD	Sig.	$\bar{x}$	SD	Sig.
ความหนาแน่นของมวลกระดูก (g/cm^2)						
Total body	1.182	.111	.133	1.198	.114	.044*
Lumbar spine (L1-L4)	1.155	.150	.158	1.162	.149	.200
Femoral neck (Left)	1.213	.123	.200	1.283	.111	.119
Femoral neck (Right)	1.219	.140	.200	1.245	.118	.200
ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (g)						
Total body	2,583.25	409.13	.197	2,619.25	404.54	.200
Lumbar spine (L1-L4)	59.69	10.76	.200	63.68	12.08	.200
Femoral neck (Left)	5.92	.974	.200	6.421	1.007	.200
Femoral neck (Right)	5.825	.871	.006*	6.310	.856	.044*
ความสูงในการกระโดด (cm)	44.45	3.42	.085	48.57	4.877	.012*

*P ≤ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 9 พบว่าค่า BMC Femoral neck (Right) ก่อนการฝึก และค่า BMD total body, BMC Femoral neck (Right) และ ความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) หลังการฝึก มีค่า < 0.05 ดังนั้นจึงใช้สถิติ แบบ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks test ในการเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก และใช้ Mann-Whitney U test ในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ส่วนตัวแปร BMD Lumbar spine (L1-L4), BMD Femoral neck (Left), BMD Femoral neck (Right), BMC total body, BMC Lumbar spine (L1-L4) และ BMC Femoral neck (Left) มีค่า > 0.05 จึงใช้สถิติ Paired t-test แบบ repeated measured เปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก และใช้ Independent t-test เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

ตารางที่ 10 แสดงการทดสอบการกระจายข้อมูลของตัวแปร ก่อนการฝึกและหลังการฝึก ของกลุ่มควบคุม (n=12)

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov					
	ก่อนการฝึก			หลังการฝึก		
	$\overline{x}$	SD	Sig.	$\overline{x}$	SD	Sig.
ความหนาแน่นของมวลกระดูก (g/cm^2)						
Total body	1.152	.098	.200	1.169	.100	.200
Lumbar spine (L1-L4)	1.082	.164	.200	1.105	.184	.200
Femoral neck (Left)	1.229	.251	.002*	1.238	.259	.005*
Femoral neck (Right)	1.247	.249	.094	1.244	.250	.006*
ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (g)						
Total body	2,545	359.63	.200	2,598.67	359.51	.200
Lumbar spine (L1-L4)	59.45	13.47	.200	62.60	14.37	.200
Femoral neck (Left)	5.96	1.030	.029*	5.945	1.000	.200
Femoral neck (Right)	6.078	.923	.046*	6.065	.957	.189
ความสูงในการกระโดด (cm)	47.09	5.427	.200	47.93	5.682	.200

*P ≤ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 10 พบว่าค่า BMD Femoral neck (Left), BMC Femoral neck (Left), BMC Femoral neck (Right) ก่อนการฝึก และค่า BMD Femoral neck (Left), BMD Femoral neck (Right หลังการฝึก มีค่า < 0.05 ดังนั้นจึงใช้สถิติ แบบ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks test ในการเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก และใช้ Mann-Whitney U test ในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ส่วนตัวแปร BMD total body, BMD Lumbar spine (L1-L4), BMC total body, BMC Lumbar spine (L1-L4) และ ความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) มีค่า > 0.05 จึงใช้สถิติ Paired t-test แบบ repeated measured เปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก และใช้ Independent t-test เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

ตอนที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐาน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ Independent t-test

ตารางที่ 11 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐาน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มทดลอง (n=12)		กลุ่มควบคุม (n=12)		t	p-value
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD		
อายุ (ปี)	13.58	0.52	13.50	0.52	.394	.698
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	62.28	10.29	64.74	8.43	-.645	.526
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	172.86	7.02	174.28	5.47	-.556	.584
ดัชนีมวลกาย	20.80	2.72	21.18	1.88	-.392	.699

จากตารางที่ 11 พบว่า ผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มทดลองมีอายุ เท่ากับ 13.58 ± 0.52 ปี และกลุ่มควบคุม มีอายุ เท่ากับ 13.50 ± 0.52 ปี กลุ่มทดลองมีน้ำหนัก เท่ากับ 62.28 ± 10.29 กิโลกรัม และกลุ่มควบคุมมีน้ำหนัก เท่ากับ 64.74 ± 8.43 กิโลกรัม ส่วนสูงของกลุ่มของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 172.86 ± 7.02 เซนติเมตร และส่วนสูงของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 174.28 ± 5.47 เซนติเมตร กลุ่มทดลองมีค่าดัชนีมวลกาย เท่ากับ 20.80 ± 2.72 และกลุ่มควบคุมมีค่าดัชนีมวลกาย เท่ากับ 21.18 ± 1.88

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยการทดสอบค่าที (t-test) พบว่า อายุ น้ำหนัก ส่วนสูงและดัชนีมวลกาย ก่อนการฝึกของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก ของกลุ่มทดลองโดยตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Left) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Paired t-test แบบ repeated measured ขณะที่ตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Total body และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Femoral neck (Right) และความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks test

ตารางที่ 12 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD), ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) และความสูงในการกระโดด ภายในกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ Paired t-test แบบ repeated measured

	ก่อนการฝึก (Pre test)	หลังการฝึก (Post test)	t	p-value
	$\bar{x}$ ± SD	$\bar{x}$ ± SD		
ความหนาแน่นของมวลกระดูก (g/cm^2)				
BMD Lumbar spine (L1-L4)	1.155 ± 0.151	1.162 ± 0.149	1.127	.284
BMD Femoral neck (Left)	1.214 ± 0.124	1.283 ± 0.111	4.938	.000*
BMD Femoral neck (Right)	1.219 ± 0.140	1.246 ± 0.119	1.383	.194
ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (g)				
BMC total body	2583 ± 409	2619 ± 404	3.646	.004*
BMC Lumbar spine (L1-L4)	59.69 ± 10.79	63.69 ± 12.09	5.404	.000*
BMC Femoral neck (Left)	5.93 ± 0.97	6.42 ± 1.01	3.403	.006*

*p ≤ 0.05

จากตารางที่ 12 พบว่ากลุ่มทดลอง มีการเพิ่มขึ้นของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ในส่วน Femoral neck (Left) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ในส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Left) ก่อนการฝึกและหลังการฝึก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ของความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD), ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) และ ความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ภายในกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks test

	ก่อนการฝึก (Pre test)	หลังการฝึก (Post test)	z	p-value
	$\overline{x}$ ± SD	$\overline{x}$ ± SD		
ความหนาแน่นของมวลกระดูก (g/cm^2)				
BMD total body	1.183 ± 0.112	1.198 ± 0.114	-2.437	.015*
ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (g)				
BMC Femoral neck (Right)	5.83 ± 0.87	6.31 ± 0.86	-3.059	.002*
ความสูงในการกระโดด (cm)	44.45 ± 3.43	48.57 ± 4.88	-2.373	.018*

*p ≤ 0.05

จากตารางที่ 13 พบว่ากลุ่มทดลอง มีการเพิ่มขึ้นของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ในส่วน Total body ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ในส่วน BMC Femoral neck (Right) และความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) เมื่อเปรียบเทียบก่อนการฝึกและหลังการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึกของกลุ่มควบคุม โดยตัวแปรความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4) และความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Paired t-test แบบ repeated measured ขณะที่ตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks test

ตารางที่ 14 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD), ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) และ ความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ภายในกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ Paired t-test แบบ repeated measured

	ก่อนการฝึก (Pre test)	หลังการฝึก (Post test)	t	p-value
	$\bar{x}$ ± SD	$\bar{x}$ ± SD		
ความหนาแน่นของมวลกระดูก (g/cm^2)				
BMD total body	1.153 ± .0983	1.169 ± 0.1	4.445	.001*
BMD Lumbar spine (L1-L4)	1.083 ± 0.164	1.106 ± 0.184	1.498	.162
ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (g)				
BMC total body	2545 ± 359	2598 ± 359	4.004	.002*
BMC Lumbar spine (L1-L4)	59.46 ± 13.47	62.60 ± 14.37	4.867	.000*
ความสูงในการกระโดด (cm)	47.10 ± 5.43	47.94 ± 5.69	1.068	.308

*p ≤ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 14 พบว่ากลุ่มควบคุม มีการเพิ่มขึ้นของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ในส่วน Total body และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ในส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4) เมื่อเปรียบเทียบก่อนการฝึกและหลังการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 15 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD), ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) และความสูงในการกระโดด ภายในกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks test

	ก่อนการฝึก (Pre test)	**หลังการฝึก (Post test)**	**z**	**p-value**
	$\bar{x}$ ± SD	$\bar{x}$ ± SD		
ความหนาแน่นของมวลกระดูก (g/cm^2)				
BMD Femoral neck (Left)	1.230 ± 0.251	1.239 ± 0.259	-1.734	.083
BMD Femoral neck (Right)	1.248 ± 0.250	1.245 ± 0.251	-.089	.929
ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (g)				
BMC Femoral neck (Left)	5.96 ± 1.03	5.95 ± 1	-.314	.754
BMC Femoral neck (Right)	6.08 ± 0.92	6.07 ± 0.96	-.746	.456

P > 0.05

จากตารางที่ 15 พบว่ากลุ่มควบคุมมีความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ในส่วน Femoral neck (Left), BMD Femoral neck (Right) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ในส่วน Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) ไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบก่อนการฝึกและหลังการฝึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม โดยตัวแปรความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Right) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน total body, Lumbar spine (L1-L4) และความสูงในการกระโดด ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Independent t-test ขณะที่ตัวแปร ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Femoral neck (Left) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ตารางที่ 16 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD)**,** ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) และความสูงในการกระโดด ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนการฝึก โดยใช้สถิติ Independent t-test

	กลุ่มทดลอง (n=12)	**กลุ่มควบคุม (n=12)**	**t**	**p-value**
	$\bar{x}$ ± SD	$\bar{x}$ ± SD		
ความหนาแน่นของมวลกระดูก (g/cm^2)				
BMD total body	1.183 **±** 0.112	1.153 **±** 0.098	.703	.490
BMD Lumbar spine (L1-L4)	1.155 **±** 0.151	1.083 **±** 0.164	1.124	.273
BMD Femoral neck (Right)	1.219 **±** 0.141	1.248 **±** 0.250	-.341	.737
ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (g)				
BMC total body	2583 **±** 409	2545 **±** 359	.243	.810
BMC Lumbar spine (L1-L4)	59.69 **±** 10.77	59.46 **±** 13.47	.048	.963
ความสูงในการกระโดด (cm)	44.45**±** 3.43	47.10 **±** 5.43	-1.428	.170

P > 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 16 พบว่าเมื่อปรียบเทียบข้อมูลก่อนการฝึกระหว่างกลุ่ม ค่าความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ในส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Right) ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ในส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4) และความสูงในการกระโดด ไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 17 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) และ ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนการฝึก โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

	กลุ่มทดลอง (n=12)	**กลุ่มควบคุม (n=12)**	**z**	**p-value**
	$\bar{x}$ ± SD	$\bar{x}$ ± SD		
ความหนาแน่นของมวลกระดูก (g/cm^2)				
Femoral neck (Left)	1.283 **±** 0.111	1.239 **±** 0.259	-.289	.799
ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (g)				
Femoral neck (Left)	6.42 **±** 1.01	5.95 **±** 1.00	-.231	.843
Femoral neck (Right)	6.31 **±** 0.86	6.07 **±** 0.96	-.866	.410

P > 0.05

จากตารางที่ 17 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลก่อนการฝึกระหว่างกลุ่ม ค่าความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ในส่วน Femoral neck (Left) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ในส่วน Femoral neck (Left) และ Femoral neck (Right) ไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม โดยตัวแปรความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Lumbar spine (L1-L4) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Left) ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Independent t-test ขณะที่ตัวแปรความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Total body, Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Femoral neck (Right) และความสูงในการกระโดด ทำการเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ตารางที่ 18 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) และ ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังการฝึก 8 สัปดาห์ โดยใช้สถิติ Independent t-test

	กลุ่มทดลอง (n=12)	**กลุ่มควบคุม (n=12)**	**t**	**p-value**
	$\bar{x}$ **±** SD	$\bar{x}$ **±** SD		
ความหนาแน่นของมวลกระดูก (g/cm^2)				
Lumbar spine (L1-L4)	1.162 **±** 0.149	1.106 **±** 0.184	.825	.419
ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (g)				
Total body	2619**±** 404	2598 **±** 359	.132	.896
Lumbar spine (L1-L4)	63.69 **±** 12.09	62.61 **±** 14.37	.200	.843
Femoral neck (Left)	6.42 **±** 1.01	5.95 **±** 1.00	1.161	.258

P > 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 18 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลหลังการทดลองระหว่างกลุ่ม ค่าความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ในส่วน Lumbar spine (L1-L4) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ในส่วน Total body, Lumbar spine (L1-L4), BMC Femoral neck (Left) ไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 19 แสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) และ ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังการฝึก 8 สัปดาห์ โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

	กลุ่มทดลอง (n=12)	**กลุ่มควบคุม (n=12)**	**z**	**p-value**
	$\bar{x}$ ± SD	$\bar{x}$ ± SD		
ความหนาแน่นของมวลกระดูก (g/cm^2)				
BMD total body	1.198 **±** **0**.114	1.169 **±** **0**.100	-.924	.378
BMD Femoral neck (Left)	1.283 **±** **0**.111	1.239 **±** **0**.259	-.173	.887
BMD Femoral neck (Right)	1.244 **±** **0**.120	1.245 **±** **0**.251	-.435	.671
ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (g)				
BMC Femoral neck (Right)	6.31 **±** **0**.86	6.07 **±** **0**.96	-1.502	.143
ความสูงในการกระโดด (cm)	48.58 **±** 4.88	47.94 **±** 5.69	-.491	.630

P > 0.05

จากตารางที่ 19 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลหลังการฝึกระหว่างกลุ่ม ค่าความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ในส่วน Total body, Femoral neck (Left), Femoral neck (Right) ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ในส่วน Femoral neck (Right) และความสูงในการกระโดด ไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย อายุ 13-14 ปี และเพื่อศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความสูงในการกระโดด กลุ่มตัวอย่างคือนักกีฬาบาสเกตบอลชาย ที่มีอายุ 13-14 ปี จำนวน 28 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่ฝึกซ้อมปกติและฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 14 คน และกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่ฝึกซ้อมปกติ เป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 14 คน ได้ทำการแบ่งกลุ่มโดยการจับสลาก ได้ว่าผู้เข้าร่วมการวิจัยจากโรงเรียนอัสสัมชัญเป็นกลุ่มทดลองและผู้เข้าร่วมงานวิจัยจากโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยเป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองได้รับการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ 2 วันต่อสัปดาห์ คือ วันอังคารและวันศุกร์ ร่วมกับโปรแกรมการฝึกปกติ ขณะที่กลุ่มควบคุมได้รับการฝึกเฉพาะโปรแกรมการฝึกปกติ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการตกลงกับผู้ดูแลการฝึกของทั้ง 2 โรงเรียน เพื่อปรับให้มีโปรแกรมการฝึกปกติของทั้ง 2 โรงเรียนให้มีความใกล้เคียงกัน รวมเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบก่อนเริ่มโปรแกรมการฝึกเสริม และหลังทำการฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทดสอบความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ด้วยเครื่อง Dual-energy x-ray (DEXA) และทำการทดสอบความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) ด้วยชุดทดสอบการกระโดด Yardstick ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัยจำนวน 4 คน (กลุ่มละ 2 คน) เนื่องจากผู้วิจัย 1 คน มีอาการบาดเจ็บไม่สามารถเข้าร่วมทำการวิจัยต่อได้ 1 คน ขาดการเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกตามที่กำหนดไว้มากกว่า 3 ครั้ง (ขาดเกิน 20% ของโปรแกรมการฝึกทั้งหมด) และอีก 2 คน ไม่เข้าร่วมการทดสอบในสัปดาห์ที่ 8

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ทดสอบการแจกแจงข้อมูล โดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test เปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึกโดยใช้สถิติ Paired t-test แบบ repeated measured และสถิติ Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks test และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติ Independent t-test และสถิติ Mann-Whitney U test พบว่า

ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD)

ผลการเปรียบเทียบภายในกลุ่มหลังการฝึก 8 สัปดาห์

1. ในกลุ่มทดลองพบการเพิ่มขึ้นของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ได้แก่ Total body และ Femoral neck (Left)

2. ในกลุ่มควบคุมพบการเพิ่มขึ้นของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ได้แก่ Total body

ผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1. เมื่อเปรียบเทียบก่อนการฝึก ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05

2. เมื่อเปรียบเทียบหลังการฝึก 8 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC)

ผลการเปรียบเทียบภายในกลุ่มหลังการฝึก 8 สัปดาห์

1. ในกลุ่มทดลองพบการเพิ่มขึ้นของ ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ได้แก่ Total body, Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Left) และ Femoral neck (Right)

2. ในกลุ่มควบคุมพบการเพิ่มขึ้นของ ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ได้แก่ Total body และ Lumbar spine (L1-L4)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1. เมื่อเปรียบเทียบก่อนการฝึก ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05

2. เมื่อเปรียบเทียบหลังการฝึก 8 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height)

ผลการเปรียบเทียบภายในกลุ่มหลังการฝึก 8 สัปดาห์

1. ในกลุ่มทดลองพบการเพิ่มขึ้นของ ความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

2. ในกลุ่มควบคุมไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

ผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1. เมื่อเปรียบเทียบก่อนการฝึก ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.05

2. เมื่อเปรียบเทียบหลังการฝึก 8 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผลการวิจัย

กีฬาบาสเกตบอลเป็นกีฬาที่มีลักษณะการเล่นแบ่งเป็น 2 ทีม ทีมละ 5 คน โดยมีการแย่งลูกบาสเกตบอลเพื่อนำไปชู้ตลงห่วงของฝ่ายตรงกันข้ามเพื่อทำคะแนน โดยในแต่ละเกมการแข่งขันนักกีฬามีการเคลื่อนไหวที่รวดเร็ว ทั้งการวิ่ง การเปลี่ยนทิศทาง เพื่อเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่เหมาะสมและเป็นต่อในการรับและชู้ตลูกเพื่อทำคะแนน ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเพิ่มโอกาสในการแย่งบอลได้มากขึ้น นักกีฬาบาสเกตบอลจึงจำเป็นต้องกระโดดเพื่อส่งตัวเองให้อยู่ในระดับที่สูงกว่าฝ่ายตรงกันข้ามเพื่อเพิ่มโอกาสในการรับลูกบอลให้มากขึ้น ดังนั้นในแต่ละเกมการแข่งขันจึงพบว่า นักกีฬามีการกระโดดถึง 40 - 60 ครั้ง ไม่ว่าจะเพื่อกระโดดแย่งบอล กระโดดรับบอล กระโดดเพื่อชู้ตลูก ฯลฯ (Janeira and Maia, 1998; Mclnnes et al., 1995) การกระโดดมีอยู่ในทุกการเคลื่อนไหวทั้งในเกมการแข่งขันไปจนถึงการฝึกซ้อม กีฬาบาสเกตบอลจึงถูกจัดเป็นกีฬาประเภทกระโดด หรือ Jumping sport ซึ่งมักพบการบาดเจ็บจากการกระแทกในขณะกระโดดของนักกีฬาทั้งที่ข้อเข่า และข้อเท้า เป็นจำนวนมาก ดังนั้นหนึ่งในวิธีการป้องกันการบาดเจ็บที่เกิดจากการกระโดดคือ การเพิ่มความแข็งแรงของกระดูกด้วยการเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูก ซึ่งการออกกำลังกายในรูปแบบที่สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกระดูกได้คือการฝึกโดยใช้แรงกระแทก จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า นักกีฬาบาสเกตบอลชายกลุ่มที่มีการฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการกระโดดในท่าดร็อปจั๊มพ์ จะมีการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของมวลกระดูกและปริมาณแร่ธาตุในกระดูกและความสูงในการกระโดดแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกเสริม จากผลการฝึกในงานวิจัยนี้พบว่า หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ กลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Femoral neck (Left) และความสูงในการกระโดดแตกต่างจากกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้จึงอภิปรายผลการทดลองไว้ดังนี้

จากผลการวิจัยที่พบว่า ในกลุ่มทดลองมีการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) อย่างมีนัยสำคัญทั้งส่วนของ Total body และ Femoral neck (Left) ขณะที่กลุ่มควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พบเฉพาะส่วนของ Total body นั้น น่าจะเกิดจากโปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ในงานวิจัยครั้งนี้ สามารถสร้างแรงกระแทกได้เพียงพอที่จะกระตุ้นอัตราการดูดซึมแร่ธาตุของกระดูกให้เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ไฮโนเนนและคณะ (Heinonen et al., 1993) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับชนิดกีฬาที่มีแรงกระแทกที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบดูค่า BMD โดยศึกษาในนักกีฬาเพศหญิง อายุระหว่าง 20-25 ปี โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม (1. กลุ่มควบคุม 2. กลุ่มนักกีฬาเดินเขา 3. กลุ่มนักกีฬาสกี 4. กลุ่มนักกีฬาจักรยาน และ 5. กลุ่มที่เล่นเวทเทรนนิ่ง) พบว่ากลุ่มที่เล่นเวทเทรนนิ่งที่มีค่า BMD ส่วน Femoral neck และ Calcaneus มากกว่าทุกกลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ เฟลลิ่ง และคณะ (Fehling et al., 1995) ที่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบเกี่ยวกับ BMD ในกีฬาที่ใช้แรงกระแทก (Impact loading sport) และกีฬาที่ไม่ใช้แรงกระแทก (Active loading) ในนักกีฬาเพศหญิงในระดับมหาวิทยาลัย ที่มีอายุระหว่าง 18-22 ปี พบว่ากลุ่มกีฬาที่ใช้แรงกระแทก เช่น วอลเลย์บอล, ยิมนาสติก เป็นกลุ่มกีฬาที่พบ BMD มากกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้แรงกระแทก เช่น ว่ายน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ซึ่งได้อธิบายไว้ว่าการฝึกในรูปแบบที่มีแรงกระแทก การเล่นกีฬาหรือแม้แต่การฝึกที่มีน้ำหนักมาเกี่ยวข้อง ทำให้เกิดแรงเชิงกลและปรับแต่งเนื้อกระดูก (Bone remodeling) แรงกระแทกผ่านกระดูกจะกระตุ้นอัตราการดูดซึมแร่ธาตุเพื่อเพิ่มความความแน่นของมวลกระดูกผ่านทางกลไกนี้คือ เมื่อมีแรงมากระทำต่อกระดูกที่มาก เซลล์กระดูกจะทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณไปยัง Setting point ที่ Mechanostat ของกระดูก ทำให้ไปกระตุ้นการทำงานของเซลล์กระดูกด้วยการสร้างกระดูก (Bone modeling) โดยกระตุ้นการทำงานของเซลล์ osteoblast ที่มีหน้าที่ในการเพิ่มการสร้างเซลล์กระดูก โดยยับยั้งการสร้างโปรตีน Sclerostin มีบทบาทในการยับยั้ง WNT signaling pathway ซึ่งควบคุมกระบวนการเปลี่ยน Mesenchymal Precursor ให้เป็น Osteoblast การเพิ่มแรงที่กระทำต่อกระดูกจะยับยั้งการแสดงออกของ Sost Gene จึงลดการสร้าง Sclerostin เซลล์ Osteoblast จึงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้กระดูกมีการเพิ่มอัตราการดูดซึม (Absorption rate) ของแคลเซียม เพิ่มการสร้างกระดูก และส่งผลให้กระดูกมีความหนาแน่นขึ้น (จันทร์จิรา, 2554) จากผลการทดลองที่พบว่า กลุ่มทดลองมีการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของมวลกระดูกโดยเฉพาะส่วนของ Femoral neck (Left) แตกต่างจากกลุ่มควบคุม จึงน่าจะกล่าวได้ว่าจากโปรแกรมการฝึกในงานวิจัยนี้ (ดังตารางที่ 20) สามารถเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) โดยเฉพาะส่วนของ Femoral neck ได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการฝึกด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์น่าจะมีแรงกระแทกผ่านกระดูก Femur มากเพียงพอต่อการกระตุ้นอัตราการดูดซึมแร่ธาตุของกระดูก จนสามารถเพิ่มความหนาแน่นของมวลกระดูกได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยหากพิจารณาจากผลการทดลองที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พบว่า เฉพาะส่วนของ Femoral neck ข้างซ้ายที่พบการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของมวลกระดูกอย่างมีนัยสำคัญ จึงอาจกล่าวได้ว่าขณะทำการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ น่าจะมีการลงน้ำหนักที่ขาข้างซ้ายมากกว่าข้างขวา ซึ่งอาจเกิดจากความเคยชินของนักกีฬา หรือเกิดจากปัจจัยเรื่องความถนัดของขาแต่ละข้างไม่เท่ากัน โดยแรงกระแทกที่ผ่านกระดูกนั้น นอกจากแรงจากน้ำหนักตัวแล้วการหดตัวของกล้ามเนื้อ (muscle force) ที่เกาะอยู่ที่กระดูกหรือรอบกระดูกนั้น ๆ ช่วยเพิ่มแรงผ่านกระดูกได้เพิ่มมากขึ้น (Frost, 1987) ดังนั้นหากมีการลงน้ำหนักที่ขาข้างข้างใดข้างหนึ่งมากกว่า ก็จะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อของขาข้างนั้นทำงานมากกว่าอีกข้างหนึ่ง จึงมีแรงกระแทกผ่านกระดูกไม่เท่ากันได้

ตารางที่ 20 แสดงโปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์

โปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์	
ความสูงที่ใช้ในการฝึก (เซนติเมตร)	45
จำนวนครั้งในการกระโดด (ครั้ง/วัน)	65
จังหวะในการกระโดดในแต่ละครั้ง	กระโดดลง 13 ครั้ง
จำนวนชุดในการฝึก (เซต)	5
พักระหว่างเซต (นาที)	3

จากผลการวิจัยที่พบว่า ในกลุ่มทดลองมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) อย่างมีนัยสำคัญทั้งส่วนของ Total body, Lumbar spine (L1-L4), Femoral neck (Left) และ Femoral neck (Right) ขณะที่กลุ่มควบคุม พบเฉพาะส่วนของ Total body และ Lumbar spine (L1-L4) นั้น ซึ่งพบอัตราการดูดซึมแร่ธาตุของกระดูกส่วนต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ฟัชส์และคณะ (Fuchs et al., 2001) ที่ได้ทำการศึกษาถึงผลของความหนักในการกระโดดที่มีต่อกระดูกสะโพก (hip) และกระดูกสันหลังระดับเอว (lumbar spine) ในเด็ก โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุระหว่าง 5-9 ปี ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่มีการกระโดด และกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองมีการกระโดดจากกล่องที่มีความสูง 61 เซนติเมตร กระโดด 100 ครั้ง/วัน 3 วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาในการฝึกทั้งหมด 7 เดือน พบว่าผลจากโปรแกรมการฝึก กลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงของ BMC ส่วน femoral neck, Lumbar Spine มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ โจฮานเซนและคณะ (Johannsen et al., 2003) ที่ได้ศึกษาถึงผลของการตอบสนองของกระดูกด้วยการกระโดด บนกล่องที่มีความสูง 45 เซนติเมตร ในเด็กช่วงอายุ 3-5, 7-8, 11-12 และ 15-18 ปี โดยการกระโดด 25 ครั้ง/วัน 5 วัน/

สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ เพื่อสังเกตการตอบสนองของกระดูกต่อการรับน้ำหนักของกระดูกในเด็ก พบว่าในกลุ่มที่มีอายุ 3-5, 7-8, 11-12 ปี มีการเพิ่มขึ้นของ BMC ส่วน Total body และ femoral neck อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 การเพิ่มขึ้นของ BMC ของกลุ่มทดลองแตกต่างจากกลุ่มควบคุมโดยเฉพาะในส่วนของ Femoral neck ทั้ง Left และ Right ซึ่งน่าจะอธิบายได้ว่า การฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์นี้ ส่งผลให้มีแรงกระแทกผ่านกระดูกต้นขาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแรงกระแทกนี้ได้กระตุ้นอัตราการดูดซึมแร่ธาตุของกระดูกต้นขา (Femur) มากกว่ากระดูกส่วนอื่น ดังนั้นจึงพบการเพิ่มขึ้นของปริมาณแร่ธาตุในกระดูกของกระดูกต้นขา (Femur) ของขาทั้ง 2 ข้าง ต่างจากในกลุ่มควบคุม

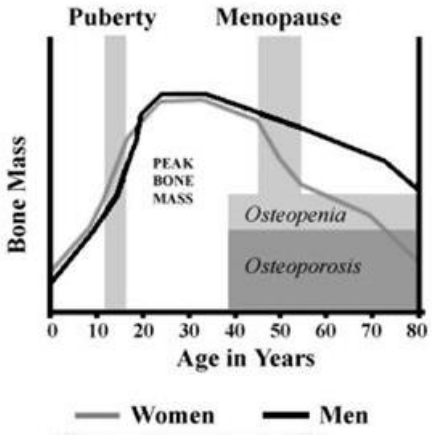
การเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) จากโปรแกรมการฝึกดร็อปจั๊มพ์นี้ เพิ่มขึ้นได้เนื่องจากการฝึกท่าดร็อปจั๊มพ์มีการเพิ่มแรงกระแทกผ่านกระดูกไม่ว่าจะจากการ กด อัด งอ ด้วยรูปแบบที่มีแรงมากระทำต่อกระดูกค่อนข้างหนักหรือมีความเข้มข้นสูงแตกต่างจากแรงที่ได้รับปกติ ส่งผลให้กระดูกมีการปรับตัวต่อแรงที่มากระทำโดยปรับให้มีความหนาแน่นและขนาดของกระดูกให้มากขึ้น (จันทร์จิรา, 2554) และแรงที่กระทำต่อกระดูกขณะเคลื่อนที่ มีอิทธิพลในการทำให้เนื้อกระดูกมีความหนาเพิ่มขึ้น (ภนารี, 2541) (พานเพียรศิลป์, 2541) โดยจากผลการวิจัยในครั้งนี้

ยังพบว่าโปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ ของกลุ่มทดลองมีการเพิ่มขึ้นของ BMD ส่วน Femoral neck (left) และ BMC ส่วน Femoral neck (Left) และ Femoral neck (Right) มากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้มีการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงกล่าวได้ว่าการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์น่าจะมีผลต่อกระดูกส่วน Femoral neck มากกว่าส่วนอื่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ฟัชส์และคณะ (Fuchs et al., 2001) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมการกระโดด ที่มีผลต่อมวลกระดูก ที่กระดูกสะโพก (Hip) และ กระดูกสันหลังในเด็กที่มีอายุระหว่าง 5-9 ปี จำนวน 89 คน ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีการกระโดด และ และกลุ่มกลุ่มควบคุม โดยมีการกระโดดจากกล่องที่มีความสูง 61 ซม. ทำการกระโดด 100 ครั้ง/วัน 3 วัน/สัปดาห์ ใช้เวลาในการฝึกทั้งหมด 7 เดือน ตัวแปรที่ศึกษา คือ BMC, Bone area และ BMD ที่บริเวณกระดูกสะโพก (hip), กระดูกสันหลัง (spine), กระดูกขา (leg), กระดูกต้นขาส่วนคอ (femoral neck) พบว่ากลุ่มที่มีการกระโดด มีการเพิ่มขึ้นของ BMC ที่บริเวณกระดูกต้นขาส่วนคอ (femoral neck) มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างกันที่บริเวณกระดูกสันหลัง และเมื่อพิจารณาถึงท่าดร็อปจั๊มพ์ในงานวิจัยครั้งนี้ พบว่าเมื่อก้าวลงจากกล่องกระโดด จะลงสู่พื้นโดยปลายเท้าสัมผัสพื้น (Forefoot landing) ตามด้วยส้นเท้า และ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อลงน้ำหนักจะมีการมางอเข่า งอสะโพกเพื่อลดแรงกระแทก หลังจากนั้นจะมีการเกร็งกล้ามเนื้อขาเพื่อกระโดดขึ้นทันที จึงมีแรงสะท้อนกลับจากพื้น เข้าสู่ขาทางกระดูกหน้าแข้ง (Tibia) และส่งต่อไปยังกระดูกต้นขา (Femur) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ในงานวิจัยครั้งนี้ น่าจะมีแรงกระแทกเพียงพอที่จะสามารถช่วยเพิ่ม BMD และ BMC ในส่วน Femoral neck ได้

อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยยังพบว่า หลังการฝึก 8 สัปดาห์ ทั้ง 2 กลุ่ม มีการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Total body และปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMD) ส่วน Total body และ Lumbar spine (L1-L4) มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ทั้ง 2 กลุ่ม จึงน่าจะกล่าวได้ว่าการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของมวลกระดูกส่วน Total body และปริมาณแร่ธาตุในกระดูกของ ในส่วน Total body และ Lumbar spine (L1-L4) ของทั้ง 2 กลุ่มนี้ น่าจะเกิดจากโปรแกรมการฝึกพื้นฐานของทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่มีการฝึกซ้อมปกติตามโปรแกรมของแต่ละโรงเรียน ส่งผลให้กระดูกสันหลังรับแรงกระแทกขณะที่มีการฝึกซ้อม ทำให้เกิดการกระตุ้นให้กระดูกสันหลังเพิ่มอัตราการสะสมแร่ธาตุในกระดูก (Absorption rate) เช่น แคลเซียม โดยเฉพาะในกระดูกส่วน Total body และ Lumbar spine (L1-L4) ยิ่งไปกว่านั้น น่าจะมีผลร่วมกันกับการเจริญเติบโตตามปกติของนักกีฬา ที่มีอายุ 13-14 ปี ดังที่ ศัลยศาสตร์ออร์โทพีดิกส์ของสหรัฐอเมริกา (American Academy of Orthopaedic Surgeons; AAOS) กล่าวว่า สำหรับเด็กวัยแรกรุ่น (Puberty) อายุ 10-20 ปีเป็นช่วงอายุที่มีความสำคัญมากในการพัฒนาโครงร่างกระดูกและมวลกระดูกสูงสุด ในเด็กผู้ชายโดยเฉลี่ยจะมีอัตราการเจริญเติบโตของความสูงเร็วที่สุดอยู่ระหว่างอายุ 13-14 ปี และหยุดการเจริญเติบโตระหว่างอายุ 17-18 ปี (ดังรูปที่ 5) ดังนั้นเวลาที่ดีที่สุดในการสร้างความหนาแน่นของมวลกระดูก คือ ช่วงที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังอายุในช่วงวัยแรกรุ่น อายุ 10-20 ปี ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า การที่หลังการฝึก 8 สัปดาห์ ทั้ง 2 กลุ่ม มีการเพิ่มขึ้นของ BMD ส่วน Total body และ BMC ส่วน Total body และ Lumbar spine (L1-L4) มากกว่าก่อนการทดลองเหมือนกันนั้น น่าจะเป็นผลมาจากการฝึกตามโปรแกรมปกติของนักกีฬา ร่วมกันกับการเจริญเติบโตตามวัยของเด็กในช่วงอายุนี้



รูปที่ 5 แสดงการพัฒนาของกระดูก
ที่มา: (ดัดแปลงจาก Guiliams et al., 2009)

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ นอกจากพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของมวลกระดูก และปริมาณแร่ธาตุในกระดูกแล้ว ยังพบว่าการฝึกเสริมโดยใช้ท่าดร็อปจั๊มพ์ยังส่งผลถึงความสามารถในการกระโดด คือทำให้ความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) สูงขึ้น เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่านักกีฬาบาสเกตบอลชายกลุ่มที่มีการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ จะมีการเปลี่ยนแปลงของความสูงในการกระโดด แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกเสริม ซึ่งน่าจะอธิบายได้ว่า เนื่องจากท่าดร็อปจั๊มพ์จัดเป็นหนึ่งในท่าของการฝึกพลัยโอเมตริก ที่มีความหนักระดับสูง (Davies, 2015) จากผลการวิจัยพบว่า หลังการฝึก 8 สัปดาห์ กลุ่มทดลอง มีความสูงในการกระโดด (Vertical Jump height) มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ซึ่งเกิดจากท่าดร็อปจั๊มพ์เป็นท่าที่สามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อในรูปแบบของวงจรเหยียด-สั้น ซึ่ง บอมพา (Bompa, 1993) กล่าวไว้ว่าการการฝึกแบบพลัยโอเมตริก เป็นรูปแบบในการหดตัวกล้ามเนื้อ โดยให้ความยาวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วก่อน และหดตัวกลับแบบความยาวลดลง หรือที่เรียกว่าวงจรวงจรเหยียด- สั้น (Stretch-Shortening Cycle) มีผลทำให้การหดตัวกลับของกล้ามเนื้อแบบความยาวลดลงได้แรงเพิ่มมากขึ้น และสอดคล้องกับการศึกษาของ ชางและคณะ (Chang et al., 2018) ที่ทำการวัดการทำงานของกล้ามเนื้อด้วย EMG กล่าวว่าขณะที่ทำการกระโดดในท่าดร็อปจัมพ์ใน Landing-Reactive Phase กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำงานมากที่สุดคือ Vastus lateralis, Bicep femoris และ Gastrocnemius ตามลำดับ จึงให้เกิดกำลังของกล้ามเนื้อขา ทำให้การกระโดดมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีกลไกจากการกระตุ้นปฏิกิริยาการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular System) หรือประสาทที่ควบคุมกลไกการเคลื่อนไหวของร่างกายหรือกล้ามเนื้อ

(Motor Unit) ให้รับรู้และสั่งการได้รวดเร็วยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thomas และคณะ (Thomas et al., 2009) ที่ได้ศึกษาถึงผลของการฝึกพลัยโอเมตริกเพื่อดูความแตกต่างกันของท่า Depth Jump (DJ) และ Countermovement Jump (CMJ) พบว่าหลังการฝึก 6 สัปดาห์ทั้ง 2 กลุ่มมีการพัฒนาในเรื่องของความสูงในการกระโดด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการฝึกพลัยโอเมตริก ทั้ง 2 แบบ (DJ และ CMJ) สามารถพัฒนาพลัง (Power) ของขาในนักกีฬา ทำให้มีความสูงในการกระโดดที่มากขึ้นได้ การฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ในงานวิจัยนี้จึงแสดงผลในการเพิ่มความสูงในการกระโดดโดยเฉพาะในกลุ่มทดลอง

จากที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นอาจสรุปได้ว่าโปรแกรมการกระโดดในท่าดร็อปจั๊มพ์ มีผลในการเพิ่มขึ้นของ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ส่วน Femoral neck (Left) และ ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) ส่วน Femoral neck (Left) และ Femoral neck (Right) นอกจากนี้ยังช่วยการการเพิ่มความสูงในการกระโดด ในเด็กที่มีช่วงอายุ 13-14 ปีได้

แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทำการเปรียบเทียบความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) และความสูงในการกระโดดหลังการฝึก 8 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จึงไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า นักกีฬาบาสเกตบอลชายกลุ่มที่มีการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ จะมีการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของมวลกระดูกและปริมาณแร่ธาตุในกระดูกแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกเสริม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในเด็กกลุ่มที่มีอายุ 13-14 ปี ในการวิจัยครั้งนี้เป็นช่วงอายุที่มีการเจริญของกระดูกเติบโตตามวัย (ดังรูปที่ 6) และผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม เป็นนักกีฬาที่มีกิจวัตรประจำวันที่มีการเคลื่อนไหวมากกว่าเด็กคนอื่นในวัยเดียวกัน จึงมีการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของมวลกระดูก ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก และความสูงของการกระโดดอยู่ในเกณฑ์สูงอยู่แล้ว จึงไม่สามารถเพิ่มขึ้นจนพบความแตกต่างระหว่างกลุ่มได้ ยิ่งไปกว่านั้นโปรแกรมการฝึกของการวิจัยในครั้งนี้ที่มีระยะเวลาในการฝึกเพียง 8 สัปดาห์ จึงอาจทำให้กระดูกมีการกระตุ้นอัตราการดูดซึม (Absorption rate) ของแคลเซียมไม่มากเพียงพอที่จะพบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ส่งผลให้ปริมาณแร่ธาตุในกระดูกและความหนาแน่นของมวลกระดูกไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม ดังงานวิจัยของ คอนทูไลนันและคณะ (Kontulainen et al., 2002) ที่ได้ศึกษาถึงผลของปริมาณการฝึกแบบมีแรงกระแทกต่อการเจริญของกระดูก ที่ใช้ระยะเวลา 9 เดือน และ เพติสและคณะ (Petit et al., 2002) ที่ได้ทำการศึกษาถึงผลการกระโดดในท่าดร็อปจั๊มพ์ พบว่า BMD ของกลุ่มที่มีการฝึกมากกว่ากลุ่มทดลอง ใช้ระยะเวลา 7 เดือน ซึ่งใช้ระยะเวลานานที่จะพบการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่ม และจากการศึกษารูปแบบการฝึกพลัยโอเมตริกที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสุขภาพกระดูกในเด็กพบว่าควรที่จะใช้ระยะเวลาอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

น้อย 3 เดือน ในโปแกรมการฝึกเพื่อที่จะเพิ่มปริมาณแร่ธาตุในกระดูก ทำให้มีความหนาแน่นของมวลกระดูกมากขึ้นส่งผลให้กระดูกมีความแข็งแรงต่อไป

ในส่วนของความสูงในการกระโดดนั้น อาจเป็นเพราะว่าโปรแกรมการฝึกในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้เพิ่มความหนักของโปรแกรมการฝึก ดังที่ บอมพา (Bompa, 1993) ได้กล่าวถึงหลักการเพิ่มน้ำหนักแบบก้าวหน้าในการฝึก (Principle of progressive increase of load training) หรือความก้าวหน้าของการเพิ่มน้ำหนักในการฝึก ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการวางแผนการฝึกของนักกีฬา และสอดคล้องกับ ชาง และคณะ (Chang et al., 2018) ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกพลัยโอเมตริกในท่าดร็อปจั๊มพ์ 8 สัปดาห์ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้หลักความก้าวหน้าของการเพิ่มน้ำหนักในการฝึก โดยการเพิ่มจำนวนครั้ง (repetition) และเพิ่มปริมาณ (volume) ในทุกสัปดาห์ของการฝึก พบหว่าหลังการฝึกความสูงในการกระโดดสูงขึ้นหลังการฝึก 8 สัปดาห์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในการวิจัยครั้งนี้ใช้ความหนักจำนวนเท่าเดิม คือ กระโดด 13 ครั้งต่อเซต จำนวน 5 เซตต่อวัน 2 วันต่อสัปดาห์ ตลอดทั้งโปรแกรมการฝึก จึงอาจทำให้ไม่มีความก้าวหน้าในการฝึก ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการพัฒนาถึงระดับสูงสุดแล้ว และไม่สามารถเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากแรงกระตุ้นไม่เพียงพอส่งผลให้ไม่พบความเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ดังนั้นจึงเสนอแนะว่า การฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่เหมาะสม น่าจะใช้เวลาในการฝึกเสริมมากกว่า 8 สัปดาห์ โดยวางโปรแกรมการฝึกให้มีการเพิ่มโหลดในการฝึกตามข้อเสนอแนะของ Bompa (Bompa,1993) เพื่อให้สามารถกระตุ้นอัตราการดูดซึม (Absorption rate) ของแคลเซียมต่อการเพิ่มปริมาณแร่ธาตุในกระดูก ความหนาแน่นของมวลกระดูก และเพิ่มความสูงในการกระโดดให้มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญได้ แต่มีการเพิ่มขึ้นภายในกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมถึงโปรแกรมการฝึกในท่าดร็อปจั๊มพ์ ที่ไม่ได้นำหลักของการเพิ่มน้ำหนักเพื่อความก้าวหน้าในการฝึกมาใช้ จึงส่งผลให้ไม่พบความแตกต่างของความสูงในการกระโดดระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แต่พบความแต่ต่างภายในกลุ่มทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

เครื่อง Dual-energy x-ray (DEXA)

เครื่อง Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) มีอุปกรณ์ย่อย 2 ส่วน โดยส่วนแรกคือ เตียงนอนสำหรับผู้เข้ารับการทดสอบ ซึ่งมีอุปกรณ์ฉาย X-ray อยู่ด้านบน ที่จะสามารถเลื่อนกวาดไปมาให้ตรงกับกระดูกส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่ต้องการวัด และอุปกรณ์ระบบคอมพิวเตอร์พร้อมด้วยจอเฝ้าตรวจ ก่อนการทดสอบผู้เข้ารับการทดสอบไม่จำเป็นต้องเตรียมตัวใด ๆ เป็นพิเศษ ซึ่งในวันตรวจสามารถรับประทานอาหารและดื่มน้ำได้ตามปกติ และเมื่อตรวจเสร็จสามารถใช้ชีวิตได้ตามปกติ โดยตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้คือ ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) และ ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) บริเวณ Total body, Lumbar spine (L1-L4) และ Femoral neck

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนการทดสอบโดยใช้เครื่อง Dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA)

1. ผู้เข้ารับการทดสอบเปลี่ยนเสื้อผ้าในชุดที่สบาย ถอดเครื่องประดับทุกชนิดออกจากร่างกาย

2. ผู้รับการทดสอบนอนบนเตียงทดสอบในท่านอนหงายลำตัวตรง ปลายเท้าตั้งตรง โดยผู้ช่วยวิจัยจะช่วยจัดตำแหน่งร่างกายให้เหมาะสม

3. เริ่มเดินเครื่องฉาย X-ray ไปยังตำแหน่งที่เลือกโดยเครื่องจะทำการสแกนจากส่วนบนไปยังส่วนล่างของร่างกาย ซึ่งเครื่อง X-ray จะค่อย ๆ เลื่อนกวาดฉายรังสีไปไปที่กระดูกทีละนิด จนครบทั่วทั้งร่างกาย และอาจใช้เวลาประมาณ 4-8 นาที สำหรับการตรวจกระดูกในแต่ละท่อน รวมแล้วอาจใช้เวลาทดสอบประมาณ 10-15 นาที

4. ในขณะที่เครื่องกำลังฉาย X-ray ไปยังกระดูก ผู้เข้ารับการทดสอบต้องพยายามนอนให้นิ่งมากที่สุด ไม่ขยับตัวเพื่อให้ผลออกมาชัดเจน สมบูรณ์และไม่ผิดเพี้ยน

5. เมื่อเครื่องทำงานเสร็จ ผลการทดสอบกระดูกในแต่ละส่วน จะถูกพิมพ์ออกมาเป็นกระดาษจากระบบคอมพิวเตอร์ แยกเป็นกระดาษแสดงผลของกระดูกแต่ละชนิด ชนิดละ 1 ใบ

6. หลังการทดสอบ ผู้เข้ารับการทดสอบสามารถใช้ชีวิตได้ตามปกติ ไม่มีคำแนะนำในการปฏิบัติตัวเป็นพิเศษแต่อย่างใด

ที่มา: (Medthai, 2561)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

ด้วยชุดทดสอบการกระโดด Yardstick (vertical Jump height)

ขั้นตอนการทดสอบ vertical Jump height ด้วยชุดทดสอบการกระโดด (Yardstick)

1. ก่อนการทดสอบให้ผู้เข้ารับการทดสอบ อบอุ่นร่างกาย 10 นาที

2. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบยืนตรง โดยใช้แขนข้างที่ถนัดยกขึ้นเหนือศีรษะแบบแขนชิดหูและให้แขนอีกข้างจับไว้ที่สะโพก

3. ให้เดินผ่านเสาโดยใช้มือข้างที่ยกปัดก้านเพื่อบอกระยะความสูง

4. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบยืนในท่าเริ่มต้น พร้อมทั้งย่อเข่ากระโดดขึ้นให้สูงที่สุดโดยใช้มือปัดก้านบอกระยะความสูง

5. ให้ทำการทดสอบ 2 ครั้ง และบันทึกค่าที่มากที่สุด

6. บันทึกผลเป็นเซนติเมตร และนำค่าที่กระโดดได้สูงที่สุดมาลบกับค่าที่ยืนยกแขนปัดก้านบอกระยะความสูง

7. หลังการทดสอบให้ผู้เข้ารับการทดสอบ คลายอุ่นร่างกาย 10 นาที

ที่มา: (การทดสอบสมรรถภาพทางกาย นักกีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย มหาวิทยาลัยมหิดล)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
โปรแกรมการฝึกของกลุ่มทดลอง
ขณะเข้าร่วมการวิจัย

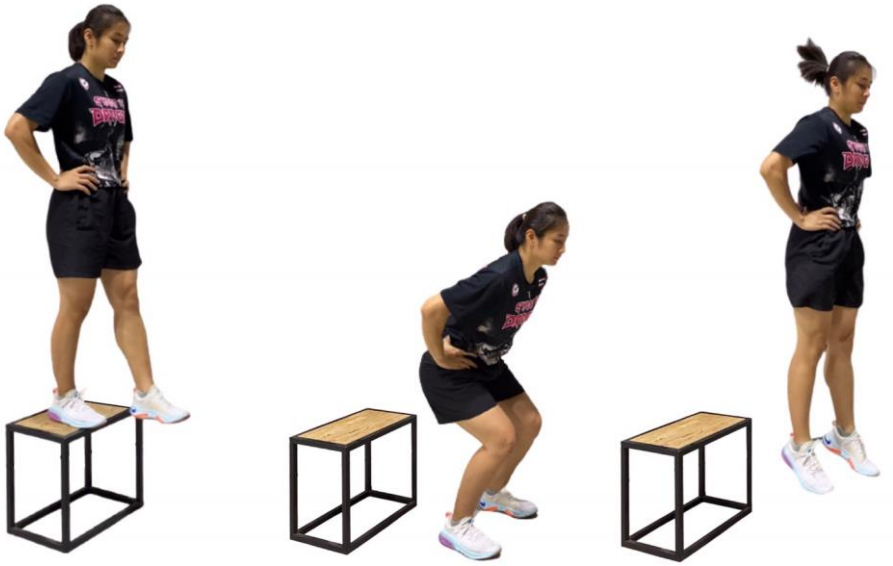
กลุ่มทดลอง คือกลุ่มที่ฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ (Drop jump) และฝึกซ้อมปกติ จำนวน 14 คน

- การฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ (Drop jump)

ใช้ความสูงในการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ 45 เซนติเมตร ระยะเวลาในการฝึกทั้งหมด 8 สัปดาห์ ฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ก่อนการฝึกซ้อมปกติ 1 ชั่วโมง และทำการพักประมาณ 1 ชั่วโมง ก่อนการฝึกซ้อมตามปกติ ทำการฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้ง โดยทำการฝึกในวัน อังคารและวันศุกร์ เวลา 16.00-17.00 น. ณ โรงเรียนอัสสัมชัญ

โปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์

ความสูงที่ใช้ในการฝึก (เซนติเมตร)	45
จำนวนครั้งในการกระโดด (ครั้ง/วัน)	65
จังหวะในการกระโดดในแต่ละครั้ง	กระโดดลง 13 ครั้ง (6 วินาที/1 ครั้ง)
จำนวนชุดในการฝึก (เซต)	5
พักระหว่างเซต (นาที)	3



การฝึกด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์

- โปรแกรมการฝึกซ้อมของโรงเรียน (โรงเรียนอัสสัมชัญ)

  เวลา 17.00-20.15 น.

เวลา	**โปรแกรมการฝึกซ้อม**
15 นาที	อบอุ่นร่างกาย
20 นาที	ระบบพลังงาน
60 นาที	เทคนิคทางบาสเกตบอล
20 นาที	ฝึกระบบทีม
15 นาที	คลายอุ่นร่างกาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง
โปรแกรมการฝึกของกลุ่มควบคุม
ขณะเข้าร่วมการวิจัย

<u>กลุ่มควบคุม</u> คือกลุ่มที่ฝึกซ้อมปกติ จำนวน 14 คน (โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย)
เวลา 17.00-20.15 น.

เวลา	โปรแกรมการฝึกซ้อม
15 นาที	อบอุ่นร่างกาย
20 นาที	ระบบพลังงาน
60 นาที	เทคนิคทางบาสเกตบอล
20 นาที	ฝึกระบบทีม
15 นาที	คลายอุ่นร่างกาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

รูปที่ 1 กล่องสำหรับการกระโดดดร็อปจั๊มพ์ (Drop jump) ความสูง 45 เซนติเมตร

รูปที่ 2 เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบในร่างกาย (Body Composition)

ภาคผนวก ฉ

การอบอุ่นร่างกาย (Warm up)

ผู้เข้าร่วมการฝึกอบอุ่นร่างกายก่อนเป็นเวลา 15 นาที

- การอบอุ่นร่างกาย กล้ามเนื้อส่วนล่าง (Lower body)

ท่าที่ 1 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน (Sartorius, Gracilis, Adductor longus)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ท่าที่ 2 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน (Sartorius, Gracilis, Adductor longus)

ท่าที่ 3 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring)

ท่าที่ 4 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อก้น (Gluteus)

ท่าที่ 5 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อก้น (Gluteus)

ท่าที่ 6 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius)

ท่าที่ 7 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อก้น (Gluteus)

ท่าที่ 8 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps)

- การอบอุ่นร่างกาย กล้ามเนื้อส่วนบน (Upper body)

ท่าที่ 9 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหัวไหล่ (Deltoid)

ที่ 10 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังแขน (Triceps)

ท่าที่ 11 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหน้าอก (Pectoralis major)

- วิ่งเหยาะ ๆ (Jogging) 5 นาที

ภาคผนวก ช

การคลายอุ่นร่างกาย (Cool down)

ผู้เข้าร่วมการฝึกคลายอุ่นร่างกายเป็นเวลา 15 นาที

- การคลายอุ่นร่างกาย กล้ามเนื้อส่วนบน (Upper body)

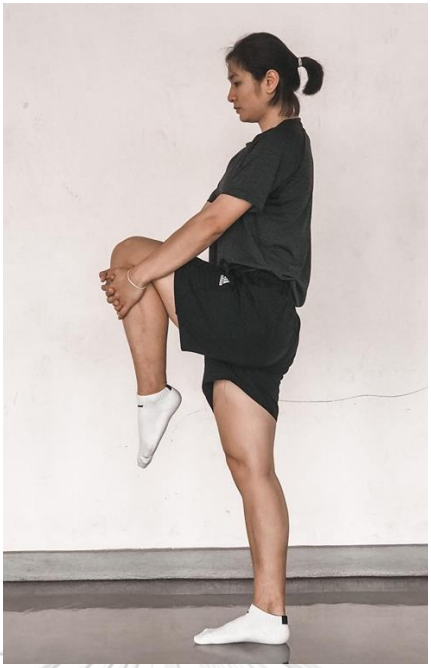
ท่าที่ 1 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหัวไหล่ (Deltoid)

ท่าที่ 2 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังแขน (Triceps)

ท่าที่ 3 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อหน้าอก (Pectoralis major)

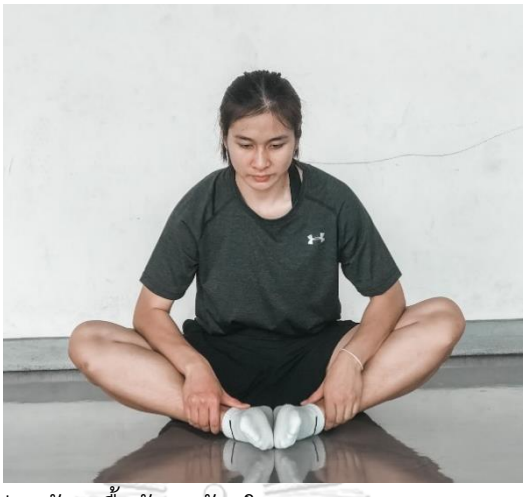
- การอบอุ่นร่างกาย กล้ามเนื้อส่วนล่าง (Lower body)

ท่าที่ 4 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius)



ท่าที่ 5 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อก้น (Gluteus)

ท่าที่ 6 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps)



ท่าที่ 7 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน (Sartorius, Gracilis, Adductor longus)

ท่าที่ 8 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน (Sartorius, Gracilis, Adductor longus)

ท่าที่ 9 ยืดเหยียดกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstring)

ท่าที่ 10 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อก้น (Gluteus)

ท่าที่ 11 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อก้น (Gluteus)

ภาคผนวก ซ

แบบบันทึกข้อมูลผู้เข้าร่วมวิจัย

รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย.....

น้ำหนัก.....ส่วนสูง..... โรงเรียน.....

รายการทดสอบ	**ผลก่อนการทดลอง**	**ผลหลังการทดลอง**
1. ปริมาณแร่ธาตุในกระดูก (BMC) มีหน่วยเป็นกรัม (g)		
-Lumbar spine (L1-L4)		
-Femoral neck		
-Total body		
2. ความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) มีหน่วยเป็น กรัม/ตารางเซนติเมตร (g/cm^2)		
-Lumbar spine (L1-L4)		
-Femoral neck		
-Total body		
3. ความสูงจากการกระโดด vertical Jump height (cm)		
วันที่ทำการทดสอบ	...../...../.....	...../...../.....

ลงชื่อ.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ณ
แบบคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย

ผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูก ในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย อายุ 13-14 ปี

รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย.....

วันที่...../...../.....

โปรดกรอกข้อมูลและตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง ข้อมูลทั้งหมดในแบบสอบถามนี้จะถูกเก็บเป็นความลับและใช้ในงานวิจัยนี้เท่านั้น

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไป

รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย.....

อายุ.....ปี.....เดือน

ส่วนสูง.....เซนติเมตร น้ำหนัก.....กิโลกรัม

ประสบการณ์ในการเล่นกีฬาบาสเกตบอล.....

ความสูงในการกระโดด.....

<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ (มีผลต่อการเข้าร่วมงานวิจัย)

1. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่ (หากมีโปรดระบุ)

( ) ไม่มี ( ) มี โปรดระบุ.....

2. ท่านเคยเข้ารับการรักษาจากภาวะกระดูกหักที่ ขา สะโพก ข้อเท้า มาก่อนหรือไม่ (หากมีโปรดระบุ)

( ) ไม่มี ( ) มี โปรดระบุ.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. ท่านมีอาการบาดเจ็บที่ หลัง สะโพก เข่า ข้อเท้า ในช่วงระยะเวลา 2-3 เดือน ที่ผ่านมาหรือไม่ (หากมีโปรดระบุ)

( ) ไม่มี ( ) มี โปรดระบุ.....

สรุปผลแบบสอบถามสุขภาพ ( ) สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้

( ) ไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้

หมายเหตุ : ในกรณีที่ผู้วิจัยพบว่าผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่อยู่ในเกณฑ์การคัดเข้า ทางผู้วิจัยจะมอบของที่ระลึกให้

ผู้ดำเนินการคัดเลือก.....

(นางสาววารุณี กิจรักษา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ญ

การประเมินคุณภาพ IOC

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก (IOC)

1. อาจารย์ ดร. ทศพร ยิ้มลมัย	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. อาจารย์ ว่าที่ ร.ต. ชนวัฒน์ สรรพสิทธิ์	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์ ดร.คนางค์ ศรีหิรัญ	อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. นายเทพรัตน์ วิโนทัย	ผู้ฝึกสอนบาสเกตบอล โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย
5. นายภูริพันธ์ โชติหิรัญธนนนท์	ผู้ฝึกสอนบาสเกตบอล โรงเรียนอัสสัมชัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทดสอบความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก โดยวิธีหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index; IOC)

คำชี้แจง

เกณฑ์การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาถึงความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของเนื้อหา โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง เห็นด้วยว่าเครื่องมือวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าเครื่องมือวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

-1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยว่าเครื่องมือวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

ให้ผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง +1

เมื่อท่านเห็นด้วยว่าเครื่องมือวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหาการศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในนักกีฬาบาสเกตบอลชายอายุ 13-14 ปี

ให้ผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง 0

เมื่อท่านไม่แน่ใจว่าเครื่องมือวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหาการศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในนักกีฬาบาสเกตบอลชายอายุ 13-14 ปี

ให้ผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง -1

เมื่อท่านไม่เห็นด้วยว่าเครื่องมือวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหาการศึกษาผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในนักกีฬาบาสเกตบอลชายอายุ 13-14 ปี

หากท่านมีความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะในการปรับปรุงพัฒนาเนื้อหาแต่ละข้อ โปรดแสดงความคิดเห็นลงในช่องเสนอแนะเพิ่มเติม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือของผู้เชี่ยวชาญ
การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence; IOC)

<u>คำชี้แจง</u> ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญกรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อโปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ จากโครงการวิจัยเรื่องผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในนักกีฬาบาสเกตบอลชาย อายุ 13-14 ปี

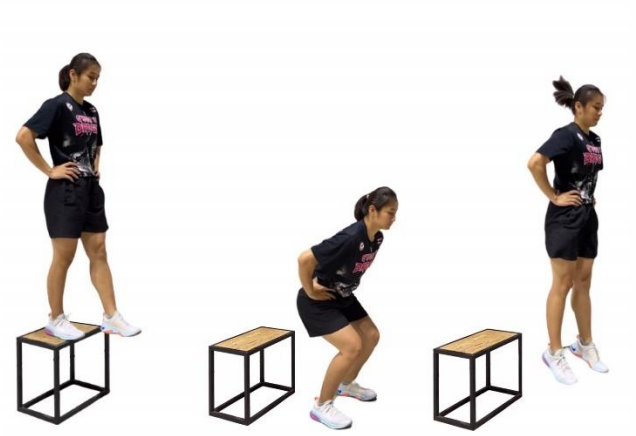
โดยใส่เครื่องหมาย (✓) ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	**ผลการพิจารณา**			
	เหมาะสม (1)	**ไม่แน่ใจ (0)**	**ไม่เหมาะสม (-1)**	**ข้อเสนอแนะ**
โปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์				
1. ท่าในการกระโดดท่าดร็อปจั๊มพ์ โดยเริ่มจากการยื่นขาข้างใดข้างหนึ่งมาข้างหน้าให้พ้นจากตัวกล่องมือจับที่สะโพก ทิ้งตัวลงจากกล่อง โดยให้เท้าทั้งสองข้างสัมผัสพื้นพร้อมกันแบบเต็มเท้า พร้อมทั้งย่อเข่าเพื่อการกระโดดต่อเนื่อง โดยกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งเมื่อเท้าสัมผัสพื้นอีกครั้งให้ย่อเข่ารับเป็นอันเสร็จใน 1 ครั้ง				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ความสูงของกล่องที่ใช้ในการกระโดดท่าดร็อปจั๊มพ์ 45 เซนติเมตร				
3. จำนวนครั้งที่ใช้ในการกระโดด 14 ครั้งต่อเซต ทำการกระโดดต่อเนื่องโดยใช้เวลาในการกระโดดต่อครั้ง ไม่เกิน 6 วินาที เมื่อกระโดดครบ 14 ครั้งแล้วค่อยทำการพัก				
4. ฝึกจำนวนเซต 5 เซต				
5. พักระหว่างเซต 3 นาที				
6. ทำการกระโดดท่าดร็อปจั๊มพ์ 2 วันต่อสัปดาห์ โดยฝึกวันอังคารและวันศุกร์ ก่อนการฝึกซ้อมปกติ				
7.ระยะเวลาในการฝึก 8 สัปดาห์				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก

ความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึก **การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (Index of Item Objective Congruence; IOC)**						
เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	**ผลการพิจารณา**					**เฉลี่ย**
	ผู้ทรงฯ ท่านที่ 1	**ผู้ทรงฯ ท่านที่ 2**	**ผู้ทรงฯ ท่านที่ 3**	**ผู้ทรงฯ ท่านที่ 4**	**ผู้ทรงฯ ท่านที่ 5**	
โปรแกรมการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์						
1. ท่าในการกระโดด ท่าดร็อปจั๊มพ์ โดยเริ่มจากการยื่นขาข้างใดข้างหนึ่งมาข้างหน้าให้พ้นจากตัวกล่อง มือจับที่สะโพก ทิ้งตัวลงจากกล่อง โดยให้เท้าทั้งสองข้างสัมผัสพื้นพร้อมกันแบบเต็มเท้า พร้อมทั้งย่อเข่าเพื่อการกระโดดต่อเนื่อง โดยกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งเมื่อเท้าสัมผัสพื้นอีกครั้งให้ย่อเข่ารับเป็นอันเสร็จใน 1 ครั้ง	1	1	1	1	1	**1**
2. ความสูงของกล่องที่ใช้ในการกระโดดท่าดร็อปจั๊มพ์ 45 เซนติเมตร	0	1	1	1	1	**0.8**
3. จำนวนครั้งที่ใช้ในการกระโดด 14 ครั้งต่อเซต ทำการกระโดดต่อเนื่อง โดยใช้เวลาในการกระโดดต่อครั้ง ไม่เกิน 6 วินาที เมื่อกระโดดครบ 14 ครั้งแล้วค่อยทำการพัก	1	0	0	1	1	**0.6**
4. ฝึกจำนวนเซต 5 เซต	1	**1**	1	1	0	**0.8**
5. พักระหว่างเซต 3 นาที	1	1	1	1	1	**1**
6. ทำการกระโดดท่าดร็อปจั๊มพ์ 2 วันต่อสัปดาห์ โดยฝึกวันอังคารและวันศุกร์ ก่อนการฝึกซ้อมปกติ	1	1	1	0	1	**0.8**
7.ระยะเวลาในการฝึก 8 สัปดาห์	1	0	1	1	1	**0.8**
รวม	0.86	0.71	0.86	0.86	0.86	**0.83**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฎ

ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218-3049
ที่ จว 244 /2563 **วันที่** 18 กันยายน 2563
เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

ตามที่นิสิต/บุคลากรในสังกัดของท่านได้เสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้น ในการนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลักได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้ ดังนี้

โครงการวิจัยที่ 129.1/63 เรื่อง **ผลของการฝึกเสริมด้วยท่าดร็อปจั๊มพ์ที่มีต่อความหนาแน่นของมวลกระดูกในนักบาสเกตบอลชาย อายุ 13-14 ปี** (THE EFFECTS OF SUPPLEMENTARY DROP JUMP TRAINING ON BONE MINERAL DENSITY IN BASKETBALL PLAYERS AGED 13-14 YEARS) ของ นางสาววารุณี กิจรักษา นิสิตระดับมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยมีข้อสังเกต คือ กลุ่มตัวอย่างที่มีพอดี 28 คน หากไม่ผ่านเกณฑ์จะดำเนินการอย่างไร, เนื่องจากผู้วิจัยกำลังอ้างอิงงานวิจัยตาในมุมของนักเรียนมัธยมสมควรจะเขียนเพื่อความปลอดภัยจะได้มีมาตรการที่ใช้เจน และ ผู้วิจัยควรทำความเข้าใจกับอาจารย์ ,โค้ช นักกีฬาในทีมให้ชัดเจนน เพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมไม่รู้สึกแปลกหากถอนตัวหรือไม่เต็มใจเข้าร่วมการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

อ.ระวีนันท์ มิ่งภัคนีย์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระวีนันท์ มิ่งภัคนีย์)
กรรมการและเลขานุการ
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน
กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

ภาษาอังกฤษ

Alfredson, H., Nordström, P., & Lorentzon, R. (1997). Bone mass in female volleyball players: a comparison of total and regional bone mass in female volleyball players and nonactive females. *Calcified Tissue International*. *60*(4): 338-342.

Asadi, A. (2013). Effects of in-season short-term plyometric training on jumping and agility performance of basketball players. *Sport Sciences for Health*. 9(3): 133-137.

Bachrach, L. K., & Gordon, C. M. J. P. (2016). Bone densitometry in children and adolescents. *The Journal of Pediatrics*. 138(4).

Bedoya, A. A., Miltenberger, M. R., Lopez, R. M. J. T. J. o. S., & Research, C. (2015). Plyometric training effects on athletic performance in youth soccer athletes: a systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 29(8). 2351-2360.

Benazzo, F., Zanon, G., Moreno Hidalgo, J. M., Rivolta, F., & Bonzanini, G. (2001). Epidemiological aspects of basketball injuries in young players. *National Associations of Orthopedic Sports Traumatology*. *23*(4). 170-172.

Bobbert, M. F. (1990). Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports Medicine*. *9*(1). 7-22.

Bompa, T. O., & Calcina, O. (1993). Periodization of strength: The new wave in strength training: *Veritas.*

Borowski, L. A., Yard, E. E., Fields, S. K., & Comstock, R. D. (2008). The epidemiology of US high school basketball injuries. *The American Journal of Sports Medicine*. *36*(12). 2328-2335.

Chang, H. Y., & Wang, C. Y. (2018). The Effect of 8-Week Plyometric Training on Neuromuscular Activation and Sports Performance for Pre-Pubertal Boys. *Asian Journal of Coaching Science*. *2*(1). 12-24.

ALONGKORN UNIVERSITY

Chimera, N. J., Swanik, K. A., Swanik, C. B., & Straub, S. J. (2004). Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. *Journal of Athletic Training*. *39*(1): 24.

Chu, D. A. (1996). Explosive power & strength: complex training for maximum results. *Human Kinetics Publisher.*

Davies, G., Riemann, B. L., & Manske, R. (2015). Current concepts of plyometric exercise. *International Journal of Sports Physical Therapy*. *10*(6): 760.

Eliakim, A., Raisz, L. G., Brasel, J. A., & Cooper, D. M. (1997). Evidence for increased bone formation following a brief endurance-type training intervention in adolescent males. *Journal of Bone and Mineral Research*. *12*(10): 1708- 1713.

Fehling, P. C., Alekel, L., Clasey, J., Rector, A., & Stillman, R. J. (1995). A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. *Bone*. *17*(3): 205-210.

Fredericson, M., Chew, K., Ngo, J., Cleek, T., Kiratli, J., & Cobb, K. (2007). Regional bone mineral density in male athletes: a comparison of soccer players, runners and controls. *British Journal of Sports Medicine*. *41*(10): 664-668.

Frost, H. M. (1987). Bone "mass" and the "mechanostat": a proposal. *The Anatomical Record*, *219*(1), 1-9.

Fuchs, R. K., Bauer, J. J., & Snow, C. M. (2001). Jumping improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: a randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*. *16*(1): 148-156.

Guadalupe-Grau, A., Perez-Gomez, J., Olmedillas, H., Chavarren, J., Dorado, C., Santana, A., ... & Calbet, J. A. (2009). Strength training combined with plyometric jumps in adults: sex differences in fat-bone axis adaptations. *Journal of Applied Physiology*. *106*(4): 1100-1111.

Heinonen, A., Oja, P., Kannus, P., Sievänen, H., Mänttäri, A., & Vuori, I. (1993). Bone mineral density of female athletes in different sports. *Bone*. *23*(1): 1-14.

Jakovljevic, S., Macura, M., Radivoj, M., Jankovic, N., Pajic, Z., & Erculj, F. (2016). Biological Maturity Status and Motor Performance in Fourteen-Year-old Basketball Players. *International Journal of Morphology*. 34(2).

Janeira, M., and Maia, J. (1998). Game intensity in basketball. An interactionist view linking time motion anlysis, lactate Concentration and heart rate. *Coaching and Sport Science.* 2: 26-30.

Johannsen, N., Binkley, T., Englert, V., Neiderauer, G., & Specker, B. (2003). Bone response to jumping is site-specific in children: a randomized trial. *Bone*. *33*(4): 533-539.

Kersh, M. E., Martelli, S., Zebaze, R., Seeman, E., & Pandy, M. G. (2018). Mechanical loading of the femoral neck in human locomotion. *Journal of Bone and Mineral Research*. 33(11). 1999-2006.

Kobal, R., Loturco, I., Barroso, R., Gil, S., Cuniyochi, R., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., & Tricoli, V. (2017). Effects Of Different Combinations Of Strength, Power, And Plyometric Training On The Physical Performance Of Elite Young Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. doi: 10. 1519.

Kontulainen, S., Sievänen, H., Kannus, P., Pasanen, M., & Vuori, I. (2002). Effect of long-term impact-loading on mass, size, and estimated strength of humerus and radius of female racquet-sports players: A peripheral quantitative computed tomography study between young and old starters and controls. *Journal of Bone and Mineral Research*. *17*(12). 2281-2289.

Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D., & Metikos, D. (2007). Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. *21*(2). 543-549.

Mc CLANAHAN, B. S., HARMON-CLAYTON, K. A. R. E. N., WARD, K. D., KLESGES, R. C., VUKADINOVICH, C. M., & CANTLER, E. D. (2002). Side-to-side comparisons of bone mineral density in upper and lower limbs of collegiate athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. *16*(4): 586.

McInnes, S., et al. (1995). The physiological loads imposed on basketball player during Competition. *Journal of Sports Science*. 5: 387-397.

Moran, J., Sandercock, G. R., Ramírez-Campillo, R., Todd, O., Collison, J., & Parry, D. A. (2017). Maturation-related effect of low-dose plyometric training on performance in youth hockey players. *Pediatric Exercise Science*. *29*(2). 194-202.

Mudd, L. M., Fornetti, W., & Pivarnik, J. M. (2007). Bone mineral density in collegiate female athletes: comparisons among sports. *Journal of Athletic Training*. *42*(3): 403.

Office of the Surgeon General US. (2004). Bone health and osteoporosis: a report of the Surgeon General.

Pasanen, K., Ekola, T., Vasankari, T., Kannus, P., Heinonen, A., Kujala, U. M., & Parkkari, J. (2017). High ankle injury rate in adolescent basketball: A 3-year prospective follow-up study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. *27*(6). 643-649.

Petit, M. A., McKay, H. A., MacKelvie, K. J., Heinonen, A., Khan, K., & Beck, T. J. (2002). 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 and Mineral Research*. *17*(3). 363-372.

Roach, S. S. (2001). Introductory gerontological nursing. Lippincott Williams & Wilkins.

Riedmann-Bette, B., Bauer, T., Kinscherf, R., Vorwald, S., Klute, K., Bischoff, D., ... & Billeter, R. (2010). Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in male athletes. *European Journal of Applied Physiology*. 108(4), 821-836.

Sharma, H. B., Gandhi, S., Meitei, K. K., Dvivedi, J., & Dvivedi, S. (2017). Anthropometric basis of vertical jump performance: a study in young Indian national players. *Journal of Clinical and Diagnostic Research. 11*(2): CC01.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Thomas, K., French, D., & Hayes, P. R. (2009). The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. *23*(1): 332-335.

Turner, C. H. (1992). On Wolff's law of trabecular architecture. *Journal of Biomechanics*. 25(1): 1-9.

Weaver, C. M., Gordon, C. M., Janz, K. F., Kalkwarf, H. J., Lappe, J. M., Lewis, R., ... & Zemel, B. S. (2016). The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporosis International*. 27(4). 1281-1386.

Wolfe, A. M. (2016). Reference normative values for aspects of skill-related physical fitness in active children and adolescents: Illinois State University.

ภาษาไทย

จันทร์จิรา วสุนธราวัฒน์. (2554). การออกกำลังกายทำให้กระดูกแข็งแรงได้อย่างไร. คณะวิทยาศาสตร์ การแพทย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. วารสารเทคนิค การแพทย์และกายภาพบำบัด.

ณรงค์ บุณยะรัตเวช. (2550). Bone Markers. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์คอนเซ็พท์เมดิคัส.

ณรงค์ บุณยะรัตเวช. (2552). Tutorial Bone Markers. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์คอนเซ็พท์เมดิคัส.

ถนอมวงษ์ กฤษณ์เพ็ชร์. (2536). ผลการฝึกด้วยน้ำหนักและพลัยโอเมตริกที่มีผลต่อพลังกล้ามเนื้อ เวลาและระยะทางในการเริ่มต้นออกว่ายน้ำของนักกีฬาว่ายน้ำ. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา), คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ถนอมวงษ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และสิทธา พงษ์พิบูรณ์. (2554). สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ตีรณสาร จำกัด.

ทวี ทรงพัฒนาศิลป์. (2550). Progress in Bone Biology: The Reviews and New Insights. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์คอนเซ็พท์เมดิคัส.

นิมิต เตชไกรชนะ. (2543). ฮอร์โมนทดแทนและโรคกระดูกพรุน. กรุงเทพฯ: บียอนด์เอ็นเทอร์ไพรซ์ จำกัด.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บังอร ฉางทรัพย์. (2560). กายวิภาคศาสตร์ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์ และ ชาย ธวัชงามอุโฆษ. (2542). ความหนาแน่นของกระดูกและดัชนีวัดภาวะกระดูกข้อสะโพกในสตรีไทยผู้สูงอายุ. จุฬาลงกรณ์เวชสาร.

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

เมดไทย (Medthai). (2561). การตรวจความหนาแน่นกระดูก (Bone Mineral Density (BMD) Test). สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2562, จาก https://medthai.com/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%88-bone-mineral-density-test/

รัชตะ รัชตะนาวิน. (2538). โรคกระดูกพรุน. กรุงเทพฯ: เรือนแก้วการพิมพ์.

โรงพยาบาลกรุงเทพ. (2560). เครื่องตรวจความหนาแน่นกระดูก (DEXA Scan). สืบค้นเมื่อ 2 ธันวาคม 2562, จาก https://www.bangkokhospital.com/th/disease-treatment/dexa-scan

วณิชชา ฉัตรกุล ณ อยุธยา. (2554). ผลของการฝึกเต้นแอโรบิกแบบแรงกระแทกต่ำและฟิตบอลต่อการสลายมวลกระดูกและสุขสมรรถนะในผู้หญิงวัยทำงาน. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา), คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สยาม ใจมา. (2524). ผลของการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีต่อความสามารถในการกระโดดเท้าคู่. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา), คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สมชาย เอื้อรัตนวงศ์. (2554). โรคกระดูกพรุนในโรคข้อ (Osteoporosis in Rheumatic Diseases). กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์.

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

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. (2012) ความปลอดภัยทางรังสีในงานทางการแพทย์. สืบค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2563, จาก https://www.oap.go.th/images/documents/resources/media-library/publications/radiation-safety-medicine.pdf

อัจฉริยะ เอนก. (2552). ผลของการฝึกการออกกำลังกายกระโดดขึ้นลงบนกล่องหมุนเวียนที่มีผลต่อการสลายมวลกระดูก สุขสมรรถนะ และการทรงตัวในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือน. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา), คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อุรุษา เทพพิสัย และ จิตตมา มโนทัย. (2546). สุขภาพองค์รวมในชาย-หญิงวัยทอง. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ข้าวฟ่าง.

.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นางสาววารุณี กิจรักษา

วัน เดือน ปี เกิด 18 ธันวาคม 2538

สถานที่เกิด จังหวัดอุดรธานี

วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย

ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 117 หมู่ 8 บ้านดอนหายโศก ตำบลดอนหายโศก อำเภอหนองหาน จังหวัดอุดรธานี รหัสไปรษณีย์ 41130

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY