ผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน

ณัฐธิดา บังเมฆ

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา
เมษายน 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์ และคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ได้พิจารณาดุษฎีนิพนธ์ของ ณัฐธิดา บังเมฆ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา เจริญวัฒนะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.กนก พานทอง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรอมลี มะกาเจ)

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี เรืองไทย)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา เจริญวัฒนะ)

.....กรรมการ

(ดร.กนก พานทอง)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรอมลี มะกาเจ)

.....กรรมการ

(ดร.ไพโรจน์ สว่างไพร)

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา อนุมัติให้รับดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤพนธ์ วงศ์จตุรภัทร)

วันที่ 24 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2563

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์หรือดุษฎีนิพนธ์ สำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาชาวไทย
มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ 2561

กิตติกรรมประกาศ

ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จโดยได้รับคำปรึกษาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา เจริญวัฒนะ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรอมลี มะกาเจ และ ดร.กนก พานทอง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้รับความรู้ และประสบการณ์ในการทำดุษฎีนิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี เรืองไทย ประธานในการสอบดุษฎีนิพนธ์ ผู้เชี่ยวชาญตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สนธยา สีละมาด และ ดร.ถวิชัยย์ ขาวถิ่น ที่ช่วยแก้ไขเครื่องมือวิจัยให้สมบูรณ์และนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงคณาจารย์ในคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ที่อนุเคราะห์ให้ความช่วยเหลือ และให้ความรู้ด้านการเรียน และการทำดุษฎีนิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์การเก็บข้อมูล และอำนวยความสะดวกของสถานที่ในการเก็บข้อมูล ขอกราบขอบพระคุณ ดร.นายแพทย์เกษม ใช้คล่องกิจ แพทย์เฉพาะทางกระดูกและข้อ และเวชศาสตร์การกีฬา โรงพญาบาลพญาไท ศรีราชา ที่ให้ความกรุณาตรวจร่างกายกลุ่มตัวอย่าง ดร.ไพโรจน์ สว่างไพร ผู้ฝึกสอนสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ว่าที่ ดร.รดมยศ มาตเจือ นักกีฬาว่ายน้ำทีมชาติไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเล่มคู่มือการปฏิบัติตนสำหรับนักกีฬานักกีฬา และขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัย ผู้ช่วยผู้ฝึกสอน และนักกีฬาว่ายน้ำสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา และผู้ปกครองที่ได้ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยตั้งแต่เริ่มต้นจนทำให้งานวิจัยสำเร็จด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวบังเมฆ ที่ให้โอกาส ให้กำลังใจ และคอยช่วยเหลือและคอยสนับสนุนการเรียน และการทำดุษฎีนิพนธ์ ทำให้ผู้วิจัยทำดุษฎีนิพนธ์จนสำเร็จได้ ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตา แด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

ณัฐธิดา บังเมฆ

58810062: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา; ปร.ด.
(วิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา)
คำสำคัญ: การฝึกบนบก/ สมรรถภาพทางกาย/ ความสามารถในการว่ายน้ำ/ ฮอร์โมน IGF-I/ สภาพโภชนาการ/ นักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน

ณัฐธิดา บังเมฆ: ผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน (THE EFFECTS OF DRY LAND TRAINING PROGRAM ON PHYSICAL FITNESS, SWIMMING PERFORMANCE AND HORMONE IGF-I IN YOUNG SWIMMERS) คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์: สุกัญญา เจริญวัฒนะ, ปร.ด., กนก พานทอง, ปร.ด., นิรอมลี มะกาเจ, ปร.ด. 270 หน้า. ปี พ.ศ. 2563.

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมการฝึกบนบกและศึกษาผลการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาว่ายน้ำสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อายุ 9-15 ปี เพศชาย จำนวน 11 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 6 คน และกลุ่มควบคุม 5 คน ด้วยวิธีการจับคู่ (Match pair) แล้วสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีจับฉลาก กลุ่มทดลองทำการฝึกบนบกร่วมกับการฝึกว่ายน้ำ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ขณะที่กลุ่มควบคุมฝึกว่ายน้ำตามโปรแกรมของสโมสรตามปกติ ทำการเก็บข้อมูล สมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการ ก่อน และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4, 8 และ 12 และตรวจวัดระดับฮอร์โมน IGF-I ก่อน และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 12 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Friedman test, Wilcoxon signed ranks test และ Mann-Whitney U test

ผลการวิจัยพบว่า 1) โปรแกรมการฝึกบนบกทำการฝึกครั้งละ 6 ท่า แต่ละท่าทำ 10-14 ครั้ง/ เซท จำนวน 3 เซท สัปดาห์ละ 2 วัน ระยะเวลารวม 12 สัปดาห์ 2) สมรรถภาพทางกายด้านน้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน มวลกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของกลุ่มทดลองหลังการฝึก 12 สัปดาห์ มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซนต์ไขมัน และมวลไขมัน พบว่า ไม่แตกต่างกับก่อนการฝึก 3) ความสามารถในการว่ายน้ำด้านเวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ของกลุ่มทดลอง หลังการฝึก 12 สัปดาห์ พบว่า มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิก (Critical swim speed) และแอนแอโรบิก (Anaerobic critical velocity) พบว่า ไม่แตกต่างกับก่อนการฝึก 4) สภาพโภชนาการด้านพลังงานพื้นฐานของร่างกาย (BMR) พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน (TDEE) และวิตามิน B12 ของกลุ่มทดลองหลังการฝึก 12 สัปดาห์ มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 5) ระดับฮอร์โมน IGF-I ของกลุ่มทดลอง ก่อน และหลังการฝึก 12 สัปดาห์ พบว่า ไม่แตกต่างกัน 6) สมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และระดับฮอร์โมน IGF-I ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนและหลังการฝึก 12 สัปดาห์ พบว่า ไม่แตกต่างกัน ส่วนการบริโภคแคลเซียมและวิตามิน C หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 12 พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

58810062: MAJOR: EXERCISE AND SPORT SCIENCE; Ph.D. (EXERCISE AND SPORT SCIENCE)
KEYWORDS: DRY LAND TRAINING/ PHYSICAL FITNESS/ SWIMMING PERFORMANCE/ HORMONE IGF-I / NUTRITIONAL STATUS/ YOUNG SWIMMERS

NATTHIDA BANGMEK: THE EFFECTS OF DRY LAND TRAINING PROGRAM ON PHYSICAL FITNESS, SWIMMING PERFORMANCE AND HORMONE IGF-I IN YOUNG SWIMMERS. ADVISORY COMMITTEE: SUKANYA CHAROENWATTANA, Ph.D., KANOK PANTHONG, Ph.D., NIROMLEE MAKAJE, Ph.D. 270 P. 2020.

The purpose of the study was to develop a dry-land training program and to study the effects of a dry-land training program on physical fitness, swimming performance, nutritional status, and hormone IGF-I in young swimmers. The participants consisted of 11 male swimmers of the Assumption College Sriracha swimming club, whose age were 9-15 years old. They were divided into two groups with Match Pair and randomly assignment. They were an experimental group (n = 6) and a control group (n = 5). An experimental group conducted with a dry-land training and swimming training for 12 weeks, while participants in the control group practiced with the regular swimming training of swimming club of Assumption College, Sriracha. The data about physical fitness, swimming performance, and nutritional status, were collected before and after training weeks 4, 8 and 12 and IGF-I concentration before and after week 12. The data were analyzed by using Friedman test, Wilcoxon Signed Ranks Test, and Mann-Whitney U test.

The results of the research were as follows: 1) Dry land training program, performed 6 exercises at a time, each exercise 10-14 times/set, 3 sets, twice days a week, total duration 12 weeks. 2) Physical fitness: body weight, height, arm span, fat free mass and muscle strength of the experimental group of training were significantly increased after 12 weeks. For the arm circumference, percentage of body fat and fat mass were not significantly different from before training. 3) Swimming performance: 100m freestyle swimming time of the experimental group after 12 weeks of training, it was found that there was a statistically significant decrease. For critical swim speed and anaerobic critical velocity, there were no different between before and after training. 4) Nutritional status: basal metabolic rate (BMR), total daily energy expenditure (TDEE) and vitamin B12 of the experimental group increased with statistically significant after 12 weeks of training. 5) IGF-I hormone levels in the experimental group before and after 12 weeks of training, there was no difference. 6) Physical fitness, swimming performance, and IGF-I hormone levels between the experimental group and the control group before and after 12 weeks of training, there was no difference. For the calcium and vitamin C intake after the week 12th, it was found that there was statistically significant difference.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... จ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามของการวิจัย 3

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

สมมติฐานของการวิจัย 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 5

ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิจัย 6

นิยามศัพท์เฉพาะ 6

กรอบแนวคิดในการวิจัย 9

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

กีฬาว่ายน้ำ 12

การพัฒนานักกีฬาระยะยาว 43

ฮอร์โมน IGF-I 62

แบบฝึกบนบก 73

3 วิธีดำเนินการวิจัย 78

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 78

แผนการทดลอง 80

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 81

การหาคุณภาพของเครื่องมือ 95

สถานที่ในการเก็บข้อมูล 96

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล	96
	วิธีการดำเนินการทดลอง	96
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	100
	การวิเคราะห์ข้อมูล	101
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	104
	ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	105
	ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาโปรแกรมการฝึกบนบกสำหรับการเพิ่มสมรรถภาพกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I	142
	ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำสภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ของกลุ่มทดลองก่อนกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบกและกลุ่มควบคุมก่อนกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก	145
	ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำสภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ก่อนและหลังใช้วิธีการฝึกบนบกระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	166
5	อภิปรายผล สรุปผล และข้อเสนอแนะ	186
	อภิปรายผล	186
	สรุปผลการวิจัย	210
	ข้อเสนอแนะ	212
บรรณานุกรม		214
ภาคผนวก		226
	ภาคผนวก ก	227
	ภาคผนวก ข	250
	ภาคผนวก ค	256
	ภาคผนวก ง	268
ประวัติย่อของผู้วิจัย		270

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การใช้ระบบพลังงานแบบต่าง ๆ สำหรับการว่ายน้ำที่มีระยะทาง และระยะเวลาที่แตกต่างกัน	16
2	ระบบพลังงานที่ใช้ในการว่ายน้ำระยะทางต่าง ๆ	17
3	ปริมาณการฝึกซ้อมว่ายน้ำในแต่ละช่วงอายุ	21
4	ประเภทของการฝึกซ้อมว่ายน้ำตามระบบพลังงาน	25
5	รูปแบบแผนการฝึกซ้อมใน Periodization ระยะสั้นและระยะยาว	26
6	ระยะทางรวมสำหรับการฝึกนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน	27
7	การกำหนดความหนักเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	35
8	แนวทางการพัฒนานักกีฬาระยะยาวในกีฬาว่ายน้ำ	49
9	เปรียบเทียบคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ของ IGF-I, IGF-II และ Insulin	65
10	ค่าเฉลี่ยระดับของ IGF-I ที่แบ่งตามอายุ ในเด็กไทย และวัยรุ่น อายุ 5-20 ปี	68
11	จำนวนครั้งของการฝึกในแต่ละชนิดของการฝึกซ้อม	75
12	รายละเอียดของโปรแกรมการฝึกบนบก 12 สัปดาห์	82
13	โปรแกรมการฝึกซ้อมว่ายน้ำของสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา	84
14	จำนวนร้อยละของระยะทางในการฝึกซ้อมว่ายน้ำ	84
15	เครื่องมือที่ใช้วัดสัดส่วนร่างกาย	86
16	เครื่องมือที่ใช้ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	88
17	เครื่องมือที่ใช้ทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำ	88
18	เครื่องมือที่ทดสอบสภาพโภชนาการ	91
19	เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดระดับฮอร์โมน IGF-I	94
20	ค่าความเชื่อมั่นของการทดสอบตัวแปร	95
21	กำหนดวัน และเวลาในการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำระดับฮอร์โมน IGF-I และการฝึกบนบกของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม	98
22	ลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	105
23	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของสมรรถภาพทางกาย	107
24	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของความสามารถในการว่ายน้ำ	114
25	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของสภาพโภชนาการ	117

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

26 ร้อยละของความถี่ของกิจกรรมการเคลื่อนไหว 12 สัปดาห์ 134

27 ร้อยละของความถี่ในการบริโภคอาหาร 12 สัปดาห์ 136

28 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของระดับฮอร์โมน IGF-I 141

29 กลุ่มกล้ามเนื้อหลักที่ใช้ในการฝึกบนบก 144

30 การทดสอบการแจกแจงเป็นแบบปกติของสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I 145

31 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมรรถภาพทางกายภายในกลุ่มทดลอง ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Friedman test 153

32 การทดสอบความแตกต่างรายคู่ของสมรรถภาพทางกายในกลุ่มทดลอง ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test 154

33 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมรรถภาพทางกายภายในกลุ่มควบคุมก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Friedman test 155

34 การทดสอบความแตกต่างรายคู่ของสมรรถภาพทางกายในกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test 156

35 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการว่ายน้ำภายในกลุ่มทดลอง ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Friedman test 157

36 การทดสอบความแตกต่างรายคู่ของความสามารถในการว่ายน้ำ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ในกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test 158

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

37 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการว่ายน้ำภายในกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Friedman test 158

38 การทดสอบความแตกต่างรายคู่ของความสามารถในการว่ายน้ำ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ในกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test 159

39 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสภาพโภชนาการภายในกลุ่มทดลอง ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Friedman test 160

40 การทดสอบความแตกต่างรายคู่ของสภาพโภชนาการ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ในกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test 162

41 การทดสอบความแตกต่างรายคู่ของสภาพโภชนาการ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ในกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test 163

42 การทดสอบความแตกต่างรายคู่ของสภาพโภชนาการ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ในกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test 165

43 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับฮอร์โมน IGF-I ภายในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) และหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test..... 166

44 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 167

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

45 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 168

46 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 169

47 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 170

48 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการว่ายน้ำระหว่างกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 171

49 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการว่ายน้ำระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่ม ควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 172

50 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการว่ายน้ำระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่ม ควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 172

51 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการว่ายน้ำระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่ม ควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 173

52 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถโภชนาการระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่ม ควบคุมก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 174

53 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสภาพโภชนาการระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 177

54 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสภาพโภชนาการระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 179

55 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสภาพโภชนาการระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 182

56 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับฮอร์โมน IGF-I ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่ม ควบคุมก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) และหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test 184

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการวิจัย	10
2	หลักของการปรับตัวจากการฝึกซ้อม	18
3	เป้าหมายของการฝึกซ้อมว่ายน้ำ	19
4	การลดปริมาณฝึกซ้อมที่คาดหวังให้ Peak ในช่วงแข่งขัน	20
5	ระดับการฝึกซ้อมที่หลากหลาย ใน 4 Microcycle หรือ 1 Mesocycle	20
6	ตัวอย่างแผนการฝึกซ้อม 4 Mesocycle	21
7	การกำหนดความหนักในการฝึกซ้อมภายใน Microcycle	23
8	ระดับของนักกีฬา	28
9	ท่ามาตรฐานทางกายวิภาคศาสตร์	39
10	โครงสร้างโมเลกุลของ IGF-I	64
11	กลไกการทำงานของ IGF-I ผ่านตัวรับสัญญาณต่าง ๆ	67
12	การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนในช่วง Growth spurt	68
13	การเปลี่ยนแปลงของร่างกายจากการฝึกความแข็งแรงและความอดทน	70
14	แบบแผนการดำเนินการวิจัยแบบ Repeated measures design	80
15	แผนการเก็บข้อมูลการวิจัย	97
16	ขั้นตอนการวิจัย	103
17	ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพทางกายก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	112
18	ค่าเฉลี่ยความสามารถในการว่ายน้ำ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	116
19	ค่าเฉลี่ยความสามารถในการว่ายน้ำ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	131
20	ค่าเฉลี่ยระดับฮอร์โมน IGF-I ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) และหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม	142
21	จำนวนร้อยละของระยะทางการฝึกซ้อมว่ายน้ำที่จำแนกตามระบบพลังงาน	191

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนานักกีฬาว่ายน้ำสู่ความเป็นเลิศ โดยเฉพาะนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน มีการฝึกซ้อมอย่างต่อเนื่อง และใช้ระยะเวลาที่ยาวนาน เพื่อให้ประสบความสำเร็จโดยเริ่มมีการฝึกสมรรถภาพทางกาย ควบคู่กับการพัฒนาเทคนิคในการว่ายน้ำ ตั้งแต่อายุ 9 ปี (Balyi, Way, & Higgs, 2013) ซึ่งสมาคมว่ายน้ำแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาได้แบ่งระยะการฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำเป็น 4 ช่วง ประกอบด้วย ช่วงการปรับสภาพพื้นฐานของร่างกาย (Preparation phase) ช่วงการฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจง (Specific phase) ช่วงการลดปริมาณและเพิ่มคุณภาพของการฝึกซ้อม/ การแข่งขัน (Taper/ competition phase) และช่วงการพักจากการฝึกซ้อมเพื่อการฟื้นคืนสภาพทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ (Transition phase) แต่ละช่วงจะมีปริมาณความหนักในการฝึกซ้อมที่แตกต่างกัน ดังนั้น การฝึกซ้อมในนักกีฬาเยาวชนจึงต้องคำนึงถึงช่วงอายุของการเจริญเติบโต

การฝึกซ้อมว่ายน้ำให้มีความเหมาะสมกับช่วงอายุเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้นักกีฬาสามารถแสดงศักยภาพได้อย่างเต็มความสามารถ และเป็นนักกีฬาที่ดีได้ในอนาคต โดยจะเริ่มมีการฝึกซ้อมสมรรถภาพทางกายควบคู่กับการพัฒนาเทคนิคในการว่ายน้ำ ในช่วงอายุ 9 ปี (Balyi et al., 2013) ซึ่งนักกีฬาเยาวชนจะมีความสามารถในการตอบสนองต่อการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถในการยืนระยะเชิงแอโรบิก (Aerobic capacity) จากการฝึกซ้อมว่ายน้ำระยะไกล และเพิ่มความหนักในการฝึกแบบแอนแอโรบิก เพื่อพัฒนาความสามารถในการยืนระยะเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) (Balyi, Cardinal, Higgs, Norris, & Way, 2005) ส่งผลให้การทำงานของระบบหายใจไหลเวียน ทำงานได้ดีขึ้น ร่างกายสามารถขนส่งออกซิเจนไปสู่กล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกิดการฟื้นสภาพในระหว่างการฝึกซ้อม และแข่งขันได้อย่างรวดเร็ว (Ruiz et al., 2006) การฝึกเชิงแอโรบิก และแอนแอโรบิก จึงต้องคำนึงถึงการเจริญเติบโตของร่างกาย

นักกีฬาเยาวชน จะมีการเจริญเติบโตของร่างกายอย่างรวดเร็ว จากการทำงานของระบบประสาท และต่อมไร้ท่อ (Malina & Bouchard, 1991) ฮอร์โมนเพื่อการเจริญเติบโตของร่างกาย ได้แก่ โกรทฮอร์โมน (Growth hormone [GH]) และอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์วัน (Insulin-like growth factor I [IGF-I]) ต่างมีความสำคัญ โดย GH เป็นฮอร์โมนที่ผลิตจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า เกี่ยวข้องกับกระบวนการเจริญเติบโต และกระบวนการเผาผลาญสารอาหารของร่างกาย มีการทำงานโดยตรงจากการจับกับตัวรับบนเซลล์เป้าหมาย ทำให้เกิดผลโดยตรงต่ออวัยวะต่าง ๆ และการทำงานผ่าน IGF-I ส่วน IGF-I มีการสร้างจากอวัยวะต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ภายใต้การควบคุมของ GH และอินซูลิน

และถูกปล่อยเข้าสู่กระแสเลือดไปยังอวัยวะเป้าหมายทั่วร่างกายที่มีตัวรับ (Insulin-like growth factor I receptor [IGF-IR]) แบบจำเพาะในเซลล์ที่ผลิตฮอร์โมนเอง (Autocrine) และเซลล์เป้าหมายที่อยู่ใกล้เคียง (Paracrine) และจากการศึกษาของ Han, Huang, Chen, and Yang (2017) ได้เปรียบเทียบระดับ IGF-I ระหว่างกลุ่มนักกีฬา และคนทั่วไปที่มีสุขภาพดีที่ไม่ได้ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา พบว่า ระดับ IGF-I ในนักกีฬาจะมีค่าที่สูงกว่าผู้ที่มีสุขภาพดี ที่ไม่ได้ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา จึงเห็นได้ว่า การฝึกซ้อมกีฬาสามารถส่งผลให้ระดับของฮอร์โมน IGF-I เพิ่มสูงขึ้นแล้วยังส่งผลต่อสมรรถภาพทางกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมรรถภาพด้านความแข็งแรงแบบอดทน ซึ่งเป็นสมรรถภาพทางกายที่สำคัญสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำ

ความแข็งแรงแบบอดทน (Strength endurance) หรือความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance) เป็นความสามารถในการออกแรงของกล้ามเนื้อที่ทำกิจกรรมต่อเนื่องกันโดยปราศจากความเมื่อยล้า เป็นสมรรถภาพทางกายที่สำคัญสำหรับนักว่ายน้ำ เนื่องจากมีลักษณะการเคลื่อนไหวของแขนและขาแบบต่อเนื่องเป็นเวลานานเพื่อเอาชนะแรงต้านจากน้ำและอากาศ ในการฝึกว่ายน้ำกลุ่มกล้ามเนื้อที่สำคัญ คือกลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ลำตัวส่วนบน และลำตัวส่วนล่าง ซึ่งเป็นกลุ่มกล้ามเนื้อหลักที่มีสัดส่วนของการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ร้อยละ 33.33 กลุ่มกล้ามเนื้อลำตัวส่วนบน ร้อยละ 33.33 และกลุ่มกล้ามเนื้อลำตัวส่วนล่าง ร้อยละ 33.33 (Krabak, Hancock, & Drake, 2013) ดังนั้น นักกีฬาว่ายน้ำจึงฝึกความแข็งแรงแบบอดทนของกลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ลำตัวส่วนบน และลำตัวส่วนล่างโดยใช้การฝึกซ้อมในสระควบคู่กับการฝึกบนบก

การฝึกบนบก (Dry land) หมายถึง การฝึกสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาว่ายน้ำ ที่อยู่นอกเหนือจากการฝึกซ้อมในสระ (Riewald, 2015 a) มีรูปแบบการซ้อมที่หลากหลาย เช่น การฝึกความแข็งแรง หรือการฝึกพละกำลัง เป็นต้น (Morais, Silva, Marinho, Marques, & Barbosa, 2016) สำหรับการฝึกบนบกในนักกีฬาเยาวชนที่มีอายุตั้งแต่ 9 ปีขึ้นไป จะใช้การฝึกด้วยการใช้น้ำหนักตัวเพื่อพัฒนาความแข็งแรงแบบอดทน เพื่อให้กล้ามเนื้อสามารถหดตัวได้ในระยะเวลานานไม่เหนื่อยง่าย และพบว่า ความสามารถในการว่ายน้ำจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีความสัมพันธ์กับความเร็วในการว่ายน้ำ (Aspenes, Kjendlie, Hoff, & Helgerud, 2009) และส่งผลให้ความสามารถในการว่ายน้ำระยะสั้นดีขึ้น (Girold, Calmels, Maurin, Milhau, & Chatard, 2006) จึงใช้การฝึกบนบกควบคู่กับการฝึกซ้อมว่ายน้ำเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การฝึกบนบกของนักกีฬาว่ายน้ำส่งผลต่อสมรรถภาพทางกาย โดยเฉพาะสัดส่วนร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดย Grant and Kavaliauskas (2017) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกบนบกในนักกีฬาว่ายน้ำอายุ 13 ปี เป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่า การฝึกบนบกสามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน และขา ให้เพิ่มมากขึ้น และช่วยลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บบริเวณเข่า และหัวไหล่ นอกจากนี้การฝึกบนบกส่งผลต่อสัดส่วนร่างกายจากการ

เพิ่มมวลกล้ามเนื้อจากการเสริมสร้างองค์ประกอบของระบบประสาท (Neural component) ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ และการเพิ่มขนาด และความหนาแน่นของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Sighamoney, Kachare, Yeole, & Tendulkar, 2018) เกิดการสังเคราะห์โครงสร้างทำให้กล้ามเนื้อมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น และทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Viru & Viru, 2001) และพบว่า เมื่อมีการฝึกแบบแอโรบิก จะมีการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมน IGF-I บริเวณเซลล์ที่ผลิตฮอร์โมนกับเซลล์เป้าหมายที่อยู่ใกล้เคียงในขณะที่เมื่อมีการฝึกแบบแอนแอโรบิก กล้ามเนื้อลายจะเพิ่มการสร้าง และปล่อยฮอร์โมน IGF-I เข้าสู่กระแสเลือดเพิ่มขึ้น (Lanfranco & Strasburger, 2016)

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในหลายงานวิจัยพบว่า ยังไม่มีงานวิจัยที่สรุปแน่ชัดถึงกลไกของการฝึกเพื่อการเพิ่มสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และระดับของฮอร์โมน IGF-1 โดยใช้การฝึกบนบกในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน อีกทั้งยังไม่พบรายงานการวิจัยในประเทศไทย ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้มาก่อน อีกทั้งยังพบว่า สภาพโภชนาการเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระดับฮอร์โมน IGF-I การได้รับสารอาหาร (Energy intake) ที่เหมาะสมในปริมาณที่เพียงพอจะส่งเสริมการสร้าง IGF-I โดยสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตจะกระตุ้นการสร้าง IGF-I ผ่านทางอินซูลิน ส่วนอาหารจำพวกโปรตีนจะกระตุ้นการสร้าง IGF-I ผ่านทาง GH ที่หลั่งเพิ่มขึ้น โดยสามารถไปจับกับตัวรับ (IGF-I receptor) ที่มีมากในกล้ามเนื้อ และจะกระตุ้นเอนไซม์ไคเนส (Tyrosine kinase) นำไปสู่การกระตุ้นการเจริญเติบโตต่อไป ในทางตรงกันข้ามการได้รับพลังงานที่ไม่สมดุลจะส่งผลให้ระดับฮอร์โมน IGF-I ลดลง (Eliakim & Nemet, 2013) เกิดการลดจำนวนของตัวรับฮอร์โมน (Maggio et al., 2013) ซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของนักกีฬาเยาวชนโดยตรง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลการฝึกบนบกที่มีต่อการเพิ่มสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ ฮอร์โมน IGF-I และสภาพโภชนาการ เพื่อนำผลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ปรับปรุงการฝึกซ้อมให้เหมาะสม สอดคล้องกับการเจริญเติบโตร่างกายของนักกีฬาเยาวชนให้มีความสามารถเพิ่มมากขึ้น เกิดการพัฒนานักกีฬาไปสู่ความเป็นเลิศได้อย่างยั่งยืน และเป็นรูปธรรม รวมถึงเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ฝึกสอน นักกีฬาว่ายน้ำ สมาคมว่ายน้ำ และผู้ที่เกี่ยวข้อง และสามารถนำข้อมูลจากการวิจัยนี้ไปใช้เพื่อพัฒนานักกีฬาไปสู่ระดับชาติและระดับนานาชาติเป็นลำดับต่อไป

คำถามของการวิจัย

นักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนเมื่อทำการฝึกบนบก สามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมการฝึกบนบกสำหรับการเพิ่มสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน

2. เพื่อศึกษาผลการฝึกบนบกโดยเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ดังนี้

2.1 เพื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนก่อน (สัปดาห์ที่ 0) กับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก (สัปดาห์ที่ 4, สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12)

2.2 เพื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน หลังใช้วิธีการฝึกบนบก (สัปดาห์ที่ 4, สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12) ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

2.3 เพื่อเปรียบเทียบระดับฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนก่อน (สัปดาห์ที่ 0) กับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก (สัปดาห์ที่ 12)

2.4 เพื่อเปรียบเทียบระดับฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนหลังใช้วิธีการฝึกบนบก (สัปดาห์ที่ 12) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

สมมติฐานของการวิจัย

1. สมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน หลังใช้วิธีการฝึกบนบก (สัปดาห์ที่ 4, สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12) สูงกว่าก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (สัปดาห์ที่ 0)

2. สมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการ ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน หลังใช้วิธีการฝึกบนบก (สัปดาห์ที่ 4, สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12) กลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

3. ระดับฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนหลังใช้วิธีการฝึกบนบก (สัปดาห์ที่ 12) สูงกว่าก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (สัปดาห์ที่ 0)

4. ระดับฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนหลังใช้วิธีการฝึกบนบก (สัปดาห์ที่ 12) กลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้โปรแกรมการฝึกบนบกที่สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน

2. เป็นแนวทางในการฝึกซ้อมกีฬา หรือการออกกำลังกายให้เหมาะสมกับช่วงการเจริญเติบโตของร่างกายได้

3. เป็นแนวทางในการศึกษา วิจัย และพัฒนากีฬาที่เกี่ยวข้องการฝึกกีฬาในเยาวชน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร เป็นนักกีฬาว่ายน้ำ ที่ขึ้นทะเบียนเป็นนักกีฬาว่ายน้ำสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ประจำปีการศึกษา 2561 จังหวัดชลบุรี จำนวน 40 คน (สมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย, 2561)

2. กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักกีฬาว่ายน้ำเพศชาย สโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ประจำปีการศึกษา 2561 ที่มีช่วงอายุระหว่าง 9-15 ปี จำนวน 11 คน ที่อาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย และเป็นผู้ที่มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion criteria) ที่กำหนดไว้

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ วิธีการเพิ่มสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I แบ่งออกเป็น 2 วิธี ได้แก่

3.1.1 วิธีการฝึกบนบกร่วมกับการฝึกซ้อมว่ายน้ำตามปกติ (Dry-land and regular swimming training)

3.1.2 วิธีการฝึกซ้อมว่ายน้ำตามปกติ (Regular swimming training)

3.2 ตัวแปรตาม แบ่งออกเป็น 4 ตัวแปร ได้แก่

3.2.1 สมรรถภาพทางกาย (Physical fitness)

3.2.2 ความสามารถในการว่ายน้ำ (Swimming performance)

3.2.3 สภาพโภชนาการ (Nutritional status)

3.2.4 ระดับฮอร์โมน IGF-I (Insulin-like growth factor I concentration)

ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างรับประทานอาหารได้ตามปกติ มีการพักผ่อนการนอนหลับอย่างน้อย 8-9 ชั่วโมงต่อวัน ไม่ได้รับฮอร์โมน ยา หรืออาหารเสริมที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย ในขณะทดลอง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือกับกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัยทุกขั้นตอนแบบเต็มความสามารถ และหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายนอกเหนือจากการว่ายน้ำในสโมสรตามปกติ ในระหว่างที่เข้าร่วมการทดลอง 12 สัปดาห์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สมรรถภาพทางกาย (Physical fitness) หมายถึง ความสามารถของร่างกายในการที่จะปฏิบัติหน้าที่ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย สัดส่วนร่างกาย (Anthropometric) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strength)

1.1 สัดส่วนร่างกาย (Anthropometric) หมายถึง การวัดสัดส่วนของร่างกาย ประกอบไปด้วย การชั่งน้ำหนักตัว (Body weight) ตามวิธีการของ Lohman (1986) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg) การวัดส่วนสูง (High) ตามวิธีการของ Lohman (1986) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm) การวัดความกว้างช่วงแขน (Arm span) การวัดเส้นรอบวงต้นแขน (Arm circumference) ตามวิธีการของ Lohman (1986) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm) การวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (Body fat) ใช้เครื่องวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง (Skinfold caliper) ตามวิธีของ Slaughter et al. (1988) มีค่าเป็นร้อยละ มวลไขมัน (Fat mass) และมวลกล้ามเนื้อ (Fat free mass) ใช้วิธีการของ Siri (1961) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

1.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่กระทำต่อแรงต้านได้สูงสุด ใช้การทดสอบแรงบีบมือ (Grip strength) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

2. ความสามารถในการว่ายน้ำ (Swimming performance) หมายถึง การว่ายน้ำได้อย่างเต็มความสามารถ ประกอบด้วย การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ระยะทาง 100 เมตร ความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิก และความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิก

2.1 การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร หมายถึง เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ในระยะทาง 100 เมตร มีหน่วยเป็น วินาที (s)

2.2 ความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิก หมายถึง ความสามารถสูงสุดในการรักษาระดับการทำงานของกล้ามเนื้อให้คงอยู่จากการใช้พลังงานจากระบบแอโรบิกเป็นหลัก (Aerobic capacity) โดยใช้การทดสอบคริติคอล สวิม สปีด (Critical swim speed [CSS]) โดยมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s^{-1})

2.3 ความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิก หมายถึง ความสามารถสูงสุดในการรักษาระดับการทำงานของกล้ามเนื้อให้คงอยู่จากการใช้พลังงานจากระบบเอทีพี ซีพี และระบบไกลโคไลติก ขณะที่ปราศจากการใช้ออกซิเจนเป็นหลัก (Anaerobic capacity) โดยใช้การทดสอบแอนแอโรบิก คลิติคอล เวลโลซิตี้ (Anaerobic critical velocity [AnCV]) มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/ s^{-1})

3. สภาพโภชนาการ (Nutritional status) หมายถึง สภาพของร่างกายที่เกิดจากการบริโภคอาหาร ประกอบด้วย สมดุลพลังงาน ปริมาณสารอาหาร แร่ธาตุ วิตามิน และการกระจายพลังงาน

3.1 สมดุลพลังงาน (Energy balance) หมายถึง การวิเคราะห์พลังงานที่ได้รับจากสารอาหารโดยใช้โปรแกรม INMUCAL-Nutrients เวอร์ชั่น 3 (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2559) ประกอบด้วย พลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร (Energy intake) มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่ต่อวัน (kcal/ day) พลังงานพื้นฐานของร่างกาย (Basal metabolic rate [BMR]) และพลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน (Total daily energy expenditure [TDEE]) ใช้วิธีการของ Harris and Benedict (1919) มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่ต่อวัน (kcal/ day) ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน (Energy difference) มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่ต่อวัน (kcal/ day)

3.2 ปริมาณสารอาหาร (Nutrients) หมายถึง การวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารที่ได้รับในแต่ละวันจากอาหารที่บริโภคโดยใช้โปรแกรม INMUCAL-Nutrients เวอร์ชั่น 3 (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2559) ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน มีหน่วยเป็นกรัมต่อวัน (g/ day) ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน มีหน่วยเป็นกรัมต่อวัน (g/ day) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน มีหน่วยเป็นกรัมต่อวัน (g/ day) คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) มีหน่วยเป็นกรัมต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (g/ kg/ day) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) มีหน่วยเป็นกรัมต่อน้ำหนักตัวต่อวัน (g/ kg/ day) โปรตีนจากสัตว์ มีหน่วยเป็นกรัมต่อวัน (g/ day) และโปรตีนจากพืช มีหน่วยเป็นกรัมต่อวัน (g/ day)

3.3 แร่ธาตุ (Mineral) หมายถึง การวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุที่ได้รับในแต่ละวันจากอาหารที่บริโภคโดยใช้โปรแกรม INMUCAL-Nutrients เวอร์ชั่น 3 (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2559) ประกอบด้วย แคลเซียม มีหน่วยเป็นมิลิกรัม (mg) เหล็ก มีหน่วยเป็นมิลิกรัม (mg) ฟอสฟอรัส มีหน่วยเป็นมิลิกรัม (mg)

3.4 วิตามิน (Vitamin) หมายถึง การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินที่ได้รับในแต่ละวันจากอาหารที่บริโภคโดยใช้โปรแกรม INMUCAL-Nutrients เวอร์ชั่น 3 (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2559) ประกอบด้วย วิตามิน B1 มีหน่วยเป็นมิลิกรัม (mg) วิตามิน B2 มีหน่วยเป็นมิลิกรัม (mg) วิตามิน B6 มีหน่วยเป็นมิลิกรัม (mg) วิตามิน B12 มีหน่วยเป็นไมโครกรัม (mcg) และวิตามิน C มีหน่วยเป็นมิลิกรัม (mg)

3.5 การกระจายพลังงาน (Distribution) หมายถึง การวิเคราะห์สัดส่วนการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีนจากอาหารที่บริโภคโดยใช้โปรแกรม INMUCAL-Nutrients เวอร์ชั่น 3 (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2559) ประกอบด้วย กระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต มีค่าเป็นร้อยละ กระจายพลังงานของไขมัน มีค่าเป็นร้อยละ และ กระจายพลังงานของโปรตีนมีค่าเป็นร้อยละ

4. ระดับฮอร์โมนอินซูลินไลค์โกรทแฟคเตอร์วัน (Insulin-like growth factor I concentration: IGF-I concentration) หมายถึง ความเข้มข้นของระดับฮอร์โมน IGF-I ที่อยู่ในเลือด มีหน่วยเป็นนาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ng/ mL) ใช้การตรวจเลือดจากการเจาะเส้นเลือดดำบริเวณข้อพับแขน ช่วงเวลา 7.00-9.00 น. เพื่อหาค่าระดับฮอร์โมน IGF-I ในเลือด

5. โปรแกรมการฝึกบนบก (Dry-land training program) หมายถึง วิธีการฝึกความแข็งแรงแบบอดทน (Strength endurance) นอกเหนือจากการฝึกซ้อมในสระว่ายน้ำสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน ใช้เวลาในการฝึกซ้อมรวมทั้งหมดประมาณ 1 ชั่วโมงต่อครั้ง ก่อนทำการฝึกซ้อมในสระทุกครั้ง ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ มีระยะเวลารวมของการฝึกบนบก จำนวน 12 สัปดาห์

โปรแกรมการฝึกบนบก สร้างจากทฤษฎี การใช้กลุ่มกล้ามเนื้อ การกำหนดความหนัก และการปรับเพิ่มความหนักของโปรแกรม (Krabak et al., 2013; Kraemer & Ratamess, 2005; Westcott & Baechle, 2015; O'Hagan, Sale, MacDougall, & Garner, 1995; Borst et al., 2001) โดยใช้สัดส่วนของการฝึกกล้ามเนื้อที่ใช้ในการฝึกบนบกของกีฬาว่ายน้ำ กลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ร้อยละ 33.33 กลุ่มกล้ามเนื้อลำตัวส่วนบน ร้อยละ 33.33 และกลุ่มกล้ามเนื้อลำตัวส่วนล่าง ร้อยละ 33.33 ที่เน้นการฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ใช้การพักช่วงสั้น ๆ มีการปรับเพิ่มความหนัก ร้อยละ 5 ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ และมีระยะเวลารวมของการฝึก 12 สัปดาห์ ประกอบด้วยการฝึก 6 ท่าต่อครั้ง ดังนี้

สัปดาห์ที่ 1-4 ท่าที่ 1 Overhead squat ท่าที่ 2 Lunges ท่าที่ 3 Tricep dips ท่าที่ 4 Sit up ท่าที่ 5 Plank และท่าที่ 6 Knee push-up โดยท่าที่ 1 2 3 4 และ 6 ทำการฝึกท่าละ 3 เซท เซทละ 10 ครั้ง พักระหว่างเซท 1 นาที ส่วนท่าที่ 5 ทำการฝึก 10 วินาที 3 เซท พักระหว่างเซท 1 นาที

สัปดาห์ที่ 5-8 ท่าที่ 1 Overhead squat ท่าที่ 2 Lunges ท่าที่ 3 Tricep dips ท่าที่ 4 Alternating leg V up ท่าที่ 5 Plank และท่าที่ 6 Push-up โดยท่าที่ 1 2 3 4 และ 6 ทำการฝึกท่าละ 3 เซท เซทละ 12 ครั้ง พักระหว่างเซท 1 นาที ส่วนท่าที่ 5 ทำการฝึก 12 วินาที 3 เซท พักระหว่างเซท 1 นาที

สัปดาห์ที่ 9-12 ท่าที่ 1 Overhead squat ท่าที่ 2 Lunges with twist ท่าที่ 3 Tricep dips ท่าที่ 4 V-ups ท่าที่ 5 Plank และท่าที่ 6 Push-up with feet โดยท่าที่ 1 2 3 4 และ 6 ทำการฝึกท่าละ 3 เซท เซทละ 14 ครั้ง พักระหว่างเซท 1 นาที ส่วนท่าที่ 5 ทำการฝึก 14 วินาที 3 เซท พักระหว่างเซท 1 นาที

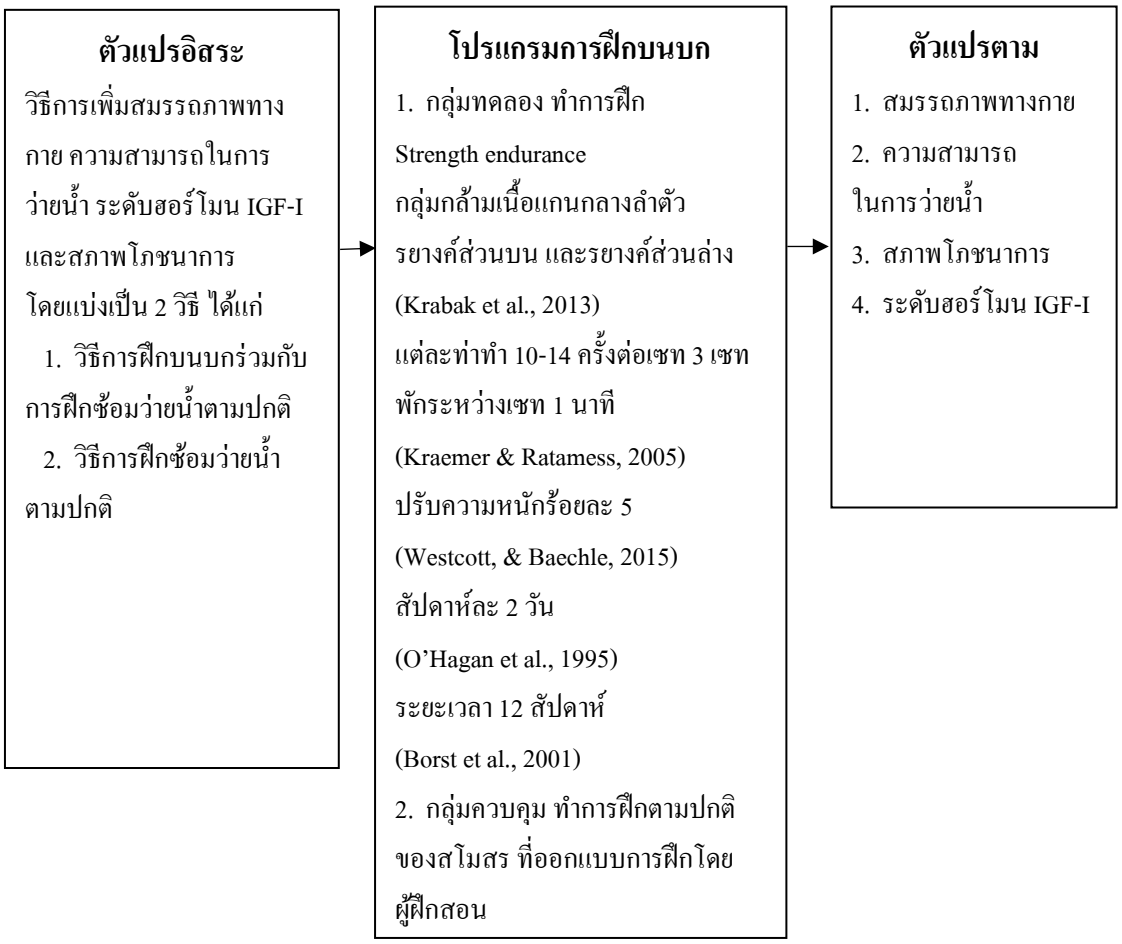
6. นักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน หมายถึง นักกีฬาที่เป็นตัวแทนสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ประจำปีการศึกษา 2561 เพศชาย ที่มีช่วงอายุระหว่าง 9-15 ปี

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยนี้ได้นำแนวคิดจากทฤษฎีการพัฒนานักกีฬาระยะยาว (Long term athlete development [LTAD]) (Balyi et al., 2013) มาใช้เป็นกรอบในการวิจัยร่วมกับการสร้างโปรแกรมการฝึกบนบกจากทฤษฎีของ Krabak et al. (2013) ที่กล่าวถึงกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในการฝึกบนบกประกอบไปด้วย กลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ลำตัวส่วนบน และลำตัวส่วนล่าง ซึ่งเป็นกลุ่มกล้ามเนื้อหลักในการว่ายน้ำ และศึกษาผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนเพศชาย อายุระหว่าง 9-15 ปี โดยการฝึกความแข็งแรงแบบอดทน (Strength endurance) ซึ่งเป็นสมรรถภาพพื้นฐานเบื้องต้นที่สำคัญสำหรับพัฒนาร่างกายของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน ให้มีความพร้อม และสามารถรับการฝึกซ้อมกีฬาในระดับต่อไป ซึ่งนักกีฬาเยาวชนจะเริ่มมีการเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงร่าง และสัดส่วนร่างกายอย่างรวดเร็ว เป็นผลมาจากการทำงานของ GH ซึ่งทำงานควบคู่กับ IGF-I ที่ทำหน้าที่ในการเสริมสร้างเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ในร่างกายให้มีการเจริญเติบโต โดย GH จะกระตุ้นให้ IGF-I ออกฤทธิ์ที่เซลล์เป้าหมาย ดังนั้น IGF-I จึงมีความสำคัญต่อพัฒนาการของเซลล์ และการเจริญเติบโตของร่างกายทำให้เนื้อเยื่อต่าง ๆ และกระดูกในร่างกายเจริญเติบโต (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004)

การฝึกสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาว่ายน้ำบางครั้งอาจเรียกว่าการฝึกบนบก (Dry land) โดย Manske, Lewis, Wolff, and Smith (2015) ได้กล่าวถึงโปรแกรมการฝึกบนบกว่าเริ่มใช้สำหรับฝึกซ้อมนักกีฬาที่มีอายุตั้งแต่ 9 ปีขึ้นไป ซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการฝึกความแข็งแรงที่ส่งผลต่อการกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมน IGF-I มาใช้ จากข้อแนะนำของ Kraemer and Ratamess (2005) และ Borst et al. (2001) ที่เน้นการฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ และมีการพักช่วงสั้น ๆ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่สามารถกระตุ้นให้ฮอร์โมน IGF-I มีการหลั่งเพิ่มขึ้นได้

O’Hagan et al. (1995) กล่าวว่า การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในนักกีฬาเยาวชนจำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ จะมีประสิทธิภาพเท่ากับการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ และควรปรับเพิ่มความหนักร้อยละ 5 จึงจะเกิดการพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อ (Westcott & Baechle, 2015)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมการฝึกบนบก และศึกษาผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ ระดับฮอร์โมน IGF-I และสภาพโภชนาการในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. กีฬาว่ายน้ำ
   1.1 ระบบพลังงาน
   1.2 การวางแผนการฝึกซ้อมและโปรแกรมการฝึกในกีฬาว่ายน้ำ
   1.3 การแบ่งรุ่นอายุของนักกีฬาและการทดสอบในกีฬาว่ายน้ำ
   1.4 สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาว่ายน้ำ
2. การพัฒนานักกีฬาระยะยาว
   2.1 ความหมายของการพัฒนานักกีฬาระยะยาว
   2.2 การฝึกซ้อมสำหรับนักกีฬาในแต่ละช่วงอายุ
   2.3 การฝึกซ้อมสำหรับช่วงอายุ 9-15 ปี
   2.4 สมรรถภาพเชิงแอโรบิกในนักกีฬาเยาวชน
   2.5 สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬาเยาวชน
3. ฮอร์โมน IGF-I
   3.1 ลักษณะโครงสร้างโมเลกุลและการสังเคราะห์ฮอร์โมน IGF-I
   3.2 กลไกการทำงานของฮอร์โมน IGF-I
   3.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับฮอร์โมน IGF-I
   3.4 การเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมน IGF-I จากการฝึกซ้อม
   3.5 การปรับตัวของ Muscle isoforms และ IGF Binding proteins จากการฝึกซ้อม
   3.6 ฮอร์โมนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการว่ายน้ำ
4. แบบฝึกบนบก
   4.1 ความถี่ของการฝึก
   4.2 ความหนักของการฝึก
   4.3 ช่วงเวลาในการฝึก ตารางการฝึก และแผนการฝึก

กีฬาว่ายน้ำ

ว่ายน้ำเป็นกีฬาหรือการออกกำลังกายที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อการเคลื่อนไหวร่างกายผ่านน้ำไปตามระยะทางที่กำหนดให้เร็วที่สุด ท่าทางสำหรับการว่ายน้ำที่เป็นแบบสากลนิยมมี 4 ท่า คือ ท่าฟรีสไตล์ ท่ากรรเชียง ท่าผีเสื้อ และท่ากบ ซึ่งในการแข่งขันจะมีการว่ายท่าเดี่ยว ท่าผสม และแบ่งเป็นประเภทบุคคล และทีมผลัด

การแข่งขันในระดับนานาชาติ จะมีการแข่งขันสำหรับสระว่ายน้ำระยะสั้น (25 เมตร) และสระว่ายน้ำมาตรฐาน (50 เมตร) ในระยะทาง 50 เมตร 100 เมตร 200 เมตร 400 เมตร 800 เมตร และ 1,500 เมตร ในท่าฟรีสไตล์ ท่ากรรเชียง ท่าผีเสื้อ และท่ากบ โดยนักกีฬาหญิงและชายจะมีการแข่งขันที่แตกต่างกัน คือ รายการแข่งขันของผู้หญิงจะไม่มีการว่ายท่าฟรีสไตล์ 1,500 เมตร และการแข่งขันของผู้ชายจะไม่มีการว่ายท่าฟรีสไตล์ 800 เมตร และในการแข่งขันกีฬาโอลิมปิก การว่ายน้ำในระยะ 50 เมตร จะมีเฉพาะท่าฟรีสไตล์เท่านั้น (Barbosa et al., 2006)

การแข่งขันว่ายท่าผสม จะมีการแข่งขันในระยะทาง 200 เมตร และ 400 เมตร ซึ่งนักกีฬาจะทำการว่ายท่าผีเสื้อ ท่ากรรเชียง ท่ากบ และท่าฟรีสไตล์ เรียงตามลำดับ

การแข่งขันว่ายผลัด จะทำการว่ายผลัดท่าฟรีสไตล์ 4 x 100 เมตร และ 4 x 200 เมตร ส่วนว่ายผลัดท่าผสม 4 x 100 เมตร นั้น นักกีฬา 4 คน จะต้องว่ายท่ากรรเชียง ท่ากบ ท่าผีเสื้อ และท่าฟรีสไตล์ แยกกันคนละ 1 ท่า ตามลำดับ (Pyne & Sharp, 2014)

การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์

เป็นการว่ายน้ำที่มีการเคลื่อนไหวของแขนสลับข้างกัน ซ้าย-ขวา และมีการเตะขาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวไปข้างหน้า โดยมีแนวลำตัวขนานกับทิศทางการเคลื่อนไหว ทำให้เกิดแรงต้านทานน้อย (สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา, 2557) การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ร่างกายอยู่ในท่านอนคว่ำ จึงส่งผลต่อการว่ายน้ำดังนี้

1. กล้ามเนื้อหัวไหล่ และสะบักมีการหดตัว ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวได้ดี
2. แขนอยู่ในท่าทางที่ทำให้เกิดแรงเคลื่อนตัวไปข้างหน้าได้ดี
3. นักกีฬา สามารถจัดท่าทางมือและแขนได้ทันทีที่มือลงสู่น้ำ (Hand entry) ทำให้เกิดกำลังในการเคลื่อนตัวไปข้างหน้าตั้งแต่มือลงสู่น้ำ

การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ควรให้ความสำคัญต่อการเคลื่อนไหวใต้น้ำ (Streamline) เนื่องจากจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไปข้างหน้ามากที่สุด การทำ Streamline ที่ถูกต้อง คือ ต้องรักษาสมดุลลำตัวให้ตรง ข้อไหล่หรือข้อสะโพกไม่มีการเอียงไปด้านข้างขวา-ซ้าย (Lateral movement) การม้วนตัว (Trunk roll) ร่วมกับการหันหน้าไปด้านข้างขณะหายใจโดยให้ศีรษะอยู่ในแนวตรงเช่นเดียวกับลำตัว จะทำให้เกิดแรงต้านทานการเคลื่อนที่ในน้ำน้อยที่สุด ซึ่งต้องมีการฝึกกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิด

ความมั่นคงของลำตัว (Core stability)

การเคลื่อนไหวของแขนและขาขณะว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์จะทำให้การม้วนตัว หรือ Streamline ทำได้เป็นแนวตรง ส่วนการเตะเท้า (Kicking) จะช่วยให้เกิดความมั่นคงของลำตัวขณะว่าย และทำให้ร่างกายไม่จมลงไปใต้น้ำมาก ตลอดจนช่วยทำให้เกิดแรงเคลื่อนตัวไปข้างหน้า กล้ามเนื้อขาจึงควรมีความแข็งแรงเนื่องจากเป็นกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเตะเท้า นอกจากนี้การเคลื่อนไหวของแขนใต้น้ำเพื่อออกแรงดึงน้ำด้วยแขนขวาและซ้าย จะต้องดึงด้วยแรงที่เท่ากันและมีจังหวะการดึงน้ำอย่างสม่ำเสมอ จะทำให้ร่างกายเกิดความสมดุล

การว่ายน้ำท่ากรรเชียง

เป็นการว่ายน้ำที่มีการเคลื่อนไหวแขนสลับข้างซ้าย-ขวา เมื่อออกตัวหรือกลับตัวจะมีการเตะขาแบบปลาโลมา (Dolphin kicking) ซึ่งวิธีการที่จะทำให้เคลื่อนตัวไปได้เร็ว คือ มีการหมุนตัว (Rotation) ประมาณ 40-45 องศา จากแนวของลำตัว การเตะขาแบบสลับเท้า (Flutter kick) จะช่วยให้เกิดความมั่นคงของลำตัว และการ Streamline ในการว่ายน้ำท่ากรรเชียงต้องคำนึงถึงท่าทางร่างกาย และการส่งแรงจากมือแต่ละข้างขณะดึงน้ำมายังลำตัวตามลำดับ (Kinetic chain)

การเตะขาแบบ Dolphin ระยะ 15 เมตร ใต้น้ำเมื่อออกตัว และกลับตัวจะช่วยพัฒนาเวลาของนักว่ายน้ำท่ากรรเชียงให้เร็วขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการฝึกซ้อมทักษะการว่ายน้ำ พัฒนาความแข็งแรง กำลังกล้ามเนื้อ และความอดทนของระบบหายใจและไหลเวียนควบคู่กันไป

การว่ายน้ำท่ากบ

เป็นการว่ายน้ำที่ใช้เวลาในการว่ายนานกว่าการว่ายน้ำท่าอื่น ๆ เพราะ มีแรงต้านการเคลื่อนไหวของน้ำจำนวนมากจากท่าทางของร่างกาย (Body position) และการเคลื่อนมือใต้น้ำกลับสู่ท่าเริ่มต้น (Underwater arm recovery) ซึ่งการเคลื่อนแขนไปข้างหน้าที่ต้องอยู่ใต้น้ำ และความกว้างของการเตะขาจะมีผลต่อท่าทางของร่างกาย และการเคลื่อนที่ในน้ำ ดังนั้นการพัฒนาการว่ายน้ำท่ากบ ควรฝึกให้ร่างกายมีการเคลื่อนไหว ที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างการเคลื่อนไหวแขนและขา

การว่ายน้ำท่าผีเสื้อ

การว่ายน้ำท่าผีเสื้อจะแตกต่างจากการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ กรรเชียง และกบ เนื่องจากลักษณะการเคลื่อนไหวแขน และใช้กำลังกล้ามเนื้อแตกต่างกัน การว่ายน้ำท่าผีเสื้อมีความเร็วเป็นลำดับที่สองรองจากการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ดังนั้นจึงต้องใช้ความมั่นคงของลำตัว ความแข็งแรงกำลังกล้ามเนื้อ และความอ่อนตัว โดยการว่ายท่าผีเสื้อมีการทำ Streamline 3 ครั้งต่อ 1 Stroke การว่ายครั้งที่ 1 เมื่อแขนจ้วงลงในน้ำ มีการเตะเท้าลงครั้งที่ 1 ทำให้ร่างกายถูกยกสูงขึ้น ครั้งที่ 2 เมื่อแขนเคลื่อนลงมาประมาณ ½ ของ Stroke cycle และครั้งที่ 3 เมื่อแขนอยู่เหนือน้ำ เข้าสู่ Recovery phase

มีการเตะขาครั้งที่ 2 ทำให้ตัวเคลื่อนไปข้างหน้า จึงเป็นการว่ายน้ำที่ต้องใช้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลำตัวเป็นอย่างมาก

ระบบพลังงาน

พลังงาน เป็นปัจจัยหลักที่มีความสำคัญในการทำงานของกล้ามเนื้อ แหล่งพลังงานในกล้ามเนื้อ คือ เอทีพี (Adenosine triphosphate: ATP) โดยเป็นสารอินทรีย์เชิงซ้อน ที่ประกอบไปด้วย อะดีนีน น้ำตาลไรโบส และกลุ่มฟอสเฟต

ATP เก็บสะสมไว้ในเซลล์โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ และมีการเก็บสะสมไว้อย่างจำกัด ใช้สำหรับทำงานในระยะเวลาสั้น ๆ (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และกุลธิดา เชิงฉลาด, 2544) เมื่อร่างกายใช้พลังงานไปแล้วก็สามารถสร้างกลับคืนมาได้ โดยการเพิ่มกลุ่มฟอสเฟตเข้าไปในเอดีพี (Adenosine diphosphate: ADP)

สามารถแบ่งพลังงานที่ใช้ในกีฬาว่ายน้ำ ได้ 3 ระบบ ได้แก่

1. ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic system or anaerobic metabolism)

ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก จะถูกใช้ในการว่ายน้ำ เช่น ในการว่ายระยะสั้น (ระยะ 50 และ 100 เมตร) การถีบตัวออกจากขอบสระ การกลับตัว การเร่งความเร็วในช่วงสุดท้ายจนถึงแตะขอบสระ เป็นต้น

ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก มี 2 ลักษณะ ได้แก่

1.1 ระบบพลังงาน ATP-PC ที่ไม่ก่อให้เกิดกรดแลคติก ซึ่งมีชื่อที่ใช้เรียกระบบนี้ เช่น Adenosine triphosphate-phosphocreatine (ATP-PC), Adenosine triphosphate-creatinephosphate (ATP-CP), Alactic, Phosphagen immediate เป็นต้น โดยเมื่อกล้ามเนื้อมีการหดตัวในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ จะเกิดการสร้างพลังงานจากการสลายตัวของ ATP ที่สะสมในกล้ามเนื้อโดยไม่ใช้ออกซิเจน และได้สาร ADP กับ Phosphocreatines (PCr) หลังจากนั้นร่างกายมีการสร้างสาร ATP กลับคืนจากการรวมตัวของ ADP กับ PCr เกิดเป็นสาร ATP สะสมในเซลกล้ามเนื้อเหมือนเดิม ภายในเวลา 2-3 นาที (สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา, 2557)

1.2 ระบบพลังงาน Anaerobic glycolysis หรือระบบพลังงาน ATP-PC ที่ก่อให้เกิดกรดแลคติก เกิดจากหดตัวของกล้ามเนื้อด้วยความหนักสูงสุดในช่วงเวลา 1-2 นาที เช่นจากการว่ายน้ำระยะ 100 เมตร เป็นต้น โดยกลูโคส และไกลโคเจน (Glycogen) ในเลือด จะถูกนำมาสร้างเป็นพลังงานโดยไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งในช่วงแรกนั้นร่างกายจะใช้พลังงานในระบบ ATP-PC แต่เนื่องจาก ATP ที่เก็บสะสมในกล้ามเนื้อมีจำกัด จึงเกิดการสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อและตับเพื่อให้ได้พลังงานใช้ในการเคลื่อนไหวต่อไป โดยปัจจัยที่จำกัดการสร้างพลังงานนี้คือ การเกิดไฮโดรเจนอิออน (H^-) ปริมาณของไกลโคเจนที่สะสมไว้ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน และไม่ได้ใช้ออกซิเจนในการสลาย

ไกลโคเจนทำให้เกิดกรดแลคติก เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวด้วยความหนักที่มาก เป็นเวลาที่ต่อเนื่องทำให้กรดแลคติกสะสมในกล้ามเนื้อจึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดความล้า และจำกัดความสามารถในการทำงานของร่างกาย (สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา, 2557)

2. ระบบพลังงานแบบแอโรบิก (Aerobic system or aerobic metabolism)

ระบบพลังงานแบบแอโรบิกนี้จะใช้เวลาที่ยาวนาน ทำให้การทำงานของระบบหายใจและระบบไหลเวียนทำงานมากขึ้น เกิดการขนส่งออกซิเจนให้กับกล้ามเนื้อได้อย่างเพียงพอ ถึงแม้ว่าจะใช้ไกลโคเจนแตกตัวเป็นพลังงาน และเป็นแหล่งพลังงานที่กลับมาสังเคราะห์ใหม่เหมือนระบบพลังงาน ATP-PC ที่ก่อให้เกิดกรดแลคติกแต่ระบบพลังงานแบบแอโรบิกจะใช้ออกซิเจนในการสลายไกลโคเจน ทำให้เกิดกรดแลคติกน้อย ไม่เป็นอุปสรรคต่อการฝึกซ้อม สามารถฝึกซ้อมได้อย่างต่อเนื่อง และยาวนาน ซึ่งร่างกายจะใช้พลังงานแบบนี้เมื่อเคลื่อนไหวด้วยความหนักสูงสุดในช่วงเวลาตั้งแต่ 2 นาทีขึ้นไป

โดยทั่วไปแล้วระบบพลังงานแบบแอโรบิก มีแหล่งพลังงานอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ จากการเผาผลาญกลูโคส และจากการเผาผลาญไขมัน

ระบบพลังงานจากการเผาผลาญกลูโคส (Glucose metabolism) เกิดขึ้นเมื่อร่างกายมีการเคลื่อนไหวที่ใช้เวลานาน หรือว่ายน้ำระยะไกล (800-1,500 เมตร) เกิดการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตและกลูโคส ที่ไมโตคอนเดรียในกล้ามเนื้อ ทำให้ได้พลังงาน ATP คาร์โบไฮเดรตและน้ำ

ส่วนระบบพลังงานจากการเผาผลาญไขมัน (Fat metabolism) ร่างกายจะมีการสร้างพลังงานโดยใช้แหล่งพลังงานจากไขมัน (สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา, 2557) โดยระบบพลังงานแบบต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการว่ายน้ำตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปตามระยะทาง และเวลาที่แตกต่างกันในการว่ายน้ำได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การใช้ระบบพลังงานแบบต่าง ๆ สำหรับการว่ายน้ำที่มีระยะทาง และระยะเวลาที่แตกต่างกัน (Kable, 2014 a)

เวลาในการแข่งขัน (Competitions times)	ระยะทางในการแข่งขัน (Race distances)	ระบบพลังงาน ATP-PC (เปอร์เซ็นต์)	ระบบพลังงาน Anaerobic glycolysis (เปอร์เซ็นต์)	ระบบพลังงาน Aerobic	
				ระบบพลังงานจากการเผาผลาญกลูโคส (Glucose metabolism) (เปอร์เซ็นต์)	ระบบพลังงานจากการเผาผลาญไขมัน (Fat metabolism) (เปอร์เซ็นต์)
10-15 วินาที	25 เมตร	50	50	-	-
19-30 วินาที	50 เมตร	20	60	20	-
40-60 วินาที	100 เมตร	10	55	35	-
1.30-2 นาที	200 เมตร	7	40	53	-
2-3 นาที	200 เมตร	5	40	55	-
7-10 นาที	800 เมตร	-	25	73	2
10-12 นาที	900 เมตร	-	20	75	5
14-22 นาที	1,500 เมตร	-	15	78	7

การว่ายน้ำระยะสั้นจะมีการใช้พลังงานส่วนใหญ่จาก PCr ที่เก็บสะสมในกล้ามเนื้อ ภัทราพร ชัยสำเร็จ (2559) กล่าวว่า ในการว่ายน้ำระยะสั้น 50 เมตร จะใช้เวลาในการว่ายไม่เกิน 30 วินาที โดยการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์จะเป็นท่าที่สามารถว่ายได้เร็วที่สุดและทำเวลาได้ดีที่สุด ต่อด้วย ท่าผีเสื้อ ท่ากรรเชียง และท่ากบ ตามลำดับ โดยระบบพลังงานแบบ ATC-PC ถูกใช้หมดไปในช่วงเวลา 6 วินาทีแรก ของการว่าย หลังจากนั้นระบบพลังงาน ATP-PC ที่ก่อให้เกิดกรดแลคติกจะถูกนำมาใช้ในระยะเวลา 1-2 นาที ดังนั้นการว่ายน้ำระยะสั้นจึงใช้ระบบพลังงาน ATP-PC และระบบพลังงาน ATP-PC ที่ก่อให้เกิดกรดแลคติก เป็นหลัก

การว่ายน้ำระยะกลางและระยะไกลนั้น โดยทั่วไปแล้วจะใช้ระยะเวลาสำหรับการแข่งขันตั้งแต่ 45 วินาที ไปจนถึง 15 นาที มีการใช้ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกที่ก่อให้เกิดกรดแลคติกและระบบพลังงานแบบแอโรบิก (Capelli, Termin, & Pendergast, 1998) ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะทางและเวลาที่ใช้ในการแข่งขัน โดย การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ที่ใช้เวลาในการว่ายน้ำประมาณ 3-4 นาที หรือในการแข่งว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ระยะทาง 1,500 เมตร ในนักกีฬาชั้นนำเพศชาย ที่ใช้ระยะเวลาประมาณ 15 นาที และในนักกีฬาว่ายน้ำชั้นนำเพศหญิง ใช้เวลาประมาณ 16 นาที จะใช้ระบบ

พลังงานแบบแอโรบิก เนื่องจากในช่วงเวลา 2 นาทีแรกนั้น ระบบพลังงานแบบ ATP-PC และ Anaerobic glycolysis ได้ถูกนำมาใช้หมดไปจึงต้องอาศัยพลังงานในระบบแอโรบิกมากกว่าการว่ายน้ำระยะสั้น (Pyne & Sharp, 2014)

เนื่องจากการแข่งขันว่ายน้ำใช้ระยะทางการแข่งขันที่หลากหลาย มีการใช้ระบบพลังงานที่แตกต่างกัน ดังนั้นนักกีฬาว่ายน้ำจึงควรมีทักษะการว่ายน้ำที่ดีจึงจะสามารถทำให้นักกีฬาลดแรงต้านทานจากน้ำ และใช้แรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และควรมีการออกแบบการฝึกซ้อมที่สามารถพัฒนาระบบพลังงานทั้งแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก ควบคู่กัน (Pyne & Sharp, 2014)

ตารางที่ 2 ระบบพลังงานที่ใช้ในการว่ายน้ำระยะทางต่าง ๆ (Kable, 2014 b)

การว่ายน้ำซ้ำหลายรอบ (Repeat sets)					
รูปแบบและระยะทาง (Type and distance)	**เวลาที่ใช้ในการว่ายน้ำ (Send-off times)**	**ระบบพลังงาน ATP-PC (เปอร์เซ็นต์)**	**ระบบพลังงาน Anaerobic metabolism (เปอร์เซ็นต์)**	**ระบบพลังงาน Aerobic**	
				ระบบพลังงานจากการเผาผลาญกลูโคส (Glucose metabolism) (เปอร์เซ็นต์)	**ระบบพลังงานจากการเผาผลาญไขมัน (Fat metabolism) (เปอร์เซ็นต์)**
แบบ Sprints					
10-15 เมตร	1-2 นาที	50	50	-	-
25 เมตร	1-2 นาที	20	80	-	-
แบบ Anaerobic					
50 เมตร	3-5 นาที	15	60	25	-
100 เมตร	5-10 นาที	10	50	40	-
200 เมตร	8-12 นาที	2	35	63	-
แบบ Aerobic					
Set length	15-20 นาที	-	15	80	5
	30-40 นาที	-	5	75	20
	50-80 นาที	-	2	70	28

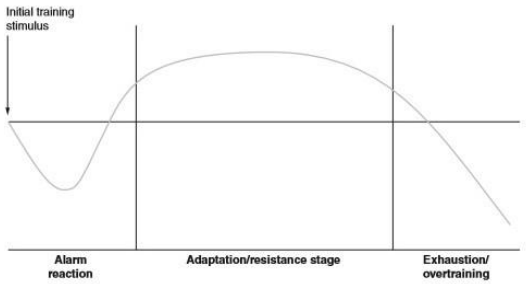
การวางแผนการฝึกซ้อมและโปรแกรมการฝึกในกีฬาว่ายน้ำ

การฝึกซ้อมว่ายน้ำจำเป็นจะต้องมีการวางแผนการฝึกซ้อม (Periodization) ซึ่งนำหลักของการปรับตัวพื้นฐาน (General adaptation) และหลักของความก้าวหน้า (Progressive overload) มาใช้เพื่อจัดตารางการฝึกที่ดี โดยจัดให้มีช่วงพักเพื่อให้ร่างกายได้ฟื้นคืนสภาพอย่างเต็มที่ และเพื่อช่วยให้ร่างกายหรือกล้ามเนื้อมีการพัฒนาได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยทั่วไปแล้วร่างกายมีการปรับตัวจากการฝึกซ้อมอยู่ 3 ขั้นตอน (Riewald, 2015 a) คือ

1. เมื่อมีการฝึกซ้อม ร่างกายถูกกระตุ้นให้ตอบสนองต่อสิ่งเร้า (เช่น การเพิ่มปริมาณการฝึก หรือเพิ่มระดับความหนักในการฝึกซ้อม) ในช่วงแรกนี้ ร่างกายจะมีการต่อสู้กับสิ่งเร้า (Fight-or-flight) เพื่อเตรียมความพร้อมของร่างกายทำให้ประสิทธิภาพของระบบภูมิคุ้มกัน (Immune system) ลดลงในระยะเวลาสั้น ๆ

2. ร่างกายจะเริ่มเข้าสู่กระบวนการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งเร้าแบบใหม่ ถ้ามีการฝึกซ้อมต่อเนื่องกันไปจะทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น ระบบพลังงานจะสามารถผลิต ATP ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อใช้ในการฝึกซ้อมต่อไป

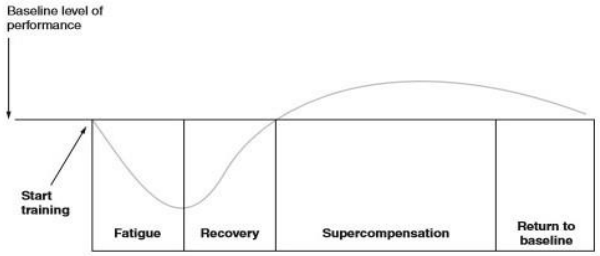
3. ในขั้นตอนนี้ ถ้าปริมาณการฝึกซ้อมมีมากหรือนานเกินไปร่างกายจะไม่สามารถปรับเปลี่ยนหรือซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากการฝึกนี้ได้ ทำให้อยู่ในช่วง Exhaustion stage ซึ่งโดยปกติแล้วจะส่งผลให้ความสามารถลดลง (เกิดภาวะ Overtraining) ในทางกลับกันถ้าหากนักกีฬาได้รับการพักที่เพียงพอจะทำให้มีการปรับตัวได้ (ดังภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 หลักของการปรับตัวจากการฝึกซ้อม (Riewald, 2015 a)

เป้าหมายของการวางแผนการฝึกซ้อม คือ เพื่อปรับการฝึกซ้อม และการฟื้นคืนสภาพของร่างกายให้มีความเหมาะสม ซึ่งโปรแกรมการฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำไม่ควรจะเข้าสู่ Exhaustion stage แต่ควรจะได้รับการฟื้นสภาพเพื่อความความสมบูรณ์ของร่างกาย และเมื่อร่างกายเกิดความล้า

ควรกำหนดให้มีการพักในระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อที่จะให้ร่างกายสามารถฟื้นคืนสภาพและกลับเข้าสู่การฝึกซ้อมต่อไป (ดังภาพที่ 3)

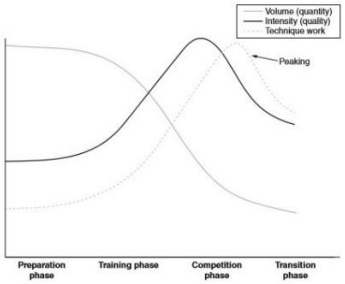


ภาพที่ 3 เป้าหมายของการฝึกซ้อมว่ายน้ำ (Riewald, 2015 a)

ในการวางแผนการฝึกซ้อมควรมีการคำนึงถึงการเจริญเติบโต และพัฒนาการของนักกีฬาเยาวชนที่ร่างกายยังไม่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ ซึ่งอาจจะทำให้ใช้ระยะเวลาในการฝึกซ้อมไม่เท่ากับนักกีฬาวัยผู้ใหญ่ ผู้ฝึกสอนว่ายน้ำจึงควรมีการวางแผนการฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มความสามารถและให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของนักกีฬา (Thomas, Mujika, & Busso, 2008)

การวางแผนการฝึกซ้อมรายปี (Macrocycle)

แผนการฝึกซ้อมรายปี เป็นแผนการฝึกซ้อมระยะยาวที่สุดใน Periodized plan โดยทั่วไปจะหมายถึง 1 ฤดูกาลแข่งขัน ซึ่งอาจจะกำหนด 1 แผนการฝึกซ้อมรายปี เท่ากับ 12-20 สัปดาห์ สำหรับการเตรียมนักกีฬาเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันทั้งในระดับชาติ และระดับนานาชาติ ทั้งนี้จะมีการตั้งเป้าหมายการฝึกซ้อมของนักว่ายน้ำให้มีความสามารถสูงสุด (Peak) อย่างน้อย 1 ครั้ง แต่หากในปีนั้น มีการแข่งขันสำคัญ 2 ครั้ง แผนการฝึกซ้อมรายปีอาจจะประกอบด้วยแผนการฝึกซ้อมรายเดือน (Macrocycle) 2 แผน (สำหรับนักว่ายน้ำระดับโอลิมปิก 1 Macrocycle อาจจะหมายถึงช่วงเวลา 4 ปี แต่สำหรับนักว่ายน้ำเยาวชนกลุ่มอายุ ต่าง ๆ อาจจะหมายถึง ช่วงเวลาสั้น ๆ ภายในปีนั้น) นอกจากนี้การฝึกซ้อมอาจใช้การวางแผนการฝึกโดยใช้ระดับความหนักที่มากในช่วงการเตรียมความพร้อมของนักกีฬา (Preparation) และค่อย ๆ ลดปริมาณการฝึก (Quantity) เพิ่มระดับความหนัก (Quality) เพื่อให้มีช่วง Peak ให้ตรงกับช่วงแข่งขัน (ดังภาพที่ 4)

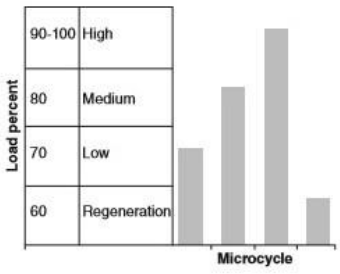


ภาพที่ 4 การลดปริมาณฝึกซ้อมที่คาดหวังให้ Peak ในช่วงแข่งขัน (Riewald, 2015 a)

การวางแผนการฝึกซ้อมรายเดือน (Mesocycle)

Mesocycle เป็นแผนการฝึกซ้อมที่กำหนดระยะเวลารายเดือนภายใต้รูปแบบการฝึกซ้อมรายปี โดยทั่วไปจะมีระยะเวลาตั้งแต่ 2-8 สัปดาห์ ในแผนการฝึกซ้อมรายเดือน จะประกอบไปด้วยแผนการฝึกซ้อมรายสัปดาห์ (Microcycle) 2-6 แผน (Riewald, 2015 a) ซึ่งระยะเวลาหรือจำนวนสัปดาห์ของการฝึกซ้อมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของแต่ละช่วงการฝึก

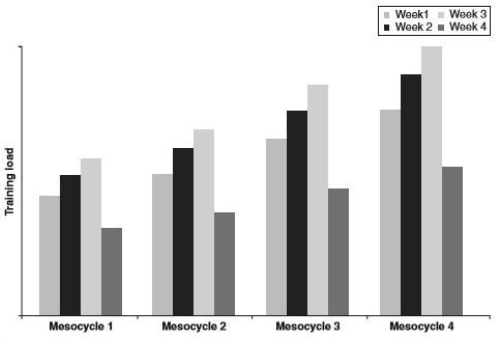
การสร้างแผนการฝึกซ้อมรายเดือน ใน 1 ฤดูกาลแข่งขัน ควรมีการพิจารณาถึงระยะเวลาการฝึกซ้อมที่เหมาะสม การกำหนดปริมาณการฝึกซ้อม และระดับความหนักในการฝึกที่ควรมีความแตกต่างกัน เพื่อให้เกิดการปรับตัว และช่วยให้นักกีฬาสามารถบรรลุเป้าหมายของการฝึกซ้อมในฤดูกาลนั้น ๆ



ภาพที่ 5 ระดับการฝึกซ้อมที่หลากหลาย ใน 4 Microcycle หรือ 1 Mesocycle (Bompa, 1999)

ความหนักในการฝึกซ้อมที่หลากหลายเป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการออกแบบแผนการฝึกซ้อมรายเดือน ซึ่งในการเตรียมความพร้อม 8 สัปดาห์ อาจเน้นพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหรือความสามารถในการยืนระยะเชิงแอโรบิก โดยนำแผนการฝึกซ้อมรายสัปดาห์ที่เน้นการฝึกเทคนิคเข้ามารวมไว้ด้วยกัน การกำหนดแผนการฝึกซ้อมแบบนี้จะทำให้ได้รูปแบบการ

ฝึกซ้อมใหม่ ๆ ในขณะที่ยังคงมีการกำหนดเป้าหมายการฝึกแบบเฉพาะควบคู่กันไป



ภาพที่ 6 ตัวอย่างแผนการฝึกซ้อม 4 Mesocycle (Riewald, 2015 a)

ลักษณะของแผนการฝึกซ้อม Macrocycle ในกีฬาว่ายน้ำ ประกอบไปด้วย 4 Mesocycle ตามการแบ่งช่วงของการฝึกซ้อมของสมาคมว่ายน้ำแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วย ช่วงการปรับตัวพื้นฐานของร่างกาย (Preparation phase) ใช้ระยะเวลา 4-8 สัปดาห์ ช่วงการฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจง (Specific phase) ใช้ระยะเวลา 2-4 สัปดาห์ ช่วงการลดปริมาณ และเพิ่มคุณภาพของการฝึกซ้อม/ การแข่งขัน (Taper/ competition phase) ใช้ระยะเวลา 1-3 สัปดาห์ และช่วงการพักจากการฝึกซ้อมเพื่อการฟื้นคืนสภาพทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ (Transition phase)ใช้ระยะเวลา 1-4 สัปดาห์

ช่วงการปรับตัวพื้นฐานของร่างกาย

ช่วงการปรับตัวพื้นฐานของร่างกาย (Preparation phase) เป็นช่วงการฝึกเพื่อพัฒนาการทำงานของระบบหัวใจ และไหลเวียน โดยเน้นการพัฒนาความสามารถในการยืนระยะเชิงแอโรบิก (Aerobic capacity) ที่ใช้ปริมาณการฝึกและความหนักที่ต่ำ (Low volume-low intensity) ซึ่ง Chatard, Mujika, Guy, and Lacour (1999) ได้แนะนำปริมาณการฝึกซ้อมว่ายน้ำในช่วงการปรับตัวพื้นฐานของร่างกายที่สอดคล้องกับอายุของนักกีฬา ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณการฝึกซ้อมว่ายน้ำในแต่ละช่วงอายุ (Chatard et al., 1999)

อายุ	10 ปี	11-12 ปี	13-14 ปี	15-16 ปี	มากกว่า 17 ปี
ระยะทางต่อวัน	3.5-4 km	4-4.5 km	4.5-5.5 km	5.5-10 km	6-10 km
ระยะทางต่อสัปดาห์	20 km	25 km	30 km	35-40 km	45-60 km

ในการฝึกเตรียมความพร้อมของร่างกายช่วงเริ่มต้นฤดูกาล จะสร้างความแข็งแรงของร่างกาย โดยเน้นการเสริมสร้างความแข็งแรงสำหรับกล้ามเนื้อทุกส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ลำตัวส่วนบน ลำตัวส่วนล่าง และความมั่นคงของข้อต่อต่าง ๆ ควบคู่กับการพัฒนาด้านความอ่อนตัว เนื่องจากนักกีฬาว่ายน้ำจะมีความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ และข้อต่อ Trunk flexors มากกว่า Trunk extensors รวมถึงมีความยืดหยุ่นของข้อต่อและกล้ามเนื้อหัวไหล่กลุ่ม Internal rotators ที่มากกว่า External rotators ทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ง่าย จึงควรเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทุก ๆ ส่วน รวมถึงการพัฒนาระบบแอโรบิกเพื่อให้เกิดความคุ้นเคยกับการฝึกซ้อมอย่างสม่ำเสมอ และพัฒนาเทคนิคการว่ายให้มีประสิทธิภาพ (Riewald, 2015 a)

ช่วงการฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจง

ช่วงการฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจง (Specific phase) เป็นช่วงที่เน้นการพัฒนาความเร็วในการว่ายน้ำด้วยการใช้ความหนักของการฝึกที่สูงขึ้น (Higher intensity training) ควบคู่กับการพัฒนากำลังเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic power) โดยช่วงนี้เป็นช่วงของการฝึกซ้อมที่เน้นการเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการฝึกกำลัง และพัฒนาทักษะเฉพาะด้านของนักว่ายน้ำ ซึ่งอาจใช้เวลา 4-12 สัปดาห์ ขึ้นอยู่กับแผนการฝึกซ้อม Macrocycle

ในช่วงท้ายของการฝึกในระยะนี้ควรมีการพัฒนากำลังสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำระยะสั้นหรือฝึกความอดทนของกล้ามเนื้อสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำระยะกลาง และระยะไกล โดยอาจใช้ระยะเวลา 4-5 สัปดาห์ ในการพัฒนากำลังหรือ 6-8 สัปดาห์ สำหรับการปรับตัวจากการฝึกความอดทนของกล้ามเนื้อ (Bompa, 1999)

ช่วงการลดปริมาณและเพิ่มคุณภาพของการฝึกซ้อม/ การแข่งขัน

ช่วงการลดปริมาณและเพิ่มคุณภาพของการฝึกซ้อม/ การแข่งขัน (Taper/ competition phase) เป็นช่วงที่มีเป้าหมายให้นักกีฬามีร่างกายที่พร้อมสูงสุดทุกด้าน สำหรับการแข่งขันที่กำลังจะเกิดขึ้น การฝึกซ้อมในช่วงนี้จะมุ่งเน้นการคงสภาพความแข็งแรง และความอดทนของกล้ามเนื้อรวมถึงการพัฒนาทักษะที่เฉพาะสำหรับการว่ายน้ำอย่างต่อเนื่องโดยพัฒนาประสิทธิภาพของการว่าย และและชดเชยพลังงานในการแข่งขัน ในช่วงนี้ บางครั้งอาจเรียก Taper นักกีฬาจะมีการลดปริมาณ และความหนักในการฝึกซ้อม และเน้นการปรับปรุงประสิทธิภาพในการว่ายน้ำ ซึ่งนักกีฬาว่ายน้ำจะมีช่วง Peak ที่คงอยู่ประมาณ 3 สัปดาห์ ในช่วงการแข่งขัน หลังจากนั้นการว่ายจะลดประสิทธิภาพลงทำให้นักกีฬาต้องกลับไปเริ่มทำการฝึกซ้อมใหม่

Mujika (2009) กล่าวว่า ในการลดปริมาณ และความหนักของการฝึกนั้น สามารถทำได้โดยการลดระยะเวลาของการฝึกซ้อมลงหรือแม้กระทั่งการลดความถี่ของการฝึกซ้อมลง โดยคงระดับของความหนัก (Intensity) เอาไว้ ซึ่งปริมาณการฝึกซ้อมควรมีความหนัก ร้อยละ 41-60 ของปริมาณ

ที่ฝึกซ้อมทั้งหมดซึ่งรวมถึงการฝึกซ้อมบนบกด้วย ซึ่งได้จำแนกรูปแบบของ Taper ก่อนจะเข้าสู่การแข่งขันออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่

1. การลดปริมาณ และความหนักของการฝึกแบบเส้นตรง (Linear taper)

2. การลดปริมาณ และความหนักของการฝึกซ้อมแบบเอ็กโพเนนเชียล (Exponential taper) โดยการลดปริมาณ และความหนักของการฝึกอย่างช้า ๆ (Slow decay) และลดปริมาณและความหนักของการฝึกลงอย่างรวดเร็ว (Suddenly or fast decay)

3. การลดปริมาณ และความหนักของการฝึกแบบมีลำดับ (Step taper) โดยการลดปริมาณของการฝึกซ้อม และใช้ความหนักของการฝึกในระดับเดียวกันตลอดการ Taper

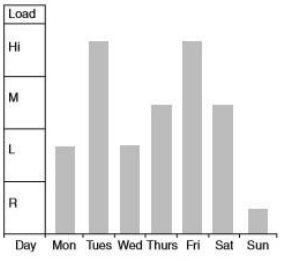
ช่วงการพักจากการฝึกซ้อมเพื่อการฟื้นคืนสภาพ

ช่วงการพักจากการฝึกซ้อมเพื่อการฟื้นคืนสภาพทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ (Transition phase) เป็นช่วงหลังการแข่งขันที่ร่างกายจะได้รับการพักจากการฝึกซ้อมเพื่อการฟื้นคืนสภาพทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ โดยนักกีฬายังคงมีการฝึกซ้อมว่ายน้ำอยู่บ้างแต่ระดับความหนักในการฝึกซ้อมจะลดลง ร้อยละ 60-70 แต่ไม่ควรเกิน 4-6 สัปดาห์ เพื่อไม่ให้สมรรถภาพร่างกายลดลงมาก

การวางแผนการฝึกซ้อมรายสัปดาห์ (Microcycle)

เป็นแผนการฝึกซ้อมหน่วยที่เล็กที่สุดของการวางแผนการฝึกซ้อม โดยระยะเวลาของแผนการฝึกซ้อมรายสัปดาห์ มีระยะเวลา 4-10 วัน (Riewald, 2015 a) ซึ่งแผนการฝึกซ้อมรายสัปดาห์จะเน้นพัฒนาทักษะที่เฉพาะเจาะจง เช่น การกระตุ้นให้นักกีฬาทนต่อความล้าเพื่อพัฒนากำลัง เป็นต้น ซึ่งผู้ฝึกสอนควรมีการระบุวัตถุประสงค์การฝึกซ้อม และกำหนดรายละเอียดการฝึกซ้อมในแต่ละวัน อย่างชัดเจน เช่นจำนวนเซทในการว่าย (Repetitions) ระดับความหนัก (Intensity) และเวลาพักระหว่างการว่ายแต่ละเซท (Rest) เป็นต้น

นอกจากนี้ควรเริ่มฝึกซ้อมที่ความหนักต่ำ และเพิ่มความหนักขึ้นในวันต่อ ๆ ไป ซึ่งควรมีการจัดระดับความหนักในการฝึกซ้อมให้มีความสมดุลระหว่างการฝึกที่หนักมาก การฝึกที่หนักปานกลาง การฝึกที่ความหนักต่ำ และระยะเวลาการพัก



ภาพที่ 7 การกำหนดความหนักในการฝึกซ้อมภายใน Microcycle (Bompa, 1999)

โปรแกรมการฝึกในกีฬาว่ายน้ำ

ในการกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อมว่ายน้ำจะมีการกำหนดชื่อของระบบพลังงานที่ใช้ฝึกซ้อม ทำให้สามารถกำหนดประเภทในการฝึกซ้อมว่ายน้ำได้ดังนี้ (United State Swimming, 1995)

1. REC หมายถึง การใช้ออกซิเจนสำหรับการฟื้นสภาพในช่วง Recovery เป็นการฝึกซ้อมโดยใช้ระบบพลังงานแบบแอโรบิก เพื่อให้ชีพจรคืนสู่สภาวะปกติ ซึ่งเป็นการฝึกซ้อมที่ระดับความหนักน้อยมาก (Very light) ลักษณะของการว่ายน้ำใช้ Warm up/ Drill/ Technique work โดยไม่มีความเร็วที่เฉพาะเจาะจง ทั้งการดึงแขนหรือการเตะขา ซึ่งปริมาณแลคติกในเลือดควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0-2 มิลลิลิตรต่อลิตร (Mm/ L)

2. EN1 หมายถึง การพัฒนาการใช้ออกซิเจน โดยใช้ระบบพลังงานแบบแอโรบิก มีระดับความหนักในการฝึกซ้อมที่น้อย (Light) ความเร็วในการว่ายทั้งการเตะขาและดึงแขนจะช้ากว่า EN2 ประมาณ ร้อยละ 5 กำหนดให้ชีพจรอยู่ในช่วงระหว่าง 120-140 ครั้งต่อนาที และใช้การพักระหว่างการว่ายน้ำ 10-30 วินาที ซึ่งปริมาณแลคติกในเลือดควรมีค่าอยู่ระหว่าง 1-3 มิลลิลิตรต่อลิตร (Mm/ L)

3. EN2 หมายถึง การใช้ออกซิเจนร่วมกับไม่ใช้ออกซิเจน แบบที่ 1 โดยเป็นการใช้ระบบพลังงานแบบแอโรบิกร่วมกับระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก มีระดับความหนักในการฝึกซ้อมค่อนข้างหนัก (Somewhat hard) กำหนดให้ชีพจรอยู่ในช่วงระหว่าง 130-170 ครั้งต่อนาที และใช้การพักระหว่างการว่ายน้ำ 10-30 วินาที ซึ่งปริมาณแลคติกในเลือดควรมีค่าอยู่ระหว่าง 3-5 มิลลิลิตรต่อลิตร (Mm/ L)

4. EN3 หมายถึง การใช้ออกซิเจนร่วมกับไม่ใช้ออกซิเจน แบบที่ 2 โดยเป็นการใช้ระบบพลังงานแบบแอโรบิกร่วมกับระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก มีระดับความหนักในการฝึกซ้อมที่หนัก (Hard) ความเร็วที่ใช้ในการว่ายน้ำจะเร็วกว่า EN2 ร้อยละ 3-7 ชีพจรจะมีค่าอยู่ในช่วง 160 ครั้งต่อนาที จนถึงชีพจรสูงสุด ใช้การพักระหว่างการว่ายน้ำ 20 วินาที โดยกำหนดอัตราส่วนเวลาในการว่ายน้ำต่อเวลาในการพักเป็น 1 : 1 ซึ่งปริมาณแลคติกในเลือดควรมีค่าอยู่ระหว่าง 4-8 มิลลิลิตรต่อลิตร (Mm/ L)

5. SP1 หมายถึง การว่ายแบบไม่ใช้ออกซิเจน แบบที่ 1 ซึ่งเป็นการใช้ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก มีระดับความหนักในการฝึกซ้อมที่หนัก (Very hard) มีการใช้ความเร็วที่มากกว่าหรือดีกว่า Best time หรือเวลาเป้าหมายที่ตั้งไว้ ร้อยละ 90-95 โดยใช้ช่วงชีพจรสูงสุด และกำหนดอัตราส่วนเวลาในการว่ายน้ำต่อเวลาในการพักเป็น 1 : 1 ถึง 1 : 2 ซึ่งปริมาณแลคติกในเลือดควรมีค่าอยู่ระหว่าง 6-12 มิลลิลิตรต่อลิตร (Mm/ L)

6. SP2 หมายถึง การว่ายแบบไม่ใช้ออกซิเจน แบบที่ 2 ซึ่งเป็นการใช้ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก มีระดับความหนักในการฝึกซ้อมที่หนักมาก (Extremely hard) มีการใช้ความเร็วสูงสุดหรือ ร้อยละ 92-95 ของความเร็วแข่งขัน เช่น ว่ายน้ำที่ระยะทาง 50 เมตร (3 x 200) เซทที่ 1 เร็วกว่าความเร็วแข่งขัน ร้อยละ 10 เซทที่ 2 เร็วกว่าความเร็วแข่งขัน ร้อยละ 20 เซทที่ 3 เร็วกว่าความเร็วแข่งขัน ร้อยละ 30 โดยใช้ช่วงชีพจรสูงสุด และกำหนดอัตราส่วนเวลาในการว่ายน้ำต่อเวลาในการพักเป็น 1 : 1 ถึง 1 : 8 ซึ่งปริมาณแลคติกในเลือดควรมีค่าอยู่ระหว่าง 10-18 มิลลิลิตรต่อลิตร (Mm/ L)

7. SP3 หมายถึง การเร่งความเร็ว (Sprint) ซึ่งเป็นการใช้พลังงานในช่วงเวลาสั้น ๆ โดยใช้ความเร็วในการว่ายน้ำเป็นร้อยละ 110 ของความเร็วสูงสุด และกำหนดอัตราส่วนเวลาในการว่ายน้ำต่อเวลาในการพักเป็น 1 : 1 ถึง 1 : 6 โดยใช้ระยะทางในการว่าย 25 เมตร หรือสั้นกว่า และใช้เวลาในการว่ายไม่เกิน 15 วินาที ซึ่งปริมาณแลคติกในเลือดควรมีค่าอยู่ระหว่าง 2-3 มิลลิลิตรต่อลิตร (Mm/ L)

ตารางที่ 4 ประเภทของการฝึกซ้อมว่ายน้ำตามระบบพลังงาน (United State Swimming, 1995)

System description	**ชื่อเรียก**	**ชีพจร (bpm)**	**Work: Rest ratio**	**% Velocity**	**Lactate**
Non-specific speed swimming	REC	120	-	80 % Threshold speed	0-2 Mm/ L
Main aerobic swim/ kick/ pull	EN1	120-150	10-30 Sec's rest	95 % Threshold speed	1-3 Mm/ L
Threshold swim/ kick/ pull	EN2	140-170	10-40 Sec's rest	Threshold endurance speed	3-5 Mm/ L
VO2 max	EN3	160-180	20 Sec's rest to 1 : 1	104-107 % Threshold speed	4-8 Mm/ L
Lactate tolerance	SP1	Max	1 : 1 to 1 : 2	Use % of max velocity	6-12 Mm/ L
Peak lactate production	SP2	Max	1 : 1 to 1 : 8	Use % of max velocity	10-18 Mm/ L
Alactate speed/ power	SP3	-	1 : 2 to 1 : 6	100-110 % max velocity	2-3 Mm/ L

นอกจากนี้ยังมีการวางแผนการฝึกซ้อมที่เน้นระบบพลังงานตามช่วงเวลาการแข่งขัน เช่น ในช่วงการปรับตัวพื้นฐานของร่างกายจะเน้นการฝึก REC และ EN1 ใช้ระยะเวลา 1-4 สัปดาห์ ในช่วงการฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจงจะเน้นการฝึกซ้อม EN3 และ SP1 ใช้ระยะเวลา 2-4 สัปดาห์ ในช่วงการแข่งขันจะเน้นการฝึกซ้อม EN3 และ SP1 ใช้ระยะเวลา 2-4 สัปดาห์ และในช่วงการพักจากการฝึกซ้อมเพื่อการฟื้นคืนสภาพ จะเน้นการฝึก REC และ EN1 ใช้ระยะเวลา 1-4 สัปดาห์ เป็นต้น

ตารางที่ 5 รูปแบบแผนการฝึกซ้อมใน Periodization ระยะสั้น และระยะยาว (United State Swimming, 1995)

	Preseason	**Aerobic development**	**Anaerobic development**	**Race specific**	**Competition**
แผนการฝึกว่ายน้ำระยะยาว					
Primary	REC/ EN1	EN1/ EN2	EN3	EN3/ SP1	EN3/ SP1
Secondary	EN2	EN3	EN1/ EN2	EN1/ EN2	SP2
Maintenance	SP3	SP1	SP1	SP3	EN1/ EN2
Week	1-4	4-8	3-6	2-4	2-4
แผนการฝึกว่ายน้ำระยะสั้น					
Primary	REC/ EN1	EN1/ EN2	EN3/ SP1	SP1/ SP2	SP1/ SP2
Secondary	EN2	EN3	SP2/ SP3	SP3	SP3
Maintenance	SP3	SP3	EN1/ EN2	EN1/ EN2	EN1/ EN2
Week	1-4	4-8	3-5	2-4	2-5

สำหรับการฝึกซ้อมในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนที่เน้นการพัฒนาความอดทน การใช้พลังงานของนักกีฬาว่ายน้ำจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้ในการว่ายน้ำ ความเร็วที่ในการว่าย และอัตราพัก ซึ่งควรมีการจัดให้เหมาะสมกับนักกีฬาเยาวชนตามกลุ่มอายุต่าง ๆ เช่น นักกีฬาว่ายน้ำระยะกลาง ต้องการฝึกระบบ EN2 ต้องใช้การพักระหว่างการว่ายให้น้อยลง และควรมีระยะทางรวม 2,400-3,000 เมตร และจะต้องจัดเซทการว่ายให้ใช้เวลาประมาณ 25-30 นาที เป็นต้น

ตารางที่ 6 ระยะทางรวมสำหรับการฝึกนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน (United State Swimming, 1995)

Category	Time/ Min	AGE GROUP		
		9-10	10-12	13-14
EN1	40-60	500-2,000	1,500-3,000	2,500-4,000
EN2	25-35	600-1,200	800-1,500	1,200-3,000
EN3	15-30	400-800	600-1,000	800-1,500
SP1	N/ A	200-400	300-600	400-600
SP2	N/ A	100-300	200-400	300-400
SP3	N/ A	100-200	100-200	100-300

การแบ่งรุ่นอายุของนักกีฬาและการทดสอบในกีฬาว่ายน้ำ

การแบ่งรุ่นอายุของนักกีฬาในการแข่งขันกีฬาว่ายน้ำ

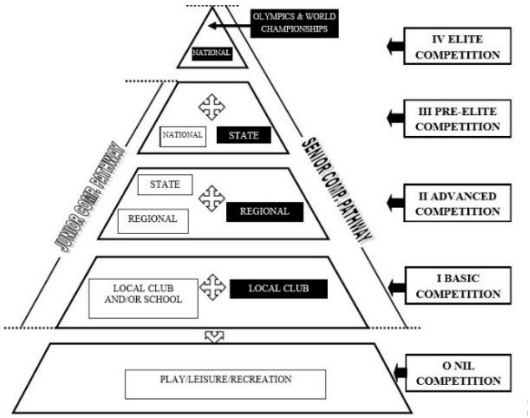
สมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย (สมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย, 2561) มีการแบ่งรุ่นของการแข่งขันตามกลุ่มอายุของนักกีฬาเยาวชน (Age group) และกลุ่มนักกีฬาทั่วไป ออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มทั่วไป คือนักกีฬาว่ายน้ำที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป
2. กลุ่ม 1 คือ นักกีฬาว่ายน้ำที่มีอายุระหว่าง 16-18 ปี
3. กลุ่ม 2 คือ นักกีฬาว่ายน้ำที่มีอายุระหว่าง อายุ 14-15 ปี
4. กลุ่ม 3 คือ นักกีฬาว่ายน้ำที่มีอายุระหว่าง อายุ 12-13 ปี
5. กลุ่ม 4 คือ นักกีฬาว่ายน้ำที่มีอายุต่ำกว่า 11 ปี

จะเห็นได้ว่า การแบ่งอายุของนักกีฬาว่ายน้ำมีความหลากหลาย โดยนักกีฬาเยาวชน (Age group) จะหมายถึง กลุ่มอายุ กลุ่ม 1-4 และหากใช้เกณฑ์ของสมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทยที่ใช้แบ่งอายุของนักกีฬาว่ายน้ำทำให้กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้มีอายุ 9-15 ปี ซึ่งเป็นนักกีฬาในระดับสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จึงใช้คำว่าเยาวชน โดยระดับของนักกีฬาจะสามารถแบ่งได้ 5 ระดับ (Gulbin, Weissensteiner , Oldenziel, & Gagné, 2013) ดังนี้

1. นักกีฬาระดับเริ่มต้น จะเล่นกีฬาเพื่อสุขภาพหรือเป็นกิจกรรมนันทนาการ
2. นักกีฬาระดับท้องถิ่น มีการแข่งขันกีฬาในระดับโรงเรียนหรือสโมสรท้องถิ่น
3. นักกีฬาระดับเขต มีการแข่งขันในระดับจังหวัด ภูมิภาค
4. นักกีฬาระดับชาติ มีการแข่งขันกีฬาในประเทศ

5. นักกีฬาระดับชั้นนำ จะมีการแข่งขันกีฬาระดับนานาชาติ



ภาพที่ 8 ระดับของนักกีฬา (Gulbin et al., 2013)

การทดสอบในกีฬาว่ายน้ำ

การทดสอบในกีฬาว่ายน้ำนั้นมีเป้าหมายเพื่อศึกษาสมรรถภาพด้านการใช้ระบบพลังงาน เพื่อสามารถนำไปประเมินผลการจัดโปรแกรมการฝึกซ้อมว่ายน้ำสำหรับนักกีฬาต่อไป โดยในการทดสอบสามารถทำได้โดยใช้วิธีวัดทางตรงจากการวัดปริมาณแลคเตทในเลือดในขณะว่ายน้ำ ซึ่งมีข้อดี คือ ได้ผลที่มีความเที่ยงตรงสูง แต่มีข้อจำกัด คือ ต้องใช้ผู้ทำการทดสอบที่มีความชำนาญ และอุปกรณ์ที่มีคุณลักษณะเฉพาะ และมีราคาสูง อีกวิธีการหนึ่งก็คือ การวัดทางอ้อม ทำได้โดยให้ว่ายน้ำตามเงื่อนไขที่กำหนด แล้วนำเวลาที่ว่ายในแต่ละระยะทาง มาแทนค่าในสมการ ซึ่งผลที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกับวิธีการวัดทางตรง ข้อดีคือ ใช้อุปกรณ์และผู้ทดสอบที่มีความชำนาญจำนวนไม่มาก

Fernandes, Aleixo, Soares, and Vilas-Boas (2008) ได้ทดสอบ Critical swimming speed (CSS) จากการหาความเร็วสูงสุดในการว่ายน้ำระยะไกล โดยปราศจากการหมดแรง เพื่อประเมินผลการใช้พลังงานในระบบแอโรบิก และใช้การทดสอบ Anaerobic critical velocity (AnCV) จากการว่ายน้ำในระยะสั้นเพื่อประเมินผลการใช้พลังงานในระบบแอนแอโรบิก

Toubekis, Tsami, and Tokmakidis (2006) ได้ศึกษาการทดสอบ CSS ในนักว่ายน้ำอายุ 12 ปี โดยใช้การทดสอบ 4 ระยะทาง คือ 50, 100, 200 และ 400 เมตร พบว่า ระยะทางที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบ CSS ในนักกีฬาว่ายน้ำ อายุ 12 ปี ควรใช้ 2 ระยะทาง คือ 50 เมตร และ 400 เมตร

Costa, Hernandez, Costa-Faidella, and Sebastian-Galles (2009) กล่าวว่า การทดสอบ CSS ที่ใช้ระยะ 100, 200 และ 400 เมตร นั้น ได้ผลการทดสอบที่ไม่แตกต่างกับการทดสอบความเร็วในการสะสมกรดแลคติกในเลือด 4 มิลลิโมล (mmol) และได้ผลไม่แตกต่างกับการทดสอบความเร็ว

ในการว่าย 30 นาที ดังนั้น การทดสอบ CSS จึงสามารถใช้เพื่อประเมิน Aerobic capacity ในนักกีฬาว่ายน้ำได้

Neiva, Fernandes, and Vilas-Boas (2011) ได้ทำการศึกษาการทดสอบ AnCV ในการว่ายท่าฟรีสไตล์ ท่ากบ ท่าผีเสื้อ และท่ากรรเชียง โดยเปรียบเทียบกับการว่ายน้ำฟรีสไตล์ 100 เมตร และ 6 x 50 เมตร และหาความสัมพันธ์ในการทดสอบระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก ผลการศึกษาพบว่าการทดสอบ AnCV สามารถใช้เพื่อดู Anaerobic capacity ได้ โดยใช้การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ผีเสื้อ กรรเชียง และท่ากบ ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า AnCV น่าจะเป็นตัวบ่งชี้สำคัญที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพในการว่ายน้ำระยะ 50 เมตร และ 100 เมตร และอาจเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญที่ใช้ชี้วัดผลการฝึกในระบบแอนแอโรบิกได้

การทดสอบ Anaerobic critical velocity (AnCV) (Fernandes et al., 2008)

การทดสอบ AnCV เป็นการทดสอบว่ายน้ำ 2 ระยะ คือ 12.5 เมตร และ 50 เมตร นำเวลาที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 ระยะ มาแทนค่าในสมการเพื่อคำนวณหาความเร็วในการว่ายน้ำ 100 เมตร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ว่ายน้ำด้วยความเร็วสูงสุด ในระยะ 12.5 เมตร
2. บันทึกเวลาในการว่ายน้ำ ในระยะ 12.5 เมตร
3. พักระหว่างระยะ 30 นาที
4. ว่ายน้ำด้วยความเร็วสูงสุด ในระยะ 50 เมตร
5. บันทึกเวลาในการว่ายน้ำ ในระยะ 50 เมตร
6. นำเวลาที่ได้จากการว่ายน้ำ ระยะ 12.5 เมตร และ 50 เมตร มาคำนวณหาความเร็ว AnCV โดยการแทนค่าในสมการที่ 1 สมการการคำนวณหาความเร็ว AnCV

$$y = ax + b \qquad (1)$$

เมื่อ y = ระยะการว่ายน้ำ (เมตร)

x = เวลาว่ายน้ำ (วินาที)

a = ความเร็ววิกฤตแบบไม่ใช้ออกซิเจน (เมตรต่อวินาที)

b = ค่าคงที่ (Y-interception value)

7. นำความเร็ว AnCV ที่คำนวณได้มาคำนวนหาเวลาในการว่ายน้ำระยะ 100 เมตร ในสมการที่ 2 สมการการคำนวณหาเวลาในการว่ายน้ำระยะ 100 เมตร

$$y = (a)\ (AnCV100time) + b \qquad (2)$$

เมื่อ y = ระยะการว่ายน้ำ (เมตร)

AnCV100time = เวลาในการว่ายน้ำระยะ 100 เมตร (วินาที)

a = ความเร็ว AnCV (เมตรต่อวินาที)

b = ค่าคงที่ (Y-interception value)

ตัวอย่าง การคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการว่ายน้ำ 100 เมตร

เวลาในการว่ายน้ำ 12.5 เมตร เท่ากับ 7 วินาที เวลาที่ใช้ในการว่ายน้ำ 50 เมตร เท่ากับ 35 วินาที

นำเวลาที่ได้จากการว่ายน้ำ 12.5 เมตร และ 50 เมตร มาแทนค่าในสมการที่ (1)

$12.5 = a\ (7) + b$ .....สมการที่ 1

$50 = a\ (35) + b$ .....สมการที่ 2

แก้สมการที่ 1 และ 2

$12.5 = a\ (7) + (50 - a35)$

$a = 37.5/ 28$

ความเร็ว AnCV = 1.34 เมตรต่อวินาที

ค่าคงที = 3.1

นำค่าความเร็ว AnCV และค่าคงที่ มาคำนวณในสมการที่ (2)

$Y = (a)\ (AnCV\ 100\ time) + b$

$100 = 1.34\ (AnCV\ 100\ time) + 3.1$

$AnCV\ 100\ time = (100-3.1)/\ 1.34$

เวลาในการว่ายน้ำระยะ 100 เมตร = 72.31 วินาที

การทดสอบ Critical swim speed (CSS) (Zarzeczny et al., 2011)

เป็นการทดสอบการว่ายในท่าฟรีสไตล์ให้เร็วที่สุด 2 ระยะทาง คือ 50 และ 400 เมตร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ทำการว่ายน้ำระยะทาง 400 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุด
2. ทำการบันทึกเวลาที่นักกีฬาว่ายได้ (บันทึกเวลาเป็น T2)
3. ทำการบันทึกอัตราการเต้นหัวใจทันทีหลังนักกีฬาว่ายน้ำแตะขอบสระ
4. นักกีฬาพัก 10 นาที
5. ทำการว่ายน้ำระยะทาง 50 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุด
6. บันทึกเวลาที่นักกีฬาว่ายได้ (บันทึกเวลาเป็น T1)
7. บันทึกอัตราการเต้นหัวใจทันทีหลังนักกีฬาว่ายน้ำแตะขอบสระ

การคำนวณจะใช้สมการ

$$CSS = (D2 – D1) \div (T2 – T1)$$

เมื่อ D1 คือ ระยะทาง 50 เมตร

D2 คือ ระยะทาง 400 เมตร

T1 คือ ระยะเวลาที่ว่ายน้ำ 50 เมตร หน่วยเป็นวินาที

T2 คือ ระยะเวลาที่ว่ายน้ำ 400 เมตร หน่วยเป็นวินาที

สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาว่ายน้ำ

สมรรถภาพทางกายหมายถึงความสามารถในการดำเนินชีวิตประจำวันได้อย่างมีความสุขและราบรื่น โดยสามารถประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ออกกำลังกาย หรือแม้กระทั่งการเล่นกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยปราศจากความเหนื่อยล้า รวมถึงมีความสามารถในการกลับคืนสู่สภาวะปกติได้อย่างรวดเร็ว โดยสมรรถภาพทางกายที่สำคัญสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำ มีดังนี้

1. ความอดทนในการใช้ระบบพลังงานเชิงแอโรบิก (Aerobic endurance) เป็นสมรรถภาพทางกายพื้นฐานของนักกีฬาทุกประเภท เพราะจะทำให้สามารถทำการแข่งขันได้เป็นระยะเวลานาน และทำให้เกิดประสิทธิภาพในการฟื้นสภาพร่างกายหรือหายเหนื่อยได้อย่างรวดเร็ว โดยแหล่งพลังงานที่ใช้มาจากระบบแอโรบิกโดยเฉพาะ ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับนักกีฬาระยะไกล (สุธิดา เจริญผล, 2554) การฝึกด้วยความหนักต่ำ ระยะเวลาที่นาน จะพัฒนาและรักษาระดับของความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน พัฒนาจุดเริ่มล้า และทำให้กล้ามเนื้อสามารถทำปฏิกริยาและสามารถเก็บพลังงานในกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sharp, Costill, King, & Fink, 1986)

2. ความอดทนในการใช้พลังงานเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic endurance) มีความสำคัญมากสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำระยะสั้น และระยะกลาง โดยระบบแอนแอโรบิกที่ไม่ก่อให้เกิดกรดแลคติกจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับนักว่ายน้ำระยะสั้น และระบบแอนแอโรบิกที่ก่อให้เกิด

กรดแลคติกเป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับนักว่ายน้ำระยะกลาง (สุธิดา เจริญผล, 2554)

3. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับนักกีฬาทุกประเภท ซึ่งการพัฒนาความแข็งแรงแบบอดทน (Strength endurance) ของกล้ามเนื้อจะเพิ่มความสามารถในการว่ายน้ำได้ นอกจากนี้กล้ามเนื้อที่มีความแข็งแรงที่ดีจะช่วยป้องกันการบาดเจ็บได้

ความแข็งแรงแบบอดทน เป็นความสามารถในการออกแรงที่มีการทำกิจกรรมซ้ำ ๆ กัน โดยไม่มีความเมื่อยล้า ซึ่งความแข็งแรงแบบอดทนเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับนักว่ายน้ำเนื่องจากมีลักษณะการเคลื่อนไหวของร่างกายแบบต่อเนื่อง เป็นระยะเวลานาน ดังนั้นนักกีฬาว่ายน้ำจึงจำเป็นต้องมีความแข็งแรงแบบอดทน และควรพัฒนากลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ลำตัวส่วนบน และลำตัวส่วนล่าง ซึ่งควบคุมท่าทางของการว่ายในน้ำ และช่วยให้การว่ายน้ำมีประสิทธิภาพต่อไป (Riewald, 2015 b)

4. กำลัง (Power) เป็นความสามารถของระบบประสาทและกล้ามเนื้อในการสร้างแรงขนาดใหญ่ในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วกำลังของกล้ามเนื้อจะเท่ากับแรงของกล้ามเนื้อคูณด้วยความเร็วในการหดตัว ดังนั้นกำลังของกล้ามเนื้อจึงเป็นลักษณะที่สำคัญของการว่ายน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มกล้ามเนื้อที่ต้องใช้แรงระเบิด (Explosiveness) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด เช่น กำลังของกล้ามเนื้อลำตัวส่วนล่าง ที่จำเป็นในการออกตัว หรือในการกลับตัวที่ต้องมีการใช้แรงในการพุ่งออกจากผนังสระ นอกจากนี้กำลังของกล้ามเนื้อลำตัวส่วนบนของร่างกาย จะเป็นประโยชน์ต่อการว่ายน้ำระยะสั้นอีกด้วย (Riewald, 2015 b)

นักกีฬาว่ายน้ำ ทั้งในระยะสั้น และระยะไกล ต้องอาศัยกำลังของแขนและขา ในการหมุนแขน และเคลื่อนที่ผ่านแรงต้านทานของน้ำทั้งในขณะว่าย ขณะออกตัว หรือแม้กระทั่งการกลับตัว (Zamparo, Capelli, & Pendergast, 2011) จะต้องใช้แรงและกำลังในการเคลื่อนที่ และรักษาความเร็วในการแข่งขันโดยเฉพาะอย่างยิ่งการว่ายท่ากบที่ต้องมีการเพิ่มการดึงแขนทั้งสองข้างใต้ผิวน้ำ และดึงหัวเข่าเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเคลื่อนไหวในจังหวะต่อไป

5. ความอ่อนตัว (Flexibility) นักกีฬาว่ายน้ำจำเป็นจะต้องมีความอ่อนตัว เนื่องจากการมีความอ่อนตัวที่ดีจะสามารถทำให้กล้ามเนื้อสามารถหดตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การพัฒนาความอ่อนตัวของนักกีฬาว่ายน้ำจะช่วยเพิ่มมุมในการเคลื่อนไหวของข้อต่อ และกล้ามเนื้อให้มีมากขึ้น ทำให้ลดโอกาสที่จะเกิดการบาดเจ็บรวมถึงการฉีกขาดของกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกล้ามเนื้อแขน และหัวไหล่ รวมถึงยังสามารถใช้สำหรับการยืดเหยียดร่างกายให้มีความพร้อมก่อนว่ายน้ำได้อีกด้วย (Riewald, 2015 b)

6. ปฏิกิริยาตอบสนอง นักว่ายน้ำจะต้องมีการพัฒนาปฏิกิริยาตอบสนองต่อเสียง เพื่อเพิ่มความสามารถในการออกตัว ซึ่งในบางสถานการณ์ การตัดสินผลแพ้ชนะของการว่ายน้ำอาจมาจาก

ความต่างกันของการออกตัวกระโดดลงสระของนักว่ายน้ำที่เวลาต่างกันเพียงเสี้ยววินาที

กล้ามเนื้อที่ใช้ในการว่ายน้ำ

Krabak et al. (2013) กล่าวว่า ในการว่ายน้ำ กล้ามเนื้อทุกส่วนของร่างกายจะมีการเคลื่อนไหว โดยมีสัดส่วนของการใช้กล้ามเนื้อในการว่ายน้ำ กลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ร้อยละ 33.33 กลุ่มกล้ามเนื้อลำตัวส่วนบน ร้อยละ 33.33 และกลุ่มกล้ามเนื้อลำตัวส่วนล่าง ร้อยละ 33.33 และ สุรศักดิ์ เฉลิมชัย (2535) ได้กล่าวถึงมัดกล้ามเนื้อของร่างกายที่ใช้ในการว่ายน้ำไว้ดังนี้

1. กล้ามเนื้อ Supraspinatus เป็นมัดกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการหมุนแขน หุบแขนใช้ในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ และกรรเชียง โดยเฉพาะในการวาดแขนกลับหลังจากว่ายน้ำ

2. กล้ามเนื้อ Subscapularis เป็นมัดกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการหมุนต้นแขนเข้าข้างในมีส่วนสำคัญในช่วงของการกวาดมือเข้ามากลางลำตัวจนต่อไปถึงการผลักมือในท่าฟรีสไตล์ และท่าผีเสื้อ

3. กล้ามเนื้อ Deltoid เป็นมัดกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่กางต้นแขนขึ้นมาเป็นมุมฉาก และหมุนแขน ใช้ในการว่ายท่าฟรีสไตล์ และท่าผีเสื้อในช่วงของการผลักแขนและยกแขนมาข้างหน้า

4. กล้ามเนื้อ Triceps เป็นมัดกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดปลายแขนในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ในช่วงเหยียดแขนอยู่ด้านหน้าของท่าผีเสื้อและการเหยียดแขนออกในช่วงสุดท้ายของท่ากรรเชียงและท่ากบ

5. กล้ามเนื้อ Brachialis เป็นมัดกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่งอปลายแขน ในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์และท่าผีเสื้อในช่วงแรกของการใช้มือกวักน้ำ ใช้ในช่วงการกวาดน้ำจนถึงช่วงมือกลับสู่ท่าเริ่มต้นในท่ากบ

6. กล้ามเนื้อ Biceps brachii เป็นมัดกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่งอศอก และหงายมือ ในการใช้แขนว่ายน้ำทุกการเคลื่อนไหว

7. กล้ามเนื้อ Palmaris longus เป็นมัดกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่งอข้อมือในการว่ายน้ำทุกท่าในช่วงของการใช้มือสร้างแรงผลัก ดัน ในการว่ายน้ำ

8. กล้ามเนื้อ Pectoralis major เป็นมัดกล้ามเนื้อที่สำคัญที่นักว่ายน้ำต้องใช้มาก ทำหน้าที่หุบ งอ หมุนแขน เข้าข้างในมาข้างหน้า เป็นกล้ามเนื้อสำคัญในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์และท่าผีเสื้อในช่วงตั้งแต่เริ่มใช้มือช่วงดึงน้ำไปจนถึงช่วงผลักมือ อีกทั้งยังใช้ในช่วงของการหุบแขนเข้าด้านในในทุกท่าของการว่ายน้ำ

9. กล้ามเนื้อ Trapezius เป็นมัดกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่รั้งสะบักมาข้างหลัง ยกไหล่ขึ้นข้างบน และรั้งศีรษะไปข้างหลัง เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำให้การเคลื่อนไหวในทุกท่าของการว่ายใช้ในการผลักมือในช่วงหลังสุดของการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ และยกแขนมาวางข้างหน้าเหนือน้ำ

ใช้ในช่วงยกไหล่และศรีษะในท่ากบ ใช้ในช่วงแรกของการดึงแขนท่ากรรเชียง และใช้ในช่วงของการยกแขนมาวางด้านหน้าในท่าผีเสื้อ

10. กล้ามเนื้อ Latissimus dorsi เป็นมัดกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ดึงแขนลงมาข้างล่างไปข้างหลังและเข้าข้างใน ใช้มากในช่วงของการดึงน้ำในการว่ายท่าฟรีสไตล์

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength) เป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย และการแสดงความสามารถทางกีฬาของนักกีฬา ซึ่งความแข็งแรงเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะทำให้ร่างกายได้มีการเคลื่อนไหว และต้องใช้แรงในการเอาชนะแรงต้านให้ได้อย่างรวดเร็ว ความแข็งแรงจึงเป็นสมรรถภาพพื้นฐานที่ควรได้รับการพัฒนาให้สูงขึ้นในนักกีฬาทุกประเภท

สบสันต์ มหานิยม (2556) ได้กล่าวว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกแรงสูงสุด โดยเส้นใยกล้ามเนื้อภายในมัดกล้ามเนื้อจะตอบสนองเมื่อมีการฝึกด้วยแรงต้านหรือฝึกด้วยน้ำหนัก ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท ได้แก่

1. ความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength) หมายถึง ความแข็งแรงที่กล้ามเนื้อสามารถใช้ความพยายามในการหดตัวในแต่ละครั้งได้แรงสูงสุด โดยไม่ได้กำหนดความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนไหว และปัจจุบันได้มีคำที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงสูดสุด คือ ความแข็งแรงสัมบูรณ์ (Absolute strength) และความแข็งแรงสัมพันธ์ (Relative strength) ซึ่งทั่วไปแล้วการที่นักกีฬามีความสามารถในการใช้แรงได้สูงสุดจะหมายถึง มีความแข็งแรงสัมบูรณ์ แต่หากนักกีฬามีความสามารถออกแรงได้สูงสุด และสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวจะเรียกว่า ความแข็งแรงสัมพันธ์ โดยจะมีความสำคัญต่อนักกีฬาที่ต้องเคลื่อนไหวภายใต้อิทธิพลของน้ำหนักตัวของนักกีฬาเอง เช่น มวย หรือยิมนาสติก เป็นต้น

2. ความแข็งแรงแบบยืดหยุ่น (Elastic strength) หมายถึง ความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อออกแรงได้อย่างรวดเร็ว เป็นการทำงานของระบบประสาท และกล้ามเนื้อที่อาศัยความเร็วในการหดตัว และความเร็วในการเคลื่อนไหวในการเอาชนะแรงต้านการหดตัว หรืออาจเรียกว่า กำลัง (Power) ซึ่งเป็นความแข็งแรงที่มีความสำคัญในการใช้กำลังระเบิด (Explosive) จากการหดตัวของกล้ามเนื้อด้วยปฏิกริยาอัตโนมัติ (Reflex) และเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อที่ต้องอาศัยความเร็วในการใช้กำลังระเบิดของกล้ามเนื้อ ที่สำคัญต่อกีฬาประเภทกระโดดการทุ่ม พุ่ง หรือการขว้าง เป็นต้น

3. ความแข็งแรงแบบอดทน (Strength endurance) หมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อที่สามารถออกแรงได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถทนต่อการล้า ซึ่งความแข็งแรงแบบอดทนนี้จะมี

ลักษณะที่เฉพาะ คือ สามารถแสดงออกทางด้านความแข็งแรงได้ค่อนข้างมาก ร่วมกับมีความสามารถด้านความอดทนของกล้ามเนื้อ จึงเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อที่อาศัยความแข็งแรงและความอดทนในการเคลื่อนไหว บางครั้งจึงเรียกความแข็งแรงแบบอดทนนี้ว่าความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance) ดังนั้นความอดทนของกล้ามเนื้อจึงเป็นสมรรถภาพที่มีความสำคัญต่อนักกีฬาที่มีการปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูงเป็นเวลาที่ยาวนาน เช่น นักกีฬาว่ายน้ำ นักวิ่งระยะกลาง เป็นต้น

ความอดทนของกล้ามเนื้อสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะการเคลื่อนไหวของชนิดกีฬาได้ 2 ลักษณะ คือ

1. ความอดทนของกล้ามเนื้อแบบไม่ต่อเนื่องหรือมีการเคลื่อนไหวช่วงสั้น ๆ ซึ่งนักกีฬาจะสามารถใช้การเคลื่อนไหวที่ปฏิบัติอยู่เป็นประจำในกีฬานั้น ๆ ปรับปรุงความอดทนของกล้ามเนื้อโดยใช้การฝึกซ้อมที่มีความหนักร้อยละ 50-80 ของความแข็งแรงสูงสุด

2. ความอดทนของกล้ามเนื้อแบบต่อเนื่องหรือความอดทนของกล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวที่ยาวนาน จะใช้เวลาในการปฏิบัติกิจกรรมมากกว่า 2 นาทีขึ้นไป โดยใช้การฝึกที่มีความหนักร้อยละ 30-50 ของความแข็งแรงสูงสุด

ความแข็งแรงแบบอดทน หรือความอดทนของกล้ามเนื้อ เป็นองค์ประกอบสำคัญ ต่อการเคลื่อนไหวของร่างกายให้สามารถดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อกล้ามเนื้อหดตัวต่อเนื่องทำให้การฝึกซ้อมหรือแข่งขันและการออกแรงปฏิบัติซ้ำในท่าทางต่าง ๆ ด้วยจำนวนครั้งมากขึ้นมีคุณภาพ การสะสมความเมื่อยล้าจากปริมาณกรดแล็กติกเพิ่มขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อต้องหดตัวทำงานในสภาวะที่มีอาการล้า ส่งผลทำให้ความแข็งแรงแบบอดทนของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในกีฬาว่ายน้ำความแข็งแรงแบบอดทนหรือความอดทนของกล้ามเนื้อเป็นสมรรถภาพที่สำคัญเนื่องจาก มีการเคลื่อนไหวแขนและขาต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นนักกีฬาควรมีการฝึกซ้อมความแข็งแรงแบบอดทนเพื่อให้สามารถฝึกซ้อมหรือแข่งขันว่ายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 7 การกำหนดความหนักเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด, 2547, หน้า 389)

ชนิดของการฝึก	ขนาดของกล้ามเนื้อ	ความอดทน	ความแข็งแรง
ความหนัก	60-80	40-70	85-100
จำนวนครั้ง	8-12	12-20	1-6
จำนวนเซท	3-6	2-3	2-6
เวลาในการฝึก (นาทีต่อวินาที)	1 : 00-2 : 00	00 : 20-00 : 30	2 : 00-5 : 00

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ชนิดของการฝึก	ขนาดของกล้ามเนื้อ	ความอดทน	ความแข็งแรง
จังหวะการฝึก	ปานกลาง	ปานกลาง	เร็ว
จำนวนท่าต่อวัน	2-6	8-16	5-7
เวลาในการพักระหว่างวัน (ชั่วโมง)	48-72	24-48	24-48

วิธีการฝึกความแข็งแรงแบบอดทน ต้องฝึกกล้ามเนื้อให้ออกแรงซ้ำด้วยความหนักที่เบา แต่มีปริมาณการฝึกมาก และมีการเปลี่ยนกลุ่มกล้ามเนื้อสลับกันไปมาครบทุกส่วน เมื่อใช้เวลาการฝึกที่ยาวนาน หรือต่อเนื่อง ส่งผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดการพัฒนาความแข็งแรงแบบอดทน รวมถึงระบบหายใจ และไหลเวียนเลือดมีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้น การที่นักกีฬาได้รับการฝึกความแข็งแรงแบบอดทน ถึงแม้จะมีการสะสมความเมื่อยล้าที่เกิดจากปริมาณกรดแล็กติกที่สูงขึ้น ก็จะช่วยให้สามารถสู้กับแรงต้านได้ต่อเนื่องหรือบ่อยครั้งขึ้น ดังนั้นความแข็งแรงแบบอดทนจึงมีความจำเป็นต่อการว่ายน้ำทั้งในขณะฝึกซ้อมหรือแข่งขัน เพื่อให้กล้ามเนื้อหดตัวเกิดประสิทธิภาพในการใช้แรงเพื่อการเคลื่อนไหวของร่างกาย

การฝึกความแข็งแรงแบบความอดทนของกล้ามเนื้อในนักกีฬาเยาวชนควรออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมให้มีความเหมาะสม เนื่องจากก่อนเข้าสู่วัยรุ่นจะมีการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular) แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในขนาดของกล้ามเนื้อ (Muscle size) และเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนเพศ จะเห็นผลจากการเปลี่ยนแปลงขนาดของกล้ามเนื้อ (ส่วนใหญ่จะพบในเพศชาย) ส่งผลให้มีการเพิ่มความแข็งแรงขึ้น แต่จะใช้ระยะเวลานานในนักกีฬาเยาวชน (Balyi et al., 2013)

สัดส่วนร่างกาย (Anthropometric)

การวัดสัดส่วนร่างกาย หมายถึง การวัดส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย โดยทั่วไปจะประกอบด้วยการวัด 3 ลักษณะ คือ การวัดขนาด (Size) การวัดรูปร่าง (Shape) การวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Composition) การวัดสัดส่วนร่างกายหรือที่เรียกว่า แอนโทรโพเมตรี (Anthropometry) มาจากรากศัพท์ภาษากรีก โดยคำว่า Anthropo (Human) แปลว่า มนุษย์ และคำว่า Metricos (Measurement) แปลว่า การวัด ซึ่งเมื่อนำมารวมกัน จึงหมายถึง การวัดร่างกายมนุษย์ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับการวัดสัดส่วนร่างกายของนักกีฬาเยาวชนถือเป็นสิ่งที่ต้องมีการกำหนดวิธีการวัด และเลือกเทคนิคการวัดให้เหมาะสม มีความถูกต้อง และเชื่อถือได้ ซึ่งการวัดสัดส่วนร่างกายต้องทำอย่างระมัดระวังและรอบคอบ โดยสิ่งที่สำคัญที่สุดในการวัดสัดส่วนร่างกาย คือ

1. ตำแหน่งส่วนต่าง ๆ ที่จะทำการวัดนั้นจะต้องตรง เช่น การวัดเส้นรอบวงของอวัยวะต่าง ๆ ของแต่ละคน เพื่อเปรียบเทียบกันภายในกลุ่มอายุเดียวกันจะต้องใช้ช่วงไหนถึงจะแม่นยำและเชื่อถือเป็นมาตรฐานได้

2. การวัดแต่ละตำแหน่งจะต้องให้ถูกต้องตามตำแหน่งกายวิภาค เพื่อจะได้ความแน่นอนมากที่สุด

Hirata and Kaku (1964) ได้ทำการศึกษาสาเหตุที่มีผลต่อความแตกต่างกันทางด้านสัดส่วนร่างกาย ผลการศึกษาพบว่า สัดส่วนร่างกายที่แตกต่างกันมีสาเหตุมาจาก

1. พันธุกรรม และสิ่งแวดล้อม โดยสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลมากกว่าพันธุกรรม เพราะสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลถึง 67 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุกรรมมีเพียง 33 เปอร์เซ็นต์

2. กฎแห่งการเจริญเติบโต พัฒนาการด้านความสูงในช่วงระยะวัยทารกจะมีพัฒนาการมากและจะมีพัฒนาการมากอีกครั้ง เมื่ออายุ 12 ปี สำหรับเด็กชาย และ 10 ปี สำหรับเด็กหญิง และเมื่ออายุ 13 ปี เด็กชายจะมีพัฒนาการด้านความสูงมากกว่าเด็กหญิง

พัฒนาการด้านน้ำหนัก ในช่วงระยะวัยทารกจะมีการเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเข้าสู่วัยรุ่นจะลดน้อยลง เด็กหญิงวัย 10-13 ปี จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นกว่าเด็กชาย และเมื่ออายุ 20 ปี ทั้งสองเพศจะคงสภาพน้ำหนักไว้ ส่วนการพัฒนาด้านเส้นรอบวงของอกจะมีการพัฒนามากในเด็กทารก หลังจากนั้นจะมีการพัฒนาอีกครั้งอย่างรวดเร็วในเด็กชาย อายุ 13 ปี และเด็กหญิงอายุ 10 ปี โดยพัฒนาการจะหยุด และลดลงเมื่ออายุ 30 ปี (ปุลิ เจ่าสกุล, 2533)

นอกจากนี้รูปร่างของมนุษยเกิดจากความแตกต่างในเรื่องของภูมิประเทศ สภาพดินฟ้าอากาศ และวัฒนธรรม ดังนี้คือ

1. ทวีปเอเชีย โดยทั่วไปแล้วจะไม่ค่อยมีพัฒนาการทางด้านรูปร่างมากนัก โดยประเทศที่พัฒนาการน้อยที่สุด ได้แก่ เนปาล อินโดนีเซีย กัมพูชา อินเดีย มาเลเซีย ฮ่องกง ไทย ฯลฯ พวกรูปร่างผอมเรียว ได้แก่ ศรีลังกา พวกรูปร่างเล็กท้วม ได้แก่ เกาหลีเหนือ มองโกเลีย ปากีสถาน อิสราเอล ส่วนเกาหลีใต้ และญี่ปุ่นก็นับว่าเล็กท้วมเช่นกัน แต่ถือว่าเป็นพวกที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในเอเชีย

2. หมู่เกาะโอชีเนีย ได้แก่พวกออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ ซึ่งคนจากสองประเทศนี้นับว่าเป็นพวกรูปร่างใหญ่

3. ทวีปแอฟริกา คนทวีปแอฟริกา มีขนาดรูปร่างใกล้เคียงกับคนเชีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งคนในประเทศตูนีเชีย และลิเบอเรีย ที่จะมีขนาดร่างกายที่ผอม ส่วนคนในประเทศมาดากัสก้านับเป็นคนที่มีรูปร่างขนาดเล็ก พวกนักกีฬาชั้นนำ เช่น นักกีฬาประเทศมาลี จะมีรูปร่างท้วมใหญ่

4. ทวีปยุโรป ทุกประเทศในทวีปยุโรปโดยทั่วไปจะมีรูปร่างใหญ่ ยกเว้น โปรตุเกส สเปน และกรีก ที่มีรูปร่างเล็กกว่าค่าเฉลี่ยโดยทั่วไป คนในประเทศรัสเซียจะมีรูปร่างท้วม โรมาเนีย บัลกาเรีย ฮังการี โปแลนด์ จะมีรูปร่างสัดส่วนร่างกายเกือบเท่า ๆ กับรัสเซีย ยูโกสลาเวีย นอร์เวย์ สวีเดน เป็นพวกสูงใหญ่ และใหญ่กว่าอังกฤษ เดนมาร์ค ฝรั่งเศษ ส่วนเยอรมันนี เช็คโกสโลวาเกีย เบลเยี่ยม เป็นคนที่มีสัดส่วนร่างกายขนาดกลาง

5. ทวีปอเมริกา โดยทั่วไปคนอเมริกัน จะมีรูปร่างใหญ่ ส่วนบลาซิล อาร์เจนตินา อุรุกวัย และเปอร์โตริโก จะมีรูปร่างท้วมใหญ่ ปานามา จะมีรูปร่างท้วมเล็ก ส่วนพวกโบลิเวีย โคลัมเบีย และคิวบา จะมีรูปร่างค่อนข้างเล็ก ชิลีและเม็กซิโกจะมีรูปร่างผอมเล็ก

สัดส่วนร่างกายของมนุษย์ในแต่ละทวีปจะแตกต่างกันออกไปหรือที่เรียกว่า ความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยในทางกายวิภาคศาสตร์ และสรีรวิทยาเชื่อกันว่ามนุษย์เรามีความแตกต่างกันตั้งแต่เริ่มปฏิสนธิที่มียีนส์ (Gene) เป็นตัวกำหนด เมื่อกลายเป็นมนุษย์ก็จะมีความแตกต่างกันทั้งทางโครงสร้าง และประสิทธิภาพในการทำงาน โดยความพยายามในการจำแนกมนุษย์ออกเป็นประเภทหรือชนิดต่าง ๆ โดยยึดลักษณะรูปร่างและโครงสร้างเป็นที่เกณฑ์นั้นมีมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว เช่น การแบ่งคนว่า อ้วน ผอม เตี้ย สูง เป็นต้น

อธิกมาส ชนะบวรสกุล (2546) ได้กล่าวถึงประเภทของการวัดสัดส่วนร่างกาย ดังนี้

1. การวัดสัดส่วนร่างกายในสภาวะที่ร่างกายอยู่นิ่งหรืออยู่กับที่ (Static physical anthropometry) เป็นการวัดสัดส่วนของร่างกายมนุษย์ในตำแหน่งที่ร่างกายอยู่ในสภาพสมดุล หรืออยู่นิ่งกับที่ ไม่มีการเคลื่อนไหวเข้ามาเกี่ยวข้องโดยวิธีการวัดจะวัดจากจุดที่กำหนดไว้จากจุดหนึ่ง ไปยังอีกจุดหนึ่งในพื้นที่ เช่น ขนาดความยาวจากพื้นถึงระดับสายตา ความสูงจากพื้นถึงระดับหัวเข่า ความสูงขณะนั่ง ความสูงท่ายืน เป็นต้น

2. การวัดสัดส่วนร่างกายในขณะที่ร่างกายเคลื่อนไหว (Dynamic body dimension) เป็นการวัดสัดส่วนของร่างกายในขณะเคลื่อนไหวหรือทำงาน โดยในการวัดสัดส่วนร่างกายนั้นมีความจำเป็นที่ต้องมีการกำหนดจุดหรือตำแหน่งในการวัดให้ถูกต้อง โดยร่างกายต้องอยู่ในท่ามาตรฐานทางกายวิภาคศาสตร์ (Anatomical position) คือ ท่ายืนตรง เท้าทั้งสองข้างขนาน ชิดกันหรือแยกออกจากกันเล็กน้อย แขนทั้งสองข้างเหยียดตรง ห้อยอยู่แนบข้างลำตัว และฝ่ามือหันตรงไปข้างหน้า ตาทั้งสองข้างมองตรงไปข้างหน้า

ภาพที่ 9 ท่ามาตรฐานทางกายวิภาคศาสตร์

Hills and Parizkova (2002) ได้กล่าวถึงการวัดสัดส่วนร่างกาย ว่าเป็นการวัดเกี่ยวกับขนาด และสัดส่วนของร่างกาย เช่น การวัดขนาดเส้นรอบวง (Circumferences) การวัดความกว้างของกระดูก (Skeletal diameter) และการวัดความยาวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (Segment length) โดยการวัดขนาดสัดส่วนของร่างกายสามารถใช้วัด และติดตามการเจริญเติบโตในเด็กและเยาวชนได้ ซึ่งข้อได้เปรียบของการใช้วิธีการวัดขนาดสัดส่วนของร่างกาย คือ เป็นวิธีการวัดที่ไม่มีอันตราย เครื่องมือไม่แพง และมีความง่ายในการปฏิบัติ สามารถเคลื่อนย้ายเครื่องมือไปทำการวัดได้ทุกสถานที่ สามารถวัดในกลุ่มคนได้เป็นจำนวนมากตรงตามวัตถุประสงค์

สำหรับการศึกษาสัดส่วนร่างกายในนักกีฬาได้มีการศึกษามาอย่างช้านาน โดยการศึกษาก่อนหน้านี้มุ่งเน้นไปที่นักกีฬาชายเป็นส่วนมาก หลังจากนั้นจึงมีการศึกษาทั้งในผู้หญิง และผู้ชายมากขึ้น ซึ่งแนวโน้มของการศึกษาสัดส่วนร่างกายสามารถใช้ในการคัดเลือกผู้เล่นบางชนิดกีฬา (อเมริกันฟุตบอล และบาสเกตบอล) และมีการเปลี่ยนแปลงแนวทางในการฝึกซ้อมเทคนิคกีฬา รวมถึงการเปลี่ยนแปลงการรับประทานอาหารซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับนักกีฬา โดยนักกีฬาที่ได้รับสารอาหารไม่เพียงพอกับความต้องการจะทำให้มีน้ำหนักร่างกายที่น้อย มักพบได้ในนักยิมนาสติก เป็นต้น (Malina, Battista, & Siegel, 2001)

Hills and Parizkova (2002) กล่าวว่า สัดส่วนร่างกายสามารถใช้ประเมินขนาด และสัดส่วนทั้งร่างกาย รวมถึงส่วนประกอบร่างกายของกลุ่มนักกีฬา การวัดจะประกอบไปด้วย การวัดส่วนสูง และน้ำหนักของร่างกาย รวมถึงปริมาณไขมันใต้ผิวหนัง การวัดขนาดเส้นรอบวง การวัดความกว้างของกระดูก และการวัดความยาวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การวัดขนาดของร่างกายโดยรวม

การวัดขนาดร่างกายโดยรวมจะใช้การชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูงของร่างกาย ซึ่งถือเป็นค่าที่ถูกใช้วัดบ่อยเพื่อดูการเจริญเติบโต โดยการชั่งน้ำหนัก คือ การวัดมวลร่างกาย ซึ่งรวมถึง

ส่วนประกอบของเนื้อเยื่อในร่างกาย

การชั่งน้ำหนักควรจะชั่งโดยไม่สวมใส่เสื้อผ้า หรืออาจจะสวมเสื้อยืดกางเกงขาสั้น และไม่สวมรองเท้า น้ำหนักตัวแต่ละคนจะเบาที่สุดในตอนเช้าหลังจากที่มีการขับถ่ายของเสียออกจากร่างกาย และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงกลางวันเนื่องจากมีการรับประทานอาหาร รวมถึงการมีประจำเดือนในผู้หญิงยังมีผลต่อความแปรปรวนของน้ำหนักตัวในแต่ละวันอีกด้วย

การวัดความสูงหรือความสูงขณะยืนเป็นการวัดระยะทางจากพื้นที่ยืนไปยังส่วนที่สูงที่สุดด้านบนของกะโหลก (Vertex of the skull) ผู้ที่ถูกวัดจะยืนอยู่ในท่ามาตรฐานทางกายวิภาคศาสตร์โดยไม่สวมใส่รองเท้า การวัดความสูงที่ดีที่สุด คือ การวัดในตอนเช้าหลังตื่นนอน และความสูงจะมีค่าลดลงเมื่อร่างกายมีการเคลื่อนไหว เดินไปมาทำให้เกิดการกดทับกันของไขสันหลัง ร่วมกับแรงโน้มถ่วงของโลกขณะยืน และเดิน เป็นผลทำให้ความสูงมีค่าลดลงซึ่งบางครั้งอาจลด 1 เซนติเมตร หรืออาจจะมากกว่านั้น

2. การวัดเส้นรอบวง

การวัดเส้นรอบวง สามารถบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อ (Muscularity) กับกระดูก ซึ่งเส้นรอบวงจะประกอบไปด้วย เนื้อเยื่อที่ล้อมรอบกระดูก ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะบ่งบอกถึงปริมาณกล้ามเนื้อเพียงอย่างเดียวได้ นิยมวัดเส้นรอบวงทั้งบริเวณน่องและแขน

การวัดเส้นรอบวงที่แขนจะวัดตรงจุดกึ่งกลางระหว่าง Acromial process และ Olecranon process ในท่า Tensed or flexed state ส่วนการวัดที่น่องจะวัดค่าที่มากที่สุด โดยใช้การยืนลงน้ำหนักที่เท้าเท่า ๆ กันทั้ง 2 ข้าง

3. การวัดไขมันใต้ผิวหนัง

การวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการทำนายปริมาณไขมันในร่างกาย ซึ่งถ้ามีการวัดเพียงจุดเดียวจะใช้บริเวณใต้คาง (Chin) เหนือกระดูก Hyoid bone หรือการวัด 2 จุด คือ Triceps และ Subscapular หรือ 5 จุด คือบริเวณ Triceps, Subscapular, Biceps, Suprailiac and Calf เป็นต้น (Durnin & Womersley, 1974)

ในการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังจะใช้การพับทบกันของผิวหนังแล้วทำการวัดด้วย Skinfold calipers ข้อดีของการวัด Skinfold นี้คือ อุปกรณ์ทดสอบสามารถพกพาได้ง่าย และมีราคาไม่แพง อย่างไรก็ตามการวัดวิธีนี้ผู้วัดจะต้องมีความชำนาญ และไม่ควรวัดทันทีหลังออกกำลังกาย ซึ่งปัจจุบันนี้วิธีการวัดไขมันใต้ผิวหนังมีอยู่หลายวิธีการด้วยกัน ดังนั้นการเลือกใช้วิธีการวัดให้เหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพ และการเจริญเติบโตของกลุ่มตัวอย่างจึงเป็นสิ่งสำคัญ

4. ความยาวของกระดูก

การวัดความยาวของแขนและขา จะวัดแขนส่วน Acromiale-humerale และ Humeraleulnare การวัดขาจะวัดส่วน Iliospinale-tibiale และ Tibiale-sphyrion

5. การวัดความกว้างของกระดูก

การวัดความกว้างของกระดูกจะบ่งบอกถึงความแข็งแรงของกระดูก ซึ่งการวัดเหล่านี้จะมีความแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดกีฬา (Hills & Parizkova, 2002) ในนักกีฬาว่ายน้ำจะมีความยาวของลำตัวคล้ายคลึงกับนักกีฬาเทนนิส และนักกอล์ฟ ในขณะที่นักดำน้ำจะมีความยาวของขาที่สั้นกว่านักกีฬาว่ายน้ำ (Malina et al., 2002) และพบว่า นักกีฬาว่ายน้ำจะมีรูปร่างที่สูงใหญ่กว่านักยิมนาสติก นักฟุตบอล นักเทนนิส หรือแม้แต่คนที่ไม่ได้เป็นนักกีฬาเมื่อเทียบกับกลุ่มอายุเดียวกัน (Baxter-Jones & Helms, 1996)

สุกัญญา เจริญวัฒนะ (2560) กล่าวว่า การประเมินรูปร่างและสัดส่วนร่างกายของนักกีฬามีความสัมพันธ์กับหลายปัจจัย เช่น ความหลากหลายของทักษะ การฝึกซ้อม หรือเพศของนักกีฬาเองเป็นต้น ดังนั้นในการประเมินรูปร่างและสัดส่วนของนักกีฬาต้องมีการวัดอย่างสม่ำเสมอ และวิธีการวัดต้องมีความเที่ยงตรงและเชื่อถือได้ในทุกครั้ง โดยการประเมินสัดส่วนร่างกายสามารถแบ่งออกตามวัตถุประสงค์และวิธีการวัดเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. การอ้างอิง (Referance)
2. การวัดในห้องทดลอง (Laboratory)
3. การวัดนอกห้องทดลอง (Field)

ซึ่งความผิดพลาดในการประเมินรูปร่างและสัดส่วนร่างกาย ได้แก่ จากเทคนิคการวัด (Technical) จากเครื่องมือ รวมถึงผู้วัดเองด้วย (Machine and technical) และจากสภาพร่างกาย (Biological) ที่เปลี่ยนแปลงไปวันต่อวัน ซึ่งสิ่งเหล่านี้อาจทำให้เกิดการวัดที่ผิดพลาดได้ และหากมีการควบคุมการวัด จะทำให้เกิดความผิดผลาดน้อยที่สุดจากลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล

ผู้วัดควรมีการประเมินการวัดอย่างรวดเร็ว และควรมีการวัดซ้ำ โดยการหาเทคนิคการวัดที่ผิดพลาดเรียกว่า TEM (Technical error of the measurement) (TEM of repeated measure form instrument/ machine or technician) เพื่อสามารถตรวจสอบค่าที่วัดได้จาก CV (Coefficient of variation) และ SD (Standard deviation) โดยใช้การคำนวนจากร้อยละที่มีการเปลี่ยนแปลง (SD/ Mean x 100) แล้วนำค่า TEM และ CV มาหาค่าความเชื่อมั่นภายในกลุ่ม (Within-subject variation of repeated measures) หลังจากนั้นสามารถนำไปเทียบค่ามาตรฐานการวัดจากค่า TEM ที่หามาได้

นอกจากนี้ควรมีการพิจารณาความเหมาะสมของวิธีการวัด ข้อดี ข้อด้อย รวมถึงการประเมินจากระดับมาตรฐาน ซึ่งได้แก่ ความสะดวก ความเชื่อมั่น และความเที่ยงตรงของ

เครื่องมือ โดยวิธีการวัดที่ผู้วิจัยใช้ คือ การวัดจากไขมันใต้ผิวหนัง และเส้นรอบวง เป็นระดับการวัดแบบ Indirect ที่มีข้อดีคือ ราคาถูก สามารถนำไปวัดนอกสถานที่ได้ แต่มีข้อด้วยคือต้องมีการฝึกใช้ให้ชำนาญ แต่ถือว่ามีความเชื่อมั่น และเที่ยงตรง

วิธีการมาตรฐานที่นิยมใช้อ้างอิงในการประเมินสัดส่วนร่างกายจากการวัด Surface technique คือ

1. เครื่องมือต้องได้มาตรฐานจากคู่มือการผลิต เสื้อผ้าที่สวมใส่ขณะวัดต้องมีความเหมาะสม
2. การวัดต้องใช้เวลาเดียวกันทุกครั้งก่อนการฝึกซ้อมหรือเล่นกีฬา ซึ่งอาจจะส่งผลต่อเส้นรอบวงของร่างกาย
3. การใช้เทคนิคต้องให้ได้มาตรฐาน ISAK
4. ต้องการเทคนิคที่มีมาตรฐานและต้องการลดความผิดพลาดในการวัด TEM

สำหรับระยะเวลาในการติดตามดูการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนร่างกายอาจใช้การเว้นระยะเวลาในการวัด 2-3 เดือน ถึงเห็นผลการเปลี่ยนแปลงในนักกีฬาเยาวชน โดย Onis, Onyango, Broeck, Chumlea, and Martorell (2004) ได้กล่าวว่า การศึกษาสัดส่วนร่างกายในเด็กทารกแรกเกิดจะใช้เวลาในการวัดภายใน 12 ชั่วโมง ไม่เกิน 24 ชั่วโมง และจะมีการวัดในสัปดาห์ที่ 1, 2, 4 และ 6 และทุก ๆ เดือน ตั้งแต่อายุ 2 เดือน จนถึงอายุ 12 เดือน หลังจากนั้นจะใช้การวัดทุก ๆ 2-3 เดือน ไปจนถึงอายุ 18 ปี

Moura et al. (2014) ได้กล่าวว่า การวัดสัดส่วนร่างกายของนักกีฬาว่ายน้ำในช่วงอายุ 7-17 ปี นิยมใช้การวัดความสูงขณะยืน ความกว้างช่วงแขน เส้นรอบวงต้นแขน และความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเร็วในการว่ายท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร สอดคล้องกับ วิยะดา เมืองชื่น (2544) ได้ศึกษาขนาดร่างกาย ส่วนประกอบร่างกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ 100 เมตร และความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการว่ายน้ำ 100 เมตร กับส่วนสูง น้ำหนัก ความยาวแขน ความยาวขา ปริมาณไขมัน และปริมาณกล้ามเนื้อในนักว่ายน้ำทีมชาติ พ.ศ. 2542 จำนวน 40 คน ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการว่ายน้ำ 100 เมตร มีความสัมพันธ์กับส่วนสูง น้ำหนักตัว ความยาวแขน ความยาวขา ปริมาณไขมันและปริมาณกล้ามเนื้อ

Latt et al. (2010) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการว่ายน้ำ 100 เมตร ที่มีต่อตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ แลคเตทในเลือด ความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน และสัดส่วนร่างกาย โดยผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรทางชีวกลศาสตร์จะเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับความสามารถในการว่ายน้ำระยะสั้นถึงร้อยละ 90.3 รองลงมาคือ สัดส่วนร่างกาย ร้อยละ 45.8 และตัวแปรทางสรีรวิทยา ร้อยละ 45.2 ตามลำดับ

Zuniga et al. (2011) ได้ศึกษาสัดส่วนร่างกาย และองค์ประกอบของร่างกาย โดยเปรียบเทียบระหว่างนักกีฬาเพศชายและเพศหญิงในนักกีฬาว่ายน้ำระยะสั้น ทำการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง มวลกล้ามเนื้อ เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความกว้างของไหล่ ความกว้างของสะโพก และอัตราส่วนระหว่างมวลกล้ามเนื้อกับส่วนสูง ผลการศึกษาพบว่า มีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายระหว่างเพศหญิงและเพศชาย โดยนักกีฬาว่ายน้ำระยะสั้นมีไขมันในร่างกายที่แตกต่างกันระหว่างเพศหญิงและเพศชาย แต่ไม่พบความแตกต่างของขนาดของกล้ามเนื้อ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ขนาดของกระดูก มวลรวมของร่างกาย หรือความกว้างของร่างกาย โดยมีข้อเสนอแนะให้นักกีฬาทำการลดไขมันในร่างกายจะทำให้ประสิทธิภาพในการว่ายน้ำดีขึ้น

สรุปได้ว่าในการวัดสัดส่วนกลุ่มนักกีฬาระดับเยาวชนซึ่งถือเป็นวัยที่อยู่ในช่วงของการเจริญเติบโตทั้งด้านโครงสร้าง สรีรวิทยาการทำงานของร่างกาย รวมถึงมีพัฒนาการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ จำเป็นต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลง และพัฒนาการการเจริญเติบโตในแต่ละด้านด้วย โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงด้านร่างกายจากขนาดสัดส่วนร่างกาย (Anthropometric) และองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) เนื่องจากตัวแปรดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในการจำกัดหรือส่งเสริมความสามารถทางการกีฬานอกจากนี้แล้วสัดส่วนร่างกายยังขึ้นอยู่กับการฝึกซ้อมหรือเล่นกีฬาและลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล ซึ่งขนาด และรูปร่างของนักกีฬาจะส่งผลกับการเล่นกีฬาบางประเภท การประเมินสัดส่วนของร่างกายจึงสามารถนำมาใช้พิจารณาคัดเลือกนักกีฬาให้เหมาะสมกับชนิดกีฬาได้

การพัฒนานักกีฬาระยะยาว

ความหมายของการพัฒนานักกีฬาระยะยาว

การพัฒนานักกีฬาระยะยาว (Long term athlete development [LTAD]) เป็นแนวคิดเพื่อพัฒนานักกีฬาในแต่ละช่วงอายุที่พัฒนามาจากประเทศแคนาดา โดยการนำองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬามาใช้วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญเติบโต (Growth) พัฒนาการ (Development) และการเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (Maturation) เพื่อพัฒนานักกีฬาระดับเยาวชนโดยคำนึงถึงความสามารถในการฝึกซ้อมของนักกีฬา (Trainability) นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 เป็นต้นมา (Balyi et al., 2013)

อภิวัฒน์ ปานทอง, อริญชย์ พรหมเทพ, นพรักษ์ แกสมาน, วีรวัฒน์ คำแสนพันธ์ และจีรวัฒน์ สัทธรรม (2560) กล่าวว่า การพัฒนานักกีฬาสู่ความเป็นเลิศต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 10 ปี (ไม่น้อยกว่า 10,000 ชั่วโมง) เช่น นักกีฬาว่ายน้ำระดับชั้นนำของประเทศสหรัฐอเมริกา จะใช้เวลาในการฝึกซ้อมระหว่าง 11-13 ปี และจะประสบความสำเร็จ เมื่ออายุระหว่าง 20-23 ปี โดยมีอายุเฉลี่ยที่เริ่มฝึกซ้อมกีฬาในเพศชาย เมื่ออายุ 12 ปี และจะประสบความสำเร็จที่เริ่มฝึกซ้อมกีฬาในเพศหญิง

เมื่ออายุ 11.5 ปี จึงจะเห็นได้ว่า การฝึกซ้อมกีฬาจำเป็นต้องฝึกซ้อมตั้งแต่นักกีฬาอายุยังน้อย

การฝึกซ้อมสำหรับนักกีฬาในแต่ละช่วงอายุ

ในการฝึกซ้อมกีฬาหรือออกกำลังกายสำหรับเยาวชนจะต้องคำนึงถึงความสามารถในการฝึกซ้อม ซึ่งการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งเร้าและการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของนักกีฬา ขึ้นอยู่กับพันธุกรรมเฉพาะบุคคล และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อความสามารถในการฝึกซ้อม

การเจริญเติบโต และการพัฒนาของนักกีฬาระดับเยาวชนจำเป็นต้องมีการกระตุ้นและมีการกำหนดเวลาเพื่อให้มีการปรับตัวที่เหมาะสมกับทักษะทางกลไก (Motor skills) กล้ามเนื้อ (Muscular) และกำลังเชิงแอโรบิก (Aerobic power) โดยการฝึกซ้อม และแข่งขัน ควรพิจารณาถึงความเหมาะสมของจิตใจ (Mental) ความรู้ความเข้าใจ (Cognitive) และอารมณ์ (Emotional) ของนักกีฬาแต่ละคน นอกเหนือจากการพัฒนาทางด้านร่างกาย (Physical) เทคนิค (Technical) และยุทธวิธี (Tactical) ของนักกีฬา (Balyi et al., 2005) รวมทั้งการพัฒนาการเคลื่อนไหว และทักษะกีฬาหรือที่เรียกว่า กิจกรรมการเคลื่อนไหว (Physical literacy) ที่เป็นสิ่งสำคัญในการเล่นกีฬาของเยาชน

Balyi et al. (2005) ได้แบ่งองค์ประกอบในการฝึกซ้อมพื้นฐานของนักกีฬาว่ายน้ำ ดังนี้

1. การฝึกซ้อมความอดทน (Endurance or stamina) สามารถฝึกได้ทันทีเมื่อร่างกายเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (Growth spurt) และความสูงมีอัตราการเพิ่มขึ้นที่มากโดยเน้นการฝึกซ้อมระบบแอโรบิก และควรมีการฝึกซ้อมอย่างต่อเนื่องภายหลังจากอัตราการเพิ่มความสูงลดลง

2. การฝึกซ้อมความแข็งแรง (Strength) ในเด็กหญิงสามารถฝึกได้ทันที เมื่อความสูงมีอัตราการเพิ่มขึ้นที่มาก แต่ในเด็กชาย ควรฝึกซ้อมหลังจากความสูงมีอัตราการเพิ่มขึ้นที่มาก 12-18 เดือน

3. การฝึกซ้อมความเร็ว (Speed) เป็นสิ่งแรกที่ควรเริ่มฝึกซ้อมในเด็กชายในช่วงอายุระหว่าง 7-9 ปี และเริ่มฝึกซ้อมอีกครั้ง เมื่ออายุ 13-16 ปี สำหรับเด็กหญิงสามารถเริ่มฝึกซ้อมครั้งแรกได้ในช่วง 6-8 ปี และทำการฝึกซ้อมอีกครั้ง เมื่ออายุ 11-13 ปี

4. การฝึกซ้อมทักษะ (Skill) ควรเริ่มฝึกซ้อมเมื่อเด็กหญิงอายุ 11 ปี และเด็กชายอายุ 12 ปี

5. การฝึกซ้อมความอ่อนตัว (Flexibility or suppleness) สามารถฝึกซ้อมในเด็กหญิงและเด็กชาย ช่วงอายุ 6-10 ปี

Balyi et al. (2013) ได้กล่าวว่า การพัฒนานักกีฬาว่ายน้ำระยะยาวนั้น จำเป็นจะต้องพิจารณาถึงช่วงอายุของการฝึกซ้อมและความต้องการในแต่ละขั้นตอนของการเจริญเติบโต โดยได้แบ่งช่วงอายุของนักกีฬาสำหรับการพัฒนาด้านต่าง ๆ ออกเป็น 7 ช่วงอายุด้วยกัน ได้แก่

1. ช่วงอายุ 0-6 ปี

เป็นช่วงเริ่มเคลื่อนไหว (Active start) สำหรับเด็กแรกเกิดจนถึงอายุ 6 ปี ควรสอน

การเคลื่อนไหวพื้นฐาน เพื่อนำไปใช้ในการเล่น โดยเน้นกิจกรรมที่ใช้ในชีวิตประจำวัน และมีความสนุกสนาน เนื่องจากการมีกิจกรรมทางกายในเด็กจะช่วยเพิ่มพัฒนาการทำงานของสมอง มีการทำงานร่วมกันระหว่างกล้ามเนื้อ และระบบประสาท เพิ่มทักษะทางสังคม สร้างทักษะการเป็นผู้นำ และเสริมสร้างจินตนาการให้กับเด็ก จะทำให้เด็กมีความสนใจและรักในการเล่นกีฬาและออกกำลังกาย สิ่งที่ควรระมัดระวังอย่างมากสำหรับเด็กในช่วงอายุนี้ คือต้องระมัดระวังด้านความปลอดภัยรอบ ๆ สระน้ำ

โปรแกรมการฝึกว่ายน้ำควรมีการเพิ่มระดับความยาก และระยะเวลาการฝึกให้เหมาะสมกับช่วงอายุ ในเด็กเล็กควรกำหนดเวลาสำหรับการมีกิจกรรมทางกายในแต่ละวัน 30 นาที และในเด็กอนุบาลควรกำหนดเวลา 60 นาที โดยเน้นทักษะการเคลื่อนไหวพื้นฐานที่ถูกต้อง เช่น การวิ่ง การกระโดด การหมุนตัว การขว้าง การจับ เป็นต้น

2. ช่วงอายุ 6-9 ปี

เป็นช่วงของการสร้างทักษะทางกายขั้นพื้นฐาน (Physical literacy and introduction to sport) เป็นขั้นตอนที่ให้เด็กเริ่มมีประสบการณ์ในการฝึกซ้อมกีฬาที่ยังมีความสนุกสนาน ใช้ฝึกสำหรับเด็กหญิง อายุ 5-8 ปี และเด็กชาย อายุ 6-9 ปี โดยมีการพัฒนาทักษะด้านความคล่องตัว การทรงตัว การประสานสัมพันธ์ระหว่างประสาทกล้ามเนื้อ ความเร็ว (Agility, balance, coordination, speed: ABCS) ทักษะด้านการวิ่ง การกระโดด การขว้าง (Running, jumping, throwing: RJT) ทักษะด้านการเคลื่อนไหว การลื่นไถล การลอยตัว การชนด้วยส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (Kinesthetics, gliding, buoyancy, striking with a body part: KGB) และทักษะด้านการจับ การเตะ การชนด้วยอุปกรณ์ (Catching, kicking, striking with an implement: CKS)

ในเด็กหญิงช่วงอายุ 6-8 ปี และเด็กชายช่วงอายุ 7-9 ปี ควรมีการฝึกความเร็วของการว่ายทั้ง 4 ท่า 5-6 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 30-45 นาที (Amateur Swimming Association, 2002) และใช้การฝึกซ้อมทักษะต่าง ๆ ในความหนักที่ต่ำหรือในระยะทางสั้น ๆ ทั้งบนบกและในสระ ในช่วงเวลาสั้น ๆ โดยใช้การว่ายเป็นเส้นตรง และว่ายในทิศทางที่แตกต่างกัน และควรสอนเทคนิควายน้ำ เช่น การเหวี่ยงแขน การกลับตัว การออกตัว รวมถึงสอนให้รู้จักกติกา และอาจจะแข่งกันเองภายในสโมสร เพื่อสอนให้มีน้ำใจนักกีฬา

3. ช่วงอายุ 9-12 ปี

เป็นช่วงการเรียนรู้สู่การฝึกฝน (Learn to train) ที่มีการพัฒนาทักษะกีฬาที่หลากหลาย (Multisport skill development) เพื่อให้เด็กได้พัฒนาทักษะการเคลื่อนไหวและทักษะการว่ายน้ำ ใช้ฝึกในเด็กหญิง ช่วงอายุ 8-11 ปี และเด็กชาย ช่วงอายุ 9-12 ปี โดยการเน้นฝึกความมั่นคงของข้อต่อบริเวณ หัวไหล่ ศอก ลำตัว กระดูกสันหลัง และข้อเท้า

ควรฝึกการเคลื่อนไหวพื้นฐานที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น เริ่มใช้ลูกบอลน้ำหนัก (Medicine ball) ลูกบอลยาง (Swiss ball) และน้ำหนักของตัวเอง (Body weight) ในการฝึกซ้อมความแข็งแรง

ในเด็กหญิงอายุต่ำกว่า 11 ปี และเด็กชายอายุต่ำกว่า 12 ปี ควรจะมีการพัฒนาความสัมพันธ์ของระบบประสาท และกล้ามเนื้อ (Peak motor coordination velocity) และฝึกซ้อมทักษะว่ายน้ำทั้ง 4 ท่า โดยเฉพาะการออกตัว และการกลับตัว รวมถึงการเหวี่ยงแขน และทักษะใต้น้ำอื่น ๆ เช่น การว่ายในลู่แข่งขัน เป็นต้น (Balyi et al., 2005)

รูปแบบการฝึกซ้อม ใช้รูปแบบ 1 แผนการฝึกซ้อมระยะเวลา 48 สัปดาห์ (Single periodization) โดยในแต่ละสัปดาห์ควรมีการฝึกซ้อม 4-6 ครั้ง และอาจมีการฝึกซ้อมกิจกรรมอื่นที่ไม่ใช่การว่ายน้ำรวมอยู่ด้วย ทำการฝึกครั้งละ 60-90 นาที มีเวลาในการซ้อมในสระ 4-7 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และซ้อมบนบก 1-2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ระยะทางการฝึกซ้อมว่ายน้ำ 8,000-16,000 เมตรต่อสัปดาห์ (Amateur Swimming Association, 2002) มีปริมาณการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายและทักษะกีฬา ร้อยละ 75 และอีกร้อยละ 30 เน้นการฝึกซ้อมเพื่อการแข่งขันกีฬา (อภิวัฒน์ ปานทอง และคณะ, 2560)

4. ช่วงอายุ 12-15 ปี

เป็นช่วงการฝึกฝนสู่การฝึกซ้อม (Train to train) สำหรับเด็กหญิง ช่วงอายุ 11-14 ปี และเด็กชาย ช่วงอายุ 12-15 ปี โดยเน้นการฝึกซ้อมทักษะ ความเร็ว การเสริมสร้างสมรรถภาพร่างกาย และเทคนิคของนักกีฬาแต่ละบุคคล รวมถึงการแก้ไขข้อบกพร่องสำหรับนักกีฬา และเน้นฝึกความมั่นคงของข้อต่อบริเวณ หัวไหล่ ศอก ลำตัว กระดูกสันหลัง และข้อเท้า รูปแบบกิจกรรมทางกายที่ใช้ควรคำนึงถึงความเหมาะสมของรูปร่าง และสภาพร่างกาย

นักกีฬาในช่วงอายุนี้จะเป็นช่วงที่ร่างกายเจริญเติบโตเร็ว (Growth spurt) จะมีอัตราการเพิ่มความสูง (Peak height velocity [PHV]) ที่มากกว่าทุกช่วงอายุซึ่งจะพบในเด็กหญิง อายุ 12-13 ปี และเด็กชาย อายุ 13-15 ปี จึงควรทำการพัฒนาการใช้พลังงานในระบบแอโรบิก นอกจากนี้ยังเป็นช่วงที่ควรพัฒนาความเร็วในการว่ายน้ำ (Peak speed velocity) ทั้งในเด็กหญิงและเด็กชาย และเริ่มฝึกซ้อมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในเด็กหญิง (Peak strength velocity) (Amateur Swimming Association, 2002)

การฝึกซ้อมว่ายน้ำจะทำการฝึกทั้ง 4 ท่า รูปแบบของการฝึกซ้อมจะใช้ 1 หรือ 2 แผนการฝึกซ้อม (ในแต่ละแผนการฝึกซ้อมใช้ระยะเวลา 24 สัปดาห์) และมีการฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจง 6-12 ครั้งต่อสัปดาห์ ใช้ระยะเวลาในการฝึกซ้อมแต่ละครั้งประมาณ 2 ชั่วโมง โดยอาจจะแบ่งการฝึกซ้อมในน้ำ 12-24 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และทำการฝึกซ้อมบนบก 2-3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และนักกีฬา

ช่วงอายุ 12-15 ปีขึ้นไป อาจมีระยะทางการฝึกซ้อมที่มากถึง 24,000-32,000 เมตรต่อสัปดาห์ (2,100-2,500 กิโลเมตรต่อปี หรือ 44 กิโลเมตร-52 กิโลเมตต่อสัปดาห์ รวมทั้งหมด 48 สัปดาห์) (Amateur Swimming Association, 2002) โดยมีปริมาณการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายและทักษะกีฬา ร้อยละ 60 และอีกร้อยละ 40 เน้นการฝึกซ้อมเพื่อการแข่งขันกีฬา (อภิวัฒน์ ปานทอง และคณะ, 2560)

5. ช่วงอายุ 15-18 ปี

เป็นช่วงของการฝึกซ้อมเพื่อการแข่งขัน (Train to compete) เพื่อเตรียมและเสริมสร้างความเชื่อมั่นในตัวเองสำหรับเข้าร่วมการแข่งขันรายการต่าง ๆ มีการเสริมสร้างสมรรถภาพร่างกายและเทคนิคของนักกีฬาแต่ละบุคคล รวมถึงการฝึกซ้อม แก้ไขข้อบกพร่องของนักกีฬาแต่ละคน และเน้นฝึกความมั่นคงของข้อต่อบริเวณ หัวไหล่ ศอก ลำตัว กระดูกสันหลัง และข้อเท้า ในเด็กหญิงที่อายุ 14-16 ปี และเด็กชายที่อายุ 15-18 ปี

ในเด็กหญิงเมื่อเริ่มมีประจำเดือน ควรเน้นการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Peak strength velocity) อีกครั้งหลังจากเริ่มฝึกในช่วงอายุ 12-15 ปี และเริ่มฝึกในเด็กชายเป็นครั้งแรกหลังจากผ่านช่วง PHV ไปแล้ว 12-18 เดือน และเริ่มมีการฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจงกับระยะทางที่ใช้ในการแข่งขัน

รูปแบบการฝึกซ้อมจะใช้ 2-3 แผนการฝึกซ้อม หากใช้ 2 แผนการฝึกซ้อมจะทำการฝึกซ้อมแผนละ 24 สัปดาห์ แต่ถ้าหากใช้ 3 แผนการฝึกซ้อม จะทำการฝึกซ้อมแผนละ 15 สัปดาห์ โดยทำการฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจงกับเทคนิค แทคติกการว่ายน้ำและสมรรถภาพของร่างกายมากขึ้น และมีการฝึกซ้อมทั้งว่ายน้ำและการฝึกบนบก 8-12 ครั้งต่อสัปดาห์ การฝึกซ้อมในแต่ละครั้งจะใช้เวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งอาจแบ่งเป็นการฝึกในน้ำ 16-24 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และการฝึกบนบก 3-4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยมีปริมาณการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายและทักษะกีฬา ร้อยละ 40 และอีกร้อยละ 60 เน้นการฝึกซ้อมเพื่อการแข่งขันกีฬา (อภิวัฒน์ ปานทอง และคณะ, 2560)

6. ช่วงอายุ 18 ปีขึ้นไป

เป็นช่วงที่มีการแข่งขันเพื่อชัยชนะ (Compete to win) เป็นขั้นตอนการฝึกซ้อมเพื่อมุ่งหวังความสำเร็จในการแข่งขัน โดยจะฝึกในเด็กหญิงที่อายุ 16 ปีขึ้นไป และในเด็กชายที่อายุ 18 ปีขึ้นไป การฝึกซ้อมจะมีแผนการฝึกซ้อมและการแข่งขันที่ยาวนาน และควรสอนให้นักกีฬาสามารถทำการฝึกซ้อมด้วยตัวเองได้ เน้นแทคติก ทักษะทางจิตใจขั้นสูง และการฝึกเพื่อเพิ่มสมรรถภาพของร่างกายด้านความอดทน ความแข็งแรง ความเร็ว และความอ่อนตัว ส่วนการฝึกทักษะการว่ายน้ำ จะมีความเฉพาะเจาะจงกับรายการแข่งขันของนักกีฬาเอง (Balyi et al., 2005)

รูปแบบการฝึกซ้อมจะใช้การฝึกซ้อม 2-3 แผนการฝึกหรือใช้แบบหลายแผนการฝึก โดย 2 แผนการฝึกซ้อมจะใช้สำหรับนักว่ายน้ำระยะไกล ส่วน 3 แผนการฝึกซ้อมจะใช้สำหรับนักว่ายน้ำระยะกลาง และแบบหลายแผนการฝึกซ้อมจะใช้สำหรับนักว่ายน้ำระยะสั้น จำนวนของการฝึกซ้อมจะมีความเฉพาะเจาะจงกับเทคนิค แทคติก และสมรรถภาพ โดยทำการฝึกซ้อมทั้งในสระ และบนบก 10-15 ครั้งต่อสัปดาห์ ในการฝึกซ้อมแต่ละครั้งใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมง โดยทำการฝึกซ้อมในสระ 20-24 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และฝึกซ้อมบนบก 3-6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และมีปริมาณการฝึกซ้อมสมรรถภาพทางกายและทักษะกีฬาร้อยละ 25 และอีกร้อยละ 75 เน้นการฝึกซ้อมเพื่อการแข่งขันกีฬา (อภิวัฒน์ ปานทอง และคณะ, 2560)

7. กลุ่มอายุทั่วไป

เป็นช่วงของการเคลื่อนไหวเพื่อการดำเนินชีวิต (Active for life) เป็นการพัฒนาร่างกายโดยการออกกำลังกาย เล่นกีฬา หรือมีกิจกรรมทางกาย ของทุกช่วงวัยเพื่อสุขภาพ สำหรับนักกีฬาที่เลิกเล่นกีฬาจะเปลี่ยนตัวเองเป็นผู้ฝึกสอน ผู้จัดการทีม นักข่าวและสื่อต่าง ๆ ด้านกีฬา โดยใช้ประสบการณ์ที่ได้จากการฝึกซ้อม และการแข่งขันในช่วงเป็นนักกีฬา นำไปสู่การออกกำลังกาย (Balyi et al., 2005)

ตารางที่ 8 แนวทางการพัฒนานักกีฬาระยะยาวในกีฬาว่ายน้ำ (Amateur Swimming Association, 2002)

	Fundamental	**Swimskills**	**Training to train**	**Training to compete**	**Training to win**
อายุ ช่วงของการพัฒนา	ชาย 6-9 ปี หญิง 5-8 ปี การเรียนรู้การเคลื่อนไหว	ชาย 9-12 ปี หญิง 8-11 ปี พัฒนาทักษะ	ชาย 12-15 ปี หญิง 11-14 ปี พัฒนาทักษะ และระบบแอโรบิก	ชาย 15-18 ปี หญิง 14-16 ปี พัฒนาร่างกาย และการแข่งขัน	ชาย 18 + ปี หญิง 16 + ปี พัฒนาความสามารถเฉพาะด้าน
ลำดับของความก้าวหน้า	1. มีโอกาสเข้าร่วม และได้รับความสนุกสนาน 2. พัฒนาการทั่วไป 3. ABCS: Agility, balance, coordination and speed. 4. RJTs: Running, jumping and throwing. 5. KGBs: Kinesthetics, gliding, buoyancy and striking. 6. CKS: Catching, kicking and striking. 7. Speed power and endurance ด้วยการเล่นเกมส์	1. พัฒนาทักษะกลไกสูงสุด 2. ความมั่นคงของหัวไหล่ ข้อศอก กล้ามเนื้อแกนกลาง และข้อเท้า 3. เข้าร่วมกีฬาอื่นที่การเคลื่อนไหว และการใช้พลังงานคล้ายกับว่ายน้ำ 4. พัฒนาทักษะพื้นฐาน และเฉพาะเจาะจง 5. ใช้อุปกรณ์ Medicine ball, Swiss ball และน้ำหนักตัวในการฝึกความแข็งแรง 6. ความรู้เกี่ยวกับกีฬาว่ายน้ำ	1. เน้นพัฒนาระบบแอโรบิก 2. ฝึกความเร็ว 3. ฝึกเทคนิค และสมรรถภาพเฉพาะบุคคล 4. ความมั่นคงของหัวไหล่ ข้อศอก กล้ามเนื้อแกนกลาง และข้อเท้า 5. เข้าร่วมกีฬาอื่นที่การเคลื่อนไหว และการใช้พลังงานคล้ายกับว่ายน้ำ 6. ฝึกซ้อมเทคนิคที่เฉพาะเจาะจง 7. การเตรียมพร้อมด้านเทคนิคการแข่งขัน	1. เน้นสมรรถภาพที่เฉพาะเจาะจงกับกีฬาและการแข่งขัน 2. ความมั่นคงของหัวไหล่ ข้อศอก กล้ามเนื้อแกนกลาง และข้อเท้า 3. เรียนรู้แทคติก 4. ทักษะ แทคติก และเทคนิคที่เฉพาะเจาะจง 5. เตรียมความพร้อมด้านจิตใจ 6. มีองค์ความรู้เกี่ยวกับกีฬาว่ายน้ำ และรายการแข่งขันของตนเอง (มีความรู้	1. พัฒนาสมรรถภาพทางกาย 2. ความมั่นคงของหัวไหล่ ข้อศอก กล้ามเนื้อแกนกลาง และข้อเท้า 3. เรียนรู้รูปแบบการฝึกและการแข่งขัน 4. หยุดพักและดูแลสุขภาพ 5. เรียนรู้แทคติกขั้นสูง 6. เรียนรู้ทักษะทางจิตใจขั้นสูง 7. ฝึกซ้อมเฉพาะเจาะจงในทุกด้าน 8. พัฒนาองค์ความรู้

ตารางที่ 8 (ต่อ)

	Fundamental	Swimskills	Training to train	Training to compete	Training to win
	8. เรียนรู้กฎ กติกา		8. เตรียมพร้อมด้านจิตใจ 9. เรียนรู้ด้านคุณธรรม	และประสบการณ์)	เกี่ยวกับกีฬาว่ายน้ำ และรายการแข่งขัน
ข้อคำนึงถึง พัฒนาการ และการ เจริญเติบโต	เน้นเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะ Speed (Agility/ quickness) (ชาย 7-9 ปี หญิง 6-8 ปี)	Peak motor co-ordination (PMCV), เน้นพัฒนาทักษะ หญิงก่อน 11 ปี ชาย 12 ปี	Growth spurt (PHV), เน้นพัฒนา ระบบแอโรบิก, Speed (alactic) (PSpV), Strength (PSV) (ชาย 13-15 ปี หญิง 12-13 ปี)	มีพัฒนาการด้าน ความแข็งแรงสูงสุด (PSV), เน้นการพัฒนาความแข็งแรง; หญิงฝึกเมื่อเริ่มมีประจำเดือน ชายฝึกหลัง PHV 12-18 เดือน	พัฒนาความ Stamina, Strength, Speed, Skill และความอ่อนตัว
Swimming specific skills	พัฒนา 4 ท่าทางการว่ายน้ำ	พัฒนา 4 ท่าทางการว่ายน้ำ พัฒนาความรู้สึกในการจับ น้ำ ทักษะการออกตัว และการกลับตัว	พัฒนาระบบแอโรบิก และการว่ายเดี่ยวผสม 200 IM	เริ่มแข่งขันรายการ ที่หลากหลาย โดยเลือกเป็น ท่าว่าย หรือระยะทาง	พัฒนารายการที่ถนัด และเฉพาะเจาะจง
แผนการฝึกซ้อม (Periodization)	ไม่มีการแบ่งช่วงการฝึก	1 แผนการฝึกซ้อม (48 สัปดาห์)	1 หรือ 2 แผนการฝึก (2 x 24 สัปดาห์)	2 หรือ 3 แผนการฝึก 2 แผนการฝึก (2 x 24 สัปดาห์) 3 แผนการฝึก (3 x 15 สัปดาห์)	2, 3 หรือหลายแผนการฝึก 2 แผน (ระยะไกล) 3 แผน (ระยะกลาง) หลายแผนการฝึก (Sprinters)

ตารางที่ 8 (ต่อ)

	Fundamental	Swimskills	Training to train	Training to compete	Training to win
จำนวนครั้งต่อครั้ง	เข้าร่วมฝึก 5-6 ครั้งต่อสัปดาห์ ทั้งการฝึกบนบก และในน้ำ ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย	ฝึกว่ายน้ำ 4-6 ครั้งต่อสัปดาห์ นอกเหนือจากการเล่นกีฬาอื่น	ฝึกว่ายน้ำ 6-12 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมถึงการฝึกบนบก	ฝึกว่ายน้ำอย่างเฉพาะเจาะจง เพื่อพัฒนาเทคนิค แทคติก และฟิสเนต 8-12 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมถึงการฝึกบนบก	ฝึกว่ายน้ำอย่างเฉพาะเจาะจง เพื่อพัฒนาเทคนิค แทคติก และฟิสเนต 10-15 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมถึงการฝึกบนบก
ระยะเวลาต่อครั้ง	30-45 นาที	60-90 นาที	2 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	2 + ชั่วโมง
ชั่วโมงในการฝึก	เป็นฤดูกาลแข่งขัน	ในน้ำ 4-7 ชั่วโมงต่อสัปดาห์; บนบก 1-2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์	ในน้ำ 12-24 ชั่วโมงต่อสัปดาห์; บนบก 2-3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์	ในน้ำ 16-24 ชั่วโมงต่อสัปดาห์; บนบก 3-4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์	ในน้ำ 20-24 ชั่วโมงต่อสัปดาห์; บนบก 3-6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์
ปริมาณการฝึก	เพื่อเรียนรู้ทักษะ	8,000 เมตร-16,000 เมตรต่อสัปดาห์	เริ่มจาก: 24,000 เมตร-32,000 เมตรต่อสัปดาห์ เพิ่มไปยัง (2,100-2,500 + กิโลเมตต่อปี หรือ 44 กิโลเมตร-52 + กิโลเมตต่อสัปดาห์ มากกว่า 48 สัปดาห์) และเมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธ์ (13/ 14/ 15 ปี)		ขึ้นอยู่กับความสามารถของนักกีฬา แต่ยังคงรักษาระยะทางให้ครอบคลุมมากขึ้น
จำนวนการแข่งขัน		ฝึกซ้อม ร้อยละ 75 และแข่งขัน ร้อยละ 25	ในขณะที่นักว่ายน้ำอยู่ในช่วงสูงสุด การแข่งขันจะลดเหลือไม่เกิน 12 ครั้งต่อปี	มากที่สุด 12 ครั้งต่อปี	มากที่สุด 12 ครั้งต่อปี แต่ขึ้นอยู่กับรายการถนัด

ตารางที่ 8 (ต่อ)

	Fundamental	Swimskills	Training to train	Training to compete	Training to win
เป้าหมาย ในการแข่งขัน			ระหว่างฝึกซ้อม: Heat - ร้อยละ 3 ของ PB Semi Final - ร้อยละ 2 ของ PB Final - ร้อยละ 1 ของ PB กรณีมี Tapered: Heat - ร้อยละ 2 ของ PB Semi Final - ร้อยละ 1 ของ PB Final - ดีกว่า PB ร้อยละ 1	ระหว่างฝึกซ้อม: Heat - ร้อยละ 3 ของ PB Semi Final - ร้อยละ 2 ของ PB Final - ร้อยละ 1 ของ PB กรณีมี Tapered: Heat - ร้อยละ 2 ของ PB Semi final - ร้อยละ 1 ของ PB Final - ดีกว่า PB ร้อยละ 1	ระหว่างฝึกซ้อม: Heat - ร้อยละ 3 ของ PB Semi Final - ร้อยละ 2 ของ PB Final - ร้อยละ 1 ของ PB กรณีมี Tapered: Heat - ร้อยละ 2 ของ PB Semi final - ร้อยละ 1 ของ PB Final - ดีกว่า PB ร้อยละ 1
รายการแข่งขัน	25 เมตร หรือ Strokes; 4/ 8/ 16 x 25 เมตร Relays all strokes แข่งเพื่อความสนุกสนานหรือพัฒนาการในรายการทั่วไป	รายการของสมาคม ฯ	รายการของสมาคม ฯ: 100/ 200 m BF, BK, BR; 200/ 400 m IM; 100/ 200/400/ 800/ 1500 m FS; 4 x 100 m FS & Medley relays	100/ 200 m BF, BK, BR; 200/ 400 m IM; 50/ 100/ 200/ 400/ 800/ 1500 m FS; 4 x 100 m FS & Medley relays; 4 x 200 m FS relay	100/ 200 m BF, BK, BR; 200/ 400 m IM; 50/ 100/ 200/ 400/ 800/ 1500 m FS; 4 x 100 m FS & Medley relays; 4 x 200 m FS relay

ตารางที่ 8 (ต่อ)

	Fundamental	**Swimskills**	**Training to train**	**Training to compete**	**Training to win**
ประเภทการแข่งขัน	ภายในสโมสร ระหว่างสโมสร ภายในชุมชน	ภายในสโมสรระดับจังหวัด/ ภาค แบ่งรุ่นอายุ	ระดับภาค/ ระดับชาติ แบ่งรุ่นอายุชิงแชมป์ ระดับภาค	ชิงแชมป์ระดับภาค (เยาวชน + ทั่วไป) ชิงแชมป์ประเทศไทย (เยาวชน)	ชิงแชมป์ประเทศไทย (ทั่วไป) แข่งขันสากล (เยาวชน + ทั่วไป)

การฝึกซ้อมสำหรับช่วงอายุ 9-15 ปี

ในช่วงอายุ 9-15 ปี จะมีการมุ่งพัฒนาสมรรถภาพทางกายพื้นฐาน ได้แก่ ความเร็ว ความแข็งแรง ความอดทน ความอ่อนตัว และเสริมสร้างสมรรถภาพเชิงแอโรบิก มีการเรียนรู้แทคติก ในการเล่นกีฬาที่เฉพาะเจาะจงกับกีฬามากขึ้น การเจริญเติบโตทางด้านร่างกาย การทำงานเชิงสรีรวิทยา และอารมณ์ของนักกีฬาในวัยนี้มีความซับซ้อน ผู้ฝึกสอนควรจะมีความเข้าใจในเรื่องการเจริญเติบโต และพัฒนาการของเด็กที่มีการเติบโตอย่างฉับพลัน ร่างกายจะมีโอกาสเสี่ยงต่อการบาดเจ็บบริเวณกระดูก ซึ่งเป็นเหตุผลในการลดความหนักในการฝึกซ้อมสมรรถภาพทางกายและทักษะกีฬาเหลือเพียงร้อยละ 60 : 40 นอกจากนี้ร่างกายจะมีการเปลี่ยนแปลงความสูง และความยาวของแขนขา ทำให้มีปัญหาด้านความสมดุลของกล้ามเนื้อ และความอ่อนตัว ซึ่งลักษณะทางโครงสร้าง และสรีรวิทยาที่เปลี่ยนแปลง เช่น หัวใจ และปอดกำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ปริมาณเลือดมีมากขึ้น มีการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนเพศ ทำให้เพิ่มมวลกล้ามเนื้อ มวลไขมัน

การฝึกซ้อมทักษะในช่วงอายุนี้ควรเริ่มต้นใช้อุปกรณ์ และกฎการแข่งขันที่เหมือนผู้ใหญ่ และจำลองสถานการณ์การแข่งขัน จะทำให้พัฒนาทักษะ และเข้าใจกับกลยุทธ์ของกีฬาได้ดีขึ้น รวมทั้งการพัฒนาความแข็งแรง ความอดทน ความเร็ว และความอ่อนตัวเพื่อให้ทักษะพื้นฐานมีการพัฒนา (Balyi et al., 2013)

Balyi et al. (2005) กล่าวว่า หลังจากร่างกายมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ควรมีการฝึกเพื่อพัฒนาระบบแอโรบิก รวมถึงการพัฒนาความเร็ว ความแข็งแรง และความอ่อนตัว เนื่องจากการเติบโตของกระดูก เอ็นกล้ามเนื้อ และกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ การฝึกซ้อมความแข็งแรงในเด็กหญิงสามารถฝึกได้ทันที หลังจากเข้าสู่ช่วงที่มีความสูงเพิ่มขึ้นมาก (Peak height velocity [PHV]) แต่ในเด็กชาย ควรฝึกซ้อมหลังจากเข้าสู่ช่วง PHV ไปแล้ว 12-18 เดือน ส่วนการฝึกซ้อมความเร็วควรเริ่มฝึกซ้อมในเด็กชาย ช่วงอายุระหว่าง 7-9 ปี และเริ่มฝึกซ้อมอีกครั้งเมื่ออายุ 13-16 ปี ส่วนเด็กหญิงสามารถเริ่มฝึกซ้อมความเร็วได้ในช่วง 6-8 ปี และทำการฝึกซ้อมอีกครั้ง เมื่ออายุ 11-13 ปี โดยใช้การฝึกช่วงเวลาสั้น ๆ และเมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธ์ ควรมีการฝึกซ้อมเทคนิคที่เฉพาะมากขึ้น ใช้แทคติกที่หลากหลายเพื่อให้เข้าใจเกมการแข่งขัน และควรใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับร่างกายและทักษะกีฬาและไม่เน้นการแข่งขันมากเกินไป

สำหรับการวางแผนการฝึกซ้อมควรมีการแบ่งการฝึกซ้อมออกเป็นสองระยะ คือ การฝึกซ้อมเบื้องต้น และการฝึกซ้อมพื้นฐานทางกีฬาเพื่อพัฒนาทักษะทางกลไกที่ยากขึ้น อย่างไรก็ตามแม้อายุจะมีความสัมพันธ์กับขั้นตอนการพัฒนา แต่ก็ต้องขึ้นอยู่กับชนิดของกีฬา อัตราการเจริญเติบโต และวุฒิภาวะของนักกีฬาแต่ละคนด้วย

สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด (2547) ได้แบ่งการวางแผนการฝึกซ้อมสำหรับนักกีฬา ในช่วงอายุ 9-15 ปี ดังนี้

การฝึกซ้อมเบื้องต้น อายุ 6-10 ปี ในขั้นนี้โปรแกรมการฝึกซ้อมจะมีความหนักต่ำ เหมาะสมต่อการพัฒนาระบบหัวใจ ไหลเวียน ขณะเดียวกันก็ควรเน้นกิจกรรมที่ทำให้เกิดความเครียดกับข้อต่อ เอ็นกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากเด็กยังไม่มีความพร้อมทางด้านร่างกาย และจิตใจ โดยควรมีเป้าหมายไปที่การพัฒนาความสามารถทางการกีฬาทุก ๆ ด้าน โดยเน้นพัฒนาทักษะการเรียนรู้ และการเคลื่อนไหวที่ประกอบด้วย การวิ่ง การกระโดด การทุ่ม พุ่ง ขว้าง การทรงตัว และการหมุน และควรสนับสนุนให้เด็กเรียนรู้ทักษะของกิจกรรม เช่น การปั่นจักรยาน การว่ายน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ควรสนับสนุนให้มีการพัฒนาความอ่อนตัว ความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ และการทรงตัว

การฝึกซ้อม อายุ 11-14 ปี ควรมีความหนักของการฝึกซ้อมปานกลาง เนื่องจากเปลี่ยนแปลงความสมบูรณ์ทางกายที่มีการเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโต ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้สูญเสียความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อจากการฝึกซ้อมทักษะ โดยควรเน้นไปที่การฝึกซ้อมทั้งเฉพาะเจาะจง และไม่เฉพาะเจาะจงกับกีฬา จะช่วยให้นักกีฬามีการปรับปรุงสมรรถภาพพื้นฐานหลายด้าน และเป็นการเตรียมนักกีฬาสำหรับรับปริมาณการฝึกซ้อมที่เพิ่มขึ้นต่อไป โดยควรมีการพัฒนาแทคติก และกลวิธีเบื้องต้นให้กับนักกีฬา ให้ความสำคัญกับการพัฒนา ความอ่อนตัว ความสัมพันธ์ของระบบประสาท และกล้ามเนื้อ รวมถึงการทรงตัว และการพัฒนาความแข็งแรงทั่วไป เพื่อเป็นพื้นฐานของการพัฒนาความแข็งแรงและพลังในอนาคต

การฝึกซ้อมความแข็งแรงควรเน้นการพัฒนาส่วนลำตัวของร่างกาย โดยเฉพาะสะโพก หลังส่วนล่าง และท้อง รวมถึงหัวไหล่ แขน และขา โดยใช้รูปแบบการฝึกด้วยการใช้น้ำหนักของร่างกาย หรือใช้อุปกรณ์ที่มีแรงต้านต่ำ และมีจำนวนครั้งที่มาก

การฝึกซ้อม อายุ 15-18 ปี เป็นการเพิ่มความสามารถของนักกีฬาที่จะทนทานต่อการฝึกซ้อมและแข่งขันที่หนักมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการฝึกซ้อมส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในช่วงอายุนี้ โดยจะเริ่มมีการฝึกฝนที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น ปริมาณความหนักของการฝึกซ้อมมีการเพิ่มขึ้น ควรมีการเพิ่มความสามารถทางกายและจิตใจที่สัมพันธ์กับการแข่งขัน รวมถึงสมรรถภาพทางกลไกที่มีความสำคัญต่อชนิดกีฬา เช่น สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ความสัมพันธ์ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ และความอ่อนตัว โดยเน้นการฝึกซ้อมเทคนิคที่มีความเฉพาะเจาะจง เพื่อช่วยพัฒนาระดับความสามารถให้เพิ่มขึ้น

การพัฒนาความแข็งแรงจะเน้นการฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อหลัก ที่มีความเจาะจงกับกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้ในการว่าย และควรหลีกเลี่ยงการฝึกซ้อมความแข็งแรงสูงสุดเนื่องจากนักกีฬายังคงมีการเจริญเติบโต

สมรรถภาพเชิงแอโรบิกในนักกีฬาเยาวชน

สมรรถภาพเชิงแอโรบิก (Aerobic performance) หมายถึง จำนวนของพลังงานสูงสุด

ที่ผลิตจากระบบพลังงานที่ใช้ออกซิเจนต่อหน่วยเวลาซึ่งได้จากอัตราการเผาผลาญอาหารโดยเซลที่ใช้ออกซิเจน ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถของเนื้อเยื่อที่จะใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญอาหาร รวมทั้งใช้ในการขนส่งออกซิเจนจากอากาศเข้าไปยังไมโตคอนเดรีย

สมรรถภาพเชิงแอโรบิกเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับนักว่ายน้ำเยาวชนที่ต้องมีการพัฒนาการทำงานของระบบหายใจ และไหลเวียนส่งผลให้ร่างกายสามารถทำกิจกรรมที่ต่อเนื่อง และยาวนาน รวมทั้งยังเป็นการสะท้อนความอดทนของร่างกายได้เป็นอย่างดี เช่นเดียวกับธรรมชาติของกีฬาว่ายน้ำ ที่ร่างกายจะมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลาย่อมส่งผลต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนที่เพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน เนื่องจากเซลล์กล้ามเนื้อจำเป็นต้องใช้ออกซิเจน เพื่อนำไปผลิตเป็นพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนไหวของร่างกายจึงต้องอาศัยการทำงานของระบบหายใจและไหลเวียนโดยตรง ซึ่งหากนักกีฬามีประสิทธิภาพการทำงานของระบบนี้สูงจะทำให้ร่างกายของนักกีฬาสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างต่อเนื่อง ยาวนาน ในทางตรงกันข้าม หากนักกีฬามีประสิทธิภาพการทำงานของระบบนี้ต่ำ จะส่งผลให้ร่างกายมีการทำงานที่ลดน้อยลงไปรวมไปถึงจะทำให้เกิดความเมื่อยล้าขึ้นกับร่างกายได้ง่าย และไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ (Malina et al., 2004)

Hines (2008) กล่าวว่า ในการเล่นกีฬาหรือออกกำลังกายใด ๆ ที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเต้นสูงกว่า 120 ครั้งต่อนาที ต่อเนื่องกัน 20 นาทีขึ้นไป จะทำให้มีการพัฒนาสมรรถภาพเชิงแอโรบิกขึ้นได้ และส่งผลให้มีการพัฒนาการทำงานของระบบหายใจ และไหลเวียน รวมถึงระบบกล้ามเนื้อ โดยออกซิเจนที่ถูกส่งมาจากปอดจะเข้าสู่เม็ดเลือดแดง และถูกขนส่งไปยังเซลล์กล้ามเนื้อ และถูกนำไปใช้เกิดการสันดาปในกระบวนการเชิงแอโรบิก (Aerobic metabolism) โดยพบว่า ผนังของหัวใจห้องล่างซ้ายมีความหนาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ช่องวางภายในหัวใจห้องล่างซ้ายจะมีขนาดใหญ่ขึ้น และมีความจุเพิ่มขึ้น จึงสามารถบีบตัวได้ดี มีปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจห้องล่างซ้ายใน 1 ครั้ง (Stroke volume) ที่ไหลเวียนไปยังกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น ทำให้ร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนเพื่อสันดาปเป็นพลังงานได้มาก

ในเด็กนั้นจะมีปริมาตรเลือดในร่างกาย และฮีโมโกบิลในเม็ดเลือดแดงที่มีค่าต่ำกว่าผู้ใหญ่ และมีอัตราการเต้นของหัวใจที่สูง (195-215 ครั้งต่อนาที) เพื่อชดเชย ปริมาณเลือดที่หัวใจบีบตัวต่อครั้งที่มีค่าต่ำ (Malina et al., 2004) จึงมีอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่ออกกำลังกายหนักและความสามารถในการขนส่งออกซิเจนที่มีค่ามากกว่าผู้ใหญ่

Maglischo (2003) ได้กล่าวว่า การพัฒนาสมรรถภาพเชิงแอโรบิกจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนี้

1. เพิ่มอัตราการแพร่ของออกซิเจนเข้าสู่กระแสเลือด
2. เพิ่มปริมาณ Blood volume
3. เพิ่ม Cardiac output

4. เพิ่มเส้นเลือดฝอยที่อยู่ในกล้ามเนื้อ

5. เพิ่มปริมาณเลือดที่ไปยังกล้ามเนื้อ

และเมื่อทำการฝึกซ้อมจะส่งผลให้กล้ามเนื้อเพิ่มการใช้ออกซิเจนโดยเพิ่มปริมาณการเก็บของไมโอโกลบินในเส้นใยกล้ามเนื้อ เพิ่มขนาด และจำนวนของไมโตคอนเดรีย และเพิ่มการทำงานของเอ็นไซม์ในกระบวนการเผาผลาญพลังงานเชิงแอโรบิกได้

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) ได้กล่าวว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดหรือความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (Maximum oxygen uptake [VO_2 max]) หมายถึง ปริมาณออกซิเจน (มิลลิลิตร) ที่ระบบไหลเวียน และระบบหายใจสามารถขนส่งเข้าสู่เซลล์ต่าง ๆ ในขณะที่ออกกำลังกายได้อย่างเต็มที่ในระยะเวลา 1 นาที หรือปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายรับเข้าไปใช้ได้ในเวลา 1 นาที ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการใช้ออกซิเจนที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงการทำหน้าที่ของระบบไหลเวียน และระบบหายใจ

โดยทั่วไปค่า VO_2 max ของเด็กจะมีการเพิ่มขึ้นจนกระทั่งอายุ 16 ปีในผู้ชาย และอายุ 13 ปี ในผู้หญิง และหลังจากช่วงอายุดังกล่าว VO_2 max จะคงระดับ และลดต่ำลง (Nevill, 1997) ส่วนนักกีฬาว่ายน้ำเพศชายจะมีค่า VO_2 max ประมาณ 50-70 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที (ml/ kg/ min) ส่วนนักกีฬาว่ายน้ำเพศหญิงมีค่าประมาณ 40-60 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที (ml/ kg/ min) ซึ่งน้อยกว่าเพศชาย เนื่องจากผู้หญิงมีอัตราการเต้นของหัวใจเร็วกว่า มีขนาดหัวใจ และทรวงอกเล็กกว่าผู้ชาย โดยคนที่ออกกำลังกายหรือมีการฝึกซ้อมเป็นประจำจะมีระดับ VO_2 max ที่มากกว่าคนที่ไม่ได้รับการฝึกซ้อมหรือไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ (Wilmore, Costill, & Kenney, 2008)

VO_2 max ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบสำคัญ 2 อย่าง คือ

1. ประสิทธิภาพการทำงานของระบบไหลเวียน (Cardiovascular system) โดยภายหลังจากการฝึกด้วยความหนักที่มาก และต่อเนื่อง กล้ามเนื้อต้องอาศัยออกซิเจน และอาหารในการสร้างพลังงาน และลำเลียงผ่านเลือด อีกทั้งเลือดยังเป็นตัวที่ช่วยนำของเสียที่มีอยู่ในร่างกายไปสลาย ซึ่งการที่เลือดจะไหลเวียนได้ดีหรือไม่นั้น หัวใจ และหลอดเลือดมีส่วนสำคัญยิ่งที่จะกำหนดประสิทธิภาพ นั่นคือ ยิ่งหัวใจ และหลอดเลือดมีประสิทธิภาพทำงานดีเท่าใด การลำเลียงอาหารออกซิเจนไปกล้ามเนื้อ และการนำของเสียออกจากกล้ามเนื้อก็จะมีประสิทธิภาพดีขึ้นเท่านั้น

2. ประสิทธิภาพการทำงานของระบบหายใจ (Respiratory system) จากการนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายแล้วส่งผ่านเข้ากระแสเลือด และนำของเสียออกมาทำลายซึ่งเป็นกระบวนการที่จะทำให้ร่างกายได้รับออกซิเจนเพิ่มขึ้น และทำลายของเสียได้เร็วขึ้น ดังนั้นประสิทธิภาพการทำงานของระบบหายใจจึงเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพการเพิ่มของออกซิเจน

นอกจากนี้ VO_2 max จะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ (วิศาล คันธารัตนกุล, 2546)

1. รูปแบบวิธีการออกกำลังกาย (Method of exercise) โดยการออกกำลังกายบนลู่วิ่งจะมีผลให้ค่า VO_2 max เพิ่มมากกว่าการปั่นจักรยาน ประมาณ ร้อยละ 10-20

2. กรรมพันธุ์ (Hereditary) เป็นตัวกำหนดค่า VO_2 max ซึ่งจากการศึกษาในคู่แฝด พบว่าความเป็นแฝด คือกรรมพันธุ์ที่มีผลต่อค่า VO_2 max ถึงร้อยละ 40-90

3. เพศ (Gender) ผู้หญิงจะมีค่า VO_2 max ต่ำกว่าผู้ชายประมาณร้อยละ 15-30

4. อายุ (Age) ผู้ที่มีอายุมากกว่า 25 ปี ค่า VO_2 max จะลดลงประมาณร้อยละ 1 ต่อปี แต่หากยังมีกิจกรรมที่หนักหรือยังมีการออกกำลังกายอยู่ปัจจัยนี้ก็จะไม่มีผลในการลดลงไปมากนัก

5. การฝึกฝน (Training) หากการฝึกฝนนั้นถึงระดับของการพัฒนาระบบพลังงานแบบแอโรบิก และเกิดผลของการฝึกแล้ว จะสามารถเพิ่มค่า VO_2 max ถึงร้อยละ 20

6. องค์ประกอบของร่างกาย (Body composition) โดยผู้ที่มีมวลร่างกายมากกว่าจะมีค่า VO_2 max ที่มากกว่า รวมไปถึงมวลร่างกายส่วนที่ไร้ไขมัน (Lean body mass) ค่า VO_2 max ก็มีค่ามากกว่าถึงร้อยละ 20

7. ปัจจัยภายนอกอื่น ๆ (External factors) ที่มีผลต่อปริมาณการบีบตัวของเลือดหรือความเข้มข้นของเลือด เช่น การใช้ยาต้านเบต้า จะทำให้การวัดค่า VO_2 max มีค่าที่สูงขึ้น เป็นต้น

ในการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอโรบิกในนักกีฬาว่ายน้ำจะทำการทดสอบ VO_2 max โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊สทำการทดสอบในขณะว่ายน้ำแต่นักกีฬาจะไม่สามารถกลับตัวได้เนื่องจากข้อจำกัดในการต่อพ่วงของอุปกรณ์ทดสอบ จึงมีการคิดค้นหาวิธีการเพื่อทดสอบ VO_2 max ในน้ำร่วมกับคิดค้นหาวิธีเพื่อวัดและประเมินสมรรถภาพเชิงแอโรบิกในการว่ายน้ำเรื่อยมา โดยใช้การวัดปริมาณกรดแลคติกในเลือดเพื่อหา จุดเริ่มล้า (Anaerobic threshold) เพื่อประเมินสมรรถภาพเชิงแอโรบิก ซึ่งจะต้องมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง และต้องใช้ผู้ที่เชี่ยวชาญเป็นจำนวนมาก และบางครั้งจะทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่มีการใช้อุปกรณ์ราคาสูง ซึ่งข้อจำกัดเหล่านี้ ส่งผลให้มีการคิดค้นวิธีที่สามารถนำมาใช้ได้ประเมินสมรรถภาพของนักกีฬาว่ายน้ำได้อย่างถูกต้อง และประหยัดโดยใช้การทดสอบว่ายน้ำมาประเมินค่าสมรรถภาพเชิงแอโรบิก

Zarzecny, Kuberski, Deska, Zarzeczna, and Rydz (2013) กล่าวว่า การทดสอบว่ายน้ำ CSS เป็นวิธีที่นิยมใช้ประเมินความสามารถในการยืนระยะเชิงแอโรบิกของนักว่ายน้ำ โดยนำค่าการทดสอบที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง และเวลาที่ว่าย จนได้ความเร็ว Critical velocity จะทำให้ได้จุดเริ่มล้าของนักกีฬา ซึ่งเมื่อนำค่านี้มาใช้ในการออกแบบการฝึกซ้อมว่ายน้ำจะทำให้นักกีฬามีการพัฒนาความสามารถในการยืนระยะเชิงแอโรบิกได้ทำให้สามารถประเมินความหนักในการออกกำลังกายโดยปราศจากการหมดแรงได้

จึงสรุปได้ว่า สมรรถภาพเชิงแอโรบิกมีความสัมพันธ์กับกีฬาโดยตรงเนื่องจากธรรมชาติในเกมกีฬาทุกประเภทร่างกายย่อมต้องมีการเคลื่อนไหวโดยมีการเคลื่อนไหวมากน้อยแตกต่างกัน

ออกไป ซึ่งการเคลื่อนไหวของร่างกายทั้งหมดจำเป็นต้องอาศัยการทำงานของระบบหายใจ และไหลเวียน และสิ่งที่เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของสมรรถภาพเชิงแอโรบิกในกีฬาว่ายน้ำก็คือ ความสามารถในการยืนระยะเชิงแอโรบิกนั่นเอง

สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักกีฬาเยาวชน

สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก เป็นความสามารถในการทำงานของร่างกายโดยใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน เกิดจากการเผาผลาญกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์ โดยกลูโคสจะถูกเปลี่ยนให้เป็นไกลโคเจนเพื่อเก็บไว้ที่ตับ และกล้ามเนื้อ และจะเปลี่ยนคืนกลับมาเป็นกลูโคสเมื่อร่างกายต้องการ ซึ่งไกลโคเจนที่ถูกเก็บไว้ที่ตับเท่านั้นที่จะเป็นพลังงานของร่างกาย ส่วนที่ถูกนำไปเก็บที่กล้ามเนื้อจะถือว่าเป็นส่วนของกล้ามเนื้อ และเมื่อถูกเปลี่ยนให้เป็นกลูโคสแล้วก็จะถูกนำไปใช้ในกิจกรรมของกล้ามเนื้อเท่านั้น จะไม่เคลื่อนที่เข้าสู่กระแสเลือดเพื่อนำไปให้อวัยวะบริเวณอื่น ๆ (อภิรมย์ จามพฤกษ์, 2560)

สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก มีความสำคัญต่อนักกีฬาที่ต้องใช้กำลังเพื่อแสดงทักษะความสามารถของร่างกายในรูปแบบของกิจกรรมที่ต้องใช้ความเร็วสูงสุดในระยะเวลาที่สั้นที่สุด ที่เกิดการเผาผลาญกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์ นั่นคือ กระบวนการสร้าง ATP ที่ปราศจากออกซิเจน หรือที่เรียกว่า ระบบพลังงาน ATP-PC ที่ก่อให้เกิดกรดแลคติก (Anaerobic glycolysis)

กระบวนการสร้างพลังงาน ATP-PC ที่ก่อให้เกิดกรดแลคติก นี้ สามารถสร้างพลังงาน ATP เพื่อใช้ชั่วคราวในสภาวะต่าง ๆ ที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ และยังเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในการออกกำลังกายที่ใช้ระยะเวลาสั้น เช่นในว่ายน้ำระยะสั้น เพราะการว่ายประเภทนี้จะมีความต้องการพลังงานสูง แต่การทำงานของระบบการหายใจและไหลเวียนไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ด้วยการขนส่งออกซิเจนให้เพียงพอกับความต้องการได้ (ประทุม ม่วงมี, 2527)

สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ

1. กำลังสูงสุดเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic power) หมายถึง ความสามารถสูงสุดที่กล้ามเนื้อทำงานโดยใช้ระบบพลังงานแบบทันที (Immediate energy system) โดยเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะปล่อยพลังงานสูงสุด ในเวลาที่สั้นที่สุดเกิดการแตกตัวของฟอสฟาเจนที่สูงมากในกล้ามเนื้อ ใช้พลังงานแบบ ATP-PC ซึ่งเป็นปริมาณงานสูงสุดที่ทำได้ในช่วง 3-5 วินาทีแรก ที่เรียกว่า Peak power output มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watts) โดยรูปแบบการออกกำลังกายในนักกีฬาระดับเยาวชนจะมีลักษณะที่ใช้กำลังระเบิด เป็นกิจกรรมระยะสั้น โดยใช้แหล่งพลังงานแบบแอนแอโรบิกมากกว่าแบบแอโรบิก (Van-Praagh, 1997) และพบว่า การพัฒนากำลังเชิงแอนแอโรบิกจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกช่วงอายุของวัยรุ่น และอัตราการเพิ่มขึ้นในเด็กชายจะมีค่ามากกว่าเด็กหญิงเมื่อเข้าสู่วัยรุ่น (Boreham, 2001)

2. ความสามารถในการยืนระยะเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) หมายถึง ปริมาณงานสูงสุดในการที่จะรักษาระดับการทำงานของกล้ามเนื้อให้คงอยู่ ซึ่งเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อที่ไม่ใช้ออกซิเจนได้สูงสุด โดยใช้ระบบพลังงานแบบทันที (Immediate energy system) และใช้พลังงานแบบระยะสั้น (Short term energy system) ที่เก็บสะสมไว้ในไกลโคเจนของกล้ามเนื้อเป็นหลักในขณะที่ปราศจากการใช้ออกซิเจนมีหนวยเป็นวัตต์ (Watts)

ความสามารถในการยืนระยะเชิงแอนแอโรบิก เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในกีฬาหลายประเภท โดยเฉพาะกีฬาที่มีการใช้ความสามารถสูงสุด กำลัง หรือความเร็วสูงสุด เป็นระยะเวลานาน เช่น การว่ายน้ำด้วยความเร็วสูงสุด และพยายามรักษาอัตราเร็วสูงสุดนั้นไว้ให้ได้นานที่สุด ซึ่งนักกีฬาที่มีความสามารถในการยืนระยะเชิงแอนแอโรบิกที่ดีนั้น จะสามารถออกแรงด้วยกำลังสูงสุดและรักษากำลังในการใช้ความเร็วนี้ให้ได้นานที่สุดนั่นเอง

แอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold)

แอนแอโรบิกเทรชโฮล (AT) หมายถึง จุดที่พลังงานที่ได้จากระบบแอโรบิกนั้นไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย จึงจำเป็นต้องมีการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก ทำให้ปริมาณกรดแลคติกเพิ่มสูงขึ้น (ประทุม ม่วงมี, 2527) หรืออาจกล่าวได้ว่า เป็นจุดเริ่มล้าของร่างกาย

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) ได้กล่าวว่า AT หมายถึง ระดับความหนักในการออกกำลังกายหรือการใช้ออกซิเจนที่มีการเพิ่มการใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic metabolism) และเมื่อร่างกายมีกระบวนการดังกล่าวเพิ่มขึ้นก็จะมีกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจุดเริ่มล้าจึงเป็นระดับที่พบว่า มีกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นในเลือด

วิธีการวัดจุดเริ่มล้าสามารถทำได้โดยใช้การเจาะเลือดเพื่อตรวจวัดระดับของกรดแลคติกในขณะที่มีการออกกำลังกาย ซึ่งเทคนิคการเจาะเลือดทำให้เกิดความเจ็บปวด และไม่สะดวก รวมถึงต้องใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์กรดแลคติก จึงมีวิธีที่สามารถวัดจุดเริ่มล้าได้รวดเร็วกว่าก็คือการสังเกตปริมาณการหายใจในแต่ละนาที (Minute ventilation) รวมถึงปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น โดยข้อมูลเหล่านี้จะเพิ่มเป็นเส้นตรงกับความหนักในการออกกำลังกายจนกระทั่งถึงจุดเริ่มล้าซึ่งมีปริมาณการหายใจในแต่ละนาทีและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้นทันที สามารถสังเกตได้จากการตรวจวัดสัดส่วนการหายใจ (Ventilation equivalent) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของปริมาณการหายใจในแต่ละนาทีและปริมาณการใช้ออกซิเจน (VE/ VO_2) โดยพบว่าในคนสภาวะปกติ เมื่อมีการออกกำลังกายด้วยความหนัก ร้อยละ 53 ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด จะมีอัตราส่วน VE/ VO_2 เท่ากับ 25 : 1 แต่สำหรับในเด็กที่ระดับความหนักเดียวกันนั้น จะมีอัตราส่วนเท่ากับ 32 : 1 ส่วนในการว่ายน้ำอาจจะมีสัดส่วนการหายใจที่ต่ำ เนื่องจากการหายใจถูกจำกัดด้วยการเคลื่อนไหวใต้น้ำ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ผู้ที่ว่ายน้ำอาจได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ (อภิรมย์ จามพฤกษ์, 2560)

อภิรมย์ จามพฤกษ์ (2560) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อ AT ดังนี้

1. ขนาดของรูปร่างและมวลกล้ามเนื้อ

การเปลี่ยนแปลงร่างกายของนักกีฬาเยาวชนจะส่งผลต่อสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก โดยมวลกล้ามเนื้อจะมีการเพิ่มขึ้นตามอายุของนักกีฬาที่กำลังจะเข้าสู่วัยรุ่น การเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อนี้จะส่งผลโดยตรงต่อ Anaerobic power โดย ATP, PC และไกลโคเจน ที่อยู่ในกล้ามเนื้อจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อร่างกายเจริญเติบโต เช่น ATP และ PC ในกล้ามเนื้อขณะพักจะมีค่าน้อยกว่าในช่วงหลังเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ประมาณร้อยละ 30 และปริมาณ ATP จะมีค่ามากที่สุดในช่วงก่อนเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์

2. วัย

เด็กจะมีปริมาณแลคเตทในกล้ามเนื้อที่มีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวัยรุ่นและผู้ใหญ่ ในขณะออกกำลังกายระดับเกือบสูงสุด (Submaximal) เนื่องจากฮอร์โมนและการเจริญเติบโตของนักกีฬาแต่ละคนจะส่งผลให้กระบวนการเปลี่ยนไกลโคเจนเป็นแลคเตทช้าลงเพื่อทดแทน ATP สอดคล้องกับปริมาณ Phosphofructokinase ในกล้ามเนื้อของกระบวนการ Anaerobic glycolysis ที่มีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวัยรุ่นและผู้ใหญ่ นอกจากนี้เด็กและวัยรุ่นยังไม่สามารถรักษาระดับ Acidosis ให้สูงได้เหมือนผู้ใหญ่อีกด้วย (Malina et al., 2004)

3. ระดับสมรรถภาพของร่างกาย โดยผู้ที่มีการออกกำลังกายเป็นประจำจะมีค่า AT ที่สูงกว่าคนทั่วไปที่ไม่ได้ออกกำลังกาย

4. การสลายตัวของสารอาหาร

ในระหว่างการออกกำลังกาย พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระในเลือด (Free fatty acid) ซึ่งจะลดการสะสมของกรดแลคติกในเลือดระหว่างการออกกำลังกาย นอกจากนี้ พบว่าในผู้ที่แข็งแรงจะมีสัดส่วนการใช้พลังงานได้ดีกว่าบุคคลทั่วไป ทำให้มีค่า AT อยู่ในระดับที่สูง

5. การฝึกซ้อม

ภายหลังจากการฝึกความอดทน จะทำให้การสะสมกรดแลคติกในร่างกายลดลง และมีค่า AT ที่สูงขึ้น ส่วนการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจึงช่วยทำให้มีสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้นได้ จากการเพิ่มอัตราการสลายไกลโคเจน และเอ็มไซม์ Glycolytic ในกล้ามเนื้อ ทำให้ความสามารถในการยืนระยะเชิงแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้น (Fernandes et al., 2008)

ในการประเมินค่ากำลังเชิงแอนแอโรบิก และความสามารถในการยืนระยะเชิงแอนแอโรบิกในกีฬาว่ายน้ำถือเป็นการทดสอบที่ทำได้ยาก เนื่องจากไม่สามารถใช้ การทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาปฏิกริยาเคมีในการใช้พลังงานเชิงแอนแอโรบิก (Nonaerobic pathways) หรือสภาพเชิงแอนแอโรบิกของนักกีฬา (Nonaerobic conditioning) โดยตรง

Papoti et al. (2005) กล่าวว่า วิธีการวัดตัวแปรเชิงแอนแอโรบิกจะไม่ค่อยได้รับการพัฒนาเหมือนตัวแปรเชิงแอโรบิก ถึงแม้ว่าตัวแปรเชิงแอนแอโรบิกนี้จะมีความสำคัญกับการพัฒนานักกีฬาว่ายน้ำก็ตาม โดยใช้วิธีการวัดปริมาณกรดแลคติกในเลือดภายหลังการว่ายน้ำ เพื่อประเมินค่าความสามารถในการยืนระยะเชิงแอนแอโรบิก ซึ่งพบว่า เมื่อทำการวัดในนักกีฬาว่ายน้ำที่ทำการฝึกซ้อมเป็นประจำ กรดแลคติกมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และเมื่อนักกีฬามีภาวะที่ฝึกซ้อมหนักเกิน (Overtraining) กรดแลคติกก็จะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเช่นกัน

ดังนั้นในขณะว่ายน้ำอาจใช้การทดสอบด้วยเครื่องลากจูงในน้ำ (Tethered หรือ Semitethered swimming) เพื่อหากำลังเชิงแอนแอโรบิกของนักกีฬาว่ายน้ำ แต่เนื่องจากอุปกรณ์มีราคาสูง ทำให้ยากต่อการทดสอบโดยทั่วไป จึงใช้การทดสอบจากการว่ายน้ำมาประเมินค่าสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (Riewald, 2015 b)

Fernandes et al. (2008) กล่าวว่าการทดสอบความเร็วในการว่ายน้ำในระยะทางที่ต่ำกว่า 50 เมตร จะมีความสัมพันธ์กับการใช้กำลังเชิงแอนแอโรบิกที่เพิ่มขึ้น จึงมีการพัฒนาการทดสอบความเร็วที่ไม่ใช้ออกซิเจน หรือที่เรียกว่า Anaerobic critical velocity (AnCV) ซึ่งถือเป็นค่าที่บ่งชี้ถึง ความสามารถในการยืนระยะเชิงแอนแอโรบิก ในนักว่ายน้ำได้ และเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญสำหรับการฝึกซ้อมแบบแอนแอโรบิก สำหรับนักว่ายน้ำระยะสั้น

จึงสรุปได้ว่า สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก มีความสำคัญต่อนักกีฬาว่ายน้ำที่ต้องใช้กำลังสูงสุด ความเร็วสูงสุด และพยายามรักษาอัตราเร็วสูงสุดนั้นไว้ให้ได้นานที่สุดในขณะว่ายน้ำ ซึ่งนักกีฬาที่สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกที่ดีนั้น จำเป็นต้องอาศัยการใช้พลังงานที่เก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อเป็นหลักโดยที่ปราศจากการใช้ออกซิเจน ดังนั้นสิ่งที่เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในกีฬาว่ายน้ำก็คือ ความสามารถในการยืนระยะแอนแอโรบิกนั่นเอง

ฮอร์โมน IGF-I

กระบวนการเจริญเติบโตของร่างกายถูกควบคุมโดยการทำงานของระบบประสาทและต่อมไร้ท่อ ส่งผลให้ร่างกายสามารถควบคุมการนำสารอาหารที่ได้รับไปใช้เป็นพลังงาน และรักษาสภาพแวดล้อมภายในร่างกายให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ คำว่า ต่อมไร้ท่อ (Endocrine gland) หมายถึง การขับสกัดสารภายใน แตกต่างจากต่อมีท่อ หรือต่อมปกติ (Exocrine gland) ซึ่งเป็นต่อมผลิตของเหลวขับออกมาข้างนอก เช่น ต่อมเหงื่อ ต่อมน้ำลาย เป็นต้น

สารเคมีที่ถูกผลิตจากต่อมไร้ท่อเรียกว่า ฮอร์โมน (Hormone) ซึ่งฮอร์โมนส่วนใหญ่จะเป็นพวกโปรตีนและสเตอรอยด์ และถูกส่งเข้ากระแสเลือดไปสู่เซลล์และเนื้อเยื่อหรืออวัยวะเป้าหมาย ซึ่งจะเกิดผลแตกต่างกันไป ถึงแม้ว่าฮอร์โมนบางชนิดอาจมีผลต่อเนื้อทั่วร่างกาย แต่ฮอร์โมนส่วนใหญ่จะมีผลจำเพาะต่อเนื้อเยื่อเป้าหมาย (Specificity of hormone) ความจำเพาะนี้

ขึ้นอยู่กับ ตัวรับฮอร์โมน (Hormone receptor) ที่อยู่ในเนื้อเยื่อของเซลล์ของอวัยวะนั้น ๆ ตัวรับฮอร์โมนนี้ จะมีความจำเพาะในการรับฮอร์โมนได้เพียงชนิดใดชนิดหนึ่งและ ฮอร์โมนอาจจะมีผลเฉพาะส่วน (Specific part) ต่อเนื่อเยื่อหรืออวัยวะนั้นก็ได้

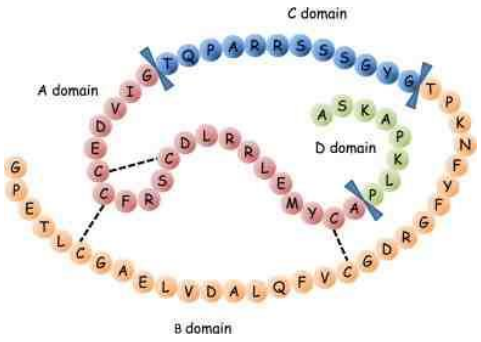
โดยทั่วไปแล้ว การสังเคราะห์ฮอร์โมนเริ่มจากระบบประสาทส่วนกลางที่มีสารสื่อประสาท (Neurotransmitters) กระตุ้นต่อมใต้สมองไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) ให้สังเคราะห์ Growth hormone releasing hormone (GHRH) และ Somatostatin (SS) โดย GHRH จะกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหน้าให้สังเคราะห์ และหลั่ง GH ในทางตรงกันข้าม SS จะยับยั้งการหลั่งของ GH (Eliakim, Nemet, & Cooper, 2005)

Growth hormone ไม่ได้ออกฤทธิ์ต่อเนื้อเยื่อโครงสร้างของร่างกายโดยตรง แต่ออกฤทธิ์ผ่าน GH-dependent factor ในเลือดหรือที่เรียกว่า Somatomedin ที่อยู่ภายใต้การควบคุม และเป็นตัวกลางในการออกฤทธิ์ของ GH (Somatotropin) ที่ชื่อว่า Insulin-like growth factor (IGF) ที่มีโครงสร้างคล้ายอินซูลิน และทำหน้าที่คล้ายทั้ง GH และอินซูลิน ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ IGF-I (Insulin-like growth factor I) และ IGF-II (Insulin-like growth factor II) ซึ่ง IGF ทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกัน คือ IGF-I เป็นเปปไทด์สายเดี่ยว ที่มีคุณสมบัติเป็นด่างและมีคุณสมบัติเป็น GH-dependent ซึ่งสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตได้มากกว่า IGF-II ในขณะที่ IGF-II เป็นเปปไทด์สายเดี่ยว ที่มีคุณสมบัติเป็นกรดเล็กน้อย และจะออกฤทธิ์ที่คล้ายกับอินซูลินได้มากกว่า IGF-I (สมจิตร์ จารุรัตนศิริกุล, 2544)

ลักษณะโครงสร้างโมเลกุลและการสังเคราะห์ฮอร์โมน IGF-I

ลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของฮอร์โมน IGF-I

Insulin-like growth factor I หรือ IGF-I เป็นฮอร์โมนที่มีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายอินซูลิน (Proinsulin) ที่มีลักษณะเป็นเปปไทด์ฮอร์โมน (Peptide hormone) สายเดี่ยว ซึ่งประกอบไปด้วยกรดอะมิโน 70 ตัว เรียงกันซึ่งบริเวณ B และ A จะแยกออกจากกันโดยเชื่อมต่อกับบริเวณ C ด้วยพันธะ Disulfide 3 เส้น และมีน้ำหนักโมเลกุล 7,649 ดาลตัน (7.6 kDa) (Goldspink, Yang, & Hameed, 2005)



ภาพที่ 10 โครงสร้างโมเลกุลของ IGF-I

โครงสร้างของตัวรับ IGF-I จะประกอบไปด้วย ส่วนที่เป็น α และ ส่วนที่เป็น β ซึ่งเชื่อมกันด้วยพันธะ Disulfide โดยส่วนที่เป็น α จะมีน้ำหนักโมเลกุลที่มากกว่า 80,000 kDa และส่วนที่เป็น β ที่มีน้ำหนักมากกว่า 70,000 kDa โดย IGF-I จะจับอยู่กับส่วน α ซึ่งส่วน β จะอยู่ด้านผนังเซลล์ (Plasma membrane) และทำหน้าที่เป็นตัวกลางส่งสัญญาณผ่าน Tyrosine kinase activity นำไปสู่กระบวนการ Autophosphorylation ซึ่งจำเป็นต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตและการออกฤทธิ์ของอินซูลิน และเนื่องจาก IGF-I จะใช้โครงสร้างส่วนใหญ่ที่เป็น Homologous กับอินซูลิน ดังนั้น Receptor ของ IGF-I จึงมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมากกับ Receptor ของอินซูลิน รวมทั้งอินซูลินก็จะมีส่วน α และส่วนที่เป็น β ที่มีขนาดใกล้เคียงกับ IGF-I ทำให้มีการ Cross over ระหว่างผลของฮอร์โมน 2 ตัวนี้ โดยเมื่อมีความเข้มข้นของอินซูลินในระดับสูง ๆ จะมีผลกับ Growth promoting ด้วย (สรรทยา อินทจินดา, 2547)

การสังเคราะห์ฮอร์โมน IGF-I

IGF-I ถูกสร้างจากเซลล์ชนิดต่าง ๆ ที่อยู่ภายใต้การควบคุมของ Growth hormone และจะถูกปล่อยเข้าสู่กระแสเลือด โดยการสร้าง IGF-I เริ่มจาก GH 1 โมเลกุลจับกับ GH Receptor 2 ตัว (GHR) เกิดลักษณะที่เรียกว่า Dimerization และจะกระตุ้นให้เกิดสัญญาณภายในเซลล์ (Intracellular signal transduction โดยผ่านกระบวนการ Janus kinase และ Signal transducer and activator of transcription หรือ JAK-STAT Pathway) กระตุ้นให้ยีนส์ของ IGF-I ที่อยู่บนแขนของโครโมโซมคู่ที่ 12 เกิด Gene transcription และสร้าง IGF-I ขึ้น การสร้าง IGF-I จึงอยู่ภายใต้การควบคุมจาก GH (จึงเรียกว่า เป็น GH Dependent peptide)

นอกจากนี้แล้ว IGF-I ยังถูกกระตุ้นให้สร้างเพิ่มขึ้นได้โดยอินซูลินที่ออกฤทธิ์ผ่านตัวรับ (Insulin receptor) ซึ่งเป็นกลุ่ม Tyrosine kinase receptor ที่มีมากในเซลล์ตับ (สมจิตร์ จารุรัตนศิริกุล, 2544) ซึ่ง IGF-I สามารถทำหน้าที่คล้ายฮอร์โมนและได้ผลเช่นเดียวกับ GH-Dependent โดยจะตอบสนองต่อผล Anabolic และการเจริญเติบโตของร่างกาย

การควบคุมการหลั่งของ IGF-I และการสังเคราะห์ IGF-I จะถูกควบคุมโดย GH โดยระดับของ IGF-I ในเลือดจะสูงขึ้นเมื่อมีระดับ GH มากเกิน และเมื่อ GH ลดลงก็จะพบว่า ระดับ IGF-I ลดลงมาด้วย

Borst et al. (2001) กล่าวว่า ฮอร์โมนที่บ่งบอกถึงลักษณะทางสรีรวิทยาของการเจริญเติบโต พิจารณาได้จาก GH และ IGF-I โดย GH มีค่าครึ่งชีวิต (Half-life) ที่สั้น มีการหลั่งเป็นระยะ (Pulses) มีการหลั่งน้อยในตอนกลางวัน และมีการหลั่งมากที่สุดในขณะนอนหลับสนิท การวัดระดับ GH ทำได้ยาก และได้ผลที่ไม่แน่นอน ดังนั้นระดับของ IGF-I จึงสามารถเป็นตัวบ่งชี้ลักษณะทางสรีรวิทยาของการเจริญเติบโตได้

การไหลเวียนของ IGF-I ส่วนใหญ่จะมีการจับกับ IGFBPs ซึ่งปัจจุบันมีการค้นพบ IGFBP แล้ว 6 ชนิด โดยทั่วไปแล้ว IGFBP จะทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสม (Storage pool) ของ IGF ทำให้ IGF มีค่าครึ่งชีวิตที่ยาวและมีระดับความเข้มข้นในกระแสเลือดที่คงที่ และทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ IGF รวมทั้งจำกัด IGF ออกจากร่างกาย (สมจิตร์ จารุรัตนศิริกุล, 2544)

ในภาวะปกติ IGF-I จะจับกับ IGFBP-3 ที่พบมากในผู้ใหญ่ และ Acid-labile subunit (ALS) ที่มีขนาด 85 กิโลดาลตัน รวมกันเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (IGF-I complex) ขนาด 150 กิโลดาลตัน ในกระแสเลือดทำให้ IGF ถูกสลายช้าลง และอยู่ในเลือดได้นานขึ้น ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตในร่างกายประมาณ 8-15 ชั่วโมง โดยมีระดับของ IGF-I ค่อนข้างคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง

การจับกับ IGFBPs ของ IGF-I บางส่วนขึ้นอยู่กับ GH เช่น IGFBP-3 แต่ IGFBP-1 และ IGFBP-2 จะขึ้นอยู่กับอินซูลิน (จะเริ่มมีค่าสูงเมื่ออินซูลินมีระดับต่ำ) นอกจากนั้นผลของ IGF-I ยังมาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวรับ 2 ตัว โดยตัวรับ Type I เป็นประเภท Tyrosine-kinase ที่จะมีผลอย่างมากต่อการทำงานของ IGF-1 พบมากที่สุดในกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังพบได้ในเนื้อเยื่อไขมัน เซลล์ตับ รวมถึงเซลล์อื่น ๆ ด้วย และตัวรับ Type II ที่เป็นประเภท Mannose-6-phosphate ที่สามารถจับกับ IGF-II ได้ดี จะพบได้ที่ผนังเซลล์ซึ่งการจับกับตัวรับ IGF-II สามารถกระตุ้นกลไกการทำงานของสารกระตุ้นการเจริญเติบโต (Growth factor) ได้เช่นกัน แต่กลไกการทำงานของ IGF-I จะผ่านตัวรับ IGF-I มากที่สุด (Rajaram, Baylink, & Mohan, 1997)

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ของ IGF-I, IGF-II และ Insulin
(สมจิตร์ จารุรัตนศิริกุล, 2544)

ลักษณะ	IGF-I	IGF-II	Insulin
น้ำหนักโมเลกุล (กิโลดาลตัน)	7.6	7.5	5.7
จำนวนกรดอะมิโน (ตัว)	70	67	51

ตารางที่ 9 (ต่อ)

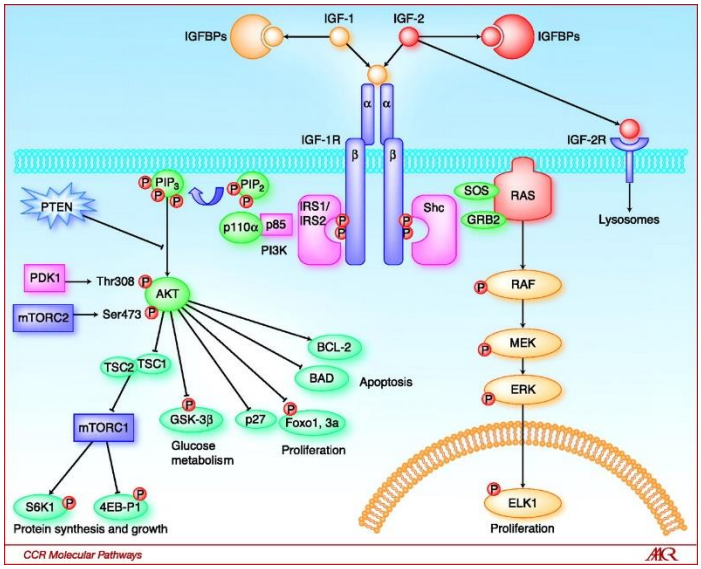
ลักษณะ	IGF-I	IGF-II	Insulin
โครงสร้างกรดอะมิโน	เส้นยาวเรียงต่อกัน (A-C-B-D)	เส้นยาวเรียงต่อกัน (A-C-B-D)	แยกเป็น 2 เส้น (A-B)
แหล่งสร้าง	ตับ และเนื้อเยื่อเกือบทุกชนิด	ตับ และเนื้อเยื่อเกือบทุกชนิด	ตับอ่อน
แบบแผนการหลั่ง	สม่ำเสมอ	สม่ำเสมอ	ตามมื้ออาหาร
อัตราการสร้าง (มิลลิกรัมต่อวัน)	10	13	2
การจับกับ Binging protein	จับกับ IGFBP ร้อยละ 90	จับกับ IGFBP ร้อยละ 90	อยู่ในสภาพอิสระ
จำนวน Binging protein	6	6	0
ระดับในเลือด (นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม)	200	700	0.5-5
การเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาของวัน	น้อยมาก	ไม่เปลี่ยนแปลง	ตลอดเวลา
Half-life	12-15 ชั่วโมง	15 ชั่วโมง	5-10 นาที
Affinity กับ Receptor	I > II > Insulin	I > II > Insulin	Insulin > I
บทบาทการออกฤทธิ์	Endocrine, Paracrine	Endocrine, Paracrine	Endocrine

กลไกการทำงานของฮอร์โมน IGF-I

IGF-I โดยส่วนใหญ่ถูกสร้างจากเซลล์ตับ (Hepatocytes) และบางส่วนถูกสร้างจากกล้ามเนื้อลาย (Skeletal muscle) เนื้อเยื่อไขมัน (Adipose tissue) และเซลล์ของกระดูกอ่อน ภายใต้การควบคุมของ GH และอินซูลิน และถูกปล่อยเข้าสู่กระแสเลือดไปยังอวัยวะเป้าหมายทั่วร่างกายที่มีตัวรับ (Insulin-like growth factor I receptor [IGF-IR]) แบบจำเพาะในเซลล์ที่ผลิตฮอร์โมนเอง (Autocrine) และเซลล์เป้าหมายที่อยู่ใกล้เคียง (Paracrine)

เมื่อ IGF-I จับกับตัวรับ คือ Tyrosine kinase receptor บนผิวเซลล์แล้ว ทำให้เกิดการจับคู่และเติมหมู่ฟอสเฟตที่ตำแหน่งกรดอะมิโนไทโรซีนของตัวรับ จากนั้น PI3K จะถูกดึงมาที่พลาสมาเมมเบรนผ่านการจับระหว่าง SH2 Domain บน Adaptor subunit ของ PI3K กับ Receptor บริเวณ

กรดอะมิโนไทโรซีน ที่ถูกเติมหมู่ฟอสเฟต นำไปสู่การการกระตุ้นการทำงานของ PI3K โดยไปเติมหมู่ฟอสเฟตให้กับ PIP2 กลายเป็น PIP3 ซึ่ง PIP3 ทำหน้าที่เป็นสารสื่อสัญญาณตัวที่สอง ในการส่งสัญญาณภายในเซลล์ โดย PIP3 จะดึง Akt มายังพลาสมาเมมเบรนผ่านทาง PH Domain จากนั้น Akt จะถูกกระตุ้น โดยการเติมหมู่ฟอสเฟตทำให้ Akt เป็นตัวกลางในการกระตุ้น และยับยั้งโมเลกุลเป้าหมายที่หลากหลาย และนำไปสู่การตอบสนองของเซลล์ที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของเซลล์ (สุพักตร์ โยไชสง และวัชรินทร์ ลอยลม, 2555)

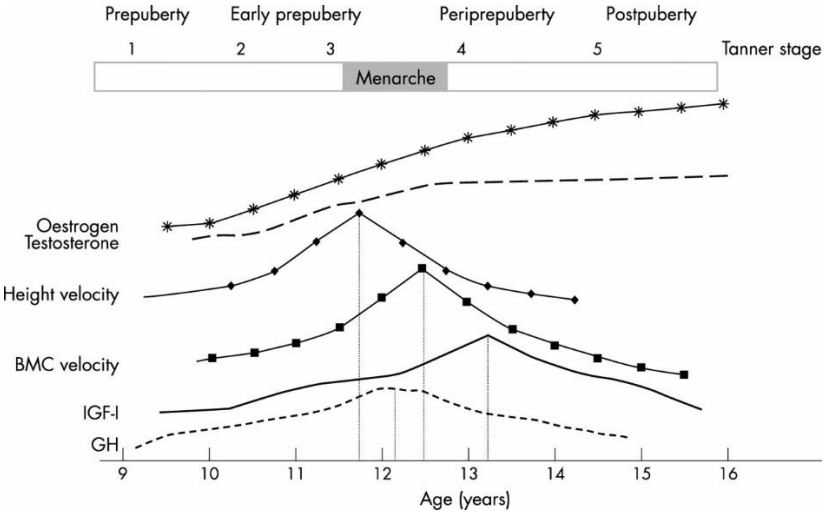


ภาพที่ 11 กลไกการทำงานของ IGF-I ผ่านตัวรับสัญญาณต่าง ๆ

ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับฮอร์โมน IGF-I

1. อายุ และเพศ

ระดับฮอร์โมน IGF-I มีความแตกต่างตามอายุ และระหว่างเพศ โดยพบว่า ในทารกแรกเกิดจะมีระดับฮอร์โมน IGF-I ที่ต่ำ และจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุ จนมีระดับสูงสุดในวัยรุ่นทั้งเพศหญิง และชาย โดย Juul et al. (1994) พบว่า ระดับ IGF-I ในเลือดมีการเพิ่มระดับขึ้นในเด็กก่อนวัยรุ่น (Prepubertal children) (จาก 80-200 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงประมาณ 500 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตรในวัยเจริญพันธุ์) โดยระดับฮอร์โมน IGF-I จะมีการลดลงในวัยรุ่นจนเมื่ออายุ 80 ปี มีค่าเฉลี่ย 100 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และสมจิตร์ จารุรัตนศิริกุล (2544) พบว่า เด็ก และวัยรุ่นไทย อายุ 5-20 ปี ที่มีน้ำหนัก และความสูงปกติ มีค่าของระดับ IGF-I สูงสุดในเพศชาย ช่วงอายุ 13-15 ปี และในเพศหญิง ช่วงอายุ 11-13 ปี และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเพศพบว่า เพศหญิงจะมีค่าสูงกว่าเพศชายในทุกช่วงอายุ



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนในช่วง Growth spurt

MacKelvie, Khan, and McKay (2002) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนในช่วง Growth spurt จะมีการหลั่ง GH ที่มากในขณะที่ร่างกายอยู่ในช่วง Peak height velocity โดยจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกระดูก และมีค่ามากที่สุดเมื่ออยู่ในช่วง Tanner stage 3-4 หรืออายุประมาณ 12 ปี หลังจากนั้นจะลดระดับลง ส่วน IGF-I จะเพิ่มสูงขึ้น และจะมีค่าสูงสุดเมื่ออยู่ในช่วง Tanner stage 4-5 หรืออายุประมาณ 13 ปี หลังจากนั้นจะลดระดับลง ส่วนฮอร์โมนเพศ จะเพิ่มสูงขึ้น และจะมีค่ามากเมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยระดับของ IGF-I ที่แบ่งตามอายุ ในเด็กไทย และวัยรุ่น อายุ 5-20 ปี (สมจิตร์ จารุรัตนศิริกุล, 2544)

อายุ (ปี)	เพศชาย	เพศหญิง
5.1-9.0	85.6 ± 9.7	80.7 ± 11.1
9.1-11.0	115.2 ± 15.9	189.0 ± 17.8
11.1-13.0	254.5 ± 39.7	422.2 ± 42.5
13.1-15.0	404.9 ± 29.0	416.9 ± 32.5
15.1-17.0	399.9 ± 43.3	401.0 ± 19.8
17.1-20.0	244.5 ± 24.6	395.4 ± 24.3

2. สภาพโภชนาการ

สภาพโภชนาการเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลระดับของฮอร์โมน IGF-I ซึ่ง Clemmons, Lindsay, and Wasserman (2015) กล่าวว่า ผู้ที่ได้รับพลังงานที่ไม่เพียงพอกับการใช้ หรือมีดุลพลังงานเชิงลบ และขาดโปรตีนจะส่งผลระดับของฮอร์โมน IGF-I ทั้งในเด็ก และผู้ใหญ่ ซึ่งร่างกายต้องการพลังงาน 20 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม (kcal/ kg) และโปรตีน 0.6 กรัมต่อกิโลกรัม (g/ kg) ถึงจะสามารถรักษาระดับของ IGF-I ให้มีค่าปกติ หากร่างกายได้รับพลังงานที่ไม่เพียงพอกับการใช้หรือการมีดุลพลังงานเชิงลบ อาจส่งผลให้มีการลดจำนวนของตัวรับฮอร์โมนในกล้ามเนื้อ (IGF-I receptors) ลงได้ (Maggio et al., 2013)

การอดอาหาร 24 ชั่วโมง จะมีผลทำให้ระดับของ IGF-I ลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่หาก อดอาหารเป็นเวลานาน 7-10 วัน ระดับของ IGF-I จะลดลงจากระดับปกติ ร้อยละ 20 และสามารถเพิ่มกลับสู่ระดับปกติได้หากรับประทานอาหารตามปกติ (Thissen, Ketelslegers, & Underwood, 1994)

3. การออกกำลังกาย

การออกกำลังกายหรือการฝึกซ้อมกีฬาในความหนักที่เหมาะสมจะสามารถกระตุ้นการหลั่ง GH ซึ่งส่งผลให้ระดับของ IGF-I สูงขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม การออกกำลังกายที่หนักเกินไปจะทำให้ระดับ IGF-I ลดลง เนื่องจากร่างกายใช้พลังงานในร่างกายมากกว่าพลังงานที่ร่างกายได้รับ จึงเกิดภาวะสมดุลไนโตรเจนติดลบ (Negative nitrogen balance) การสร้าง IGF-I จึงลดลง เพื่อป้องกันภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ (สมจิตร์ จารุรัตนศิริกุล, 2544) โดยเมื่อมีการออกกำลังกายแบบแอโรบิกจะมีการเพิ่มขึ้นของฮอร์โมน IGF-I บริเวณเซลล์ที่ผลิตฮอร์โมนกับเซลล์เป้าหมายที่อยู่ใกล้เคียง ในขณะที่เมื่อมีการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิก กล้ามเนื้อลายจะเพิ่มการสร้างและปล่อยฮอร์โมน IGF-I เข้าสู่กระแสเลือดเพิ่มขึ้น (Lanfranco & Strasburger, 2016)

Han et al. (2017) ได้ทำการเปรียบเทียบระดับ IGF-I ในกลุ่มผู้ที่มีสุขภาพดีกับกลุ่มนักกีฬา โดยทำการทดสอบความแข็งแรงของมือ และส่วนประกอบของร่างกาย โดยพบว่าระดับของ IGF-I ในนักกีฬาจะมีค่าที่สูงกว่าผู้ที่มีสุขภาพดี และระดับของ IGF-I ในกลุ่มคนสุขภาพดีจะมีความสัมพันธ์กับอายุ และส่วนสูง ซึ่งสรุปได้ว่าระดับ IGF-I จะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสูงของร่างกาย

4. ฮอร์โมนที่มีผลต่อการสร้าง IGF-I

อินซูลิน สามารถไปจับกับตัวรับของ IGF-I และมีผลโดยตรงในการกระตุ้นการสร้าง IGF-I (Menon & Sperling, 1996)

ฮอร์โมนเพศ ทั้ง Testosterone และ Estrogen ล้วนมีผลทางอ้อมในการกระตุ้นการสร้าง IGF-I โดยเฉพาะ Estrogen กระตุ้นการสร้าง และหลั่ง GH ส่งผลให้มีการกระตุ้นการสร้าง IGF-I

(Ho, Evans, & Blizzard, 1987)

คอร์ติซอล สามารถยับยั้งการสร้างและออกฤทธิ์ของ IGF-I โดยมีผลหลายขั้นตอน ดังนี้ (สมจิตร์ จารุรัตนศิริกุล, 2544)

1. ยับยั้งการสร้างและหลั่ง GH จากต่อมใต้สมอง ซึ่งเป็นผลโดยตรง และผลจากไฮโปธาลามัส มีการหลั่ง Somatostatin เพิ่มขึ้น ซึ่งไปยับยั้งการสร้าง GH อีกต่อหนึ่ง

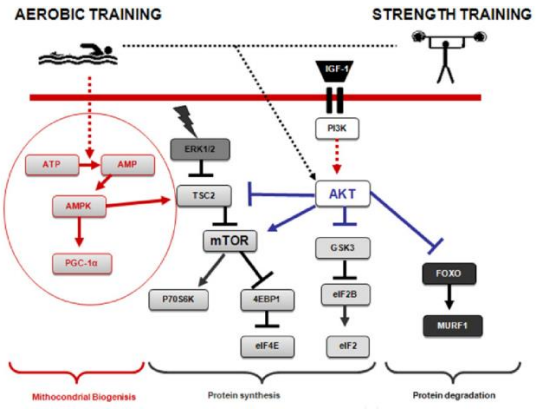
2. จำนวน GHR ในเซลล์ตับลดลง ทำให้การสร้าง IGF-I ลดลง

3. การทำงานของ IGF-I ที่เนื้อเยื่อต่าง ๆ ลดลง โดยเฉพาะการยับยั้งการสร้าง IGF-I จากเซลล์ Osteoblast

การเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมน IGF-I จากการฝึกซ้อม

การฝึกซ้อมกีฬาทำให้ร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลง และปรับตัวของระบบต่อมไร้ท่อ เนื่องจากการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เกิดจากการฝึกซ้อม (Bunt, 1986) ซึ่งฮอร์โมนที่ส่งผลในการฝึกซ้อมจะสะท้อนถึงปริมาณการฝึกซ้อมในช่วงระยะต่าง ๆ ในแผนการฝึก และการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนควรสัมพันธ์กับการแข่งขันด้วยเช่นกัน (Mujika & Stewart, 2002)

การฝึกความแข็งแรง ร่างกายจะเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนในเส้นใยกล้ามเนื้อจากการกระตุ้นระบบการส่งและการรับรู้วิถีการส่งสัญญาณของ Mammalian target of rapamycin (mTOR) ในขณะที่การฝึกความอดทนโดยการว่ายน้ำจะเพิ่มกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนในไมโตคอนเดรียจากการกระตุ้นวิถีการส่งสัญญาณของ Adenosine monophosphate activated protein kinase (AMPK) และ Ca2 +/ Calmodulin-dependent kinase II (CaMKII) ซึ่งเมื่อทำการฝึกความแข็งแรงควบคู่กับฝึกความอดทน AMPK อาจเกิดการยับยั้งหรือลดวิถีการส่งสัญญาณซึ่งกันและกัน จึงทำให้บางครั้งอาจพบการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรง และสมรรถภาพเชิงแอโรบิก และบางครั้งอาจไม่พบการเปลี่ยนแปลงจากการฝึกควบคู่กันระหว่างความอดทน และความแข็งแรง (Nelson, 1990)



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงของร่างกายจากการฝึกความแข็งแรงและความอดทน

Kraemer and Ratamess (2005) กล่าวว่า การฝึกความแข็งแรงจะก่อให้เกิดการปรับตัวทางสรีรวิทยา ที่มีความสำคัญต่อการเพิ่มความแข็งแรง กำลัง และความอดทนของกล้ามเนื้อ โดยบทบาทการทำงานของระบบประสาท และต่อมไร้ท่อเป็นสิ่งที่สำคัญในการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนที่เกิดการตอบสนองทางสรีรวิทยาโดยการเพิ่มขึ้นของระดับฮอร์โมนในเลือด เช่น การเพิ่มเมตาบอลิซึมของตับ (Hepatic clearance) จะมีปฏิสัมพันธ์กับตัวรับฮอร์โมน และเนื้อเยื่อของเซลล์เมมเบรน (เช่น เปปไทม์) หรือกับนิวเคลียสต่อตัวรับไซโทรพลาสมิก (Nuclear/ cytoplasmic receptors) ที่อยู่ภายในเนื้อเยื่อ เช่น ตัวรับสเตียรอยด์ เมื่อรวมกับความเข้มข้นของฮอร์โมนในเลือดที่จับกับตัวรับฮอร์โมน จะทำให้เกิดการเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีน ซึ่งความเหมาะสมของการจัดรูปแบบการฝึก เช่น ระดับความหนัก ปริมาณการฝึก การพักระหว่างเซท และความบ่อยในการฝึกทำให้เกิดการตอบสนองต่อฮอร์โมนได้ดีที่สุด

ดังนั้นการออกแบบการฝึกซ้อมควรพิจารณาหลักการฝึกซ้อม เช่น การใช้หลัก Progressive overload จะทำให้มีการใช้ Motor unit เพิ่มขึ้น การระดมเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีจำนวนมากขึ้น ช่วยให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมนและเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อมากขึ้น ส่งผลให้เนื้อเยื่อถูกกระตุ้นให้เป็นสารตั้งต้นของกระบวนการ Anabolism เป็นต้น

การออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อม และประเภทของฮอร์โมนต่างก็มีบทบาทที่สำคัญต่อการตอบสนองการฝึก โดยฮอร์โมนประเภท Anabolic และ Catabolic จะเกี่ยวข้องกับการสร้างเนื้อเยื่อในระหว่างการฝึกซ้อม ซึ่งในการสร้างเนื้อเยื่อเป็นกระบวนการคู่ (Dual process) ระหว่างกระบวนการ Catabolism และกระบวนการ Anabolism ที่มีส่วนสำคัญในช่วงการฟื้นสภาพที่นำไปสู่การเจริญเติบโตและการซ่อมแซม ดังนั้น ฮอร์โมน Anabolic และ Catabolic จึงมีบทบาทที่สำคัญในกระบวนการปรับตัวจากการฝึกซ้อม (Kraemer & Ratamess, 2005)

Kraemer and Ratamess (2005) ได้พบว่า ฮอร์โมนที่มีฤทธิ์เสริมสร้างเนื้อเนื่อจะมีการเพิ่มขึ้นหลังออกกำลังกาย 15-30 นาที เมื่อได้รับการกระตุ้นที่เพียงพอ ซึ่งแบบฝึกที่มีปริมาณการฝึกที่มาก (High volume) ระดับความหนักปานกลาง-สูง (Moderate-high intensity) ระยะเวลาการพักที่น้อย และเน้นการฝึกกล้ามเนื้อมัดใหญ่ จะส่งผลให้การตอบสนองอย่างฉับพลันทำได้ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแบบฝึกที่มีปริมาณการฝึกที่ต่ำ และมีการพักที่นาน (Low-volume และ High intensity) ส่วนฮอร์โมนอื่น ๆ เช่น อินซูลิน และ IGF-I มีความสำคัญต่อการเติบโตของกล้ามเนื้อโครงร่าง โดยอินซูลินจะควบคุมระดับน้ำตาล และระดับของกรดอะมิโนในเลือด ส่วนการเพิ่ม IGF-I ในเลือดอาจมีผลมาจากการหลั่ง GH ในตับ นอกจากนี้ปัจจัยอื่น เช่น สภาพโภชนาการ การลดปริมาณการฝึก และวงจรการหลั่งฮอร์โมน ก็มีความสำคัญต่อการตอบสนองของฮอร์โมนในการฝึกด้วยเช่นเดียวกัน

การปรับตัวของ Muscle isoforms และ IGF Binding proteins จากการฝึกซ้อม

ฮอร์โมน IGF-I เป็นฮอร์โมนที่แสดงให้เห็นถึงหน้าที่ Autocrine/ Paracrine ภายในเซลล์กล้ามเนื้อ Hameed, Orrell, Cobbold, Goldspink, and Harridge (2003) ได้กล่าวว่า IGF-I ในกล้ามเนื้อมี 2 รูปแบบ โดยแยกตามหน้าที่การทำงาน คือ รูปแบบ IGF-IEa ซึ่งมีลักษณะคล้าย IGF-I และอีกรูปแบบหนึ่ง คือ MGF ซึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัยการเจริญเติบโต

การใช้งานกล้ามเนื้อที่หนักเกิน รวมถึงการทำให้กล้ามเนื้อเกิดฉีกขาด เช่น การฝึกด้วยน้ำหนัก จะทำให้ IGF-IEa และ MGF เพิ่มการสังเคราะห์โปรตีน และเพิ่มการส่งสัญญาณไปยังเซลล์เป้าหมาย

นอกจากรูปแบบของ IGF-I ที่กล้ามเนื้อจะอยู่ในรูปของ IGF-IEa และ MGF แล้ว IGF ที่ไหลเวียนในร่างกายเกือบทั้งหมดจะจับตัวกับโปรตีน (IGFBPs) ทำให้ช่วยยืดระยะเวลาการไหลเวียนของ IGF ในเลือดโดย IGF ที่จับกับโปรตีนที่พบได้บ่อยที่สุดคือ IGFBP-3

Nindl et al. (2001) พบว่า การฝึกด้วยแรงต้านแบบฉับพลันจะไม่ส่งผลต่อ IGF-I แต่จะส่งผลกระทบต่อลักษณะของ IGF-I ที่ถูกแยกออกจากโปรตีน โดย IGFBP-3 จะเพิ่มขึ้นในชั่วโมงแรกหลังออกกำลังกาย แต่ไม่แตกต่างเมื่อทำการพักข้ามคืน ขณะที่ IGFBP-2 จะเพิ่มขึ้นเมื่อทำการพักข้ามคืน นอกจากนี้ Borst et al. (2001) พบว่า มีการลดลงของระดับ IGFBP-3 ระหว่างการฝึกด้วยแรงต้านในสัปดาห์ที่ 13 และสัปดาห์ที่ 25

จึงสรุปได้ว่าในการฝึกกล้ามเนื้อ จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบ IGF-I ทั้งในรูปแบบที่อยู่ในเลือด และกล้ามเนื้อ ดังนั้นรูปแบบของ IGF ในกล้ามเนื้อ และเลือดจึงมีความสำคัญต่อการตอบสนองของฮอร์โมนในการฝึกด้วยเช่นเดียวกัน

ฮอร์โมนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการว่ายน้ำ

การศึกษาถึงระดับของฮอร์โมนต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงในกีฬาว่ายน้ำ จะนิยมศึกษาในช่วงของการฝึกซ้อม Taper เนื่องจากเป็นช่วงที่ร่างกายมีความพร้อมสูงสุดก่อนทำการแข่งขัน โดยพบว่าอัตราส่วนระหว่าง ฮอร์โมน Anabolic และ Catabolic ในเนื้อเยื่อ สามารถใช้ดูความหนักจากการฝึกซ้อมได้ (Kuoppasalmi & Adlercreutz, 1985) และพบว่าฮอร์โมนที่เป็น Anabolic เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการใช้พลังงานในกระบวนการเผาผลาญอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน และเพิ่มประสิทธิภาพในการว่ายน้ำระยะกลาง (Mujika & Stewart, 2002)

นอกจากนี้ยังพบว่า มีการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน Anabolic เพื่อติดตามความสามารถของนักกีฬา เช่น Bonifazi, Sardella, and Luppo (2000) ที่ศึกษาฮอร์โมนคอร์ติซอลในขณะพัก ในช่วงการฝึก Taper โดยพบว่าความเข้มข้นของคอร์ติซอลจะมีปริมาณต่ำ ทำให้เพิ่มความสามารถในการใช้พลังงานจากกระบวนการเผาผลาญอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้ดี สอดคล้องกับ Mujika and Stewart (2002) ที่พบว่า ความเข้มข้นของคอร์ติซอลในขณะพักจะลดลง

เล็กน้อยในนักกีฬาว่ายน้ำที่มีช่วง Taper 4 สัปดาห์ทำให้เพิ่มความสามารถในการว่ายน้ำได้มากกว่าร้อยละ 2

จากข้อมูลการวิจัยที่เกี่ยวกับระดับฮอร์โมน IGF-I ชี้ให้เห็นว่า ระดับฮอร์โมน IGF-I มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของร่างกายและมีการตอบสนองต่อการฝึกซ้อมที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปแบบของการฝึกซ้อม และการออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อม ดังนั้นการศึกษาเพื่อหารูปแบบการฝึกในเยาวชนเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายให้มีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโต และวิเคราะห์ระดับฮอร์โมน IGF-I จึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อการพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาเยาวชนให้มีความพร้อมต่อไป

แบบฝึกบนบก

การฝึกบนบก (Dry land) หมายถึง การฝึกสมรรถภาพทางกายของนักว่ายน้ำนอกเหนือจากการซ้อมว่ายน้ำ (Riewald, 2015 b) ซึ่งวัตถุประสงค์ในการฝึกอาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับผู้ฝึกสอน เช่น การฝึกความแข็งแรง หรือฝึกกำลังเป็นต้น โดยทั่วไปแล้วการฝึกบนบกจะใช้แรงต้านจากน้ำหนักตัว หรือใช้อุปกรณ์ เช่นยางยืด ใช้การฝึกด้วยน้ำหนัก หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เป็นต้น

ในกีฬาว่ายน้ำ จะใช้การฝึกความแข็งแรงแบบอดทนเพื่อเสริมสร้างองค์ประกอบของระบบประสาท (Neural component) ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ เพิ่มขนาดและความหนาแน่นของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Sighamoney et al., 2018) ซึ่งเมื่อกล้ามเนื้อออกแรงจะทำให้เกิดการสังเคราะห์โครงสร้าง และเอ็นไซม์ของโปรตีนทำให้กล้ามเนื้อมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น และมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Viru & Viru, 2001) ดังนั้นเมื่อกล้ามเนื้อมีความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น จะนำไปสู่ความสามารถในการเอาชนะแรงต้านจากน้ำได้

ความแข็งแรงแบบอดทน (Strength endurance) หรือความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle endurance) เกิดจากการผสมผสานกันระหว่างความแข็งแรง และความอดทนของกล้ามเนื้อ ซึ่งความอดทนของกล้ามเนื้อเป็นสมรรถภาพที่สำคัญต่อนักกีฬาว่ายน้ำที่มีการใช้กล้ามเนื้อแขนและขาต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน จึงต้องพยายามรักษาระดับของความแข็งแรงในการทำงานให้ได้อย่างยาวนาน

ดังนั้นผู้ฝึกสอนควรให้นักกีฬาทำการฝึกซ้อมความแข็งแรงแบบอดทนเป็นอันดับแรก เพราะจะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีความสามารถในการทำงานสูงขึ้น และการระดมหน่วยยนต์มาใช้ในการทำงานจะน้อยลง จะทำให้เพิ่มความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อเพื่อเอาชนะแรงต้านจากน้ำและอากาศให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Sighamoney et al., 2018)

การฝึกบนบกที่พัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อ และจะส่งผลต่อความเร็วในการว่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในนักกีฬาว่ายน้ำระยะกลางและระยะไกล ควรประกอบไปด้วยการเคลื่อนไหว

ของร่างกายที่ใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่เคลื่อนไหวออกแรง ติดต่อกันเป็นเวลานาน ซึ่งชนิดหรือวิธีการฝึกซ้อมบนบก (Mode/ type of activities) ที่ส่งผลสำหรับการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน IGF-I ที่เหมาะสมสำหรับนักกีฬาเยาวชนคือวิธีการฝึกที่ใช้แรงต้านจากน้ำหนักตัวโดยเน้นการฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ลำตัวส่วนบน ลำตัวส่วนล่าง และเน้นท่าทางการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (Dynamic) ทั้งการเคลื่อนที่แบบความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อหดสั้นเข้า และความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อยืดยาวออก (Kraemer & Ratamess, 2005)

Krabak et al. (2013) ได้ศึกษาความคิดเห็นของผู้ฝึกสอนว่ายน้ำในสหรัฐอเมริกาเกี่ยวกับรายละเอียดของการฝึกบนบก พบว่า ผู้ฝึกสอนใช้การฝึกบนบกในกลุ่มนักกีฬา อายุต่ำกว่า 10 ปี ร้อยละ 54 กลุ่มอายุ 11-14 ปี ร้อยละ 83 กลุ่มอายุ 15-18 ปี ร้อยละ 93 กลุ่มระดับวิทยาลัยร้อยละ 86 และกลุ่มผู้สูงอายุ ร้อยละ 26 โดยพบว่า ชนิดของการฝึกบนบกที่ใช้สำหรับนักกีฬาเยาวชนจะใช้การฝึกด้วยน้ำหนักตัว ส่วนนักว่ายน้ำระดับวิทยาลัยจะนิยมฝึกด้วยอุปกรณ์และฝึกด้วยน้ำหนัก ส่วนนักว่ายน้ำกลุ่มผู้สูงอายุจะใช้การฝึกด้วยน้ำหนัก และเน้นพัฒนาระบบไหลเวียน ส่วนของร่างกายที่นิยมฝึก คือ กลุ่มกล้ามเนื้อบริเวณลำตัว ขา และไหล่ นักว่ายน้ำกลุ่มผู้สูงอายุจะเน้นส่วนไหล่ และส่วนหลัง เพื่อป้องกันการบาดเจ็บจากความเสื่อมของร่างกาย โดยมีสัดส่วนของการฝึก กลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ร้อยละ 33.33 กลุ่มกล้ามเนื้อลำตัวส่วนบน ร้อยละ 33.33 และกลุ่มกล้ามเนื้อลำตัวส่วนล่าง ร้อยละ 33.33 ตามลำดับ

สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด (2547) ได้กล่าวถึงโปรแกรมการฝึกซ้อมของนักกีฬาเยาวชนที่มีประสิทธิภาพควรพิจารณาจาก

1. อายุและระดับความสมบูรณ์ของร่างกาย

สำหรับนักกีฬาเยาวชนวัตถุประสงค์ที่สำคัญสำหรับการออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมควรเป็นการพัฒนาพื้นฐานทางด้านร่างกายให้มีความมั่นคง เพราะหากนักกีฬาไม่มีการพัฒนาพื้นฐานร่างกายให้มีความมั่นคงแล้วการฝึกในขั้นที่สูงต่อไปจะทำได้ยาก ดังนั้น การฝึกความแข็งแรงสำหรับเยาวชนควรเลือกจำนวนของการฝึกให้มาก (9-12 ท่าการฝึก) เพื่อเป็นการเตรียมกลุ่มกล้ามเนื้อหลักของร่างกาย และสำหรับการฝึกซ้อมของนักกีฬาที่มีความสามารถขั้นสูง โปรแกรมการฝึกซ้อมจะมีความเฉพาะเจาะจงกับกลุ่มกล้ามเนื้อหลักมากขึ้น และจำนวนของการฝึกจะน้อยลง เหลือประมาณ 3-6 ท่าการฝึก

2. ความต้องการของกีฬา

การเลือกประเภทของฝึกซ้อมให้มีความเหมาะสมกับนักกีฬาเป็นสิ่งที่ควรพิจารณาและให้ความสำคัญ เช่น ในนักกรีฑาควรทำการฝึกความเร็ว และในนักว่ายน้ำระยะสั้นอาจใช้การฝึกความแข็งแรงสูงสุด ในขณะที่นักว่ายน้ำระยะกลางและระยะไกลอาจใช้การฝึกความอดทนของกล้ามเนื้อ เป็นต้น

3. ระยะของการฝึกซ้อม

ในระยะแรกของการฝึก ช่วง การปรับสภาพพื้นฐานของร่างกาย (Preparation phase) ควรเป็นโปรแกรมการฝึกซ้อมความแข็งแรงทั่วไป รวมถึงความแข็งแรงแบบอดทน และจะลดปริมาณของการฝึกในช่วง Taper เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับแข่งขัน โดยจะเหลือเพียงการฝึกที่มีความเฉพาะเจาะจงเท่านั้น

จำนวนครั้งต่อเซท

จำนวนครั้งของการฝึกจะมีความสัมพันธ์กับความหนักของการฝึกซ้อม โดยการเลือกจำนวนครั้งจะขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการฝึกซ้อม การฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงแบบอดทนจะใช้ความหนักในการฝึกที่ต่ำ และมีจำนวนครั้งที่มาก ดังตาราง

ตารางที่ 11 จำนวนครั้งของการฝึกในแต่ละชนิดของการฝึกซ้อม

ชนิดของการฝึกซ้อม	จุดมุ่งหมายของการฝึก	จำนวนครั้ง
ความแข็งแรงสูงสุด	เพิ่มความแข็งแรงหรือความตึงของกล้ามเนื้อ	1-7
ขนาดกล้ามเนื้อ	เพิ่มขนาดกล้ามเนื้อ	6-12 ครั้ง
ความอดทนของกล้ามเนื้อ	เพิ่มความอดทนของกล้ามเนื้อ	30-50 ครั้ง

ความถี่ของการฝึก

ความถี่ของการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาความแข็งแรงสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำระดับเยาวชน สามารถทำได้ 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ ซึ่งจากการศึกษาของ O'Hagan et al. (1995) พบว่า การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในนักกีฬาเยาวชน จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ จะมีประสิทธิภาพเท่ากับการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยหากสามารถทำการฝึกซ้อมได้อย่างเป็นระเบียบแบบแผนที่ชัดเจน ร่างกายจะเกิดความคุ้นเคยและปรับตัวได้ ส่งผลให้สามารถปรับเพิ่มความหนักในการฝึกซ้อมหรือเพิ่มจำนวนวัน หรือแม้แต่เพิ่มระยะเวลาในการฝึกซ้อมได้ และทำให้เกิดผลดีต่อร่างกายมากขึ้นไปด้วย

Marta, Marinho, Barbosa, Izquierdo, and Marques (2013) ได้ศึกษาผลการฝึกบนบกในเด็กชายและเด็กหญิง อายุ 10-11 ปี โดยทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ด้วยการฝึกความแข็งแรง และการฝึกความแข็งแรงร่วมกับความอดทน ทดสอบแรงในการกระโดด และความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนก่อนฝึก และหลังฝึก พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างเพศหญิงและเพศชายภายหลังการฝึกบนบกไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ในกลุ่มที่ฝึกความแข็งแรงร่วมกับฝึกความอดทน จะมีความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนที่มากกว่ากลุ่มที่ฝึกความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว จึงอาจสรุปได้ว่าการฝึกความแข็งแรงร่วมกับความอดทน

จะได้ผลการฝึกที่เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและเพิ่มความอดทนควบคู่กันไปเมื่อทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์

ความหนักของการฝึก

ในการฝึกซ้อมความแข็งแรงแบบอดทน ระดับความหนักในการฝึกซ้อมจะเป็นตัวกำหนดความแรงในการกระตุ้นของระบบประสาท ที่ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของแรงต้าน ความเร็วในการปฏิบัติ ความหลากหลายของช่วงการพักระหว่างครั้ง และจำนวนเซท

Kraemer and Ratamess (2005) กล่าวว่า ปริมาณการฝึกซ้อม (Intensity/ training load) ของการฝึกบนบกในนักกีฬาว่ายน้ำระดับเยาวชนควรมีปริมาณการฝึกซ้อมที่มาก (High volume) ระดับความหนักปานกลาง-สูง (Moderate-high intensity) และมีการพักช่วงสั้น ๆ จึงจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงและฮอร์โมนการเจริญเติบโต ซึ่ง Sadres, Eliakim, Constantini, Lidor, and Falk (2001) ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในเด็กอายุ 9 ปี จำนวน 49 คน ด้วยการฝึกท่าละ 1-4 เซท เซทละ 5-30 ครั้ง จำนวน 3-6 ท่า สัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 21 เดือน โดยใช้ความหนัก ร้อยละ 30-70 ของ 1RM พบว่า การฝึกด้วยแรงต้านที่ใช้ความหนักต่ำ-ปานกลาง เป็นระยะเวลา 21 เดือนสามารถพัฒนาความแข็งแรงในเด็กได้ โดยไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญ

ช่วงเวลาในการฝึก ตารางการฝึกและแผนการฝึก

การศึกษาถึงช่วงเวลาการฝึกบนบกมีความหลากหลาย ตั้งแต่ 6 สัปดาห์ขึ้นไป จึงจะส่งผลต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมน IGF-I โดย Girold, Maurin, Dugue, Chatard, and Millet (2007) ได้ทำการฝึกบนบก 6 สัปดาห์ ซึ่งไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงและความสามารถในการว่ายน้ำ แต่เมื่อทำการฝึกสัปดาห์ที่ 12 ไปแล้ว ความแข็งแรง และ ความสามารถในการว่ายน้ำระยะสั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาของ Garrido et al. (2010) ได้ศึกษาผลของการฝึกความแข็งแรงร่วมกับการฝึกความอดทนในนักกีฬาว่ายน้ำระดับเยาวชน ระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนและส่วนล่างของร่างกาย กำลัง และความสามารถในการว่ายน้ำ พบว่าการฝึกความแข็งแรงร่วมกับการฝึกความอดทนด้วยการว่ายน้ำสามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำระดับเยาวชน แต่ยังไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่าการฝึกความแข็งแรงในระยะเวลา 8 สัปดาห์นั้นสามารถพัฒนาความสามารถในการว่ายน้ำระยะสั้นได้

Borst et al. (2001) กล่าวว่า การฝึกความแข็งแรงในนักกีฬาระดับเยาวชนสามารถทำการฝึกซ้อมได้ตั้งแต่ 5 สัปดาห์ขึ้นไป ถึงจะเห็นผลการเปลี่ยนแปลงของการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และการเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ แต่ในการฝึกซ้อมที่ใช้ระยะเวลายาวนานเพียงพอสำหรับการกระตุ้นให้มีการเพิ่มการหลั่ง IGF-I และความอดทนของกล้ามเนื้อ จำเป็นจะต้อง

ใช้ระยะเวลาถึง 12 สัปดาห์ ถึงจะเห็นผลการเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีนัยสำคัญ

ระยะเวลาการฝึกซ้อมที่มากเกินไปจะทำให้ร่างกายเกิดการบาดเจ็บและบอบช้ำ (Overuse injuries) เพราะกล้ามเนื้อ และข้อต่อต่าง ๆ ที่ใช้ในการเคลื่อนไหวยังไม่แข็งแรงเหมือนผู้ใหญ่ และหลังการฝึกควรมีการพักอย่างน้อย 24 ชั่วโมง หรือมากกว่านั้นเพราะขณะพักร่างกายจะสร้างเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (Muscle tissues) ขึ้นมาทดแทนส่วนที่ฉีกขาดได้ทัน (Rebuild) ดังนั้นโปรแกรมการฝึกที่มีความหนักและปริมาณที่เพียงพอจึงช่วยในการเจริญเติบโตของร่างกายให้มีเพิ่มมากขึ้นตามมาด้วย (รวีโรจน์ จันทร์หอม, 2548)

จึงสรุปได้ว่า การฝึกบนบกโดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาความแข็งแรงแบบอดทนของกล้ามเนื้อในนักกีฬาระดับเยาวชนนั้น ต้องมีการกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อมให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับระดับสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาแต่ละคน ทั้งการกำหนดปริมาณการฝึกซ้อมที่มาก (High volume) ระดับความหนักสูง (Moderate-High intensity) และมีการพักช่วงสั้น ๆ จึงจะมีผลต่อการการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เป็นปัจจัยสำคัญในการว่ายน้ำระยะสั้น รวมถึงสามารถกระตุ้นให้มีการเพิ่มการหลั่งฮอร์โมนที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของร่างกายอันจะเป็นผลดีต่อคุณภาพการฝึกซ้อมของนักกีฬาที่ส่งผลตรงโดยต่อการพัฒนานักกีฬาในระยะยาวต่อไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีการดำเนินการวิจัยแบบ Repeated measures design (Edmonds & Kennedy, 2017, p. 62) โดยการพัฒนาแบบฝึกบนบกสำหรับการเพิ่มสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน และศึกษาผลของการฝึกบนบกโดยเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ในประเด็นเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายและความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการก่อนกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 เปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการหลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เปรียบเทียบระดับฮอร์โมน IGF-I ก่อนกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 และเปรียบเทียบระดับฮอร์โมน IGF-I หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมซึ่งมีรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร เป็นนักกีฬาว่ายน้ำสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี ประจำปีการศึกษา 2561 ที่ขึ้นทะเบียนกับสมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย จำนวน 40 คน (สมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย, 2561)

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาว่ายน้ำ สโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา เพศชาย อายุระหว่าง 9-15 ปี ที่เป็นอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณมาจากสมการ (Thomus, 2013)

$$n = \left[\frac{(z_{\alpha} / 2 + z_{\beta})\sigma}{\mu - \mu_0} \right]^2$$

เมื่อ z คือ ตำแหน่งของพื้นที่ใต้โค้งการแจกแจงแบบปกติ

β คือ 1- ค่าอำนาจการทดสอบ

α คือ ระดับนัยสำคัญ

σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลทั้งสองชุด

μ-μ_0 คือ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลทั้งสองชุด

อ้างอิงการศึกษาที่ผ่านมาของ Tourinho et al. (2017) กำหนดให้อำนาจทดสอบของสถิติทดสอบไม่ต่ำกว่า 0.8 และกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05 จากการคำนวณได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 คน และคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์การคัดเข้าที่กำหนดไว้ (Inclusion criteria) ดังนี้

1. เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1.1 เป็นอาสาสมัครที่ยินดีเข้าร่วมการวิจัย

1.2 เป็นนักกีฬาว่ายน้ำเพศชาย อายุระหว่าง 9-15 ปี

1.3 เป็นผู้ที่มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง ไม่มีประวัติการบาดเจ็บก่อนจะเข้าร่วมการวิจัยอย่างน้อย 6 เดือน และผ่านการตรวจร่างกายโดยแพทย์ก่อนเข้าร่วมการวิจัย

1.4 สามารถฝึกซ้อมว่ายน้ำอย่างต่อเนื่องได้ ในระยะเวลา 12 สัปดาห์ ติดต่อกัน

1.5 ไม่ได้รับฮอร์โมน ยา หรืออาหารเสริมที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกายในขณะทดลอง

1.6 ผ่านการประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (The physical activity readiness questionnaire [PAR-Q]) และผลการประเมินของผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องไม่อยู่ในกลุ่มเสี่ยงต่อการบาดเจ็บหรืออันตรายจากการออกกำลังกาย

1.7 ไม่มีประวัติการบาดเจ็บก่อนจะเข้าร่วมการวิจัยอย่างน้อย 6 เดือน ในการเข้าร่วมการวิจัย

2. เกณฑ์การคัดผู้เข้าร่วมการวิจัยออก

ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัย หรือในการวิจัยทุกขั้นตอนไม่กระทำอย่างเต็มความสามารถ โดยผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือผู้เข้าร่วมการวิจัยในการทำวิจัยทุกขั้นตอนแบบเต็มความสามารถ มีการรับประทานอาหารตามปกติ และหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายนอกเหนือจากการว่ายน้ำในสโมสรตามปกติ

เมื่อได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 คน จะทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจากแบบทดสอบแรงบีบมือ (Hand-grip dynamometer ยี่ห้อ T.K.K. รุ่น 5401) ด้วยวิธีการทดสอบของ การกีฬาแห่งประเทศไทย (2549) แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม A และกลุ่ม B กลุ่มละ 6 คน ด้วยวิธีจับคู่ (Match pair) จากนั้นทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแรงบีบมือของทั้งสองกลุ่ม พบว่า ทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ทำการสุ่ม กลุ่ม A และ กลุ่ม B เข้ากลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก

<u>หมายเหตุ</u> ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อย จำนวนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละเซล (Cell) ควรจะมีมากกว่าจำนวนของตัวแปรตาม และไม่ควรน้อยกว่า 5 คน (Hair, Black, Babin, & Anderson, 2010)

แต่การวิจัยนี้ใช้กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มละ 6 คน เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนนักกีฬาว่ายน้ำเพศชาย ที่มีอายุระหว่าง 9-15 ปี ที่มีน้อย และไม่สามารถใช้นักกีฬาจากหลายทีมฝึกซ้อมรวมกันได้ และเมื่อเริ่มทำการทดลอง ผู้เข้าร่วมการวิจัยในกลุ่มควบคุม จำนวน 1 คน ได้ขอถอนตัวจากเหตุผลย้ายที่อยู่ตามผู้ปกครอง จึงเหลือผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มทดลอง จำนวน 6 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 5 คน

แผนการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองมีการดำเนินการวิจัยแบบ Repeated measures design (Edmonds & Kennedy, 2017, p. 62) เพื่อศึกษาผลของการฝึกบนบกโดยเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดังภาพที่ 14

	Group	Pretest	Treatment	Midtest	Treatment	Midtest	Treatment	Posttest
R	E	O_1	X	O_2	X	O_3	X	O_4
	C	O_1	-	O_2	-	O_3	-	O_4
				Time →				

ภาพที่ 14 แบบแผนการดำเนินการวิจัยแบบ Repeated measures design

เมื่อ R หมายถึง การสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

E หมายถึง กลุ่มทดลอง (ได้รับการฝึกบนบกร่วมกับฝึกซ้อมว่ายน้ำตามปกติ)

C หมายถึง กลุ่มควบคุม (ฝึกซ้อมว่ายน้ำตามปกติ)

O_1 หมายถึง ทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-1 ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก

O_2 หมายถึง ทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการ หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4

O_3 หมายถึง ทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการ หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8

O_4 หมายถึง ทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-1 หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12

X หมายถึง วิธีการฝึกบนบก (สัปดาห์ที่ 1-4, สัปดาห์ที่ 5-8, สัปดาห์ที่ 9-12)

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง เครื่องมือที่ใช้คัดกรองกลุ่มตัวอย่าง และเครื่องมือที่ใช้วัด และประเมินผลตัวแปรตาม

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1.1 โปรแกรมการฝึกบนบก (Dry-land training program) ผู้วิจัยได้สร้างโปรแกรมการฝึกบนบก โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.1.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการฝึกบนบก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมการฝึกบนบกให้เหมาะสมกับเยาวชน

1.1.2 ดำเนินการสร้างโปรแกรมการฝึกบนบก

1.1.3 นำโปรแกรมการฝึกบนบกเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบความสมบูรณ์ของเนื้อหา แล้วจึงนำไปปรับปรุง แก้ไข

1.1.4 นำโปรแกรมการฝึกบนบกที่ปรับปรุง แก้ไขเรียบร้อยแล้วเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และให้ข้อคิดเห็น รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิประกอบด้วย

1.1.4.1 รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี อาจารย์ประจำ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

1.1.4.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สนธยา สีละมาด อาจารย์ประจำ คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

1.1.4.3 ดร.ถวิชัยย์ ขาวถิ่น อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.1.5 นำผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่าน มาหาค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity index: CVI) มีค่าเท่ากับ 1

1.1.6 นำโปรแกรมการฝึกบนบกที่ปรับปรุง แก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิไปใช้ในการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ตารางที่ 12 รายละเอียดของโปรแกรมการฝึกบนบก 12 สัปดาห์

สัปดาห์ที่ 1-4				สัปดาห์ที่ 5-8				สัปดาห์ที่ 9-12			
ท่า	**Rep**	**Rest/ min**	**Set**	**ท่า**	**Rep**	**Rest/ min**	**Set**	**ท่า**	**Rep**	**Rest/ min**	**Set**
1. Overhead squat	10	1	3	1. Overhead squat	12	1	3	1. Overhead squat	14	1	3
2. Lunges	10	1	3	2. Lunges	12	1	3	2. Lunges with twist	14	1	3
3. Tricep dips	10	1	3	3. Tricep dips	12	1	3	3. Tricep dips	14	1	3
4. Sit up	10	1	3	4. Alternating leg V Up	12	1	3	4. V-Ups	14	1	3
5. Plank	10 s	1	3	5. Plank	12 s	1	3	5. Plank	14s	1	3
6. Knee push-up	10	1	3	6. Push-up	12	1	3	6. Push-up with feet	14	1	3

1.2 โปรแกรมการฝึกซ้อมว่ายน้ำของสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ผู้ฝึกสอนเป็นผู้กำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อมว่ายน้ำ โดยทำการฝึกว่ายน้ำ 2 ชั่วโมงต่อครั้ง ในช่วงเวลา 18.00-20.00 น. สัปดาห์ละ 6 วัน ซึ่งในช่วง 12 สัปดาห์ ที่ผู้วิจัยทำการฝึกตามโปรแกรมการฝึกบนบก ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 เป็นการฝึกว่ายน้ำในช่วงการลดปริมาณ/ เพิ่มคุณภาพในการฝึกซ้อม (Taper phase) และมีการแข่งขันในวันหยุดของสัปดาห์ที่ 2

สัปดาห์ที่ 3-8 เป็นการฝึกว่ายน้ำในช่วงการปรับตัวพื้นฐานของร่างกาย (General phase) ในสัปดาห์ที่ 9-10 เป็นการฝึกว่ายน้ำในช่วงการฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจง (Specific phase) และในสัปดาห์ที่ 11-12 เป็นการฝึกว่ายน้ำในช่วงการปรับตัวพื้นฐานของร่างกาย (General phase) โดยมีระยะทางในการฝึกซ้อมว่ายน้ำ 12 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 13 และ 14

ตารางที่ 13 โปรแกรมการฝึกซ้อมว่ายน้ำของสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา

ระยะทาง (เมตร)		w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12	ค่าเฉลี่ย
Aerobic	En1	2817	2583	2833	2667	3000	3000	2833	2583	2833	2867	2917	2833	2813.89
Mix	En2	1167	1183	900	933	1017	1183	800	1175	1233	1417	1233	1333	1895.83
	En3	567	583	867	800	567	650	1067	1025	667	767	750	867	
Anaerobic	SP1	67	67	33	17	67	83	75	83	83	17	83	50	122.22
	SP2	50	83	50	67	33	67	108	100	33	50	33	67	
Sprint	Sprint	250	233	183	283	167	283	250	300	250	100	117	117	211.11
	รวม	29,500	28,600	29,200	28,600	28,100	31,100	30,800	31,600	30,600	31,300	30,900	31,600	
	Phase	Taper phase				General phase				Specific phase		General phase		

ตารางที่ 14 จำนวนร้อยละของระยะทางในการฝึกซ้อมว่ายน้ำ

เปอร์เซ็นต์		w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12	ค่าเฉลี่ย
Aerobic	En1	57.29	54.20	58.22	55.94	61.86	57.88	55.19	49.05	55.56	54.95	56.63	53.80	56
Mix	En2	23.73	24.83	18.49	19.58	20.96	22.83	15.58	22.31	24.18	27.16	23.95	25.32	38
	En3	11.53	12.24	17.81	16.78	11.68	12.54	20.78	19.46	13.07	14.70	14.56	16.46	

ตารางที่ 14 (ต่อ)

เปอร์เซ็นต์		w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12	ค่าเฉลี่ย
Anaerobic	SP1	1.36	1.40	0.68	0.35	1.37	1.61	1.46	1.58	1.63	0.32	1.62	0.95	2
	SP2	1.02	1.75	1.03	1.40	0.69	1.29	2.11	1.90	0.65	0.96	0.65	0.21	
Sprint	Sprint	5.08	4.90	3.77	5.94	3.44	5.47	4.87	5.70	4.90	1.92	2.27	2.22	4

2. เครื่องมือที่ใช้คัดกรองกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่

2.1 แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อถามเกี่ยวกับ เพศ อายุ ประสบการณ์ในการว่ายน้ำ และการแข่งขัน ประวัติการใช้ยาหรืออาหารเสริม และการบาดเจ็บ

2.2 แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (The physical activity readiness questionnaire [PAR-Q]) ของ สมชาย ลี่ทองอิน (2550) ประกอบไปด้วย คำถามเกี่ยวกับสุขภาพ 7 ข้อ คำตอบของข้อคำถามแต่ละข้อ จะมีลักษณะ ใช่ หรือ ไม่ใช่ ในการประเมินผลหากกลุ่มตัวอย่างตอบ ใช่ เพียงข้อใดข้อหนึ่งจะถือว่า ไม่ผ่านการประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย และต้องให้กลุ่มตัวอย่างคนนั้นทำการตรวจสุขภาพกับแพทย์อย่างละเอียดต่อไป

3. เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลตัวแปรตาม

3.1 การทดสอบสมรรถภาพทางกาย ประกอบด้วย การวัดสัดส่วนร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

3.1.1 การวัดสัดส่วนร่างกาย ผู้วิจัยได้ทำการวัดสัดส่วนร่างกาย โดยให้กลุ่มตัวอย่างสวมกางเกงขาสั้นหรือกางเกงว่ายน้ำ ไม่ใส่รองเท้า ทุกรายการทดสอบจะทำการวัด 2 ครั้ง (ร้อยละ 3 Accuracy) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ประกอบด้วย การชั่งน้ำหนักตัว (Body weight) การวัดส่วนสูง (High) ความกว้างช่วงแขน (Arm span) เส้นรอบวงต้นแขน (Arm circumference) เปอร์เซนต์ไขมันในร่างกาย (Body fat) มวลไขมัน (Fat mass) และมวลกล้ามเนื้อ (Fat free mass) แสดงดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 เครื่องมือที่ใช้วัดสัดส่วนร่างกาย

รายการทดสอบ	อุปกรณ์	วิธีการทดสอบ
3.1.1.1 น้ำหนักตัว (Body weight)	เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ TANITA รุ่น UM-075	ให้กลุ่มตัวอย่างยืนบนเครื่องชั่งน้ำหนัก ทำการวัด 2 ครั้ง บันทึกค่าที่ได้เป็นกิโลกรัม (Lohman, 1986)
3.1.1.2 ส่วนสูง (High)	สายวัด หน่วยเป็นเซนติเมตร	ให้กลุ่มตัวอย่าง ยืนตรง เท้าชิด โดยไม่สวมรองเท้า ให้ส้นเท้า ก้น ไหล่หลัง และศีรษะติดกับเครื่องมือวัดหรือผนัง ทำการวัด 2 ครั้ง บันทึกค่าที่ได้เป็นเซนติเมตร (Lohman, 1986)

ตารางที่ 15 (ต่อ)

รายการทดสอบ	อุปกรณ์	วิธีการทดสอบ
3.1.1.3 ความกว้างช่วงแขน (Arm span)	สายวัด หน่วยเป็นเซนติเมตร	ให้กลุ่มตัวอย่างยืนกางแขน 90 องศากับลำตัว วัดจากปลายนิ้วกลางหรือนิ้วที่ยาวที่สุดมือซ้าย ถึง นิ้วกลางมือขวาหรือนิ้วที่ยาวที่สุด ทำการวัด 2 ครั้ง บันทึกค่าที่ได้เป็นเซนติเมตร (Lohman, 1986)
3.1.1.4 เส้นรอบวงต้นแขน (Arm circumference)	สายวัด หน่วยเป็นเซนติเมตร	ผู้วิจัยทำการวัดเส้นรอบวงบริเวณต้นแขนส่วนบนขณะเหยียดแขน (Arm relaxed) ด้านถนัดของร่างกาย วัดขณะที่แขนเหยียดข้างลำตัว บันทึกค่ามากที่สุดในขณะที่กล้ามเนื้อคลายตัว ทำการวัด 2 ครั้ง บันทึกค่าที่ได้เป็นเซนติเมตร (Lohman, 1986)
3.1.1.5 เปอร์เซ็นต์ไขมัน (Body fat)	เครื่องวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง ยี่ห้อ Lange ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ. 1985	ใช้การวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง (Skinfold thickness) ตามวิธีการ และสูตรของ Slaughter et al. (1988) ทำการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังพับ 2 ตำแหน่ง คือ บริเวณต้นแขนด้านหลัง (Triceps) และบริเวณสะบัก (Subscapular) ถ้าผลรวมของค่าที่วัด มีมากกว่า 35 จะใช้สมการ % BF = 0.783 (TSF+SSSF) + 1.6 ถ้าผลรวมของค่าที่วัดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 35 จะใช้สมการ % BF = 1.21(TSF+SSSF)- 0.008(TSF+SSSF)2-1.7
3.1.1.6 มวลไขมัน (Fat mass)		ใช้การหาจากสมการของ Siri (1961) Fat Mass (kg) = (% BF x Wt)/ 100
3.1.1.7 มวลกล้ามเนื้อ (Fat free mass)		ใช้วิธีการหาจากสูตรของ Siri (1961) Fat Free Mass (kg) = Wt - Fat Mass

3.1.2 การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ตารางที่ 16 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

รายการทดสอบ	อุปกรณ์	วิธีการทดสอบ
3.1.2 การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	1. เครื่องวัดแรงบีบมือ (Hand-grip dynamometer) ยี่ห้อ T.K.K. รุ่น 5401 ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น 2. แบบทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2549)	ผู้วิจัยใช้การทดสอบแรงบีบมือ (Grip strength) เพื่อหาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยใช้แบบทดสอบของการกีฬาแห่งประเทศไทย (2549) ทำการทดสอบ 2 ครั้ง โดยใช้ค่าที่มากที่สุด บันทึกผลการวัดเป็นกิโลกรัม นำผลที่ได้มาหารด้วยน้ำหนักตัวของผู้ถูกวัด

3.2 การทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำ ประกอบด้วย การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร (Freestyle 100 m) ความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิก ได้แก่ ความเร็วคริติคอล สวิมสปีด (CSS) และความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิก ได้แก่ ความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ (AnCV)

ตารางที่ 17 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำ

รายการทดสอบ	อุปกรณ์	วิธีการทดสอบ
3.2.1 การทดสอบว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร	1. นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ CASIO รุ่น HS-30W ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น ปี ค.ศ. 1989 2. แบบทดสอบการว่ายน้ำในท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร (สมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย, 2561)	ผู้วิจัยใช้การทดสอบการว่ายน้ำในท่าฟรีสไตล์ด้วยความเร็วสูงสุด (สมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย, 2561) และบันทึกเวลาหลังนักกีฬาว่าย แตะขอบสระ

ตารางที่ 17 (ต่อ)

รายการทดสอบ	อุปกรณ์	วิธีการทดสอบ
3.2.2 การทดสอบความสามารถในว่ายน้ำเชิงแอโรบิก	1. นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ CASIO รุ่น HS-30W ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น ปี ค.ศ. 1989 2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อ Polar รุ่น F17 ผลิตจากประเทศฟินแลนด์ 3. แบบทดสอบว่ายน้ำคริติคอล สวิม สปีด (Critical swim speed: CSS) (Zarzeczny et al., 2011)	การทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิกใช้การทดสอบการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ให้เร็วที่สุด 2 ระยะทาง คือ 50 และ 400 เมตร บันทึกเวลาหลังนักกีฬาว่ายแตะขอบสระทั้ง 2 ระยะทาง หลังจากนั้นนำเวลาที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 ระยะทาง มาแทนค่าในสมการเพื่อคำนวณหาความเร็วคริติคอล สวิม สปีด CSS = (D2 - D1) ÷ (T2 - T1) เมื่อ D1 = ระยะทาง 50 เมตร D2 = ระยะทาง 400 เมตร T1 = เวลาที่ว่ายน้ำ 50 เมตร (วินาที) T2 = เวลาที่ว่ายน้ำ 400 เมตร (วินาที) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ 1. ว่ายน้ำด้วยความเร็วสูงสุดในระยะทาง 400 เมตร บันทึกเวลาในการว่าย 2. พัก 10 นาที 3. ทำการว่ายน้ำด้วยความเร็วสูงสุดในระยะทาง 50 เมตร บันทึกเวลาในการว่าย 4. นำเวลา และระยะทางที่ได้จากการทดสอบไปคำนวณหาความเร็วคริติคอล สวิม สปีด
3.2.3 การทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิก	1. นาฬิกาจับเวลา ยี่ห้อ CASIO รุ่น HS-30W ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น	การทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิกโดยการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 2 ระยะทาง คือ 12.5 เมตร และ 50 เมตร

ตารางที่ 17 (ต่อ)

รายการทดสอบ	อุปกรณ์	วิธีการทดสอบ
	ปี ค.ศ. 1989 2. แบบทดสอบว่ายน้ำแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ (Anaerobic critical velocity [AnCV]) (Fernandes et al., 2008)	หลังจากนั้นนำเวลาที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 ระยะทาง มาแทนค่าในสมการเพื่อคำนวณหาความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ $y = ax + b$ เมื่อ y = ระยะทางการว่ายน้ำ (เมตร) x = เวลาในการว่ายน้ำ (วินาที) a = ความเร็ว AnCV (เมตรต่อวินาที) b = ค่าคงที่ (Y-interception value) มีรายละเอียด ดังนี้ 1. ว่ายน้ำด้วยความเร็วสูงสุดในระยะ 12.5 เมตร บันทึกเวลาในการว่าย 2. พัก 30 นาที 3. ว่ายน้ำด้วยความเร็วสูงสุดในระยะ 50 เมตร บันทึกเวลาในการว่าย 4. นำเวลาที่ได้จากการว่ายน้ำ ระยะ 12.5 เมตร และ 50 เมตร มาคำนวณหาความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้

3.3 การทดสอบสภาพโภชนาการ ประกอบด้วย

สมดุลพลังงาน ได้แก่ พลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร พลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน

ปริมาณสารอาหาร ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช

แร่ธาตุ ได้แก่ แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามิน ได้แก่ วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน B6 และวิตามิน B12 วิตามิน C

การกระจายพลังงาน ได้แก่ กระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต การกระจายพลังงานของไขมัน และการกระจายพลังงานของโปรตีน

ตารางที่ 18 เครื่องมือที่ทดสอบสภาพโภชนาการ

รายการทดสอบ	อุปกรณ์	วิธีการทดสอบ
3.3.1 สมดุลพลังงาน ได้แก่ พลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร พลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน และความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน	1. โปรแกรม INMUCAL-Nutrients เวอร์ชั่น 3 (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2559) 2. แบบบันทึกการรับประทานอาหาร 3 วัน (สุกัญญา เจริญวัฒนะ, 2560) 3. แบบบันทึกกิจกรรมการเคลื่อนไหว และการฝึกซ้อม 24 ชั่วโมง (สุกัญญา เจริญวัฒนะ, 2560)	1. บันทึกรายละเอียดของรายการอาหาร จำนวน และส่วนประกอบของอาหารที่รับประทานทั้งหมด ทุกมื้อเป็นเวลา 3 วันต่อสัปดาห์ ตลอด 12 สัปดาห์ 2. วิเคราะห์พลังงานที่ได้รับจากสารอาหารในแต่ละวันจากอาหารที่รับประทานโดยใช้โปรแกรม INMUCAL-Nutrients เวอร์ชั่น 3 และหาค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ 3. หาค่าพลังงานพื้นฐานของร่างกาย (BMR) และพลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน (TDEE) จากสมการ (Harris & Benedict, 1919) BMR = 66.5 + (13.75 × weight in kg) + (5.003 × height in cm) - (6.755 × age in years) TDEE = BMR x physical activity level (PAL) 4. หาค่าความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวันจากสมการ Energy difference = Energy intake-Total daily energy expenditure

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการทดสอบ	อุปกรณ์	วิธีการทดสอบ
3.3.2 ปริมาณสารอาหาร ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช	1. โปรแกรม INMUCAL-Nutrients เวอร์ชั่น 3 (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2559) 2. แบบบันทึกการรับประทานอาหาร 3 วัน (สุกัญญา เจริญวัฒนะ, 2560)	1. บันทึกรายละเอียดของรายการอาหาร จำนวน และส่วนประกอบของอาหารที่รับประทานทั้งหมด ทุกมื้อเป็นเวลา 3 วันต่อสัปดาห์ ตลอด 12 สัปดาห์ 2. วิเคราะห์ปริมาณสารอาหารที่ได้รับในแต่ละวันจากอาหารที่รับประทาน โดยใช้โปรแกรม INMUCAL-Nutrients เวอร์ชั่น 3 และหาค่าเฉลี่ย ในแต่ละสัปดาห์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช 3. นำค่าคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน และโปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันมาหารน้ำหนักตัวเพื่อหาคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) และโปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day))
3.3.3 แร่ธาตุ ได้แก่ แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส	1. โปรแกรม INMUCAL-Nutrients เวอร์ชั่น 3 (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2559) 2. แบบบันทึกการรับประทานอาหาร 3 วัน (สุกัญญา เจริญวัฒนะ, 2560)	1. บันทึกรายละเอียดของรายการอาหาร จำนวน และส่วนประกอบของอาหารที่รับประทานทั้งหมด ทุกมื้อเป็นเวลา 3 วันต่อสัปดาห์ ตลอด 12 สัปดาห์ 2. วิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุที่ได้รับในแต่ละวันจากอาหารที่รับประทานโดยใช้โปรแกรม INMUCAL-Nutrients เวอร์ชั่น 3 และหาค่าเฉลี่ย ในแต่ละสัปดาห์ ได้แก่ แคลเซียม เหล็ก และฟอสฟอรัส

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการทดสอบ	อุปกรณ์	วิธีการทดสอบ
3.3.4 วิตามิน ได้แก่ วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน B6 วิตามิน B12 และวิตามิน C	1. โปรแกรม INMUCAL-Nutrients เวอร์ชั่น 3 (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2559) 2. แบบบันทึกการรับประทานอาหาร 3 วัน (สุกัญญา เจริญวัฒนะ, 2560)	1. บันทึกรายละเอียดของรายการอาหาร จำนวน และส่วนประกอบของอาหารที่รับประทานทั้งหมด ทุกมื้อเป็นเวลา 3 วันต่อสัปดาห์ ตลอด 12 สัปดาห์ 2. วิเคราะห์ปริมาณวิตามินที่ได้รับในแต่ละวันจากอาหารที่รับประทานโดยใช้โปรแกรม INMUCAL-Nutrients เวอร์ชั่น 3 และหาค่าเฉลี่ย ในแต่ละสัปดาห์ ได้แก่ วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน B6 วิตามิน B12 และวิตามิน C
3.3.5 การกระจายพลังงาน ได้แก่ การกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน	1. โปรแกรม INMUCAL-Nutrients เวอร์ชั่น 3 (สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2559) 2. แบบบันทึกการรับประทานอาหาร 3 วัน (สุกัญญา เจริญวัฒนะ, 2560)	1. บันทึกรายละเอียดของรายการอาหาร จำนวน และส่วนประกอบของอาหารที่รับประทานทั้งหมด ทุกมื้อเป็นเวลา 3 วันต่อสัปดาห์ ตลอด 12 สัปดาห์ 2. วิเคราะห์การกระจายของพลังงานในแต่ละวันจากอาหารที่รับประทานโดยใช้โปรแกรม INMUCAL-Nutrients เวอร์ชั่น 3 และหาค่าเฉลี่ย ในแต่ละสัปดาห์ ได้แก่ การกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน

3.4 การตรวจวัดระดับฮอร์โมน IGF-I ผู้วิจัยดำเนินการตรวจวัดระดับฮอร์โมน IGF-I จากการเจาะเลือดกลุ่มตัวอย่าง ณ ห้องรับรองของสระว่ายน้ำ สโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา โดยบุคลากรวิชาชีพและมีประสบการณ์ และนำส่งตรวจวัดระดับฮอร์โมน IGF-I ที่สถาบันตรวจสุขภาพ บริษัท เนชั่นแนล เฮลท์แคร์ ซิสเท็มส์ จำกัด สาขาห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ โรงพยาบาลสมิติเวชศรีราชา โดยมีการตรวจตามมาตรฐานที่ทางโรงพยาบาลได้กำหนดไว้ตามมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะทำการตรวจวัดทั้งหมด 2 ครั้ง คือ ก่อนใช้วิธีการฝึก

บนบก และหลังใช้วิธีการฝึกบนบก (สัปดาห์ที่ 12) ช่วงเวลา 7.00-9.00 น. โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ Chemiluminescence immunoassays (CLIA) จากซีรัม (Sauberlich, 1999)

ตารางที่ 19 เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดระดับฮอร์โมน IGF-I

รายการทดสอบ	อุปกรณ์	วิธีการทดสอบ
3.4 การตรวจวัดระดับฮอร์โมน IGF-I	-	1. ติดต่อประสานงานกับทางสถาบันตรวจสุขภาพ บริษัท เนชั่นแนล เฮลท์แคร์ ซิสเท็มส์ จำกัด สาขาห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ โรงพยาบาลสมิติเวชศรีราชา พร้อมกำหนดวัน และเวลา ในการเจาะเลือดกลุ่มตัวอย่าง 2. นำกลุ่มตัวอย่างเข้ารับการเจาะเลือดเพื่อตรวจวัดระดับฮอร์โมน IGF-I ที่ห้องรับรองของสระว่ายน้ำสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ช่วงเวลา 7.00-9.00 น. 3. ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดดำส่วนปลายบริเวณข้อพับแขน โดยบุคลากรวิชาชีพ และมีประสบการณ์ และดำเนินการส่ง Specimens ตามขั้นตอน และมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ โดยสถาบันตรวจสุขภาพ บริษัท เนชั่นแนล เฮลท์แคร์ ซิสเท็มส์ จำกัด สาขาห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ โรงพยาบาลสมิติเวช ศรีราชา 4. ปริมาณเลือดที่เก็บเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ฮอร์โมน IGF-I 3-4 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cc) ต่อครั้ง

ตารางที่ 19 (ต่อ)

รายการทดสอบ	อุปกรณ์	วิธีการทดสอบ
		5. ดำเนินการติดตามผลการตรวจวิเคราะห์ระดับฮอร์โมน IGF-I พร้อมส่งผลการตรวจวิเคราะห์ให้กลุ่มตัวอย่างทราบเป็นรายบุคคลแบบปิดผนึก

การหาคุณภาพของเครื่องมือ

การวัดสัดส่วนร่างกาย ผู้วิจัยนำวิธีการวัดสัดส่วนร่างกาย การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร การทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิก และการทดสอบการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิก ไปหาความเชื่อมั่น (Reliability) โดยนำไปทดสอบกับนักกีฬาว่ายน้ำที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ด้วยวิธีการทดสอบซ้ำ (Test-retest method) ซึ่งทำการทดสอบระยะห่างกัน 1 สัปดาห์ จากการทดสอบครั้งแรก และนำค่าที่ได้ไปหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้วิธีของเพียร์สัน (Pearson product moment correlation coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่น แสดงดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ค่าความเชื่อมั่นของการทดสอบตัวแปร

การทดสอบ	รายการ	Reliability
1. การวัดสัดส่วนร่างกาย	น้ำหนักตัว	.995
	ส่วนสูง	.996
	ความกว้างของช่วงแขน	.980
	เส้นรอบวงต้นแขน	.956
	เปอร์เซ็นไขมัน	.940
	มวลไขมัน	.959
	มวลกล้ามเนื้อ	.990
2. การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	แรงบีบมือ	.951
3. การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร	การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร	.921
4. ความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิก	ความเร็วน้ำคริติคอล สวิม สปีด	.943

ตารางที่ 20 (ต่อ)

การทดสอบ	รายการ	Reliability
5. ความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิก	ความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอลเวลโลซิตี้	.958

สถานที่ในการเก็บข้อมูล

โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล

เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562

วิธีการดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะก่อนการทดลอง ดำเนินการ ดังนี้

1.1 ผู้วิจัยสร้างโปรแกรมการฝึกบนบก

1.2 ปรับโปรแกรมการฝึกบนบกให้มีความเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน เพศชาย อายุ 9-15 ปี

1.3 แนะนำตัวต่อผู้บริหาร โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เพื่อขอความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลวิจัย

1.4 แนะนำตัวต่อผู้ฝึกสอน นักกีฬาว่ายน้ำ และผู้ปกครองนักกีฬาว่ายน้ำสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา และชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนดำเนินการวิจัย ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในการวิจัย พร้อมทั้งสอบถามความสมัครใจในการเข้าร่วมงานวิจัย และชี้แจงสิทธิของผู้เข้าร่วมการวิจัยให้ได้ทราบ

1.5 รับอาสาสมัครนักกีฬาว่ายน้ำ เพศชายที่มีอายุระหว่าง 9-15 ปี ที่ขึ้นทะเบียนเป็นนักกีฬาว่ายน้ำ สโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ประจำปีการศึกษา 2561 จังหวัดชลบุรี

1.6 ดำเนินการคัดเลือกนักกีฬาว่ายน้ำที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเข้าที่กำหนดและยินดีเข้าร่วมการวิจัย โดยให้กรอกแบบสอบถามข้อมูลทั่วไป เกี่ยวกับเพศ อายุ ประสบการณ์ในการว่ายน้ำและการแข่งขัน ประวัติการใช้ยาหรืออาหารเสริม แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย รวมถึงการตรวจสุขภาพโดยแพทย์

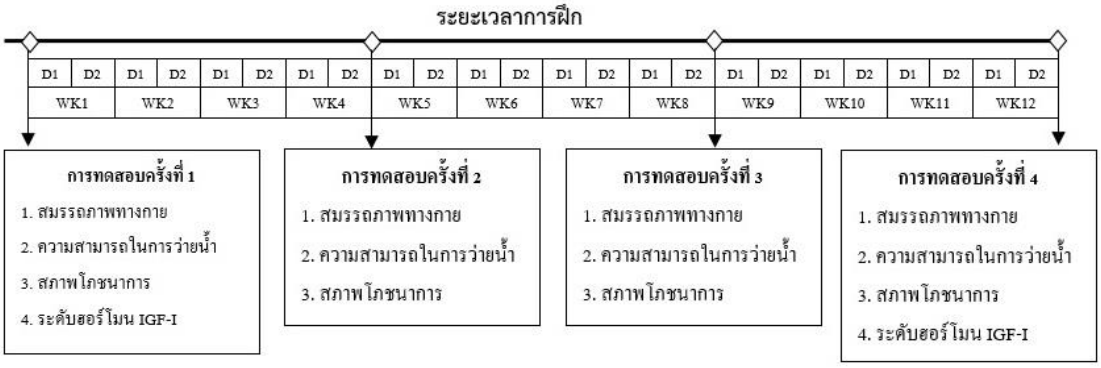
1.7 ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกับกลุ่มตัวอย่าง หลังจากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้วิธีการจับคู่จากผลการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก่อนฝึก และทำการสุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 6 คน โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก

1.8 การเตรียมผู้ช่วยผู้วิจัย โดยในการฝึกโปรแกรมการฝึกบนบก 1 ครั้ง ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ จึงจำเป็นต้องมีผู้ช่วยวิจัยจำนวน 1 คน เพื่อให้ช่วยดำเนินการในการฝึกปฏิบัติตามโปรแกรมการฝึกบนบก โดยมีขั้นตอนการเตรียมผู้ช่วยผู้วิจัย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ชี้แจงผู้ช่วยวิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูลพร้อมทั้งอธิบาย และสาธิตวิธีการต่าง ๆ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้เข้าใจในรายละเอียดของการทดลอง ตลอดจนวิธีการปฏิบัติและการบันทึกผลการทดสอบให้เข้าใจถูกต้องตรงกัน โดยมีคู่มือการปฏิบัติสำหรับผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 ผู้ช่วยผู้วิจัย ทำการฝึกปฏิบัติตามโปรแกรมการฝึกบนบก ด้วยตนเองเพื่อให้จดจำท่าการฝึกให้แม่นยำ ไม่คลาดเคลื่อน ใช้ระยะเวลา 3 วัน เพื่อให้ผู้ช่วยผู้วิจัยเกิดทักษะและความชำนาญในการปฏิบัติตามโปรแกรมการฝึกบนบก

1.9 ก่อนการวิจัย 1 สัปดาห์ ผู้วิจัยทำการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และตรวจวัดระดับฮอร์โมน IGF-I ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบกกับกลุ่มตัวอย่าง พร้อมทั้งแจ้งให้กลุ่มตัวอย่างทราบว่าจะมีการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการ อีก 3 ครั้ง คือหลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 และการตรวจวัดระดับฮอร์โมน IGF-I อีก 1 ครั้ง คือหลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 ดังนี้



ภาพที่ 15 แผนการเก็บข้อมูลการวิจัย

1.10 ทำนัดหมายกลุ่มตัวอย่างกลุ่มฝึกบนบกเพื่อเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกบนบกในสัปดาห์ที่ 1 ของการดำเนินการทดลอง

2. ระยะทดลอง ดำเนินการดังนี้

2.1 กลุ่มทดลองเริ่มดำเนินการฝึกบนบก ตามโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้สถานที่ฝึก คือ บริเวณสระว่ายน้ำ โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ช่วงเวลา 17.00-18.00 น. จนครบ 12 สัปดาห์ โดยในแต่ละสัปดาห์จะทำการฝึก 2 วัน คือ วันอังคาร และวันพฤหัสบดี และให้ทำการฝึกซ้อมว่ายน้ำตามโปรแกรมของสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ตามปกติ

2.2 กลุ่มควบคุมให้ดำเนินชีวิตตามปกติ โดยมีการฝึกบนบกและฝึกซ้อมว่ายน้ำตามโปรแกรมของสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชาตามปกติ

2.3 ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำการบันทึกการรับประทานอาหาร 3 วันต่อสัปดาห์ และบันทึกกิจกรรมการเคลื่อนไหว ทุกสัปดาห์จนครบ 12 สัปดาห์

2.4 ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 12 และทำการตรวจวัดระดับฮอร์โมน IGF-I หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 12 กับกลุ่มตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 กำหนดวัน และเวลาในการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ ระดับฮอร์โมน IGF-I และการฝึกบนบกของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

วันที่	เวลา	กิจกรรม	ผู้ดำเนินการ
5-7 พ.ย. 2561	16.30-18.00 น.	1. วัดสัดส่วนร่างกาย 2. วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	ผู้ช่วยผู้ฝึกสอน ผู้วิจัย และผู้ช่วย
12 พ.ย. 2561	16.30-18.00 น.	การว่ายน้ำแอนแอโรบิกคริติคอลเวลโลซิตี้	วิจัย
13 พ.ย. 2561	16.30-18.00 น.	การว่ายน้ำคริติคอล สวิม สปีด	
14 พ.ย. 2561	16.30-18.00 น.	การว่ายน้ำ ฟรีสไตล์ 100 เมตร	
17 พ.ย. 2561	07.00-09.00 น.	การเจาะเลือดเพื่อตรวจ IGF-I	บุคลากรวิชาชีพ
19 พ.ย. 2561	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 1	ผู้วิจัย และผู้ช่วย
21 พ.ย. 2561	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 1	วิจัย
26 พ.ย. 2561	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 2	

ตารางที่ 21 (ต่อ)

วันที่	เวลา	กิจกรรม	ผู้ดำเนินการ
28 พ.ย. 2561	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 2	
3 ธ.ค. 2561	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 3	
6 ธ.ค. 2561	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 3	
11 ธ.ค. 2561	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4	
12 ธ.ค. 2561	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4	
13 ธ.ค. 2561	16.30-20.00 น.	1. วัดสัดส่วนร่างกาย	ผู้ช่วยผู้ฝึกสอน
		2. วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	ผู้วิจัย และผู้ช่วย
		3. การว่ายน้ำคริติคอล สวิม สปีด	วิจัย
14 ธ.ค. 2561	16.30-20.00 น.	1. การว่ายน้ำแอนแอโรบิกคริติคอลเวล โลซิตี้	
		2. การว่ายน้ำ ฟรีสไตล์ 100 เมตร	
17 ธ.ค. 2561	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 5	ผู้วิจัย และผู้ช่วย
19 ธ.ค. 2561	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 5	วิจัย
7 ม.ค. 2562	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 6	
9 ม.ค. 2562	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 6	
14 ม.ค. 2562	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 7	
16 ม.ค. 2562	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 7	
21 ม.ค. 2562	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8	
23 ม.ค. 2562	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8	
24 ม.ค. 2562	16.30-20.00 น.	1. วัดสัดส่วนร่างกาย	ผู้ช่วยผู้ฝึกสอน
		2. วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	ผู้วิจัย และผู้ช่วย
		3. การว่ายน้ำคริติคอล สวิม สปีด	วิจัย
25 ม.ค. 2562	16.30-20.00 น.	1. การว่ายน้ำแอนแอโรบิกคริติคอลเวล โลซิตี้	
		2. การว่ายน้ำ ฟรีสไตล์ 100 เมตร	
28 ม.ค. 2562	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 9	ผู้วิจัย และผู้ช่วย
30 ม.ค. 2562	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 9	วิจัย

ตารางที่ 21 (ต่อ)

วันที่	เวลา	กิจกรรม	ผู้ดำเนินการ
4 ก.พ. 2562	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 10	
6 ก.พ. 2562	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 10	
11 ก.พ. 2562	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 11	
13 ก.พ. 2562	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 11	
18 ก.พ. 2562	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12	
20 ก.พ. 2562	16.30-18.00 น.	การฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12	
23 ก.พ. 2562	07.00-09.00 น.	การเจาะเลือดเพื่อตรวจ IGF-I	บุคลากรวิชาชีพ
25 ก.พ. 2562	16.30-20.00 น.	1. วัดสัดส่วนร่างกาย	ผู้ช่วยผู้ฝึกสอน
		2. วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ	ผู้วิจัย และผู้ช่วย
		3. การว่ายน้ำคริติคอล สวิม สปีด	วิจัย
26 ก.พ. 2562	16.30-20.00 น.	1. การว่ายน้ำแอนแอโรบิกคริติคอลเวล	ผู้ช่วยผู้ฝึกสอน
		โลซิตี้	ผู้วิจัย และผู้ช่วย
		2. การว่ายน้ำ ฟรีสไตล์ 100 เมตร	วิจัย

3. ระยะหลังการทดลอง

หลังจากฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของการทดลอง และนำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการดังนี้

1. ผู้วิจัยขอหนังสือจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล การอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับการใช้สถานที่จากโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

2. ผู้วิจัยทำหนังสือขอยืมใช้อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย กับคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

3. รับอาสาสมัครและคัดกรองอาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเข้าที่กำหนด โดยผ่านเกณฑ์การคัดเข้าและลงนามยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จนได้กลุ่มตัวอย่างครบตามจำนวน

ที่ต้องการ

4. ประสานงานกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อขอความร่วมมือในการประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย และตรวจสุขภาพโดยแพทย์ พร้อมทั้งแจ้งกำหนด วัน เวลา และสถานที่ในการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I

5. ประสานงานกับเจ้าหน้าที่เทคนิคการแพทย์ ณ สถาบันตรวจสุขภาพ บริษัท เนชั่นแนล เฮลท์แคร์ ซิสเท็มส์ จำกัด สาขาห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ โรงพยาบาลสมิติเวชศรีราชา เพื่อเก็บตัวอย่างเลือดและส่งตรวจวิเคราะห์ฮอร์โมน IGF-I พร้อมทั้งกำหนดวันและเวลาในการดำเนินการเจาะเลือด ก่อนการฝึก (การทดสอบครั้งที่ 1) และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 12 (การทดสอบครั้งที่ 2)

6. ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อทำการแบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

7. ดำเนินการนัดหมายกลุ่มตัวอย่างเพื่อมาตรวจวัดระดับฮอร์โมน IGF-I ณ ห้องรับรองของสระว่ายน้ำ สโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการ ก่อนการฝึกบริเวณสระว่ายน้ำ โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

8. ดำเนินการฝึกซ้อมด้วยโปรแกรมการฝึกบนบก ณ บริเวณสระว่ายน้ำ สโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา โดยให้กลุ่มตัวอย่างฝึกซ้อมตามโปรแกรมที่ได้กำหนด เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

9. ทำการนัดหมายกลุ่มตัวอย่างเพื่อมาทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 (การทดสอบครั้งที่ 2) หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 (การทดสอบครั้งที่ 3) และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 12 (การทดสอบครั้งที่ 4)

10. ทำการนัดหมายกลุ่มตัวอย่างเพื่อมาตรวจวัดระดับฮอร์โมน IGF-I หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 12 (การทดสอบครั้งที่ 2)

11. รวบรวมข้อมูลและตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลผลการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการและระดับฮอร์โมน IGF-I ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ค่าต่ำสุด (Min) และค่าสูงสุด (Max) ของสมรรถภาพทางกาย ความสามารถ

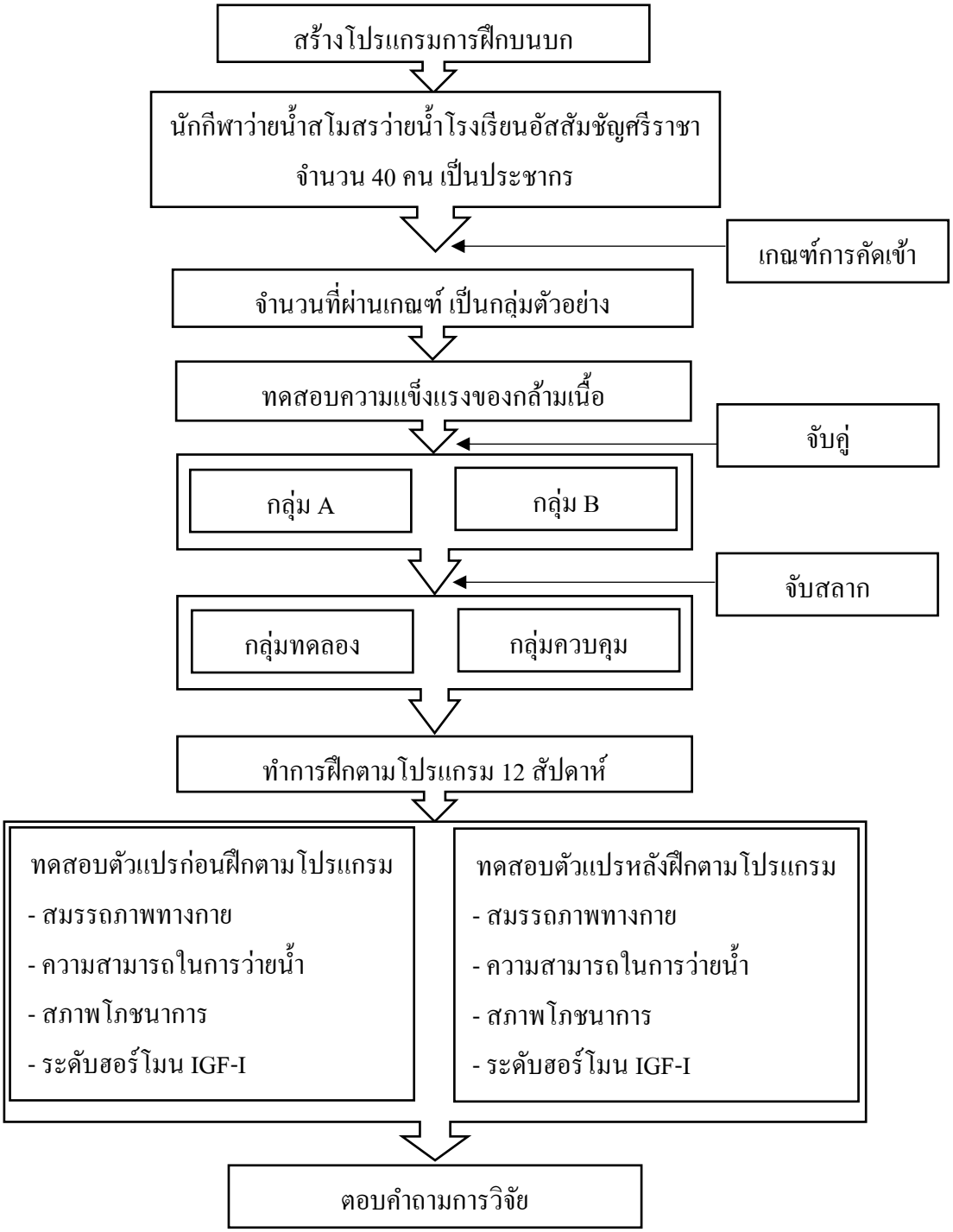
ในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ของกลุ่มตัวอย่าง ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบกกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

2. ทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล โดยใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk test หากข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ จึงใช้การทดสอบความแตกต่างของตัวแปรด้วยสถิตินอนพาราเมตริก

3. เปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการก่อนใช้วิธีการฝึกบนบกกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 โดยใช้สถิติ Friedman test หากพบความแตกต่างจะทำการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test

4. เปรียบเทียบระดับฮอร์โมน IGF-I ก่อนกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test

5. เปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 โดยใช้สถิติ Mann-whitney U test



ภาพที่ 16 ขั้นตอนการวิจัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมการฝึกบนบก และศึกษาผลการฝึกบนบกโดยเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I โดยนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาโปรแกรมการฝึกบนบกสำหรับการเพิ่มสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ของกลุ่มทดลองก่อนกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก และกลุ่มควบคุมก่อนกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ก่อนและหลังใช้วิธีการฝึกบนบกระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

ความหมาย และสัญลักษณ์ ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

n	หมายถึง กลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	หมายถึง ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
SD	หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Min	หมายถึง ค่าต่ำสุด (Minimum)
Max	หมายถึง ค่าสูงสุด (Maximum)
Sig	หมายถึง ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Significances)
Mean rank	หมายถึง ค่าเฉลี่ยของอันดับในแต่ละกลุ่ม
Sum of rank	หมายถึง ค่าผลรวมของอันดับในแต่แต่ละกลุ่ม
p	หมายถึง ค่าความน่าจะเป็น
*	หมายถึง ค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
z	หมายถึง สถิติทดสอบที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตของ Wilcoxon signed-ranks test และ Mann-Whitney U test เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

X^2 หมายถึง ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-square)

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

1. ลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาว่ายน้ำสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จำนวน 11 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกบนบกร่วมกับการฝึกซ้อมว่ายน้ำตามปกติ จำนวน 6 คน และกลุ่มควบคุมทำการฝึกซ้อมว่ายน้ำตามปกติ จำนวน 5 คน รายละเอียดทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะส่วนบุคคล	กลุ่มทดลอง (n = 6)				กลุ่มควบคุม (n = 5)			
	$\bar{X}$	*SD*	Min	Max	$\bar{X}$	*SD*	Min	Max
อายุ (ปี)	11.95	2.69	9.00	15.40	12.38	2.34	9.70	14.60
กลุ่ม 2 (รุ่นอายุ 14-15 ปี)	14.95	0.64	14.50	15.40	14.60	-	-	-
กลุ่ม 3 (รุ่นอายุ 12-13 ปี)	11.85	0.92	11.20	12.50	12.80	-	-	-
กลุ่ม 4 (ต่ำกว่า 11 ปี)	9.05	0.07	9.00	9.10	9.95	0.35	9.70	10.20
ประสบการณ์การแข่งขัน (ปี)	3.35	1.63	1.30	5.00	3.76	1.31	2.30	5.00
ชีพจรขณะพัก (bpm)	83.33	13.25	64.00	96.00	85.60	8.29	76.00	96.00
VO_2 max (ml/ kg/ min)	37.51	6.19	31.72	47.33	35.89	3.36	32.03	39.86
เวลาที่ทำได้ดีที่สุดในท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร (วินาที)	73.01	11.85	62.60	93.05	71.84	8.93	64.04	84.77

จากข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย อายุ ประสบการณ์การแข่งขันว่ายน้ำ ชีพจรขณะพัก ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาที่ทำได้ดีที่สุดในท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ดังปรากฏในตารางที่ 22 พบว่า กลุ่มทดลองอายุ 11.95 ± 2.69 ปี อยู่ในกลุ่ม 2 รุ่น อายุ 14-15 ปี จำนวน 2 คน อยู่ในกลุ่ม 3 รุ่น อายุ 12-13 ปี จำนวน 2 คน อยู่ในกลุ่ม 4 อายุต่ำกว่า 11 ปี จำนวน 2 คน มีประสบการณ์การแข่งขัน 3.35 ± 1.63 ปี ชีพจรขณะพัก 83.33 ± 13.25 ครั้งต่อนาที มีปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด 37.51 ± 6.19 มิลลิลิตรต่อ

กิโลกรัมต่อนาที และมีเวลาที่ทำได้ดีที่สุดในท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร 73.01 ± 11.85 วินาที

กลุ่มควบคุมอายุ 12.38 ± 2.34 ปี อยู่ในกลุ่มอายุ กลุ่ม 2 รุ่นอายุ 14-15 ปี จำนวน 2 คน อยู่ในกลุ่ม 3 รุ่น อายุ 12-13 ปี จำนวน 1 คน อยู่ในกลุ่ม 4 อายุต่ำกว่า 11 ปี จำนวน 2 คน มีประสบการณ์การแข่งขัน 3.76 ± 1.31 ปี ชีพจรขณะพัก 85.60 ± 8.29 ครั้งต่อนาที มีปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด 35.89 ± 3.36 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที และมีเวลาที่ทำได้ดีที่สุดในท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร 71.84 ± 8.93 วินาที

2. ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของสมรรถภาพทางกาย

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของสมรรถภาพทางกาย ประกอบด้วย 1) สัดส่วนร่างกาย ได้แก่ น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ และ 2) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ได้แก่ แรงบีบมือ แสดงในตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของสมรรถภาพทางกาย

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (n = 6)				% การเปลี่ยนแปลง	กลุ่มควบคุม (n = 5)				% การเปลี่ยนแปลง
	$\overline{X}$	*SD*	Min	Max		$\overline{X}$	*SD*	Min	Max	
น้ำหนักตัว (kg)										
- ก่อนฝึก	50.05	17.51	24.90	70.40	4	47.26	13.99	35.60	67.00	3
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	50.57	17.23	25.90	70.80		47.64	13.79	35.40	66.50	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	51.37	17.77	25.80	72.70		48.88	14.38	37.00	69.80	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	52.12	17.96	25.80	72.90		48.60	14.73	36.90	69.90	
ส่วนสูง (cm)										
- ก่อนฝึก	155.33	19.07	130.00	175.50	1	156.90	16.30	139.50	176.00	1
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	156.08	19.21	130.00	175.50		157.76	15.49	141.00	176.00	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	156.83	19.40	131.00	177.00		157.76	15.50	140.80	176.00	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	157.32	19.21	132.00	177.50		158.14	15.73	141.00	177.00	
ความกว้างของช่วงแขน (cm)										
- ก่อนฝึก	156.29	20.88	123.50	178.25	2	157.10	16.14	140.00	173.00	2
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	158.00	22.16	124.00	179.00		158.50	15.12	142.50	174.50	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	158.53	22.37	124.00	181.00		159.30	15.65	142.50	175.50	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	160.13	22.44	125.70	182.50		160.46	16.38	142.50	177.50	

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (n = 6)				% การเปลี่ยนแปลง	กลุ่มควบคุม (n = 5)				% การเปลี่ยนแปลง
	$\overline{X}$	*SD*	Min	Max		$\overline{X}$	*SD*	Min	Max	
เส้นรอบวงต้นแขน (cm)										
- ก่อนฝึก	24.97	5.14	17.00	30.50	3	24.20	2.59	21.50	28.00	-1
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	25.00	4.57	18.00	30.00		24.14	2.82	21.00	28.00	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	25.08	4.69	17.50	30.50		24.16	3.42	20.30	29.00	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	25.67	4.93	18.00	31.00		24.00	3.06	21.00	28.00	
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)										
- ก่อนฝึก	24.24	10.77	14.65	43.88	-7	24.52	7.38	16.56	34.49	-16
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	24.14	10.74	14.65	43.10		22.38	5.34	15.61	29.52	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	25.28	11.34	17.49	46.23		23.66	6.02	17.49	30.85	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	22.60	11.48	12.68	43.88		20.54	4.42	15.61	25.91	
มวลไขมัน (kg)										
- ก่อนฝึก	12.51	7.98	4.81	24.88	-1	11.69	5.24	6.34	19.78	-13
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	12.77	8.03	4.29	23.88		10.69	4.05	6.15	16.72	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	13.81	8.82	4.51	26.58		11.64	5.07	7.42	20.12	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	12.44	8.46	3.78	25.54		10.14	4.63	6.21	18.11	

ตารางที่ 23 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (n = 6)				%	กลุ่มควบคุม (n = 5)				%
	$\overline{X}$	*SD*	Min	Max	การเปลี่ยนแปลง	$\overline{X}$	*SD*	Min	Max	การเปลี่ยนแปลง
มวลกล้ามเนื้อ (kg)										
- ก่อนฝึก	37.54	13.59	20.09	50.48	6	35.57	10.42	25.09	47.22	8
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	37.79	12.79	21.61	49.42		36.95	10.71	27.35	49.78	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	37.56	12.34	21.29	50.75		37.24	10.75	27.18	49.68	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	39.67	13.59	22.02	53.46		38.46	10.93	28.21	51.79	
แรงบีบมือ (kg)										
- ก่อนฝึก	0.48	0.09	0.37	0.62	35	0.50	0.07	0.39	0.57	14
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	0.51	0.09	0.39	0.62		0.52	0.09	0.35	0.59	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	0.56	0.12	0.41	0.70		0.59	0.06	0.49	0.63	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	0.65	0.07	0.55	0.73		0.57	0.06	0.49	0.65	

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสมรรถภาพทางกายของกลุ่มตัวอย่างดังปรากฏในตารางที่ 23 พบว่า น้ำหนักตัว ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 50.05 ± 17.51 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 47.26 ± 13.99 กิโลกรัม หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 50.57 ± 17.23 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 47.64 ± 13.79 กิโลกรัม หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 51.37 ± 17.77 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 48.88 ± 14.38 กิโลกรัม หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 52.12 ± 17.96 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุมเท่ากับ 48.60 ± 14.73 กิโลกรัม

ส่วนสูง ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 155.33 ± 19.07 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 156.90 ± 16.30 เซนติเมตร หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 156.08 ± 19.21 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 157.76 ± 15.49 เซนติเมตร หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 156.83 ± 19.40 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 157.76 ± 15.50 เซนติเมตร หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 157.32 ± 19.21 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 158.14 ± 15.73 เซนติเมตร

ความกว้างของช่วงแขน ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 156.29 ± 20.88 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 157.10 ± 16.14 เซนติเมตร หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 158.00 ± 22.16 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 158.50 ± 15.12 เซนติเมตร หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 158.53 ± 22.37 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 159.30 ± 15.65 เซนติเมตร หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 160.13 ± 22.44 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 160.46 ± 16.38 เซนติเมตร

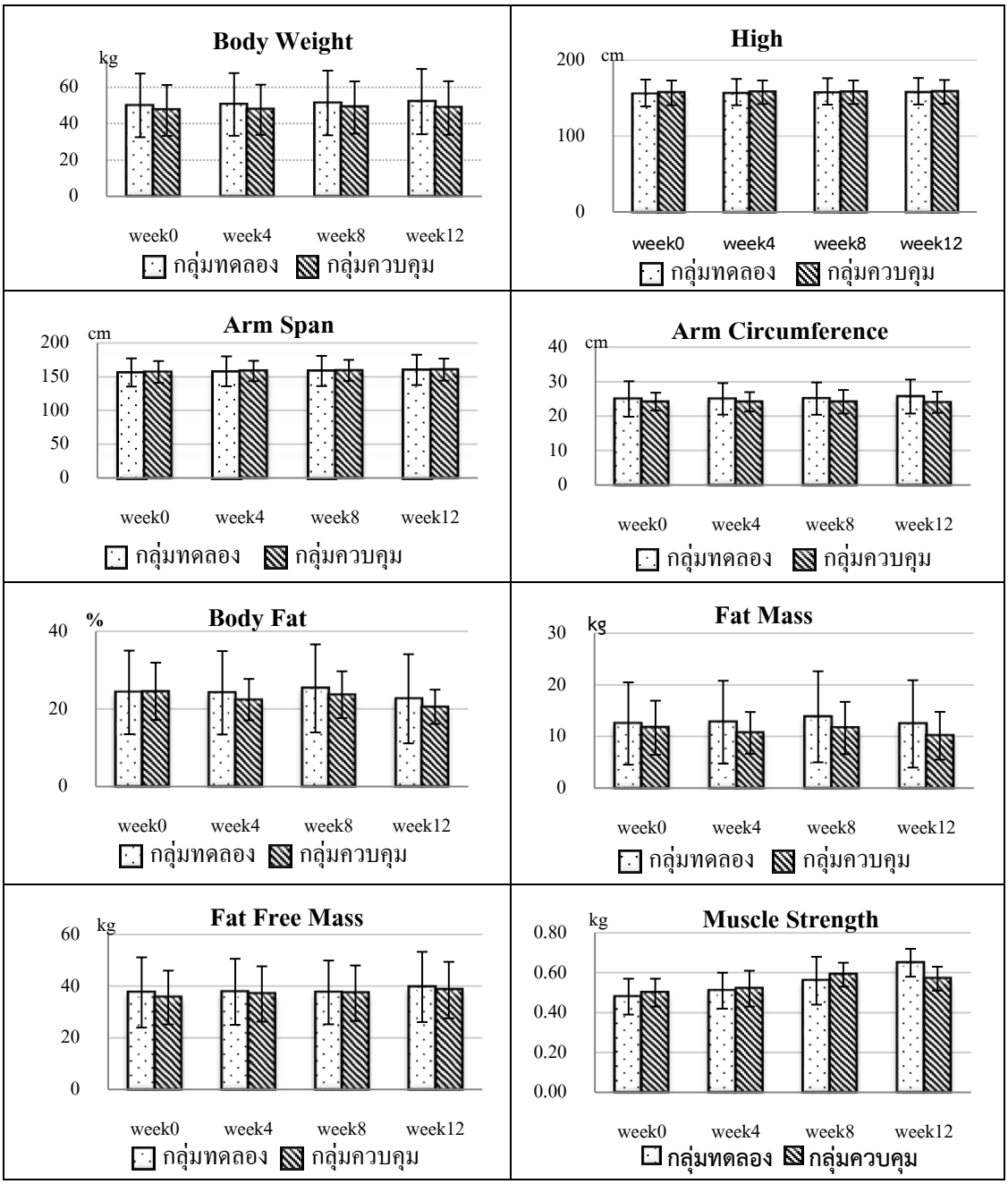
เส้นรอบวงต้นแขน ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 24.97 ± 5.14 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 24.20 ± 2.59 เซนติเมตร หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 25.00 ± 4.57 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 24.14 ± 2.82 เซนติเมตร หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 25.08 ± 4.69 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 24.16 ± 3.42 เซนติเมตร หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 25.67 ± 4.93 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 24.00 ± 3.06 เซนติเมตร

เปอร์เซ็นต์ไขมัน ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 24.24 ± 10.77 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 24.52 ± 7.38 เปอร์เซ็นต์ หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 24.14 ± 10.74 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 22.38 ± 5.34 เปอร์เซ็นต์ หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 25.28 ± 11.34 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 23.66 ± 6.02 เปอร์เซ็นต์ หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 22.60 ± 11.48 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 20.54 ± 4.42 เปอร์เซ็นต์

มวลไขมัน ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 12.51 ± 7.98 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 11.69 ± 5.24 กิโลกรัม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 12.77 ± 8.03 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 10.69 ± 4.05 กิโลกรัม หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 13.81 ± 8.82 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 11.64 ± 5.07 กิโลกรัม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 12.44 ± 8.46 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 10.14 ± 4.63 กิโลกรัม

มวลกล้ามเนื้อ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 37.54 ± 13.59 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 35.57 ± 10.42 กิโลกรัม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 37.79 ± 12.79 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 36.95 ± 10.71 กิโลกรัม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 37.56 ± 12.34 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 37.24 ± 10.75 กิโลกรัม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 39.67 ± 13.59 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 38.46 ± 10.93 กิโลกรัม

แรงบีบมือ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 0.48 ± 0.09 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 0.50 ± 0.07 กิโลกรัม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 0.51 ± 0.09 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 0.52 ± 0.09 กิโลกรัม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 0.56 ± 0.12 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 0.59 ± 0.06 กิโลกรัม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 0.65 ± 0.07 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 0.57 ± 0.06 กิโลกรัม



ภาพที่ 17 ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพทางกายก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3. ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของความสามารถในการว่ายน้ำ

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของความสามารถในการว่ายน้ำ ประกอบด้วย 1) การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร 2) ความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิก ได้แก่ ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด (CSS) และ 3) ความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิก ได้แก่ ความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ (AnCV) แสดงในตารางที่ 24

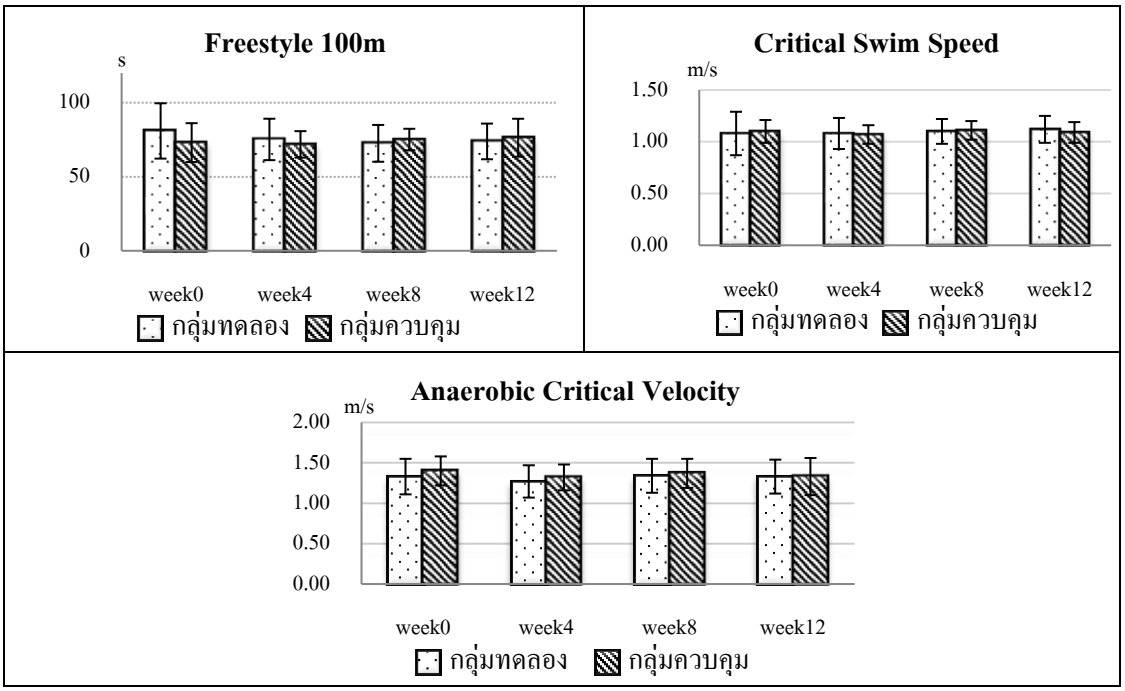
ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของความสามารถในการว่ายน้ำ

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (n = 6)				%	กลุ่มควบคุม (n = 5)				%
	$\overline{X}$	*SD*	Min	Max	การเปลี่ยนแปลง	$\overline{X}$	*SD*	Min	Max	การเปลี่ยนแปลง
การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร (s)										
- ก่อนฝึก	80.91	18.68	65.69	115.67	-9	73.03	13.12	59.03	92.44	5
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	75.18	13.99	61.91	98.66		71.84	8.93	63.19	84.66	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	72.53	12.43	59.03	93.05		75.09	7.28	67.27	85.49	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	73.84	12.05	61.24	94.81		76.34	12.81	65.16	97.16	
ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด (m/ s)										
- ก่อนฝึก	1.08	0.21	0.74	1.31	4	1.10	0.11	0.94	1.20	-1
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	1.08	0.15	0.83	1.24		1.07	0.09	0.96	1.16	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1.10	0.12	0.94	1.24		1.11	0.09	0.97	1.19	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1.12	0.13	0.91	1.26		1.09	0.10	0.94	1.22	
ความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ (m/ s)										
- ก่อนฝึก	1.33	0.22	0.94	1.49	0	1.40	0.18	1.18	1.60	-5
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	1.27	0.20	0.93	1.46		1.32	0.16	1.09	1.52	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1.34	0.21	1.00	1.59		1.37	0.18	1.17	1.59	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1.33	0.21	1.00	1.54		1.33	0.23	1.01	1.60	

จากการวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการว่ายน้ำของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ดังปรากฏในตารางที่ 24 พบว่า เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 80.91 ± 18.68 วินาที และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 73.03 ± 13.12 วินาที หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 75.18 ± 13.99 วินาที และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 71.84 ± 8.93 วินาที หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 72.53 ± 12.43 วินาที และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 75.09 ± 7.28 วินาที หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 73.84 ± 12.05 วินาที และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 76.34 ± 12.81 วินาที

จากการทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิกโดยการว่ายน้ำ 2 ระยะทาง เพื่อคำนวนหาความเร็วคริติคอล สวิม สปีด (CSS) ดังปรากฏในตารางที่ 24 พบว่า ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.08 ± 0.21 เมตรต่อวินาที และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.10 ± 0.11 เมตรต่อวินาที หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.08 ± 0.15 เมตรต่อวินาที และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.07 ± 0.09 เมตรต่อวินาที หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.10 ± 0.12 เมตรต่อวินาที และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.11 ± 0.09 เมตรต่อวินาที หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.12 ± 0.13 เมตรต่อวินาที และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.09 ± 0.10 เมตรต่อวินาที

จากการทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิกโดยการว่ายน้ำ 2 ระยะทาง เพื่อคำนวนหาความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ (AnCV) ดังปรากฏในตารางที่ 24 พบว่า ความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ (AnCV) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.33 ± 0.22 เมตรต่อวินาที และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.40 ± 0.18 เมตรต่อวินาที หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.27 ± 0.20 เมตรต่อวินาที และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.32 ± 0.16 เมตรต่อวินาที หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.34 ± 0.21 เมตรต่อวินาที และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.37 ± 0.18 เมตรต่อวินาที หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.33 ± 0.21 เมตรต่อวินาที และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.33 ± 0.23 เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยความสามารถในการว่ายน้ำ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

4. ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของสภาพโภชนาการ

การวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของสภาพโภชนาการ ประกอบด้วย 1) สมดุลพลังงาน ได้แก่ พลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร พลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน 2) ปริมาณสารอาหาร ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช 3) แร่ธาตุ ได้แก่ แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส 4) วิตามิน ได้แก่ วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน B6 และวิตามิน B12 วิตามิน C และ 5) การกระจายพลังงานได้แก่ กระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต การกระจายพลังงานของไขมัน และ การกระจายพลังงานของโปรตีน แสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของสภาพโภชนาการ

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (n = 6)				% การเปลี่ยนแปลง	กลุ่มควบคุม (n = 5)				% การเปลี่ยนแปลง
	$\overline{X}$	*SD*	Min	Max		$\overline{X}$	*SD*	Min	Max	
สมดุลพลังงาน										
Energy Intake (Kcal/ day)										
- ก่อนฝึก	1760.63	541.03	1092.32	2712.68	-5	1654.99	717.05	983.69	2798.76	-14
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	1535.33	335.46	1124.45	1960.29		1639.09	584.48	1018.79	2600.34	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1498.51	355.49	1104.85	2007.01		1573.01	609.48	974.01	2604.44	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1667.03	251.88	1357.74	2067.01		1426.53	441.20	1110.07	2182.42	
BMR (Kcal/ day)										
- ก่อนฝึก	1451.10	316.06	998.47	1828.09	3	1417.67	255.88	1202.53	1769.66	2
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	1461.95	313.82	1012.22	1833.59		1427.20	249.53	1208.78	1762.78	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1476.71	321.03	1015.85	1867.22		1444.25	257.37	1231.78	1808.16	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1489.44	323.05	1020.85	1872.47		1442.30	263.57	1230.41	1814.53	
TDEE (Kcal/ day)										
- ก่อนฝึก	2503.14	545.20	1722.36	3153.45	3	2445.48	441.39	2074.36	3052.65	2
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	2521.87	541.34	1746.08	3162.94		2461.91	430.44	2085.15	3040.80	

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (*n* = 6)				% การเปลี่ยนแปลง	กลุ่มควบคุม (*n* = 5)				% การเปลี่ยนแปลง
	$\overline{X}$	*SD*	Min	Max		$\overline{X}$	*SD*	Min	Max	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	2547.32	553.78	1752.34	3220.95		2491.33	443.97	2124.83	3119.07	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	2569.28	557.26	1760.97	3230.01		2487.96	454.67	2122.46	3130.07	
Energy difference (Kcal/ day)										
- ก่อนฝึก	-742.51	561.41	-200.89	-1660.53	-22	-790.49	649.69	-253.90	-1790.99	-34
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	-986.54	315.22	-621.63	-1420.27		-822.82	325.80	-440.45	-1242.78	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	-1048.82	481.23	-626.92	-1876.39		-918.31	386.85	-514.63	-1369.13	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	-902.25	519.64	-206.37	-1712.29		-1061.44	308.24	-692.83	-1527.82	
สารอาหาร										
CHO (g/ day)										
- ก่อนฝึก	195.18	79.58	129.53	347.71	-11	211.49	107.87	109.43	367.37	-27
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	176.03	30.33	146.62	218.20		182.75	79.08	125.82	321.73	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	164.58	31.23	123.69	201.87		174.56	84.29	99.14	319.40	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	172.90	43.38	129.20	253.84		153.58	46.96	124.46	233.07	

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (n = 6)				% การเปลี่ยนแปลง	กลุ่มควบคุม (n = 5)				% การเปลี่ยนแปลง
	$\overline{X}$	*SD*	Min	Max		$\overline{X}$	*SD*	Min	Max	
FAT (g/ day)										
- ก่อนฝึก	70.75	15.59	44.55	89.56	0	58.37	23.39	37.16	94.66	2
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	60.28	18.14	37.89	82.41		67.60	23.72	37.57	100.71	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	60.23	22.27	39.26	88.49		64.83	21.63	44.63	100.99	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	70.67	12.26	50.51	84.00		59.64	21.13	40.23	94.88	
PRO (g/ day)										
- ก่อนฝึก	85.65	27.58	43.92	128.07	-2	71.75	29.22	51.11	121.53	-6
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	72.18	17.01	49.31	86.62		74.38	21.31	44.50	102.13	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	73.96	24.11	45.73	106.54		72.50	21.63	44.14	104.50	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	84.05	12.25	66.52	97.48		67.75	18.80	46.92	98.40	
CHO (g/ kg/ day)										
- ก่อนฝึก	4.21	1.64	2.26	6.09	-10	4.60	2.07	1.92	6.57	-30
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	3.85	1.18	2.68	5.66		3.82	0.88	2.47	4.84	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	3.59	1.36	1.70	5.53		3.54	1.02	2.45	4.58	

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (n = 6)				% การเปลี่ยนแปลง	กลุ่มควบคุม (n = 5)				% การเปลี่ยนแปลง
	$\overline{X}$	*SD*	Min	Max		$\overline{X}$	*SD*	Min	Max	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	3.77	1.72	1.77	6.48		3.24	0.77	2.16	4.34	
PRO (g/ kg/ day)										
- ก่อนฝึก	1.93	0.92	0.77	3.06	-9	1.54	0.44	0.92	2.07	-7
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	1.46	0.26	1.20	1.90		1.57	0.23	1.26	1.85	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1.50	0.35	1.03	1.85		1.52	0.38	1.10	1.94	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1.76	0.56	1.34	2.81		1.43	0.31	1.08	1.74	
Animal protein (g/ day)										
- ก่อนฝึก	61.98	24.05	26.69	96.95	2	45.77	15.07	34.88	72.34	3
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	50.84	17.34	28.25	66.71		52.76	15.51	27.84	66.83	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	51.69	25.57	21.04	84.95		48.35	19.72	22.34	75.54	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	63.20	12.69	46.11	79.57		47.15	14.81	28.97	68.72	
Vegetable proteins (g/ day)										
- ก่อนฝึก	11.02	4.50	6.73	17.56	6	13.55	9.97	4.47	28.35	-25
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	12.27	3.65	9.47	19.08		9.54	5.41	5.98	18.80	

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (n = 6)				% การเปลี่ยนแปลง	กลุ่มควบคุม (n = 5)				% การเปลี่ยนแปลง
	$\overline{X}$	*SD*	Min	Max		$\overline{X}$	*SD*	Min	Max	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	10.49	4.58	6.07	18.61		9.59	4.77	4.64	16.93	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	11.64	6.86	7.15	25.33		10.21	2.92	8.61	15.39	
แร่ธาตุ										
Calcium (mg)										
- ก่อนฝึก	943.99	363.10	559.43	1487.88	5	827.34	507.93	364.47	1617.37	-19
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	848.71	388.40	467.41	1461.72		742.75	339.58	279.64	1195.39	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	849.20	411.55	524.97	1521.60		788.03	388.68	403.32	1430.25	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	995.90	357.37	673.83	1439.38		666.70	338.93	390.23	1239.77	
Fe (mg)										
- ก่อนฝึก	8.58	3.38	3.54	13.10	-11	8.17	3.86	5.12	13.51	-4
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	6.32	1.26	4.69	8.17		7.21	2.61	4.05	10.88	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	6.18	1.28	4.40	7.57		7.56	1.06	6.51	9.15	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	7.63	3.49	4.32	14.17		7.82	0.82	7.07	9.09	

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (n = 6)				% การเปลี่ยนแปลง	กลุ่มควบคุม (n = 5)				% การเปลี่ยนแปลง
	$\overline{X}$	*SD*	Min	Max		$\overline{X}$	*SD*	Min	Max	
P (mg)										
- ก่อนฝึก	1129.34	384.20	700.34	1756.79	-2	960.22	515.72	649.39	1873.14	-24
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	908.39	278.61	550.44	1352.42		882.24	389.88	403.09	1445.46	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	962.91	405.22	489.95	1553.87		843.85	428.57	380.31	1547.38	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1101.26	244.03	841.23	1356.25		732.07	342.13	456.66	1328.23	
วิตามิน										
Vitamin B1 (mg)										
- ก่อนฝึก	1.10	0.63	0.34	2.16	23	0.84	0.25	0.62	1.18	18
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	1.31	0.95	0.45	3.11		1.30	0.52	0.79	2.04	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1.32	0.67	0.64	2.34		1.07	0.55	0.51	1.68	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1.35	0.45	0.70	1.99		0.99	0.33	0.50	1.37	
Vitamin B2 (mg)										
- ก่อนฝึก	2.10	0.79	1.38	3.37	0	1.73	0.88	0.86	3.16	-10
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	1.70	0.85	1.10	3.32		1.67	0.73	0.81	2.74	

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (*n* = 6)				% การเปลี่ยนแปลง	กลุ่มควบคุม (*n* = 5)				% การเปลี่ยนแปลง
	$\overline{X}$	*SD*	Min	Max		$\overline{X}$	*SD*	Min	Max	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1.76	0.80	1.06	3.07		1.52	0.82	0.69	2.86	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	2.10	0.54	1.52	2.79		1.55	0.61	1.01	2.52	
Vitamin B6 (mg)										
- ก่อนฝึก	0.89	0.36	0.44	1.40	47	0.40	0.27	0.09	.81	133
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	0.90	0.36	0.53	1.50		0.97	0.40	0.36	1.28	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1.17	0.63	0.58	2.17		0.87	0.46	0.32	1.57	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1.31	0.41	0.69	1.81		0.93	0.30	0.55	1.31	
Vitamin B12 (mcg)										
- ก่อนฝึก	2.95	1.28	1.87	5.22	41	0.82	0.55	0.39	1.76	261
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	2.82	1.39	1.23	4.85		2.93	0.99	1.57	4.00	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	3.63	1.85	1.69	6.16		2.96	1.45	1.22	5.20	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	4.17	1.28	2.35	5.74		2.96	1.03	2.05	4.73	
Vitamin C (mg)										
- ก่อนฝึก	7.30	7.17	1.00	18.11	5	21.26	32.52	2.94	78. 84	-19

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (*n* = 6)				% การเปลี่ยนแปลง	กลุ่มควบคุม (*n* = 5)				% การเปลี่ยนแปลง
	$\overline{X}$	*SD*	Min	Max		$\overline{X}$	*SD*	Min	Max	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	10.53	6.04	4.46	22.12		17.49	10.99	6.98	33.18	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	11.74	10.15	1.17	30.24		11.61	6.79	3.73	21.72	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	8.45	5.64	4.17	19.64		14.74	6.77	8.81	22.69	
Distribution										
CHO (ร้อยละ)										
- ก่อนฝึก	43.83	4.76	37.80	51.26	-5	49.41	8.34	39.95	61.71	-13
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	46.32	4.49	40.47	51.31		44.35	4.50	38.27	49.09	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	45.35	7.83	37.35	55.37		43.39	3.58	39.66	48.96	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	41.76	5.56	35.32	48.89		43.15	2.01	39.79	44.67	
FAT (ร้อยละ)										
- ก่อนฝึก	36.84	4.11	29.76	42.10	3	32.35	5.17	24.91	38.49	17
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	34.77	3.50	30.68	38.11		36.84	3.31	34.03	40.71	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	35.17	5.63	27.66	41.33		37.75	3.06	34.40	40.90	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	37.94	4.38	32.64	43.62		37.75	3.27	32.12	40.66	

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (n = 6)				% การเปลี่ยนแปลง	กลุ่มควบคุม (n = 5)				% การเปลี่ยนแปลง
	$\overline{X}$	*SD*	Min	Max		$\overline{X}$	*SD*	Min	Max	
PRO (ร้อยละ)										
- ก่อนฝึก	19.33	1.87	16.14	21.29	5	18.24	3.36	13.38	21.56	5
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	18.91	1.77	16.69	21.43		18.81	2.38	15.93	21.55	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	19.48	2.43	16.97	22.69		18.86	2.37	16.06	22.43	
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	20.30	2.74	18.47	25.80		19.10	2.48	16.95	23.21	

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพโภชนาการของกลุ่มตัวอย่างดังปรากฏในตารางที่ 25 พบว่า ค่าเฉลี่ยของพลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร (Energy) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1760.63 ± 541.03 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1654.99 ± 717.05 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1535.33 ± 335.46 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1639.09 ± 584.48 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1498.51 ± 355.49 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1573.01 ± 609.48 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1667.03 ± 251.88 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1426.53 ± 441.20 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day)

พลังงานพื้นฐานของร่างกาย (Basal metabolic rate [BMR]) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1451.10 ± 316.06 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1417.67 ± 255.88 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1461.95 ± 313.82 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1427.20 ± 249.53 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1476.71 ± 321.03 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1444.25 ± 257.37 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1489.44 ± 323.05 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1442.30 ± 263.57 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day)

พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน (Total daily energy expenditure [TDEE]) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 2503.14 ± 545.20 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 2445.48 ± 441.39 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 2521.87 ± 541.34 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 2461.91 ± 430.44 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 2547.32 ± 553.78 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 2491.33 ± 443.97 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 2569.28 ± 557.26 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 2487.96 ± 454.67 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day)

ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน (Energy difference) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ -742.51 ± 561.41 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day)

และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ -790.49 ± 649.69 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ -986.54 ± 315.22 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ -822.82 ± 325.80 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ -1048.82 ± 481.23 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ -918.31 ± 386.85 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ -902.25 ± 519.64 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ -1061.44 ± 308.24 กิโลแคลอรี่ต่อวัน (Kcal/ day) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน (CHO (g/ day)) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 195.18 ± 79.58 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 211.49 ± 107.87 กรัมต่อวัน (g/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 176.03 ± 30.33 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 182.75 ± 79.08 กรัมต่อวัน (g/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 164.58 ± 31.23 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 174.56 ± 84.29 กรัมต่อวัน (g/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 172.90±43.38 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 153.58 ± 46.96 กรัมต่อวัน (g/ day)

ปริมาณไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน (FAT (g/ day)) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 70.75 ± 15.59 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 58.37 ± 23.39 กรัมต่อวัน (g/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 60.28 ± 18.14 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 67.60 ± 23.72 กรัมต่อวัน (g/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 60.23 ± 22.27 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 64.83 ± 21.63 กรัมต่อวัน (g/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 70.67 ± 12.26 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 59.64 ± 21.13 กรัมต่อวัน (g/ day)

ปริมาณโปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน (PRO (g/ day)) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 85.65 ± 27.58 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 71.75 ± 29.22 กรัมต่อวัน (g/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 72.18 ± 17.01 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 74.38 ± 21.31 กรัมต่อวัน (g/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 73.96 ± 24.11 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 72.50 ± 21.63 กรัมต่อวัน (g/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 84.05 ± 12.25 กรัมต่อวัน (g/ day) และ

ค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 67.75 ± 18.80 กรัมต่อวัน (g/ day)

คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 4.21 ± 1.64 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 4.60 ± 2.07 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 3.85 ± 1.18 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 3.82 ± 0.88 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 3.59 ± 1.36 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 3.54 ± 1.02 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 3.77 ± 1.72 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 3.24 ± 0.77 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day)

โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.93 ± 0.92 และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.54 ± 0.44 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.46 ± 0.26 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.57 ± 0.23 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.50 ± 0.35 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.52 ± 0.38 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.76 ± 0.56 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.43 ± 0.31 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day)

โปรตีนจากสัตว์ (Animal protein) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 61.98 ± 24.05 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 45.77 ± 15.07 กรัมต่อวัน (g/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 50.84 ± 17.34 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 52.76 ± 15.51 กรัมต่อวัน (g/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 51.69 ± 25.57 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 48.35 ± 19.72 กรัมต่อวัน (g/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 63.20 ± 12.69 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 47.15 ± 14.81 กรัมต่อวัน (g/ day)

โปรตีนจากพืช (Vegetable proteins) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 11.02 ± 4.50 g/ day และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 13.55 ± 9.97 กรัมต่อวัน (g/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 12.27 ± 3.65 กรัมต่อวัน

(g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 9.54 ± 5.41 กรัมต่อวัน (g/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 10.49 ± 4.58 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 9.59 ± 4.77 กรัมต่อวัน (g/ day) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 11.64 ± 6.86 กรัมต่อวัน (g/ day) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 10.21 ± 2.92 กรัมต่อวัน (g/ day)

แคลเซียม (Calcium) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 943.99 ± 363.10 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 827.34 ± 507.93 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 848.71 ± 388.40 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 742.75 ± 339.58 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 849.20 ± 411.55 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 788.03 ± 388.68 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 995.90 ± 357.37 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 666.70 ± 338.93 มิลลิกรัม (mg)

เหล็ก (Fe) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 8.58 ± 3.38 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 8.17 ± 3.86 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 6.32 ± 1.26 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 7.21 ± 2.61 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 6.18 ± 1.28 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 7.56 ± 1.06 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 7.63 ± 3.49 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 7.82 ± 0.82 มิลลิกรัม (mg)

ฟอสฟอรัส (P) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1129.34 ± 384.20 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 960.22 ± 515.72 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 908.39 ± 278.61 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 882.24 ± 389.88 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 962.91 ± 405.22 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 843.85 ± 428.57 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1101.26 ± 244.03 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 732.07 ± 342.13 มิลลิกรัม (mg)

วิตามิน B1 (Vitamin B1) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.10 ± 0.63 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 0.84 ± 0.25 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้

วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.31 ± 0.95 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.30 ± 0.52 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.32 ± 0.67 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.07 ± 0.55 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.35 ± 0.45 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 0.99 ± 0.33 มิลลิกรัม (mg)

วิตามิน B2 (Vitamin B2) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 2.10 ± 0.79 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.73 ± 0.88 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.70 ± 0.85 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.67 ± 0.73 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.76 ± 0.80 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.52 ± 0.82 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 2.10 ± 0.54 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 1.55 ± 0.61 มิลลิกรัม (mg)

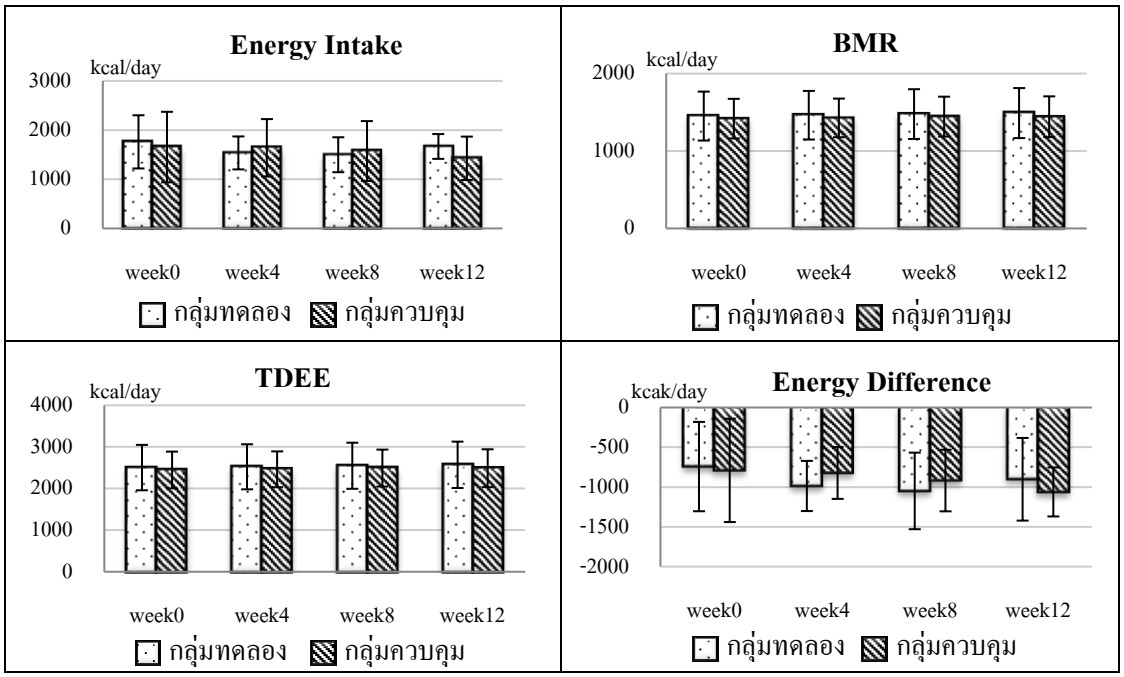
วิตามิน B6 (Vitamin B6) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 0.89 ± 0.36 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 0.40 ± 0.27 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 0.90 ± 0.36 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 0.97 ± 0.40 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.17 ± 0.63 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 0.87 ± 0.46 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 1.31 ± 0.41 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 0.93 ± 0.30 มิลลิกรัม (mg)

วิตามิน B12 (Vitamin B12) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 2.95 ± 1.28 ไมโครกรัม (mcg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 0.82 ± 0.55 ไมโครกรัม (mcg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 2.82 ± 1.39 ไมโครกรัม (mcg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 2.93 ± 0.99 ไมโครกรัม (mcg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 3.63 ± 1.85 ไมโครกรัม (mcg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 2.96 ± 1.45 ไมโครกรัม (mcg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 4.17 ± 1.28 ไมโครกรัม (mcg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 2.96 ± 1.03 ไมโครกรัม (mcg)

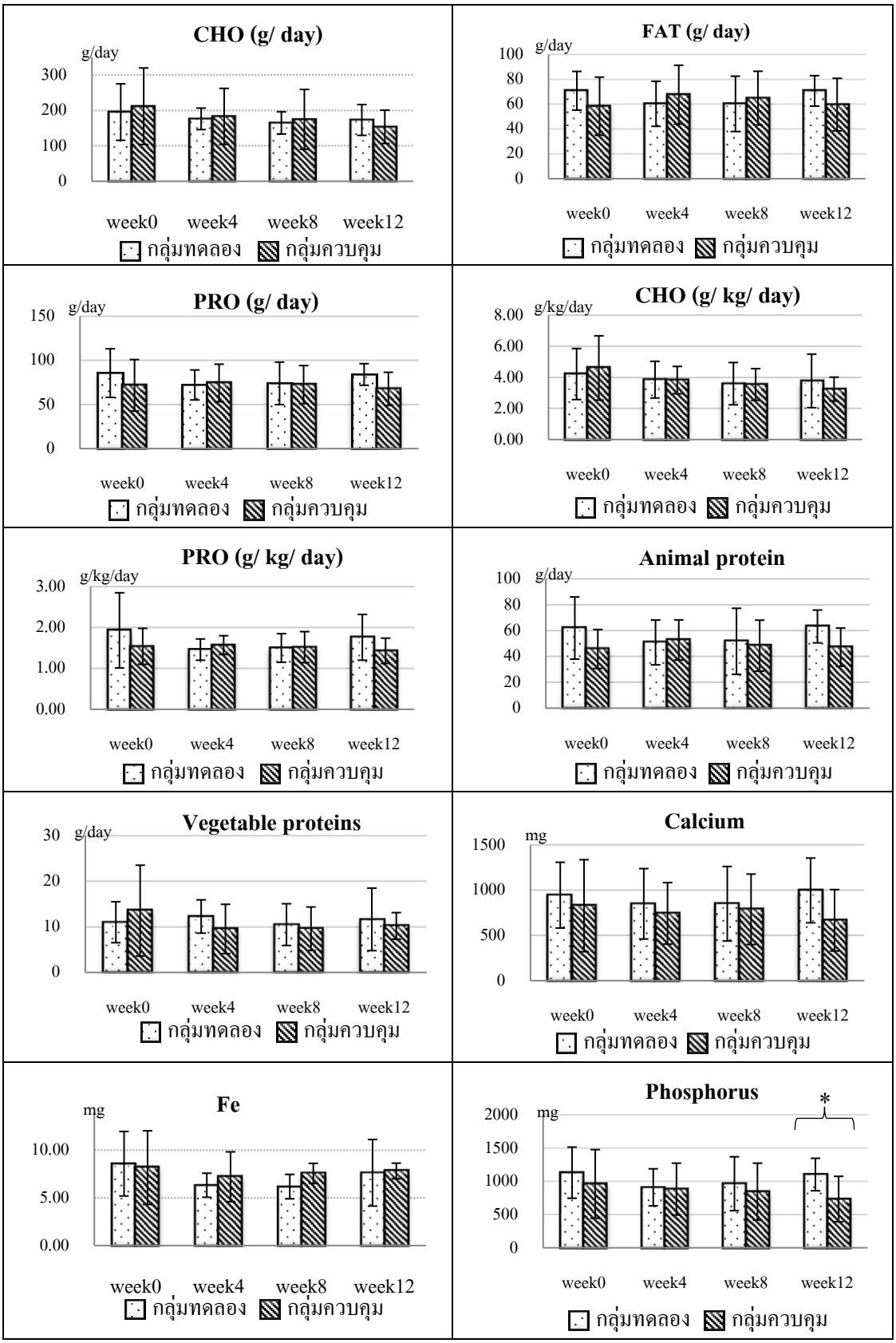
วิตามิน C (Vitamin C) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 7.30 ± 7.17 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 21.26 ± 32.52 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 10.53 ± 6.04 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ย

ของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 17.49 ± 10.99 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 11.74 ± 10.15 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 11.61 ± 6.79 มิลลิกรัม (mg) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 8.45 ± 5.64 มิลลิกรัม (mg) และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 14.74 ± 6.77 มิลลิกรัม (mg)

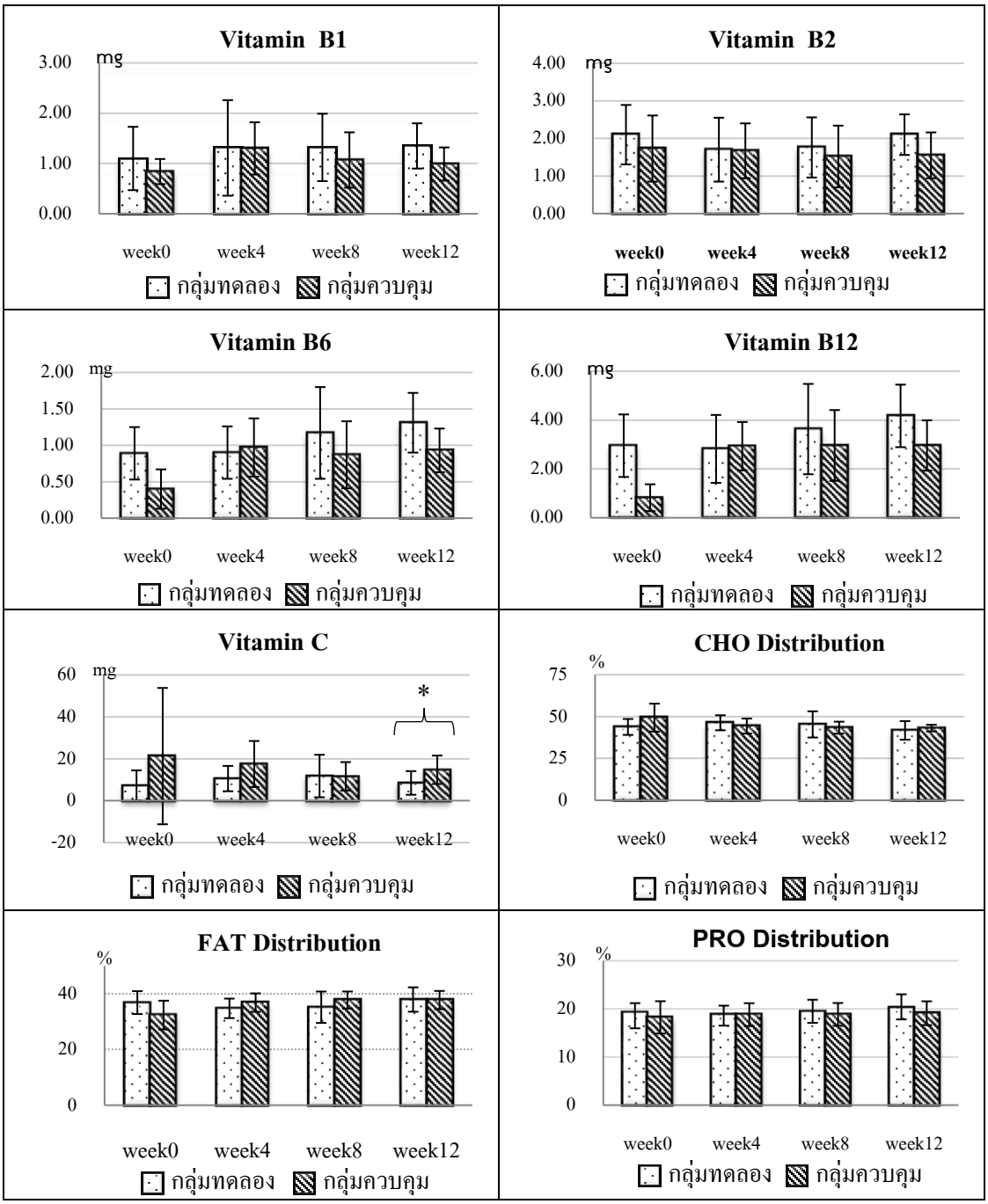
การกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต (CHO) : ไขมัน (FAT) : โปรตีน (PRO) ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 44 : 37 : 19 และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 49 : 32 : 18 หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 46 : 35 : 19 และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 44 : 37 : 19 หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 45 : 35 : 19 และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 43 : 38 : 19 หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง เท่ากับ 42 : 38 : 20 และค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม เท่ากับ 43 : 38 : 19



ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ยสภาพโภชนาการ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม


CHO (g/ day)
g/day
300
200
100
0
week0 week4 week8 week12
กลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม
FAT (g/ day)
g/day
100
80
60
40
20
0
week0 week4 week8 week12
กลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม
PRO (g/ day)
g/day
150
100
50
0
week0 week4 week8 week12
กลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม
CHO (g/ kg/ day)
g/kg/day
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
week0 week4 week8 week12
กลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม
PRO (g/ kg/ day)
g/kg/day
3.00
2.00
1.00
0.00
week0 week4 week8 week12
กลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม
Animal protein
g/day
100
80
60
40
20
0
week0 week4 week8 week12
กลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม
Vegetable proteins
g/day
30
20
10
0
week0 week4 week8 week12
กลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม
Calcium
mg
1500
1000
500
0
week0 week4 week8 week12
กลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม
Fe
mg
10.00
5.00
0.00
week0 week4 week8 week12
กลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม
Phosphorus
*
mg
2000
1500
1000
500
0
week0 week4 week8 week12
กลุ่มทดลอง กลุ่มควบคุม

ภาพที่ 19 (ต่อ)


Vitamin B1
mg
3.00
2.00
1.00
0.00
week0
week4
week8
week12
กลุ่มทดลอง
กลุ่มควบคุม
Vitamin B2
mg
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
week0
week4
week8
week12
กลุ่มทดลอง
กลุ่มควบคุม
Vitamin B6
mg
2.00
1.50
1.00
0.50
0.00
week0
week4
week8
week12
กลุ่มทดลอง
กลุ่มควบคุม
Vitamin B12
mg
6.00
4.00
2.00
0.00
week0
week4
week8
week12
กลุ่มทดลอง
กลุ่มควบคุม
Vitamin C
mg
60
40
20
0
-20
*
week0
week4
week8
week12
กลุ่มทดลอง
กลุ่มควบคุม
CHO Distribution
%
75
50
25
0
week0
week4
week8
week12
กลุ่มทดลอง
กลุ่มควบคุม
FAT Distribution
%
40
20
0
week0
week4
week8
week12
กลุ่มทดลอง
กลุ่มควบคุม
PRO Distribution
%
30
20
10
0
week0
week4
week8
week12
กลุ่มทดลอง
กลุ่มควบคุม

ภาพที่ 19 (ต่อ)

ตารางที่ 26 ร้อยละของความถี่ของกิจกรรมการเคลื่อนไหว 12 สัปดาห์

กิจกรรม	เวลา	กลุ่มทดลอง (*n* = 6)		กลุ่มควบคุม (*n* = 5)	
		1 ครั้งต่อสัปดาห์	2 ครั้งต่อสัปดาห์	1 ครั้งต่อสัปดาห์	2 ครั้งต่อสัปดาห์
วิ่ง	ไม่มีกิจกรรม	79.2		83.30	
	< 15 นาที	15.30	5.60	16.70	0.00
	15-50 นาที	0.00	0.00	0.00	0.00
	51-120 นาที	0.00	0.00	0.00	0.00
กรีฑา	ไม่มีกิจกรรม	83.30		80.00	
	< 15 นาที	0.00	0.00	0.00	0.00
	15-50 นาที	0.00	0.00	0.00	0.00
	51-120 นาที	16.7	0.00	20.0	0.00
ว่ายน้ำ	ไม่มีกิจกรรม	50.00		80.00	
	< 15 นาที	0.00	0.00	0.00	0.00
	15-50 นาที	0.00	0.00	0.00	0.00
	51-120 นาที	50.00	0.00	20.0	0.00
กระบี่กระบอง	ไม่มีกิจกรรม	100		93.30	
	< 15 นาที	0.00	0.00	0.00	0.00
	15-50 นาที	0.00	0.00	0.00	0.00
	51-120 นาที	0.00	0.00	6.70	0.00
บาสเกตบอล	ไม่มีกิจกรรม	83.30		93.30	
	< 15 นาที	0.00	0.00	0.00	0.00
	15-50 นาที	0.00	16.70	0.00	0.00
	51-120 นาที	0.00	0.00	6.70	0.00
ฟุตบอล	ไม่มีกิจกรรม	100		98.30	
	< 15 นาที	0.00	0.00	1.70	0.00
	15-50 นาที	0.00	0.00	0.00	0.00
ตะกร้อ	ไม่มีกิจกรรม	83.30	93.30	0.00	0.00
	< 15 นาที	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ 26 (ต่อ)

กิจกรรม	เวลา	กลุ่มทดลอง (n = 6)		กลุ่มควบคุม (n = 5)	
		1 ครั้งต่อสัปดาห์	2 ครั้งต่อสัปดาห์	1 ครั้งต่อสัปดาห์	2 ครั้งต่อสัปดาห์
เทเบิลเทนนิส	15-50 นาที	16.70	0.00	0.00	0.00
	51-120 นาที	0.00	0.00	6.70	0.00
	ไม่มีกิจกรรม	80.60		96.70	
	< 15 นาที	2.80	16.70	3.30	0.00
ปีนผา	15-50 นาที	0.00	0.00	0.00	0.00
	51-120 นาที	0.00	0.00	0.00	0.00
	ไม่มีกิจกรรม	100		60.00	
	< 15 นาที	0.00	0.00	0.00	0.00
	15-50 นาที	0.00	0.00	0.00	0.00
	51-120 นาที	0.00	0.00	40.00	0.00

ตารางที่ 27 ร้อยละของความถี่ในการบริโภคอาหาร 12 สัปดาห์

ส่วนประกอบของอาหาร	กลุ่มทดลอง (*n* = 6)				กลุ่มควบคุม (*n* = 5)			
	< 1 ครั้งต่อสัปดาห์	1 ครั้งต่อสัปดาห์	2 ครั้งต่อสัปดาห์	3 ครั้งต่อสัปดาห์	< 1 ครั้งต่อสัปดาห์	1 ครั้งต่อสัปดาห์	2 ครั้งต่อสัปดาห์	3 ครั้งต่อสัปดาห์
จำนวนมื้อต่อวัน	3.41 มื้อต่อวัน				3.59 มื้อต่อวัน			
เนื้อวัว	94.90	3.80	1.30	00.00	78.50	21.50	00.00	00.00
เนื้อหมู	2.60	17.90	30.80	48.70	6.20	9.20	43.10	41.50
เนื้อไก่	15.40	20.50	47.40	16.70	12.30	29.20	33.80	24.60
เนื้อเป็ด	91.00	7.70	1.30	00.00	86.20	12.30	1.50	00.00
ตับ/ เลือดหมู/ เป็ด/ ไก่	98.70	1.30	00.00	00.00	92.30	6.20	1.50	00.00
ไข่ทั้งฟอง/ ไข่แดง	20.50	33.30	20.50	25.60	12.30	23.10	30.80	33.80
ถั่วและผลิตภัณฑ์	71.80	16.70	9.00	2.60	78.50	13.80	6.20	1.50
ลูกชิ้น/ ไส้กรอกอีสาน/ เบคอน/ แฮม/ กุนเชียง/ หมูยอ/ แหนม	42.30	35.90	14.10	7.70	60.00	30.80	6.20	3.10
หมูหยอง/ ปลาเค็มเนื้อ/ หมู/ ปลาแดดเดียว	98.70	1.30	00.00	00.00	98.50	1.50	00.00	00.00
ปลาชนิดต่าง ๆ	57.70	25.60	15.40	1.30	40.00	40.00	13.80	6.20
กุ้ง/ หอย/ ปู/ ปลาหมึก	53.80	32.10	12.80	1.30	60.00	27.70	12.30	00.00
โยเกิร์ตไม่ปรุงแต่ง	100.00	00.00	00.00	00.00	100.0	00.00	00.00	00.00

ตารางที่ 27 (ต่อ)

ส่วนประกอบของอาหาร	กลุ่มทดลอง (*n* = 6)				กลุ่มควบคุม (*n* = 5)			
	< 1 ครั้งต่อสัปดาห์	1 ครั้งต่อสัปดาห์	2 ครั้งต่อสัปดาห์	3 ครั้งต่อสัปดาห์	< 1 ครั้งต่อสัปดาห์	1 ครั้งต่อสัปดาห์	2 ครั้งต่อสัปดาห์	3 ครั้งต่อสัปดาห์
นมหวาน/ นมปรุงแต่ง/ โยเกิร์ตปรุงแต่ง	69.20	12.80	11.50	6.40	52.30	20.00	13.80	13.80
นมพร่องมันเนย	5.10	7.70	25.60	61.50	30.80	21.50	13.80	33.80
โยเกิร์ตพร้อมดื่ม/ นมเปรี้ยว	87.20	11.50	1.30	00.00	80.00	16.90	3.10	00.00
น้ำเต้าหู้ นมถั่วเหลือง	98.70	1.30	00.00	00.00	83.10	9.20	1.50	6.20
โปรตีนผง	96.20	3.80	00.00	00.00	100.00	00.00	00.00	00.00
ซีเรียล	97.40	1.30	1.30	00.00	95.40	4.60	00.00	00.00
ข้าวขาว/ ข้าวขัดสี	00.00	3.80	23.10	73.10	3.10	1.50	15.40	80.00
ข้าวกล้อง/ ข้าวซ้อมมือ	97.40	00.00	2.60	00.00	92.30	4.60	1.50	1.50
ข้าวเหนียว	59.00	20.50	14.10	6.40	60.00	36.90	1.50	1.50
ขนมปังขาว	59.00	23.10	6.40	11.50	52.30	29.20	12.30	6.20
ขนมปังโฮลวีท ขนมปังธัญพืช	97.40	2.60	00.00	00.00	98.50	1.50	00.00	00.00
เผือก มัน	87.20	5.10	5.10	2.60	89.20	9.20	1.50	00.00
ก๋วยเตี๋ยว/ ขนมจีน	32.10	33.30	30.80	3.80	30.80	33.80	23.10	12.30

ตารางที่ 27 (ต่อ)

ส่วนประกอบของอาหาร	กลุ่มทดลอง (*n* = 6)				กลุ่มควบคุม (*n* = 5)			
	< 1 ครั้งต่อสัปดาห์	1 ครั้งต่อสัปดาห์	2 ครั้งต่อสัปดาห์	3 ครั้งต่อสัปดาห์	< 1 ครั้งต่อสัปดาห์	1 ครั้งต่อสัปดาห์	2 ครั้งต่อสัปดาห์	3 ครั้งต่อสัปดาห์
บะหมี่สำเร็จรูป	80.80	16.70	2.60	00.00	81.50	16.90	1.50	00.00
อาหารจานด่วนตะวันตก	67.90	23.10	3.80	5.10	81.50	12.30	4.60	1.50
อาหารทอด	11.50	26.90	33.30	28.20	6.20	24.60	40.00	29.20
อาหารที่มีเนย/ มาการีน	97.40	2.60	00.00	00.00	96.90	3.10	00.00	00.00
อาหารคาวประเภทแกงมีน้ำกะทิ	82.10	15.40	2.60	00.00	66.20	16.90	13.80	3.10
ชีส	70.50	14.10	3.80	11.50	83.10	12.30	4.60	00.00
น้ำผัก น้ำผลไม้	88.50	9.00	2.60	00.00	75.40	18.50	4.60	1.50
ผัก	35.90	30.80	26.90	6.40	38.50	33.80	21.50	6.20
ผลไม้รสหวาน	79.50	17.90	2.60	00.00	87.70	4.60	7.70	00.00
ผลไม้หวานน้อย	66.70	15.40	7.70	10.30	70.80	15.40	10.80	3.10
น้ำอัดลม น้ำหวาน	79.50	15.40	5.10	00.00	64.60	16.90	10.80	7.70
เครื่องดื่มชูกำลัง	100.00	00.00	00.00	00.00	100.00	00.00	00.00	00.00
เครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา	100.00	00.00	00.00	00.00	100.00	00.00	00.00	00.00
ชา/ กาแฟ	91.00	5.10	3.80	00.00	96.90	1.50	1.50	00.00

ตารางที่ 27 (ต่อ)

ส่วนประกอบของอาหาร	กลุ่มทดลอง (*n* = 6)				กลุ่มควบคุม (*n* = 5)			
	< 1 ครั้งต่อสัปดาห์	1 ครั้งต่อสัปดาห์	2 ครั้งต่อสัปดาห์	3 ครั้งต่อสัปดาห์	< 1 ครั้งต่อสัปดาห์	1 ครั้งต่อสัปดาห์	2 ครั้งต่อสัปดาห์	3 ครั้งต่อสัปดาห์
ขนมหวานทำจากไข่แดง	89.70	6.40	3.80	00.00	84.60	10.80	4.60	00.00
ขนมใส่น้ำเชื่อม	97.40	2.60	00.00	00.00	100.00	00.00	00.00	00.00
ขนมหวานมีกะทิ	96.20	3.80	00.00	00.00	95.40	4.60	00.00	00.00
เค้ก	89.70	9.00	1.30	00.00	84.60	15.40	00.00	00.00
ไอศครีม	82.10	17.90	00.00	00.00	89.20	10.80	00.00	00.00
ช็อกโกแลต	96.20	2.60	1.30	00.00	95.40	4.60	00.00	00.00
ขนมขบเคี้ยว	82.10	14.10	3.80	00.00	75.40	18.50	6.20	00.00

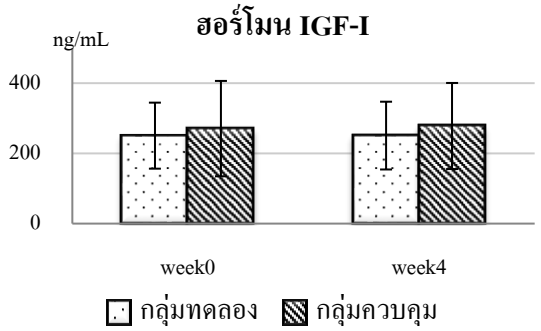
5. ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของระดับฮอร์โมน IGF-I

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของระดับฮอร์โมน IGF-I แสดงในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของระดับฮอร์โมน IGF-I

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (n = 6)				% การเปลี่ยนแปลง	กลุ่มควบคุม (n = 5)				% การเปลี่ยนแปลง
	$\bar{X}$	*SD*	Min	Max		$\bar{X}$	*SD*	Min	Max	
ฮอร์โมน IGF-I (นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร)										
- ก่อนฝึก	250.50	94.00	115.00	349.00	0	270.60	135.79	90.00	424.00	3
- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	250.67	96.50	137.00	374.00		278.00	122.62	112.00	384.00	

จากการวิเคราะห์ข้อมูลระดับฮอร์โมน IGF-I ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ดังปรากฏในตารางที่ 28 พบว่า กลุ่มทดลอง ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีระดับฮอร์โมน IGF-I 250.50 ± 94.00 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีระดับฮอร์โมน IGF-I 250.67 ± 96.50 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร กลุ่มควบคุมก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีระดับฮอร์โมน IGF-I 270.60 ± 135.79 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีระดับฮอร์โมน IGF-I 278.00 ± 122.62 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร



ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ยระดับฮอร์โมน IGF-I ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) และหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาโปรแกรมการฝึกบนบกสำหรับการเพิ่มสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I

โปรแกรมการฝึกบนบกสำหรับสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน มุ่งพัฒนาความแข็งแรงแบบอดทน โดยใช้สัดส่วนของการฝึกกล้ามเนื้อที่ใช้ในการฝึกบนบกของกีฬาว่ายน้ำ กลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ร้อยละ 33.33 กลุ่มกล้ามเนื้อลำตัวส่วนบน ร้อยละ 33.33 และกลุ่มกล้ามเนื้อลำตัวส่วนล่าง ร้อยละ 33.33 (Krabak et al., 2013) ที่เน้นการฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ใช้การพักช่วงสั้น ๆ (Kraemer & Ratamess, 2005) มีการปรับเพิ่มความหนัก ร้อยละ 5 (Westcott & Baechle, 2015) ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ (O'Hagan et al., 1995) และมีระยะเวลารวมของการฝึก 12 สัปดาห์ (Borst et al., 2001) ประกอบด้วย การฝึก 6 ท่าต่อครั้ง ได้แก่

สัปดาห์ที่ 1-4 ท่าที่ 1 Overhead squat ท่าที่ 2 Lunges
ท่าที่ 3 Tricep dips ท่าที่ 4 Sit up
ท่าที่ 5 Plank ท่าที่ 6 Knee push-up

โดยท่าที่ 1 2 3 4 และ 6 ทำการฝึกท่าละ 3 เซท เซทละ 10 ครั้ง พักระหว่างเซท 1 นาที ส่วนท่าที่ 5 ทำการฝึก 10 วินาที 3 เซท พักระหว่างเซท 1 นาที

สัปดาห์ที่ 5-8 ท่าที่ 1 Overhead squat ท่าที่ 2 Lunges
ท่าที่ 3 Tricep dips ท่าที่ 4 Alternating leg V up
ท่าที่ 5 Plank ท่าที่ 6 Push-up

โดยท่าที่ 1 2 3 4 และ 6 ทำการฝึกท่าละ 3 เซท เซทละ 12 ครั้ง พักระหว่างเซท 1 นาที ส่วนท่าที่ 5 ทำการฝึก 12 วินาที 3 เซท พักระหว่างเซท 1 นาที

สัปดาห์ที่ 9-12 ท่าที่ 1 Overhead squat ท่าที่ 2 Lunges with twist
ท่าที่ 3 Tricep dips ท่าที่ 4 V-Ups
ท่าที่ 5 Plank ท่าที่ 6 Push-up with feet

โดยท่าที่ 1 2 3 4 และ 6 ทำการฝึกท่าละ 3 เซท เซทละ 14 ครั้ง พักระหว่างเซท 1 นาที ส่วนท่าที่ 5 ทำการฝึก 14 วินาที 3 เซท พักระหว่างเซท 1 นาที

ตารางที่ 29 กลุ่มกล้ามเนื้อหลักที่ใช้ในการฝึกบนบก

Exercise	Upper extremity	Core	Lower extremity	Exercise	Upper extremity	Core	Lower extremity	Exercise	Upper extremity	Core	Lower extremity
1. Overhead squat			✓	1. Overhead squat			✓	1. Overhead squat			✓
2. Lunges			✓	2. Lunges			✓	2. Lunges with twist			✓
3. Tricep dips	✓			3. Tricep dips	✓			3. Tricep dips	✓		
4. Sit up		✓		4. Alternating leg V up		✓		4. V-Ups		✓	
5. Plank		✓		5. Plank		✓		5. Plank		✓	
6. Knee push-up	✓			6. Push-up	✓			6. Push up with feet	✓		

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ของกลุ่มทดลองก่อนกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก และกลุ่มควบคุมก่อนกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก

ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ของกลุ่มทดลองก่อนกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก และกลุ่มควบคุมก่อนกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบกด้วยสถิตินอนพาราเมตริก ดังนี้

1. การทดสอบการแจกแจงเป็นแบบปกติ

ตารางที่ 30 การทดสอบการแจกแจงเป็นแบบปกติของสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I

	ตัวแปร	$\overline{X}$	Shapiro-wilk test	Sig.
สัดส่วนร่างกาย	น้ำหนักตัว (kg)			
	- ก่อนฝึก	48.78	0.915	0.277
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	49.24	0.924	0.356
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	50.24	0.928	0.396
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	50.52	0.917	0.293
	ส่วนสูง (cm)			
	- ก่อนฝึก	156.05	0.887	0.129
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	156.85	0.890	0.138
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	157.25	0.887	0.128
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	157.69	0.888	0.131
	ความกว้างของช่วงแขน (cm)			
	- ก่อนฝึก	156.66	0.909	0.236
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	158.23	0.890	0.138
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	158.88	0.895	0.161
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	160.28	0.901	0.189
	เส้นรอบวงต้นแขน (cm)			
	- ก่อนฝึก	24.62	0.967	0.855
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	24.61	0.971	0.000

ตารางที่ 30 (ต่อ)

	ตัวแปร	$\bar{X}$	Shapiro-wilk test	Sig.
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	24.67	0.973	0.917
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	24.91	0.956	0.726
	เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)			
	- ก่อนฝึก	24.37	0.898	0.174
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	23.34	0.876	0.092
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	24.55	0.798	0.009
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	21.66	0.832	0.025
	มวลไขมัน (kg)			
	- ก่อนฝึก	12.14	0.881	0.107
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	11.82	0.898	0.176
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	12.83	0.907	0.225
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	11.40	0.874	0.087
	มวลกล้ามเนื้อ (kg)			
	- ก่อนฝึก	36.64	0.854	0.049
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	37.41	0.827	0.021
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	37.41	0.851	0.044
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	39.12	0.849	0.042
ความแข็งแรงของ	แรงบีบมือ (kg)			
กล้ามเนื้อ	- ก่อนฝึก	0.49	0.938	0.500
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	0.51	0.923	0.343
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	0.58	0.932	0.432
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	0.61	0.962	0.796
การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์	Freestyle 100m (s)			
100 เมตร	- ก่อนฝึก	77.33	0.876	0.093
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	73.67	0.881	0.107
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	73.69	0.971	0.899
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	74.98	0.882	0.109

ตารางที่ 30 (ต่อ)

	ตัวแปร	$\bar{X}$	Shapiro-wilk test	Sig.
ความสามารถ	ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด (m/ s)			
ในการว่ายน้ำ	- ก่อนฝึก	1.09	0.932	0.435
เชิงแอโรบิก	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	1.07	0.939	0.513
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1.10	0.915	0.282
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1.10	0.934	0.457
ความสามารถ	แอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ (m/ s)			
ในการว่ายน้ำ	- ก่อนฝึก	1.36	0.929	0.400
เชิงแอนแอโรบิก	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	1.29	0.941	0.537
	แอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ (m/ s)			
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1.35	0.958	0.741
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1.33	0.926	0.369
สมดุลพลังงาน	Energy intake (Kcal/ day)			
	- ก่อนฝึก	1712.61	0.890	0.137
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	1583.83	0.925	0.360
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1532.38	0.882	0.111
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1557.71	0.946	0.588
	BMR (Kcal/ day)			
	- ก่อนฝึก	1435.90	0.937	0.486
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	1446.16	0.941	0.535
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1461.95	0.947	0.604
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1468.01	0.937	0.489
	TDEE (Kcal/ day)			
	- ก่อนฝึก	2476.93	0.937	0.486
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	2494.62	0.941	0.535
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	2521.87	0.947	0.604
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	2532.32	0.937	0.489

ตารางที่ 30 (ต่อ)

	ตัวแปร	$\bar{X}$	Shapiro-wilk test	Sig.
	Energy difference (Kcal/ day)			
	- ก่อนฝึก	-764.32	0.865	0.066
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	-912.12	0.955	0.710
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	-989.49	0.892	0.148
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	-974.60	0.971	0.899
สารอาหาร	CHO (g/ day)			
	- ก่อนฝึก	202.60	0.884	0.116
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	179.09	0.760	0.003
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	169.12	0.816	0.015
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	164.12	0.841	0.032
	FAT (g/ day)			
	- ก่อนฝึก	65.12	0.945	0.581
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	63.61	0.942	0.550
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	62.32	0.896	0.167
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	65.66	0.977	0.947
	PRO (g/ day)			
	- ก่อนฝึก	79.33	0.935	0.462
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	73.18	0.934	0.454
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	73.30	0.923	0.341
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	76.64	0.921	0.329
	CHO (g/ kg/ day)			
	- ก่อนฝึก	4.38	0.882	0.110
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	3.81	0.949	0.637
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	3.56	0.970	0.888
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	3.53	0.928	0.386

ตารางที่ 30 (ต่อ)

	ตัวแปร	$\bar{X}$	Shapiro-wilk test	Sig.
	PRO (g/ kg/ day)			
	- ก่อนฝึก	1.75	0.905	0.212
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	1.53	0.946	0.599
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1.51	0.879	0.102
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1.61	0.848	0.040
	Animal protein (g/ day)			
	- ก่อนฝึก	54.61	0.939	0.509
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	51.72	0.807	0.012
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	50.17	0.935	0.468
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	55.90	0.975	0.931
	Vegetable proteins (g/ day)			
	- ก่อนฝึก	12.17	0.882	0.109
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	11.03	0.868	0.074
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	10.08	0.906	0.220
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	10.99	0.672	0.000
แร่ธาตุ	Calcium (mg)			
	- ก่อนฝึก	890.97	0.917	0.294
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	800.55	0.969	0.872
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	821.40	0.853	0.047
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	846.27	0.887	0.127
	Fe (mg)			
	- ก่อนฝึก	8.40	0.930	0.414
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	6.73	0.952	0.670
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	6.81	0.945	0.585
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	7.72	0.838	0.030
	P (mg)			
	- ก่อนฝึก	1052.47	0.840	0.031

ตารางที่ 30 (ต่อ)

	ตัวแปร	$\bar{X}$	Shapiro-wilk test	Sig.
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	896.50	0.967	0.854
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	908.80	0.886	0.124
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	933.44	0.885	0.120
วิตามิน	Vitamin B1 (mg)			
	- ก่อนฝึก	0.98	0.885	0.119
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	1.31	0.861	0.059
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1.21	0.909	0.239
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1.19	0.987	0.993
	Vitamin B2 (mg)			
	- ก่อนฝึก	1.93	0.902	0.193
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	1.69	0.877	0.096
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1.65	0.870	0.078
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1.85	0.926	0.372
	Vitamin B6 (mg)			
	- ก่อนฝึก	0.67	0.966	0.845
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	.93	0.973	0.913
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	1.03	0.894	0.155
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	1.14	0.965	0.829
	Vitamin B12 (mcg)			
	- ก่อนฝึก	1.98	0.901	0.192
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	2.87	0.952	0.672
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	3.33	0.888	0.130
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	3.62	0.918	0.302
	Vitamin C (mg)			
	- ก่อนฝึก	25.64	0.598	0.000
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	13.69	0.841	0.033
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	11.68	0.919	0.310

ตารางที่ 30 (ต่อ)

	ตัวแปร	$\bar{X}$	Shapiro-wilk test	Sig.
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	11.31	0.834	0.026
Distribution	CHO (ร้อยละ)			
	- ก่อนฝึก	46.36	0.929	0.404
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	45.43	0.945	0.577
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	44.46	0.915	0.281
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	42.39	0.963	0.808
	FAT (ร้อยละ)			
	- ก่อนฝึก	34.80	0.946	0.589
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	35.71	0.944	0.572
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	36.34	0.911	0.251
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	37.85	0.894	0.156
	PRO (ร้อยละ)			
	- ก่อนฝึก	18.83	0.909	0.236
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4	18.86	0.918	0.302
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8	19.20	0.924	0.356
	- หลังฝึกสัปดาห์ที่ 12	19.76	0.828	0.022

จากการทดสอบการแจกแจงเป็นแบบปกติ โดยใช้สถิติทดสอบ Shapiro-wilk test ดังปรากฏในตารางที่ 30 พบว่า สัดส่วนร่างกาย ได้แก่ เปอร์เซ็นไขมัน หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 (p = .009, .025) มวลกล้ามเนื้อก่อนใช้วิธีการฝึกฝนบก หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 (p = .049, .021, .044, .042 ตามลำดับ) สารอาหาร ได้แก่ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน (CHO (g/ day)) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 (p = .003, .015, .032 ตามลำดับ) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 (p = .040) โปรตีนจากสัตว์ หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (p = .012) โปรตีนจากพืช หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 (p = .000) แร่ธาตุ ได้แก่ แคลเซียม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 (p = .047) เหล็ก หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 (p = .030) ฟอสฟอรัส ก่อนใช้วิธีการฝึก

บนบก (p = .031) วิตามิน ได้แก่ วิตามิน C ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 12 (p = .000, .033, .026 ตามลำดับ) และการกระจายพลังงานของโปรตีน หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 (p = .022) ข้อมูลมีการกระจายแบบไม่ปกติ จึงใช้การทดสอบความแตกต่างของตัวแปรด้วยสถิตินอนพาราเมตริก

2. เปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการก่อนกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกายภายในกลุ่มทดลอง และภายในกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Friedman test และ Wilcoxon signed ranks test แสดงในตารางที่ 31, 32, 33 และตารางที่ 34

ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการว่ายน้ำภายในกลุ่มทดลอง และภายในกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Friedman test และ Wilcoxon signed ranks test แสดงในตารางที่ 35, 36, 37 และตารางที่ 38

ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสภาพโภชนาการภายในกลุ่มทดลอง และภายในกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Friedman test และ Wilcoxon signed ranks test แสดงในตารางที่ 39, 40, 41 และตารางที่ 42

ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับฮอร์โมน IGF-I ภายในกลุ่มทดลอง และภายในกลุ่มควบคุมก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) และหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test แสดงในตารางที่ 43

ตารางที่ 31 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมรรถภาพทางกายภายในกลุ่มทดลอง ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Friedman test

กลุ่มทดลอง (n = 6)	Mean rank				χ^2	p
	Week 0	Week 4	Week 8	Week 12		
สัดส่วนร่างกาย						
- น้ำหนักตัว (kg)	1.17	2.33	2.75	3.75	12.56*	.00
- ส่วนสูง (cm)	1.17	1.92	3.00	3.92	16.88*	.00
- ความกว้างของช่วงแขน (cm)	1.25	2.08	2.67	4.00	16.36*	.00
- เส้นรอบวงต้นแขน (cm)	2.00	2.25	2.25	3.50	5.61	.13
- เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	2.67	2.42	3.25	1.67	4.98	.17
- มวลไขมัน (kg)	2.50	2.33	3.33	1.83	4.20	.24
- มวลกล้ามเนื้อ (kg)	2.00	2.17	1.83	4.00	11.00*	.01
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ						
- แรงบีบมือ (kg)	1.00	2.00	3.00	4.00	18.00*	.00

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมรรถภาพทางกายภายในกลุ่มทดลอง ดังปรากฏในตารางที่ 31 พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน ของสัดส่วนร่างกาย และแรงบีบมือของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบกในกลุ่มทดลอง มีค่า p เท่ากับ .00 เท่ากัน และค่าเฉลี่ยของมวลกล้ามเนื้อทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบก มีค่า p เท่ากับ .01 จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน มวลกล้ามเนื้อของสัดส่วนร่างกาย และแรงบีบมือของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบกในกลุ่มทดลอง มีอย่างน้อย 2 ระยะ ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมันของสัดส่วนร่างกาย มีค่า p เท่ากับ .13 .17 และ .24 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ย เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน และมวลไขมันของสัดส่วนร่างกาย ทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบกในกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 32 การทดสอบความแตกต่างรายคู่ของสมรรถภาพทางกายในกลุ่มทดลอง ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test

กลุ่มทดลอง ($n = 6$)	**น้ำหนักตัว (kg)**		**ส่วนสูง (cm)**		**ความกว้างของช่วงแขน (cm)**		**มวลกล้ามเนื้อ (kg)**		**แรงบีบมือ (kg)**	
	Z	***p***	***Z***	***p***	***Z***	***p***	***Z***	***p***	***Z***	***p***
Week 0-Week 4	-1.16	.25	-1.89	.06	-1.83	.07	-.73	.46	-2.20*	.03
Week 0-Week 8	-2.20*	.03	-2.22*	.03	-2.02*	.04	-.11	.92	-2.20*	.03
Week 0-Week 12	-2.21*	.03	-2.23*	.03	-2.20*	.03	-2.20*	.03	-2.20*	.03
Week 4-Week 8	-1.57	.12	-2.04*	.04	-1.60	.11	-.31	.75	-2.21*	.03
Week 4-Week 12	-1.99*	.05	-2.21*	.03	-2.20*	.03	-2.20*	.03	-2.20*	.03
Week 8-Week 12	-2.03*	.04	-2.06*	.04	-2.20*	.03	-2.20*	.03	-2.20*	.03

*$p < .05$

จากการทดสอบความแตกต่างรายคู่ของสมรรถภาพทางกายในกลุ่มทดลองในแต่ละระยะ โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test ดังปรากฏในตารางที่ 32 พบว่า น้ำหนักตัวก่อนใช้วิธีการฝึกบนบกมีความแตกต่างกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนสูงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกระยะของการฝึกยกเว้นก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก เปรียบเทียบกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4

ความกว้างของช่วงแขน ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบกมีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มวลกล้ามเนื้อ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แรงบีบมือพบว่า มีความแตกต่างกันทุกระยะของการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 33 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมรรถภาพทางกายภายในกลุ่มควบคุมก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Friedman test

กลุ่มควบคุม (*n* = 5)	**Mean rank**				χ^2	*p*
	Week 0	**Week 4**	**Week 8**	**Week 12**		
สัดส่วนร่างกาย						
- น้ำหนักตัว (kg)	1.60	2.00	3.40	3.00	6.36	.10
- ส่วนสูง (cm)	1.50	2.50	2.50	3.50	9.09*	.03
- ความกว้างของช่วงแขน (cm)	1.10	2.10	3.00	3.80	13.53*	.00
- เส้นรอบวงต้นแขน (cm)	2.70	2.50	2.50	2.30	0.28	.96
- เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	3.40	1.80	2.90	1.90	5.81	.12
- มวลไขมัน (kg)	3.00	1.80	3.20	2.00	4.44	.22
- มวลกล้ามเนื้อ (kg)	1.20	2.40	2.60	3.80	10.20*	.02
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ						
- แรงบีบมือ (kg)	1.60	1.60	3.80	3.00	10.68*	.01

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสมรรถภาพทางกายภายในกลุ่มควบคุม ดังปรากฏในตารางที่ 33 พบว่า ค่าเฉลี่ยส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน มวลกล้ามเนื้อของสัดส่วนร่างกาย และแรงบีบมือของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบกในกลุ่มควบคุม มีค่า *p* เท่ากับ .03 .00 .02 และ .01 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน มวลกล้ามเนื้อของสัดส่วนร่างกาย และแรงบีบมือของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบกในกลุ่มควบคุม มีอย่างน้อย 2 ระยะ ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมันของสัดส่วนร่างกาย มีค่า *p* เท่ากับ .10 .96 .12 และ .12 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมันของสัดส่วนร่างกายทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบกในกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 34 การทดสอบความแตกต่างรายคู่ของสมรรถภาพทางกายในกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test

กลุ่มควบคุม (*n* = 5)	**ส่วนสูง (cm)**		**ความกว้างของช่วงแขน (cm)**		**มวลกล้ามเนื้อ (kg)**		**แรงบีบมือ (kg)**	
	Z	***p***	***Z***	***p***	***Z***	***p***	***Z***	***p***
Week 0-Week 4	-1.60	.11	-1.83	.07	-1.75	.08	-.41	.67
Week 0-Week 8	-1.60	.11	-2.03*	.04	-2.02*	.04	-2.02*	.04
Week 0-Week 12	-1.83	.07	-2.03*	.04	-2.02*	.04	-2.02*	.04
Week 4-Week 8	0.00	1.00	-1.83	.07	-.41	.69	-2.02*	.04
Week 4-Week 12	-1.60	.11	-1.83	.07	-2.02*	.04	-1.75	.08
Week 8-Week 12	-1.60	.11	-1.84	.07	-1.75	.08	-1.48	.14

*$p < .05$

จากการทดสอบความแตกต่างรายคู่ของสมรรถภาพทางกายในกลุ่มควบคุมในแต่ละระยะ โดยใช้วิธี Wilcoxon signed ranks test ดังปรากฏในตารางที่ 34 พบว่า ความกว้างของช่วงแขน ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบกมีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มวลกล้ามเนื้อ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบกมีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แรงบีบมือ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบกมีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 35 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการว่ายน้ำภายในกลุ่มทดลอง ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Friedman test

กลุ่มทดลอง (*n* = 6)	**Mean rank**				χ^2	***p***
	Week 0	**Week 4**	**Week 8**	**Week 12**		
การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร (s)	4.00	2.83	1.33	1.83	15.00*	.00
ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด (m/ s)	2.33	1.83	2.50	3.33	4.20	.24
ความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ (m/ s)	3.00	1.33	3.17	2.50	7.66	.05

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการว่ายน้ำภายในกลุ่มทดลอง ดังปรากฏในตารางที่ 35 พบว่า ค่าเฉลี่ยการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร มีค่า *p* เท่ากับ .00 จึงสรุปได้ว่า การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบกในกลุ่มทดลอง มีอย่างน้อย 2 ระยะ ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยความเร็วคริติคอล สวิม สปีด ของความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิก และค่าเฉลี่ยความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ ของความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิก มีค่า *p* เท่ากับ .24 และ .05 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วคริติคอล สวิม สปีด ของความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิก และค่าเฉลี่ยแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ ของความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิก ทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบกในกลุ่มทดลอง ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 36 การทดสอบความแตกต่างรายคู่ของความสามารถในการว่ายน้ำ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ในกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test

กลุ่มทดลอง (n = 6)		**การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร (s)**	
		Z	***p***
Week 0	Week 4	-2.20*	.03
Week 0	Week 8	-2.20*	.03
Week 0	Week 12	-2.20*	.03
Week 4	Week 8	-2.20*	.03
Week 4	Week 1	-1.36	.17
Week 8	Week 12	-1.57	.12

*$p < .05$

จากการทดสอบความแตกต่างรายคู่ของความสามารถในการว่ายน้ำในกลุ่มทดลองในแต่ละระยะ โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test ดังปรากฏในตารางที่ 36 พบว่า การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 และหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 37 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการว่ายน้ำภายในกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดย ใช้สถิติ Friedman test

กลุ่มควบคุม (n = 5)	**Mean rank**				χ^2	***p***
	Week 0	**Week 4**	**Week 8**	**Week 12**		
การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร (s)	2.00	1.40	3.40	3.20	8.28*	.04
ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด (m/ s)	2.60	1.40	3.20	2.80	5.40	.15

ตารางที่ 37 (ต่อ)

กลุ่มควบคุม (n = 5)	Mean rank				χ^2	p
	Week 0	Week 4	Week 8	Week 12		
ความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ (m/ s)	3.30	2.00	2.70	2.00	3.61	.31

*p < .05

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถในการว่ายน้ำภายในกลุ่มควบคุม ดังปรากฏในตารางที่ 37 พบว่า ค่าเฉลี่ยการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร มีค่า p เท่ากับ .04 จึงสรุปได้ว่า การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบกในกลุ่มควบคุม มีอย่างน้อย 2 ระยะ ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยความเร็วคริติคอล สวิม สปีด ของความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิก และแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ ของความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิก มีค่า p เท่ากับ .15 และ .31 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยความเร็วคริติคอล สวิม สปีด ของความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิก และแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ ของความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิก ทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบกในกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 38 การทดสอบความแตกต่างรายคู่ของความสามารถในการว่ายน้ำ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ในกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test

กลุ่มควบคุม (n = 5)		การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร (s)	
		Z	p
Week 0	Week 4	-0.67	.50
Week 0	Week 8	-0.94	.35
Week 0	Week 12	-1.75	.08
Week 4	Week 8	-2.02*	.04
Week 4	Week 12	-2.02*	.04

ตารางที่ 38 (ต่อ)

กลุ่มควบคุม (n = 5)		การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร (s)	
		Z	p
Week 8	Week 12	-0.13	.89

*p < .05

จากการทดสอบความแตกต่างรายคู่ของความสามารถในการว่ายน้ำในกลุ่มควบคุม ในแต่ละระยะ โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test ดังปรากฏในตารางที่ 38 พบว่า การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกับสัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 39 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสภาพโภชนาการภายในกลุ่มทดลอง ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Friedman test

กลุ่มทดลอง (n = 6)	Mean rank				χ^2	p
	Week 0	Week 4	Week 8	Week 12		
สมดุลพลังงาน						
- Energy intake (Kcal/ day)	2.83	2.33	2.00	2.83	1.80	.62
- BMR (Kcal/ day)	1.17	2.00	2.83	4.00	15.80*	.00
- TDEE (Kcal/ day)	1.17	2.00	2.83	4.00	15.80*	.00
- Energy difference (Kcal/ day)	2.67	2.50	2.00	2.83	1.40	.71
สารอาหาร						
- CHO (g/ day)	2.67	2.67	2.00	2.67	1.20	.75
- FAT (g/ day)	2.50	2.17	2.33	3.00	1.40	.71
- PRO (g/ day)	2.83	1.83	2.33	3.00	3.00	.39
- CHO (g/ kg/ day)	2.67	2.67	2.17	2.50	0.60	.90
- PRO (g/ kg/ day)	2.83	2.17	2.33	2.67	1.00	.80
- Animal protein (g/ day)	2.67	1.83	2.33	3.17	3.40	.33

ตารางที่ 39 (ต่อ)

กลุ่มทดลอง (n = 6)	Mean rank				χ^2	p
	Week 0	Week 4	Week 8	Week 12		
- Vegetable proteins (g/ day)	2.50	3.00	2.17	2.33	1.40	.71
แร่ธาตุ						
- Calcium (mg)	2.83	2.17	2.00	3.00	2.60	.46
- Fe (mg)	3.17	2.00	2.33	2.50	2.60	.46
- P (mg)	2.33	2.17	2.00	3.50	5.00	.17
วิตามิน						
- Vitamin B1 (mg)	2.00	2.50	2.50	3.00	1.80	.62
- Vitamin B2 (mg)	2.83	1.83	2.00	3.33	5.40	.15
- Vitamin B6 (mg)	1.67	2.00	2.83	3.50	7.40	.06
- Vitamin B12 (mcg)	1.67	1.67	3.00	3.67	10.80*	.01
- Vitamin C (mg)	1.67	3.17	3.17	2.00	6.60	.09
Distribution						
- CHO (ร้อยละ)	1.83	3.33	2.83	2.00	5.40	.15
- FAT (ร้อยละ)	3.17	1.50	2.17	3.17	7.20	.07
- PRO (ร้อยละ)	2.33	2.17	2.67	2.83	1.00	.80

*p < .05

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสภาพโภชนาการภายในกลุ่มทดลอง ดังปรากฏในตารางที่ 39 พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน และวิตามิน B12 ทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบกในกลุ่มทดลอง มีค่า p เท่ากับ .00, .00 และ .01 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยพลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน และวิตามิน B12 ทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบก ในกลุ่มทดลอง มีอย่างน้อย 2 ระยะ ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยพลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน

ต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน B6 วิตามิน C และการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน มีค่า *p* เท่ากับ .62, .71, .75, .71, .39, .90, .80, .33, .71, .46, .46, .17, .62, .15, .06, .09, .15, .07 และ .80 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยพลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ โปรตีนจากพืช แคลเซียม เหล็ก และฟอสฟอรัส วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน B6 วิตามิน C และการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน ทั้ง 4 ระยะของการฝึกบนบกในกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 40 การทดสอบความแตกต่างรายคู่ของสภาพโภชนาการ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ในกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test

กลุ่มทดลอง	**BMR (Kcal/ day)**		**TDEE (Kcal/ day)**		**Vitamin B12 (mcg)**	
(*n* = 6)	***Z***	***p***	***Z***	***p***	***Z***	***p***
Week 0-Week 4	-1.78	.07	-1.782	.08	-1.36	.17
Week 0-Week 8	-2.20*	.03	-2.20*	.03	-1.78	.08
Week 0-Week 12	-2.21*	.03	-2.21*	.03	-0.52	.60
Week 4-Week 8	-1.99*	.04	-1.99*	.04	-0.52	.60
Week 4-Week 12	-2.20*	.03	-2.20*	.03	-1.99*	.04
Week 8-Week 12	-2.20*	.03	-2.20*	.03	-1.57	.12

*$p < .05$

จากการทดสอบความแตกต่างรายคู่ของสภาพโภชนาการในกลุ่มทดลองในแต่ละระยะ โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test ดังปรากฏในตารางที่ 40 พบว่า พลังงานพื้นฐานของร่างกายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกระยะของการฝึกยกเว้นก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก เปรียบเทียบกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกระยะของการฝึกยกเว้นก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก

เปรียบเทียบกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 และวิตามิน B12 หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 41 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสภาพโภชนาการภายในกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Friedman test

กลุ่มควบคุม (n = 5)	**Mean rank**				χ^2	p
	Week 0	**Week 4**	**Week 8**	**Week 12**		
สมดุลพลังงาน						
- Energy intake (Kcal/ day)	3.20	2.80	2.40	1.60	4.20	.24
- BMR (Kcal/ day)	1.20	2.20	3.40	3.20	9.24*	.03
- TDEE (Kcal/ day)	1.20	2.20	3.40	3.20	9.24*	.03
- Energy difference (Kcal/ day)	3.20	3.00	2.20	1.60	4.92	.18
สารอาหาร						
- CHO (g/ day)	3.00	3.00	2.00	2.00	3.00	.39
- FAT (g/ day)	2.20	3.20	2.80	1.80	3.48	.32
- PRO (g/ day)	2.60	2.80	2.80	1.80	2.04	.56
- CHO (g/ kg/ day)	3.00	3.00	2.00	2.00	3.00	.39
- PRO (g/ kg/ day)	2.60	3.00	2.60	1.80	2.28	.52
- Animal protein (g/ day)	2.20	2.60	3.00	2.20	1.32	.72
- Vegetable proteins (g/ day)	2.60	2.40	2.40	2.60	0.12	.99
แร่ธาตุ						
- Calcium (mg)	2.80	2.40	3.00	1.80	2.52	.47
- Fe (mg)	2.40	2.60	2.40	2.60	0.12	.99
- P (mg)	3.00	2.80	2.80	1.40	4.92	.18
วิตามิน						
- Vitamin B1 (mg)	1.80	3.00	2.60	2.60	2.28	.52
- Vitamin B2 (mg)	2.80	2.40	2.40	2.40	0.36	.95

ตารางที่ 41 (ต่อ)

กลุ่มควบคุม (n = 5)	Mean rank				χ^2	p
	Week 0	Week 4	Week 8	Week 12		
- Vitamin B6 (mg)	1.20	2.80	2.60	3.40	7.80	.05
- Vitamin B12 (mcg)	1.20	2.40	3.40	3.00	8.28*	.04
- Vitamin C (mg)	2.20	2.60	2.40	2.80	0.60	.90
Distribution						
- CHO (ร้อยละ)	3.40	2.60	1.80	2.20	4.20	.24
- FAT (ร้อยละ)	1.20	2.40	3.60	2.80	9.00*	.03
- PRO (ร้อยละ)	2.40	2.20	2.80	2.60	0.60	.90

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสภาพโภชนาการภายในกลุ่มควบคุม ดังปรากฏในตารางที่ 41 พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน วิตามิน B12 และการกระจายพลังงานของไขมัน ทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบกในกลุ่มควบคุม มีค่า p เท่ากับ .03, .03, .04 และ .03 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยพลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน วิตามิน B12 และการกระจายพลังงานของไขมัน ทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบกในกลุ่มควบคุม มีอย่างน้อย 2 ระยะ ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ค่าเฉลี่ยพลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ โปรตีนจากพืช แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน B6 วิตามิน C และการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน มีค่า p เท่ากับ .24, .18, .39, .32, .56, .39, .52, .72, .99, .47, .99, .18, .52, .95, .05, .90, .24 และ .90 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยพลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน B6 วิตามิน C และการกระจายพลังงาน

ของคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน ทั้ง 4 ระยะ ของการฝึกบนบกในกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 42 การทดสอบความแตกต่างรายคู่ของสภาพโภชนาการ ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) ในกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test

กลุ่มควบคุม (***n*** **= 5)**	**BMR (Kcal/ day)**		**TDEE (Kcal/ day)**		**Vitamin B12 (mcg)**		**Distribution FAT (ร้อยละ)**	
	Z	***p***	***Z***	***p***	***Z***	***p***	***Z***	***p***
Week 0-Week 4	-1.48	.14	-1.48	.14	-1.75	.08	-2.02*	.04
Week 0-Week 8	-2.02*	.04	-2.02*	.04	-2.02*	.04	-2.02*	.04
Week 0-Week 12	-2.02*	.04	-2.02*	.04	-2.02*	.04	-1.75	.08
Week 4-Week 8	-1.75	.08	-1.75	.08	-0.67	.50	-2.02*	.04
Week 4-Week 12	-1.48	.14	-1.48	.14	-0.41	.69	-0.67	.50
Week 8-Week 12	-0.41	.69	-.41	.69	-0.14	.89	-0.13	.89

*$p < .05$

จากการทดสอบความแตกต่างรายคู่ของสภาพโภชนาการในกลุ่มทดลองในแต่ละระยะ โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test ดังปรากฏในตารางที่ 42 พบว่า พลังงานพื้นฐานของร่างกาย ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีความแตกต่างกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีความแตกต่างกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 วิตามิน B12 ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีความแตกต่างกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การกระจายพลังงานของไขมัน ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก มีความแตกต่างกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 และหลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 43 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับฮอร์โมน IGF-I ภายในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) และหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed ranks test

กลุ่ม	Mean rank		*Z*	*p*
	Week 0	Week 12		
กลุ่มทดลอง (*n* = 6)	3.50	3.50	0.00	1.00
กลุ่มควบคุม (*n* = 5)	2.50	3.33	-0.67	.50

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับฮอร์โมน IGF-I ภายในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ดังปรากฏในตารางที่ 43 พบว่า ระดับฮอร์โมน IGF-I ของกลุ่มทดลองก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก และหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่า *p* เท่ากับ 1.00 จึงสรุปได้ว่า ระดับฮอร์โมน IGF-I ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก และหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ของกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนกลุ่มควบคุม พบว่า ระดับฮอร์โมน IGF-I ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก และหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่า *p* เท่ากับ .50 จึงสรุปได้ว่า ระดับฮอร์โมน IGF-I ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก และหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ของกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ก่อนและหลังใช้วิธีการฝึกบนบกระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test แสดงในตารางที่ 44, 45, 46 และตารางที่ 47

ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการว่ายน้ำระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test แสดงในตารางที่ 48, 49, 50 และตารางที่ 51

ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสภาพโภชนาการระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 (Week 4) สัปดาห์ที่ 8 (Week 8) และสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test แสดงในตารางที่ 52, 53, 54 และตารางที่ 55

ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับฮอร์โมน IGF-I ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test แสดงในตารางที่ 56

ตารางที่ 44 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
น้ำหนักตัว (kg)	ทดลอง	6	6.17	37.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	5.80	29.00			
ส่วนสูง (cm)	ทดลอง	6	5.58	33.50	12.50	-0.46	.65
	ควบคุม	5	6.50	32.50			
ความกว้างของช่วงแขน (cm)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
เส้นรอบวงต้นแขน (cm)	ทดลอง	6	6.42	38.50	12.50	-0.46	.65
	ควบคุม	5	5.50	27.50			
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	ทดลอง	6	5.58	33.50	12.50	-0.46	.65
	ควบคุม	5	6.50	32.50			
มวลไขมัน (kg)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
มวลกล้ามเนื้อ (kg)	ทดลอง	6	6.33	38.00	13.00	-0.37	.72
	ควบคุม	5	5.60	28.00			
แรงบีบมือ (kg)	ทดลอง	6	5.50	33.00	12.00	-0.55	.58
	ควบคุม	5	6.60	33.00			

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก ดังปรากฏในตารางที่ 44 พบว่า ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ และแรงบีบมือ มีค่า *p* เท่ากับ .86 .65 1.00 .65 .65 1.00 .72 และ .58 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ และแรงบีบมือระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 45 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 โดยใช้สถิติ Mann-whitney U test

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
น้ำหนักตัว (kg)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
ส่วนสูง (cm)	ทดลอง	6	5.67	34.00	13.00	-0.37	.72
	ควบคุม	5	6.40	32.00			
ความกว้างของช่วงแขน (cm)	ทดลอง	6	6.33	38.00	13.00	-0.37	.71
	ควบคุม	5	5.60	28.00			
เส้นรอบวงต้นแขน (cm)	ทดลอง	6	6.42	38.50	12.50	-0.46	.65
	ควบคุม	5	5.50	27.50			
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	ทดลอง	6	5.92	35.50	14.50	-0.09	.93
	ควบคุม	5	6.10	30.50			
มวลไขมัน (kg)	ทดลอง	6	6.33	38.00	13.00	-0.37	.72
	ควบคุม	5	5.60	28.00			
มวลกล้ามเนื้อ (kg)	ทดลอง	6	5.83	35.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	6.20	31.00			
แรงบีบมือ (kg)	ทดลอง	6	5.83	35.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	6.20	31.00			

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 ดังปรากฏในตารางที่ 45 พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ และแรงบีบมือ มีค่า *p* เท่ากับ 1.00 .72 .71 .65 .93 .72 .86 และ .86 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ และแรงบีบมือระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 46 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
น้ำหนักตัว (kg)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
ส่วนสูง (cm)	ทดลอง	6	5.92	35.50	14.50	-0.09	.93
	ควบคุม	5	6.10	30.50			
ความกว้างของช่วงแขน (cm)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
เส้นรอบวงต้นแขน (cm)	ทดลอง	6	6.42	38.50	12.50	-0.46	.65
	ควบคุม	5	5.50	27.50			
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	ทดลอง	6	5.75	34.50	13.50	-0.28	.78
	ควบคุม	5	6.30	31.50			
มวลไขมัน (kg)	ทดลอง	6	6.33	38.00	13.00	-0.37	.72
	ควบคุม	5	5.60	28.00			
มวลกล้ามเนื้อ (kg)	ทดลอง	6	5.83	35.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	6.20	31.00			
แรงบีบมือ (kg)	ทดลอง	6	5.67	34.00	13.00	-0.37	.72
	ควบคุม	5	6.40	32.00			

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 ดังปรากฏในตารางที่ 46 พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ และแรงบีบมือ มีค่า *p* เท่ากับ 1.00 .93 1.00 .65 .78 .72 .86 และ .72 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ และแรงบีบมือ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 47 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
น้ำหนักตัว (kg)	ทดลอง	6	6.17	37.00	14.00	-0.18	.85
	ควบคุม	5	5.80	29.00			
ส่วนสูง (cm)	ทดลอง	6	5.92	35.50	14.50	-0.09	.93
	ควบคุม	5	6.10	30.50			
ความกว้างของช่วงแขน (cm)	ทดลอง	6	6.17	37.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	5.80	29.00			
เส้นรอบวงต้นแขน (cm)	ทดลอง	6	6.58	39.50	11.50	-0.64	.52
	ควบคุม	5	5.30	26.50			
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	ทดลอง	6	5.83	35.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	6.20	31.00			
มวลไขมัน (kg)	ทดลอง	6	6.17	37.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	5.80	29.00			
มวลกล้ามเนื้อ (kg)	ทดลอง	6	6.17	37.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	5.80	29.00			
แรงบีบมือ (kg)	ทดลอง	6	7.50	45.00	6.00	-1.64	.10
	ควบคุม	5	4.20	21.00			

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ดังปรากฏในตารางที่ 47 พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ และแรงบีบมือมีค่า *p* เท่ากับ .85 .93 .86 .52 .86 .86 .86 และ .10 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ และแรงบีบมือระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 48 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการว่ายน้ำระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
การว่ายน้ำฟรีสไตล์ 100 เมตร (s)	ทดลอง	6	6.50	39.00	12.00	-0.55	.58
	ควบคุม	5	5.40	27.00			
ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด (m/ s)	ทดลอง	6	6.33	38.00	13.00	-0.36	.72
	ควบคุม	5	5.60	28.00			
ความเร็วแอนแอโรบิก	ทดลอง	6	5.67	34.00	13.00	-0.37	.72
คริติคอลเวลโลซิตี้ (m/ s)	ควบคุม	5	6.40	32.00			

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการว่ายน้ำระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก ดังปรากฏในตารางที่ 48 พบว่า ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด และความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ มีค่า *p* เท่ากับ .58 .72 และ .72 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด และความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบกไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 49 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการว่ายน้ำระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
การว่ายน้ำฟรีสไตล์ 100 เมตร (s)	ทดลอง	6	5.83	35.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	6.20	31.00			
ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด (m/ s)	ทดลอง	6	6.17	37.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	5.80	29.00			
ความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ (m/ s)	ทดลอง	6	5.83	35.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	6.20	31.00			

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการว่ายน้ำระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 ดังปรากฏในตารางที่ 49 พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด และความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ มีค่า *p* เท่ากับ .86 .86 และ .86 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด และความเร็ว แอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 50 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการว่ายน้ำระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
การว่ายน้ำฟรีสไตล์ 100 เมตร (s)	ทดลอง	6	5.67	34.00	13.00	-0.37	.72
	ควบคุม	5	6.40	32.00			
ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด (m/ s)	ทดลอง	6	6.17	37.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	5.80	29.00			

ตารางที่ 50 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
ความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ (m/ s)	ทดลอง	6	5.92	35.50	14.50	-0.09	.93
	ควบคุม	5	6.10	30.50			

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการว่ายน้ำระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 ดังปรากฏในตารางที่ 50 พบว่า เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด และความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ มีค่า *p* เท่ากับ .72 .86 และ .93 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด และความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 51 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการว่ายน้ำระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
การว่ายน้ำฟรีสไตล์ 100 เมตร (s)	ทดลอง	6	5.67	34.00	13.00	-0.37	.72
	ควบคุม	5	6.40	32.00			
ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด (m/ s)	ทดลอง	6	6.50	39.00	12.00	-0.55	.58
	ควบคุม	5	5.40	27.00			
ความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ (m/ s)	ทดลอง	6	5.83	35.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	6.20	31.00			

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถในการว่ายน้ำระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ดังปรากฏในตารางที่ 51 พบว่า หลังใช้วิธีการฝึก

บนบก สัปดาห์ที่ 12 เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด และความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ มีค่า *p* เท่ากับ .72 .58 และ .86 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด และความเร็วแอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 52 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสภาพโภชนาการระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
Energy intake (Kcal/ day)	ทดลอง	6	6.50	39.00	12.00	-0.55	.58
	ควบคุม	5	5.40	27.00			
BMR (Kcal/ day)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
TDEE (Kcal/ day)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
Energy difference	ทดลอง	6	6.50	39.00	12.00	-0.55	.58
(Kcal/ day)	ควบคุม	5	5.40	27.00			
CHO (g/ day)	ทดลอง	6	5.83	35.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	6.20	31.00			
FAT (g/ day)	ทดลอง	6	7.00	42.00	9.00	-1.09	.27
	ควบคุม	5	4.80	24.00			
PRO (g/ day)	ทดลอง	6	7.00	42.00	9.00	-1.09	.27
	ควบคุม	5	4.80	24.00			
CHO (g/ kg/ day)	ทดลอง	6	5.50	33.00	12.00	-0.55	.58
	ควบคุม	5	6.60	33.00			
PRO (g/ kg/ day)	ทดลอง	6	6.50	39.00	12.00	-0.55	.58
	ควบคุม	5	5.40	27.00			

ตารางที่ 52 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
Animal protein (g/ day)	ทดลอง	6	7.17	43.00	8.00	-1.28	.20
	ควบคุม	5	4.60	23.00			
Vegetable proteins	ทดลอง	6	5.83	35.00	14.00	-0.18	.86
(g/ day)	ควบคุม	5	6.20	31.00			
Calcium (mg)	ทดลอง	6	6.83	41.00	10.00	-0.91	.36
	ควบคุม	5	5.00	25.00			
Fe (mg)	ทดลอง	6	6.17	37.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	5.80	29.00			
P (mg)	ทดลอง	6	7.17	43.00	8.00	-1.28	.20
	ควบคุม	5	4.60	23.00			
Vitamin B1 (mg)	ทดลอง	6	6.83	41.00	10.00	-0.91	.36
	ควบคุม	5	5.00	25.00			
Vitamin B2 (mg)	ทดลอง	6	6.83	41.00	10.00	-0.91	.36
	ควบคุม	5	5.00	25.00			
Vitamin B6 (mg)	ทดลอง	6	8.00	48.00	3.00	-2.19*	.02
	ควบคุม	5	3.60	18.00			
Vitamin B12 (mcg)	ทดลอง	6	8.50	51.00	0.00	-2.74*	.00
	ควบคุม	5	3.00	15.00			
Vitamin C (mg)	ทดลอง	6	5.17	31.00	10.00	-0.91	.36
	ควบคุม	5	7.00	35.00			
Distribution CHO	ทดลอง	6	4.83	29.00	8.00	-1.28	.21
(ร้อยละ)	ควบคุม	5	7.40	37.00			
Distribution FAT	ทดลอง	6	7.33	44.00	7.00	-1.46	.14
(ร้อยละ)	ควบคุม	5	4.40	22.00			

ตารางที่ 52 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
Distribution PRO (ร้อยละ)	ทดลอง	6	6.17	37.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	5.80	29.00			

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสภาพโภชนาการระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก ดังปรากฏในตารางที่ 52 พบว่า ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก วิตามิน B6 และวิตามิน B12 มีค่า *p* เท่ากับ .02 และ .00 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า วิตามิน B6 และวิตามิน B12 ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบกมีความแตกต่างกัน

พลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร พลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน C และการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต การกระจายพลังงานของไขมัน และการกระจายพลังงานของโปรตีน มีค่า *p* เท่ากับ .58 1.00 1.00 .58 .86 .27 .27 .58 .58 .20 .86 .36 .86 .20 .36 .36 .36 .21 .14 และ .86 ตามลำดับ

จึงสรุปได้ว่า พลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร พลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน C และการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต การกระจายพลังงานของไขมัน และการกระจายพลังงานของโปรตีน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนใช้วิธีการฝึกบนบกไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 53 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสภาพโภชนาการระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
Energy intake (Kcal/ day)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
BMR (Kcal/ day)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
TDEE (Kcal/ day)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
Energy difference	ทดลอง	6	5.33	32.00	11.00	-0.73	.47
(Kcal/ day)	ควบคุม	5	6.80	34.00			
CHO (g/ day)	ทดลอง	6	6.67	40.00	11.00	-0.73	.47
	ควบคุม	5	5.20	26.00			
FAT (g/ day)	ทดลอง	6	5.67	34.00	13.00	-0.37	.72
	ควบคุม	5	6.40	32.00			
PRO (g/ day)	ทดลอง	6	6.33	38.00	13.00	-0.37	.72
	ควบคุม	5	5.60	28.00			
CHO (g/ kg/ day)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
PRO (g/ kg/ day)	ทดลอง	6	5.67	34.00	13.00	-0.37	.72
	ควบคุม	5	6.40	32.00			
Animal protein (g/ day)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
Vegetable proteins	ทดลอง	6	7.33	44.00	7.00	-1.46	.14
(g/ day)	ควบคุม	5	4.40	22.00			
Calcium (mg)	ทดลอง	6	6.33	38.00	13.00	-0.37	.72
	ควบคุม	5	5.60	28.00			

ตารางที่ 53 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
Fe (mg)	ทดลอง	6	5.33	32.00	11.00	-0.73	.47
	ควบคุม	5	6.80	34.00			
P (mg)	ทดลอง	6	6.17	37.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	5.80	29.00			
Vitamin B1 (mg)	ทดลอง	6	5.83	35.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	6.20	31.00			
Vitamin B2 (mg)	ทดลอง	6	6.17	37.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	5.80	29.00			
Vitamin B6 (mg)	ทดลอง	6	5.50	33.00	12.00	-0.55	.58
	ควบคุม	5	6.60	33.00			
Vitamin B12 (mcg)	ทดลอง	6	7.50	45.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	4.20	21.00			
Vitamin C (mg)	ทดลอง	6	5.00	30.00	9.00	-1.10	.27
	ควบคุม	5	7.20	36.00			
Distribution CHO	ทดลอง	6	6.67	40.00	11.00	-0.73	.46
(ร้อยละ)	ควบคุม	5	5.20	26.00			
Distribution FAT	ทดลอง	6	5.00	30.00	9.00	-1.10	.27
(ร้อยละ)	ควบคุม	5	7.20	36.00			
Distribution PRO	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
(ร้อยละ)	ควบคุม	5	6.00	30.00			

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสภาพโภชนาการระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 ดังปรากฏในตารางที่ 53 พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 พลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร พลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน

ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์และโปรตีนจากพืช แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน B6 และวิตามิน B12 วิตามิน C และการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต การกระจายพลังงานของไขมัน และการกระจายพลังงานของโปรตีน มีค่า *p* เท่ากับ 1.00 1.00 1.00 .47 .47 .72 .72 1.00 .72 1.00 .14 .72 .47 .86 .86 .86 .58 .86 .27 .46 .27 และ 1.00 ตามลำดับ

จึงสรุปได้ว่า พลังงานที่ได้รับจาก สารอาหาร พลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน B6 และ วิตามิน B12 วิตามิน C และการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต การกระจายพลังงานของไขมัน และการกระจายพลังงานของโปรตีน ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 54 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสภาพโภชนาการระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
Energy intake (Kcal/ day)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
BMR (Kcal/ day)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
TDEE (Kcal/ day)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
Energy difference	ทดลอง	6	5.67	34.00	13.00	-0.37	.72
(Kcal/ day)	ควบคุม	5	6.40	32.00			
CHO (g/ day)	ทดลอง	6	6.50	39.00	12.00	-0.55	.58
	ควบคุม	5	5.40	27.00			

ตารางที่ 54 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
FAT (g/ day)	ทดลอง	6	5.33	32.00	11.00	-0.73	.47
	ควบคุม	5	6.80	34.00			
PRO (g/ day)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
CHO (g/ kg/ day)	ทดลอง	6	6.17	37.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	5.80	29.00			
PRO (g/ kg/ day)	ทดลอง	6	5.50	33.00	12.00	-0.55	.58
	ควบคุม	5	6.60	33.00			
Animal protein (g/ day)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
Vegetable proteins	ทดลอง	6	6.50	39.00	12.00	-0.55	.58
(g/ day)	ควบคุม	5	5.40	27.00			
Calcium (mg)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
Fe (mg)	ทดลอง	6	4.67	28.00	7.00	-1.46	.14
	ควบคุม	5	7.60	38.00			
P (mg)	ทดลอง	6	6.67	40.00	11.00	-0.73	.47
	ควบคุม	5	5.20	26.00			
Vitamin B1 (mg)	ทดลอง	6	6.83	41.00	10.00	-0.91	.36
	ควบคุม	5	5.00	25.00			
Vitamin B2 (mg)	ทดลอง	6	6.50	39.00	12.00	-0.55	.58
	ควบคุม	5	5.40	27.00			
Vitamin B6 (mg)	ทดลอง	6	6.83	41.00	10.00	-0.91	.36
	ควบคุม	5	5.00	25.00			
Vitamin B12 (mcg)	ทดลอง	6	6.67	40.00	11.00	-0.73	.47
	ควบคุม	5	5.20	26.00			

ตารางที่ 54 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
Vitamin C (mg)	ทดลอง	6	5.83	35.00	14.00	-0.18	.86
	ควบคุม	5	6.20	31.00			
Distribution CHO	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
(ร้อยละ)	ควบคุม	5	6.00	30.00			
Distribution FAT	ทดลอง	6	5.33	32.00	11.00	-0.73	.47
(ร้อยละ)	ควบคุม	5	6.80	34.00			
Distribution PRO	ทดลอง	6	6.50	39.00	12.00	-0.55	.58
(ร้อยละ)	ควบคุม	5	5.40	27.00			

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสภาพโภชนาการระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 ดังปรากฏในตารางที่ 54 พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 8 พลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร พลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน B6 วิตามิน B12 วิตามิน C และการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต การกระจายพลังงานของไขมัน และการกระจายพลังงานของโปรตีน มีค่า *p* เท่ากับ 1.00 1.00 1.00 .72 .58 .47 1.00 .86 .58 1.00 .58 1.00 .14 .47 .36 .58 .36 .47 .86 1.00 .47 และ .58 ตามลำดับ

จึงสรุปได้ว่า พลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร พลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน B6 วิตามิน B12 วิตามิน C การกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต การกระจายพลังงานของไขมัน และ

การกระจายพลังงานของโปรตีน ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 8 ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 55 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสภาพโภชนาการระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
Energy intake (Kcal/ day)	ทดลอง	6	7.33	44.00	7.00	-1.46	.14
	ควบคุม	5	4.40	22.00			
BMR (Kcal/ day)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
TDEE (Kcal/ day)	ทดลอง	6	6.00	36.00	15.00	0.00	1.00
	ควบคุม	5	6.00	30.00			
Energy difference	ทดลอง	6	6.67	40.00	11.00	-0.73	.47
(Kcal/ day)	ควบคุม	5	5.20	26.00			
CHO (g/ day)	ทดลอง	6	7.17	43.00	8.00	-1.28	.20
	ควบคุม	5	4.60	23.00			
FAT (g/ day)	ทดลอง	6	7.17	43.00	8.00	-1.28	.21
	ควบคุม	5	4.60	23.00			
PRO (g/ day)	ทดลอง	6	7.33	44.00	7.00	-1.46	.14
	ควบคุม	5	4.40	22.00			
CHO (g/ kg/ day)	ทดลอง	6	6.33	38.00	13.00	-0.37	.72
	ควบคุม	5	5.60	28.00			
PRO (g/ kg/ day)	ทดลอง	6	6.83	41.00	10.00	-0.91	.36
	ควบคุม	5	5.00	25.00			
Animal protein (g/ day)	ทดลอง	6	7.50	45.00	6.00	-1.64	.10
	ควบคุม	5	4.20	21.00			
Vegetable proteins	ทดลอง	6	6.17	37.00	14.00	-0.18	.86
(g/ day)	ควบคุม	5	5.80	29.00			

ตารางที่ 55 (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
Calcium (mg)	ทดลอง	6	7.83	47.00	4.00	-2.00*	.04
	ควบคุม	5	3.80	19.00			
Fe (mg)	ทดลอง	6	5.00	30.00	9.00	-1.09	.27
	ควบคุม	5	7.20	36.00			
P (mg)	ทดลอง	6	7.67	46.00	5.00	-1.83	.06
	ควบคุม	5	4.00	20.00			
Vitamin B1 (mg)	ทดลอง	6	7.17	43.00	8.00	-1.28	.20
	ควบคุม	5	4.60	23.00			
Vitamin B2 (mg)	ทดลอง	6	7.50	45.00	6.00	-1.64	.10
	ควบคุม	5	4.20	21.00			
Vitamin B6 (mg)	ทดลอง	6	7.50	45.00	6.00	-1.64	.10
	ควบคุม	5	4.20	21.00			
Vitamin B12 (mcg)	ทดลอง	6	7.33	44.00	7.00	-1.46	.14
	ควบคุม	5	4.40	22.00			
Vitamin C (mg)	ทดลอง	6	4.00	24.00	3.00	-2.19*	.02
	ควบคุม	5	8.40	42.00			
Distribution CHO	ทดลอง	6	5.50	33.00	12.00	-0.55	.58
(ร้อยละ)	ควบคุม	5	6.60	33.00			
Distribution FAT	ทดลอง	6	6.17	37.00	14.00	-0.18	.86
(ร้อยละ)	ควบคุม	5	5.80	29.00			
Distribution PRO	ทดลอง	6	7.17	43.00	8.00	-1.28	.20
(ร้อยละ)	ควบคุม	5	4.60	23.00			

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสภาพโภชนาการระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ดังปรากฏในตารางที่ 55 พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก

สัปดาห์ที่ 12 แคลเซียม และวิตามิน C มีค่า *p* เท่ากับ .04 และ .02 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า แคลเซียม และวิตามิน C ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีความแตกต่างกัน

พลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร พลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช เหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน B6 วิตามิน B12 และการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต การกระจายพลังงานของไขมัน และการกระจายพลังงานของโปรตีน มีค่า *p* เท่ากับ .14 1.00 1.00 .47 .20 .21 .72 .36 .10 .86 .27 .06 .20 .10 .10 .14 .58 .86 และ 20 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า พลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร พลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน C และการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต การกระจายพลังงานของไขมัน และการกระจายพลังงานของโปรตีน ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 56 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับฮอร์โมน IGF-I ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (Week 0) และหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 (Week 12) โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test

ระยะเวลา	กลุ่ม	*n*	Mean rank	Sum of ranks	Mann-Whitney U	*Z*	*p*
Week 0	กลุ่มทดลอง	6	5.50	33.00	12.00	-0.55	.58
	กลุ่มควบคุม	5	6.60	33.00			
Week 12	กลุ่มทดลอง	6	5.50	33.00	12.00	-0.55	.58

*$p < .05$

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับฮอร์โมน IGF-I ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก และหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ดังปรากฏในตารางที่ 56 พบว่า ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบกระดับฮอร์โมน IGF-I ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีค่า p เท่ากับ .58 จึงสรุปได้ว่า ระดับฮอร์โมน IGF-I ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 พบว่า ระดับฮอร์โมน IGF-I ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีค่า p เท่ากับ .58 จึงสรุปได้ว่า ระดับฮอร์โมน IGF-I ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ไม่มีความแตกต่างกัน

บทที่ 5
อภิปรายผล สรุปผล และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาโปรแกรมการฝึกบนบก และศึกษาผลการฝึกบนบก โดยเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I มีการอภิปรายผล และสรุปผล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

อภิปรายผล

1. สมรรถภาพทางกาย

จากการทดสอบความแตกต่างของสมรรถภาพทางกายภายในกลุ่มทดลอง (ตารางที่ 23, ตารางที่ 31 และตารางที่ 32) พบว่า สัดส่วนร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของกลุ่มทดลองหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ได้แก่ น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน มวลกล้ามเนื้อ และแรงบีบมือ มีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 52.12 ± 17.96 กิโลกรัม 157.32 ± 19.21 เซนติเมตร 160.13 ± 22.44 เซนติเมตร 39.67 ± 13.59 กิโลกรัม และ 0.65 ± 0.07 กิโลกรัม มีความต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (χ^2 = 12.56, 16.88, 16.36, 11.00 และ 18.00 ตามลำดับ) และพบว่า เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน และมวลไขมัน หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 25.67 ± 4.93 เซนติเมตร 22.60 ± 11.48 เปอร์เซ็นต์ และ 12.44 ± 8.46 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก

สัดส่วนร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ได้แก่ ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน มวลกล้ามเนื้อ และแรงบีบมือ มีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 158.14 ± 15.73 เซนติเมตร 160.46 ± 16.38 เซนติเมตร 38.46 ± 10.93 กิโลกรัม และ 0.57 ± 0.06 กิโลกรัม มีความต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (χ^2 = 9.09, 13.53, 10.20 และ 10.68 ตามลำดับ) และพบว่า น้ำหนักตัว เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมัน มีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 48.60 ± 14.73 กิโลกรัม 24.00 ± 3.06 เซนติเมตร 20.54 ± 4.42 เปอร์เซ็นต์ และ 10.14 ± 4.63 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าไม่ต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก (ตารางที่ 23, ตารางที่ 33 และตารางที่ 34) และพบว่า น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน เส้นรอบวงต้นแขน มวลกล้ามเนื้อ และแรงบีบมือ มีค่าเพิ่มขึ้นหลังใช้วิธีการฝึกบนบก 12 สัปดาห์ทั้งสองกลุ่ม และพบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมัน และมวลไขมัน มีค่าลดลงหลังใช้วิธีการฝึกบนบก 12 สัปดาห์ ทั้งสองกลุ่ม

และเมื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อของสัดส่วนร่างกาย และแรงบีบมือของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 45, ตารางที่ 46 และตารางที่ 47)

ผลจากการวิจัยนี้สอดคล้องกับ Sadres et al. (2001) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกบนบกระยะยาว (21 เดือน) ในนักเรียนชาย อายุ 9 ปี ที่มีต่อความสูง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของความสูง และในกลุ่มทดลอง พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีการพัฒนาขึ้น และสอดคล้องกับ Girold et al. (2007) ที่ได้ทำการฝึกบนบกในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน จำนวน 21 คน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยพบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะมีค่าเพิ่มขึ้น

สาเหตุที่ทำให้สัดส่วนร่างกาย ได้แก่ น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน มีการพัฒนาขึ้นภายหลังจากการฝึกโปรแกรมบนบก อาจจะเป็นผลมาจากทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีอายุอยู่ในช่วงของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (Growth spurt) ซึ่งถือเป็นวัยที่อยู่ในช่วงของการเจริญเติบโตทั้งด้านโครงสร้าง สรีรวิทยาการทำงานของร่างกาย โดยกลุ่มทดลองที่มีอายุเฉลี่ย 11.95 ± 2.69 ปี และกลุ่มควบคุม มีอายุเฉลี่ย 12.38 ± 2.34 ปี

ดังที่ Hirata and Kaku (1964) ได้กล่าวว่าพัฒนาการด้านความสูงจะมีมากในวัยทารก และเด็กชายที่อายุ 12 ปี และเด็กหญิงที่อายุ 10 ปี ส่วนพัฒนาการด้านน้ำหนัก จะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวที่มาก ตั้งแต่วัยทารกจนถึงอายุ 20 ปี หลังจากนั้นจะมีการคงสภาพน้ำหนักตัวไว้ ซึ่งล้วนเป็นผลมาจากการเจริญเติบโตตามวัยที่ร่างกายมีการหลั่งฮอร์โมน เพื่อการเจริญเติบโตของร่างกาย โดย MacKelvie et al. (2002) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนในช่วง Growth spurt จะมีการหลั่ง GH มาก โดยจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกระดูก และมีค่ามากที่สุด เมื่ออยู่ในช่วง Tanner stage 3-4 หรืออายุประมาณ 12 ปี หลังจากนั้นจะลดระดับลง ส่วน IGF-I จะเพิ่มสูงขึ้น และจะมีค่าสูงสุดเมื่ออยู่ในช่วง Tanner stage 4-5 หรืออายุประมาณ 13 ปี หลังจากนั้นจะลดระดับลง

สอดคล้องกับ Juul et al. (1994) กล่าวว่าระดับ IGF-I ในเลือดมีการเพิ่มระดับขึ้นในเด็กก่อนวัยรุ่น (Prepubertal children) ทำให้เพิ่มพัฒนาการของเซลล์ และการเจริญเติบโตของร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีน การแบ่งเซลล์ของกระดูกบริเวณแผ่นการเจริญเติบโตของกระดูก (Growth plate) ทำให้เนื้อเยื่อ และกระดูกในร่างกายเจริญเติบโต และเมื่อมีการฝึกบนบกด้วยรูปแบบการฝึกความแข็งแรงแบบอดทน ทำให้รูปแบบของฮอร์โมน IGF-I ที่อยู่ที่กล้ามเนื้อ (Muscle isoforms of IGF-I) มีการเพิ่มการส่งสัญญาณไปยังเซลล์เป้าหมาย และเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนจากการกระตุ้นระบบการส่ง และการรับรู้สัญญาณของ IGF-I รวมถึงกระตุ้นวิถี

การส่งสัญญาณของโปรตีน Mammalian target of rapamycin (mTOR) ไปยังโมเลกุลเป้าหมายทำให้มวลของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นและมีความแข็งแรงขึ้น (Bamman et al., 2001)

โปรแกรมการฝึกบนบกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นการฝึกความแข็งแรงแบบอดทน โดยออกแรงต้านกับน้ำหนักตัว เน้นที่กลุ่มกล้ามเนื้อหัวไหล่ ลำตัว และต้นขา ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อมัดหลักที่ใช้ในการว่ายน้ำ (Krabak et al., 2013) ส่งผลทำให้กล้ามเนื้อรับรู้สภาวะของแรงต้านที่ปฏิบัติอยู่ และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular) ซึ่งเมื่อร่างกายได้ฝึกซ้อมอย่างเป็นประจำ จะทำให้เกิดการสังเคราะห์โครงสร้าง และเอ็นไซม์ของโปรตีนทำให้กล้ามเนื้อมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น และมีมวลกล้ามเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้น (Viru & Viru, 2001) โดยผู้วิจัยได้ใช้หลัก Progressive overload ในการปรับความหนักในการฝึกทุก 4 สัปดาห์ เพื่อการปรับตัวสูงสุดของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ที่มีการใช้ Motor unit เพิ่มขึ้น การระดมเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีจำนวนมากขึ้นช่วยให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมน และเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อมากขึ้น ทำให้เนื้อเยื่อถูกกระตุ้นให้เป็นสารตั้งต้นของกระบวนการ Anabolism ที่นำไปสู่การเจริญเติบโต และอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้มวลกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีการพัฒนา (Kraemer & Ratamess, 2005)

จากผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีเปอร์เซ็นต์ไขมันและมวลไขมันที่มาก ถึงแม้ว่าจะมีการฝึกซ้อมว่ายน้ำ อาจจะเนื่องมาจากในขณะกำลังเจริญเติบโต ร่างกายมีการหลั่งฮอร์โมนการเจริญเติบโต และฮอร์โมนเพศที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีมวลกล้ามเนื้อและมวลไขมัน รวมถึงจำนวน และขนาดของเซลล์ไขมันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งเข้าสู่วัยรุ่น โดยการเพิ่มจำนวนเซลล์นั้นจะมีค่าสูงสุดที่อายุประมาณ 7 ปี จากนั้นจะมีค่าคงที่เมื่อเป็นผู้ใหญ่ (Malina et al., 2004) ดังนั้นการป้องกันการพัฒนาเซลล์ไขมันในวัยเด็กซึ่งกำลังเจริญเติบโตทั้งจำนวน และขนาดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะอาจจะทำให้อ้วนเนื่องจากมีการเพิ่มทั้งขนาดและจำนวนเซลล์ไขมัน และมีโอกาสเสี่ยงสูงต่อการพัฒนาไปเป็นผู้ใหญ่ที่อ้วน และส่งผลต่อความสามารถในการว่ายน้ำ ซึ่งถึงแม้ว่าการมีปริมาณไขมันที่มากจะสามารถช่วยในการพยุง ลอยตัวในน้ำของนักกีฬา แต่ก็จะเกิดแรงต้านในการว่ายน้ำ และส่งผลต่อความเร็วในการว่ายน้ำด้วยเช่นกัน

และสาเหตุที่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีสัดส่วนร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หลังฝึกสัปดาห์ที่ 4 หลังฝึกสัปดาห์ที่ 8 และหลังฝึกสัปดาห์ที่ 12 ไม่แตกต่างกันอาจจะเป็นผลมาจากกลุ่มควบคุมมีการฝึกซ้อมบนบก ตามโปรแกรมการฝึกของสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา เป็นปกติ จึงส่งผลให้สัดส่วนร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีการพัฒนาที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

2. ความสามารถในการว่ายน้ำ

จากการทดสอบความแตกต่างของความสามารถในการว่ายน้ำภายในกลุ่มทดลอง (ตารางที่ 24, ตารางที่ 35 และตารางที่ 36) พบว่า เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 73.84 ± 12.05 วินาที มีความต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (χ^2 = 15.00, p = .00) และพบว่า เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ภายในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 76.34 ± 12.81 วินาที มีความต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (χ^2 = 8.28, p = .04) (ตารางที่ 24, ตารางที่ 37 และตารางที่ 38) และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการว่ายน้ำระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ไม่มีความแตกต่างกัน

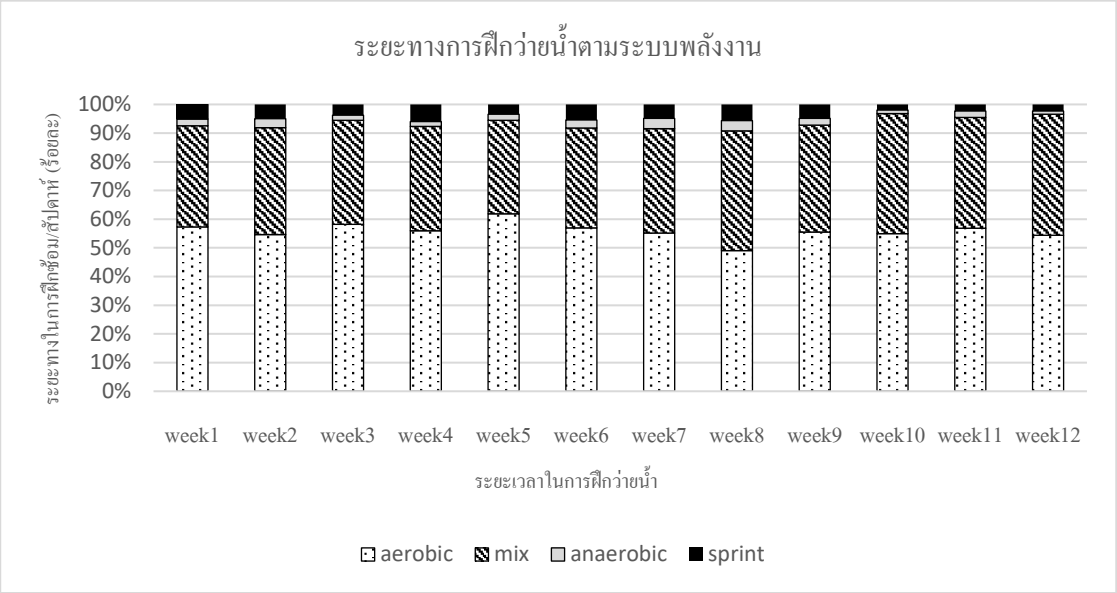
สาเหตุที่ทำให้การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร มีการเปลี่ยนแปลงหลังใช้วิธีการฝึกบนบกโดยมีเวลาลดลง นั่นแสดงถึงความสามารถในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร มีการพัฒนาขึ้นทำให้สามารถว่ายน้ำได้เร็วขึ้น อาจจะเป็นผลมาจากร่างกายมีการเจริญเติบโต มีรูปร่างที่สูงขึ้น ช่วงแขนที่ยาวขึ้น ร่วมกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่มีการพัฒนาขึ้น ดังที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ ทำให้สามารถยืดแขนได้ไกลกว่า และสามารถดึงน้ำได้มากกว่าในทุกสโตรค ส่งผลให้ว่ายน้ำได้เร็วขึ้น และใช้เวลาน้อยลง ดังที่ Rozi, Rahayu, and Daruti (2018) กล่าวว่า ความสูง และความยาวของช่วงแขน จะมีความสำคัญอย่างมากต่อการว่ายน้ำของนักกีฬา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร และ Douda, Toubekis, Georgiou, Gourgoulis, and Tokmakidis (2010) ที่ศึกษาความสามารถในการว่ายน้ำในนักกีฬาว่ายน้ำระดับเยาวชนเพศชายและหญิงในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 50 เมตร และทำการวัดสัดส่วนร่างกาย พบว่า แรงในการว่ายน้ำมีความสัมพันธ์กับความสูง และความยาวของช่วงแขน ซึ่งทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมล้วนแต่มีการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และสัดส่วนร่างกายที่ไม่แตกต่างกัน จึงอาจจะส่งผลให้ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร

อย่างไรก็ตามความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่พัฒนาขึ้นจากการฝึกบนบกอาจจะไม่ส่งผลโดยตรงต่อความเร็วในการว่ายน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับการมีทักษะ และเทคนิคการว่ายน้ำที่ดีจากการฝึกซ้อมว่ายน้ำ ซึ่ง Tanaka, Costill, Thomas, Fink, and Widrick (1993) ได้ศึกษาการฝึกบนบกร่วมกับการว่ายน้ำ 14 สัปดาห์ พบว่า สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลำตัวส่วนบนได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 30 แต่ไม่พบความแตกต่างของความสามารถในการว่ายน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฝึกว่ายน้ำเพียงอย่างเดียว ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงโปรแกรมการฝึกว่ายน้ำของกลุ่มตัวอย่าง (ภาพที่ 21) ที่มี

ปริมาณการฝึก Sprint ในระยะเวลาสั้น ๆ เป็นจำนวนร้อยละ 4 ของระยะทางทั้งหมด ที่มากกว่าคำแนะนำของสมาคมว่ายน้ำประเทศสหรัฐอเมริกา (United State Swimming, 1995) ที่กำหนดให้เยาวชน อายุ 10-12 ปี ทำการฝึก Sprint ในระยะเวลาสั้น ๆ จำนวนร้อยละ 2 ของระยะทางทั้งหมดจึงทำให้กลุ่มตัวอย่างได้การฝึกความเร็ว และทักษะรวมถึงเทคนิคการว่ายน้ำจากการฝึกซ้อมร่วมกับการมีกล้ามเนื้อที่แข็งแรง และมีสัดส่วนร่างกายที่เหมาะสม ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ลดลง

จากการทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิกด้วยการทดสอบการว่ายน้ำ 2 ระยะทาง คือ 50 และ 400 เมตร เพื่อหาความเร็ว คริติคอล สวิม สปีด พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.12 ± 0.13 เมตรต่อวินาที และในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.09 ± 0.10 เมตรต่อวินาที (ตารางที่ 24) ซึ่งทั้ง 4 ระยะของการฝึกบนบก ภายในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 36 และตารางที่ 38 และเมื่อเปรียบเทียบความเร็วคริติคอล สวิม สปีด ของการว่ายน้ำเชิงแอโรบิก ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 49, ตารางที่ 50 และตารางที่ 51)

เมื่อพิจารณาถึงระยะทางการฝึกว่ายน้ำ ทั้ง 12 สัปดาห์ ของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีระยะทางรวม 28,100-31,600 เมตรต่อสัปดาห์ และมีระยะทางเฉลี่ยการฝึกว่ายน้ำในแต่ละครั้งเท่ากับ 2,814 เมตร เมื่อแบ่งตามระบบพลังงานแบบแอโรบิก คิดเป็น 56 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 14 และภาพที่ 21) ซึ่งในการกำหนดการฝึกซ้อมว่ายน้ำสำหรับเยาวชนในช่วงอายุ 10-16 ปี ควรทำการฝึกว่ายในระยะทางรวม 20,000-40,000 เมตรต่อสัปดาห์ (Chatard et al., 1999) หรือระยะทางเฉลี่ย 1,500-3,000 เมตรต่อครั้ง (United State Swimming, 1995) โดยพัฒนาระบบพลังงานแบบแอโรบิก คิดเป็นร้อยละ 60



ภาพที่ 21 จำนวนร้อยละของระยะทางการฝึกซ้อมว่ายน้ำที่จำแนกตามระบบพลังงาน

จากภาพที่ 21 จะเห็นได้ว่า กลุ่มตัวอย่างมีระยะทางการฝึกซ้อมว่ายน้ำ เพื่อพัฒนาระบบพลังงานแบบแอโรบิกที่เหมาะสมสำหรับเยาวชน แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความเร็ว คริติคอล สวิม สปีด ซึ่งเป็นความเร็วที่บ่งชี้ถึงความสามารถในการยืนระยะเชิงแอโรบิกของนักว่ายน้ำ และเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญสำหรับการฝึกซ้อมแบบแอนแอโรบิก (Costa et al., 2009) ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากในการฝึกซ้อมว่ายน้ำของกลุ่มตัวอย่าง ไม่ได้ใช้ความเร็ว Critical velocity เป็นตัวควบคุมความหนักของการฝึกซ้อม ทำให้ในขณะฝึกว่ายน้ำระยะไกลไม่สามารถกระตุ้นระบบพลังงานแบบแอโรบิกได้ (Zarzeczny et al., 2011)

นอกจากนี้ การฝึกซ้อมร่วมกันระหว่างการฝึกว่ายน้ำ และการฝึกบนบก เป็นการฝึกความอดทนร่วมกับการฝึกความแข็งแรงแบบอดทน ซึ่งก็เป็นการฝึกความแข็งแรงชนิดหนึ่ง โดยการฝึกความแข็งแรงของร่างกายจะเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนในเส้นใยกล้ามเนื้อจากการกระตุ้นระบบการส่ง และการรับรู้วิถีการส่งสัญญาณของ Mammalian target of rapamycin (mTOR) ในขณะที่การฝึกความอดทนโดยการว่ายน้ำจะเพิ่มกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนในไมโตคอนเดรียจากการกระตุ้นวิถีการส่งสัญญาณของ Adenosine monophosphate activated protein kinase (AMPK) และ Ca2 +/ calmodulin-dependent kinase II (CaMKII) เมื่อทำการฝึกบนบกควบคู่กับการฝึกว่ายน้ำ AMPK อาจเกิดการยับยั้งหรือลดวิถีการส่งสัญญาณซึ่งกันและกัน จึงทำให้บางครั้งอาจพบการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพเชิงแอโรบิก และบางครั้งอาจไม่พบการเปลี่ยนแปลง (Nelson, 1990)

จากการทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิกด้วยการทดสอบการว่ายน้ำ 2 ระยะทาง คือ 12.5 และ 50 เมตร เพื่อหาความเร็ว แอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 กลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.33 ± 0.21 เมตรต่อวินาที และในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 1.33 ± 0.23 เมตรต่อวินาที ซึ่งทั้ง 4 ระยะของการฝึกบนบก ภายในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 36 และตารางที่ 38 และเมื่อเปรียบเทียบความเร็วแอนแอโรบิก คลิติคอลเวลโลซิตี้ ของการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิกระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 49, ตารางที่ 50 และตารางที่ 51)

การทดสอบความเร็ว แอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ จากการว่ายน้ำระยะสั้นด้วยความเร็วสูงสุด กล้ามเนื้อจะใช้พลังงานแบบระยะสั้น (Short term energy system) ที่เก็บสะสมไว้ในไกลโคเจนของกล้ามเนื้อเป็นหลัก โดยปราศจากการใช้ออกซิเจนซึ่งถือเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงสามารถในการยืนระยะเชิงแอนแอโรบิกในนักว่ายน้ำ และเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญสำหรับการฝึกซ้อมแบบแอนแอโรบิก (Neiva et al., 2011) ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ความเร็ว แอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้ ของการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิก ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก และหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 อาจจะเนื่องมาจากการปรับตัวจากการฝึกซ้อมเชิงแอนแอโรบิกที่มีค่าต่ำในเด็ก ดังที่ Bouchard, Taylor, Simoneau, and Dulac (1989) กล่าวว่า เด็กจะมีการตอบสนองต่อการฝึก เพื่อพัฒนาสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกที่ต่ำ เนื่องจากมีเอนไซม์ (Phosphofructokinase) ในกล้ามเนื้อในกระบวนการสร้างเอทีพี (ATP) ที่ปราศจากออกซิเจน (Anaerobic glycolysis) ที่มีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวัยรุ่นและผู้ใหญ่ ดังนั้น การฝึกบนบก ร่วมกับการฝึกซ้อมว่ายน้ำจึงอาจจะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงเชิงแอนแอโรบิกที่ชัดเจน

นอกจากนี้จากผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมการฝึกว่ายน้ำของกลุ่มตัวอย่างมีระยะทางในการฝึกซ้อมว่ายน้ำในระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกมีค่าเฉลี่ยเพียงร้อยละ 2 ของระยะทางทั้งหมด (ภาพที่ 21) ซึ่งอาจจะเป็นระยะทางที่น้อยเมื่อเทียบกับระยะทางที่ใช้ฝึกซ้อมสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำ อายุ 10-12 ปี ที่ควรมีค่าร้อยละ 8 ของระยะทางทั้งหมด (United State Swimming, 1995) จึงอาจส่งผลให้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความเร็ว แอนแอโรบิก คริติคอล เวลโลซิตี้

3. สภาพโภชนาการ

3.1 สมดุลพลังงาน

จากวิเคราะห์สมดุลพลังงานของกลุ่มตัวอย่างควบคู่กับการฝึกบนบกทั้ง 12 สัปดาห์ พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร (Energy intake) พลังงานพื้นฐานของร่างกาย (BMR) พลังงานรวม

ที่ร่างกายใช้ต่อวัน (TDEE) และความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน (Energy difference) เท่ากับ 1,667.03 ± 251.88 Kcal/ day, 1,489.44 ± 323.05 Kcal/ day, 2,569.28 ± 557.26 Kcal/ day และ -902.25 ± 519.64 Kcal/ day ตามลำดับ โดยพบว่า BMR และ TDEE มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (χ^2 = 15.80, p = .00 และ χ^2 = 15.80, p = .00) ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ Energy Intake, BMR, TDEE และ Energy difference เท่ากับ 1,426.53 ± 441.20 Kcal/ day, 1,442.30 ± 263.57 Kcal/ day, 2,487.96 ± 454.67 Kcal/day, และ -1,061.44 ± 308.24 Kcal/ day ตามลำดับ โดยพบว่า BMR และ TDEE มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (χ^2 = 9.24, p =.03 และ χ^2 = 9.24, p =.03) และเมื่อเปรียบเทียบ Energy intake, BMR, TDEE และ Energy difference ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน

จึงเห็นได้ว่า ตลอดการฝึกทั้ง 12 สัปดาห์ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมต่างได้รับพลังงานจากสารอาหารน้อยกว่าพลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน หรือมีดุลพลังงานเชิงลบ ซึ่งพลังงานจากสารอาหาร และพลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวันจากการฝึกซ้อม และการเจริญเติบโตควรสมดุลกัน เมื่อพลังงานที่ได้รับจากสารอาหารไม่สมดุลกับพลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน ทำให้เกิดความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน คนทั่วไปมีความต้องการพลังงานจากการบริโภคอาหารวันละ 2,000 กิโลแคลอรี่ (Kcal) แต่นักกีฬามีความต้องการพลังงานจากการบริโภคอาหารที่มากกว่า เนื่องจากต้องใช้พลังงานในการฝึกซ้อมและการแข่งขันกีฬา เช่น นักกีฬาฟุตบอล อาชีพที่อยู่ในช่วงกลางฤดูกาลแข่งขัน มีความต้องการพลังงานจากการบริโภคอาหารวันละ 3,000-4,000 กิโลแคลอรี่ (Kcal) (สุกัญญา เจริญวัฒนะ, 2560)

สำหรับนักกีฬาเยาวชน จะมีความต้องการพลังงานที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และฝึกซ้อมกีฬา โดยมีความต้องการพลังงานจากการบริโภคอาหารวันละ 3,500-4,500 กิโลแคลอรี่ (Kcal) ถ้าหากพลังงานที่ได้รับจากสารอาหารมีค่าน้อยกว่าวันละ 2,000 กิโลแคลอรี่ (Kcal) พลังงาน ร้อยละ 60 จากคาร์โบไฮเดรต จะไม่เพียงพอกับการรักษาสมดุลของคาร์โบไฮเดรตที่เก็บไว้ อาจส่งผลทำให้การทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายทำงานผิดปกติ เช่น การเคลื่อนไหวของลำไส้ผิดปกติ คลื่นไส้อาเจียน โดยไม่ทราบสาเหตุ ลมหายใจมีกลิ่นเหม็น ท้องผูก เกิดอาการเมื่อยล้าเรื้อรัง อ่อนเพลีย กล้ามเนื้อเป็นตะคริว การสร้างสารซีโรโตนินลดลง การคิด และการตัดสินใจช้าลง อารมณ์แปรปรวน และเกิดอาการนอนไม่หลับ เป็นต้น (สุกัญญา เจริญวัฒนะ, 2560)

นอกจากนี้ Clemmons et al. (2015) กล่าวว่า สภาพโภชนาการ เช่น สมดุลพลังงานเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระดับของฮอร์โมน IGF-I โดยผู้ที่ได้รับพลังงานที่ไม่เพียงพอกับการใช้หรือการมีดุลพลังงานเชิงลบจะส่งผลให้ระดับของฮอร์โมน IGF-I ทั้งในเด็ก และผู้ใหญ่ มีค่าลดลง

และร่างกายต้องการพลังงาน 20 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม (Kcal/ kg) ถึงจะสามารถรักษาระดับของ IGF-I ให้มีค่าปกติ ดังนั้นการได้รับพลังงานจากสารอาหารที่ไม่เพียงพอ จึงอาจจะส่งผลให้ระดับ IGF-I ในเลือดลดลง ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย และเกิดปัญหาตัวเล็กเตี้ย แคระแกร็น กล้ามเนื้อลีบได้ (สิรวิชญ์ ณิชาโชติสฤษฏ์, 2561)

Vanheest, Rodgers, Mahoney, and De Souza (2014) กล่าวว่า การมีผลต่างของพลังงานที่ได้รับจากสารอาหารหรือพลังงานที่ใช้ต่อวันที่มากจะส่งผลทำให้ระดับของฮอร์โมน IGF-I เปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งการได้รับพลังงานที่ไม่เพียงพอกับการใช้ หรือการมีดุลพลังงานเชิงลบทำให้มีการลดจำนวนของตัวรับฮอร์โมน ส่งผลให้ระดับของฮอร์โมน IGF-I ในเลือดลดลง

สอดคล้องกับ Melin et al. (2015) ที่กล่าวว่า ในนักกีฬาเยาวชน ที่ได้รับสารอาหารที่ไม่เพียงพอต่อการใช้พลังงาน (< 30 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม (Kcal/ kg)) หรือขาดสารอาหารเป็นเวลานานมากกว่า 5 วัน จะส่งผลต่อการทำงานของฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า (Hypothalamic-pituitary-axis hormones) โดยลดการสังเคราะห์และการหลั่ง IGF-I ทำให้การเจริญเติบโตของร่างกายช้ากว่าปกติ เมื่อมีการบริโภคอาหารที่ได้รับพลังงานที่เพียงพออย่างน้อยติดต่อกัน 8 วัน ระดับของฮอร์โมน IGF-I จะกลับคืนสู่ค่าปกติ และในทางตรงกันข้าม การมีความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวันที่น้อยหรือการได้รับสารอาหารที่เหมาะสมในปริมาณที่เพียงพอจะส่งเสริมการสร้าง IGF-I โดยสารอาหารประเภทโปรตีนจะกระตุ้นการสร้าง IGF-I ผ่านทาง GH ที่หลั่งเพิ่มขึ้น ส่วนสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตจะกระตุ้นการสร้างโปรตีนผ่านทางอินซูลินที่เพิ่มขึ้น (สมจิตร์ จารุรัตนศิริกุล, 2544)

และจากผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มต่างได้รับพลังงานจากอาหารที่เพียงพอในการรักษาระดับของฮอร์โมน IGF-I ให้มีค่าปกติ แต่ก็ยังไม่เพียงพอสำหรับการฝึกซ้อมกีฬาหรือการออกกำลังกาย ซึ่งการฝึกบนบกร่วมกับการฝึกซ้อมว่ายน้ำของกลุ่มตัวอย่างทำให้ร่างกายเพิ่มอัตราการเผาผลาญพลังงานที่มาก ดังที่ สุกัญญา เจริญวัฒนะ (2560) กล่าวว่า ในการฝึกกล้ามเนื้อจะทำให้ร่างกายเพิ่มอัตราการเผาผลาญพลังงานมากกว่าคนทั่วไป ร้อยละ 5 และระดับของความหนักแบบปานกลาง และหนักมาก ในการฝึกซ้อมทำให้กล้ามเนื้อเพิ่มอัตราการเผาผลาญพลังงานร้อยละ 8-14 ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างจึงควรต้องเพิ่มการบริโภคอาหารเพื่อให้ได้พลังงานในการรักษาสภาพของการฝึกซ้อมให้มีความสมดุล และคงสมรรถภาพทางการกีฬาไว้ โดยควรมีการเพิ่มขึ้นทั้งปริมาณและสัดส่วนของสารอาหารที่ให้พลังงาน

3.2 สารอาหาร

จากวิเคราะห์การบริโภคสารอาหารของกลุ่มตัวอย่างควบคู่กับการฝึกบนบกทั้ง 12 สัปดาห์ พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน (CHO (g/ day)) เท่ากับ 172.90 ± 43.38 กรัมต่อวัน (g/ day) โดยคิดเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) เท่ากับ 3.77 ± 1.72 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) โดยมีค่าไม่ต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันเท่ากับ 153.58 ± 46.96 กรัมต่อวัน (g/ day) โดยคิดเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัวเท่ากับ 3.77 ± 1.72 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) มีค่าไม่ต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก เมื่อเปรียบเทียบคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน และคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัวระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน

จึงจะเห็นได้ว่า กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีการบริโภคคาร์โบไฮเดรตจากอาหารน้อยกว่าความต่อความต้องการของร่างกายในการใช้พลังงานของนักกีฬาเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักตัว โดยคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่สุด สำหรับนักกีฬา เพราะสามารถย่อยและดูดซึมได้ง่าย รวมถึงร่างกายสามารถนำพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตไปใช้ได้เร็วที่สุด

เมื่อคาร์โบไฮเดรตถูกรับประทานจะถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคส และดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดเพื่อให้พลังงาน ส่วนกลูโคสที่เหลือจะถูกเก็บเป็นพลังงานสำรองในรูปของไกลโคเจนที่ตับและกล้ามเนื้อ (สำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการ, 2549) ดังนั้นหากนักกีฬามีการบริโภคคาร์โบไฮเดรตที่เพียงพอต่อการฝึกซ้อม สารอาหารคาร์โบไฮเดรตจะถูกนำมาสันดาปให้พลังงาน และเก็บสะสมไกลโคเจนไว้มาก จะส่งผลให้นักกีฬามีพลังงานสำรองเก็บไว้มากตามไปด้วย

หากนักกีฬามีการฝึกซ้อมหรือแข่งขันกีฬาประเภททนทาน 1 ชั่วโมงต่อครั้งต่อวัน จะมีความต้องการคาร์โบไฮเดรตประมาณ 5-7 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) แต่กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาที่มีการฝึกซ้อมว่ายน้ำ 1-3 ชั่วโมงต่อครั้งต่อวัน ดังนั้นความต้องการคาร์โบไฮเดรตจะเพิ่มขึ้นเป็น 6-10 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) และหากมีการฝึกซ้อมอย่างหนัก 4-5 ชั่วโมงต่อครั้งต่อวัน ความต้องการคาร์โบไฮเดรตจะเพิ่มสูงขึ้นเป็น 8-12 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) (Vitale & Getzin, 2019) เพื่อนำคาร์โบไฮเดรตมาใช้เป็นพลังงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬา และควรจะได้รับพลังงานจากปริมาณคาร์โบไฮเดรต ไม่น้อยกว่า 100 กรัมต่อวัน (g/ day) เพื่อจะรักษาระดับของฮอร์โมน IGF-I ให้มีค่าปกติ (Clemmons et al., 2015)

ถึงแม้ว่า กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมต่างมีการบริโภคคาร์โบไฮเดรตจากอาหารที่น้อยกว่าความต้องการใช้พลังงานจากการดำเนินชีวิตประจำวัน และฝึกซ้อมกีฬา แต่ก็ยังเพียงพอ

ต่อการรักษาระดับของฮอร์โมน IGF-I ให้มีค่าปกติ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของร่างกายตามวัย

นอกจากนี้การฝึกบนบกร่วมกับการฝึกซ้อมว่ายน้ำเป็นการฝึกที่มีระยะเวลาที่ยาวนาน จึงจำเป็นต้องได้รับพลังงานจากสารอาหารเพิ่มขึ้นเพื่อคงระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อไว้ โดยอาจอยู่ในรูปของเครื่องดื่มที่มีความเข้มข้นของคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 6-8 ทุก ๆ 10-15 นาที ในขณะฝึกซ้อม (Vitale & Getzin, 2019) และในช่วงที่มีการฝึกซ้อมที่หนักมาก อาจเพิ่มการบริโภคอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงในระหว่างมื้อเป็นอาหารว่าง โดยให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 1 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (สิรวิชญ์ ณิชาโชติสฤษฏ์, 2561) ซึ่งสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตสามารถพบได้ในอาหารประเภทแป้ง และน้ำตาล เช่น ข้าวเจ้า เผือก มัน และผลไม้ต่าง ๆ และนักกีฬาควรได้รับคาร์โบไฮเดรต คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 55-60 ของพลังงานที่ได้รับในแต่ละวัน ซึ่งความต้องการคาร์โบไฮเดรตของนักกีฬาจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัว ระดับความหนัก และระยะเวลาในการฝึกซ้อมหรือแข่งขันกีฬา

จากผลการวิจัย นักกีฬาโดยส่วนใหญ่มักจะรับประทานอาหารประเภทข้าวทั้ง 3 มื้อ และไม่ดื่มเครื่องดื่มที่ให้พลังงานในขณะฝึกซ้อม ดังนั้นการได้รับคาร์โบไฮเดรตที่น้อยกว่าความต้องการใช้พลังงานอาจจะส่งผลต่อการเปลี่ยนกรดไขมันให้เป็นกลูโคส ส่งผลให้คีโตนบอดีเพิ่มจำนวนมาก ซึ่งหากมีเป็นจำนวนมาก จะส่งผลให้เลือดมีความเป็นกรด กล้ามเนื้อจะเกิดอาการล้า และทำให้ไตต้องทำงานหนักเพิ่มขึ้นเพื่อขับสารคีโตนออกจากร่างกาย และถ้าหากร่างกายอยู่ในภาวะนี้บ่อยครั้ง ก็จะทำให้เกิดอ่อนเพลีย หอบเหนื่อย หรือช็อคจนหมดสติ (Vitale & Getzin, 2019)

จากวิเคราะห์การบริโภคสารอาหารของกลุ่มตัวอย่างควบคู่กับการฝึกบนบกทั้ง 12 สัปดาห์ พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน (FAT (g/ day)) เท่ากับ 70.67 ± 12.26 g/ day ซึ่งมีค่าไม่ต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของไขมันที่ได้รับในแต่ละวันเท่ากับ 70.67 ± 12.26 g/ day ซึ่งมีค่าไม่ต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก และเมื่อเปรียบเทียบไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีการบริโภคไขมันจากสารอาหารในปริมาณที่มาก (ร้อยละ 38) ซึ่งกรมอนามัย (2546) ได้กำหนดให้เด็ก อายุ 4-18 ปี ควรได้รับพลังงานจากไขมันในปริมาณร้อยละ 25-35 ของพลังงานทั้งหมดที่ร่างกายได้รับต่อวัน โดยสารอาหารประเภทไขมันทำหน้าที่เป็นแหล่งของพลังงานในรูปของไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งร่างกายกำจัด หรือนำไขมันโคโลไมครอน จากเลือดเข้าสู่ตับ และย่อยไคโลไมครอนด้วยน้ำย่อยไลโปโปรตีนไลเปส (Lipoprotein lipase) จากเนื้อเยื่อไขมันและกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ไตรกลีเซอไรด์ในไคโลไมครอนถูกเปลี่ยนให้เป็นกรดไขมันอิสระ และถูกเก็บไว้ในเนื้อเยื่อไขมันและกล้ามเนื้อ

โดยทั่วไปแล้วสามารถพบสารอาหารประเภทไขมันจากพืช และจากสัตว์ น้ำมันปลา เนย งา เป็นต้น สามารถพบได้ในเลือดภายหลังรับประทานอาหาร และจะถูกทำให้หมดไปจากพลาสมาในเวลาไม่ถึงชั่วโมง (สุกัญญา เจริญวัฒนะ, 2560) นอกจากนี้ไขมันยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อเยื่อประสาท และเส้นประสาท โดยเฉพาะการหุ้มเส้นประสาท เมื่อถูกสั่งจากสมองและไขสันหลังไปยังกล้ามเนื้อ และอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย จะช่วยให้เส้นประสาททำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ไขมันในร่างกายจะถูกนำมาใช้เป็นพลังงานเมื่อมีการออกกำลังกายที่ต่อเนื่องและยาวนาน และบางส่วนจะถูกสะสมไว้ที่ชั้นไขมันใต้ผิวหนังตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น บริเวณสะโพก หรือบริเวณต้นขา เพื่อให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย ไขมันเป็นแหล่งพลังงานของร่างกายเมื่อมีการฝึกซ้อมกีฬาหรือออกกำลังกายเป็นระยะเวลาที่ยาวนานด้วยความหนักที่ต่ำ นักกีฬาควรจำกัดปริมาณการบริโภคไขมัน เนื่องจากไขมันจะให้พลังงานที่สูงกว่าคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน และการบริโภคอาหารที่มีไขมันมากเกินไปก่อนการแข่งขันทำให้ประสิทธิภาพการแข่งขันลดลงได้ (สำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการ, 2549)

จากผลการวิจัยพบว่า ทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม มีเปอร์เซ็นต์ไขมัน และมวลไขมันที่มาก ถึงแม้ว่าจะมีการฝึกบนบกร่วมกับการฝึกซ้อมว่ายน้ำที่มีระยะเวลาการฝึกที่ยาวนาน อาจจะเนื่องมาจาก มีการรับประทานอาหารที่มีสัดส่วนของไขมันที่มาก และส่วนใหญ่เป็นอาหารประเภททอด ทำให้มีการสะสมไขมันในร่างกายที่มากด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับ Maccario, Larose, and Vogel (1999) กล่าวว่า การบริโภคอาหารที่มีปริมาณไขมันที่มากจะทำให้เกิดการสะสมไขมันในร่างกายมากกว่าปกติ และทำให้เกิดโรคอ้วนได้ นอกจากนี้ยังพบว่า ในหนูทดลองที่อ้วน ระดับของ IGF-I จะมีค่าลดลง เนื่องจากกรดไขมันอิสระจะยับยั้งการหลั่งของฮอร์โมน Somatotropin และอาจส่งผลให้มีการหลั่ง IGF-I ในตับลดลง

และในทางตรงข้ามการได้รับปริมาณไขมันจากการบริโภคอาหารที่น้อยเกินไป จะเกิดการได้รับกรดไขมันที่จำเป็น (กรดไลโนเลอิก-กรดไลโนเลนิก) ไม่เพียงพอ ทำให้เกิดปัญหาทางผิวหนัง โดยเฉพาะโรค Eczema ที่มักจะพบมากในวัยเด็ก ซึ่งจะมีอาการผิวหนังบางกว่าปกติ และเมื่อเกิดการเสียดสี อาจทำให้เกิดการอักเสบและติดเชื้อได้ง่าย รวมถึงส่งผลให้การเติบโตหยุดชะงักไม่เป็นไปตามวัย ดังนั้นนักกีฬา และผู้ปกครองจึงควรให้ความสำคัญต่อการเลือกชนิดของอาหาร และควรคำนึงถึงสารอาหารที่จะได้รับจากการบริโภคอาหารในแต่ละมื้อ

จากวิเคราะห์การบริโภคสารอาหารของกลุ่มตัวอย่างควบคู่กับการฝึกบนบกทั้ง 12 สัปดาห์ พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของโปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน (PRO (g/ day)) เท่ากับ 84.05 ± 12.25 กรัมต่อวัน (g/ day) คิดเป็นโปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) เท่ากับ 1.76 ± 0.56 กรัมต่อ

กิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) เป็นโปรตีนจากสัตว์เท่ากับ 63.20 ± 12.69 กรัมต่อวัน (g/ day) และเป็นโปรตีนจากพืชเท่ากับ 11.64 ± 6.86 กรัมต่อวัน (g/ day) ซึ่งมีค่าไม่ต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของโปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันเท่ากับ 67.75 ± 18.80 กรัมต่อวัน (g/ day) คิดเป็นโปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัวเท่ากับ 1.43 ± 0.31 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) เป็นโปรตีนจากสัตว์เท่ากับ 47.15 ± 14.81 กรัมต่อวัน (g/ day) และเป็นโปรตีนจากพืชเท่ากับ 10.21 ± 2.92 กรัมต่อวัน (g/ day) โดยมีค่าไม่ต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก

เมื่อเปรียบเทียบโปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืชระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีการบริโภคโปรตีน จากสารอาหารที่เพียงพอกับความต้องการ โดยปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน (Dietary reference intake [DRI]) ของโปรตีนในเด็กชายช่วงอายุ 9-15 ปี เท่ากับ 0.80-0.87 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) เมื่อมีการออกกำลังกายหรือฝึกซ้อมกีฬาร่างกายจะมีความต้องการโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 0.8-2.0 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) (World Health Organization, 2017)

โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อร่างกายเป็นอย่างมาก ทำหน้าที่เสริมสร้างการเจริญเติบโต และซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของอวัยวะต่าง ๆ และทำหน้าที่ในการช่วยให้พลังงานแก่ร่างกาย ซึ่งโดยปกติแล้วหากร่างกายได้รับพลังงานน้อยมากหรือไม่เพียงพอสำหรับความต้องการ ทำให้เกิดการแตกตัวของกรดอะมิโนจากกล้ามเนื้อเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน อย่างไรก็ตามร่างกายมักจะไม่นำโปรตีนมาใช้เพื่อให้พลังงานมากนัก เพราะหากได้รับปริมาณโปรตีนจากอาหารไม่เพียงพออาจทำให้ร่างกายขาดโปรตีนสำหรับทำหน้าที่อื่น ๆ ที่สำคัญได้ นอกจากนี้เมื่อร่างกายได้รับโปรตีนในปริมาณที่มากเกินความจำเป็น ก็อาจถูกเปลี่ยนเป็นไขมัน และเกิดการสะสมไขมันในเนื้อเยื่อของร่างกายได้เช่นเดียวกัน (กรมอนามัย, 2546)

สารอาหารประเภทโปรตีนสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ โปรตีนจากสัตว์และโปรตีนจากพืช ซึ่งโดยทั่วไปแล้วโปรตีนที่มาจากสัตว์สามารถดูดซึมได้ง่ายกว่า และมีกรดอะมิโนที่จำเป็น ดังนั้นการได้รับโปรตีนทั้งจากพืช และสัตว์ในมื้อเดียวกัน จะทำให้ได้คุณภาพของโปรตีนที่ดีมากยิ่งขึ้น แต่โปรตีนที่มาจากเนื้อสัตว์จะมีปริมาณของไขมันอิ่มตัวมากที่กว่าโปรตีนจากพืช จึงอาจจะทำให้เกิดภาวะคลอเลสเตอรอลในเลือดสูงขึ้นได้ ดังนั้นจึงควรเลือกบริโภคเนื้อสัตว์ที่มีไขมันต่ำ และควรบริโภคอาหารให้หลากหลาย เพื่อให้ได้กรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วน

จากผลการวิจัยจะพบว่า ทั้งกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองมีการบริโภคโปรตีนทั้งจากสัตว์ และจากพืชแต่มีการบริโภคโปรตีนจากสัตว์มากกว่าจากพืช จึงมีโอกาสได้รับกรดอะมิโน

จำเป็นครบถ้วนทำให้การสังเคราะห์โปรตีนต่าง ๆ ทำได้ดี เนื่องจากมีกรดอะมิโนอย่างครบถ้วน และในปริมาณที่เหมาะสม ทำให้ช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

และจากผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างต้องมีการฝึกซ้อมว่ายน้ำซึ่งร่วมกับการฝึกบนบก จึงต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น และมีการสูญเสียไนโตรเจนทางผิวหนังมากขึ้น ความต้องการโปรตีนจึงสูงขึ้นกว่าปกติ ดังนั้นร่างกายจะมีความต้องการโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 1.2-1.4 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) (American Dietetic Association, 2009) เพื่อใช้เป็นพลังงาน และใช้ในการซ่อมแซมกล้ามเนื้อส่วนที่สึกหรอและช่วยให้ร่างกายเก็บสะสมไกลโคเจน รวมถึงกระตุ้นการสร้างโปรตีนในร่างกาย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกซ้อม และแข่งขันกีฬา

นอกจากนี้ร่างกายควรได้รับโปรตีนไม่น้อยกว่า 0.6 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) จึงจะทำให้การรักษาระดับของฮอร์โมน IGF-I มีค่าปกติ และหากร่างกายได้รับโปรตีนน้อยกว่า 0.5 กรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (g/ kg/ day) จะส่งผลให้ระดับของฮอร์โมน IGF-I ลดลง (Clemmons et al., 2015) โดยการไหลเวียนของ IGF-I ส่วนใหญ่จะมีการจับกับโปรตีนอยู่ในรูปของ IGFBPs ทำให้ IGF มีค่าครึ่งชีวิตที่ยาว และมีระดับความเข้มข้นในกระแสเลือดที่คงที่ (สมจิตร์ จารุรัตนศิริกุล, 2544) ดังนั้นสารอาหารประเภทโปรตีนจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระดับของฮอร์โมน IGF-I และจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเยาวชน

3.3 แร่ธาตุจากอาหาร

จากการวิเคราะห์การบริโภคแร่ธาตุจากอาหารของกลุ่มตัวอย่างควบคู่กับการฝึกบนบกทั้ง 12 สัปดาห์ พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแคลเซียม 995.90 ± 357.37 มิลลิกรัม (mg) ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแคลเซียม เท่ากับ 666.70 ± 338.93 มิลลิกรัม (mg) ซึ่งทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีการบริโภคแคลเซียมจากอาหารไม่ต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก

เมื่อเปรียบเทียบแคลเซียมระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันแต่หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่า กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีการบริโภคแคลเซียมที่ต่ำกว่าปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน (DRI) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,000 มิลลิกรัมต่อวัน (mg/ day) (กรมอนามัย, 2546)

โดยทั่วไปแล้วแคลเซียมสามารถบริโภคได้จากอาหารประเภทนม ปลา และจากผักผลไม้สีเขียว ซึ่งแคลเซียมนั้นเป็นแหล่งที่สำคัญของการเจริญเติบโตเสริมสร้างความแข็งแรงของกระดูก การได้รับแคลเซียมในปริมาณที่ไม่เหมาะสม และไม่เพียงพอจะทำให้เกิดความเสี่ยง

ด้านสุขภาพต่อนักกีฬาเยาวชนทั้งในปัจจุบัน และในอนาคต เนื่องจากแคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกาย หากเกิดการภาวะขาดแคลเซียมจะส่งผลต่อการเคลื่อนไหว และการออกกำลังกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากการขาดแคลเซียมเกิดขึ้นภายใน Sarcoplasmic reticulum (SR) จะทำให้เกิดภาวะเมื่อยล้าของเส้นใยกล้ามเนื้อ และจะเพิ่มการสูญเสียแคลเซียมภายใน SR ขึ้น โดยกลไกของการขาดแคลเซียมเริ่มขึ้นในช่วงของการกระตุ้น Extracellular K^+ ของ Action potential ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแคลเซียมมีค่าลดลง ทำให้สารอนินทรีย์ฟอสเฟตเข้าไปร่วมกับแคลเซียม ใน SR และทำให้เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อขึ้น และส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเล่นกีฬา (Allen, Lemb, & Westerblad, 2008 อ้างถึงใน เอนก สูตรมงคล และคณะ, 2555)

นอกจากนี้ การได้รับปริมาณแคลเซียมที่ไม่เพียงพอยังส่งผลต่อพัฒนาการ และการเสริมสร้างกระดูก และมีความเกี่ยวข้องต่อการทำงานของกล้ามเนื้อที่อาจทำให้กล้ามเนื้อชักกระตุกและเป็นตะคริวได้ (Nazni & Vimala, 2010)

จากผลการทดลองพบว่า กลุ่มทดลอง ร้อยละ 69.20 บริโภคนมหวาน/ นมปรุงแต่ง น้อยกว่า 1 วันต่อสัปดาห์ และร้อยละ 61.50 มีการบริโภคนมพร่องมันเนย 3 วันต่อสัปดาห์ ในขณะที่กลุ่มควบคุม ร้อยละ 52.30 มีการบริโภคนมหวาน/ นมปรุงแต่ง น้อยกว่า 1 วันต่อสัปดาห์ และร้อยละ 33.80 มีการบริโภคนมพร่องมันเนย 3 วันต่อสัปดาห์ จึงจะเห็นได้ว่าทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยส่วนใหญ่จะไม่ได้บริโภคนมทุกวัน ถึงแม้ว่าโรงเรียนจะจัดนมให้นักเรียนดื่มก็ตาม ซึ่งผลิตภัณฑ์จากนมนั้นเป็นแหล่งอาหารที่พบแคลเซียมได้มาก

สอดคล้องกับการศึกษาของ วิชยาภา เอี่ยมสวาง, จีรนันท์ แกล้วกล้า, กฤตกรณ์ ประทุมวงษ์, และเอกราช บำรุงพืชน์ (2557) ที่ศึกษาการได้รับพลังงานและสารอาหารของนักเรียนในโรงเรียนกีฬากรุงเทพมหานคร พบว่า นักเรียนในโรงเรียนกีฬาได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอกับปริมาณที่ควรได้รับต่อวัน และเมื่อร่างกายได้รับปริมาณของแคลเซียมที่น้อยเกินไป จะเกิดการสกัดกั้นแคลเซียมที่กำลังจะขับออกจากร่างกายเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ และตับจะปล่อยวิตามินดีออกมาเพื่อกระตุ้นให้มีการดูดซึมแคลเซียมจากอาหารมากขึ้น รวมถึงร่างกายจะมีการนำเอาแคลเซียมในกระดูกออกมาใช้ และอาจมีผลต่อความแข็งแรงของกระดูก ปริมาณมวลกระดูก และมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนได้เมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุอีกด้วย

จากการวิเคราะห์การบริโภคแร่ธาตุจากอาหารของกลุ่มตัวอย่างควบคู่กับการฝึกบนบก ทั้ง 12 สัปดาห์ พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุเหล็ก (Fe) เท่ากับ 7.63 ± 3.49 มิลลิกรัม (mg) ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของธาตุเหล็ก เท่ากับ 7.82 ± 0.82 มิลลิกรัม (mg) ซึ่งทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีการบริโภคธาตุเหล็กจากอาหารไม่ต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก และเมื่อเปรียบเทียบธาตุเหล็กระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน โดยพบว่า กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีการบริโภคธาตุเหล็ก จากอาหารที่ต่ำกว่าปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน (DRI) ของเด็กชาย อายุ 9-15 ปี ซึ่ง กรมอนามัย (2546) ได้กำหนดเท่ากับ 11.8-14.00 มิลลิกรัมต่อวัน (mg/ day) โดยธาตุเหล็กเป็นแร่ธาตุที่มีอยู่ในร่างกายประมาณ 40-50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรืออยู่ในเม็ดเลือดแดง ร้อยละ 55-60 อยู่ในกล้ามเนื้อ ร้อยละ 3 และเก็บสะสมในตับ ม้าม ไขกระดูก และไต โดยมีบทบาทสำคัญต่อร่างกายในการผลิตเม็ดเลือดแดงในรูปของฮีโมโกลบิน และไมโอโกลบินที่ทำหน้าที่ลำเลียงออกซิเจนไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ในปฏิกริยาออกซิเดชั่น และรีดักชันในกระบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน เช่น เอนไซม์คะตะเลส เป็นต้น (ธนานันต์ โรจนศศิธรา, 2545)

โดยทั่วไปแล้วเม็ดเลือดแดงมีอายุประมาณ 120 วัน หลังจากนั้นเม็ดเลือดแดงจะถูกทำลาย และธาตุเหล็กจะถูกปล่อยออกมา และนำกลับไปใช้ใหม่ในการสร้างฮีโมโกลบินและเม็ดเลือดแดงใหม่อีกครั้ง ปกติร่างกายจะมีการดูดซึมเหล็กประมาณร้อยละ 10 ของเหล็กที่มีอยู่ในอาหาร แต่ในสภาวะที่ร่างกายมีการสูญเสียเลือด และมีการสร้างเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้น ร่างกายจะมีการดูดซึมเหล็กจากอาหารมากขึ้นจนร่างกายมีปริมาณที่เพียงพอ

ธนานันต์ โรจนศศิธรา (2545) กล่าวว่า ในแต่ละวันร่างกายจะมีการสูญเสียธาตุเหล็กประมาณวันละ 1-2 มิลิกรัม ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างจึงควรได้รับธาตุเหล็กที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน เพื่อเป็นการรักษาสมดุลของธาตุเหล็ก ซึ่งความต้องการธาตุเหล็กจากอาหารของแต่ละบุคคลนั้นขึ้นอยู่กับเพศ อายุ และสภาพร่างกาย โดยสารอาหารสำคัญที่เกี่ยวข้องในกระบวนการสร้างเม็ดเลือดแดง ได้แก่ ธาตุเหล็ก กรดโฟลิก และวิตามิน B12 และแหล่งอาหารที่มีปริมาณธาตุเหล็กสูง ได้แก่ เนื้อสัตว์ ตับ ไข่ อาหารทะเล เป็นต้น ดังนั้นการขาดสารอาหารชนิดใดชนิดหนึ่ง จึงส่งผลให้การสร้างเม็ดเลือดแดงลดน้อยลง หรือถ้าขาดสารอาหารเหล่านี้ในขั้นรุนแรง จะทำให้เกิดภาวะโลหิตจางได้

ธาตุเหล็กมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตทางด้านร่างกาย และมีผลต่อพัฒนาการทางสมอง สติปัญญา ในเด็กที่มีภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กนั้น ส่งผลเสียต่อศักยภาพการเรียนรู้ ทำให้เด็กไม่สามารถเรียนรู้ และมีพัฒนาการได้เท่ากับเด็กปกติ และเนื่องช่วงอายุของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 9-15 ปี เป็นช่วงอายุที่ร่างกายมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ในระยะนี้ร่างกายจะมีการสร้างเม็ดเลือดแดงอย่างรวดเร็วเพื่อให้ปริมาณของเลือดเพียงพอกับการขยายตัวของพลาสม่า เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของฮีโมโกลบินไว้ หากได้รับธาตุเหล็กจากอาหารไม่เพียงพอจะส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยทำให้ไมโอโกลบินลดลง ส่งผลให้ขนาดของเม็ดเลือดแดงเล็กลงมาก จนทำให้ไม่สามารถนำออกซิเจนไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ร่างกาย

มีความอ่อนเพลียผิดปกติ ดังนั้นธาตุเหล็กจึงมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตทางด้านร่างกาย พัฒนาการทางสมอง สติปัญญา และส่งผลต่อการฝึกซ้อมว่ายน้ำที่ต้องใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญพลังงานเพื่อให้สามารถทำการฝึกซ้อมและแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการวิเคราะห์การบริโภคแร่ธาตุจากอาหารของกลุ่มตัวอย่างควบคู่กับการฝึกบนบกทั้ง 12 สัปดาห์ พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟอสฟอรัส (P) เท่ากับ 1101.26 ± 244.03 มิลลิกรัม (mg) ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟอสฟอรัส เท่ากับ 732.07 ± 342.13 มิลลิกรัม (mg) ซึ่งทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีการบริโภคฟอสฟอรัสจากอาหารไม่ต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก และเมื่อเปรียบเทียบฟอสฟอรัส ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน โดยพบว่า กลุ่มทดลองมีการบริโภคฟอสฟอรัสจากอาหารที่สูงกว่าปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน (DRI) ของเด็กชาย อายุ 9-15 ปี เล็กน้อย และกลุ่มควบคุมมีการบริโภคฟอสฟอรัส จากอาหารที่ต่ำกว่า DRI ซึ่ง กรมอนามัย (2546) ได้กำหนด DRI ของฟอสฟอรัสในเด็กชาย อายุ 9-15 ปี คือ 1,000 มิลลิกรัมต่อวัน (mg/ day)

ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่สำคัญหลายชนิดในร่างกาย เช่น กรดนิวคลีอิค (Nucleic acid) ฟอสโฟไลปิด (Phospholipid) และเป็นส่วนประกอบของ Adenosine monophosphate (AMP), Adenosine diphosphate (ADP), และ Adenosine triphosphate (ATP) เป็นต้น (กรมอนามัย, 2546) ฟอสฟอรัสสามารถพบได้ในอาหารที่มีโปรตีนสูง ประเภทเนื้อสัตว์ เป็ด ไข่ ไก่ และปลา โดยฟอสฟอรัสที่อยู่ในร่างกายจะพบในรูปของฟอสเฟต และประมาณร้อยละ 85-90 ของฟอสฟอรัสที่พบในร่างกายทั้งหมดจะเป็นส่วนประกอบของกระดูก และฟัน โดยจับกับแคลเซียมเป็นผลึกไฮดอกซีอะพาไทท์ (Hydroxyapatite) ทำให้กระดูก และฟันแข็งแรง และอีกประมาณร้อยละ 11 จะเป็นองค์ประกอบของกล้ามเนื้อ เลือด และของเหลวในร่างกาย สำหรับในเลือดจะพบฟอสฟอรัสประมาณ 35-40 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงปริมาณตามสารอาหารที่ได้รับในแต่ละวัน

เมื่อร่างกายได้รับฟอสฟอรัสในปริมาณที่น้อยเกินไป โดยเฉพาะเมื่อมีภาวะการขาดวิตามิน D และแคลเซียมร่วมด้วย จะส่งผลให้การเจริญเติบโตช้าลง โดยเฉพาะในวัยเด็ก และทำให้กระดูกและฟันไม่แข็งแรง เนื่องจากวิตามิน D ช่วยการดูดซึมฟอสฟอรัสกลับที่ไต โดยส่วนใหญ่แล้วการขาดฟอสฟอรัสจะพบร่วมกับการขาดแร่ธาตุอื่น ๆ เสมอ ส่วนการขาดฟอสฟอรัสเพียงอย่างเดียวมักจะพบไม่มากนัก นอกจากในคนที่มีความผิดปกติหรือคนที่กินยาลดกรดที่มีส่วนประกอบของสารอลูมินัมไฮดรอกไซค์ (Aluminum hydroxide) เป็นระยะเวลานานอย่างต่อเนื่อง เพราะจะลดการดูดซึมฟอสฟอรัสของร่างกาย จนทำให้ขาดฟอสฟอรัสได้ในที่สุด

อาการของผู้ขาดฟอสฟอรัส คือ อ่อนเพลีย ปวดกระดูก ซึ่งอาการเหล่านี้จะหายไปเมื่อร่างกายได้รับปริมาณฟอสฟอรัสที่เพียงพอ และโรคจากการขาดฟอสฟอรัส ได้แก่ โรคเหงือกอักเสบและโรคกระดูกอ่อนในเด็ก ซึ่งก็จะทำให้มีอาการหายใจผิดปกติ เหนื่อยล้าง่ายและในบางคนก็อาจมีน้ำหนักลดหรือเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอีกด้วย ส่วนการได้รับฟอสฟอรัสมากเกินความต้องการของร่างกาย จะส่งผลให้แคลเซียมถูกดึงออกจากกระดูก เพื่อนำไปใช้ในการลดระดับฟอสฟอรัสในเลือด ส่งผลให้กระดูกบาง เปราะ และกระดูกหักได้ง่าย

3.4 วิตามินจากอาหาร

จากวิเคราะห์การบริโภควิตามินจากอาหารของกลุ่มตัวอย่างควบคู่กับการฝึกบนบกทั้ง 12 สัปดาห์ พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของวิตามิน B1 เท่ากับ 1.35 ± 0.45 มิลลิกรัม (mg) ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของวิตามิน B1 เท่ากับ 0.99 ± 0.33 มิลลิกรัม (mg) และเมื่อเปรียบเทียบวิตามิน B1 ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน และพบว่า กลุ่มทดลองมีการบริโภควิตามิน B1 จากอาหารที่สูงกว่าปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน (DRI) ของเด็กชายอายุ 9-15 ปี เล็กน้อย และกลุ่มควบคุมมีการบริโภควิตามิน B1 จากอาหารในปริมาณที่เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันของเด็กชายอายุ 9-15 ปี ซึ่ง กรมอนามัย (2546) ได้กำหนดเท่ากับ 0.9-1.2 มิลลิกรัมต่อวัน (mg/ day)

วิตามิน B1 หรือ Thiamine เป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ สามารถสะสมในร่างกายได้ 30 วัน หลังจากนั้นจะถูกขับออกจากร่างกายผ่านทางไตแล้วขับออกไปกับปัสสาวะ ไม่เก็บสะสมไว้ในร่างกาย และมนุษย์ไม่สามารถสร้างวิตามินชนิดนี้ได้เอง จึงต้องการวิตามิน B1 จากอาหารที่รับประทานอย่างสม่ำเสมอ ในร่างกายจะมีวิตามิน B1 อยู่ในกล้ามเนื้อ และกระจายอยู่ในตับ ไต หัวใจ สมอง และเนื้อเยื่อระบบประสาท ในรูปของ Thiamine pyrophosphate (TPP) ร้อยละ 80 โดยทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ หรือเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยในกระบวนการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และกรดอะมิโนชนิดโซ่กิ่งทำให้สามารถนำไปสร้างพลังงานให้ร่างกายสามารถทำงานได้ และอีกร้อยละ 10 อยู่ในรูป Thiamine triphosphate (TTP) ซึ่งหากร่างกายขาด TPP จะทำให้ Pyruvate เข้า Kreb’s cycle ไม่ได้ และจะเปลี่ยนเป็นกรดแลกติก (Lactic acid) ส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าขึ้น และที่เหลือร้อยละ 10 จะอยู่ในรูป Thiamine monophosphate (TMP) และ Free thiamine และเป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์ประสาท (Neural membrane) (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2562)

ดังนั้นวิตามิน B1 จึงทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์หรือเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยในกระบวนการเผาผลาญ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และกรดอะมิโนชนิดโซ่กิ่ง ทำให้สามารถนำไปสร้างพลังงานให้ร่างกาย และยังสำคัญต่อการทำงานของสมอง และระบบประสาท โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการนำกระแสประสาท แหล่งอาหารที่พบวิตามิน B1 ในปริมาณมาก ได้แก่ ข้าวกล้อง ถั่ว งา จมูกข้าวสาลี นมถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวัน และเนื้อหมู

จากผลการทดลอง กลุ่มตัวอย่างมีการบริโภคอาหารที่มีวิตามิน B1 ในปริมาณที่เหมาะสม แต่ร่างกายต้องใช้วิตามิน B1 ในการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ไขมันและกรดอะมิโนชนิดโซ่กิ่งในปริมาณมาก เพื่อนำมาใช้เป็นพลังงาน เนื่องจากมีการซ้อมว่ายน้ำเป็นระยะเวลายาวนาน มีการใช้พลังงานที่มาก รวมถึงร่างกายมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้มีภาวะการเพิ่ม Metabolism ของร่างกาย ร่างกายจึงจำเป็นต้องใช้วิตามิน B1 มาก เพื่อเพิ่มการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตจึงทำให้มีความเสี่ยงต่อการขาดวิตามิน B1

อาการสำคัญที่พบได้จากการขาดวิตามิน B1 ได้แก่ กล้ามเนื้ออ่อนแรง หายใจเหนื่อย แน่นหน้าอกหรือเจ็บหน้าอก ชา ปวดกล้ามเนื้อ บวม และเกิดตะคริวเนื่องจากขาดพลังงานเพราะ Pyruvate เปลี่ยนเป็น Acetyl CoA ได้น้อย และนำ Acetyl CoA ไปสังเคราะห์เป็น Acetylcholine ได้น้อยลง ทำให้ประสาทมีความไวน้อยลง และส่งผลโดยตรงต่อการฝึกซ้อมกีฬาหรือออกกำลังกาย

จากวิเคราะห์การบริโภควิตามินจากอาหารของกลุ่มตัวอย่างควบคู่กับการฝึกบนบกทั้ง 12 สัปดาห์ พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานวิตามิน B2 เท่ากับ 2.10 ± 0.54 มิลลิกรัม (mg) ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของวิตามิน B2 เท่ากับ 1.55 ± 0.61 มิลลิกรัม (mg) และเมื่อเปรียบเทียบวิตามิน B2 ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน โดยพบว่า กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีการบริโภควิตามิน B2 จากอาหารที่สูงกว่าปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน (DRI) ของเด็กชายอายุ 9-15 ปี ซึ่ง กรมอนามัย (2546) ได้กำหนดค่าเท่ากับ 0.9-1.3 มิลลิกรัมต่อวัน (mg/ day)

วิตามิน B2 หรือ ไรโบเฟลวิน (Riboflavin) ในร่างกายจะอยู่ในรูปของ FAD (Flavin adenine dinucleotide) ทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ในระบบถ่ายทอดอิเล็กตรอน ช่วยให้เอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส (Dehydrogenase) ทำหน้าที่โยกย้ายไฮโดรเจนจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่ง นอกจากนี้ วิตามิน B2 ยังอยู่ในรูปของ FMN (Flavin mononucleotide) รับอิเล็กตรอน และไฮโดรเจนไอออน กลายเป็น $FMNH_2$ และ $FADH_2$ ในกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในไมโทคอนเดรียเพื่อให้ได้พลังงานออกมาในรูปของ ATP และถูกส่งไปยังกระแสเลือด และเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย (Anderson & Silva, 1995) จึงมีส่วนสำคัญในกิจกรรมการฝึกซ้อมหรือการออกกำลังกายแบบแอโรบิก

กลุ่มตัวอย่างอยู่ในวัยที่มีการเจริญเติบโตของร่างกายอย่างรวดเร็ว และมีการฝึกซ้อมกีฬา จึงมีความต้องการวิตามินบี 2 เพื่อใช้ในปฏิกิริยาการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน และใช้ในการสร้างพลังงานให้กับร่างกาย และ Beunen and Malina (1988) กล่าวว่า การบริโภควิตามินเป็นอาหารเสริมนั้นไม่ส่งผลต่อความสามารถในการยืนระยะเชิงแอโรบิกแต่อย่างใด

กลุ่มตัวอย่างโดยส่วนใหญ่จะมีการบริโภควิตามิน B2 ในปริมาณที่เพียงพอ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว จะไม่ค่อยพบนักกีฬาที่มีภาวะการขาดวิตามิน B2 เมื่อเปรียบเทียบกับภาวะการขาดวิตามิน B1 (Bunt, 1986) อาหารที่พบวิตามิน B2 ได้มากที่สุด ก็คือ เนื้อสัตว์ ไข่ ตับ และผักใบเขียว และการขาดวิตามินบี 2 นั้น ส่วนใหญ่จะเกิดจากการทานอาหารที่มีเนื้อสัตว์และผักน้อยเกินไป รวมถึง คนที่เลือกทานอาหาร ทำให้ได้รับสารอาหารไม่ครบถ้วน และมีภาวะการขาดวิตามิน B2 ทำให้เกิดอาการ ตาไวต่อแสงแดด และอาจพร่าเลือนเมื่ออยู่ในที่ที่มีแสงสว่าง และริมฝีปากแห้งและแตก เกิดภาวะของปากนกกระจอก (Angular stomatitis) เป็นต้น

จากวิเคราะห์การบริโภควิตามินจากอาหารของกลุ่มตัวอย่างควบคู่กับการฝึกบนบกทั้ง 12 สัปดาห์ พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานวิตามิน B6 เท่ากับ 1.31 ± 0.41 มิลลิกรัม (mg) ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของวิตามิน B6 เท่ากับ 0.93 ± 0.30 มิลลิกรัม (mg) และเมื่อเปรียบเทียบวิตามิน B6 ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน โดยกลุ่มทดลองมีการบริโภควิตามิน B6 จากอาหารในปริมาณที่เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน (DRI) ของเด็กชายอายุ 9-15 ปี ส่วนกลุ่มควบคุมมีการบริโภควิตามิน B6 จากอาหารที่ต่ำกว่าปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันเล็กน้อย ซึ่ง กรมอนามัย (2546) ได้กำหนดเท่ากับ 1.0-1.3 มิลลิกรัมต่อวัน (mg/ day)

วิตามิน B6 เป็นโคเอนไซม์ที่จะทำหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยาของการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโนและกรดไขมันในร่างกาย รวมทั้งเป็นองค์ประกอบสำคัญของไพริดอกซาล ฟอสเฟต (Pyridoxal phosphate [PLP]) ซึ่งมีหน้าที่ช่วยสลายไกลโคเจนให้เป็นกลูโคส ช่วยสร้างฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดง ช่วยสร้างฮอร์โมน Serotonin ที่ช่วยให้กล้ามเนื้อเรียบหดตัวดีขึ้น และช่วยควบคุมการทำงานของสมองและเนื้อเยื่อให้ทำงานเป็นปกติมากขึ้น (Anderson & Silva, 1995)

ในการฝึกซ้อมกีฬาหรือออกกำลังกาย ร่างกายจะมีการสลายกรดอะมิโนเพื่อให้พลังงานในกล้ามเนื้อ และการเปลี่ยนกรดแลคติกเป็นกลูโคสในตับ จากการทำงานของเอนไซม์ที่ประกอบด้วย PLP หลายชนิด นอกจากนี้หน้าที่อีกประการหนึ่งของวิตามิน B6 ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการผลิตพลังงานในระหว่างการฝึกซ้อมกีฬาหรือออกกำลังกายคือการสลายตัวของไกลโคเจน

ในกล้ามเนื้อ โดยต้องมีวิตามิน B6 ที่เพียงพอเพื่อปลดปล่อยกลูโคส (Glucose-1-phosphate) ของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ ทำให้ร่างกายมีการใช้วิตามิน B6 เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นกลุ่มตัวอย่าง จึงควรมีการบริโภควิตามิน B6 เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยอาหารที่พบวิตามิน B6 ได้มากที่สุด ได้แก่ ปลา เนื้อสัตว์ไม่ติดมัน ตับ ผักต่าง ๆ และข้าวที่ไม่ได้ขัดสี เป็นต้น

จากวิเคราะห์การบริโภควิตามินจากอาหารของกลุ่มตัวอย่างควบคู่กับการฝึกบนบก ทั้ง 12 สัปดาห์ พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานวิตามิน B12 เท่ากับ 4.17 ± 1.28 ไมโครกรัม (mcg) และพบว่า การบริโภควิตามิน B12 จากอาหาร มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (χ^2 = 10.80, p =.01) ส่วนกลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของวิตามิน B12 เท่ากับ 2.96 ± 1.03 ไมโครกรัม (mcg) โดยพบว่า การบริโภควิตามิน B12 จากอาหารมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (χ^2 = 8.28, p = .04) และเมื่อเปรียบเทียบ วิตามิน B12 ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน โดยพบว่า กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีการบริโภควิตามิน B12 จากอาหารที่สูงกว่าปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน (DRI) ของเด็กชายอายุ 9-15 ปี ซึ่ง กรมอนามัย (2546) ได้กำหนดเท่ากับ 1.8-2.4 ไมโครกรัมต่อวัน (mcg/ day)

วิตามิน B12 หรือ Cobalamin มีบทบาทสำคัญในการสร้างเม็ดเลือดให้มีความสมบูรณ์ โดยเมื่ออยู่ในไขกระดูก จะทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ช่วยในการเร่งปฏิกิริยาการสังเคราะห์ DNA (Deoxyribonucleic acid) เพื่อใช้ในการกระตุ้นให้เซลล์สร้างเม็ดเลือดแดง เกิดการแบ่งเซลล์เป็นเซลล์เม็ดเลือดแดงตามปกติ และยังมีผลต่อการทำงานของระบบประสาท (Wilmore et al., 2008) ดังนั้นผู้ฝึกสอนหรือนักกีฬาจึงอาจเพิ่มการบริโภควิตามิน B12 เพื่อเพิ่มความสามารถในการจับออกซิเจนของเลือดและเพิ่มความสามารถในการเผาผลาญออกซิเจนเพื่อให้ได้พลังงาน

โดยปกติแล้วร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์วิตามิน B12 เองได้ จึงได้รับวิตามิน B12 จากการบริโภคอาหาร ซึ่งวิตามิน B12 พบได้จากการบริโภคอาหารจากสัตว์ทุกชนิด เช่น เนื้อสัตว์ นม ไข่ โยเกิร์ต ดังนั้นคนที่ทานอาหารมังสวิรัติ มักมีระดับวิตามิน B12 ในเลือดต่ำกว่าปกติ อีกทั้งยังมีโอกาสขาดวิตามิน B12 ได้ง่าย โดยหากร่างกายมีการขาดวิตามิน B12 จะทำให้ร่างกายสร้างเม็ดเลือดแดงผิดปกติจากการที่ไขกระดูก จะไม่สามารถผลิตเม็ดเลือดแดงให้เจริญเต็มที่ได้ ทำให้เม็ดเลือดแดงไม่ถูกแบ่งตัว และมีขนาดใหญ่ (Megalobladst) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่ แต่สามารถพาออกซิเจนได้เช่นเดียวกับเซลล์เม็ดเลือดแดงทั่วไป แต่ถูกทำลายได้ง่ายเนื่องจากผนังเซลล์บอบบาง และเมื่อถูกปล่อยเข้ามาสู่ระบบไหลเวียนเลือด ก็จะทำให้ความสามารถในการนำฮีโมโกลบินไปตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายลดลง เป็นผลให้เกิดโรคโลหิตจางได้ง่าย และเกิด

ภาวะซีด รวมถึงอาจส่งผลให้ความสามารถในการจับออกซิเจนของฮีโมโกลบินลดลง และลดความสามารถในการเผาผลาญออกซิเจนเพื่อให้ได้พลังงาน (Vitale & Getzin, 2019)

จากผลการวิจัยพบว่า ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมต่างได้รับวิตามิน B12 จากการบริโภคอาหารที่มีปริมาณที่แตกต่างกันมากในแต่ละสัปดาห์ ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร และการจัดเตรียมอาหารของผู้ปกครอง ดังนั้นการเลือกรับประทานอาหารและการจัดเตรียมอาหารในแต่ละมื้อของผู้ปกครองจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญ ที่ทำให้กลุ่มตัวอย่างได้รับปริมาณวิตามิน B12 ที่เหมาะสมจากการบริโภคอาหาร

จากวิเคราะห์การบริโภควิตามินจากอาหารของกลุ่มตัวอย่างควบคู่กับการฝึกบนบกทั้ง 12 สัปดาห์ พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานวิตามิน C เท่ากับ 8.45 ± 5.64 มิลลิกรัม (mg) ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของวิตามิน C เท่ากับ 14.74 ± 6.77 มิลลิกรัม (mg) ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบวิตามิน C ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันแต่หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 พบว่า วิตามิน C มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่า กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีการบริโภควิตามิน C จากอาหารที่ต่ำกว่าปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน (DRI) ของเด็กชายอายุ 9-15 ปี ซึ่ง กรมอนามัย (2546) ได้กำหนดเท่ากับ 45-75 มิลลิกรัมต่อวัน (mg/ day)

วิตามิน C หรือ Ascorbic acid มีหน้าที่ช่วยสังเคราะห์คอลลาเจนที่มีความจำเป็นต่อโครงสร้างส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย โดยเฉพาะการเสริมสร้างผิวหนัง เส้นเอ็น กระดูกอ่อน และวิตามิน C ยังเป็นโคเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการสังเคราะห์คาร์นิทีน (Carnitine) ที่จำเป็นสำหรับการขนส่งกรดไขมันสายยาว (Long-chain fatty acid) เข้าสู่ไมโทคอนเดรียและถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานโดยกระบวนการเบต้าออกซิเดชั่น (β-oxidation) ดังนั้น การขาดวิตามิน C สำหรับนักกีฬาจึงอาจจะส่งผลให้ร่างกายลดการนำกรดไขมันเข้าสู่ไมโทคอนเดรียเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงาน ทำให้การสร้างพลังงานจากไขมันลดลง และส่งผลต่อการฝึกซ้อมกีฬาหรือออกกำลังกาย (Gibson, 1990) โดยเฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่มีการฝึกซ้อมว่ายน้ำที่มีระยะเวลาฝึกซ้อมในแต่ละครั้งที่ยาวนาน มีการใช้พลังงานที่มาก ร่างกายจึงจำเป็นต้องใช้วิตามิน C มากเพื่อเพิ่มการสลายตัวของไขมันจึงทำให้มีความเสี่ยงต่อการขาดวิตามิน C

หากขาดวิตามิน C จะทำให้ เกิดความบกพร่องของกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนคอลลาเจนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ทำให้เนื้อเยื่อไม่แข็งแรง มีเลือดออกง่าย กล้ามเนื้ออ่อนล้าได้ง่าย วิตามิน C จะพบมากในผักและผลไม้ และจากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง และผู้ปกครอง พบว่าการจัดเตรียมผลไม้ในแต่ละมื้อของกลุ่มตัวอย่าง โดยส่วนใหญ่นั้นผู้ปกครองเป็นคนเลือกซื้อ

และจัดเตรียม ดังนั้นการได้รับปริมาณวิตามิน C จากการบริโภคอาหาร และผลไม้ อาจขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารหรือผลไม้ที่สามารถหาซื้อได้ง่าย และขึ้นอยู่กับฤดูกาลเพาะปลูกของผักหรือผลไม้นั้น ๆ ดังที่ อรวรรณ์ เหล่าฤทธิ์ (2540) กล่าวว่าการได้รับวิตามิน C ไม่เพียงพอนั้นเกิดจากการซื้อผลไม้รับประทานซึ่งจะมีการแปรผันตามฤดูกาลที่แตกต่างกันไป และเนื่องจากวิตามิน C ถูกทำลายได้ง่าย ดังนั้นหากเก็บผักและผลไม้ไว้นาน หรือผ่านการปรุงอาหารที่นาน ก็จะทำให้เกิดการสูญเสียวิตามิน C ได้

3.5 การกระจายพลังงานของอาหาร

จากการวิเคราะห์การกระจายพลังงานของกลุ่มตัวอย่างควบคู่กับการฝึกบนบกทั้ง 12 สัปดาห์ พบว่า หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต (CHO) : ไขมัน (FAT) : โปรตีน (PRO) เท่ากับ 42 : 38 : 20 ซึ่งมีค่าไม่ต่างกันกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยการกระจายพลังงานของ CHO : FAT : PRO เท่ากับ 43 : 38 : 19 โดยพบว่า การกระจายพลังงานของ FAT ในกลุ่มควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (χ^2 = 9.00, p = .03) และเมื่อเปรียบเทียบการกระจายพลังงานของ CHO : FAT : PRO ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน

จากผลการวิจัยพบว่า การกระจายพลังงานจากสารอาหารของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีสัดส่วนการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรตที่น้อย และมีสัดส่วนการกระจายพลังงานของไขมัน และโปรตีนที่มาก โดยสัดส่วนการกระจายพลังงานจากสารอาหาร CHO : FAT : PRO ที่เหมาะสมเท่ากับ 50-60 : 25-30 : 15 การที่ร่างกายได้รับพลังงานมากเกินไป โดยเฉพาะจากอาหารประเภทไขมันจะทำให้เกิดการสะสมในรูปไขมันมากกว่าปกติ และทำให้เกิดโรคอ้วนได้ นอกจากนี้ถ้าร่างกายได้รับคาร์โบไฮเดรต และไขมันในสัดส่วนที่ไม่สมดุล จะเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคหัวใจและหลอดเลือด (Gibson, 1990)

ดังนั้น การวางแผนโภชนาการจึงมีบทบาทสำคัญในการเจริญเติบโตของนักกีฬา นอกเหนือจากการเพิ่มประสิทธิภาพประสิทธิภาพสูงสุดในการฝึกซ้อม และการแข่งขันสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน ซึ่งนักกีฬาว่ายน้ำ และผู้ปกครองควรได้รับความรู้เกี่ยวกับทักษะด้านโภชนาการซึ่งจะช่วยให้นักกีฬาสามารถบริโภคอาหารได้ตรงกับความต้องการของร่างกาย โดยมุ่งเน้นไปที่การใช้พลังงานและการบริโภคอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการฝึกซ้อม และการแข่งขัน และผู้ฝึกสอนรวมถึงผู้ปกครองควรมีกลยุทธ์ที่ช่วยในการจัดการพลังงานจากการบริโภคอาหารให้สอดคล้องกับการใช้พลังงานในการฝึกซ้อมกีฬาเช่นการจัดการกับอาหารก่อนการฝึกซ้อม ระหว่างการฝึกซ้อม และหลังการฝึกซ้อม เพื่อให้นักกีฬาสามารถแสดงศักยภาพในการฝึกซ้อมได้อย่างเต็มที่ต่อไป

4. ระดับฮอร์โมน IGF-I

จากการทดสอบความแตกต่างของระดับฮอร์โมน IGF-I ภายในกลุ่มทดลอง และภายในกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก ดังแสดงในตารางที่ 43 พบว่า ระดับฮอร์โมน IGF-I ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 มีค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 250.67 ± 96.50 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และ 278.00 ± 122.62 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งไม่มีความต่างกันระหว่างก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก และเมื่อเปรียบเทียบระดับฮอร์โมน IGF-I ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 56)

กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมีระดับฮอร์โมน IGF-I ที่มีค่าปกติ โดย สมจิตร์ จารุรัตนศิริกุล (2544) กล่าวว่า ค่าปกติของฮอร์โมน IGF-I ในเด็กชายอายุ 9-15 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 115.2 ± 15.9 ถึง 404.9 ± 29.0 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งระดับของฮอร์โมน IGF-I จะมีค่าที่มากในระยะที่ร่างกายมีการเจริญเติบโต เช่นในวัยทารก วัยเด็ก และวัยรุ่น และมีค่ามากที่สุดเมื่อร่างกายอยู่ในช่วงเจริญเติบโตเร็ว (MacKelvie et al., 2002) และจะมีการลดลงในวัยรุ่นจนเมื่ออายุ 80 ปี มีค่าเฉลี่ย 100 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (Juul et al., 1994) ซึ่งกลุ่มตัวอย่าง ทั้ง 2 กลุ่ม มีอายุ 9-15 ปี อยู่ในช่วงที่ร่างกายเจริญเติบโตเร็ว ดังนั้นจึงมีการสร้างและหลั่งฮอร์โมน IGF-I ที่มากเป็นปกติ จึงอาจจะไม่เห็นผลการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมน IGF-I ที่ชัดเจนเมื่อทำการฝึกบนบก

ระดับฮอร์โมน IGF-I จะมีการตอบสนองต่อการฝึกซ้อมที่แตกต่างกัน การฝึกซ้อมในความหนักที่เหมาะสมจะสามารถกระตุ้นการหลั่งของ IGF-I ให้มีระดับสูงขึ้นได้ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ระดับของฮอร์โมน IGF-I ไม่เห็นผลของการเปลี่ยนแปลงภายหลังการฝึกบนบก 12 สัปดาห์ อาจจะเนื่องมาจาก ระดับความหนักและปริมาณของการฝึกบนบกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นยังไม่เพียงพอต่อการกระตุ้นให้เพิ่มการสร้างและหลั่งฮอร์โมน IGF-I โดย Rajaram et al. (1997) กล่าวว่า ฮอร์โมนที่มีฤทธิ์เสริมสร้างเนื้อเยื่อ เช่น IGF-I จะมีระดับเพิ่มขึ้น เมื่อได้รับการกระตุ้นที่เพียงพอจากแบบฝึกที่มีปริมาณการฝึกที่มาก (High volume) ระดับความหนักปานกลาง-สูง (Moderate-high intensity) มีการพักช่วงสั้น ๆ และเน้นการฝึกกล้ามเนื้อมัดใหญ่ จะกระตุ้นการหลั่ง GH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้า และเพิ่มเมตาบอลิซึมของตับ (Hepatic clearance) ทำให้มีปฏิสัมพันธ์กับตัวรับฮอร์โมนและเนื้อเยื่อของเซลล์เมมเบรน หรือกับนิวเคลียส ต่อตัวรับไซโทรพลาสมิก (Nuclear/ cytoplasmic receptors) ที่อยู่ภายในเนื้อเยื่อ ส่งผลให้เกิดการตอบสนองแบบเฉพาะเจาะจง เช่นเพิ่มระดับของฮอร์โมน IGF-I และเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนทำให้กล้ามเนื้อเพิ่มความแข็งแรง (Kraemer & Ratamess, 2005) ซึ่งโปรแกรมการฝึกบนบก เป็นการฝึกโดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน มีระดับความหนักต่ำ-ปานกลาง (Low-moderate intensity) ดังนั้นจึงอาจจะยังไม่เพียงพอที่กระตุ้นให้เพิ่มการสร้างและหลั่งฮอร์โมน IGF-I ได้

Kraemer and Ratamess (2005) กล่าวว่า การออกแบบการฝึกซ้อมที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมน ควรมีระดับความหนักและปริมาณการฝึกที่เหมาะสม และทำการฝึกกล้ามเนื้อให้มีการใช้ Motor unit เพิ่มขึ้น การระดมเส้นใยกล้ามเนื้อจำนวนมากจะช่วยให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างฮอร์โมน และเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อ ทำให้เนื้อเยื่อถูกกระตุ้นให้เป็นสารตั้งต้นของกระบวนการ Anabolism และจะมีส่วนสำคัญในช่วงระหว่างการฟื้นสภาพของร่างกายที่นำไปสู่การเจริญเติบโตและการปรับตัวจากการฝึกซ้อมที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนในร่างกาย

จึงเห็นได้ว่าการฝึกซ้อมด้วยความระดับความหนักและปริมาณการฝึกที่เหมาะสม และฝึกในกลุ่มกล้ามเนื้อมัดหลักที่ใช้ในชนิดกีฬานั้น ๆ จะสามารถกระตุ้นการหลั่ง GH ซึ่งส่งผลให้ระดับของ IGF-I สูงขึ้นได้ อย่างไรก็ตามการฝึกซ้อมที่หนักเกินไป จะทำให้ระดับ IGF-I ลดลงได้ จากการเกิดภาวะสมดุลไนโตรเจนติดลบ (Negative nitrogen balance) เนื่องจากร่างกายใช้พลังงานในร่างกายมากกว่าพลังงานที่ร่างกายได้รับ ซึ่งอาจส่งผลให้ลดจำนวนของตัวรับฮอร์โมนในกล้ามเนื้อ (IGF-I receptors) ลงได้ (Maggio et al., 2013) ดังนั้น ระดับความหนักและปริมาณการฝึกรวมถึงการใช้พลังงานอย่างเหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อการฝึกเพื่อการปรับตัวระยะยาวของ IGF-I

นอกจากนี้ สาเหตุที่ทำให้ระดับของฮอร์โมน IGF-I ไม่เห็นผลของการเปลี่ยนแปลงภายหลังการฝึกบนบก อาจจะเนื่องมาจากการฝึกบนบก เป็นการฝึกความแข็งแรงแบบอดทน ซึ่งเป็นการฝึกแบบแอโรบิก ซึ่งอาจจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมน IGF-I ในกล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึกมากกว่าการเปลี่ยนแปลงในระบบไหลเวียนเลือด ดังที่ Lanfranco and Strasburger (2016) กล่าวว่า การฝึกแบบแอโรบิกจะทำให้เพิ่มการสร้างฮอร์โมน IGF-I บริเวณเซลล์ที่ผลิตฮอร์โมนกับเซลล์เป้าหมายที่อยู่ใกล้เคียง ในขณะที่เมื่อมีการฝึกแบบแอนแอโรบิก กล้ามเนื้อลายจะเพิ่มการสร้างและปล่อยฮอร์โมน IGF-I เข้าสู่กระแสเลือดเพิ่มขึ้น ดังนั้นภายหลังการฝึกบนบก 12 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างจึงอาจมีการเพิ่มการสร้างฮอร์โมน IGF-I บริเวณเซลล์กล้ามเนื้อ ส่งผลให้เพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนจากการกระตุ้นระบบการส่งและการรับรู้สัญญาณของ IGF-I รวมถึงกระตุ้นวิถีการส่งสัญญาณของโปรตีน Mammalian target of rapamycin (mTOR) ไปยังโมเลกุลเป้าหมาย ทำให้กล้ามเนื้อมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น มีมวลกล้ามเนื้อมากขึ้น และมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบความแตกต่างของระดับฮอร์โมนในเลือด (Kraemer & Ratamess, 2005)

สรุปผลการวิจัย

1. ลักษณะของโปรแกรมการฝึกบนบกสำหรับการเพิ่มสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน เป็นการฝึกความแข็งแรงแบบอดทน มีค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เท่ากับ 1 ใช้เวลาในการ

ฝึกซ้อมรวมทั้งหมดประมาณ 1 ชั่วโมงต่อครั้ง ฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลารวม 12 สัปดาห์ ประกอบด้วยท่าการฝึกดังนี้

สัปดาห์ที่ 1-4 ท่าที่ 1 Overhead squat ท่าที่ 2 Lunges ท่าที่ 3 Tricep dips ท่าที่ 4 Sit up ท่าที่ 5 Plank และท่าที่ 6 Knee push-up

สัปดาห์ที่ 5-8 ท่าที่ 1 Overhead squat ท่าที่ 2 Lunges ท่าที่ 3 Tricep dips ท่าที่ 4 Alternating keg V up ท่าที่ 5 Plank และท่าที่ 6 Push-up

สัปดาห์ที่ 9-12 ท่าที่ 1 Overhead squat ท่าที่ 2 Lunges with twist ท่าที่ 3 Tricep dips ท่าที่ 4 V-Ups ท่าที่ 5 Plank และท่าที่ 6 Push-up with feet

2. เปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการ ก่อนกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12

2.1 น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน มวลกล้ามเนื้อของสัดส่วนร่างกาย และแรงบีบมือของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หลังใช้วิธีการฝึกบนบก 12 สัปดาห์ พบว่า มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนเส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซนต์ไขมัน และมวลไขมัน พบว่า ไม่แตกต่างกับก่อนฝึก

2.2 เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร หลังใช้วิธีการฝึกบนบก 12 สัปดาห์ พบว่า มีการพัฒนาขึ้นโดยมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิก และแอนแอโรบิก พบว่า ไม่แตกต่างกับก่อนฝึก

2.3 พลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน และวิตามิน B12 หลังใช้วิธีการฝึกบนบก 12 สัปดาห์ พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนพลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน ต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ โปรตีนจากพืช แคลเซียม เหล็ก และฟอสฟอรัส วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน B6 วิตามิน C และการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต : ไขมัน : โปรตีน พบว่า ไม่แตกต่างกับก่อนฝึก

3. เปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และสภาพโภชนาการ หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

3.1 น้ำหนักตัว ส่วนสูง ความกว้างของช่วงแขน เส้นรอบวงต้นแขน เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อของสัดส่วนร่างกาย และแรงบีบมือของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 ระหว่างกลุ่มทดลอง และ

กลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

3.2 เวลาในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ 100 เมตร ความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิกและแอนแอโรบิก หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

3.3 การบริโภคแคลเซียม และวิตามิน C จากอาหาร หลังใช้วิธีการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 12 ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกัน ส่วนพลังงานที่ได้รับจากสารอาหาร พลังงานพื้นฐานของร่างกาย พลังงานรวมที่ร่างกายใช้ต่อวัน ความแตกต่างของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ต่อวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวัน ไขมันที่ได้รับในแต่ละวัน โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวัน คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (CHO (g/ kg/ day)) โปรตีนที่ได้รับในแต่ละวันต่อน้ำหนักตัว (PRO (g/ kg/ day)) โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส วิตามิน B1 วิตามิน B2 วิตามิน C และการกระจายพลังงานของคาร์โบไฮเดรต : ไขมัน : โปรตีน ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ไม่มีความแตกต่างกัน

4. เปรียบเทียบระดับฮอร์โมน IGF-I ก่อนกับหลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 พบว่าระดับฮอร์โมน IGF-I หลังใช้วิธีการฝึกบนบก 12 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกับก่อนใช้วิธีการฝึกบนบก

5. เปรียบเทียบระดับฮอร์โมน IGF-I หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม พบว่า ระดับฮอร์โมน IGF-I หลังใช้วิธีการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 12 ระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. สำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยพบว่า สมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ สภาพโภชนาการ และระดับฮอร์โมน IGF-I ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนที่ฝึกบนบกโดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้านนั้น ยังไม่เห็นผลการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน ดังนั้นอาจเพิ่มความหนักของการฝึกโดยใช้อุปกรณ์ เช่น ยางยืด หรือ Kettle bell ร่วมกับการบริโภคอาหารให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย เพื่อให้นักกีฬาสามารถแสดงศักยภาพในการฝึกซ้อมได้อย่างเต็มที่ต่อไป

2. สำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาการฝึกบนบกด้วยการใช้อุปกรณ์แบบต่าง ๆ เพราะอาจเป็นทางเลือกในพัฒนาสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และระดับฮอร์โมน IGF-I ให้กับนักกีฬาและผู้ฝึกสอน และผู้ที่สนใจการฝึกบนบกของนักกีฬาว่ายน้ำ

2.2 ใช้เวลาที่ทำได้ดีที่สุดในการว่ายน้ำ (PB) ในการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีความสามารถใกล้เคียงกัน

บรรณานุกรม

กรมอนามัย. (2546). *เกณฑ์อ้างอิง น้ำหนัก ส่วนสูง และเครื่องชี้วัดภาวะโภชนาการของประชาชนไทย อายุ 1 วัน-19 ปี.* กรุงเทพฯ: กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

การกีฬาแห่งประเทศไทย. (2549). *เกณฑ์มาตรฐานสมรรถภาพทางกายของประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: การกีฬาแห่งประเทศไทย.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์. (2536). *สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ธรรมสารการพิมพ์.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และกุลธิดา เชิงฉลาด. (2544). *ปทานุกรมศัพท์กีฬาพลศึกษาและวิทยาศาสตร์การกีฬา.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนานันต์ โรจนศศิธรา. (2545). *การเสริมไอโอดีน สังกะสีและเหล็กโดยการเคลือบบนเมล็ดข้าว*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประทุม ม่วงมี. (2527). *รากฐานทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกายและพลศึกษา.* กรุงเทพฯ: บูรพาสาส์น.

ปุลิ เจ่าสกุล. (2533). *การศึกษาสัดส่วนร่างกายนักกีฬาชั้นนำของไทย*. วิทยานิพนธ์ศิลปะศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาพลศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภัทราพร ชัยสำเร็จ. (2559). การเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในนักกีฬาว่ายน้ำระยะสั้นและระยะกลาง. *วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ, 17*(1), 12-24.

รวีโรจน์ จันทร์หอม. (2548). การฝึกความแข็งแรงในเด็ก. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์, 20*(1), 69-79.

วิชยาภา เอี่ยมสวาง, จีรนันท์ แกล้วกล้า, กฤตกรณ์ ประทุมวงษ์ และเอกราช บำรุงพืชน์. (2557). การได้รับพลังงานและสารอาหารของนักเรียนในโรงเรียนกีฬากรุงเทพมหานคร. ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15* (หน้า 1438-1445). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิยะดา เมืองชื่น. (2544). *ขนาดและส่วนประกอบของร่างกายของนักว่ายน้ำ.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาพลศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วิศาล คันธารัตนกุล. (2546). สรีรวิทยาพื้นฐานสำหรับกระบวนการฟื้นฟูสภาพหัวใจ. ใน วิศาล คันธารัตนกุล และระพีพล กุญชร ณ อยุธยา (บรรณาธิการ), *เวชศาสตร์ฟื้นฟูหัวใจ* (หน้า 37). กรุงเทพฯ: สมาคมแพทย์โรคหัวใจแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.

สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2559). *โภชนาการสำหรับนักกีฬาและผู้ออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สนธยา สีละมาด และดุจเดือน สีละมาด. (2547). *หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สบสันติ์ มหานิยม. (2556). *ผลของการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีต่อสมรรถภาพทางกายและสัดส่วนร่างกายของนิสิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการฝึกด้วยน้ำหนัก หมู่ 837,839 และ 850*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมจิตร์ จารุรัตนศิริกุล. (2544). *ฮอร์โมนการเติบโตและปัญหาเด็กตัวเตี้ย*. กรุงเทพฯ: โอเอสพริ้นติ้งเฮาส์.

สมชาย ลี่ทองอิน. (2550). แค่ขยับ เท่ากับ สุขภาพ. *หมอชาวบ้าน, 29*(337), 18-23.

สมาคมกีฬาว่ายน้ำแห่งประเทศไทย. (2561). *จำนวนนักกีฬาว่ายน้ำที่ขึ้นทะเบียนเป็นนักกีฬาว่ายน้ำสโมสรว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ประจำปีการศึกษา 2561*. กรุงเทพฯ: การกีฬาแหล่งประเทศไทย.

สรรทยา อินทจินดา. (2547). *การศึกษาระยะเวลาและอายุกวางที่เหมาะสมในการตัดเขากวางอ่อนที่มีผลต่อปริมาณฮอร์โมน IGF-1 ในเขตอ่อนของกวางรูซ่าเพศผู้*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสัตวบาล, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการ. (2549). *รายงานการวิจัยเรื่องชนิดรูปกาย และองค์ประกอบร่างกายของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน*. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาการกีฬาและนันทนาการ กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา.

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2562). *แนวทางการป้องกันอันตรายจากการทำงานของลูกเรือประมง "กรณีปัญหาการขาดวิตามินบี 1"*. นนทบุรี: เอ็น.วาย.เอ็ม. พริ้นติ้ง กรุ๊ป.

สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา. (2557). *การประยุกต์วิทยาศาสตร์การกีฬาสำหรับฝึกนักกีฬาว่ายน้ำ*. กรุงเทพฯ: กรมพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา.

สิรวิชญ์ ณิชาโชติสฤษฏ์. (2561). *โภชนาการกับการออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ: รวิน พริ้นติ้ง กรุ๊ป.

สุกัญญา เจริญวัฒนะ. (2560). *โภชนาการสำหรับวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา*. ชลบุรี: คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุธิดา เจริญผล. (2554). ผลของการฝึกพลังโอเมตริกบนบก และในน้ำที่มีต่อพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา และความสามารถในการว่ายน้ำท่ากบระยะทาง 50 เมตร ของนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนชาย นักกีฬาบาสเกตบอลหญิงระดับเยาวชน. *วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ, 12*(3), 39-51.

สุพักตร์ โยไชสง และวัชรินทร์ ลอยลม. (2555). วิถีการส่งสัญญาณ PI3K/ Akt ในเซลล์ปกติและเซลล์มะเร็ง. *ศรีนครินทร์เวชสาร, 27*(1), 66-76.

สุรศักดิ์ เฉลิมชัย. (2535). *ผลการฝึกกล้ามเนื้อที่มีต่อความสามารถในการว่ายน้ำ.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาพลศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อธิกมาส ชนะบวรสกุล. (2546). *การวัดสัดส่วนร่างกายเบื้องต้นของนักเรียนชายไทยระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อภิรมย์ จามพฤกษ์. (2560). *ผลของการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสานที่มีต่อตัวแปรเชิงแอนแอโรบิก แอโรบิก และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร*. ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา, มหาวิทยาลัยบูรพา.

อภิวัฒน์ ปานทอง, อริญชย์ พรหมเทพ, นพรักษ์ แกสมาน, วีรวัฒน์ คำแสนพันธ์ และจีรวัฒน์ สัทธรรม. (2560). การวางแผนระยะยาวสำหรับพัฒนานักกีฬา: Long term athlete development. *วารสารบัณฑิตศึกษา*, *14*(64), 15-22.

อรวรรณ์ เหล่าฤทธิ์. (2540). *ผลของการฝึกด้วยน้ำหนักที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและสัดส่วนร่างกายของนิสิตหญิงระดับมหาวิทยาลัย*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอนก สูตรมงคล, กฤษฎา บานชื่น, นฤพนธ์ วงศ์จตุรภัทร, เกษม ใช้คล่องกิจ, สุกัญญา เจริญวัฒนะ, และสมพร ส่งตระกูล. (2555). *สมรรถภาพทางกายและใจของผู้สูงอายุกับการปั่นจักรยานหลังวัยเกษียณ*. กรุงเทพฯ: ชมรมจักรยานเพื่อสุขภาพแห่งประเทศไทย.

Amateur Swimming Association. (2002). *A shorter guide to long term athlete development (LTAD)*. Retrieved from http://gksarajevo.ba/wp-content/uploads/BritishSwimming.pdf

American Dietetic Association. (2009). Position of the American Dietetic Association: Vegetarian diets. *Journal of the American Dietetic Association, 109*(7), 1266-1282.

Anderson, F. A., & Silva, S. S. (1995). *Fish nutrition in aquaculture*. London: Springer Science & Business Media.

Aspenes, S., Kjendlie, P. L., Hoff, J., & Helgerud, J. (2009). Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, *8*, 357-365.

Balyi, I., Cardinal, C., Higgs, C., Norris, S., & Way, R. (2005). *Canadian sport for life: Long term athlete development [Resource paper].* Vancouver, BC: Canadian Sport Centers.

Balyi, I., Way, R., & Higgs, C. (2013). *Long term athlete development.* Champaign, IL: Human Kinetics.

Bamman, M. M., Shipp, J. R., Jiang, J., Gower, B. A., Hunter, G. R., Goodman, A., Charles, L., McLafferty, & Urban, R. J. (2001). Mechanical load increases muscle IGF-I and androgen receptor mRNA concentrations in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism, 280*(3), 383-390.

Barbosa, T. M., Fernandes, R., Keskinen, K. L., Colaco, P., Cordoso, C., Silva, J., & Vilas-Boas, J. P. (2006). Evaluation of the energy expenditure in competitive swimming strokes. *Journal of Sports Medicine*, *27*, 894-899.

Baxter-Jones, A. D., & Helms, P. J. (1996). Effects of training at a young age: A review of the training of young athletes (TOYA) study. *Pediatric Exercise Science*, *8*(4), 310-327.

Beunen, G., & Malina, R. M. (1988). Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent growth spurt. *Exercise and Sports Sciences Reviews*, *16,* 503-540.

Bompa, T. (1999). *Periodization training for sports*, Champaign, IL: Human Kinetics.

Bonifazi, M., Sardella, F., & Luppo, C. (2000). Preparatory versus main competitions: Differences in performances, lactate responses and precompetition plasma cortisol concentrations in elite male swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, *82*, 368-373.

Boreham, C. (2001). The physiology of exercise in children. In N. Maffulli, K. M. Chan, R. Macdonald, R. M. Malina & A. W. Parker (Eds.), *Sport medicine for specific ages and abilities* (pp. 65-73). China: Churchill Livingstone.

Borst, S. E., De Hoyos, D. V., Garzarella, L., Vincent, K., Pollock, B. H., Lowenthal, D. T., & Pollock, M. L. (2001). Effects of resistance training on insulin-like growth factor-I and IGF binding proteins. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 33*(4), 648-653.

Bouchard, C., Taylor, A. W., Simoneau, J. A., & Dulac, S. (1989). Testing anaerobic power and capacity. In J. D. MacDougall, H. A. Wenger & H. J. Green (Eds.), *Physiological testing of the elite athlete* (pp. 175-221). Champaign, IL: Human Kinetics.

Bunt, J. C. (1986). Hormonal alterations due to exercise. *Sports Medicine, 3*, 331-345.

Capelli, C., Termin, B., & Pendergast, D. R. (1998). Energetics of swimming at maximal speeds in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *78*, 385-393.

Chatard, J. C., Mujika, I., Guy, C., & Lacour, J. R. (1999). Anaemia and iron deficiency in athletes: Practical recommendations for treatment. *Sports Medicine, 27*(4), 229-240.

Clemmons, A. W., Lindsay, S. A., & Wasserman, S. A. (2015). An effector peptide family required for drosophila toll-mediated immunity. *PLoS Pathog, 11*(4), e1004876.

Costa, A., Hernandez, M., Costa-Faidella, J., & Sebastian-Galles, N. (2009). On the bilingual advantage in conflict processing: Now you see it, now you don't. *Cognition, 113*(2), 135-149.

Douda, H. T., Toubekis, A. G., Georgiou, C., Gourgoulis, V., & Tokmakidis, S. P. (2010). Predictors performance in pre-pubertal and pubertal male and female swimmers. *Biomechanics and Medicine in Swimming, 11*, 252-254.

Durnin, J. V., & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16-72 years. *British Journal of Nutrition*, *32*, 77.

Edmonds, W. A., & Kennedy, T. D. (2017). *An applied guide to research designs* (2nd ed.). Los Angeles: Sage.

Eliakim, A., & Nemet, D. (2013). The endocrine response to exercise and training in young athletes. *Pediatric Exercise Science*, *25*, 605-615.

Eliakim, A., Nemet, D., & Cooper, D. M. (2005). Exercise, training and the GH-IGF-1 axis. In W. J. Kraemer & A. D. Rogol (Eds.), *The endocrine system in sport and exercise* (pp. 165-179). Massachusetts: Blackwell.

Fernandes, R., Aleixo, I., Soares, S., & Vilas-Boas, J. P. (2008). Anaerobic critical velocity: A new tool for young swimmers training advice. In N. P. Beaulieu (Ed.), *Physical activity and children new research* (pp. 211-223). New York: Nova Science Publishers.

Garrido, N., Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Costa, A. M., Silva, A. J., Pérez-Turpin, J. A., & Marques, M. C. (2010). Relationships between dry land strength, power variables and short sprint performance in young competitive swimmers. *Journal of Human Sport and Exercise*, *5*(11), 240-249.

Gibson, R. S. (1990). *Principles of nutritional assessment*. New York: Oxford University Press.

Girold, S., Calmels, P., Maurin, D., Milhau, N., & Chatard, J. C. (2006). Assisted and resisted sprint training in swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20,* 547-554.

Girold, S., Maurin, D., Dugue, B., Chatard, J. C., & Millet, G. (2007). Effects of dry-land vs resisted-and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*, 599-605.

Goldspink, G., Yang, S. Y., & Hameed, M. (2005). The role of MGF and other IGF-1 splice variants in muscle maintenance and hypertrophy. In W. J. Kraemer & A. D. Rogol (Eds.), *The endocrine system in sport and exercise* (pp. 180-193). Massachusetts: Blackwell.

Grant, M. C., & Kavaliauskas, M. (2017). Land based resistance training and youth swimming performance. *International Journal of Sports and Exercise Medicine*, *3*(4), 1-11.

Gulbin, J., Weissensteiner, J., Oldenziel, K., & Gagné, F. (2013). Patterns of performance development in elite athletes. *European Journal of Sport Science, 13*(6), 605-614.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate data analysis* (7th ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Hameed, M., Orrell, R. W., Cobbold, M., Goldspink, G., & Harridge, S. D. R. (2003). Expression of IGF-I splice variants in young and old human skeletal muscle after high resistance exercise. *The Journal of Physiology, 547*(1), 247-254.

Han, D. S., Huang, C. H., Chen, S. Y., & Yang, W. S. (2017). Serum reference value of two potential doping candidates-myostatin and insulin-like growth factor-I in the healthy young male. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *14*(2), 2-7.

Harris, J. A., & Benedict, F. G. (1919). *A biometric study of basal metabolism in man*. Washington, DC: Carnegie Institute of Washington.

Hills, A. P., & Parizkova, J. (2002). Assessment of growth in adolescent athletes. In A. D. Judy & W. Ira (Eds.), *Nutritional assessment of athletes* (pp. 135-175). Boca Raton, FL: CRC Press.

Hines, E. (2008). *Fitness swimming* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Hirata, K., & Kaku, K. (1964). *The evaluating method of physique and physical fitness and practical application*. Gifu: Hirata Institute of Health.

Ho, K. Y., Evans, W. B., & Blizzard, R. M. (1987). Effects of sex and age on the 24 hour profile of growth hormone secretion in man. *Bailiere's Clinical Endocrinology and Metabolism, 12*(2), 297-314.

Juul, A., Bang, P., Hertel, N. T., Main, K., Dalgaard, P., Jorgensen, K., Muller, J., Hall, K., & Skakkebaek, N. E. (1994). Serum insulin-like growth factor-I in 1030 healthy children, adolescents, and adults: Relation to age, sex, stage of puberty, testicular size, and body mass index. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 78*(3), 744-752.

Kable, A. (2014 a). New technology in swimming. In *Swimming sport science SE Asia conference 2014* (pp. 25-27). Philadelphia, PA: W.B. Saunders.

Kable, A. (2014 b). Swimming coaching: A physiotherapists approach. In *Swimming sport science SE Asia conference 2014* (pp. 15-19). Philadelphia, PA: W.B. Saunders.

Krabak, B. J., Hancock, K. J., & Drake, S. (2013). Comparison of dry-land training programs between age groups of swimmers. *Physical Medicine and Rehabilitation*, *5*(4), 303-309.

Kraemer, W., & Ratamess, N. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Medicine*, *35*(4), 339-361.

Kuoppasalmi, K., & Adlercreutz, H. (1985). Interaction between catabolic and anabolic steroid hormones in muscular exercise. In K. Fotherby & S. P. Berlin (Eds.), *Exercise endocrinology* (pp. 65-98). New York: Walter de Gruyter.

Lanfranco, F., & Strasburger, C. J. (2016). Effects of physical activity and training on endocrine function. *Frontiers of Hormone Research, 47*, 1-11.

Latt, L., Jurimae, J., Maestu, J., Purge, P., Ramson, R., Haljaste, K., Keskinen K. L., Rodriguez, F. A., & Jurimae, T. (2010). Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, *9*, 398-404.

Lohman, T. G. (1986). Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exercise and Sport Sciences Reviews, 14*, 325-357.

Maccario, L., Larose, C., & Vogel, T. M. (1999). Potential drivers of microbial community structure and function in arctic spring snow. *Front Microbiol, 5*, 413.

MacKelvie, K. J., Khan, K. M., & McKay, H. A. (2002). Is there a critical period for bone response to weight-bearing exercise in children and adolescents? a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, *36*, 250-257.

Maggio, N., Blatt, I., Vlachos, A., Tanne, D., Chapman, J., & Segal, M. (2013). Treating seizures and epilepsy with anticoagulants?. *Frontiers in Cellular Neuroscience, 7*, 19.

Maglischo, E. W. (2003). *Swimming fastest*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Malina, R. M., & Bouchard, C. (1991). *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Malina, R. M., Battista, R. A., & Siegel, S. R. (2002). Anthropometry of adult athletes: Concepts, methods and applications. In *Nutritional assessment of athletes* (pp. 135-175). Boca Raton, FL: CRC Press.

Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation and physical activity* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Manske, R. C., Lewis, S., Wolff, S., & Smith, B. (2015). Effects of a dry-land strengthening program in competitive adolescent swimmers. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *10*(6), 858-867.

Marta, C., Marinho, D. A., Barbosa, T. M., Izquierdo, M., & Marques, M. C. (2013). Effects of concurrent training on explosive strength and VO(2max) in prepubescent children. *Interational Journal of Sports Medicine, 34*(10), 888-896.

Melin, A., Tornberg, A. B., Skouby, S., Moller, S. S., Sundgot-Borgen, J., Faber, J., Sidelmann, J. J., Aziz, M., & Sjodin, A. (2015). Energy availability and the female athlete triad in elite indurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 25*(5), 610-622.

Menon, R. W., & Sperling, M. A. (1996). Insulin as a growth factor. *Endocrinol Metab Clin North Am, 25*, 633-647.

Morais, J. E., Silva, A. J., Marinho, D. A., Marques, M. C., & Barbosa, T. M. (2016). Effect of a specific concurrent water and dry-land training over a season in young swimmers' performance. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *16*(3), 760-775.

Moura, T., Costa, M., Oliveira, S., Júnior, M. B., Ritti-Dias, R., & Santos, M. (2014). Height and body composition determine arm propulsive force in youth swimmers independent of a maturation stage. *Journal of Human Kinetics, 42*(1), 277-284.

Mujika, I. (2009). *Tapering and peaking for optimal performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Mujika, I., & Stewart, A. M. (2002). The effect of tapering on performance. In S. Riewald & S. Rodeo (Eds.). *Science of swimming faster* (pp. 199-224). Champaign, IL: Human Kinetics.

Nazni, P., & Vimala, S. (2010). Nutrition knowledge, attitude ans practice of college sportsmen. *Asian Journal of Sports Medicine, 1*(2), 93-100.

Neiva, H. P., Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. (2011). Anaerobic critical velocity in four swimming techniques. *Journal of Sports Medicine, 32*, 195-198.

Nelson, D. B. (1990). Stationarity and persistence in the GARCH(1, 1) model. *Econometric Theory, 6*(3), 318-334.

Nevill, A. M. (1997). The appropriate use of scaling techniqes in exercise physiology. *Pediatric Exercise Science*, *9*, 295-298.

Nindl, B. C., Kraemer, W. J., Marx, J. O., Arciero, P. J., Dohi, K., Kellogg, M. D., & Loomis, G. A. (2001). Overnight responses of the circulating IGF-I system after acute, heavy-resistance exercise. *Journal of Applied Physiology, 90*(4), 1319-1326.

O'Hagan, F. T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., & Garner, S. H. (1995). Response to resistance training in young women and men. *International Journal of Sports Medicine*, *16*, 314-321.

Onis, M. D., Onyango, A. W., Broeck, J. V. D., Chumlea, W. C., & Martorell, R. (2004). Measurement and standardization protocols for anthropometry used in the construction of a new international growth reference. *Food and Nutrition Bulletin*, *25*(1), S27-S36.

Papoti, M., Zagatto, A. M., Freitas Júnior, P. B. D., Cunha, S. A., Martins, L. E. B., & Gobatto, C. A. (2005). Use of the y-intercept in the evaluation of the anaerobic fitness and performance prediction of trained swimmers. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 11*(2), 126-130.

Pyne, D. B., & Sharp, R. L. (2014). Physical and energy requirements of competitive swimming events. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *24*, 351-359.

Rajaram, S., Baylink, D. J., & Mohan, S. (1997). Insulin-like growth factor binding protein in serum and other biological fluids: Regulation and function. *Endocrine Reviews*, *18*, 801-831.

Riewald, S. (2015 a). Periodization and planning. In S. Riewald & S. Rodeo (Eds.), *Science of swimming faster* (pp. 173-198). Champaign, IL: Human Kinetics.

Riewald, S. (2015 b). Strength and conditioning for performance enhancement. In S. Riewald & S. Rodeo (Eds.), *Science of swimming faster* (pp. 401-448). Champaign, IL: Human Kinetics.

Rozi, R., Rahayu, K., & Daruti, D. N. (2018). Detection and analysis of hemolysin genes in aeromonas hydrophila isolated from Gouramy (Osphronemus gourami) by polymerase chain reaction (PCR). *IOP Conference Series Earth and Environmental Science, 137*(1), 1-12.

Ruiz, R. J., Ortega, F. B., Gutierrez, A., Meusel, D., Sjöström, M. M., & Castillo, M. J. (2006). Health-related fitness assessment in childhood and adolescence: A European approach based on the AVENA, EYHS and HELENA studies. *Journal of Public Health*, *14*(5), 269-277.

Sadres, E., Eliakim, A., Constantini, N., Lidor, R., & Falk, B. (2001). The effect of long-term resistance training on anthropometric measures, muscle strength, and self concept in pae-pubertal boys. *Pediatric Exercise Science*, *13*, 357-372.

Sauberlich, H. E. (1999). *Laboratory tests for the assessment of nutritional status*. New York: CRC.

Sharp, R. L., Costill, D. L., King, D. S., & Fink, W. J. (1986). Effects of eight weeks of sprint training on human muscle buffer capacity. *International Journal of Sports Medicine*, *7*, 13-17.

Sighamoney, R., Kachare, J. B., Yeole, U. L., & Tendulkar, S. (2018). Effectiveness of dry land strength training in competitive swimmers. *Internaltional Journal of Academic Research and Development, 3*(1), 415-419.

Siri, W. E. (1961). *Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods*. Washington, DC: National Academy of Sciences.

Slaughter, M. H., Lohman, T. G., Boileau, R. A., Horswill, C. A., Stillman, R. J., Van Loan, M. D., & Bemben, D. A. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology, 60*, 5.

Tanaka, H., Costill, D. L., Thomas, R., Fink, W. J., & Widrick, J. J. (1993). Dry-land resistance training for competitive swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *25*, 952-959.

Thissen, J. P., Ketelslegers, J. M., & Underwood, L. E. (1994). Nutritional regulation of the insulin-like growth factors. *Endocrine Reviews, 15*(1), 80-101.

Thomas, L., Mujika, I., & Busso, T. (2008). A model study of optimal training reduction during pre-event taper in elite swimmers. *Journal of Sports Sciences, 26*(6), 643-652.

Thomus, P. R. (2013). *Sample size determination and power*. Hoboken, NJ: Wiley, Hegher Education.

Toubekis, A. G., Tsami, A. P., & Tokmakidis, S. P. (2006). Critical velocity and lactate threshold in young swimmers. *International Journal of Sports Medicine, 27*, 117-123.

Tourinho, F. H., Pires, M., Puggina, E. F., Papoti, M., Barbieri, R., & Martinelli, C. E. (2017). Serum IGF-I, IGFBP-3 and ALS concentrations and physical performance in young swimmers during a training season. *Growth Hormone & IGF Research, 32*, 49-54.

United State Swimming. (1995). *Training categories and training design guidelines*. n.p.

Vanheest, J. L., Rodgers, C. D., Mahoney, C. E., & De Souza, M. J. (2014). Ovarian suppression impairs sport performance in junior elite female swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 46*(1), 156-166.

Van-Praagh, E. (1997). Development aspects of anaerobic function. In N. Armstrong, B. Kirby & J. R. Welsman (Eds.), *Children and exercise XIX* (pp. 267-290). London: E and FN Spon.

Viru, A., & Viru, M. (2001). *Biochemical monitoring of sport training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Vitale, K., & Getzin, A. (2019). Nutrition and supplement update for the endurance athlete: Review and recommendations. *Nutrients, 6*(11), 1289.

Westcott, W., & Baechle, T. (2015). *Strength training past 50* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Wilmore, J., Costill, D., & Kenney, L. (2008). *Physiology of sport and exercise* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

World Health Organization. (2017). *Definition of key terms*. Retrieved from http://www.who.int/hiv/pub/guidelines/arv2013/intro/keyterms/en/

Zamparo, P., Capelli, C., & Pendergast, D. (2011). Energetics of swimming: A historical perspective. *European Journal of Applied Physiology*, *111,* 367-378.

Zarzecny, R., Kuberski, M., Deska, A., Zarzeczna, D., & Rydz, K. (2013). The evaluation of critical swimming speed in 12 year old boys. *Human Movement, 14*(1), 35-40.

Zarzeczny, R., Kuberski, M., Deska, A., Zarzeczna, D., Rydz, K., Lewandowska, A., Balchanowski, T., & Bosiacki, J. (2011). Effects of 8-week training on aerobic capacity and swimming performance of boys aged 12 years. *Biomedical Human Kinetics, 3*, 49-52.

Zuniga, J., Housh, T. J., Mielke, M., Hendrix, C. R., Camic, C. L., Johnson, G. O., Housh, D. J., & Schmidt, R. J. (2011). Gender comparisons of anthropometric characteristics of young sprint swimmers. *Journal of Strength and Condition Reseach*, *25*(1), 103-108.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คู่มือการปฏิบัติตนสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำและผู้ปกครอง

1. แผนการเก็บข้อมูลการวิจัย

ภาพที่ 1 แผนการเก็บข้อมูลการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมนไอจีเอฟวันในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชนเพื่อพัฒนาความแข็งแรงร่วมกับการเสริมสร้างสภาพร่างกาย (Strength and Conditioning) มีแผนการเก็บข้อมูลการวิจัยดังภาพที่ 1 โดยการฝึกบนบกจะดำเนินการฝึก เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ในวันจันทร์และวันพุธ เวลา 17.00-18.00 น. ณ บริเวณสระว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี และจะมีการทดสอบ 3 ลักษณะคือ การทดสอบสมรรถภาพทางกายทั่วไป การทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำ และการตรวจวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน (ฮอร์โมนแสดงการเจริญเติบโต) การทดสอบในงานวิจัยนี้จะดำเนินการทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง คือในสัปดาห์ที่ 0 (wk0) หลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 4 (wk4) สัปดาห์ที่ 8 (wk8) และสัปดาห์ที่ 12 (wk12)

การวิจัยสัปดาห์ที่ 0

ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบครั้งที่ 1 (wk0) ประกอบด้วยการทดสอบสมรรถภาพทางกายทั่วไป การทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำ และการตรวจวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน (ฮอร์โมนแสดงการเจริญเติบโต) โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

วันพฤหัสบดี 16.00-18.00 น. ทำการวัดสัดส่วนร่างกาย ทดสอบแรงบีบมือและการว่ายน้ำคริดิคอลสวิม สปีด ณ บริเวณสระว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา

วันศุกร์ 16.00-18.00 น. ทำการทดสอบการว่ายน้ำแอนแอโรบิกคริดิคอลเวลโลซิตี้ และว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร ณ บริเวณสระว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา

วันเสาร์ 7.00-9.00 น. ทำการตรวจวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน (ฮอร์โมนแสดงการเจริญเติบโต) ที่ห้องรับรองของสระว่ายน้ำสโมสรอัสสัมชัญศรีราชา โดยบุคลากรวิชาชีพและมีประสบการณ์

การวิจัยสัปดาห์ที่ 1-4

ผู้วิจัยดำเนินการฝึกบนบกในสัปดาห์ที่ 1-4 (wk1-wk4) ตามแบบฝึกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ในวันจันทร์และวันพุธ เวลา 17.00-18.00 น. ณ บริเวณสระว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี

หลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 4

ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบครั้งที่ 2 (wk4) ประกอบด้วยการทดสอบสมรรถภาพทางกายทั่วไปและความสามารถในการว่ายน้ำในวันพฤหัสบดีและวันศุกร์เวลา 16.00-18.00 น. ณ บริเวณสระว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

วันพฤหัสบดี 16.00-18.00 น. ทำการวัดสัดส่วนร่างกาย ทดสอบแรงบีบมือและการว่ายน้ำคริดิคอลสวิม สปีด

วันศุกร์ 16.00-18.00 น. ทำการทดสอบการว่ายน้ำแอนแอโรบิกคริดิคอลเวลโลซิตี้ และว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร

การวิจัยสัปดาห์ที่ 5-8

ผู้วิจัยดำเนินการฝึกบนบกในสัปดาห์ที่ 5-8 (wk5-wk8) ตามแบบฝึกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ในวันจันทร์และวันพุธ เวลา 17.00-18.00 น. ณ บริเวณสระว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี

หลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 8

ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบครั้งที่ 3 (wk8) ประกอบด้วยการทดสอบสมรรถภาพทางกายทั่วไปและความสามารถในการว่ายน้ำในวันพฤหัสบดีและวันศุกร์เวลา 16.00-18.00 น. ณ บริเวณสระว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

วันพฤหัสบดี 16.00-18.00 น. ทำการวัดสัดส่วนร่างกาย ทดสอบแรงบีบมือและการว่ายน้ำคริดิคอลสวิม สปีด

วันศุกร์ 16.00-18.00 น. ทำการทดสอบการว่ายน้ำแอนแอโรบิกคริดิคอลเวลโลซิตี้ และว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร

การวิจัยสัปดาห์ที่ 9-12

ผู้วิจัยดำเนินการฝึกบนบกในสัปดาห์ที่ 9-12 (wk5-wk8) ตามแบบฝึกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ในวันจันทร์และวันพุธ เวลา 17.00-18.00 น. ณ บริเวณสระว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี

หลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 12

ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบครั้งที่ 4 (wk12) ประกอบด้วยการทดสอบสมรรถภาพทางกายทั่วไป การทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำและการตรวจวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน (ฮอร์โมนแสดงการเจริญเติบโต) โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

วันพฤหัสบดี 16.00-18.00 น. ทำการวัดสัดส่วนร่างกาย ทดสอบแรงบีบมือและการว่ายน้ำคริติคอล สวิม สปีด ณ บริเวณสระว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา

วันศุกร์ 16.00-18.00 น. ทำการทดสอบการว่ายน้ำแอนแอโรบิกคริติคอลเวลโลซิตี้ และการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร ณ บริเวณสระว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา

วันเสาร์ 7.00-9.00 น. ทำการตรวจวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน (ฮอร์โมนแสดงการเจริญเติบโต) ที่ห้องรับรองของสระว่ายน้ำสโมสรอัสสัมชัญศรีราชา โดยบุคลากรวิชาชีพและมีประสบการณ์

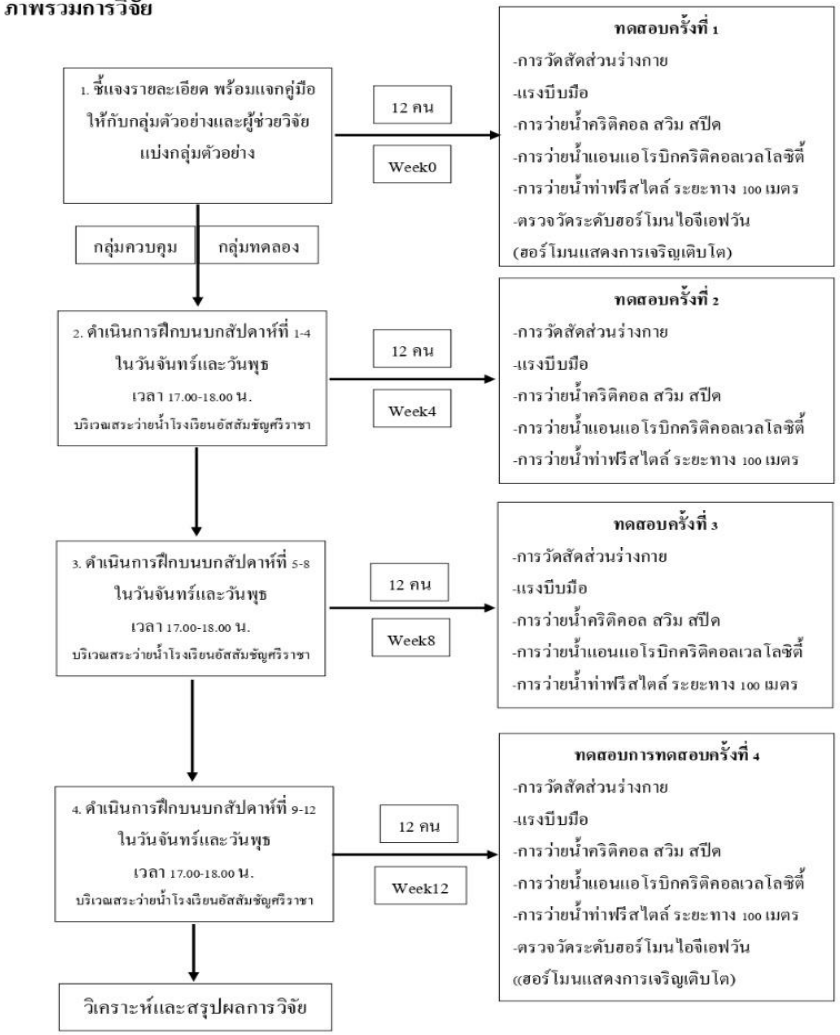
โดยคาดว่าจะเริ่มเก็บข้อมูล วันที่ 3 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2561 ถึง วันที่ 22 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562

ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีแข่งหรือติดธุระไม่สามารถเข้ารับการทดสอบหรือเข้าร่วมการฝึกได้ มีแนวทางแก้ไขปัญหาตามลำดับดังนี้คือ

1. ทำการนัดหมายเพื่อชดเชยการทดสอบ หรือการฝึกในช่วงเย็นของวันอื่นระหว่างวันจันทร์-ศุกร์ของสัปดาห์นั้น ๆ

2. หาก วันจันทร์-ศุกร์ ของสัปดาห์นั้น ๆ กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้ ให้ทำการชดเชยในวันจันทร์-ศุกร์ในสัปดาห์ถัดไป โดยผู้วิจัยจะพยายามนัดหมายวัน และเวลาโดยหลีกเลี่ยงการนัดหมายชดเชยในวันและเวลาที่กระทบกับการเรียนและการดำเนินชีวิตปกติของกลุ่มตัวอย่าง

ภาพรวมการวิจัย



ภาพที่ 2 ภาพรวมของการวิจัย

จากภาพที่ 2 แสดงภาพรวมของการวิจัยเรื่องผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมนไอจีเอฟวัน (ฮอร์โมนแสดงการเจริญเติบโต) ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน โดยผู้วิจัยจะทำการชี้แจงรายละเอียด พร้อมทั้งแจกคู่มือการปฏิบัติตนให้กับกลุ่มตัวอย่าง ทั้ง 12 คน หลังจากนั้นจะทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการฝึกบนบกที่ดำเนินชีวิตตามปกติ และ กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกบนบกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งการฝึกบนบกจะดำเนินการฝึก ณ บริเวณสระว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ในวันจันทร์และวันพุธ เวลา 17.00-18.00 น. เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจะทำการทดสอบทั้งหมด 4 ครั้งได้แก่ การวิจัยสัปดาห์ที่ 0 หลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งในการทดสอบแต่ละครั้งจะประกอบไปด้วย

1. การทดสอบสมรรถภาพทางกาย ได้แก่

1. 1 การวัดสัดส่วนร่างกาย

1.2 การทดสอบแรงบีบมือ

2. การทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำ ได้แก่

2.1 ความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอโรบิก โดยทดสอบการว่ายน้ำคริติคอล สวิม สปีด

2.2 ความสามารถในการว่ายน้ำเชิงแอนแอโรบิก โดยทดสอบการว่ายน้ำแอนแอโรบิกคริติคอลเวลโลซิตี้

2.3 การว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร

3. การตรวจวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน (ฮอร์โมนแสดงการเจริญเติบโต) (มีเฉพาะในการทดสอบครั้งที่ 1 และ 4)

หลังจากทำการฝึก 12 สัปดาห์และทดสอบครบทั้ง 4 ครั้งผู้วิจัยจะนำผลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัยต่อไป

การเข้าร่วมการวิจัยนี้ ผู้วิจัยมี 2 ภารกิจหลักได้แก่ การทดสอบสมรรถภาพร่างกายและการฝึกบนบกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงแบบอดทน

2. การปฏิบัติตนในการฝึกซ้อม/การทดสอบ

ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนจะได้รับการประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย และการตรวจสุขภาพโดยแพทย์ก่อนเข้าร่วมการวิจัย และการเข้าร่วมการฝึกบนบกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้ เป็นการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงร่วมกับเสริมสร้างสภาพร่างกาย ใช้ระยะเวลารวมทั้งหมด 12 สัปดาห์ ในแต่ละสัปดาห์จะทำการฝึกในวันจันทร์และวันพุธ เวลา 17.00-18.00 น. ณ บริเวณสระว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี และผู้วิจัยจะดำเนินการทดสอบสมรรถภาพร่างกาย ซึ่งประกอบไปด้วยการทดสอบสมรรถภาพทางกายทั่วไป การทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำ และการตรวจวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน (ฮอร์โมนแสดงการเจริญเติบโต) โดยการทดสอบสมรรถภาพทางกายทั่วไปและการทดสอบความสามารถในการว่ายน้ำทำการทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง คือ การวิจัยสัปดาห์ที่ 0 หลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. ณ บริเวณสระว่ายน้ำ โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี และการตรวจวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน (ฮอร์โมนแสดงการเจริญเติบโต) จะดำเนินการตรวจวัด 2 ครั้ง คือ การวิจัยสัปดาห์ที่ 0 และหลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 12 เวลา 07.00-09.00 น. ณ ห้องรับรองของสระว่ายน้ำสโมสรอัสสัมชัญศรีราชา โดยการเจาะเลือดจำนวน 3-4 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cc) โดยบุคลากรวิชาชีพและมีประสบการณ์ และนำส่งตรวจวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน ที่สถาบันตรวจสุขภาพ บริษัท เนชั่นแนล เฮลท์แคร์ ซิสเท็มส์ จำกัด สาขาห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ โรงพยาบาลสมิติเวชศรีราชา โดยมีการตรวจตามมาตรฐานที่ทางโรงพยาบาลได้กำหนดไว้ตามมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ มีคำแนะนำการปฏิบัติตนในการฝึกซ้อม/การทดสอบ ดังนี้

การปฏิบัติตนก่อนเข้ารับการฝึกซ้อม/การทดสอบ

1. พักผ่อนให้เพียงพอ โดยนอนหลับ อย่างน้อย 8 ชั่วโมง ในคืนก่อนการฝึกซ้อม/การทดสอบ
2. งดดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ทุกชนิด อย่างน้อย 8-12 ชั่วโมงก่อนการฝึกซ้อม/การทดสอบ
3. งดดื่มเครื่องดื่มประเภท ชา กาแฟ โกโก้ ช็อคโกแลต น้ำอัดลม อย่างน้อย 8-12 ชั่วโมงก่อนการฝึกซ้อม/การทดสอบ
4. งดใช้ฮอร์โมน ยาหรืออาหารเสริมที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย
5. หลีกเลี่ยงการออกกำลังกายอย่างหนัก อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนการฝึกซ้อม/การทดสอบ
6. ถ้ารู้สึกไม่สบายหรือมีอาการบาดเจ็บ ควรแจ้งผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยทันที
7. ทำการรับประทานอาหารตามปกติ

การปฏิบัติตนในวันฝึกซ้อม/ทดสอบ

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถรับประทานอาหารทุกมื้อได้ตามปกติโดยไม่ต้องงดอาหารก่อนการเจาะเลือดเพื่อตรวจวัดระดับฮอร์โมน
2. ควรรับประทานอาหารมื้อหลักก่อนทำการฝึกซ้อม/ทดสอบอย่างน้อย 2 ชั่วโมง
3. งดสูบบุหรี่ งดดื่มกาแฟ เครื่องดื่มชูกำลังหรือสารกระตุ้นใด ๆ ในวันฝึกซ้อม/ทดสอบ
4. ดื่มน้ำให้เพียงพอ ก่อนทำการฝึกซ้อม/ทดสอบ
5. ทำการอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อก่อนการฝึกซ้อม/ทดสอบ เป็นเวลาอย่างน้อย 10-15 นาที
6. ปฏิบัติตามขั้นตอนและวิธีการฝึกซ้อม/ทดสอบ ตามที่กำหนดอย่างเคร่งครัด
7. แต่งกายด้วยชุดที่เหมาะสมกับสภาพอากาศและการทดสอบ
8. ตั้งใจทำการฝึกซ้อม/ทดสอบอย่างเต็มความสามารถ
9. หากมีอาการผิดปกติเกิดขึ้นระหว่างการฝึกซ้อม/ทดสอบ ให้หยุดทำกิจกรรม และรีบแจ้งผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยทันที

การปฏิบัติตนหลังการฝึกซ้อม/ทดสอบ

1. กลุ่มตัวอย่างสามารถทำกิจกรรมอื่น ๆ ได้ตามปกติหลังการเจาะเลือด โดยผู้วิจัยจะดำเนินการติดตามผลการตรวจวัดระดับฮอร์โมนและเก็บเป็นความลับ พร้อมส่งผลการตรวจวิเคราะห์ให้ทราบเป็นรายบุคคลแบบปิดผนึกต่อไป
2. ทำการคูลดาวน์และยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังการฝึกซ้อม/ทดสอบเป็นเวลาอย่างน้อย 10-15 นาที
3. ดื่มน้ำเพื่อชดเชยการเสียเหงื่อให้เพียงพอ
4. หากมีอาการผิดปกติเกิดขึ้นหลังการทดสอบ ให้รีบแจ้งผู้วิจัย หรือผู้ช่วยวิจัยทันที

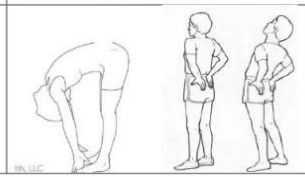
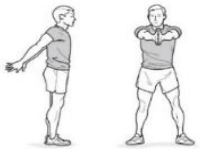
การอบอุ่นร่างกายและการคูลดาวน์ก่อนและหลังการฝึกซ้อม/ทดสอบ

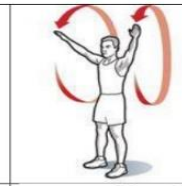
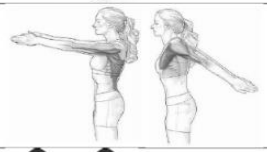
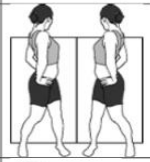
ในการอบอุ่นร่างกาย และคูลดาวน์ ก่อน-หลังการฝึกซ้อม/ทดสอบ ใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที โดยผู้ช่วยวิจัยจะเป็นผู้ที่สอนท่าทางการปฏิบัติอย่างถูกต้องให้กับกลุ่มตัวอย่างทุกครั้ง

การอบอุ่นร่างกาย (Warm Up)

การอบอุ่นร่างกายก่อนการฝึกซ้อม/ทดสอบ มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 การอบอุ่นร่างกายก่อนการฝึกซ้อม/ทดสอบ

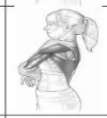
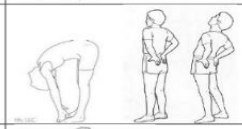
กิจกรรม	ภาพประกอบ
General Warm Up ใช้การวิ่งเหยาะ ๆ (Jogging) 5 นาที	
การยืดเหยียดแบบอยู่กับที่ (Stretching: Static Stretching) 10 นาที	
1. ยืดกล้ามเนื้อท่า Clasping Neck Stretch 10 วินาที และยืดกล้ามเนื้อท่า Neck Release ข้างละ 10 วินาที	
2. ยืดกล้ามเนื้อท่า Triceps Brachii Stretch ข้างละ 15 วินาที	
3. ยืดกล้ามเนื้อท่า Shoulder Adductor ข้างละ 15 วินาที	
4. ยืดกล้ามเนื้อท่า Standing Lower-Trunk Flexor Stretch ท่าละ 15 วินาที	
5. ยืดกล้ามเนื้อท่า Seated Hamstring Stretch ข้างละ 15 วินาที	
6. ยืดกล้ามเนื้อท่า Seated Hip Adductor and Extensor Stretch ทำค้าง 15 วินาที	
7. ยืดกล้ามเนื้อท่า Hip External Rotator and Back Extensor Stretch ข้างละ 15 วินาที	
8. ยืดกล้ามเนื้อท่า Advanced Kneeling Knee Extensor Stretch ข้างละ 15 วินาที	
การยืดเหยียดแบบมีการเคลื่อนไหว (Stretching: Dynamic Stretching)	
1. ยืดกล้ามเนื้อท่า Neck Up-Down ข้างละ 15 วินาที	
2. ยืดกล้ามเนื้อท่า Lateral Tilt Right-Left ข้างละ 15 วินาที	
3. ยืดกล้ามเนื้อท่า Arm Swing 30 วินาที	

4. ยืดกล้ามเนื้อท่า Arm Circle 30 วินาที	
5. ยืดกล้ามเนื้อท่า Dynamic Shoulder Flexion and Extension Stretch 30 วินาที	
6. ยืดกล้ามเนื้อท่า Dynamic Trunk Rotator Stretch 30 วินาที	
7. ยืดกล้ามเนื้อท่า Dynamic Trunk Lateral Flexion Stretch 30 วินาที	
8. ยืดกล้ามเนื้อท่า Dynamic Hip External and Internal Rotator Stretch ข้างละ 15 วินาที	
9. ยืดกล้ามเนื้อท่า Dynamic Standing Knee Flexor Stretch ข้างละ 15 วินาที	

การคูลดาวน์ (Cool Down)

การคูลดาวน์หลังการฝึกซ้อม/ทดสอบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 การคูลดาวน์หลังการฝึกซ้อม/ทดสอบ

กิจกรรม	ภาพประกอบ
เดินความเร็วปานกลาง 5 นาที	
ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 5 นาที	
1. ยืดกล้ามเนื้อท่า Triceps Brachii Stretch ข้างละ 15 วินาที	
2. ยืดกล้ามเนื้อท่า Shoulder Adductor ข้างละ 15 วินาที	
3. ยืดกล้ามเนื้อท่า Standing Lower-Trunk Flexor Stretch ท่าละ 15 วินาที	
4. ยืดกล้ามเนื้อท่า Advanced Kneeling Knee Extensor Stretch ข้างละ 15 วินาที	
5. ยืดกล้ามเนื้อท่า Seated Hip Adductor and Extensor Stretch ทำค้าง 15 วินาที	
6. ยืดกล้ามเนื้อท่า Seated Hamstring Stretch ข้างละ 15 วินาที	
7. ยืดกล้ามเนื้อท่า Hip External Rotator and Back Extensor Stretch ข้างละ 15 วินาที	

3. วิธีการทดสอบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมน IGF-I

การวิจัยเรื่องผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมนไอจีเอฟวันในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน ผู้วิจัยจะทำการทดสอบ

1. สมรรถภาพทางกาย ได้แก่การวัดสัดส่วนร่างกาย และการทดสอบแรงบีบมือ

2. ความสามารถในการว่ายน้ำ ได้แก่การว่ายน้ำคริติคอล สวิม สปีด การว่ายน้ำแอนแอโรบิก คริติคอลเวลโลซิตี้ และการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร

3. การตรวจระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน

การวัดสัดส่วนร่างกาย

การวัดสัดส่วนร่างกาย (Lohman, 1986) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 วิธีการวัดสัดส่วนร่างกาย

รายละเอียดการทดสอบ	วิธีการทดสอบ	การปฏิบัติตนของผู้เข้าร่วมวิจัย
ผู้วิจัยได้ทำการวัดสัดส่วนร่างกาย ด้วยวิธีของ Lohman (1986) ทั้งหมด จำนวน 4 ครั้ง คือ การวิจัยสัปดาห์ที่ 0 หลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. ณ โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยให้กลุ่มตัวอย่างสวมกางเกงขาสั้นหรือกางเกงว่ายน้ำ ไม่ใส่รองเท้า ทุกรายการทดสอบจะทำการวัด 2 ครั้ง (3% Accuracy) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย	1. การวัดน้ำหนักตัว (Lohman, 1986) ให้กลุ่มตัวอย่างยืนบนเครื่องชั่งน้ำหนัก ทำการวัด 2 ครั้งบันทึกค่าที่ได้เป็นกิโลกรัม 2. การวัดส่วนสูง (Lohman, 1986) ให้กลุ่มตัวอย่าง ยืนตรง เท้าชิด โดยไม่สวมรองเท้า ให้ส้นเท้า ก้น ไหล่หลัง และศีรษะติดกับเครื่องมือวัดหรือผนัง ทำการวัด 2 ครั้งบันทึกค่าที่ได้เป็นเซนติเมตร 3. การวัดความกว้างช่วงแขน (Lohman, 1986)โดยยืนกางแขน 90 องศากับลำตัว วัดจากปลายนิ้วกลางหรือนิ้วที่ยาวที่สุดมือซ้าย ถึง นิ้วกลางมือขวาหรือนิ้วที่ยาวที่สุด ทำการวัด 2 ครั้ง บันทึกค่าที่ได้เป็นเซนติเมตร	1. กลุ่มตัวอย่างเดินทางมาถึงบริเวณสระว่ายน้ำ สโมสรอัสสัมชัญศรีราชา เวลา 16.00 น. 2. กลุ่มตัวอย่างทำการเปลี่ยนชุด โดยสวมเสื้อยืด กางเกงขาสั้นหรือกางเกงว่ายน้ำ โดยไม่ใส่รองเท้า 3. กลุ่มตัวอย่างขึ้นไปยืนบนเครื่องชั่งน้ำหนัก นิ่งค้างไว้ประมาณ 10 วินาที ทำการวัด 2 ครั้ง 4. ทำการวัดส่วนสูงโดยให้กลุ่มตัวอย่างยืนตรง เท้าชิด โดยไม่สวมรองเท้า ให้ส้นเท้า ก้น ไหล่ หลัง และศีรษะติดกับเครื่องมือวัดหรือผนังนิ่งค้างไว้ประมาณ 5 วินาที ทำการวัด 2 ครั้ง 5. วัดความกว้างช่วงแขน โดยกลุ่มตัวอย่างยืนตรง กางแขนทำมุม 90 องศากับลำตัว นิ่งค้างไว้ประมาณ 5 วินาที ทำการวัด 2 ครั้ง
	4. การวัดเส้นรอบวงต้นแขน จะวัดด้านถนัดของร่างกาย ทำการวัดเส้นรอบ วงบริเวณต้นแขนส่วนบนขณะเหยียดแขน (Arm relaxed) วัดขณะที่แขนเหยียดข้างลำตัว บันทึกค่ามากที่สุดในขณะที่กล้ามเนื้อคลายตัว ทำการวัด 2 ครั้ง บันทึกค่าที่ได้เป็นเซนติเมตร 5. การวัดเปอร์เซนต์ไขมันในร่างกาย (Body Fat Percentage) ใช้การวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง (Skinfold Thickness) ตามวิธีการและสมการของ Slaughter et al. (1988) ดังนี้ 5.1 ให้กลุ่มตัวอย่างยืนตรง แขนแนบข้างลำตัว งอข้อศอกแขนข้างที่ถนัดให้แขนท่อนบนและท่อนล่างตั้งฉากกันโดยให้ท่อนแขนด้านล่างชี้ไปข้างหน้า 5.2 การวัดตำแหน่งต้นแขนด้านหลัง (Triceps) ทำเครื่องหมายบริเวณกึ่งกลางระหว่างปุ่มกระดูกสะบัก (Acromion process) กับปุ่มปลายของกระดูกข้อศอก (Olecranon process) 5.3 การวัดตำแหน่งสะบัก (Subscapular) ทำเครื่องหมายบริเวณ ในแนวทำมุมกับกระดูกสันหลัง 45 องศา ต่ำกว่า Inferior	6. ทำการวัดเส้นรอบวงต้นแขน โดยจะวัดแขนข้างถนัดของร่างกาย โดยให้กลุ่มตัวอย่างยืนตรง ปล่อยแขนตามสบาย นิ่งค้างไว้ประมาณ 5 วินาที ทำการวัด 2 ครั้ง 7. ทำการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง 7.1 กลุ่มตัวอย่างยืนตรง แขนแนบข้างลำตัวงอข้อศอกแขนข้างที่ถนัดให้แขนท่อนบนและท่อนล่างตั้งฉากกัน โดยให้ท่อนแขนด้านล่างชี้ไปข้างหน้า นิ่งค้างไว้ประมาณ 5 วินาที 7.2 เอาแขนลงแนบข้างลำตัว 7.3 กลุ่มตัวอย่างยืนตรง ในท่าผ่อนคลาย นิ่งค้างประมาณ 10-15 วินาที

	angle ของ Scapular ประมาณ 1-2 ซม. 5.4 ให้กลุ่มตัวอย่างปล่อยแขนลงข้างลำตัวอย่างผ่อนคลาย 5.5 ผู้ทดสอบใช้มือซ้ายดึงผิวหนังพร้อมไขมันใต้ผิวหนังขึ้น เหนือเครื่องหมายที่ทำไว้ประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วใช้เครื่องวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังที่ถืออยู่ด้านขวาหนีบไปบนเนื้อที่มือซ้ายจับอยู่ ในระดับเดียวกับเครื่องหมายที่ทำไว้ รอประมาณ 1-3 วินาที จนกระทั่งเข็มสเกลนิ่งแล้วจึงอ่านค่าจากสเกล 5.6 ทำการวัดซ้ำในข้อ 4 อีกครั้งหนึ่ง โดยการวัดทั้ง 2 ครั้งความแตกต่างของผลการวัดต้องไม่เกิน 3% (3% Accuracy) บันทึกค่าที่ได้เป็นมิลลิเมตร 5.7 นำค่าเฉลี่ยของความหนาของไขมันใต้ผิวหนังที่วัดได้ทั้ง 2 ตำแหน่งมาแปลงเป็นเปอร์เซนต์ของไขมันที่สะสมในร่างกาย	

การทดสอบแรงบีบมือ

การทดสอบแรงบีบมือ (การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2549) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 วิธีการทดสอบแรงบีบมือ

รายละเอียดการทดสอบ	วิธีการทดสอบ	การปฏิบัติตนของผู้เข้าร่วมวิจัย
ผู้วิจัยทำการทดสอบแรงบีบมือ (Grip Strength) เพื่อหาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยใช้แบบทดสอบของการกีฬาแห่งประเทศไทย (2549) ทั้งหมดจำนวน 4 ครั้ง คือ การวิจัยสัปดาห์ที่ 0 หลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. ณ โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี	1. ทำการปรับระดับที่จับของเครื่องมือให้เหมาะสมกับมือของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้มือข้างที่ถนัด 2. ให้กลุ่มตัวอย่างออกแรงกำมือให้แรงที่สุด 3. ทำการทดสอบ 2 ครั้ง 4. บันทึกผลการวัดเป็นกิโลกรัม นำผลที่ได้โดยใช้ค่าที่มากที่สุดมาหารด้วยน้ำหนักตัวของกลุ่มตัวอย่าง	1. กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกายก่อนการทดสอบ 2. กลุ่มตัวอย่างถือเครื่องวัดแรงบีบมือให้พอดีเหมาะสมกับมือโดยใช้มือข้างที่ถนัด 3. ออกแรงกำมือให้แรงที่สุด 4. ทำการทดสอบ 2 ครั้ง

การทดสอบว่ายน้ำคริติคอล สวิม สปีด

การทดสอบว่ายน้ำคริติคอล สวิม สปีด (Zarzeczny et al., 2011) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 วิธีการทดสอบว่ายน้ำคริติคอล สวิม สปีด

รายละเอียดการทดสอบ	วิธีการทดสอบ	การปฏิบัติตนของผู้เข้าร่วมวิจัย
ผู้วิจัยทำการทดสอบว่ายน้ำคริติคอล สวิม สปีด (Critical Swim Speed) เพื่อหาค่าความสามารถในการยืนระยะเชิงแอโรบิก (Aerobic Capacity) (Zarzeczny et al., 2011) ทั้งหมดจำนวน 4 ครั้ง คือ การวิจัยสัปดาห์ที่ 0 หลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. ณ สระว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยทดสอบการว่ายน้ำในท่าฟรีสไตล์ด้วยความเร็วสูงสุด 2 ระยะทางคือ 50 และ 400 เมตร บันทึกเวลา และอัตราการเต้นของหัวใจทันทีหลังกลุ่มตัวอย่างว่ายแตะขอบสระ ทั้ง 2 ระยะทางหลังจากนั้นนำเวลาที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 ระยะทางมาแทนค่าในสมการเพื่อคำนวณหา ความเร็วคริติคอล สวิม สปีด	1. ให้กลุ่มตัวอย่างว่ายน้ำด้วยความเร็วสูงสุดในระยะทาง 400 เมตร บันทึกเวลาในการว่าย และอัตราการเต้นหัวใจ 2. พัก 10 นาที 3. กลุ่มตัวอย่างทำการว่ายน้ำด้วยความเร็วสูงสุดในระยะทาง 50 เมตร บันทึก เวลาในการว่ายและอัตราการเต้นของหัวใจ 4. นำเวลาและระยะทางที่ได้จากการทดสอบไปคำนวณหาความเร็วคริติคอล สวิม สปีด	1. กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการว่ายน้ำก่อนการทดสอบ 10-15 นาที 2. กลุ่มตัวอย่างทำการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ด้วยความเร็วสูงสุด ระยะทาง 400 เมตร 3. บันทึกเวลาในการว่าย 400 เมตร และอัตราการเต้นของหัวใจทันทีหลังจากแตะขอบสระ 4. พักทานน้ำ 10 นาที 5. กลุ่มตัวอย่างทำการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ด้วยความเร็วสูงสุดระยะทาง 50 เมตร 6. บันทึกเวลาในการว่าย 50 เมตร และอัตราการเต้นของหัวใจทันทีหลังจากแตะขอบสระ 7. กลุ่มตัวอย่างทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังการทดสอบ

การทดสอบว่ายน้ำแอนแอโรบิกคริติคอลเวลโลซิตี้

การทดสอบว่ายน้ำแอนแอโรบิกคริติคอลเวลโลซิตี้ (Fernandas, 2008) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6 วิธีการทดสอบว่ายน้ำแอนแอโรบิกครีติคอลเวลโลซิตี้

รายละเอียดการทดสอบ	วิธีการทดสอบ	การปฏิบัติตนของผู้เข้าร่วมวิจัย
ผู้วิจัยทำการทดสอบว่ายน้ำแอนแอโรบิกคริติคอลเวลโลซิตี้ (Anaerobic Critical Velocity) เพื่อหาความสามารถในการยืนระยะเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic Capacity) (Fernandas, 2008) ทั้งหมดจำนวน 4 ครั้ง คือ การวิจัยสัปดาห์ที่ 0 หลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. ณ สระว่ายน้ำ โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยใช้การว่ายน้ำในท่าฟรีสไตล์ 2 ระยะทาง คือ 12.5 เมตร และ 50 เมตร หลังจากนั้นนำเวลาที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 ระยะทาง มาแทนค่าในสมการเพื่อคำนวณหาความเร็วแอนแอโรบิกคริติคอลเวลโลซิตี้	1. ให้กลุ่มตัวอย่างว่ายน้ำด้วยความเร็วสูงสุดในระยะทาง 12.5 เมตร บันทึกเวลาในการว่าย 2. พัก 30 นาที 3. กลุ่มตัวอย่างว่ายน้ำด้วยความเร็วสูงสุดในระยะทาง 50 เมตร บันทึกเวลาในการว่าย 4. นำเวลาที่ได้จากการว่ายน้ำระยะทาง 12.5 เมตร และ 50 เมตร มาคำนวณหาความเร็วแอนแอโรบิกคริติคอลเวลโลซิตี้	1. กลุ่มตัวอย่างเดินทางมาถึงบริเวณสระว่ายน้ำ สโมสรอัสสัมชัญศรีราชา เวลา 16.00 น. 2. กลุ่มตัวอย่างทำการเปลี่ยนชุดว่ายน้ำ 3. ทำการอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อก่อนการทดสอบ 4. ทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการว่ายน้ำก่อนการทดสอบ 10-15 นาที 5. กลุ่มตัวอย่างทำการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ด้วยความเร็วสูงสุด ระยะทาง 12.5 เมตร 6. บันทึกเวลาในการว่าย 12.5 เมตร 7. พัก 30 นาที 8. กลุ่มตัวอย่างทำการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ด้วยความเร็วสูงสุดระยะทาง 50 เมตร 9. บันทึกเวลาในการว่าย 50 เมตร 10. กลุ่มตัวอย่างทำการพักประมาณ 1 ชั่วโมงเพื่อเตรียมทำการทดสอบรายการต่อไป

การทดสอบว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร

การทดสอบว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7 วิธีการทดสอบว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร

รายละเอียดการทดสอบ	วิธีการทดสอบ	การปฏิบัติตนของผู้เข้าร่วมวิจัย
ผู้วิจัยทำการทดสอบการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตรทั้งหมด จำนวน 4 ครั้ง คือ การวิจัยสัปดาห์ที่ 0 หลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 4 สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 ช่วงเวลา 16.00-18.00 น. ณ สระว่ายน้ำ โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยทดสอบการว่ายน้ำในท่าฟรีสไตล์ด้วยความเร็วสูงสุด และบันทึกเวลาหลังนักกีฬาว่ายแตะขอบสระ	1. กลุ่มตัวอย่างทำการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ด้วยความเร็วสูงสุด ระยะทาง 100 เมตร 2. บันทึกเวลาในการว่ายน้ำในระยะทาง 100 เมตร	1. กลุ่มตัวอย่างยืนอยู่บนแท่นสตาร์ทเตรียมพร้อมที่จะออกตัว 2. เมื่อได้ยินเสียงสัญญาณ ให้กระโดดจากแท่นสตาร์ทแล้วเริ่มว่ายด้วยความเร็วสูงสุดในท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร 3. กลุ่มตัวอย่างทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อหลังการทดสอบ

การตรวจระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน (ฮอร์โมนแสดงการเจริญเติบโต)

ความสำคัญ

ฮอร์โมนไอจีเอฟวัน (Insulin-like Growth Factor: IGF-I) เป็นฮอร์โมนแสดงการเจริญเติบโต ที่มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการสร้างกล้ามเนื้อและการเจริญเติบโตของกระดูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็กที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงร่างและสัดส่วนร่างกายอย่างรวดเร็วในช่วงอายุ 12-15 ปี (Growth Spurt) โดยกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีน (Protein Synthesis) กระตุ้นการแบ่งเซลล์ของกระดูก (Proliferation) บริเวณแผ่นการเจริญเติบโตของกระดูก (Growth Plate) ทำให้เนื้อเยื่อต่าง ๆ และกระดูกในร่างกายเจริญเติบโต (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004) ซึ่งฮอร์โมนไอจีเอฟวันทำงานควบคู่กับโกรทฮอร์โมน (Growth Hormone: GH) โดยโกรทฮอร์โมนจะกระตุ้นให้ฮอร์โมนไอจีเอฟวันออกฤทธิ์ที่เซลล์เป้าหมาย และเนื่องจากโกรทฮอร์โมนมีค่าครึ่งชีวิตที่สั้น (Half Life) ประมาณ 10-20 นาที (Brabant, 2003) ทำให้อยู่ในกระแสเลือดได้ในระยะเวลาที่ไม่นาน รวมถึงมีการหลั่งเป็นระยะ (Pulses) โดยมีการหลั่งน้อยในตอนกลางวัน และมีหลั่งมากที่สุดในขณะนอนหลับสนิท (Borst et al., 2001) ส่วนฮอร์โมนไอจีเอฟวันมีค่าครึ่งชีวิต 12-15 ชั่วโมง จึงใช้การตรวจระดับของฮอร์โมนไอจีเอฟวันในตอนเช้า โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ Chemiluminescence Immunoassays (CLIA) จากซีรัม ปริมาณ 200 ไมโครลิตร (µl) (Sauberlich, 2002) เป็นตัวบ่งชี้ลักษณะทางสรีรวิทยาของการเจริญเติบโตแทนการตรวจวัดระดับของโกรทฮอร์โมนจะช่วยให้ทราบถึงฮอร์โมนที่แสดงการเจริญเติบโตของร่างกาย ที่มีความสำคัญต่อพัฒนาการของเซลล์และการเจริญเติบโตของร่างกายได้

นอกจากนี้การได้รับปริมาณสารอาหารที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย และการขาดสารอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขาดสารอาหารประเภทโปรตีนส่งผลให้ระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวันลดต่ำลง (Sauberlich, 2002) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการบันทึกการรับประทานอาหาร และการเคลื่อนไหว 24 ชั่วโมง (สุกัญญา, 2559) ของกลุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร และสมดุลพลังงานควบคู่กับการตรวจวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน

การเจาะเลือดเพื่อหาระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน

การเจาะเลือดเพื่อหาระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน (Sauberlich, 2002) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 8 วิธีการเจาะเลือดเพื่อหาระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน

รายละเอียดการทดสอบ	วิธีการทดสอบ	การปฏิบัติตนของผู้เข้าร่วมวิจัย
ผู้วิจัยดำเนินการตรวจวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวันที่ห้องรับรองของสระว่ายน้ำสโมสรอัสสัมชัญศรีราชา โดยบุคลากรวิชาชีพและมีประสบการณ์ และนำส่งตรวจวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน ที่สถาบันตรวจสุขภาพ บริษัท เนชั่นแนล เฮลท์แคร์ ซิสเท็มส์ จำกัด สาขาห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ โรงพยาบาลสมิติเวชศรีราชา โดยมีการตรวจตามมาตรฐานที่โรงพยาบาลได้กำหนดไว้ตามมาตรฐานทางห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะทำการตรวจวัดทั้งหมด 2 ครั้ง คือ การวิจัยสัปดาห์ที่ 0 และหลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 12 ในวันเสาร์ ช่วงเวลา 7.00-9.00 น. โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ Chemiluminescence Immunoassays (CLIA) (Sauberlich, 2002) ปริมาณเลือดที่เก็บเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ฮอร์โมน ไอจีเอฟวัน 3-4 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อครั้งโดยบุคลากรวิชาชีพและมีประสบการณ์	1. นำกลุ่มตัวอย่างเข้ารับการเจาะเลือด เพื่อตรวจวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวันที่ห้องรับรองของสระว่ายน้ำสโมสรอัสสัมชัญศรีราชา ในวันเสาร์ เวลา 07.00-09.00 น. 2. ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดดำส่วนปลายบริเวณข้อพับแขน โดยบุคลากรวิชาชีพและมีประสบการณ์ ณ ห้องรับรองของสระว่ายน้ำสโมสรอัสสัมชัญศรีราชา 3. ปริมาณเลือดที่เก็บเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ฮอร์โมน ไอจีเอฟวัน 3-4 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อครั้ง 4.ดำเนินการส่ง Specimens ตามขั้นตอนและมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน โดยสถาบันตรวจสุขภาพ บริษัท เนชั่นแนล เฮลท์แคร์ ซิสเท็มส์ จำกัด สาขาห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ โรงพยาบาลสมิติเวชศรีราชา 5. รอผลการตรวจ ประมาณ 3 วัน	1. กลุ่มตัวอย่างเดินทางมาถึงบริเวณสระว่ายน้ำโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา ในวันเสาร์ เวลา 07.00 น 2. เริ่มทำการเก็บตัวอย่างเลือดโดยบุคลากรวิชาชีพ ณ ห้องรับรองของสระว่ายน้ำสโมสรอัสสัมชัญศรีราชา ในเวลา 07.00-09.00 น. 3. รับประทานอาหารว่างและน้ำดื่ม 4. กลุ่มตัวอย่างเดินทางกลับ เวลา 09.30 น.

แบบฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 1-4

แบบฝึกบนบก ในสัปดาห์ที่ 1-4 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 9 ขั้นตอนการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 1-4

Workout: 30 นาที	Rep	Rest/min	Set
1. Overhead Squat	10	1	3
2. Lunges	10	1	3
3. Tricep Dips	10	1	3
4. Sit Up	10	1	3
5. Plank	10 s	1	3
6. Knee Push-Up	10	1	3

1. Overhead Squat (ไม่ใช้น้ำหนัก)

1. ให้กลุ่มตัวอย่างยืนตัวตรง แยกเท้าออกห่างกันประมาณ 1 ช่วงไหล่ แขนทั้ง 2 ข้างแนบลำตัว
2. งอเข่า ย่อลำตัวลงมาจนขาขนานกับพื้น พยายามให้หลังตั้งตรง เหยียดแขนไปข้างหน้า
3. ยืดตัวขึ้นอย่างช้า ๆ ดึงแขนกลับมาอยู่ข้างลำตัวจนกลับมาสู่ท่าเริ่มต้น
4. ทำข้อ 2-3 ซ้ำ ติดต่อกัน 10 ครั้ง (ถือเป็น 1 เซ็ต) พัก 1 นาที
5. ปฏิบัติเป็นจำนวน 3 เซ็ต

ภาพที่ 3ท่าประกอบการฝึก Overhead Squat สัปดาห์ที่ 1-4

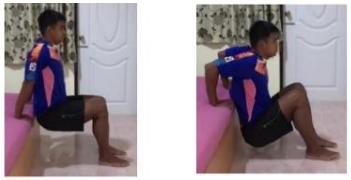
2. Lunges

1. ให้กลุ่มตัวอย่างยืนตัวตรงแยกเท้าออกประมาณช่วง 1 ไหล่ ลำตัวตั้งตรง มือทั้งสองข้างจับเอว
2. ก้าวเท้าซ้ายไปข้างหน้าประมาณ 2 ก้าว โดยให้ส้นเท้าซ้ายแตะพื้นพยายามรักษาหลังให้ตั้งตรง
3. ย่อเข่าข้างขวาลงจนเกือบแตะพื้น เข่าทั้งสองข้างต่างก็ทำมุมประมาณ 90 องศา
4. ดึงขาซ้ายกลับมาสู่ท่าเริ่มต้น
5. ก้าวเท้าขวาไปข้างหน้าประมาณ 2 ก้าว โดยให้ส้นเท้าขวาแตะพื้นพยายามรักษาหลังให้ตั้งตรง
6. ย่อเข่าข้างซ้ายลงจนเกือบแตะพื้น เข่าทั้งสองข้างทำมุมประมาณ 90 องศา
7. ดึงขาขวากลับมาสู่ท่าเริ่มต้น
8. ทำข้อ 2-7 ซ้ำ ติดต่อกัน 10 ครั้ง (ถือเป็น 1 เซ็ต) พัก 1 นาที
9. ปฏิบัติเป็นจำนวน 3 เซ็ต

ภาพที่ 4 ท่าประกอบการฝึก Lunges สัปดาห์ที่ 1-4

3. Tricep Dips (ใช้ม้านั่ง)

1. ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งบนม้านั่ง วางมือบนเก้าอี้ชิดสะโพก วางเท้ากับพื้น มองไปข้างหน้า
2. เลื่อนตัวไปข้างหน้าเล็กน้อยพยายามให้ลำตัวอยู่ใกล้กับม้านั่งให้มากที่สุด เกร็งแขนไว้ให้สะโพกลอยอยู่ด้านหน้าม้านั่ง งอเข่าทำมุม 90 องศา
3. งอข้อศอก ย่อตัวลงอย่างช้า ๆ โดยให้แขนตั้งฉากกับข้อศอกทำมุม 90 องศา
4. ออกแรงยกตัวขึ้นให้แขนเหยียดตรง
5. ทำข้อที่ 2– 4 ซ้ำ ติดต่อกัน 10 ครั้ง (ถือเป็น 1 เซ็ต) พัก 1 นาที
6. ปฏิบัติเป็นจำนวน 3 เซท



ภาพที่ 5 ท่าประกอบการฝึก Tricep Dips สัปดาห์ที่ 1-4

4. Sit Up

1. ให้กลุ่มตัวอย่างนอนหงาย งอเข่าประมาณ 45 องศาเป็นรูปตัว V เท้าทั้งสองวางราบกับพื้นห่างกันประมาณ 1 ช่วงไหล่ (ท่าเริ่มต้น)
2. เหยียดแขน ให้มือทั้งสองข้างไขว้กัน ยกค้างไว้ตำแหน่งบริเวณหน้าขา
3. ยกศีรษะและลำตัวขึ้นจากพื้นในลักษณะงอลำตัวให้สูง

4. ลดตัวลงกลับสู่ท่าเริ่มต้นจนกระทั่งหลังและหัวไหล่แตะพื้น

5. ทำข้อที่ 2-4 ซ้ำ ติดต่อกัน 10 ครั้ง (ถือเป็น 1 เซ็ต) พัก 1 นาที

6. ปฏิบัติ เป็นจำนวน 3 เซ็ต

ภาพที่ 6 ท่าประกอบการฝึก Sit Up สัปดาห์ที่ 1-4

5. Plank

1. ให้กลุ่มตัวอย่างนอนคว่ำ ตั้งศอกทั้ง 2 ข้างกับพื้น ห่างกันประมาณ 1 ช่วงไหล่ เท้าห่างจากกันเล็กน้อย ปลายเท้าทั้งสองตั้งฉากกับพื้น (ท่าเริ่มต้น)

2. ค่อย ๆ ดันลำตัวและยกสะโพกขึ้น เกร็งลำตัวและคอให้อยู่ในระนาบเดียวกัน ค้างไว้ 10 วินาที แล้วลดตัวลงกลับสู่ท่าเริ่มต้น (ถือเป็น 1 เซ็ต) พัก 1 นาที

4. ปฏิบัติ เป็นจำนวน 3 เซ็ต

ภาพที่ 7 ท่าประกอบการฝึก Plank สัปดาห์ที่ 1-4

6. Knee Push-Up

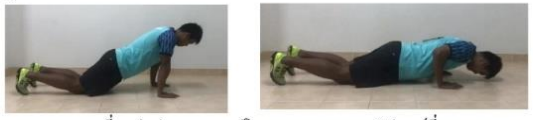
1. ให้กลุ่มตัวอย่างคว่ำตัวท้าวแขนกับพื้น มือวางตั้งฉากกับพื้นข้างลำตัวบริเวณใต้หัวไหล่เพื่อรับน้ำหนักตัว แขนเหยียดตรง ปลายเท้าทั้งสองและเข่าแตะพื้น เหยียดลำตัวเป็นแนวตรง กางแขนออกไปทางด้านข้างของไหล่เพียงเล็กน้อย (ท่าเริ่มต้น)

2. ค่อย ๆ งอแขนหย่อนลำตัวลงอย่างช้า ๆ ลำตัวจนถึงศีรษะยังคงเป็นแนวตรงตรง จนหน้าห่างจากพื้นประมาณ 10 เซนติเมตร

3. ออกแรงเหยียดแขน ยกลำตัวขึ้น โดยลำคอและลำตัวยังคงเป็นแนวตรง (กลับสู่ท่าเริ่มต้น)

4. ทำข้อ 2- 4 ซ้ำ ติดต่อกัน 10 ครั้ง (ถือเป็น 1 เซ็ต) พัก 1 นาที

5. ปฏิบัติเป็นจำนวน 3 เซ็ต



ภาพที่ 8 ท่าประกอบการฝึก Knee Push-Up สัปดาห์ที่ 1-4

แบบฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 5-8

แบบฝึกบนบก ในสัปดาห์ที่ 5-8 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 10 ขั้นตอนการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 5-8

สัปดาห์ที่ 5-8			
Main section: 30 นาที	Rep	Rest/min	Set
1. Overhead Squat	12	1	3
2. Lunges	12	1	3
3. Tricep Dips	12	1	3
4. Alternating V Up	12	1	3
5. Plank	12 s	1	3
6. Push-Up	12	1	3

1. Overhead Squat (ไม่ใช้น้ำหนัก)

1. ให้กลุ่มตัวอย่างยืนตัวตรง แยกเท้าออกห่างกันประมาณช่วงไหล่ แขนทั้ง 2 ข้างแนบข้างลำตัว

2. งอเข่า ย่อลำตัวลงมาจนต้นขาขนานกับพื้น พยายามให้หลังตั้งตรง เหยียดแขนมาข้างหน้า

3. ยืดตัวขึ้นอย่างช้า ๆ ดึงแขนกลับมาอยู่ข้างลำตัวจนกลับมาสู่ท่าเริ่มต้น

4. ทำซ้ำกันติดต่อกัน 12 ครั้ง เสร็จแล้วพัก 1 นาที เป็นจำนวน 3 เซท

ภาพที่ 9 ท่าประกอบการฝึก Overhead Squat สัปดาห์ที่ 5-8

2. Lunges

1. ให้กลุ่มตัวอย่างยืนตัวตรงแยกเท้าออกประมาณช่วงไหล่ มือทั้งสองข้างจับเอว

2. ก้าวเท้าซ้ายไปด้านหน้า วางเท้าราบกับพื้นพยายามรักษาหลังให้ตั้งตรง

3. ย่อเข่าทั้งสองข้างลงพร้อมกันทำมุมประมาณ 90 องศา

4. ดึงขาซ้ายกลับมาสู่ท่าเริ่มต้น

5. ก้าวเท้าขวาไปด้านหน้า วางเท้าราบกับพื้นพยายามรักษาหลังให้ตั้งตรง

6. ย่อเข่าทั้งสองข้างลงพร้อมกันทำมุมประมาณ 90 องศา

7. ดึงขาขวากลับมาสู่ท่าเริ่มต้น

8. ทำซ้ำกันติดต่อกัน 12 ครั้ง เสร็จแล้วพัก 1 นาที เป็นจำนวน 3 เซท

ภาพที่ 10 ท่าประกอบการฝึก Lunges สัปดาห์ที่ 5-8

3. Tricep Dips (ใช้ม้านั่ง)

1. ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งบนม้านั่ง วางมือบนเก้าอี้ชิดสะโพก วางเท้ากับพื้น มองไปข้างหน้า

2. เลื่อนตัวไปข้างหน้าเล็กน้อยพยายามให้ลำตัวอยู่ใกล้กับม้านั่งให้มากที่สุด เกร็งแขนไว้ให้สะโพกลอยอยู่ด้านหน้าม้านั่ง งอเข่าทำมุม 90 องศา

3. งอข้อศอก ย่อตัวลงอย่างช้า ๆ โดยให้แขนตั้งฉากกับข้อศอกทำมุม 90 องศา

4. ออกแรงยกตัวขึ้นให้แขนเหยียดตรง

5. ทำซ้ำกันติดต่อกัน 12 ครั้ง เสร็จแล้วพัก 1 นาที เป็นจำนวน 3 เซท

ภาพที่ 11 ท่าประกอบการฝึก Tricep Dips สัปดาห์ที่ 5-8

4. Alternating V Up

1. ให้กลุ่มตัวอย่างนอนหงายราบไปกับพื้น กางแขนตั้งฉากกับลำตัวหงายฝ่ามือขึ้น

2. ยกขาขวาและแขนซ้ายขึ้น ลำตัวลอยขึ้นจากพื้น พยายามให้ฝ่ามือแตะปลายเท้า

3. วางขาขวาและแขนซ้ายลงอย่างช้า ๆ

4. ยกขาซ้ายและแขนขวาขึ้นมาสูงจากพื้น พยายามให้ฝ่ามือแตะปลายเท้า

5. วางขาซ้ายและแขนขวาลงอย่างช้า ๆ

6. ทำซ้ำกันติดต่อกัน 12 ครั้ง เสร็จแล้วพัก 1 นาที เป็นจำนวน 3 เซต

ภาพที่ 12 ท่าประกอบการฝึก Alternating V Up สัปดาห์ที่ 5-8

5. Plank

1. ให้กลุ่มตัวอย่างนอนคว่ำหน้ากับพื้น ให้เท้าห่างจากกันเล็กน้อย ปลายเท้าตั้งฉากกับพื้นทั้งคู่

2. ตั้งศอกทั้ง 2 ข้างกับพื้น ค่อย ๆ ดันลำตัวขึ้น โดยให้ศอกทั้ง 2 ข้างห่างกันประมาณ 1 ช่วงไหล่

3. ยกสะโพกขึ้น เกร็งลำตัวและคอให้อยู่ในระนาบเดียวกัน ค้างไว้ 12 วินาที พัก 1 นาที เป็นจำนวน 3 เซท

ภาพที่ 13 ท่าประกอบการฝึก Plank สัปดาห์ที่ 5-8

6. Push-Up

1. ให้กลุ่มตัวอย่างนอนคว่ำหน้ากับพื้น ปลายเท้าตั้งฉากกับพื้นให้เท้าห่างกันเล็กน้อย เข่าลอยอยู่เหนือพื้น แขนวางตั้งฉากกับพื้นแนบข้างลำตัว

2. ออกแรงเหยียดแขน ยกลำตัวขึ้น โดยให้ไหล่ แขน และมือ อยู่ในแนวเดียวกันถือเป็นท่าเริ่มต้น

3. งอศอก วางลำตัวลงอย่างช้าๆ โดยให้หน้าอกเกือบสัมผัสพื้น ลำตัวยังคงเหยียดตรง

4. ออกแรงดันลำตัวขึ้นกลับสู่ท่าเดิม โดยให้แขนเหยียดตรง

5. ทำซ้ำกันติดต่อกัน 12 ครั้ง เสร็จแล้วพัก 1 นาที เป็นจำนวน 3 เซท

ภาพที่ 14 ท่าประกอบการฝึก Push-Up สัปดาห์ที่ 5-8

แบบฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 9-12

แบบฝึกบนบก ในสัปดาห์ที่ 1-4 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 11 ขั้นตอนการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 9-12

สัปดาห์ที่ 9-12			
Main section: 30 นาที	Rep	Rest/min	Set
1. Overhead Squat	14	1	3
2. Lunges with Twist	14	1	3
3. Tricep Dips	14	1	3
4. V-Ups	14	1	3
5. Plank	14 s	1	3
6. Push-Up with Feet	14	1	3

1. Overhead Squat (ไม่ใช้น้ำหนัก)

1. ให้กลุ่มตัวอย่างยืนตัวตรง แยกเท้าออกห่างกันประมาณช่วงไหล่ แขนทั้ง 2 ข้างแนบข้างลำตัว
2. งอเข่า ย่อลำตัวลงมาจนต้นขาขนานกับพื้น พยายามให้หลังตั้งตรง เหยียดแขนมาข้างหน้า
3. ยืดตัวขึ้นอย่างช้า ๆ ดึงแขนกลับมาอยู่ข้างลำตัวจนกลับมาสู่ท่าเริ่มต้น
4. ทำซ้ำกันติดต่อกัน 14 ครั้ง เสร็จแล้วพัก 1 นาที เป็นจำนวน 3 เซท

ภาพที่ 15 ท่าประกอบการฝึก Overhead Squat สัปดาห์ที่ 9-12

2. Lunges with Twist

1. ให้กลุ่มตัวอย่างยืนตัวตรงแยกเท้าออกประมาณช่วงไหล่
2. ก้าวเท้าซ้ายไปด้านหน้า วางเท้าราบกับพื้นพยายามรักษาหลังให้ตั้งตรง
3. ย่อเข่าทั้งสองข้างลงพร้อมกันทำมุมประมาณ 90 องศา แขนเหยียดตรงไปด้านหน้า ฝ่ามือประสานกัน
4. บิดลำตัวและแขนมาทางด้านซ้าย 90 องศา
5. บิดลำตัวและแขนกลับคืนไปด้านหน้า
6. ดึงขาซ้ายกลับมาสู่ท่าเริ่มต้น ปล่อยมือให้แขนแนบข้างลำตัว
7. ก้าวเท้าขวาไปด้านหน้า วางเท้าราบกับพื้นพยายามรักษาหลังให้ตั้งตรง
8. ย่อเข่าทั้งสองข้างลงพร้อมกันทำมุมประมาณ 90 องศา แขนเหยียดตรงไปด้านหน้า ฝ่ามือประสานกัน
9. บิดลำตัวและแขนมาทางด้านขวา 90 องศา
10. บิดลำตัวและแขนกลับคืนไปด้านหน้า
11. ดึงขาขวากลับมาสู่ท่าเริ่มต้น ปล่อยมือให้แขนแนบข้างลำตัว
12. ทำซ้ำกันติดต่อกัน 14 ครั้ง เสร็จแล้วพัก 1 นาที เป็นจำนวน 3 เซต

ภาพที่ 16 ท่าประกอบการฝึก Lunges with Twist สัปดาห์ที่ 9-12

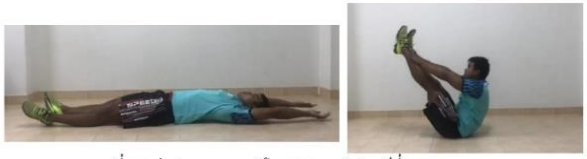
3. Tricep Dips (ใช้ม้านั่ง)

1. ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งบนม้านั่ง วางมือบนเก้าอี้ชิดสะโพก วางเท้ากับพื้น มองไปข้างหน้า
2. เลื่อนตัวไปข้างหน้าเล็กน้อยพยายามให้ลำตัวอยู่ใกล้กับม้านั่งให้มากที่สุด เกร็งแขนไว้ให้สะโพกลอยอยู่ด้านหน้าม้านั่ง งอเข่าทำมุม 90 องศา
3. งอข้อศอก ย่อตัวลงอย่างช้า ๆ โดยให้แขนตั้งฉากกับข้อศอกทำมุม 90 องศา
4. ออกแรงยกตัวขึ้นให้แขนเหยียดตรง
5. ทำซ้ำกันติดต่อกัน 14 ครั้ง เสร็จแล้วพัก 1 นาที เป็นจำนวน 3 เซท

ภาพที่ 17 ท่าประกอบการฝึก Tricep Dips สัปดาห์ที่ 9-12

4. V-Ups

1. ให้กลุ่มตัวอย่างนอนหงายราบไปกับพื้น แขนเหยียดเหนือศีรษะ
2. ค่อย ๆ ยกขาและแขนขึ้นมาสูงจากพื้นพยายามให้ฝ่ามือแตะปลายเท้าจนเป็นรูปตัว V
3. วางขาและเหยียดแขนเหนือศีรษะลงอย่างช้า ๆ
3. ทำซ้ำกันติดต่อกัน 14 ครั้ง เสร็จแล้วพัก 1 นาที เป็นจำนวน 3 เซท



ภาพที่ 18 ท่าประกอบการฝึก V-Ups สัปดาห์ที่ 9-12

5. Plank

1. ให้กลุ่มตัวอย่างนอนคว่ำหน้ากับพื้น ให้เท้าห่างจากกันเล็กน้อย ปลายเท้าตั้งฉากกับพื้นทั้งคู่
2. ตั้งศอกทั้ง 2 ข้างกับพื้น ค่อย ๆ ดันลำตัวขึ้น โดยให้ศอกทั้ง 2 ข้างห่างกันประมาณ 1 ช่วงไหล่
3. ยกสะโพกขึ้น เกร็งลำตัวและคอให้อยู่ในระนาบเดียวกัน ค้างไว้ 14 วินาที พัก 1 นาที เป็นจำนวน 3 เซท

ภาพที่ 19 ท่าประกอบการฝึก Plank สัปดาห์ที่ 9-12

6. Push-Up with Feet

1. ให้กลุ่มตัวอย่างนอนคว่ำหน้ากับพื้น ให้เท้าชิดกัน ปลายเท้าตั้งฉากบนเก้าอี้สูงจากพื้นประมาณ 45 เซนติเมตร แขนวางตั้งฉากกับพื้นแนบข้างลำตัว
2. ออกแรงเหยียดแขน ยกลำตัวขึ้น โดยให้ไหล่ แขน และมือ อยู่ในแนวเดียวกันถือเป็นท่าเริ่มต้น
3. งอศอก วางลำตัวลงอย่างช้าๆ โดยให้หน้าอกเกือบสัมผัสพื้น ลำตัวยังคงเหยียดตรง
4. ออกแรงดันลำตัวขึ้นกลับสู่ท่าเดิม โดยให้แขนเหยียดตรง
5. ทำซ้ำกันติดต่อกัน 14 ครั้ง เสร็จแล้วพัก 1 นาที เป็นจำนวน 3 เซท

ภาพที่ 20 ท่าประกอบการฝึก Push-Up with Feet สัปดาห์ที่ 9-12

แบบบันทึกผลการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 1-4

(รหัสใบบันทึกข้อมูล 1.1)

Code No.

Warm Up: 15 นาที	General warm up 5 min - Jogging Stretching 10 min - Static Stretching - Dynamic Stretching					
Workout: 30 นาที	วันจันทร์			วันพุธ		
	Rep	Rest/min	Set	Rep	Rest/min	Set
1. Overhead Squat	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2. Lunges	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3. Tricep Dips	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4. Sit Up	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5. Plank	.....	.....	.....	.....	.....	.....
6. Knee Push-Up	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Cool down: 10 นาที						

หมายเหตุ

ถ้ามีการแข่งขันหรือติดภาระกิจไม่สามารถเข้าร่วมการฝึกได้ให้แจ้งผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยเพื่อทำการนัดหมายการฝึกชดเชยในวันอื่นต่อไป

แบบบันทึกผลการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 5-8

(รหัสใบบันทึกข้อมูล 1.5)

Code No.

Warm Up: 15 นาที	General warm up 5 min - Jogging Stretching 10 min - Static Stretching - Dynamic Stretching					
Workout: 30 นาที	วันจันทร์			วันพุธ		
	Rep	Rest/min	Set	Rep	Rest/min	Set
1. Overhead Squat	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2. Lunges	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3. Tricep Dips	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4. Alternating V Up	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5. Plank	.....	.....	.....	.....	.....	.....
6. Push-Up	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Cool down: 10 นาที						

หมายเหตุ

ถ้ามีการแข่งขันหรือติดภาระกิจไม่สามารถเข้าร่วมการฝึกได้ให้แจ้งผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยเพื่อทำการนัดหมายการฝึกชดเชยในวันอื่นต่อไป

แบบบันทึกผลการฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 9-12

(รหัสใบบันทึกข้อมูล 1.9)

Code No.

Warm Up: 15 นาที	General warm up 5 min - Jogging Stretching 10 min - Static Stretching - Dynamic Stretching					
Workout: 30 นาที	วันจันทร์			วันพุธ		
	Rep	Rest/min	Set	Rep	Rest/min	Set
1. Overhead Squat	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2. Lunges with Twist	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3. Tricep Dips	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4. V-Ups	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5. Plank	.....	.....	.....	.....	.....	.....
6. Push-Up with Feet	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Cool down: 10 นาที						

หมายเหตุ

ถ้ามีการแข่งขันหรือติดภาระกิจไม่สามารถเข้าร่วมการฝึกได้ให้แจ้งผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยเพื่อทำการนัดหมายการฝึกชดเชยในวันอื่นต่อไป

แบบบันทึกการทดสอบสมรรถภาพทางกายและฮอร์โมน

(รหัสใบบันทึกข้อมูล 2.6)

Code No.

การทดสอบ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
1. การวัดสัดส่วนร่างกาย				
2. การทดสอบแรงบีบมือ				
3. การทดสอบการว่ายน้ำคริติคอล สวิม สปีด				
4. การทดสอบการว่ายน้ำแอนแอโรบิกคริติคอลเวลโลซิตี้				
5. การทดสอบว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร				
6. การตรวจวัดระดับฮอร์โมนไอจีเอฟวัน (ฮอร์โมนแสดงการเจริญเติบโต) (เฉพาะการวิจัยสัปดาห์ที่ 0 และ 12)		[redacted]	[redacted]	

หมายเหตุ ใส่เครื่องหมาย ✓ เมื่อเข้ารับการทดสอบ และใส่เครื่องหมาย x เมื่อไม่ได้เข้ารับการทดสอบ

เมื่อ การทดสอบครั้งที่ 1 หมายถึง การวิจัยสัปดาห์ที่ 0

การทดสอบครั้งที่ 2 หมายถึง หลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 4

การทดสอบครั้งที่ 3 หมายถึง หลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 8

การทดสอบครั้งที่ 4 หมายถึง หลังการวิจัยสัปดาห์ที่ 12

ถ้ามีการแข่งขันหรือติดภาระกิจไม่สามารถเข้ารับการทดสอบได้ให้แจ้งผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยเพื่อทำการนัดหมายการทดสอบในวันอื่นต่อไป

แบบบันทึกผลการวัดสัดส่วนร่างกาย

(รหัสใบบันทึกข้อมูล 2.1)

Code No.

การวัด	test 1	test 2	ค่าเฉลี่ย
การทดสอบครั้งที่ 1 (สัปดาห์ที่ 0) วันที่			
น้ำหนักตัว (Body Weight)			
ส่วนสูง (Stature)			
ความกว้างช่วงแขน (Arm Span)			
เส้นรอบวงต้นแขน (Arm Relaxed)			
ความหนาไขมันต้นแขนด้านหลัง (Triceps)			
ความหนาไขมันสะบัก (Subscapular)			
การทดสอบครั้งที่ 2 (สัปดาห์ที่ 4) วันที่			
น้ำหนักตัว (Body Weight)			
ส่วนสูง (Stature)			
ความกว้างช่วงแขน (Arm Span)			
เส้นรอบวงต้นแขน (Arm Relaxed)			
ความหนาไขมันต้นแขนด้านหลัง (Triceps)			
ความหนาไขมันสะบัก (Subscapular)			
การทดสอบครั้งที่ 3 (สัปดาห์ที่ 8) วันที่			
น้ำหนักตัว (Body Weight)			
ส่วนสูง (Stature)			
ความกว้างช่วงแขน (Arm Span)			
เส้นรอบวงต้นแขน (Arm Relaxed)			
ความหนาไขมันต้นแขนด้านหลัง (Triceps)			
ความหนาไขมันสะบัก (Subscapular)			
การทดสอบครั้งที่ 4 (สัปดาห์ที่ 12) วันที่			
น้ำหนักตัว (Body Weight)			
ส่วนสูง (Stature)			
ความกว้างช่วงแขน (Arm Span)			
เส้นรอบวงต้นแขน (Arm Relaxed)			
ความหนาไขมันต้นแขนด้านหลัง (Triceps)			
ความหนาไขมันสะบัก (Subscapular)			

หมายเหตุ ถ้ามีการแข่งขันหรือติดภาระกิจไม่สามารถเข้ารับการทดสอบได้ให้แจ้งผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยเพื่อทำการนัดหมายการทดสอบในวันอื่นต่อไป

แบบบันทึกผลการทดสอบแรงบีบมือ

(รหัสใบบันทึกข้อมูล 2.2)

การทดสอบครั้งที่..... (สัปดาห์ที่ .....) วันที่.....

ผู้เข้ารับการทดสอบ (Code No.)	น้ำหนักตัว (kg)	test 1	test 1	แรงบีบมือต่อน้ำหนักตัว
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				
13.				
14.				

หมายเหตุ ถ้ามีการแข่งขันหรือติดภาระกิจไม่สามารถเข้าร่วมการฝึกได้ให้แจ้งผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยเพื่อทำการนัดหมายการทดสอบในวันอื่นต่อไป

แบบบันทึกผลการทดสอบการว่ายน้ำคริติคอล สวิม สปีด

(รหัสใบบันทึกข้อมูล 2.3)

(Zarzeczny et al., 2011)

Code No.

การทดสอบครั้งที่ 1 (สัปดาห์ที่ 0) วันที่	
เวลาในการว่ายน้ำ 400 เมตร (s)	
อัตราการเต้นหัวใจหลังการว่าย 400 เมตร (bpm)	
เวลาในการว่ายน้ำ 50 เมตร (s)	
อัตราการเต้นหัวใจหลังการว่าย 50 เมตร (bpm)	
การทดสอบครั้งที่ 2 (สัปดาห์ที่ 4) วันที่	
เวลาในการว่ายน้ำ 400 เมตร (s)	
อัตราการเต้นหัวใจหลังการว่าย 400 เมตร (bpm)	
เวลาในการว่ายน้ำ 50 เมตร (s)	
อัตราการเต้นหัวใจหลังการว่าย 50 เมตร (bpm)	
การทดสอบครั้งที่ 3 (สัปดาห์ที่ 8) วันที่	
เวลาในการว่ายน้ำ 400 เมตร (s)	
อัตราการเต้นหัวใจหลังการว่าย 400 เมตร (bpm)	
เวลาในการว่ายน้ำ 50 เมตร (s)	
อัตราการเต้นหัวใจหลังการว่าย 50 เมตร (bpm)	
การทดสอบครั้งที่ 4 (สัปดาห์ที่ 12) วันที่	
เวลาในการว่ายน้ำ 400 เมตร (s)	
อัตราการเต้นหัวใจหลังการว่าย 400 เมตร (bpm)	
เวลาในการว่ายน้ำ 50 เมตร (s)	
อัตราการเต้นหัวใจหลังการว่าย 50 เมตร (bpm)	

หมายเหตุ ถ้ามีการแข่งขันหรือติดภาระกิจไม่สามารถเข้าร่วมการฝึกได้ให้แจ้งผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยเพื่อทำการนัดหมายการทดสอบในวันอื่นต่อไป

แบบบันทึกผลการทดสอบการว่ายน้ำแอนแอโรบิกคริติคอลเวลโลซิตี้

(รหัสใบบันทึกข้อมูล 2.4)

(Fernandas, 2008)

Code No.

การทดสอบ	เวลาในการว่ายน้ำ 12.5 เมตร (s)	เวลาในการว่ายน้ำ 50 เมตร (s)
การทดสอบครั้งที่ 1 (สัปดาห์ที่ 0)		
การทดสอบครั้งที่ 2 (สัปดาห์ที่ 4)		
การทดสอบครั้งที่ 3 (สัปดาห์ที่ 8)		
การทดสอบครั้งที่ 4 (สัปดาห์ที่ 12)		

หมายเหตุ ถ้ามีการแข่งขันหรือติดภาระกิจไม่สามารถเข้าร่วมการฝึกได้ให้แจ้งผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยเพื่อทำการนัดหมายการทดสอบในวันอื่นต่อไป

แบบบันทึกผลการทดสอบการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ ระยะทาง 100 เมตร

(รหัสใบบันทึกข้อมูล 2.5)

การทดสอบครั้งที่..... (สัปดาห์ที่ .....) วันที่.....

ผู้เข้ารับการทดสอบ (Code No.)	เวลาในการว่าย (s)
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	
13.	
14.	

หมายเหตุ ถ้ามีการแข่งขันหรือติดภาระกิจไม่สามารถเข้าร่วมการฝึกได้ให้แจ้งผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยเพื่อทำการนัดหมายการทดสอบในวันอื่นต่อไป

คำแนะนำการลงบันทึกอาหารใน 1 วัน

1. บันทึกอาหารทุกมื้อว่ากินหรือไม่ อาหารว่าง วิตามินหรือยาบำรุงที่กินในวันนั้น
2. ให้ระบุว่าเป็นวันทำงาน วันหยุดเสาร์อาทิตย์หรือนักขัตฤกษ์ หรือวันพิเศษเช่นงานเลี้ยงวันเกิด อาหารตามปกติหรือป่วย โดยมีวิธีการบันทึกดังนี้

ช่องที่ 1 มื้ออาหาร	**ช่องที่ 2** เมนู (Menu)		**ช่องที่ 3** ส่วนประกอบ (Ingredient)				สำหรับเจ้าหน้าที่	
	รายการอาหาร	จำนวนที่กิน	ชนิด	ปริมาณที่กิน			Food code	น้ำหนักอาหาร
				กิน	ไม่กิน	จำนวน		
มื้อ ,เวลา สถานที่	เช่น ก๋วยเตี๋ยวน้ำใส่หมู เติมเครื่องปรุง น้ำตาล &น้ำส้ม	1 ชาม ปกติ	ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ คะน้า ถั่วงอกดิบ หมูสับ ดับหมูหั่นบาง น้ำตาล	/ / / /	/	1 ทัพพี - 2 ช้อนโต๊ะ 3 ชิ้น 2 ช้อนชา		

ช่องที่ 1 มื้ออาหาร **เช่นมื้อเช้าที่บ้าน**

ช่องที่ 2 เมนู (Menu) ชื่ออาหารที่กิน การเติมเครื่องและราคาที่ซื้อมา เช่น**ปกติ 20 บาท พิเศษ 30 บาท**

ช่องที่ 3 ส่วนประกอบ (Ingredient) ให้ระบุ

ชนิดอย่างละเอียดดังนี้

ชนิดเช่น ไข่เป็ด ไข่ไก่ การปรุง สุก ดิบเช่น ถั่วงอกดิบ

ยี่ห้อเช่นมันทอดกรอบเลย์ รสชาดเช่น นมสดพลาสเจอไรซ์รสจืด

ลักษณะพิเศษเช่น โค้กไดเอท ขนาดเช่น ดับหมูขนาด กว้าง ยาว หนา เช่น หั่นบาง 3 ชิ้น

ปริมาณที่กินหรือไม่โดยใส่เครื่องหมาย / และระบุจำนวนโดยใช้บันทึกอาหารเป็นกลุ่มดังนี้

กลุ่ม 1 ข้าว- แป้ง	ข้าว ก๋วยเตี๋ยวเป็นทัพพี ขนมจีนเป็นจับ ข้าวเหนียวเป็นปั้นหรือกระติ๊บ ขนมปังเป็นแผ่น เช่น ข้าว 2 ทัพพี ขนมจีน 1 จับใหญ่ ขนมปังฟาร์มเฮ้าส์ 1 แผ่นมีขอบ
กลุ่ม 2 ผัก	ผักที่หั่นเป็นทัพพีเช่น คะน้าสด 1 ทัพพี ผักที่เป็นลูกใช้ผล เช่นมะเขือเทศ 1 ผล
กลุ่ม 3 ผลไม้	ผลไม้ขนาดเล็กเป็นผล ขนาดใหญ่เป็นเสี้ยว พู หรือคำเช่น มะละกอสุกหั่น 6-8 คำ
กลุ่ม 4 เนื้อสัตว์ ไข่ ถั่ว	เนื้อปลา หมูสับเป็นช้อนกินข้าว กินทั้งตัวนับเป็นตัว เป็นชิ้นนับตามลักษณะ
กลุ่ม 5 เครื่องดื่ม	ภาชนะบรรจุระบุเช่น 250 ซีซี เตรียมเอง เช่นกาแฟ 2 ชช น้ำตาลทราย 2 ชช
กลุ่ม 6 อาหารจานเดียว & ขนม	บันทึกรวมเช่น จานใหญ่ ส้มตำปู 20 บาท เค้าส่วนถ้วยเล็ก 10 บาทกะทิ 2 ชต
กลุ่ม 7 ขนมขบเคี้ยว	ระบุยี่ห้อ ราคา น้ำหนัก เช่น ฮานามิ 24 บาทครึ่งถุง
กลุ่ม 8 ยาบำรุงต่างๆ	น้ำมันปลา 1 แคปซูล ยาดองเหล้า 1 แก้วยาเล็ก

แบบบันทึกการรับประทานอาหาร 3 วัน

(รหัสใบบันทึกข้อมูล 3.3)

(สุกัญญา, 2559)

วันที่

Code No.

ใส่เครื่องหมาย x หน้าข้อของวันที่บันทึก

__. วันทำงานปกติ __. วันหยุดเสาร์อาทิตย์ __. วันนักขัตฤกษ์ __. วันพิเศษเช่นงานเลี้ยงวันเกิด

__. อาหารตามปกติ __. ป่วย __. กินยา _____. (เวลา _____.)

มื้ออาหาร	เมนู (Menu)		ส่วนประกอบ (Ingredient)				สำหรับเจ้าหน้าที่	
	รายการอาหาร	จำนวนที่กิน	ชนิด	ปริมาณที่กิน			Food code	น้ำหนักอาหาร
				กิน	ไม่กิน	จำนวน		
เช้า								
อาหารว่าง								
กลางวัน								
อาหารว่าง								
เย็น								
อาหารว่าง								

แบบบันทึกการเคลื่อนไหว 24 ชั่วโมง

(รหัสใบบันทึกข้อมูล 3.4)

(สุกัญญา, 2559)

วันที่

Code No.

วันที่/เวลา	กิจกรรม	หมายเหตุ

การลงบันทึก

1. ให้ใส่รายละเอียดในทุกชั่วโมงของวันที่เริ่มต้นโดยการนับจากเวลา 0.00 น. จนถึง 24.00 น.
2. ให้ระบุกิจกรรมที่ชัดเจน เช่นเดิน 30 นาที เล่นฟุตบอล 1 ชั่วโมง อาบน้ำ 10 นาที เป็นต้น
3. การบันทึกต้องลงกิจกรรมทุกชั่วโมง และทุกกิจกรรมที่ลง หลังจากที่ส่ง จะมีการทบทวนจากผู้ช่วยวิจัยทุกครั้ง

ภาคผนวก ข

เอกสารจริยธรรม

ที่ ๑๖๐/๒๕๖๑

เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย Sci 084/2561
โครงการวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน
หัวหน้าโครงการวิจัย นางสาวณัฐธิดา บังเมฆ
หน่วยงานที่สังกัด นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า โครงการวิจัยดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ ไม่มีการล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดภยันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

๑. เอกสารโครงการวิจัยฉบับภาษาไทย ฉบับที่ ๒ วันที่ ๒๘ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๑
๒. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ฉบับที่ ๒ วันที่ ๒๘ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๑
๓. เอกสารแบบแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย
ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๙ เดือน สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๑
๔. เอกสารแสดงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยซึ่งผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว หรือชุดที่ใช้เก็บข้อมูลจริงจากผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ฉบับที่ ๒ วันที่ ๒๘ เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๑

การรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ฉบับนี้ มีผลถึงวันที่ ๗ เดือน ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๒

ออกให้ ณ วันที่ ๒๖ เดือน ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๖๑

ลงนาม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)
ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยบูรพา

AF 06-02

เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

(Participant Information Sheet)

รหัสโครงการวิจัย : Sci 084/ 2561

โครงการวิจัยเรื่อง : ผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน

เรียน ผู้เข้าร่วมการวิจัย

ข้าพเจ้า นางสาวณัฐธิดา บังเมฆ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา เรียนเชิญท่านเข้าร่วมการวิจัย ผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน ก่อนที่ท่านจะตกลงเข้าร่วมการวิจัย ขอเรียนให้ท่านทราบรายละเอียดของโครงการวิจัย ดังนี้

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบฝึกบนบกสำหรับการเพิ่มสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และระดับฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน และเพื่อศึกษาผลการฝึกบนบกโดยเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และระดับฮอร์โมน IGF-I โดย มีการแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมจะไม่ได้รับการฝึกบนบกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยให้ดำเนินชีวิตตามปกติ และกลุ่มทดลองจะได้รับการฝึกบนบกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นเวลา 12 สัปดาห์ติดต่อกันเพื่อทดสอบว่าผลของการฝึกบนบกนี้สามารถพัฒนาสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และระดับฮอร์โมน IGF-I ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาแบบฝึกบนบกสำหรับนักว่ายน้ำเยาวชนต่อไป

หากท่านตกลงที่จะเข้าร่วมการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าจะมอบคู่มือการปฏิบัติตนสำหรับนักกีฬาและผู้ปกครอง โดยมีรายละเอียด

1. แผนการเก็บข้อมูลการวิจัยและภาพรวมการวิจัย
2. การปฏิบัติตนในการทดสอบสมรรถภาพทางกายและฮอร์โมน/ การฝึกซ้อม
3. รายละเอียดและวิธีการทดสอบสมรรถภาพทางกายและฮอร์โมน
4. รายละเอียดขั้นตอนการฝึกบนบกสัปดาห์ที่ 1-12

ในการวิจัยนี้ไม่มีความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นกับท่านเนื่องจากในการเก็บตัวอย่างเลือดได้ทำตามหลักและวิธีทางการแพทย์ โดยบุคลากรวิชาชีพและมีประสบการณ์ ณ ห้องรับรองของสระว่ายน้ำสโมสรอัสสัมชัญศรีราชา และนำส่งตรวจวัดระดับฮอร์โมน IGF-I ที่สถาบันตรวจสุขภาพ บริษัท เนชั่นแนล เฮลท์แคร์ ซิสเท็มส์ จำกัด สาขาห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ โรงพยาบาลสมิติเวชศรีราชา หากเกิดอุบัติเหตุใด ๆ ขึ้นกับท่าน ผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมดและผู้วิจัยจะเตรียมพยาบาลวิชาชีพประจำสระว่ายน้ำในระหว่างดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้จัดเตรียมอาหารว่างและน้ำดื่มให้กลุ่มตัวอย่างตลอดระยะเวลาการฝึก และรับผิดชอบค่าใช้จ่ายรวมถึงดำเนินการจัดหารถ รับ-ส่ง กลุ่มตัวอย่างเพื่อรับการเจาะเลือด ณ ห้องรับรองของสระว่ายน้ำสโมสรอัสสัมชัญศรีราชา

การเข้ารับการฝึกบนบกนี้เป็นไปโดยสมัครใจ ท่านอาจปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือ ถอนตัวจากการวิจัยนี้ได้ทุกเมื่อ โดยไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อท่านทั้งสิ้น

ผลของการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาแบบฝึกบนบกให้แก่นักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน โดยข้อมูลต่าง ๆ ของท่านจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ และจะไม่มีการเปิดเผยชื่อของท่าน การนำเสนอข้อมูลจะเป็นในภาพรวม ทั้งนี้ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีรหัสผ่านของคณะผู้วิจัยเท่านั้น ส่วนเอกสารจะเก็บไว้ในตู้เอกสารที่ใส่กุญแจไว้เป็นเวลา 1 ปี หลังการเผยแพร่ผลการวิจัย และจะถูกนำไปทำลายหลังจากนั้น

หากท่านมีคำถามหรือข้อสงสัยประการใดสามารถติดต่อข้าพเจ้า นางสาวณัฐธิดา บังเมฆ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา โทรศัพท์มือถือหมายเลข 081-3994846 หรือ e-mail address: bee_bangmek@hotmail.com ข้าพเจ้ายินดีตอบคำถาม และข้อสงสัยของท่านทุกเมื่อ และถ้าผู้วิจัยไม่ปฏิบัติตามที่ได้ชี้แจงไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย สามารถแจ้งมายังคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา กองบริหารการวิจัยและนวัตกรรม เบอร์โทรศัพท์ ๐๓๘-๑๐๒๕๖๑-๒

เมื่อท่านพิจารณาแล้วเห็นสมควรเข้าร่วมในการวิจัยนี้ ขอความกรุณาลงนามในใบยินยอมร่วมโครงการ ที่แนบมาด้วย และขอขอบพระคุณในความร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

นางสาวณัฐธิดา บังเมฆ
ผู้วิจัย

เอกสารแสดงความยินยอม

ของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (Consent Form)

(สำหรับผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 12 ปี แต่ไม่ถึง 18 ปี)

รหัสโครงการวิจัย: Sci 084/ 2561

โครงการวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน

ให้คำยินยอม วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

ก่อนที่จะลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย วิธีการวิจัย และรายละเอียด ตามที่ระบุในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ให้คู่มือการปฏิบัติตนสำหรับนักกีฬาและผู้ปกครองไว้แก่ข้าพเจ้า และข้าพเจ้าเข้าใจคู่มือการปฏิบัติตนสำหรับนักกีฬาและผู้ปกครองครบถ้วนเป็นอย่างดีแล้ว และผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามที่ข้าพเจ้าสงสัยเกี่ยวกับการวิจัยนี้ด้วยความเต็มใจ และไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้าเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และมีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ การบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนั้นไม่มีผลกระทบต่อ การเรียนการสอน หรือผลการเรียน ตลอดจนการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬาว่ายน้ำสังกัดสโมสรอัสสัมชัญศรีราชา ที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับ จะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปที่เป็นสรุปผลการวิจัย การเปิดเผยข้อมูลของข้าพเจ้าต่อหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต้องได้รับอนุญาตจากข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้วมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม.....ผู้ยินยอม

(.....)

ข้าพเจ้า.....บิดามารดาหรือผู้ปกครอง ยินยอมให้.....เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้

กรณีที่ข้าพเจ้าไม่สามารถอ่านหรือเขียนหนังสือได้ ผู้วิจัยได้อ่านข้อความในเอกสารแสดงความยินยอมให้แก่ข้าพเจ้าฟังจนเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้าจึงลงนามหรือประทับลายนิ้วหัวแม่มือของข้าพเจ้าในเอกสารแสดงความยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม.....

(.....)

บิดามารดาหรือผู้ปกครอง

ลงนาม.....พยาน

(.....)

<u>หมายเหตุ</u> กรณีที่บิดา มารดา หรือผู้ปกครองให้ความยินยอมด้วยการประทับลายนิ้วหัวแม่มือ ขอให้มีพยานลงลายมือชื่อรับรองด้วย

ภาคผนวก ค

การตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ที่ ศธ ๖๒๑๕/ว ๐๑๑๕

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๙ พฤษภาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือการวิจัยเพื่อดุษฎีนิพนธ์

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร. ประทุม ม่วงมี

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เค้าโครงงานวิจัย จำนวน ๑ ชุด
๒. เครื่องมือการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ตามที่ นางสาวณัฐธิดา บังเมฆ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง "ผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน" ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัญญา เจริญวัฒนะ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย

ในการนี้ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือการวิจัยเพื่อดุษฎีนิพนธ์ ในครั้งนี้ คณะฯ หวังเป็นอย่างยิ่งในความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณาดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(นายปัญญา อินทเจริญ)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร
รักษาการแทนคณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สำนักงานคณบดี
โทร: ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๐, ๐-๓๘๓๙-๐๐๔๕
โทรสาร: ๐-๓๘๓๙-๐๐๔๕ ผู้วิจัย ๐๘๑-๓๙๙๔๘๔๖

ที่ ศธ ๖๒๑๕/ว ๐๑๑๕

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๙ พฤษภาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือการวิจัยเพื่อดุษฎีนิพนธ์

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สนธยา สีละมาด

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เค้าโครงงานวิจัย จำนวน ๑ ชุด
๒. เครื่องมือการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ตามที่ นางสาวณัฐธิดา บังเมฆ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง "ผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน" ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัญญา เจริญวัฒนะ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย

ในการนี้ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือการวิจัยเพื่อดุษฎีนิพนธ์ ในครั้งนี้ คณะฯ หวังเป็นอย่างยิ่งในความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณาดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(นายปัญญา อินทเจริญ)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร
รักษาการแทนคณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สำนักงานคณบดี
โทร: ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๐, ๐-๓๘๓๙-๐๐๔๕
โทรสาร: ๐-๓๘๓๙-๐๐๔๕ ผู้วิจัย ๐๘๑-๓๙๙๔๘๔๖

ที่ ศธ ๖๒๑๕/ว ๐๐๑๕

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๙ พฤษภาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือการวิจัยเพื่อดุษฎีนิพนธ์

เรียน ดร. ถวิชัยย์ ขาวถิ่น

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เค้าโครงงานวิจัย จำนวน ๑ ชุด
๒. เครื่องมือการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ตามที่ นางสาวณัฐธิดา บังเมฆ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง “ผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน” ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัญญา เจริญวัฒนะ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย

ในการนี้ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือการวิจัยเพื่อดุษฎีนิพนธ์ ในครั้งนี้ คณะฯ หวังเป็นอย่างยิ่งในความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณาดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(นายปัญญา อินทเจริญ)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร
รักษาการแทนคณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สำนักงานคณบดี
โทร: ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๐, ๐-๓๘๓๙-๐๐๔๕
โทรสาร: ๐-๓๘๓๙-๐๐๔๕ ผู้วิจัย ๐๘๑-๓๙๙๔๘๔๖

การสร้างโปรแกรมการฝึกบนบก

โปรแกรมการฝึกบนบกสำหรับสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน เป็นการฝึกความแข็งแรงแบบอดทน ใช้สัดส่วนของการฝึกกล้ามเนื้อที่ใช้ในการฝึกบนบกของกีฬาว่ายน้ำ กลุ่มกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ร้อยละ 33.33 กลุ่มกล้ามเนื้อลำตัวส่วนบน ร้อยละ 33.33 และกลุ่มกล้ามเนื้อลำตัวส่วนล่าง ร้อยละ 33.33 (Krabak et al., 2013) ที่เน้นการฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ใช้การพักช่วงสั้น ๆ (Kraemer & Ratamess, 2005) มีการปรับเพิ่มความหนัก ร้อยละ 5 (Westcott & Baechle, 2015) ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ (O'Hagan et al., 1995) และมีระยะเวลารวมของการฝึก 12 สัปดาห์ (Borst et al., 2001) ประกอบด้วย การฝึก 6 ท่าต่อครั้ง ได้แก่

สัปดาห์ที่ 1-4 ท่าที่ 1 Overhead Squat ท่าที่ 2 Lunges
ท่าที่ 3 Tricep Dips ท่าที่ 4 Sit Up
ท่าที่ 5 Plank ท่าที่ 6 Knee Push-Up

โดยท่าที่ 1 2 3 4 และ 6 ทำการฝึกท่าละ 3 เซท เซทละ 10 ครั้ง พักระหว่างเซท 1 นาที ส่วนท่าที่ 5 ทำการฝึก 10 วินาที 3 เซท พักระหว่างเซท 1 นาที

สัปดาห์ที่ 5-8 ท่าที่ 1 Overhead Squat ท่าที่ 2 Lunges
ท่าที่ 3 Tricep Dips ท่าที่ 4 Alternating Leg V Up
ท่าที่ 5 Plank ท่าที่ 6 Push-Up

โดยท่าที่ 1 2 3 4 และ 6 ทำการฝึกท่าละ 3 เซท เซทละ 12 ครั้ง พักระหว่างเซท 1 นาที ส่วนท่าที่ 5 ทำการฝึก 12 วินาที 3 เซท พักระหว่างเซท 1 นาที

สัปดาห์ที่ 9-12 ท่าที่ 1 Overhead Squat ท่าที่ 2 Lunges with Twist
ท่าที่ 3 Tricep Dips ท่าที่ 4 V-Ups
ท่าที่ 5 Plank ท่าที่ 6 Push-Up with Feet

โดยท่าที่ 1 2 3 4 และ 6 ทำการฝึกท่าละ 3 เซท เซทละ 14 ครั้ง พักระหว่างเซท 1 นาที ส่วนท่าที่ 5 ทำการฝึก 14 วินาที 3 เซท พักระหว่างเซท 1 นาที

สรุปผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ
งานวิจัยเรื่อง
ผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพทางกาย ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมน IGF-I ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน

การคำนวณหาค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity index: CVI) (สมชาย วรกิจเกษมสกุล, 2554, หน้า 271)

$$CVI = \frac{\sum R\ 3,4}{N}$$

$$= \frac{\text{จำนวนข้อที่ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านเห็นว่าสอดคล้องค่อนข้างมาก หรือ สอดคล้องมาก}}{\text{จำนวนข้อทั้งหมด}}$$

$$= 18/\ 18$$

$$= 1$$

ข้อเสนอแนะโดยรวม

ให้ขยายความ การปฏิบัติในท่า Overheas squat และ Tricep dips เพิ่มเติมในคู่มือการปฏิบัติตน ฯ

สรุปผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

1 = ไม่สอดคล้อง 2 = สอดคล้อง 3 = สอดคล้องค่อนข้างมาก 4 = สอดคล้องมาก

แบบฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 1-4

รศ.ดร.ประทุม ม่วงมี

Main section: 30 นาที	**Rep**	**Rst/ min**	**Set**	**ระดับความคิดเห็น**			
				1	**2**	**3**	**4**
ท่าที่ 1. Overhead squat	10	1	3				/
ท่าที่ 2. Lunge	10	1	3				/
ท่าที่ 3. Tricep dips	10	1	3				/
ท่าที่ 4. Sit up	10	1	3				/
ท่าที่ 5. Plank	10 s	1	3				/
ท่าที่ 6. Kness push-up	10	1	3				/

ผศ.ดร.สนธยา สีละมาด

Main section: 30 นาที	**Rep**	**Rst/ min**	**Set**	**ระดับความคิดเห็น**			
				1	**2**	**3**	**4**
ท่าที่ 1. Overhead squat	10	1	3				/
ท่าที่ 2. Lunge	10	1	3				/
ท่าที่ 3. Tricep dips	10	1	3				/
ท่าที่ 4. Sit up	10	1	3				/
ท่าที่ 5. Plank	10 s	1	3				/
ท่าที่ 6. Kness push-up	10	1	3				/

ดร.ฉวิชัยย์ ขาวถิ่น

Main section: 30 นาที	**Rep**	**Rst/ min**	**Set**	**ระดับความคิดเห็น**			
				1	**2**	**3**	**4**
ท่าที่ 1. Overhead squat	10	1	3				/
ท่าที่ 2. Lunge	10	1	3				/
ท่าที่ 3. Tricep dips	10	1	3				/
ท่าที่ 4. Sit up	10	1	3				/
ท่าที่ 5. Plank	10 s	1	3				/
ท่าที่ 6. Kness push-up	10	1	3				/

สรุปผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

1 = ไม่สอดคล้อง 2 = สอดคล้อง 3 = สอดคล้องค่อนข้างมาก 4 = สอดคล้องมาก

แบบฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 5-8

รศ.ดร.ประทุม ม่วงมี

Main section: 30 นาที	**Rep**	**Rst/ min**	**Set**	**ระดับความคิดเห็น**			
				1	**2**	**3**	**4**
ท่าที่ 1. Overhead squat	12	1	3				/
ท่าที่ 2. Lunge	12	1	3				/
ท่าที่ 3. Tricep dips	12	1	3				/
ท่าที่ 4. Sit up	12	1	3				/
ท่าที่ 5. Plank	12 s	1	3				/
ท่าที่ 6. Kness push-up	12	1	3				/

ผศ.ดร.สนธยา สีละมาด

Main section: 30 นาที	**Rep**	**Rst/ min**	**Set**	**ระดับความคิดเห็น**			
				1	**2**	**3**	**4**
ท่าที่ 1. Overhead squat	12	1	3				/
ท่าที่ 2. Lunge	12	1	3				/
ท่าที่ 3. Tricep dips	12	1	3				/
ท่าที่ 4. Sit up	12	1	3				/
ท่าที่ 5. Plank	12 s	1	3				/
ท่าที่ 6. Kness push-up	12	1	3				/

ดร.ฉวิชัยย์ ขาวถิ่น

Main section: 30 นาที	**Rep**	**Rst/ min**	**Set**	**ระดับความคิดเห็น**			
				1	**2**	**3**	**4**
ท่าที่ 1. Overhead squat	12	1	3				/
ท่าที่ 2. Lunge	12	1	3				/
ท่าที่ 3. Tricep dips	12	1	3				/
ท่าที่ 4. Sit up	12	1	3				/
ท่าที่ 5. Plank	12 s	1	3				/
ท่าที่ 6. Kness push-up	12	1	3				/

สรุปผลการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

1 = ไม่สอดคล้อง 2 = สอดคล้อง 3 = สอดคล้องค่อนข้างมาก 4 = สอดคล้องมาก

แบบฝึกบนบก สัปดาห์ที่ 9-12

รศ.ดร.ประทุม ม่วงมี

Main section: 30 นาที	**Rep**	**Rst/ min**	**Set**	**ระดับความคิดเห็น**			
				1	**2**	**3**	**4**
ท่าที่ 1. Overhead squat	14	1	3				/
ท่าที่ 2. Lunge	14	1	3				/
ท่าที่ 3. Tricep dips	14	1	3				/
ท่าที่ 4. Sit up	14	1	3				/
ท่าที่ 5. Plank	14 s	1	3				/
ท่าที่ 6. Kness push-up	14	1	3				/

ผศ.ดร.สนธยา สีละมาด

Main section: 30 นาที	**Rep**	**Rst/ min**	**Set**	**ระดับความคิดเห็น**			
				1	**2**	**3**	**4**
ท่าที่ 1. Overhead squat	14	1	3				/
ท่าที่ 2. Lunge	14	1	3				/
ท่าที่ 3. Tricep dips	14	1	3				/
ท่าที่ 4. Sit up	14	1	3				/
ท่าที่ 5. Plank	14 s	1	3				/
ท่าที่ 6. Kness push-up	14	1	3				/

ดร.ฉวิชัยย์ ขาวถิ่น

Main section: 30 นาที	**Rep**	**Rst/ min**	**Set**	**ระดับความคิดเห็น**			
				1	**2**	**3**	**4**
ท่าที่ 1. Overhead squat	14	1	3				/
ท่าที่ 2. Lunge	14	1	3				/
ท่าที่ 3. Tricep dips	14	1	3				/
ท่าที่ 4. Sit up	14	1	3				/
ท่าที่ 5. Plank	14 s	1	3				/
ท่าที่ 6. Kness push-up	14	1	3				/

ภาคผนวก ง

หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลการวิจัย

ที่ ศธ ๖๒๑๕/ ๐๓๑๗

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๒๒ ตุลาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยเพื่อดุษฎีนิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. เค้าโครงงานวิจัย จำนวน ๑ ชุด
๒. เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ตามที่ นางสาวณัฐธิดา บังเมฆ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำดุษฎีนิพนธ์ เรื่อง "ผลของการฝึกบนบกที่มีต่อสมรรถภาพ ความสามารถในการว่ายน้ำ และฮอร์โมน IGF-1 ในนักกีฬาว่ายน้ำเยาวชน" ในความควบคุมดูแลของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัญญา เจริญวัฒนะ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย

ในการนี้ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยเพื่อดุษฎีนิพนธ์ นักกีฬาว่ายน้ำสโมสรอัสสัมชัญศรีราชา เพศชาย อายุระหว่าง ๘-๑๕ ปี จำนวน ๑๑ คน คณะฯ หวังเป็นอย่างยิ่งในความอนุเคราะห์ และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณาดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นฤพนธ์ วงศ์จตุรภัทร)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สำนักงานคณบดี
โทร: ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๐, ๐-๓๘๓๙-๐๐๔๕
โทรสาร: ๐-๓๘๓๙-๐๐๔๕ ผู้วิจัย ๐๘๑-๓๙๙๔๘๔๖