การเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอลอายุระหว่าง 16 – 18 ปี

นายกิจจาภาส ศรีสถาพร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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

A COMPARISON BETWEEN COMBINED LOADED JUMP SQUAT TRAINING WITH SHORT INTERVAL TRAINING AND INTERMEDIATE INTERVAL TRAINING ON PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE IN FOOTBALL PLAYER BETWEEN THE AGE OF 16 – 18 YEARS OLD

Mr. Kitjapas Srisataporn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Sports Science
Faculty of Sports Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอลอายุระหว่าง 16 – 18 ปี
โดย	นายกิจจาภาส ศรีสถาพร
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

.....กรรมการนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.นาทรพี ผลใหญ่)

กิจจาภาส ศรีสถาพร : การเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอลอายุระหว่าง 16 – 18 ปี. (A COMPARISON BETWEEN COMBINED LOADED JUMP SQUAT TRAINING WITH SHORT INTERVAL TRAINING AND INTERMEDIATE INTERVAL TRAINING ON PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE IN FOOTBALL PLAYER BETWEEN THE AGE OF 16 – 18 YEARS OLD) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผศ. ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์, 202 หน้า.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายของโรงเรียนเทพศิรินทร์ อายุระหว่าง 16-18 ปี จำนวน 16 คนแบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น 8 คน และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง 8 คน ทั้งสองกลุ่มให้ทำการฝึก 2 ครั้ง ต่อ สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทำการทดสอบ ความคล่องแคล่วว่องไว พลังอดทนของกล้ามเนื้อ ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม และความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม ประกอบด้วย พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม และดัชนีความล้า ทั้งก่อนการฝึก และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติหาความแตกต่างระหว่างกลุ่ม และภายในกลุ่มที่ระดับ .05

หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่า

1. กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีความความคล่องแคล่วว่องไว พลังอดทนของกล้ามเนื้อ และพลังแบบอนากาศนิยมมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างของความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม และดัชนีความล้าระหว่างก่อนและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 และกลุ่มทดลองที่ 2 มีความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. กลุ่มทดลองที่ 2 มีความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างของความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม ดัชนีความล้า และพลังอดทนของกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6

สรุปผลการวิจัย โปรแกรมการฝึกทั้ง 2 แบบสามารถพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไว พลังอดทนของกล้ามเนื้อ พลังแบบอนากาศนิยม แต่ยังไม่ส่งผลต่อการพัฒนาของความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม และดัชนีความล้าโดยที่การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางสามารถพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวได้ดีกว่าการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2554 ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ .....

5378608239: MAJOR SPORTS SCIENCE
KEYWORDS: LOADED JUMP SQUAT TRAINING / SHORT INTERVAL TRAINING / INTERMEDIATE INTERVAL TRAINING / PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE

KITJAPAS SRISATAPORN: A COMPARISON BETWEEN COMBINED LOADED JUMP SQUAT TRAINING WITH SHORT INTERVAL TRAINING AND INTERMEDIATE INTERVAL TRAINING ON PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE IN FOOTBALL PLAYER BETWEEN THE AGE OF 16 – 18 YEARS OLD. ADVISOR: ASST. PROF. CHANINCHAI INTIRAPORN, Ph.D., 202 pp.

The purpose of this study was to compare the effects of combined loaded jump squat training with short interval training and combined loaded jump squat training with intermediate interval training on physiological performance in football player. Sixteen male football players of Debsirin school (age 16–18 years) were purposively selected for this study. Subjects were divided into two groups, each group consisted of eight football players. The 1st experimental group performed combined loaded jump squat with short interval training (LS) and the 2nd experiment group did combined loaded jump squat with intermediate interval training (LI). Both groups trained two days per week (Tuesday and Friday) for a period of six weeks. The data of aerobic performance, anaerobic power, anaerobic capacity, fatigue index, leg power endurance and agility were taken before and after the experiment. The obtained data were analyzed in term of means and standard deviations, Independent t-test and Paired t-test were also employed for statistical significant at the .05 level

After six weeks of training, the results were as followed:

1. Anaerobic power, legs power endurance and agility in both groups were significantly better than before training but no significant difference in aerobic performance and fatigue index after six week of training in both groups at the .05 level. While anaerobic capacity in LI group only was significantly better than before training at the .05 level.

2. Agility in LI group was significantly better than LS group at the .05 level. While aerobic performance, anaerobic power, anaerobic capacity, fatigue index and legs power endurance in both groups were not significant difference at the .05 level.

In conclusion, both training programs can improve in agility, leg power endurance and anaerobic power but no effect on aerobic performance and fatigue index. As well as combined loaded jump squat training with intermediate interval training can improve in agility better than combined loaded jump squat training with short interval training.

Field of Study Sports Science Student's Signature Kitjapas Srisataporn
Academic Year 2011 Advisor's Signature Chaninchai Intiraporn

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีโดยได้รับความเมตตากรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งช่วยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ถ่ายทอดความรู้ รวมทั้งข้อคิดต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์ อาจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ และอาจารย์ ดร.นาทรพี ผลใหญ่ ที่ได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ รวมถึงขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ได้เคยอบรมสั่งสอน ถ่ายทอดวิชาความรู้ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ ที่ดีเสมอมา

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ถาวร กมุทศรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิพนธ์ กิติกุล อาจารย์ ดร. จุฑา ติงศภัทิย์ นายกวิน คเชนทร์เดชา และนายสัจจา ศิริเขตต์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและกรุณาเสียสละเวลาในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ นายชาญวิทย์ ผลชีวิน ผู้อำนวยการสำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา คุณชัชฎาภร พิทักษ์เสถียรกุล รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และสุขภาพ สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการเก็บข้อมูลการวิจัย อีกทั้งให้คำปรึกษาและข้อแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์เสมอมา ตลอดจนโรงเรียนเทพศิรินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่และกลุ่มตัวอย่างเป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ นายถาวร สุริยะผล ที่กรุณาช่วยเหลือในการฝึกซ้อมของกลุ่มตัวอย่าง ทั้งอำนวยความสะดวกในทุกๆ ด้าน ตลอดจนนักฟุตบอลโรงเรียนเทพศิรินทร์ ที่ให้ความร่วมมือตลอดระยะเวลาในการฝึกซ้อม ทั้งนี้ขอขอบพระคุณ รุ่นพี่รุ่นน้อง เพื่อนๆ ชาวคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่คอยให้กำลังใจและให้คำปรึกษาที่ดีตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ท้ายสุดนี้การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความปรารถนาดี ความรัก กำลังใจ และการสนับสนุนกำลังทรัพย์จากนายไพศาล และนางอธิกา ศรีสถาพร ผู้เป็นบิดา และมารดาของผู้วิจัย คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนผู้วิจัยมาจนถึงทุกวันนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญแผนภูมิ ..... ฎ
สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6
คำถามการวิจัย 6
สมมติฐานของการวิจัย 6
ขอบเขตของการวิจัย 6
ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย 7
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 8
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 9

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10
สมรรถภาพทางกายและองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกาย 10
สมรรถภาพทางกายและองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายของ
นักกีฬาฟุตบอล 15
ระบบพลังงานในร่างกายและการใช้ระบบพลังงานขณะออกกำลังกาย 25
ความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม 41
ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม 46
สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ 50
พลังกล้ามเนื้อ 59

บทที่ หน้า

พลังอดทนของกล้ามเนื้อ 69
ความคล่องแคล่วว่องไว 73
การฝึกแบบสลับช่วง 77
การฝึกแบกน้ำหนักกระโดด 88
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 91

3 วิธีการดำเนินการวิจัย 110
กลุ่มตัวอย่างและวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง 110
รูปแบบของการวิจัย 112
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 114
ขั้นตอนการทำวิจัย 117
การเก็บรวบรวมข้อมูล 120
การวิเคราะห์ข้อมูล 120

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 121

5 สรุปผลการวิจัย อภิปราย และ ข้อเสนอแนะ 140
สรุปผลการวิจัย 140
อภิปรายผล 142
ข้อเสนอแนะ 153

รายการอ้างอิง 154

ภาคผนวก 167
ภาคผนวก ก โปรแกรมที่ใช้ในการฝึก 168
ภาคผนวก ข ตารางแสดงรายละเอียดของกิจกรรมการฝึก 176
ภาคผนวก ค แบบทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยา 180
ภาคผนวก ง เอกสารการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย 185
ภาคผนวก จ แบบบันทึกในการวิจัย 197

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 202

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงความหนักของการฝึกของนักกีฬา	24
2	แสดงถึงการใช้ระบบพลังงานที่สำคัญขณะออกกำลังกายในแต่ละช่วงเวลาและความหนัก	29
3	แสดงถึงปริมาณของเอทีพี – ซีพี ที่สะสมได้ในตามระยะเวลาของการพัก	38
4	แสดงคุณสมบัติและลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อสีแดงและเส้นใยกล้ามเนื้อสีขาว	52
5	แสดงคุณสมบัติและลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า ชนิดหดตัวเร็วแบบบี และ ชนิดหดตัวเร็วแบบเอ	53
6	แสดงลักษณะทางโครงสร้างและการทำงานของกล้ามเนื้อ	54
7	แสดงเปอร์เซ็นต์ของกล้ามเนื้อแต่ละชนิดที่ระดมมาทำงานในความหนักที่ต่างกัน	67
8	แสดงระบบพลังงานสำคัญที่ใช้ในแต่ละช่วงการฝึกตามระยะเวลา	80
9	แสดงการกำหนดรูปแบบการฝึกแบบสลับช่วงตามระบบพลังงานหลัก	81
10	แสดงผลการตรวจสอบเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของโปรแกรมการฝึก	115
11	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำหนัก และส่วนสูง ก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2	121
12	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำหนัก และส่วนสูง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2	122
13	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของความคล่องแคล่วว่องไว พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถแบบอนากาศนิยม ดัชนีความล้า ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม พลังอดทนของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2	123

ตารางที่ หน้า

14 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของความคล่องแคล่วว่องไว พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถแบบอนากาศนิยม ดัชนีความล้า ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม พลังอดทนของกล้ามเนื้อ หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 125

15 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของความคล่องแคล่วว่องไว พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถแบบอนากาศนิยม ดัชนีความล้า ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม พลังอดทนของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 1 127

16 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของความคล่องแคล่วว่องไว พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถแบบอนากาศนิยม ดัชนีความล้า ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม พลังอดทนของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 2 129

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2	131
2	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพลังแบบอนากาศนิยม ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2	132
3	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2	133
4	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของดัชนีความล้าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2	134
5	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2	135
6	แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพลังอดทนของกล้ามเนื้อก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2	136
7	แสดงการเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไว ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม และพลังอดทนของกล้ามเนื้อของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2	137
8	แสดงการเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของพลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม และดัชนีความล้าของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2	138

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายสำหรับกีฬาฟุตบอล ตามลักษณะของการเคลื่อนไหว	18
2	แสดงการเพิ่มปริมาณการฝึกในแต่ละสัปดาห์ของนักกีฬา	24
3	แสดงความหนักของการฝึกในรอบสัปดาห์ของนักกีฬา	25
4	แสดงการปฏิกิริยาในการให้พลังงานของเอทีพี และ ซีพี	26
5	แสดงปฏิกิริยาการสร้างพลังงานแบบไกลโคไลซิส	28
6	แสดงปฏิกิริยาการสร้างพลังงานแบบออกซิเดทีฟ	29

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันกีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมแพร่หลายทั่วโลกไม่ว่าจะเป็นการเล่นฟุตบอล หรือการชมการแข่งขันในระดับต่าง ๆ อาทิ การแข่งขันคัดเลือกฟุตบอลโลก ยูฟ่าแชมป์เปี้ยนลีก พรีเมียร์ลีก บุนเดสลีก้า กัลโซซีรีเอ ซีเกมส์ เอเชี่ยนเกมส์ โอลิมปิกเกมส์ และฟุตบอลโลก ความก้าวหน้าของกีฬาฟุตบอลของแต่ละประเทศได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นลำดับ โดยเฉพาะในยุโรปและอเมริกาใต้มีนักกีฬาฟุตบอลอาชีพ และสมัครเล่นที่มีชื่อเสียงเกิดขึ้นมากมาย สำหรับในประเทศไทยได้มีการเล่นฟุตบอลตั้งแต่สมัยต้นรัชกาลที่ 6 เป็นต้นมาจนกระทั่งปัจจุบันนี้ กีฬาฟุตบอลได้กลายเป็นที่นิยมของคนไทยเป็นอย่างมาก และได้จัดให้มีการแข่งขันกีฬาฟุตบอลกันอย่างกว้างขวางทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ

โดยที่ในประเทศไทยจะมีการจัดการแข่งขันตั้งแต่ภายในโรงเรียน ระหว่างโรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัย รวมทั้งระดับเยาวชนทั่วไป เช่น กีฬานักเรียนนักศึกษาของจังหวัดต่าง ๆ กีฬามหาวิทยาลัยแห่งประเทศไทย กีฬานักเรียนนักศึกษาแห่งประเทศไทย กีฬาเยาวชนแห่งชาติ การแข่งขันชิงถ้วยพระราชทานการแข่งขันฟุตบอลไทยแลนด์โปรวิลเชียลลีก และฟุตบอลไทยลีก ส่วนในต่างประเทศหรือระดับนานาชาติก็มีการจัดการฟุตบอลอย่างมากมาย เช่น กีฬาซีเกมส์ (Sea Games) กีฬาเอเชียนเกมส์ (Asian Games) ฟุตบอลชิงชนะเลิศแห่งเอเชียน (Asian Cup) ฟุตบอลชิงชนะเลิศแห่งทวีปยุโรป (European Cup) กีฬาโอลิมปิก (Olympic Games) และฟุตบอลโลก (World Cup) ดังที่ชาญวิทย์ ผลชีวิน (2534) กล่าวไว้ว่าปัจจุบันฟุตบอลกำลังเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายในประเทศ ดังจะเห็นได้จากการแข่งขันนัดสำคัญๆ ที่มีผู้ให้ความสนใจและเข้าชมกีฬาชนิดนี้กันอย่างมากมายซึ่งสอดคล้องกับมงคล แฝงสาเคน (2549) กล่าวไว้ว่าปัจจุบันนี้กีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาอาชีพอีกประเภทหนึ่งที่ทำชื่อเสียงให้แก่ตนเองและครอบครัวและประเทศชาติแม้แต่ประเทศเราเองหากมีความสามารถในการเล่นฟุตบอลแล้วจะมีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักของคนทั่วไป

แต่การที่จะได้รับความสำเร็จในการเล่นกีฬาฟุตบอลหรือการแข่งขันนั้น นักฟุตบอลจะต้องมีทั้งสมรรถภาพทางกายที่ดีควบคู่กับทักษะฟุตบอลที่ยอดเยี่ยม ดังที่ชาญวิทย์ ผลชีวิน (2534) ได้กล่าวไว้ว่า นักฟุตบอลจะต้องเป็นผู้ที่มีทักษะที่ดี แต่นอกจากความสามารถทางทักษะฟุตบอลที่ดี

แล้วจะต้องมีสมรรถภาพทางกายที่ดีอีกด้วย สอดคล้องกับ เปเล่ (Pele อ้างถึงใน ประโยค สุทธิสง่า, 2538) ได้กล่าวเมื่อครั้งมาเมืองไทยว่าสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอลที่ดี เป็นสิ่งสำคัญที่สุดสำหรับนักกีฬาฟุตบอล ถ้าไม่มีสมรรถภาพทางกายที่ดีฝีมืออย่างเดียวก็ไม่มีความหมาย

ดังนั้น ความชำนาญทางด้านทักษะฟุตบอลควบคู่กับสมรรถภาพทางกายที่ยอดเยี่ยม เป็นสิ่งสำคัญสำหรับนักกีฬาฟุตบอล โดยที่จะทำให้นักกีฬาฟุตบอลสามารถปฏิบัติทักษะระหว่างการแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดทั้งการแข่งขัน ดังที่ เอดเวิร์ด และคณะ (Edward et al., 2003 อ้างถึงใน Proietti, 2007) ได้กล่าวว่า นักเตะที่มีระดับสมรรถภาพทางกายที่สูงจะสามารถปฏิบัติทักษะที่มีประสิทธิภาพได้บ่อยครั้ง และ สามารถรักษาระดับของทักษะที่มีประสิทธิภาพนั้นได้ตลอดทั้งเกมการแข่งขัน

ซึ่งองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายที่นักฟุตบอลควรมีเพื่อจะส่งเสริมให้ประสบความสำเร็จในการแข่งขันฟุตบอลนั้น ประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ หลายด้านไม่ว่าจะเป็น ความเร็ว พลัง ความคล่องแคล่วว่องไว ความอ่อนตัว ความอดทน ฯลฯ ดังที่ พัวเอียตติ (Proietti, 2007) กล่าวว่า ปัจจัยหลายอย่างได้แก่ ความเร็ว (Speed) พลัง (Power) ความแข็งแรง (Strength) ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) ความอ่อนตัว (Flexibility) และ ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม (Anaerobic capacity) ร่วมกับ ความสามารถทางอากาศนิยมที่ทำได้ (Aerobic capacity) ที่ดีจะส่งเสริมให้ประสบความสำเร็จในการแข่งขันฟุตบอล สอดคล้องกับ กราเมอร์ (Gramer, 1966) ที่กล่าวไว้ว่า นักกีฬาฟุตบอลต้องมีความสมบูรณ์ทนทานของร่างกาย (Stamina) อันหมายถึง การที่ร่างกายมีความแข็งแรง (Strength) ความอดทน (Endurance) ความเร็ว (Speed) ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) ความอ่อนตัว (Flexibility) และพลัง (Power) อย่างยอดเยี่ยม

นอกจากนั้น ในระหว่างการแข่งขันนักฟุตบอลจะมีการเคลื่อนที่ในรูปแบบต่างๆ ที่หลากหลายทั้งในขณะที่กำลังครอบครองลูกบอล และไม่ได้ครอบครองลูกบอล โดยแรมพินินี และคณะ (Rampinini et al., 2009) ได้ทำการวิเคราะห์สรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตบอลที่เกิดขึ้นในระหว่างทำการแข่งขัน พบว่า ตลอดช่วง 90 นาทีของการแข่งขันนักฟุตบอลจะมีการเคลื่อนที่ทั้งแบบตัวเปล่าและพร้อมกับลูกบอล ในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ การวิ่งด้วยความเร็วสูง (High-intensity running) การวิ่งเหยาะ (Jogging) การเดิน (Walking) การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด (Sprinting) การเลี้ยงบอล (Dribbling) การโหม่ง (Heading) การส่งบอล (Passing) การยิงประตู (Shooting) ซึ่งรูปแบบของ

การเคลื่อนไหวทั้งหมดนี้ต้องใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic energy) และ พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic energy) สลับกันตลอดทั้งการแข่งขัน สอดคล้องกับ ทอมป์สัน และคณะ (Thompson et al., 1999, 2001 อ้างถึงใน Proietti, 2007) ที่ว่า ฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีการเคลื่อนไหวแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent activity) ที่มีการปฏิบัติกิจกรรมทางกายจากพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ร่วมกับ กิจกรรมทางกายจากพลังงานแบบใช้ออกซิเจน ตลอดทั้งเกมการแข่งขัน สอดคล้องกับ แบงโบ และคณะ (Bangbo et al., 2006) กล่าวว่า ในขณะแข่งขันฟุตบอลผู้เล่นจะกระทำกิจกรรมที่มีความหนักสูงในช่วงสั้นๆประมาณ 150 – 250 กิจกรรม ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีอัตราการใช้พลังงานจากระบบเอทีพี-ซีพี และไกลโคไลซิสที่สูงตลอดช่วงการแข่งขัน

ดังนั้นเมื่อมองในภาพรวมแล้ว องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอลนั้นประกอบด้วย 2 ระบบที่สำคัญนั้นคือ ระบบกล้ามเนื้อที่ประกอบด้วย ความแข็งแรง พลัง ความอดทน ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว และความอ่อนตัว กับ ระบบพลังงานที่ประกอบด้วย ความสามารถของระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน และความสามารถของระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งการออกแบบการฝึกต้องพัฒนาทั้ง 2 อย่างนี้ควบคู่กันไปจึงจะทำให้นักฟุตบอลมีสมรรถภาพทางกายที่สมบูรณ์

ในด้านระบบกล้ามเนื้อนั้น วิธีการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดเป็นการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักรูปแบบหนึ่งที่ใช้เวลาในการฝึกแต่ละครั้งไม่มาก และสามารถพัฒนาความแข็งแรง พลัง และพลังอดทนของกล้ามเนื้อได้ (ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์, 2544, 2555) นอกจากนั้นการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดนั้นยังใช้อุปกรณ์ในการฝึกที่ราคาไม่แพงและสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายทำให้สามารถนำไปใช้ฝึกในสนามที่นักกีฬาใช้ซ้อมตามปกติได้ ดังนั้นวิธีการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดจึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาระบบกล้ามเนื้อ และยังสะดวกในการฝึกซ้อมของนักกีฬาอีกด้วย

ส่วนในด้านของระบบพลังงานนั้น วิธีการพัฒนาความสามารถของระบบพลังงานนั้นมีรูปแบบและวิธีการฝึกที่หลากหลาย ซึ่งการฝึกแบบสลับช่วงเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นการฝึกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้มีการกระตุ้นของระบบการเผาพลาญพลังงานที่เหมาะสม และเป็นการฝึกที่สามารถปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูง แต่เกิดความเมื่อยล้าที่เท่าหรือน้อยกว่าการฝึกแบบต่อเนื่อง (Baechle, 1994) นอกจากนั้นยังมีลักษณะของการฝึกแบบไม่ต่อเนื่องซึ่งคล้ายกับการเคลื่อนที่ในขณะทำการแข่งขันฟุตบอล ดังนั้นการฝึกแบบสลับช่วงจึงเป็นวิธีที่มี

ประสิทธิภาพในการพัฒนาระบบพลังงาน และในการออกแบบโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงนั้นต้องนำความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบพลังงานมาใช้ เพื่อให้เกิดการกระตุ้นของระบบพลังงานที่ต้องการพัฒนาในขณะที่ทำการฝึก

โดยมีหลายงานวิจัยที่พบว่า การฝึกแบบสลับช่วงด้วยความหนักสูงที่ใช้เวลาประมาณ 30 วินาทีสลับกับพัก 2 – 4 นาทีนั้นสามารถพัฒนาระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกทั้งระบบเอทีพี – ซีพี และระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสได้เป็นอย่างดีและยังส่งผลถึงการพัฒนาระบบแอโรบิกด้วย (Macdougall et al., 1998; Barnett et al., 2004; Gibala et al., 2006; Hazell et al., 2010; Macpherson et al., 2011) ซึ่งสอดคล้องกับ บีเคิล และเอิร์ล (Baechle and Earle, 2000) ที่ได้เสนอแนะว่าการออกกำลังกายที่มีความหนักสูงเป็นเวลา 30 วินาทีนั้น ร่างกายจะใช้พลังงานจากทั้งระบบเอทีพี – ซีพีและระบบฟาสท์ไกลโคไลซิส ควบคู่กันโดยใช้พลังงานจากระบบฟาสท์ไกลโคไลซิสเป็นหลัก ซึ่งจะทำให้ระบบพลังงานแอนแอโรบิกทั้งคู่เกิดการพัฒนาจากการใช้งาน และยังสอดคล้องกับ เจริญ กระบวนรัตน์ (2545) ที่ว่าการฝึกแบบสลับช่วงด้วยความหนักประมาณ 90 – 95% ของความหนักสูงสุดเป็นเวลาประมาณ 30 วินาที ถึง 2 นาทีสลับกับพัก 2 – 6 นาทีเป็นการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่ใช้พลังงานจากระบบแลคติกเป็นหลัก ดังนั้นการฝึกแบบสลับช่วงด้วยความหนักสูงที่ใช้เวลาประมาณ 30 วินาทีสลับกับพัก 2 – 4 นาทีจึงเป็นวิธีการฝึกรูปแบบหนึ่งที่น่าจะพัฒนาทั้งระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก และแอโรบิกได้

แต่รูปแบบของกิจกรรมที่ใช้ความหนักสูงเป็นเวลาประมาณ 30 วินาทีนั้นมีโอกาสน้อยที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการแข่งขันฟุตบอล ดังที่ โอ'โดโนกิ และคณะ (O'Donoghue et al., 2002) ได้กล่าวว่า 98% ของกิจกรรมที่มีความหนักสูงในการแข่งฟุตบอลจะใช้เวลาในการปฏิบัติแต่ละครั้งที่น้อยกว่า 10 วินาที ซึ่งจะใช้เวลาโดยเฉลี่ยจะประมาณ 2 – 3 วินาทีในแต่ละครั้ง นอกจากนั้นยังกล่าวอีกว่า อัตราส่วนของเวลาโดยเฉลี่ยระหว่างช่วงของกิจกรรมที่มีความหนักสูงกับช่วงของกิจกรรมที่มีความหนักต่ำอยู่ระหว่าง 1 : 7 ถึง 1 : 10 แต่อย่างไรก็ตามอัตราส่วนที่เกิดขึ้นนี้จะเกิดอย่างไม่คงที่ตลอดทั้งเกม สอดคล้องกับ มอร์ และคณะ (Mohr et al., 2003 อ้างถึงใน Osgnach et al., 2010) ที่กล่าวว่า ระยะเวลาเฉลี่ยในการปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูงแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 2 – 4 วินาที และจะเกิดขึ้นภายใน ทุกๆ 1 – 90 วินาที ตลอดทั้งเกมการแข่งขัน

ดังนั้น ระยะเวลาของการเคลื่อนที่ด้วยความหนักสูงในระหว่างการแข่งขันฟุตบอลโดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณไม่เกิน 4 วินาที และจะเกิดสลับกับกิจกรรมที่มีความหนักต่ำด้วยอัตราส่วนของระยะเวลาประมาณ 1: 7 ถึง 1: 10 และเมื่อนำมาวิเคราะห์ถึงระบบพลังงานที่ใช้แล้วการปฏิบัติกิจกรรมด้วยความหนักสูงประมาณ 4 วินาทีจะใช้พลังงานจากเอทีพีและซีพีที่สะสมในร่างกายเป็นหลัก ซึ่งเอทีพีและซีพีจะมีการลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อร่างกายออกกำลังกายด้วยความหนักสูงผ่าน 6 วินาทีไป เมื่อเอทีพี และซีพีลดลง ร่างกายจะต้องใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสเข้ามาช่วย (Baechle and Earle, 2000) ซึ่งการสะสมของเอทีพีและซีพีที่ลดลงนั้น จะต้องใช้เวลาพักประมาณ 3 – 4 นาทีจึงจะกลับสู่ระดับปกติ (Fleck and Kramer, 2004) ดังนั้น การปฏิบัติกิจกรรมด้วยความหนักสูงประมาณ 4 วินาทีจะทำให้เอทีพี และซีพีที่สะสมอยู่ในร่างกายมีการลดลง ซึ่งการพักหรือ ทำกิจกรรมที่มีความหนักต่ำเป็นเวลาประมาณ 28 – 40 วินาที หรือประมาณ 7 – 10 เท่าของเวลาที่ปฏิบัติกิจกรรมด้วยความหนักสูงนั้น ไม่เพียงพอที่ร่างกายจะสะสมเอทีพี และซีพีกลับมาได้เท่าระดับปกติในขณะพัก และเมื่อปฏิบัติกิจกรรมด้วยความหนักสูงในครั้งต่อไปร่างกายจึงต้องใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสเข้ามาช่วย

ฉะนั้นการฝึกแบบสลับช่วงด้วยกิจกรรมที่มีความหนักสูงเป็นเวลา 4 วินาที สลับกับกิจกรรมที่มีความหนักต่ำที่มีระยะเวลาประมาณ 7 – 10 เท่าของเวลาในช่วงที่ปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูงจะใช้พลังงานจากระบบเอทีพี – ซีพีเป็นหลักและมีระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสเข้ามาช่วยในการให้พลังงาน ซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดการใช้พลังงานจากทั้งระบบเอทีพี – ซีพี และระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสได้เช่นเดียวกับการฝึกด้วยความหนักสูงเป็นเวลาประมาณ 30 วินาทีและจะมีความใกล้เคียงกับสถานการณ์การที่เกิดขึ้นจริงในระหว่างการแข่งขันฟุตบอลมากกว่า

จากความสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำวิธีการฝึกแบบสลับช่วงทั้งสองรูปแบบมาฝึกควบคู่กับการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดเพื่อศึกษาผลของการฝึก แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกันเพื่อที่จะพัฒนารูปแบบของโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยาที่เหมาะสมสำหรับนักกีฬาฟุตบอล ทั้งนี้เพื่อที่นักกีฬา หรือ ผู้ฝึกสอน ตลอดจนบุคคลที่สนใจจะได้นำผลที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนากีฬาเพื่อความเป็นเลิศต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตบอล

คำถามการวิจัย

การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง มีผลต่อการพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตบอลของนักกีฬาฟุตบอลต่างกันหรือไม่

สมมติฐานของการวิจัย

1. หลังการทดลองเป็นเวลา 6 สัปดาห์การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง สามารถเพิ่มความสามารถทางสรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตบอลได้

2. การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง มีผลต่อความสามารถทางสรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตบอลที่ต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง ที่มีต่อการพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอลชายระดับมัธยมศึกษาของโรงเรียนเทพศิรินทร์ อายุระหว่าง 16 – 18 ปี ที่กำลังฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันฟุตบอลจตุรมิตรสามัคคีครั้งที่ 26 จำนวน 28 คน โดยจะทำการฝึกสัปดาห์ละสองครั้งคือในวันอังคารและศุกร์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

2. ตัวแปรที่จะศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent variables) คือ โปรแกรมการฝึก ประกอบด้วย

2.1.1 โปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น

2.1.2 โปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง

2.2 ตัวแปรควบคุม (Control variables) ประกอบด้วย

2.2.1 นักกีฬาฟุตบอลระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.2.2 เพศ เฉพาะเพศชาย

2.2.3 ความแข็งแรง เฉพาะผู้ที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุมฉาก (Half squat) ไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัว

2.3 ตัวแปรตาม (Dependent variables) ประกอบด้วย

2.3.1 ความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม

2.3.1.1 พลังแบบอนากาศนิยม

2.3.1.2 ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม

2.3.1.3 ดัชนีความล้า

2.3.2 ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม

2.3.3 พลังอดทนของกล้ามเนื้อ

2.3.4 ความคล่องแคล่วว่องไว

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำความเข้าใจกับนักกีฬาที่เข้ารับการทดลองถึงกระบวนการทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาทั้งก่อนและหลังการทดลอง รวมไปถึงโปรแกรมการฝึกที่ใช้ในการพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยา โดยจะทำการฝึกให้เสร็จสิ้นก่อนการฝึกซ้อมตามปกติของทางโรงเรียน และได้ขอให้ผู้เข้ารับการทดลองทุกคนมีความเต็มใจและตั้งใจฝึกตามโปรแกรมการทดลองอย่างเต็มความสามารถทุกคน และไม่ให้ฝึกเพิ่มเติมนอกเหนือไปจากโปรแกรมการฝึกดังกล่าวที่ผู้วิจัยได้กำหนดให้ และโปรแกรมการฝึกซ้อมตามปกติของทางโรงเรียน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยา ควบคุมการฝึก และเก็บรักษาอุปกรณ์การฝึกทั้งหมดไว้ด้วยตนเองตลอดระยะเวลาของการฝึก ดังนั้นจึงถือว่าการเปลี่ยนแปลงของความสามารถทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากโปรแกรมการฝึกตามแต่ละโปรแกรมเท่านั้น

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การฝึกแบกน้ำหนักกระโดด (Loaded jump squat training) หมายถึง การฝึกโดยการแบกน้ำหนักไว้บนบ่าแล้วย่อตัวกระโดดขึ้นไปในแนวดิ่งอย่างรวดเร็วต่อเนื่องกัน ในการวิจัยครั้งนี้ใช้อุปกรณ์การฝึกที่ผลิตขึ้นเฉพาะบุคคล และกำหนดท่ากระโดดจากท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุมฉาก (Half squat jump) ในการฝึก

การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น (Short-interval training) หมายถึง การฝึกที่มีการสลับของช่วงฝึกโดยใช้กิจกรรมที่มีความหนักสูงในระยะเวลาสั้นกับช่วงพักโดยใช้กิจกรรมที่มีความหนักต่ำในหนึ่งชุดของการฝึก ซึ่งใช้พลังงานส่วนใหญ่จากระบบฟอสฟาเจนเป็นหลักในช่วงฝึก โดยงานวิจัยครั้งนี้ใช้การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 4 วินาทีสลับกับการวิ่งเหยาะเป็นเวลา 40 วินาที จำนวน 8 เที่ยวแล้วจึงพักด้วยการเดินเป็นเวลา 4 นาทีในการฝึกหนึ่งชุด

การฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง (Intermediate-interval training) หมายถึง การฝึกที่มีการสลับของช่วงฝึกโดยใช้กิจกรรมที่มีความหนักสูงในระยะเวลาปานกลางกับช่วงพักโดยใช้กิจกรรมที่มีความหนักต่ำในหนึ่งชุดของการฝึก ซึ่งใช้พลังงานส่วนใหญ่จากระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสเป็นหลักในช่วงฝึก โดยงานวิจัยครั้งนี้ใช้การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 32 วินาทีแล้วพักด้วยการเดินเป็นเวลา 4 นาทีในการฝึกหนึ่งชุด

ความสามารถทางสรีรวิทยา (Physiological performance) หมายถึง ความสามารถทางสรีรวิทยาของร่างกายในการแสดงออกในด้านต่างๆ ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

ความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม (Anaerobic performance) หมายถึงความสามารถสูงสุดของการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการปฏิบัติกิจกรรมทางกาย ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้วัดจาก พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม และดัชนีความล้าที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีทดสอบรันนิ่งเบสแอนแอโรบิก สปรินท์ (Running-based Anaerobic Sprint Test)

พลังแบบอนากาศนิยม (Anaerobic power) หมายถึง ความสามารถสูงสุดในการสร้างพลังงานจากระบบฟอสฟาเจน (Phosphagens) เพื่อใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมของร่างกาย มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watts)

ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม (Anaerobic capacity) หมายถึง ความสามารถสูงสุดในการรักษาระดับการทำงานของกล้ามเนื้อซึ่งใช้พลังงานที่สร้างจากทั้งระบบฟอสฟาเจน (Phosphagens) และระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส (Anaerobic glycolysis) ให้คงอยู่มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watts)

ดัชนีความล้า (Fatigue Index) หมายถึง ค่าที่บ่งบอกถึงความล้าของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นหลังจากการทำงานหนักแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีหน่วยเป็นวัตต์ ต่อ วินาที (Watts/sec.)

ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม (Aerobic performance) หมายถึง ความสามารถสูงสุดของการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนในการปฏิบัติกิจกรรมทางกาย ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้วัดจาก ระยะทางในการวิ่งที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีทดสอบโย-โย อินเตอร์มิทเทน รีโคเวอร์รี (Yo-Yo Intermittent Recovery Test) มีหน่วยเป็นเมตร (Metre)

พลังอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular power endurance) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะใช้พลังสูงสุดในการกระทำซ้ำกันหลายครั้ง โดยที่ความถี่และความเร็วของร่างกายไม่ลดลงหรือกระทำได้นานขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้วัดจากพลังกล้ามเนื้อโดยเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว (Relative mean power) ที่ได้จากการทดสอบโดยวิธีแบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 0 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ในเครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (Ballistic measurement system) มีหน่วยเป็นวัตต์ ต่อ กิโลกรัม (Watts/kg.)

ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถในการเร่งความเร็ว การชะลอความเร็ว และการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว โดยที่ร่างกายไม่เสียการทรงตัว ในการวิจัยครั้งนี้วัดจากเวลาที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีทดสอบความคล่องแคล่วของอิลลินอยส์ (Illinois Test Run – Agility) มีหน่วยเป็นวินาที (sec.)

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงผลของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง ที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตบอล

2.เป็นแนวทางในการจัดโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยาสำหรับนักกีฬาฟุตบอลต่อไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อการพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยาโดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายระดับมัธยมศึกษาของโรงเรียนเทพศิรินทร์ อายุระหว่าง 16 – 18 ปี ซึ่งมีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังหัวข้อหลักต่อไปนี้

1. สมรรถภาพทางกายและองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกาย
2. สมรรถภาพทางกายและองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอล
3. ระบบพลังงานในร่างกายและการใช้ระบบพลังงานขณะออกกำลังกาย
4. ความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม
5. ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม
6. สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ
7. พลังกล้ามเนื้อ
8. พลังอดทนของกล้ามเนื้อ
9. ความคล่องแคล่วว่องไว
10. การฝึกแบบสลับช่วง
11. การฝึกแบกน้ำหนักกระโดด
12. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. สมรรถภาพทางกายและองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกาย

1.1 ความหมายของสมรรถภาพทางกาย

สมาคมสุขศึกษา พลศึกษา นันทนาการ และการเต้นรำแห่งสหรัฐอเมริกา (The American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance อ้างถึงใน Safrit, 1990) กล่าวว่า สมรรถภาพทางกาย หมายถึง ภาวะที่ดีของร่างกายที่สามารถปฏิบัติภารกิจประจำวันได้อย่างแข็งขัน กระฉับกระเฉง ลดอัตราการเสี่ยงต่อปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพ อันเนื่องจากการขาดการออกกำลังกาย และเป็นความสามารถพื้นฐานของร่างกายสำหรับเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ

มิลเลอร์ และคณะ (Miller et al., 1991) กล่าวว่า สมรรถภาพทางกายโดยทั่วไปหมายถึงความสามารถในการปฏิบัติงานของร่างกายซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานของระบบหลอดเลือดและ

หัวใจ ความอดทน ความแข็งแรง ความอ่อนตัว การทำงานประสานสัมพันธ์ และการวัดสัดส่วนที่เป็นส่วนประกอบของร่างกาย

พิชิต ภูติจันทร์ และคณะ (2533) กล่าวว่า สมรรถภาพทางกายเป็นความสามารถของบุคคลในอันที่จะใช้ระบบของร่างกายกระทำกิจกรรมใดๆ อันเกี่ยวพันกับการแสดงออกซึ่งความสามารถทางร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือได้หนักหน่วง เป็นเวลานานติดต่อกันโดยไม่แสดงความเหน็ดเหนื่อยให้ปรากฏ และสามารถฟื้นตัวสู่สภาพปกติได้ในเวลาอันรวดเร็ว

ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์ (2533) กล่าวว่า สมรรถภาพทางกายว่า เป็นความสามารถของบุคคลในการควบคุมสั่งการให้ร่างกายปฏิบัติภารกิจต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพเหมาะสมกับปริมาณงานและเวลาตลอดทั้งวันโดยการปฏิบัตินั้น ไม่ก่อให้เกิดความทุกข์ทรมานต่อร่างกายอีกทั้งยังสามารถประกอบกิจกรรมอื่นๆ นอกเหนือจากภารกิจประจำวันได้อีก ด้วยความกระฉับกระเฉงปราศจากความเมื่อยล้าอ่อนเพลีย

สุชาติ โสมประยูร (2535) กล่าวว่า สมรรถภาพทางกาย หมายถึง ความสามารถของร่างกายในการประกอบกิจกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพติดต่อกันเป็นเวลานาน โดยไม่เกิดความเมื่อยล้า อ่อนเพลีย ทั้งนี้มิได้หมายความว่า ร่างกายมีความแข็งแรง อดทนของกล้ามเนื้อ และระบบต่างๆ ของร่างกายมีการทำงานประสานกันเป็นอย่างดีเท่านั้น แต่ยังรวมถึงร่างกายต้องมีสุขภาพดี สามารถปฏิบัติงานได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและมีพลังความแข็งแรงเหลือพอที่จะประกอบกิจกรรมพิเศษ หรือกิจกรรมที่ต้องทำในกรณีฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

เฉก ธนะศิริ (2535) กล่าวว่า เรามักเรียกผู้ที่มีร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์อย่างแท้จริงว่า “ฟิต” นั้นหาได้หมายถึงว่าเขาคนนั้นไม่มีโรคใดๆ ประจำตัวสามารถออกกำลังกายและเล่นกีฬาได้ตาม ปกติเพียงเท่านั้นไม่ หากจะต้องมีคุณสมบัติอื่นอีก คือ ร่างกายฟิต (Physical fitness) ประกอบด้วยพลังแอโรบิก (Aerobic power) ความทนทานของกล้ามเนื้อเฉพาะส่วน (Local muscle endurance) กล้ามเนื้อแข็งแกร่ง (Muscular strength) ความอ่อนตัว (Flexibility) และสัดส่วนที่เป็นองค์ประกอบของร่างกาย (Body composition)

วิบูลย์ ชลานันต์ (2540) กล่าวถึงนักวิชาการในประเทศไทยให้ความหมายของคำว่าสมรรถภาพทางกายว่าหมายถึง สภาพร่างกายที่สมบูรณ์ สามารถปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างราบรื่น มีความสุข ด้วยการปราศจากโรคที่เกิดจากขาดการออกกำลังกาย

จากความหมายของสมรรถภาพทางกายสามารถสรุปได้ว่า สมรรถภาพทางกาย หมายถึง ความสามารถของร่างกายในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นผลอันเนื่องมาจากการออกกำลังกาย

1.2 องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกาย

สมาคมสุขศึกษา พลศึกษา นันทนาการ และการเต้นรำแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (AAHPERD อ้างใน Safrit, 1990) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่สำคัญของสมรรถภาพทางกาย เพื่อการมีสุขภาพดีว่า ประกอบด้วย

1.) ความอดทนของระบบหัวใจและหลอดเลือด

2.) สัดส่วนที่เป็นส่วนประกอบของร่างกาย

3.) ความอ่อนตัว

4.) ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ

เพย์น (Payne, 1990) กล่าวว่า องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายว่าประกอบด้วย

1.) ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ

2.) ความอ่อนตัว

3.) ความคล่องแคล่วว่องไว

4.) ความอดทนของหัวใจและหายใจ

มิลเลอร์ และคณะ (Miller et al., 1991) ก็กล่าวถึงองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายว่าประกอบด้วย

1.) ความอดทนของระบบหัวใจและหลอดเลือด

2.) ความแข็งแรงความอดทนของกล้ามเนื้อ

3.) ความอ่อนตัว

4.) การประสานสัมพันธ์

5.) สัดส่วนที่เป็นส่วนประกอบของร่างกาย

วิบูลย์ ชลานันต์ (2540) ได้สรุปสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับสุขภาพ ตั้งแต่ปี ค.ศ.1980 จนถึงปัจจุบัน ว่ามีองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายจะประกอบด้วย 5 ประการที่สำคัญ คือ

1.) พลังแอโรบิก หรือความอดทนของระบบหัวใจและการหายใจ

2.) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

3.) ความอดทนของกล้ามเนื้อ

4.) ความอ่อนตัว

5.) สัดส่วนที่เป็นส่วนประกอบของร่างกาย

จากองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายสามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบที่สำคัญของสมรรถภาพทางกายประกอบด้วย

1.) ความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อ

2.) ความอดทนแบบแอโรบิก

3.) ความอ่อนตัว

4.) สัดส่วนของร่างกาย

5.) ความคล่องแคล่วว่องไวและการประสานสัมพันธ์

1.3 องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา

โฮเจอร์ (Hoeger, 1989) แบ่งสมรรถภาพทางกายออกเป็นสองประเภท คือ

1.) สุขสมรรถนะ (Health – related physical fitness) ประกอบด้วย

1.1) ความอดทนของระบบหลอดเลือดและหัวใจ

1.2 ความอดทนและแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

1.3) ความอ่อนตัว

1.4) สัดส่วนที่เป็นส่วนประกอบของร่างกาย

2.) ทักษะสมรรถนะ (Skill – related physical fitness) ประกอบด้วย

2.1) ความอดทนของระบบหลอดเลือดและหัวใจ

2.2) ความอดทนและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

2.3) ความอ่อนตัว

2.4) สัดส่วนที่เป็นส่วนประกอบของร่างกาย

2.5) ความคล่องแคล่วว่องไว

2.6) การทรงตัวที่สมดุล

2.7) การทำงานประสานสัมพันธ์ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ

2.8) กำลัง หรือพลัง

2.9) ปฏิกิริยาตอบสนอง

2.10) ความเร็ว

ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์ (2533) ได้กล่าวถึงการที่มีสมรรถภาพที่ดี คือผลการปฏิบัติงานที่แสดงให้เห็นถึง

1.) ความเร็ว (Speed) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการทำงานบางส่วนหรือทั้งหมดของร่างกายเคลื่อนไปสู่เป้าหมายโดยใช้เวลาสั้นที่สุด เช่น วิ่ง 50 เมตร วิ่ง 100 เมตร ว่ายน้ำ 50 และ 100 เมตร

2.) ความแข็งแรง (Strength) หมายถึง ความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อต่อต้านแรงที่จะมากระทำ เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนในการหดงอตัว งอข้อศอก

3.) ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางของร่างกายหรือทิศทางการเคลื่อนไหวของร่างกาย ตามความต้องการอย่างทันทีทันใดเช่น การเบี่ยงตัวหลบขณะเลี้ยงลูกบาสเกตบอล

4.) ความอ่อนตัว (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการเหยียดและหดตัวของกล้ามเนื้อ เอ็น ข้อต่อต่างๆ ในปริมาณมุมที่มากกว่าปกติ เช่นการก้มและการใช้ปลายนิ้วแตะพื้น เป็นความสามารถของข้อต่อที่สะโพก กล้ามเนื้อขา และหลัง

5.) กำลัง หรือพลังกล้ามเนื้อ (Power) หมายถึง ความสามารถในการทำงานอย่างทันทีทันใดของกล้ามเนื้อด้วยความพยายามสูงสุด เช่นการยกน้ำหนัก การทุ่มลูกน้ำหนัก และขว้างจักร เป็นต้น

6.) ความสมดุล (Balance) หมายถึงความสามารถในการควบคุมท่าทางของร่างกายให้อยู่ในลักษณะที่ต้องการได้ ไม่ว่าจะอยู่ในขณะเคลื่อนที่หรืออยู่กับที่ เช่น การทรงตัวบนคานทรงตัวของนักยิมนาสติก

7.) ความสัมพันธ์ของประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular coordination) หมายถึง การควบคุมให้ร่างกายทำงานตอบสนองการสั่งของระบบประสาทอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ความสัมพันธ์ของการได้ยินคำสั่ง และกล้ามเนื้อหดตัวเพื่อเคลื่อนที่

8.) ความอดทน (Endurance) หมายถึง ความสามารถในการกระทำกิจกรรมซ้ำๆ กันนานๆ ของกล้ามเนื้อ โดยเกิดความเมื่อยล้าหรือเหนื่อยช้า

วิบูลย์ ชลานันต์ (2540) ได้สรุปองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายจากอดีตจนถึงทศวรรษ 1960 ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับนักกีฬา ดังนี้

1.) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

2.) ความอดทนของกล้ามเนื้อ

3.) ความอดทนของระบบไหลเวียนและหายใจ

4.) ความคล่องแคล่วว่องไว

5.) ความอ่อนตัว

6.) กำลัง

7.) ความเร็ว

8.) การทรงตัวที่สมดุล

9.) การประสานสัมพันธ์

10.) ความแม่นยำ

จากองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาสามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาที่สำคัญ ประกอบด้วย

1.) ความอดทนแบบแอโรบิก

2.) ความแข็งแรง พลัง และความอดทนของกล้ามเนื้อ

3.) ความอ่อนตัว

4.) ความคล่องแคล่วว่องไว

5.) ความสมดุลของร่างกาย

6.) ความสัมพันธ์ของประสาทและกล้ามเนื้อ

7.) ความเร็ว

2. สมรรถภาพทางกายและองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอล

2.1 ความสำคัญของสมรรถภาพทางกายต่อนักกีฬาฟุตบอล

สมาคมฟุตบอลแห่งประเทศเยอรมัน (Germany Football Association, 1991 อ้างถึงในชลัช ภิรมย์, 2539) ได้กล่าวว่าสมรรถภาพทางกายเป็นพื้นฐานทางด้านร่างกายและจิตใจ ซึ่งมาระหว่างการฝึกซ้อมเพื่อนำไปใช้ในการแข่งขัน มีการฝึกโดยยึดถือการนำไปใช้ในการแข่งขันเป็นหลัก

พิชิต ภูติจันทร์ และคณะ (2533) กล่าวว่า สมรรถภาพทางกายเป็นความสามารถของบุคคลในอันที่จะใช้ระบบร่างกายกระทำกิจกรรมใดๆอันเกี่ยวพันกับการแสดงออกซึ่งความสามารถทางร่างกายได้มีประสิทธิภาพหรือได้หนักหน่วง เป็นเวลาติดต่อกันโดยไม่แสดงความเหน็ดเหนื่อยให้ปรากฏ และสามารถฟื้นตัวสู่สภาพปกติได้ในระยะเวลาอันรวดเร็ว

ชลัช ภิรมย์ (2539) ได้กล่าวว่า สมรรถภาพทางกายคือความสามารถทางด้านร่างกายในการทำกิจกรรมต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งเป็นผลจากการฝึกซ้อมของร่างกายให้มีความพร้อมต่อการทำกิจกรรมนั้นๆเป็นอย่างดี

เปเล่ (Pele อ้างถึงใน ประโยค สุทธิสง่า, 2538) ได้กล่าวเมื่อครั้งมาเมืองไทยว่า สมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอลที่ดี เป็นสิ่งสำคัญที่สุดสำหรับนักกีฬาฟุตบอล นักฟุตบอลถ้าไม่มีสมรรถภาพทางกายที่ดีฝีมีออย่างเดียวก็ไม่มีความหมาย

ประโยค สุทธิสง่า (2538) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบสำคัญของร่างกายที่มีสมรรถภาพสมบูรณ์ซึ่งต้องใช้ในการเล่นฟุตบอลว่ามีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength) มีภูมิต้านทานโรค (Resistance of disease) มีพลัง (Power) มีความอดทน (Muscular endurance) มีความเร็วสูง (Speed) มีความว่องไว (Agility) มีการทรงตัว (Balance) มีความสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อและประสาท (Co-ordination) มีความอ่อนตัว (Flexibility) มีความแม่นยำ (Accuracy)

จากความสำคัญของสมรรถภาพทางกายต่อนักกีฬาฟุตบอลข้างต้นสามารถสรุป ได้ว่า สมรรถภาพทางกายเป็นสิ่งที่สำคัญที่นักกีฬาฟุตบอลต้องมีควบคู่กับทักษะในการเล่นฟุตบอล ซึ่งถ้านักฟุตบอลมีสมรรถภาพทางกายที่ดีจะทำให้สามารถนำทักษะที่มีออกมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในระหว่างฝึกซ้อมและระหว่างแข่งขัน ส่งผลให้นักฟุตบอลมีโอกาสสูงที่จะประสบความสำเร็จในการแข่งขัน

2.2 องค์ประกอบสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอล

ชาญวิทย์ ผลชีวิน (2534) ได้กล่าวว่า สมรรถภาพทางกายที่ดีของนักกีฬาฟุตบอลจะต้องผ่านการฝึกทางด้านร่างกายมาเป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังกล้ามเนื้อ ความเร็ว ความทนทาน ความคล่องแคล่วว่องไว เพื่อให้พร้อมในการแข่งขัน เพราะกีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาที่ต้องใช้การเคลื่อนไหวรูปแบบต่างๆมากมาย มีการปะทะอย่างรุนแรง และใช้เวลาในการแข่งขันนานถึง 90-120 นาที

ชลัช ภิรมย์ (2539) ได้กล่าวว่า องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายสำหรับนักกีฬาฟุตบอล แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1.) สมรรถภาพทางกายทั่วไป (General condition) เป็นความสมบูรณ์พื้นฐานทางกายสำหรับการเล่นกีฬา ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 ประการ

1.1) ความเร็ว คือ ความสามารถของร่างกายในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด

1.2) พลังกล้ามเนื้อ คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อในการทำงานอย่างรวดเร็วและแรงในจังหวะของกล้ามเนื้อหดตัวหนึ่งครั้ง เช่น ยืนกระโดดไกล

1.3) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อในการหดตัวเพียงครั้งเดียวโดยไม่จำกัดเวลา เช่น การยกน้ำหนัก เป็นต้น

1.4) ความอดทนของกล้ามเนื้อ คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ได้ประกอบกิจกรรมซ้ำๆได้เป็นระยะเวลานานอย่างมีประสิทธิภาพ

1.5) ความคล่องแคล่วว่องไว คือ ความสามารถของร่างกายที่จะบังคับควบคุมในการเปลี่ยนทิศทางของการเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วและแน่นอน

1.6) ความอ่อนตัว คือ ความสามารถของข้อต่อต่างๆในการเคลื่อนไหวได้อย่างกว้างขวาง

1.7) ความอดทนทั่วไป คือ ความสามารถในการทำงานระบบต่างๆในร่างกายที่ทำงานได้นานและมีประสิทธิภาพ

2.) สมรรถภาพทางกายเฉพาะ (Special condition) คือ ความสามารถทางร่างกายของนักกีฬาที่นำไปใช้ในการเล่นกีฬาชนิดต่างๆ ดังนั้นการเล่นกีฬาแต่ละชนิดนักกีฬาจึงมีความต้องการในการสร้างสมรรถภาพทางกายที่แตกต่างกัน กล่าวคือนักกีฬาต้องมีสมรรถภาพทางกายเฉพาะที่แตกต่างกันไปจากนักกรีฑา นักมวย หรือนักวอลเลย์บอล เป็นต้น

ฟุตบอลเป็นกีฬาที่ต้องใช้การเคลื่อนไหวหลายรูปแบบ ดังนั้นนักกีฬาจึงต้องอาศัยความสามารถทางด้านร่างกายทั้งสองชนิดดังกล่าวเพื่อนำไปใช้ในการแข่งขัน

กราเมอร์ (Gramer, 1966) กล่าวว่า นักกีฬาฟุตบอลต้องมีความสมบูรณ์ทนทานของร่างกาย (Stamina) อันหมายถึง การที่ร่างกายมีความแข็งแรง (Strength) ความอดทน (Endurance) ความเร็ว (Speed) ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) ความอ่อนตัว (Flexibility) และพลัง (Power) อย่างยอดเยี่ยม

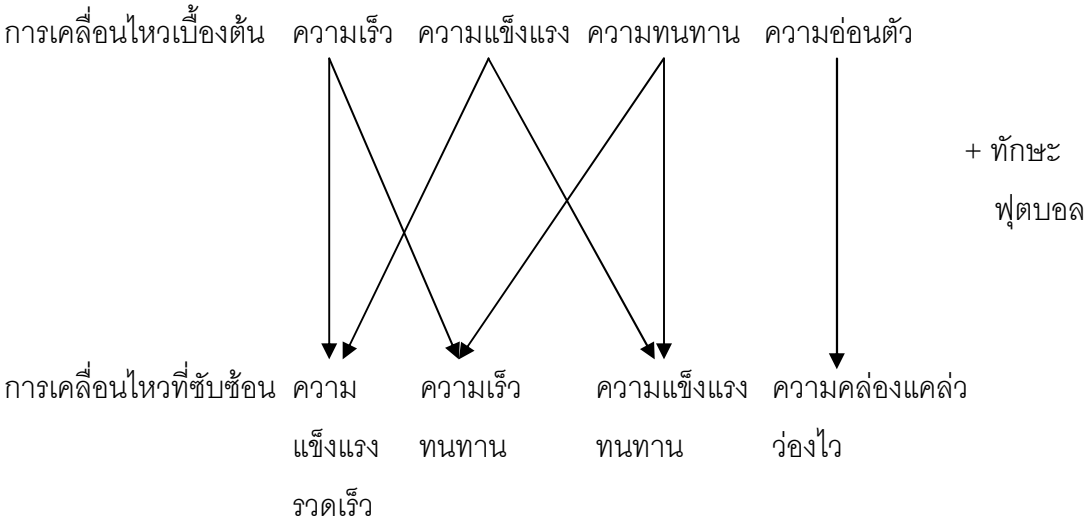
สมาคมฟุตบอลแห่งประเทศเยอรมนี (Germany Football Association, 1991 อ้างถึงในชลัช ภิรมย์, 2539) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายสำหรับกีฬาฟุตบอล ว่าสามารถแบ่งตามคุณลักษณะของการเคลื่อนไหวได้เป็น 2 ชนิด คือ

1.) การเคลื่อนไหวเบื้องต้น (Basic motor qualities)

2.) การเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน (Complex motor qualities)

ซึ่งการเคลื่อนไหวทั้ง 2 ลักษณะนั้นประกอบด้วยองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกาย 8 ประการ ดังนี้

ภาพที่ 1 แสดงองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายสำหรับกีฬาฟุตบอล ตามลักษณะของการเคลื่อนไหว (แหล่งที่มา: Germany Football Association, 1991 อ้างถึงใน ชลัช ภิรมย์, 2539)



พัวเอียตติ (Proietti, 2007) กล่าวว่า ปัจจัยหลายอย่างได้แก่ ความเร็ว (Speed) พลัง (Power) ความแข็งแรง (Strength) ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) ความอ่อนตัว (Flexibility) และความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม (Anaerobic capacity) ร่วมกับ ความสามารถทางอากาศนิยมที่ทำได้ (Aerobic capacity) ที่ดี จะส่งเสริมให้ประสบความสำเร็จในการแข่งขันฟุตบอล

จากองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอลสามารถสรุปได้ว่าองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายที่สำคัญของนักกีฬาฟุตบอลประกอบด้วย

1.) สมรรถภาพแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก

2.) ความเร็ว

3.) พลัง

4.) ความแข็งแรง

5.) ความคล่องแคล่วว่องไว

6.) ความอ่อนตัว

7.) พลังอดทน

2.3 สรีรวิทยาของร่างกายในระหว่างการแข่งขันฟุตบอล

เรลลี และโทมัส (Reilly and Thomas, 1976) กล่าวว่า ระหว่างแข่งขันฟุตบอลจะมีกิจกรรมต่างๆมากกว่า 1,000 ครั้ง โดยที่ผู้เล่นจะมีการเปลี่ยนกิจกรรมทุก 5 – 6 วินาที และโดยเฉลี่ยแล้วผู้เล่นจะมีการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด (Sprint) ในระยะทาง 15 เมตร ทุก 90 วินาที และ กิจกรรมที่มีความหนักสูง (Cruises plus sprint) ทุก 30 วินาทีซึ่งในช่วงนี้จะเป็นการใช้พลังงานที่ได้มาจากการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน และผู้เล่นคนหนึ่งจะใช้เวลาครอบครองบอล (Possession) โดยรวมตลอดทั้งเกมประมาณ 55.5 – 74.2 วินาที นอกจากนั้น ยังกล่าวอีกว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีความสัมพันธ์กับระยะทางทั้งหมดของการเคลื่อนที่ในระหว่างแข่งขันฟุตบอล

สมาโรส (Smaros, 1980) กล่าวว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีความสัมพันธ์กับจำนวนครั้งของการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดในการแข่งขันฟุตบอล โดยถ้านักฟุตบอลมีสมรรถภาพทางแอโรบิก (Aerobic fitness) ที่ดี จะทำให้สามารถพักฟื้นจากกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่มีความหนักสูงได้โดยเร็ว

เมย์ฮิว และ เวนเกอร์ (Mayhew and Wenger, 1985) กล่าวว่า ระยะเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูงแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 4 วินาที ตลอดทั้งเกมการแข่งขันฟุตบอล

เอพอร์ กับ โอฮาชิ และคณะ (Apor, 1988; Ohashi et al., 1988) กล่าวตรงกันว่า ในการแข่งขันฟุตบอล จะประกอบด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 3 – 5 วินาทีสลับกับช่วงพักด้วยการเดินหรือวิ่งเหยาะ 30 – 90 วินาทีดังนั้นอัตราส่วนระหว่างเวลาของกิจกรรมที่มีความหนักสูงและกิจกรรมที่มีความหนักต่ำจะอยู่ที่ประมาณ 1: 10 ถึง 1: 20 ของเวลาที่เกิดขึ้น ซึ่งระบบแอโรบิกจะถูกใช้ในกิจกรรมที่มีความหนักต่ำถึงปานกลางเช่น เดิน วิ่งเหยาะ และวิ่งที่มีความเร็วต่ำกว่าความเร็วสูงสุด ในทางตรงกันข้าม ระบบเอทีพี-ซีพี และ ระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสจะถูกใช้ในช่วงของกิจกรรมที่มีความหนักสูง

เรลลี และคณะ (Reilly et al., 1990) กล่าวว่า นักกีฬาฟุตบอลจะมีอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate) เฉลี่ยอยู่ที่ 157 ครั้งต่อนาที หรือ ประมาณ 85 – 98 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate) ในขณะทำการแข่งขันฟุตบอล และมีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2max) อยู่ที่ประมาณ 55 – 65 มิลลิลิตร ต่อ กิโลกรัม ต่อ นาที

แมทโควิค และคณะ (Matkovic et al., 1991) ได้กล่าวไว้ว่าการเคลื่อนไหวในเกมฟุตบอลประกอบด้วยการเคลื่อนไหวหลายลักษณะโดยส่วนใหญ่เป็นการเคลื่อนไหวระยะสั้นๆมากกว่าการเคลื่อนไหวระยะยาวเช่น การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดการกระโดดดังนั้น นักกีฬาจึงต้องการสมรรถภาพ

การทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนและแบบใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อไปพร้อมๆกันจะใช้พลังงานใดเป็นหลักขึ้นอยู่กับความหนักของการออกกำลังกาย

เคอเคนดอล (Kirkendall, 1993) กล่าวถึงการเคลื่อนไหวในกีฬาฟุตบอลไว้ว่าการเคลื่อนไหวในเกมฟุตบอลนั้นก็จะมีหลากหลายรูปแบบเช่น การเดินการกระโดด การพุ่งการวิ่งเหยาะ การกลับตัว การวิ่งไปวิ่งมา การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะสั้นๆ ซึ่งจะแตกต่างกันไปแล้วแต่ตำแหน่งการเล่น การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดในนักกีฬาฟุตบอลนั้นระยะทางจะอยู่ในช่วง 10-40 เมตรและระยะทางของการเคลื่อนไหวตลอดทั้งเกมการแข่งขันเฉลี่ยประมาณ 9 กิโลเมตรและแต่ละชนิดของการเคลื่อนไหวคิดเป็นร้อยละของระยะทางทั้งหมดจะประกอบด้วยการเดินร้อยละ 25 การวิ่งเหยาะๆร้อยละ 37 การวิ่งไปกลับร้อยละ 20 การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดร้อยละ 11 และการวิ่งถอยหลังร้อยละ 6 และการเคลื่อนไหวนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว และทิศทางทุกๆ 4 – 5 วินาที

วิลมอร์ และคอสทิล (Wilmore and Costill, 1994) กล่าวว่าในบางครั้งนักฟุตบอลจะต้องทำงานหนักเกินกว่า 30 วินาทีระบบฟอสฟาเจนไม่สามารถทำงานต่อได้ระบบไกลโคไลติกจึงต้องรับหน้าที่แทนในฐานะระบบพลังงานหลักทำให้เกิดผลเสียคือเกิดกรดแลคติกในกล้ามเนื้อเป็นสาเหตุทำให้นักกีฬาเมื่อยล้า ดังนั้นสมรรถภาพอนากาศนิยมจึงเป็นตัวกำหนดขีดความสามารถการทำงานของกล้ามเนื้อ

เรลลี (Reilly, 1996) กล่าวไว้ว่า พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานของการเคลื่อนไหวในกีฬาทุกประเภท และ ส่งเสริมให้นักกีฬามีความสามารถมากขึ้น ฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงซ้ำๆ ตลอดเวลา และต้องอาศัยความทนทานร่วมด้วย ดังนั้น การใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญ และจำเป็นตลอด 90 นาทีของการแข่งขัน

เอดเวิร์ดส (Edwards, 1997) กล่าวว่ากีฬาฟุตบอลเป็นเกมที่มีความต้องการสมรรถภาพทางด้านการใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนในขณะแข่งขันจะต้องใช้สมรรถภาพด้านไม่ใช้ออกซิเจนมากเช่น การวิ่งเข้ารับลูก การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด ซึ่งจะก่อให้เกิดการขาดออกซิเจน และเกิดกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ

เรลลี (Reilly, 1997) กล่าวว่า ฟุตบอลเป็นการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่องที่ประกอบด้วยกิจกรรมช่วงสั้นๆ ที่มีความหนักสูงสลับกับกิจกรรมช่วงยาวๆที่มีความหนักต่ำถึงปานกลาง ซึ่งบางครั้งอาจจะเกิด กรดแลคติกที่สูงในเลือด ในระหว่างแข่งขันแต่ช่วงของกิจกรรมที่มีความหนักต่ำจะช่วยให้เกิดการสลายของกรดแลคติกที่เกิดขึ้นนี้ โดยที่ในขณะแข่งขันฟุตบอลนั้น ประมาณ 75 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานทั้งหมดที่ร่างกายใช้มาจากระบบแบบแอโรบิกนอกจากนั้น ยังกล่าวอีกว่าระยะทางทั้งหมดของการเคลื่อนที่ในการแข่งขันฟุตบอลอยู่ในช่วงประมาณ 8 – 11 กิโลเมตร โดย

ประกอบด้วยระยะทางในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ดังนี้ การเดิน (Walking) 25% การวิ่งเหยาะ (Jogging) 37% การวิ่งที่ต่ำกว่าความเร็วสูงสุด (Running below top speed) 20% การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด (Sprinting) 11% และการวิ่งถอยหลัง (Running backward) 7% และกล่าวอีกว่าอัตราส่วนระหว่างช่วงเวลาของกิจกรรมที่มีความหนักสูงและกิจกรรมที่มีความหนักต่ำจะอยู่ที่ประมาณ 1: 7 ของเวลาในการปฏิบัติกิจกรรม

ดรัสท์ และคณะ (Drust et al., 2000) กล่าวว่า ในการแข่งขันฟุตบอลนั้น ถึงแม้ว่าการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูงจะเกิดขึ้นประมาณ 11% ของระยะทั้งทั้งหมด แต่ก็เป็นปัจจัยสำคัญที่จะกำหนดผลการแข่งขันที่เกิดขึ้น

โอ'โดโนกิ และคณะ (O'Donoghue et al., 2002) กล่าวว่า 98% ของกิจกรรมที่มีความหนักสูงในการแข่งฟุตบอลจะใช้เวลาในการปฏิบัติแต่ละครั้งที่น้อยกว่า 10 วินาที ซึ่งจะใช้เวลาโดยเฉลี่ยจะประมาณ 2 – 3 วินาทีในแต่ละครั้ง นอกจากนั้นยังกล่าวอีกว่า อัตราส่วนของเวลาโดยเฉลี่ยระหว่างช่วงของกิจกรรมที่มีความหนักสูงกับช่วงของกิจกรรมที่มีความหนักต่ำอยู่ระหว่าง 1: 7 ถึง 1: 10 แต่อย่างไรก็ตามอัตราส่วนที่เกิดขึ้นนี้จะไม่คงที่ตลอดทั้งเกม

แบงโบ และคณะ (Bangbo et al., 2006) ในขณะแข่งขันฟุตบอลผู้เล่นจะกระทำกิจกรรมที่มีความหนักสูงในช่วงสั้นๆประมาณ 150 – 250 กิจกรรม ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีอัตราการใช้พลังงานจากระบบเอทีพี-ซีพี และไกลโคไลซิสที่สูงตลอดช่วงการแข่งขัน

เอดเวิร์ด และคณะ (Edward et al., 2003 อ้างถึงใน Proietti, 2007) ได้กล่าวว่า นักเตะที่มีระดับสมรรถภาพทางกายที่สูงจะสามารถปฏิบัติทักษะที่มีประสิทธิภาพได้บ่อยครั้ง และ สามารถรักษาระดับของทักษะที่มีประสิทธิภาพนั้นได้ตลอดทั้งเกมการแข่งขัน

แรมพินินี และคณะ (Rampinini et al., 2009) พบว่า ตลอดช่วง 90 นาทีของการแข่งขันนักฟุตบอลจะมีการเคลื่อนที่ทั้ง แบบตัวเปล่า และ พร้อมกับลูกบอล ในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ การวิ่งด้วยความเร็วสูง (High-intensity running) การวิ่งเหยาะ (Jogging) การเดิน (Walking) การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด (Sprinting) การเลี้ยงบอล (Dribbling) การโหม่ง (Heading) การส่งบอล (Passing) การยิงประตู (Shooting) ซึ่งรูปแบบของการเคลื่อนไหวทั้งหมดนี้ต้องใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic energy) และ พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic energy) สลับกันตลอดทั้งการแข่งขัน

ทอมป์สัน และคณะ (Thompson et al., 1999, 2001อ้างถึงใน Proietti 2007) ที่ว่า ฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีการเคลื่อนไหวแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent activity) ที่มีการปฏิบัติกิจกรรมทางกายจากพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ร่วมกับ กิจกรรมทางกายจากพลังงานแบบใช้ออกซิเจน ตลอดทั้งเกมการแข่งขัน

แบรดเลย์ (Bradley, 2009) กล่าวว่า ในระหว่างเวลาของการแข่งขันฟุตบอลทั้งหมด 90 นาที ผู้เล่นจะปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักต่ำ 91% ของเวลาทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย การยืน (Standing) 5.6% การเดิน (Walking) 59.3% และการวิ่งเหยาะ (Jogging) 26.1% และปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูงอีก 9% ของ เวลาทั้งหมด ซึ่งประกอบไปด้วย การวิ่ง(Running) 6.4% การวิ่งเร็ว (High-speed running) 2% และการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด (Sprinting) 0.6% โดยจะเกิดกิจกรรมที่มีความหนักสูงสลับกับกิจกรรมที่มีความหนักต่ำโดยเฉลี่ยทุกๆ 72 วินาที

เดลลอล และคณะ (Dellal et al., 2010) กล่าวว่า ในระหว่างแข่งขันฟุตบอล ผู้เล่นคนหนึ่งจะครอบครองบอลคิดเป็น 2% ของระยะในการเคลื่อนที่ทั้งหมดตลอดทั้งเกม

มอร์ และคณะ (Mohr et al., 2003 อ้างถึงใน Ongnach et al., 2010) กล่าวว่า ระยะเวลาเฉลี่ยในการปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูงแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 2 – 4 วินาที และจะเกิดขึ้นภายในทุกๆ 1 – 90 วินาที ตลอดทั้งเกมการแข่งขัน

จากสรีรวิทยาของร่างกายในระหว่างการแข่งขันฟุตบอลสามารถสรุปได้ว่า ฟุตบอลนั้นเป็นกีฬาที่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหวแบบไม่ต่อเนื่องตลอดช่วงของการแข่งขัน ซึ่งในระหว่างแข่งขันฟุตบอลนั้นมีกิจกรรมต่างๆมากกว่า 1,000 ครั้ง ซึ่งจะมีการเปลี่ยนกิจกรรมทุก 5 – 6 วินาทีโดยเป็นกิจกรรมสั้นๆที่มีความหนักสูง และกิจกรรมที่มีความหนักปานกลางถึงต่ำร่วมกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในระหว่างแข่งขันฟุตบอลนั้นมีการใช้พลังงานจากระบบเอทีพี-ซีพี ระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส และระบบแอโรบิกร่วมกันตลอดทั้งการแข่งขัน นอกจากนั้นระยะทางทั้งหมดในการเคลื่อนที่ระหว่างแข่งขันฟุตบอลนั้นอยู่ในช่วงประมาณ 8 – 11 กิโลเมตร โดยจะประกอบด้วยการเคลื่อนไหวต่างๆ ได้แก่ การวิ่งด้วยความเร็วสูง การวิ่งเหยาะ การเดิน การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด การวิ่งถอยหลัง การเลี้ยงบอล การโหม่ง การส่งบอล การยิงประตู โดยที่ระยะเวลาเฉลี่ยในการปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูงเช่น การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด แต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 2 – 4 วินาที ซึ่งจะเกิดสลับกับกิจกรรมที่มีความหนักต่ำ เช่น การเดิน การวิ่งเหยาะ ในอัตราส่วน 1: 7 – 1: 20 ของเวลาในการปฏิบัติกิจกรรม (สูง : ต่ำ) และในระหว่างแข่งขันนักฟุตบอลคนหนึ่งจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับลูกฟุตบอลโดยรวมแค่ 2% ของระยะทางที่เคลื่อนที่ทั้งหมด หรือ ประมาณ 55 – 75 วินาที จากระยะเวลาทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเคลื่อนที่ตัวเปล่านั้นเป็นการเคลื่อนที่ส่วนใหญ่และมีความสำคัญในการแข่งขันฟุตบอล

2.4 หลักของการฝึกสมรรถภาพทางกาย (Principles of physical training)

ฮอว์ลีย์ และเบิร์ก (Hawley and Burke, 1998) เสนอแนะว่า การออกแบบโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกาย ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบดังนี้

1.) การใช้ความหนักมากกว่าปกติแบบก้าวหน้า (Progressive overload)

หลักการใช้ความหนักมากกว่าปกติ (Overload principle) เป็นลักษณะของการใช้ระบบร่างกายมากกว่าสภาวะปกติอย่างเป็นประจำ เป็นผลให้เกิดการตอบสนองและการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะกดดันที่เกิดขึ้น หลักการของการใช้ความหนักมากกว่าปกติแบบก้าวหน้าเป็นสภาวะเมื่อนักกีฬามีการปรับตัวให้เข้ากับความหนักที่ใช้ในการฝึกได้แล้ว จะต้องมีการเพิ่มความหนักของการฝึกเพื่อให้ร่างกายมีการปรับตัวที่เพิ่มขึ้นต่อไป การใช้ความหนักมากกว่าปกติสามารถกำหนดโดยใช้ ปริมาณของการฝึก (Volume of training), ความหนักของการฝึก (Intensity of training), ความถี่ของการฝึก (Frequency of training) และ การพัก (Recovery)

2.) การฝึกแบบเฉพาะเจาะจง (Training specificity)

การฝึกสำหรับแต่ละกีฬาจะส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อสมรรถภาพของกิจกรรมอื่น ดังนั้นการใช้รูปแบบในการฝึกที่ใกล้เคียงกับที่ใช้ในการแข่งขัน จะส่งผลที่ดีกว่าต่อสมรรถภาพที่แสดงออกมา ด้วยเหตุนี้ สิ่งสำคัญของหลายโปรแกรมการฝึกควรจะคำนึงถึงการปรับตัวที่ต้องการได้รับจากการฝึกความเฉพาะเจาะจงของการฝึกเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในกีฬานั้นๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความชำนาญทางทักษะ การเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กัน (Coordinate movement) เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อสมรรถภาพที่เหนือกว่า การฝึกที่มีความเฉพาะเจาะจงกับชนิดกีฬาจะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพในกลุ่มกล้ามเนื้อหลักที่ใช้ในระหว่างการแข่งขัน หลักการฝึกที่เฉพาะเจาะจงควรปฏิบัติโดยคำนึงถึงความหนักหรือความเร็วที่นักกีฬาฝึก

3.) ความแตกต่างของแต่ละบุคคล และการถ่ายทอดทางพันธุกรรม (Individuality and the genetic ceiling)

หลักทั่วไปของการฝึกสมรรถภาพทางกายสามารถนำไปใช้กับนักกีฬาได้โดยรวม เนื่องจากการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อการกระตุ้นที่เจาะจงเป็นการคาดการณ์โดยส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตาม การตอบสนองที่แน่นอนของนักกีฬาหนึ่งคนต่อโปรแกรมอาจจะมีความแตกต่างอย่างมากจากนักกีฬาคนอื่น ขณะนี้มีหลักฐานสำคัญที่จะสนับสนุนแนวคิดสำหรับกีฬาที่ไม่ต้องอาศัยเทคนิค และใช้ทักษะไม่มาก เช่น การวิ่งแบบอดทน (Endurance running) ว่าประสิทธิภาพในการแสดงความสามารถนั้นเป็นสิ่งที่กำหนดโดยปัจจัยทางพันธุกรรม

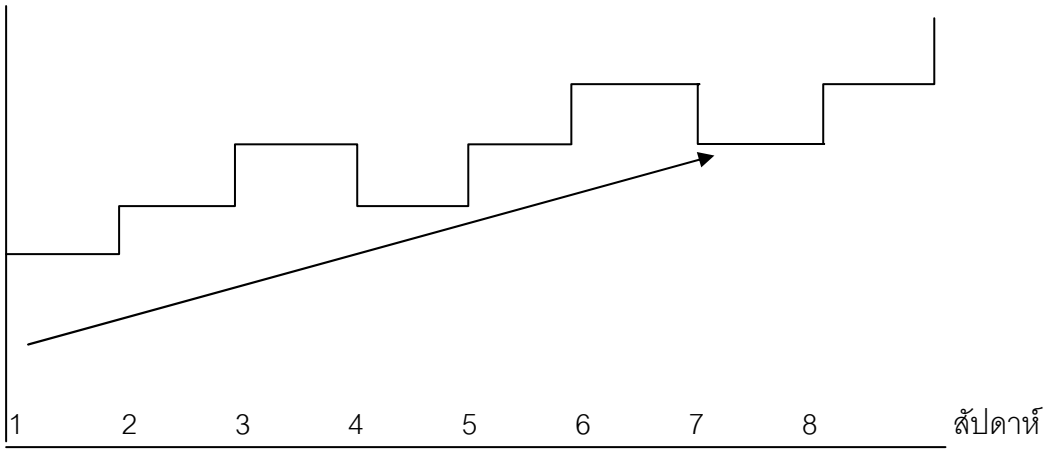
4.) การย้อนกลับ และการสูญเสียของการเปลี่ยนแปลงจากการฝึก: การลดการฝึก (Reversibility and loss of training-induced adaptation: detraining)

การย้อนกลับ เป็นหลักของการลดการฝึก หรือการสูญเสียของการเปลี่ยนแปลงจากการฝึกโดยในขณะที่มีการฝึกเป็นประจำ จะทำให้ร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลงที่หลากหลาย ซึ่งจะทำให้เกิดการพัฒนาของสมรรถภาพ ช่วงของการพัก หรือ การลดการฝึกลงจะทำให้ลดการตอบสนองที่เกิดขึ้นและนำไปสู่การลดลงของสมรรถภาพของร่างกาย

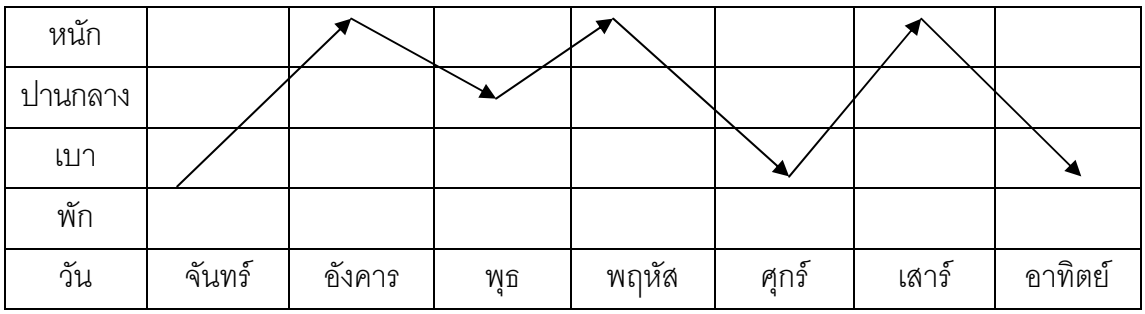
ทอมป์สัน (Thompson, 1991) ได้เสนอแนะ ความหนักของการฝึก การเพิ่มปริมาณการฝึกของนักกีฬาไว้ ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงความหนักของการฝึกของนักกีฬา

ความหนัก	เปอร์เซ็นต์ของความสามารถสูงสุด
ความหนักสูงสุด	95 – 100
ความหนักเกือบสูงสุด	85 – 94
ความหนักสูง	75 – 84
ความหนักปานกลาง	65 – 74
ความหนักเบา	50 – 64
ความหนักเบามาก	30 – 49



ภาพที่ 2 แสดงการเพิ่มปริมาณการฝึกในแต่ละสัปดาห์ของนักกีฬา (แหล่งที่มา: Thomson, 1991)



ภาพที่ 3 แสดงความหนักของการฝึกในรอบสัปดาห์ของนักกีฬา (แหล่งที่มา: Thomson, 1991)

จากหลักของการฝึกสมรรถภาพทางกายนั้นสามารถสรุปได้ว่า การฝึกสมรรถภาพทางกายนั้นมีหลักที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้

1.) การฝึกนั้นต้องใช้ความหนักที่กระตุ้นร่างกายให้ทำงานมากกว่าการทำงานของร่างกายในสภาวะปกติอย่างเป็นประจำเพื่อให้ร่างการมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะที่ใช้ฝึกนั้น และต้องมีการเพิ่มความหนักที่ใช้ฝึกเมื่อร่างกายสามารถปรับตัวเข้ากับสภาวะที่ใช้ฝึกนั้นได้แล้ว

2.) การฝึกต้องมีรูปแบบ และวิธีการที่ใกล้เคียงกับที่ใช้ในการแข่งขันจริง

3.) การฝึกเดียวกันอาจส่งผลต่อบุคคลแต่ละคนที่ต่างกัน ดังนั้นการออกแบบการฝึกต้องให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคล

4.) การหยุดฝึกจะทำให้การพัฒนาที่เกิดขึ้นจากการฝึกเสื่อมถอยลง ดังนั้นจึงต้องมีการฝึกเพื่อรักษาผลที่เกิดขึ้นจากฝึก

นอกจากนั้นในการเพิ่มความหนักของการฝึกต้องค่อยเป็นค่อยไปและมีการใช้ความหนักที่หลากหลายในการฝึกเพื่อที่จะให้ร่างกายมีพักฟื้นและปรับตัวจากการฝึกที่เกิดขึ้นและเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดภาวะการฝึกหนักเกินไป (Over training)

3. ระบบพลังงานในร่างกายและการใช้ระบบพลังงานขณะออกกำลังกาย

บีเคิล และ เอิร์ล (Baechle and Earle, 2000) กล่าวว่า เอทีพี (ATP)เป็นแหล่งให้พลังงานสำหรับการหดตัวของกล้ามเนื้อและทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เอทีพีถูกจัดอยู่ในพวกโมเลกุลที่ให้พลังงานสูงเพราะว่าสะสมพลังงานปริมาณมากในพันธะเคมีระหว่างหมู่ฟอสเฟส 2 กลุ่ม การสลายของพันธะเคมีนี้จะให้พลังงานเพื่อการขับเคลื่อนปฏิกิริยาต่างๆในร่างกายและเนื่องจาก เซลล์กล้ามเนื้อสะสม เอทีพีได้ในปริมาณที่จำกัด และการเกิดกิจกรรมของกล้ามเนื้อต้องได้รับเอทีพีที่สม่ำเสมอเพื่อให้พลังงานที่จำเป็นสำหรับการหดตัว กระบวนการสร้างเอทีพีจึงจำเป็นต้องมีอยู่ภายในเซลล์

ระบบพลังงานที่มีอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเพื่อการสร้างเอทีพีมี 3 ระบบ

1.) ระบบฟอสฟาเจน (Phosphagen system กระบวนการแอนแอโรบิกคือ เกิดขึ้นในขณะไม่มีออกซิเจน)

2.) ไกลโคไลซิส (Glycolysis) มีอยู่ 2 ประเภท คือ ฟาสท์ไกลโคไลซิส (Fast glycolysis) และ สโลว์ไกลโคไลซิส (Slow glycolysis)

3.) ระบบออกซิเดทีฟ (Oxidative system กระบวนการแอโรบิกคือ ต้องการออกซิเจน)

ใน 3 องค์ประกอบหลักของอาหาร ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน เฉพาะคาร์โบไฮเดรตเท่านั้นที่สามารถเผาพลาญให้เกิดพลังงานโดยปราศจากออกซิเจนได้ ระบบพลังงานทั้ง 3 ระบบมีการใช้งานในเวลาที่กำหนด อย่างไรก็ตาม ขอบเขตของแต่ละอันขึ้นอยู่กับความหนักของกิจกรรมเป็นหลัก และระยะเวลารองลงมา

1.) ระบบฟอสฟาเจน

ระบบฟอสฟาเจนจะให้ เอทีพีแรกเริ่มสำหรับกิจกรรมความหนักสูง ระยะเวลาสั้น (เช่น การฝึกด้วยน้ำหนัก,การเร่งความเร็วสูงสุด)และ การเคลื่อนไหวขณะเริ่มของทุกกิจกรรมโดยไม่คำนึงถึงความหนัก ระบบพลังงานนี้ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาทางเคมีของ เอทีพี (ATP) และครีเอตินฟอสเฟท (Creatine phosphate) ตลอดจนเอนไซม์ไมโอซิน เอทีพีเอส (Myosin ATPase) ที่เป็นตัวเร่งการสลายตัวของ เอทีพีเป็นเอดีพี (ADP) และ ฟอสเฟท (Phosphate) แล้วปล่อยพลังงาน รวมถึงครีเอติน ครีเนส (Creatine kinase)ที่เป็นตัวเร่งการสังเคราะห์เอทีพีจาก เอดีพีและ ครีเอตินฟอสเฟทโดยที่ ครีเอตินฟอสเฟทให้ ฟอสเฟทไปรวมกับ เอดีพี เป็น เอทีพี

$$ATP \xrightarrow{\text{Myosin ATPase}} ADP + Pi + Energy$$

$$ADP + \text{Creatine phosphate} \xrightarrow{\text{Creatine kinase}} ATP + \text{Creatine}$$

ภาพที่ 4 แสดงการปฏิกิริยาในการให้พลังงานของเอทีพี และ ซีพี (แหล่งที่มา: Baechle and Earle, 2000)

ปฏิกิริยานี้ให้พลังงานอัตราที่สูง อย่างไรก็ตาม เพราะว่า เอทีพี และครีเอตินฟอสเฟทเก็บสะสมในกล้ามเนื้อได้ในปริมาณที่น้อย โดยที่เอทีพีประมาณ 5 มิลลิโมลและครีเอตินฟอสเฟทประมาณ 16 มิลลิโมลจะสะสมอยู่ในแต่ละกิโลกรัมของกล้ามเนื้อ ระบบฟอสฟาเจนจึงไม่สามารถให้พลังงานได้ต่อเนื่องสำหรับกิจกรรมที่มีระยะเวลานาน โดยที่ครีเอตินฟอสเฟตจะมีการ

ลดลงอย่างเห็นได้ชัดหลังจาก 5 วินาทีของการออกกำลังกายด้วยความหนักสูง ทำให้ร่ายกายต้องนำระบบไกลโคไลซิสเข้ามาช่วยในการสร้างเอทีพีควบคู่กับระบบฟอสฟาเจนต่อไป

2.) ระบบไกลโคไลซิส

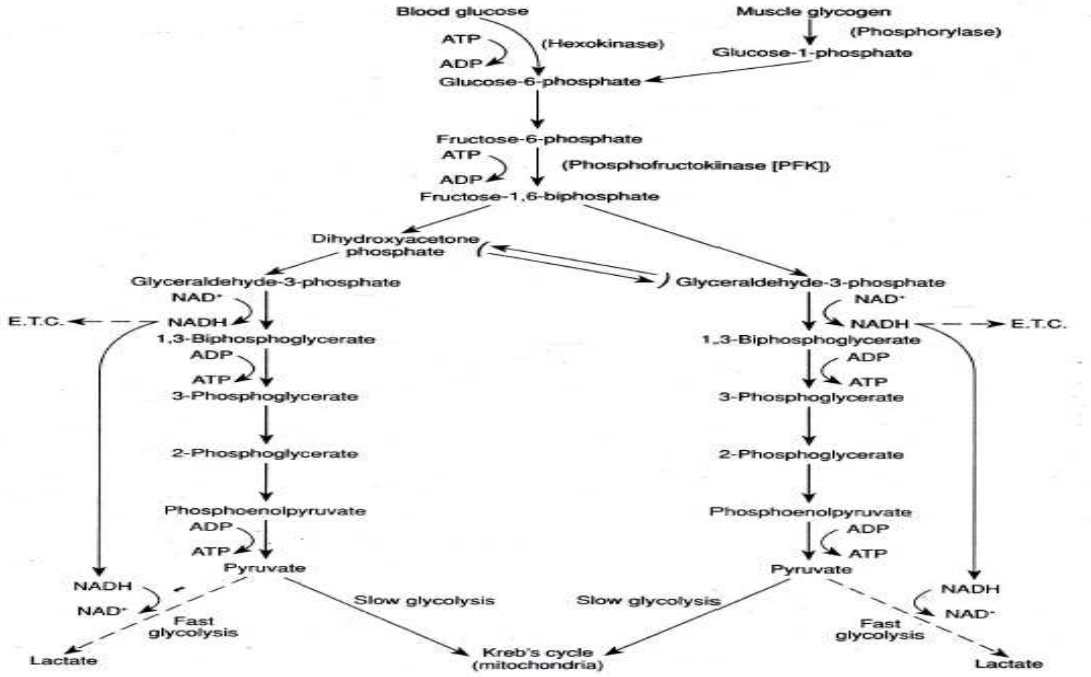
ไกลโคไลซิสเป็นการสลายคาร์โบไฮเดรต ซึ่งอยู่ในรูปของไกลโคเจนสะสมในกล้ามเนื้อ หรือ กลูโคสในเลือดเพื่อสร้างเอทีพี กระบวนการของไกลโคไลซิสเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาที่ถูกกระตุ้นโดยเอนไซม์ 9 ปฏิกิริยา

เอนไซม์สำหรับไกลโคไลซิสอยู่ในไซโตพลาสซึมของเซลล์ (ในเซลล์กล้ามเนื้อเรียกว่า สาโคพลาสซึม) ระบบไกลโคไลซิสเป็นส่วนเสริมของพลังงานจากระบบฟอสฟาเจนที่ใช้ในกิจกรรมของกล้ามเนื้อที่มีความหนักสูงระบบไกลโคไลซิสแบ่งเป็น ฟาสท์ไกลโคไลซิส (Fast glycolysis) และสโลว์ไกลโคไลซิส (Slow glycolysis) ในขณะเป็นฟาสท์ไกลโคไลซิส ไพรูเวทจะเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติกและให้พลังงานด้วยอัตราที่เร็วกว่าเมื่อเทียบกับสโลว์ไกลโคไลซิส ซึ่งไพรูเวทจะเข้าสู่ไมโทคอนเดรียเพื่อใช้ในระบบออกซิเดทีฟต่อไป (ฟาสท์ไกลโคไลซิสทั่วไปเรียกว่าแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส ส่วนสโลว์ไกลโคไลซิส เรียกว่า แอโรบิกไกลโคไลซิสเนื่องจากผลลัพธ์สุดท้ายของไพรูเวท)

อย่างไรก็ตามผลของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่เกิดขึ้นถูกควบคุมโดยความต้องการพลังงานภายในเซลล์ ถ้าความต้องการพลังงานมีอัตราสูงเช่นขณะฝึกด้วยแรงต้าน ฟาสท์ไกลโคไลซิสจะถูกใช้เป็นหลัก ถ้าความต้องการของพลังงานไม่สูงและออกซิเจนในเซลล์มีปริมาณเพียงพอสโลว์ไกลโคไลซิสจะถูกใช้งาน

ฟาสท์ไกลโคไลซิส เกิดขึ้นในช่วงที่มีการใช้ออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อลดลง และเป็นผลให้เกิดการสร้างกรดแลคติก โดยความล้าของกล้ามเนื้อที่มากขึ้นขณะออกกำลังกายมีความเชื่อมโยงกับความเข้มข้นของกรดแลคติกที่สูงในเนื้อเยื่อ และกรดแลคติกที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อเป็นผลให้เกิดความไม่สมดุลระหว่างผลผลิตและการใช้งาน

สโลว์ไกลโคไลซิส เกิดขึ้นได้เมื่อออกซิเจนในไมโทคอนเดรีย (เซลล์ที่เกิดปฏิกิริยาการเผาพลาญแบบแอโรบิก) มีปริมาณเพียงพอไพรูเวทที่เกิดจากระบบไกลโคไลซิสจะถูกส่งไปที่ไมโทคอนเดรียแทนการเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก ระบบไกลโคไลซิสจะสร้างเอทีพีจากกลูโคสได้ 2 โมเลกุล และจากไกลโคเจนได้ 3 โมเลกุล



ภาพที่ 5 แสดงปฏิกิริยาการสร้างพลังงานแบบไกลโคไลซิส (แหล่งที่มา: Baechle and Earle, 2000)

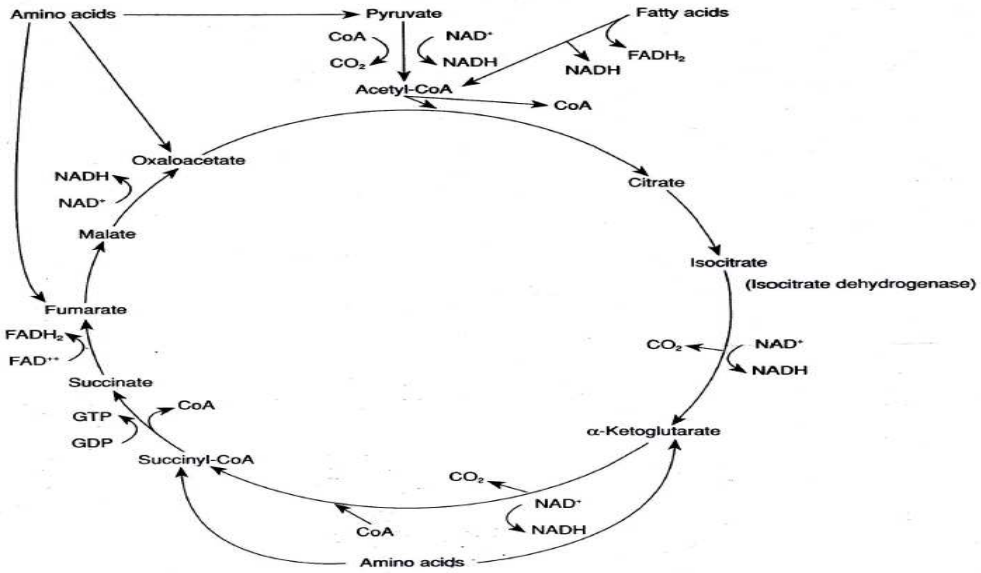
3.) ระบบออกซิเดทีฟ (แอโรบิก)

ระบบออกซิเดทีฟใช้คาร์โบไฮเดรต และไขมันเป็นสารตั้งต้นหลัก ส่วนโปรตีนจะถูกใช้ในการเผาพลาญเมื่อมีการอดอาหารเป็นเวลานานและออกกำลังกายในระยะเวลาที่นาน (มากกว่า 90 นาที) ในขณะที่ร่างกายพัก 70 เปอร์เซ็นต์ ของการสร้างเอทีพี ได้รับจากไขมัน และ 30 เปอร์เซ็นต์ ได้รับจากคาร์โบไฮเดรต ต่อมาเมื่อร่างกายเริ่มต้นทำกิจกรรมต่างๆ จะมีการเปลี่ยนของสารตั้งต้นจากไขมันไปเป็นคาร์โบไฮเดรตตามที่ความหนักที่เพิ่มขึ้นของการออกกำลังกาย เพราะคาร์โบไฮเดรตเป็นเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพมากและเป็นผลจากการกระตุ้นของฮอร์โมน

ในขณะที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิกด้วยความหนักสูง เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานได้รับจากคาร์โบไฮเดรต ถ้ามีการให้พลังงานที่เพียงพอ อย่างไรก็ตามขณะออกกำลังกายในระยะเวลาที่นาน โดยที่ความหนักต่ำกว่าสูงสุด และรักษาระดับให้คงที่ สารตั้งต้นในการพลังงานจะค่อยๆ เปลี่ยนจากคาร์โบไฮเดรตกลับไปเป็นไขมัน

การเผาพลาญพลังงานแบบออกซิเดทีฟของกลูโคสในเลือดและไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเริ่มต้นจากระบบไกลโคไลซิส โดยถ้าออกซิเจนมีปริมาณที่เพียงพอ ไพรูเวทที่เกิดจากไกลโคไลซิส จะไม่เปลี่ยนเป็นกรดแลคติก แต่จะถูกส่งไปที่ไมโดคอนเดรีย และเข้าสู่วัฏจักรเครบ (Krebs cycle) เพื่อสร้างเอทีพีต่อไป โดยการสลายกลูโคส 1 โมเลกุลจะได้พลังงาน 36 เอทีพี

ส่วนการเผาพลาญพลังงานของไขมันจะได้จากการสลายไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides) ที่อยู่ในเซลล์ไขมันทำให้ได้กรดไขมันอิสระ (Free fatty acids) เพื่อส่งไปที่ไมโทคอนเดรียด้วยกระบวนการเบต้าออกซิเดชั่น (Beta oxidation) ต่อมากรดไขมันอิสระจะสลายตัวเป็นอะซิทิล-โคเอ และเข้าสู่วัฏจักรเครบเพื่อสร้างเอทีพีต่อไป



ภาพที่ 6 แสดงปฏิกิริยาการสร้างพลังงานแบบออกซิเดทีฟ (แหล่งที่มา: Baechle and Earle, 2000)

นอกจากนี้ บีเคิล และเอิร์ล (Baechle and Earle, 2000) ได้สรุปการใช้ระบบพลังงานที่สำคัญขณะออกกำลังกายในแต่ละช่วงเวลาและความหนัก ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงถึงการใช้ระบบพลังงานที่สำคัญขณะออกกำลังกายในแต่ละช่วงเวลาและความหนัก

ระยะเวลา	**ความหนัก**	**ระบบพลังงานที่สำคัญ**
0 – 6 วินาที	เข้มข้นมาก	ฟอสฟาเจน
6 – 30 วินาที	เข้มข้น	ฟอสฟาเจน และ ฟาสท์ไกลโคไลซิส
30 วินาที – 2 นาที	หนัก	ฟาสท์ไกลโคไลซิส
2 – 3 นาที	ปานกลาง	ฟาสท์ไกลโคไลซิส และ ระบบออกซิเดทีฟ
> 3 นาที	เบา	ระบบออกซิเดทีฟ

วิลมอร์ และ คอสทิล (Wilmore and Costill, 1994) กล่าวว่า เอทีพี (ATP) โมเลกุลประกอบด้วยอะดีในซีนรวมกับอินออแกนิคฟอสเฟท (Pi) 3 หมู่ เมื่อถูกกระตุ้นโดยเอนไซม์เอทีพีเอส (ATPase) ฟอสเฟทตัวสุดท้ายจะแยกออกจากโมเลกุลของเอทีพพร้อมกับปล่อยพลังงานจำนวนมากออกมา ซึ่งเป็นการสลายเอทีพีไปเป็นเอดีพี (ADP) และ ฟอสเฟส (P)

กระบวนการสะสมพลังงานในรูปของเอทีพีจากแหล่งทางเคมีอื่น เรียกว่า ฟอสโฟรีเลชัน (Phosphorylation) โดยผ่านปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ โดยหมู่ฟอสเฟทเพิ่มพันธะไปเป็นสารประกอบพลังงานต่ำ เอดีพีเปลี่ยนไปเป็นเอทีพี เมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นโดยไม่มีออกซิเจนกระบวนการจะเรียกว่า การเผาพลาญแบบแอนแอโรบิก แต่เมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นโดยมีออกซิเจนกระบวนการทั้งหมดจะเรียกว่า การเผาพลาญแบบแอโรบิกและการเปลี่ยนเอดีพีไปเป็นเอทีพีจะเรียกว่า ออกซิเดทีฟฟอสโฟรีเลชัน (Oxidative phosphorylation)

การสร้างเอทีพีของเซลล์ มี 3 ระบบ

1.) ระบบเอทีพี-ซีพี (ATP-CP system)

2.) ระบบไกลโคไลติก (Glycolytic system)

3.) ระบบออกซิเดทีฟ (Oxidative system)

1.) ระบบเอทีพี-ซีพี (ATP-CP system)

ระบบพลังงานที่ง่ายที่สุด คือ ระบบเอทีพี-ซีพี นอกเหนือจากเอทีพี เซลล์ยังมีโมเลกุลฟอสเฟตที่ให้พลังงานสูงอื่นๆอีกที่เป็นการสะสมพลังงาน โมเลกุลนี้เรียกว่า ฟอสโฟครีเอติน (PCr) หรือ ครีเอตินฟอสเฟท (CP) ซึ่งไม่เหมือนกับเอทีพี การปล่อยพลังงานออกมาโดยการสลายฟอสโฟครีเอตินไม่ได้ใช้โดยตรงเพื่อการทำงานของเซลล์แต่จะเป็นการสร้างเอทีพีกลับมาใช้ใหม่ เพื่อรักษาระดับการให้พลังงานที่คงที่ การให้พลังงานจากฟอสโฟครีเอติน เป็นการกระตุ้นโดยเอนไซม์ครีเอติน คีเนส (Creatine kinase) โดยการแตกตัวของเฟสเฟทจากครีเอตินให้ไปรวมตัวกับเอดีพีเพื่อกลับมาเป็นเอทีพีอีกครั้ง ทั้งนี้พลังงานจะถูกปล่อยจากเอทีพีโดยการแยกตัวของหมู่ฟอสเฟท และเซลล์จะป้องกันการลดลงของเอทีพีโดยการสลายฟอสโฟครีเอตินเพื่อให้เกิดพลังงานในรูปแบบของเอทีพี กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และเสร็จสิ้นกระบวนการโดยไม่มีองค์ประกอบพิเศษใดๆภายในเซลล์ ถึงแม้ว่ากระบวนการนี้จะสามารถเกิดขึ้นได้ในสภาวะที่มีออกซิเจน แต่กระบวนการนี้ไม่จำเป็นต้องใช้ออกซิเจน ดังนั้นระบบเอทีพี-ซีพีจึงถือว่าเป็นแอนแอโรบิก ขณะช่วงแรกของกิจกรรมของกล้ามเนื้อที่มีความหนักสูง เช่น การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเอทีพีจะรักษาระดับอยู่คงที่แต่ระดับของฟอสโฟครีเอตินจะลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยถูกนำไปใช้ในการสร้างเอทีพีในขณะที่เมื่อยล้า ระดับของเอทีพีและฟอสโฟครีเอตินจะค่อนข้างต่ำ

และไม่สามารถให้พลังงานสำหรับการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อได้ ดังนั้น ความสามารถในการรักษาระดับเอทีพีด้วยพลังงานจากฟอสโฟครีเอตินมีข้อจำกัด โดยการะสะสมของเอทีพีและฟอสโฟครีเอตินในกล้ามเนื้อสามารถให้พลังงานแก่กล้ามเนื้อได้ประมาณ 3 – 5 วินาที ในขณะที่วิ่งด้วยความเร็วสูงสุด (Sprint) ซึ่งนอกเหนือจากตรงนี้ การใช้พลังงานของกล้ามเนื้อต้องขึ้นอยู่กับกระบวนการสร้างเอทีพีแบบอื่น คือ การเผาพลาญพลังงานแบบไกลโคไลติกและแบบออกซิเดทีฟ

2.) ระบบไกลโคไลติก (Glycolytic system)

วิธีการหนึ่งในการสร้างเอทีพีเกี่ยวกับการให้พลังงานด้วยการสลายกลูโคส ระบบนี้ถูกเรียกว่า ระบบไกลโคไลติกเพราะว่า เป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) ซึ่งเป็นการสลายกลูโคสด้วยเอนไซม์ไกลโคไลติกแบบพิเศษ กลูโคสที่มีอยู่ในร่างกายนั้นเกือบ 99 เปอร์เซ็นต์ของกลูโคสทั้งหมดไหลเวียนอยู่ในเลือด ซึ่งมาจากการย่อยคาร์โบไฮเดรตและสลายไกลโคเจนที่อยู่ในตับและกล้ามเนื้อ ไกลโคเจนนั้นสังเคราะห์มาจากกูลโคสด้วยกระบวนการที่เรียกว่า ไกลโคจีนีซิส (Glycogenesis) ไกลโคเจนจะถูกเก็บสะสมในตับหรือในกล้ามเนื้อ จนกระทั่งร่างกายต้องการพลังงาน เมื่อนั้นไกลโคเจนจะสลายเป็น กลูโคส หนึ่งฟอสเฟส (Glucose 1 phosphate) ผ่านกระบวนการไกลโคจีโนไลซิส (Glycogenolysis) ก่อนที่ทั้งกลูโคสหรือ ไกลโคเจน สามารถใช้ในการผลิตพลังงาน จะต้องเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่เรียกว่า กลูโคส หก ฟอสเฟท (Glocose 6 phosphate) ซึ่งการการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลกลูโคสนั้นต้องการพลังงานเอทีพี 1 โมเลกุล ส่วนในการเปลี่ยนแปลงของไกลโคเจนนั้น กลูโคส หก ฟอสเฟทจะได้จากกลูโคส หนึ่ง ฟอสเฟทรวมตัวกันซึ่งไม่ต้องใช้พลังงานจากเอทีพีในการเปลี่ยนแปลงไกลโคไลซิสจะเริ่มเมื่อมีกลูโคส หก ฟอสเฟท และขั้นสุดท้ายของไกลโคไลซิส จะได้กรดไพรูวิก กระบวนการนี้เป็นกระบวกการที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน แต่จะใช้ออกซิเจนเพื่อกำหนดผลที่เกิดขึ้นกับกรดไพรูวิกในกระบวนการไกลโคไลซิส โดยส่วนมากระบบไกลโคไลติก จะเป็นการกล่าวถึงแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส ซึ่งกรดไพรูวิกที่ได้จะเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกในท้ายที่สุด ระบบไกลโคไลติกจะมีความซับซ้อนกว่าระบบเอทีพี-ซีพีมาก โดยต้องใช้ 12 ปฏิกิริยาของเอนไซม์ในการสลายไกลโคเจนเป็นกรดแลคติก ซึ่งทั้งหมดจะเกิดขึ้นภายใน ไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) ของเซลล์ โดยที่การสลายไกลโคเจน 1 โมเลกุลจะได้เอทีพี 3 โมเลกุล และ สลายกูลโคส 1 โมเลกุลจะได้เอทีพี 2 โมเลกุล เนื่องจากในการเปลี่ยนกลูโคสไปเป็นกลูโคส หก ฟอสเฟท ระบบพลังงานทั้งเอทีพี-ซีพีและไกลโคไลติกให้พลังงานได้ต่อเนื่องในระยะเวลาไม่นาน ซึ่งเป็นข้อจำกัด แต่การทั้งสองระบบจะทำงานควบคู่กันโดยเป็นระบบที่สำคัญในการสร้างพลังงานแก่กล้ามเนื้อในการทำงานขณะที่ไม่มีออกซิเจนในช่วงแรกของการออกกำลังกายที่มีความหนักสูง อีกข้อจำกัดหนึ่งที่สำคัญของระบบไกลโคไลติกคือเกิดการ

สะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อและเลือดมากซึ่งเป็นผลมาจากการสร้างพลังงานโดยไม่ใช้ออกซิเจน โดยในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 1 หรือ 2 นาทีนั้นจะใช้พลังงานจากระบบไกลโคไลติกเป็นหลัก ทำให้เกิดกรดแลคติกสะสมในร่างกายสูงกว่าระดับปกติขณะพักเป็นอย่างมาก ซึ่งความเป็นกรดของเส้นใยกล้ามเนื้อจะไปยับยั้งการสลายของไกลโคเจนเนื่องจากระบบเอนไซม์ไกลโคไลติก เสื่อมประสิทธิภาพลง นอกจากนี้ยังส่งผลไปขัดขวางการหดตัวของกล้ามเนื้อด้วย

3.) ระบบออกซิเดทีฟ (Oxidative system)

เป็นระบบที่ซับซ้อนที่สุดใน 3 ระบบ โดยเป็นกระบวนการสร้างพลังงานโดยใช้ออกซิเจนจึงเรียกว่าเป็นกระบวนการแบบแอโรบิก การสร้างเอทีพีของระบบออกซิเดทีฟเกิดขึ้นภายในไมโทคอนเดรียและจะกระจายไปทั่วสาโคพลาสซึม (Sacroplasm) กล้ามเนื้อต้องได้รับพลังงานที่สม่ำเสมอเพื่อที่จะสร้างแรงได้อย่างต่อเนื่องระหว่างกิจกรรมที่มีระยะเวลานาน ซึ่งระบบแอโรบิกสามารถให้พลังงานได้มากไม่เหมือนกับระบบแอนแอโรบิก ดังนั้นการสร้างพลังงานแบบแอโรบิกจึงมีความสำคัญในขณะทำกิจกรรมที่ใช้ความอดทน ซึ่งจุดนี้พิจารณาโดยขึ้นอยู่กับความสามารถของร่างกายในการขนส่งออกซิเจนไปใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อ

โดยสรุปแล้วเอทีพีจะถูกสร้างโดยระบบพลังงาน 3 ระบบ คือ ระบบเอทีพี-ซีพี (ATP-CP system) ระบบไกลโคไลติก (Glycolytic system) และระบบออกซิเดทีฟ (Oxidative system) โดยในระบบเอทีพี-ซีพีนั้น ฟอสเฟทจะแยกจากครีเอตินฟอสเฟทโดยการกระตุ้นของครีเอตินครีเนส หลังจากนั้น ฟอสเฟทที่แยกออกมาจะไปรวมกับ เอดีพี แล้วกลายเป็น เอทีพี ระบบนี้เป็นแบบแอนแอโรบิก และหน้าที่สำคัญคือรักษาระดับของเอทีพี โดยครีเอตินฟอสเฟท 1 โมเลกุลจะได้เอทีพี 1 โมเลกุล ส่วนระบบไกลโคไลติกจะเกี่ยวกับกระบวนการแบบไกลโคไลซิสโดยการสลายกลูโคส หรือ ไกลโคเจนไปเป็นกรดไพรูวิกด้วยเอนไซม์ไกลโคไลติก และเมื่อไม่มีออกซิเจนกรดไพรูวิกจะเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติก โดยไกลโคเจน 1 โมเลกุล จะได้ เอทีพี 3 โมเลกุล และกลูโคส 1 โมเลกุล จะได้ เอทีพี 2 โมเลกุล ซึ่งระบบเอทีพี-ซีพีและระบบไกลโคไลติก เป็นระบบสำคัญที่ให้พลังงานในขณะเริ่มต้นของการออกกำลังกายที่มีความหนักสูง

บอมพา และคาร์เรร่า (Bompa and Carrera, 2005) กล่าวว่า พลังงานคือความสามารถในการปฏิบัติงาน ซึ่งงานในที่นี้คือการใช้แรง หรือการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดแรงสู้กับแรงต้าน พลังงานเป็นสิ่งที่ต้องการในการปฏิบัติกิจกรรมทางกายร่างกายจะได้รับพลังงานจากการที่เซลล์กล้ามเนื้อเปลี่ยนอาหารที่กินเข้าไปเป็นสารประกอบที่มีพลังงานสูง เรียกว่า อะดีโนซีนไตรฟอสเฟท (เอทีพี) ไปเก็บสะสมไว้ในเซลล์ของกล้ามเนื้อ และเมื่อร่างกายต้องการพลังงาน เซลล์กล้ามเนื้อจะสลายเอทีพีเป็น อะดีโนซีนไดฟอสเฟท (เอดีพี) และ ฟอสเฟท (พี) และ

ปล่อยพลังงานออกมา และการที่จะทำให้ร่างกายได้รับเอทีพีอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ร่างกายใช้พลังงานได้อย่างต่อเนื่อง เอดีพี จะต้องไปรวมกับโมเลกุลฟอสเฟทเพื่อที่จะกลับมาเป็นเอทีพีอีกครั้ง

พลังงานเป็นสิ่งที่ต้องการเพื่อใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ เมื่อทำการฝึกด้วยน้ำหนักหรือ ออกกำลังกายแบบแอโรบิก เซลล์กล้ามเนื้อจะปล่อยพลังงานด้วยการเปลี่ยนเอทีพีให้กลายเป็น เอดีพีและฟอสเฟท เมื่อกระบวนการนี้เกิดขึ้นพลังงานจะถูกปล่อยออกมา และการเคลื่อนไหวก็จะเกิดขึ้น แต่เนื่องจากร่างกายสะสมเอทีพีได้อย่างจำกัดจึงต้องมีการเติมเอทีพีอย่างต่อเนื่องเพื่อที่จะทำให้ร่างกายปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่อง ร่างกายสามารถเติมเอทีพีได้จากระบบพลังงาน 3 ระบบ ดังนี้

1.) ระบบแอนแอโรบิกแบบไม่มีแลคติก (Anaerobic alactic system) หรือ เอทีพี – ซีพี

กล้ามเนื้อสามารถเก็บสะสมเอทีพีได้ในปริมาณที่จำกัด ด้วยเหตุนี้พลังงานจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเราออกกำลังกายอย่างหนัก เมื่อเอทีพีในกล้ามเนื้อลดลงร่างกายจะมีการสลายครีเอตินฟอสเฟท ให้กลายเป็นครีเอตินและฟอสเฟท ครีเอตินฟอสเฟทจะสะสมอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อเหมือนกับ เอทีพี การเปลี่ยนของครีเอตินฟอสเฟทไปเป็นครีเอตินและฟอสเฟทจะไม่ได้ให้พลังงานสำหรับการหดตัวของกล้ามเนื้อได้ในทันที แต่ร่างกายจะได้พลังงานด้วยการสังเคราะห์เอทีพีจากการที่เอดีพีรวมตัวกับฟอสเฟทที่ได้จากการสลายครีเอตินฟอสเฟท และเนื่องจากครีเอตินฟอสเฟทสะสมในเซลล์กล้ามเนื้อได้อย่างจำกัด ระบบเอทีพี-ซีพีจึงสามารถให้พลังงานได้ในระยะเวลาสั้นๆจนถึงประมาณ 10 วินาที ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานของกิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวแบบแรงระเบิดและรวดเร็ว เช่น การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด การกระโดด การยกน้ำหนัก

2.) ระบบแอนแอโรบิกแบบมีกรดแลคติก (Anaerobic lactic system)

ในการที่ร่างกายปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูงเป็นระยะเวลานาน (ยาวนานถึง 40 วินาที) ในช่วง 8 ถึง 10 วินาทีแรกร่างกายจะใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกแบบไม่มีแลคติกเป็นหลัก และหลังจากช่วง 10 วินาทีระบบแอนแอโรบิกแบบมีแลคติกจะเข้ามามีบทบาทสำคัญในการให้พลังงาน ซึ่งระบบแอนแอโรบิกแบบมีแลคติกจะให้พลังงานโดยการสลายไกลโคเจน (รูปแบบของการสะสมกลูโคสในร่างกาย) ที่สะสมอยู่ในเซล์กล้ามเนื้อและตับ ซึ่งจะให้พลังงานด้วยการสังเคราะห์เอทีพีจากเอดีพีและฟอสเฟทในขณะที่ออกซิเจนไม่เพียงพอ ซึ่งผลที่เกิดจากการสลายไกลโคเจนโดยไม่มีออกซิเจนจะทำให้เกิดกรดแลคติกในกล้ามเนื้อขึ้นมา เมื่อเราออกกำลังกายที่มีความหนักสูงอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน จะทำให้มีการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อขึ้นเป็นจำนวนมาก เป็นให้ร่างกายเกิดความเมื่อยล้าและไม่สามารถรักษาระดับความหนักของกิจกรรมไว้ได้

3.) ระบบแอโรบิก (Aerobic system)

ระบบนี้ต้องการเวลาประมาณ 60 ถึง 80 วินาที เพื่อที่จะเริ่มสร้างพลังงานในการสังเคราะห์เอทีพี ไม่เหมือนกับระบบอื่นๆ ระบบนี้จะสังเคราะห์เอทีพีในขณะที่ร่างกายมีออกซิเจนเพียงพอโดยสามารถสังเคราะห์พลังงานจากการสลายไกลโคเจน ไขมันและโปรตีน ในการสังเคราะห์พลังงานนั้นร่างการต้องมีอัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้นอย่างเพียงพอที่จะส่งออกซิเจนในปริมาณที่ต้องการไปที่เซลล์กล้ามเนื้อ ไกลโคเจนเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้ในการสังเคราะห์เอทีพีทั้งระบบแอนแอโรบิกแบบมีแลคติกและระบบแอโรบิก

ระบบแอโรบิกนั้นจะเกิดกรดแลคติกในปริมาณที่น้อยหรือแทบไม่เกิดเลย ซึ่งเมื่อไม่มีกรดแลคติกร่างกายจึงสามารถที่จะออกกำลังกายได้อย่างต่อเนื่องในระยะเวลาที่นาน โดยที่ระบบแอโรบิกมีความสำคัญในการให้พลังงานสำหรับกิจกรรมตั้งแต่ 2 นาทีไปจนถึง 3 ชั่วโมง การออกกำลังกายที่มากกว่า 3 ชั่วโมงขึ้นไปอาจส่งผลให้ร่างกายสลายโปรตีนเพื่อให้พลังงานในขณะที่ระดับของไกลโคเจนในร่างกายลดลง การสลายไกลโคเจน ไขมัน หรือโปรตีนนั้นจะได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมาพร้อมกับพลังงาน ซึ่งจะขับออกจากร่างกายทางลมหายใจและเหงื่อ

มาร์เทนส์ (Martens, 2004) กล่าวว่า ร่างกายของเรามีระบบที่ให้พลังงานกล้ามเนื้ออยู่ 2 ระบบ คือ ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก และ ระบบพลังงานแบบแอโรบิก เมื่อเราเริ่มออกกำลังกาย หรือ เมื่อเรา ออกกำลังกายอย่างหนักร่างกายจะใช้ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก (ไม่ใช้ออกซิเจน) แต่ระบบนี้จะให้พลังงานได้อย่างจำกัด และเมื่อร่างกายต้องการพลังงานอย่างต่อเนื่องและมากขึ้น ระบบแอโรบิก (มีออกซิเจน) จะเริ่มทำงานในการให้พลังงาน แต่ระบบแอโรบิกจะต้องใช้เวลาประมาณ 2 -3 นาที เพื่อที่หัวใจและปอดได้นำออกซิเจนและเชื้อเพลิงไปสู่กล้ามเนื้อ ระบบแอโรบิกจะเป็นแหล่งพลังงานหลักให้แก่ร่างกาย ตราบเท่าที่ความต้องการพลังงานไม่สูงเกินไป แต่ถ้าร่างกายจำเป็นต้องใช้พลังงานที่สูง ระบบแอนแอโรบิกจะเข้ามาเป็นแหล่งพลังงานสำคัญในการให้พลังงาน ซึ่งระบบที่ทำงานแบบแอนแอโรบิกนั้นมี 2 ระบบ คือ

1.) ระบบเอทีพี-ซีพี

เอทีพีเป็นพลังงานเพียงอย่างเดียวของเซลล์ที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ เมื่อร่างกายจำเป็นต้องใช้พลังงานอย่างทันทีเพื่อสร้างพลัง หรือความเร็ว ร่างกายจะใช้เอทีพีที่สะสมอยู่ในเซลล์ของกล้ามเนื้อ ซึ่งเอทีพีที่ถูกใช้ไปจะถูกสร้างขึ้นใหม่จากครีเอตินฟอสเฟทโดยกระบวนการเชิงซ้อน แต่เซลล์กล้ามเนื้อจะสะสมเอทีพีและครีเอตินฟอสเฟทได้ประมาณ 80 ถึง 100 กรัม ซึ่งพอแค่ใช้ในการเดินประมาณ 1 นาที หรือ วิ่งด้วยความเร็วสูงสุดประมาณ 5 ถึง 6 วินาที เมื่อเอทีพีและครีเอตินฟอสเฟทลดลงกรดแลคติกซึ่งเป็นผลจากการสลายไกลโคเจนจะเริ่ม

สะสมในกล้ามเนื้อ นั้นเป็นสัญญาณบ่งบอกว่าระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสเข้ามามีส่วนช่วยในการให้พลังงาน

2.) ระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส

เมื่อเอทีพีลดลงและร่างกายต้องการพลังงานที่มาก ระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสจะมีบทบาทสำคัญในการสร้างเอทีพี โดยการเผาพลาญคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อและตับในรูปของไกลโคเจน หรือกลูโคสที่อยู่ในเลือด ไกลโคเจนเป็นกลุ่มโมเลกุลของกลูโคสที่มีพันธะร่วมกัน ส่วนไกลโคไลซิสเป็นกระบวนการทางเคมีในการสลายไกลโคเจนเป็นกลูโคส ดังนั้นแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส หมายถึง การสลายไกลโคเจนเป็นกลูโคสโดยไม่ใช้ออกซิเจน นอกจากนี้ไกลโคไลซิสยังสามารถเกิดได้ในขณะที่มีออกซิเจนเรียกว่า ไกลโคไลซิสแบบแอโรบิก (ระบบแอโรบิก)

แอนแอโรบิกไกลโคไลซิสจะให้พลังได้ 2 ถึง 3 เอทีพี และให้พลังงานได้เพียงแค่ 60 – 80 วินาทีเมื่อร่างกายออกกำลังกายอย่างหนัก โดยผลเสียที่เกิดจากแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสคือการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อที่มากซึ่งเกิดจากการที่ร่างกายสร้างพลังงานโดยไม่มีออกซิเจนส่วนไกลโคไลซิสแบบแอโรบิกจะให้พลังงานได้ 36 เอทีพี

3.) ระบบแอโรบิก

เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในการให้พลังงานในระยะเวลาที่นาน ระบบแอโรบิกจะให้พลังงานจากการเผาพลาญคาร์โบไฮเดรตและไขมันร่วมกับออกซิเจน เพื่อสร้างกลูโคสและเปลี่ยนไปเป็น เอทีพี คาร์โบไฮเดรตมีจำนวนจำกัดในร่างกายจึงให้พลังงานได้ประมาณ 1ถึง 2 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่ร่างกายต้องการในแต่ละวัน ส่วนไขมันเป็นแหล่งที่ให้พลังงานได้จำนวนมากจึงเป็นแหล่งพลังงานหลักของร่างกายในระบบแอโรบิก มีเพียงระบบแอโรบิกเท่านั้นที่ใช้ไขมันเพื่อให้พลังงานแก่ร่างกาย ตราบเท่าที่ยังมีออกซิเจนเพียงพอ ร่างกายจะเผาพลาญไขมันเป็นหลักและใช้คาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในรูปแบบของไกลโคเจน (ไกลโคไลซิสแบบแอโรบิก) เพียงเล็กน้อย ซึ่งนี้เป็นกลไกของร่างกายที่ต้องการรักษาไกลโคเจนไว้สำหรับกิจกรรมที่มีความหนักมาก ในทางกลับกันเมื่อระบบแอโรบิกใช้การเผาพลาญไขมันเพื่อให้พลังงานแก่ร่างกายนั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตเพื่อเปลี่ยนไขมันเป็นกลูโคส ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่ว่า ระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสรักษาการใช้คาร์โบไฮเดรตเพื่อการนี้ ไขมันนั้นให้พลังงานได้ 9 แคลลอรี่ต่อกรัม ซึ่งดีกว่าเมื่อเทียบกับคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานได้ 4 แคลลอรี่ต่อกรัม

โดยสรุปแล้วร่างกายมนุษย์มีระบบพลังงานอยู่ 3 ระบบ คือ ระบบเอทีพี-ซีพี จะให้พลังงานแก่ร่างกายได้ทันที จากเอทีพีที่สะสมอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อ และจะเป็นกระบวนการแบบแอโรบิกเมื่อระบบนี้สิ้นสุด ระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสจะเข้ามาให้พลังงานแก่ร่างกายแทน โดยจะให้

พลังงานได้ประมาณ 1 ถึง 3 นาทีจากการเผาพลาญคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในรูปของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อและตับ และจากกลูโคสในเลือด ผลเสียที่ได้จากระบบนี้จะเกิดกรดแลคติกขึ้นมา ซึ่งเป็นผลมาจากการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนทำให้เป็นข้อจำกัดในการให้พลังงานที่ต่อเนื่องแก่ร่างกาย ต่อมาระบบแอโรบิกจะเข้ามาให้พลังงานจากการเผาพลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรตโดยใช้ออกซิเจน ซึ่งจะให้พลังงานที่ทนทานและมีประสิทธิภาพแก่ร่างกาย

วิทยาลัยแพทย์เวชศาสตร์การกีฬาอเมริกัน (ACSM, 2006) กล่าวว่า พลังงานที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมทางกายมาจากการสลายอะดีโนซีนไตรฟอสเฟท หรือ เอทีพี ซึ่งเอทีพีที่สะสมอยู่ในร่างกายและสามารถใช้งานได้ในทันทีมีปริมาณจำกัดโดยจะใช้งานได้เพียง 5 –10 วินาที และเพื่อที่จะทำให้มีเอทีพีสำหรับให้พลังงานในการปฏิบัติกิจกรรมต่อไป ร่างกายจึงต้องมีการสังเคราะห์เอทีพีขึ้นมา การสังเคราะห์ เอทีพีเกิดขึ้นจากการทำงานรวมกันของกระบวนการแบบแอโรบิกและกระบวนการแบบแอนแอโรบิกโดยผ่าน 3 ระบบพลังงาน คือ ระบบอะดีโนซีนไตรฟอสเฟทและครีเอตินฟอสเฟท หรือ เอทีพี-ซีพีซึ่งเป็นกระบวนการแบบแอนแอโรบิก ระบบฟาสท์ไกลโคไลซิส หรือ แอนแอโรบิกไกลโคไลซิส และ ระบบออกซิเดชัน เป็นระบบแบบแอโรบิก โดยในขณะพักระบบแบบแอโรบิกจะเป็นระบบที่สำคัญในการให้พลังงานของร่างกาย เมื่อเพิ่มความหนักของการออกกำลังกายร่างกายจะเปลี่ยนไปใช้พลังงานจากระบบแบบแอนแอโรบิกเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญแทน

1.) ระบบเอทีพี-ซีพี

เป็นกระบวนการแบบแอนแอโรบิกที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มออกกำลังกายจนถึง 30 วินาที ระบบนี้จะให้พลังงานที่ร่างกายใช้ได้ทันที โดยการนำฟอสเฟทจากครีเอตินฟอสเฟทไปสังเคราะห์เอทีพี ซึ่งการยกน้ำหนัก หรือ การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะสั้น เป็นตัวอย่างของกิจกรรมที่ใช้ระบบเอทีพี-ซีพี ในการสร้างพลังงาน

2.) ระบบฟาสท์ไกลโคไลซิสหรือ แอนแอโรบิกไกลโคไลซิส

กระบวนการแบบแอนแอโรบิกที่ให้พลังงานตั้งแต่ 30 วินาที ถึง 3 นาที ซึ่งพลังงานโดยการสลายคาร์โบไฮเดรต (กลูโคส หรือ ไกลโคเจน) แบบไม่ใช้ออกซิเจนไปเป็นกรดแลคติก หรือไพรูเวท ซึ่งจะมีการสร้างกรดแลคติกขึ้นจากกระบวนการนี้ และเพราะว่าไพรูเวทสามารถเข้าไปมีส่วนร่วมในการสร้างเอทีพีในระบบแอโรบิก กระบวนการไกลโคไลซิสยังสามารถถูกพิจารณาเป็นจุดเริ่มต้นในระบบแอโรบิกในการสร้างเอทีพี ซึ่งการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะ 400 เมตร เป็นตัวอย่างของกิจกรรมที่ใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสในการสร้างเอทีพี

3.) ระบบออกซิเดชัน

กระบวนการแบบแอโรบิกเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญเมื่อร่างกายอยู่ในขณะพักตลอดจนเมื่อออกกำลังกายนานเกินกว่า 3 นาที

แมคอาร์เดิล และ คณะ (McArdle et al., 2007) กล่าวว่า ความแตกต่างของกิจกรรมทางกายนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลา และความหนักในการปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งจะเป็นตัวกระตุ้นการใช้ระบบพลังงานที่มีความเฉพาะเจาะจงทั้ง 3 ระบบพลังงาน ได้แก่ ระบบอะดีโนซีนไตรฟอสเฟท-ฟอสโฟครีเอติน (เอทีพี-ซีพีอาร์) ระบบกรดแลกติก และระบบแอโรบิก ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นระบบพลังงานที่สำคัญในการให้พลังงานตามระยะเวลาที่ต่างกันของกิจกรรมการออกกำลังกาย การใช้ระบบพลังงานในการให้พลังงานแก่ร่างกายนั้นจะความสัมพันธ์กับระยะเวลาและความหนักของการออกกำลังกาย โดยที่การออกกำลังกายที่ใช้พลังในช่วงสั้นๆ ระยะเวลาไม่เกิน 6 วินาที ร่างกายจะใช้พลังงานจากระบบเอทีพี-ซีพี ซึ่งให้พลังงานได้ในทันทีจากเอทีพี และ ฟอสโฟครีเอตินที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ นักกีฬาจำพวกที่ใช้พลังสูงในระยะสั้นเช่น นักวิ่งระยะสั้น นักยกน้ำหนัก นักฟุตบอล จำเป็นต้องฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถของพลังงานระบบนี้ ต่อมาในการออกกำลังกายที่ดำเนินต่อไปจนถึง 60 วินาที พลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในการออกกำลังกาย ยังคงใช้จากระบบแบบแอนแอโรบิก โดยพลังงานที่ได้จะเกิดจากปฏิกิริยาการเผาพลาญพลังงานของระบบพลังงานไกลโคไลติก ระยะสั้น (Glycolytic short-term energy system) ซึ่งจะทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกตามมา ซึ่งเป็นสาเหตุของความเมื่อยล้าของร่างกาย ต่อมาเมื่อระยะเวลาของการออกกำลังกายนานจนถึง 2 – 4 นาที และความหนักในการออกกำลังกายลดลง การใช้พลังงานจากระบบฟอสฟาเจนและไกลโคไลติกแบบแอนแอโรบิก จะลดลง และการสร้างพลังงานแบบแอโรบิกจะกลายมาเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกายแทน โดยการออกกำลังกายที่มีระยะเวลานาน ร่างกายจะใช้พลังงานจากระบบแอโรบิกเกือบ 99 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่ต้องการทั้งหมด

เฟล็ค และ เครเมอร์ (Fleck and Kramer, 2004) กล่าวว่า แหล่งพลังงานสุดท้ายที่ใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อ คือ โมเลกุลของอะดีโนซีน ไตรฟอสเฟส หรือ เอทีพี (Adenosine triphosphate or ATP) เมื่อเอทีพีแตกตัวออกเป็นอะดิโนซีนไดฟอสเฟท หรือ เอดีพี (Adenosine diphosphate or ADP) โมเลกุลฟอสเฟทอิสระ (Free phosphate molecule) และพลังงานที่ถูกปล่อยออกมาใช้ในการทำให้มัยโอซิน คลอสบริดจ์ (Myosin crossbridges) ดึงเส้นใยแอคติน (Actins filaments) ให้ประสานกับเส้นใยมัยโอซิน (Myosin filaments) ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ แหล่งพลังงานนี้แบ่งออกเป็นสามชนิดคือ

1.) แหล่งพลังงานเอทีพี-ซีพี(ATP-CP energy source)เอทีพีและซีพีสะสมไว้ในกล้ามเนื้อและพร้อมที่จะให้พลังงานได้ในทันที ในส่วนที่เป็นเอทีพี เมื่อแตกตัวเป็นเอดีพีโมเลกุลฟอสเฟสอิสระ และพลังงานที่ปล่อยออกมาใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อได้ในทันที ส่วนที่เป็นฟอสโฟครีเอทีน หรือ ซีพี(Phosphocreatine or CP) นั้น เมื่อแตกตัวเป็นครีเอทีน (Creatine) โมเลกุลฟอสเฟทอิสระ และพลังงานที่ปล่อยออกมา แต่ยังไม่สามารถใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อได้ต้องมีการรวมตัวกับเอดีพี และโมเลกุลฟอสเฟทอิสระกลับไปเป็นเอทีพีก่อน แล้วเอทีพีจะแตกตัวเป็นเอดีพี โมเลกุลฟอสเฟทอิสระ และพลังงานที่ปล่อยออกมาใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อต่อไป

เอทีพี และ ซีพี ที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อ และไม่ต้องการออกซิเจนมาช่วยในการปล่อยพลังงานออกมา จึงเรียกว่าเป็นแหล่งพลังงานแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic source of energy) แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณของเอทีพีและซีพีที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อนั้น มีปริมาณที่จำกัด ดังนั้นปริมาณของพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานนี้จึงมีความจำกัดไปด้วย สามารถให้พลังงานได้ในเวลา 30 วินาที หรือ น้อยกว่า แต่มีสิ่งที่เป็นข้อได้เปรียบจากแหล่งพลังงานนี้คือ สามารถนำพลังงานมาใช้ได้ในทันที และพลังงานนั้นเกิดขึ้นในปริมาณที่มากและในเวลาที่รวดเร็ว ดังนั้นแหล่งพลังงานนี้จึงใช้ในรูปแบบของพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาต่างๆ

ในการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานเอทีพี-ซีพีนั้น จะใช้ในสถานการณ์ที่นักกีฬาต้องเคลื่อนที่ด้วยความรวดเร็ว หรือออกแรงอย่างมากในเวลาอันสั้น เอทีพี-ซีพีก็จะหมดไป เมื่อมีการหยุดพักก็จะมีการสะสมเอทีพี-ซีพีไว้ในกล้ามเนื้ออีก ตามระยะเวลา ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงถึงปริมาณของเอทีพี– ซีพีที่สะสมได้ในตามระยะเวลาของการพัก

เวลาพัก	เอทีพี-ซีพีที่สะสมได้ (เปอร์เซ็นต์ของเอทีพี-ซีพีก่อนใช้)
20 วินาที	50
40 วินาที	75
60 วินาที	87
3-4 นาที	100

2.) แหล่งพลังงานกรดแลคติก (Lactic acid energy source)คาร์โบไฮเดรตจะถูกสะสมไว้ในกล้ามเนื้อในรูปของไกลโคเจน (Glycogen) ไกลโคเจนประกอบไปด้วยโมเลกุลของน้ำตาลที่เรียกว่า กลูโคส (Glucose) เมื่อโมเลกุลของกลูโคสแบ่งตัวออกเป็นสองส่วน ทำให้เกิดสารประกอบที่เรียกว่า ไพรูเวท (Pyruvate) และปล่อยพลังงานออกมา พลังงานที่ปล่อยออกมาจากโมเลกุลของกลูโคสแต่ละโมเลกุลจะได้ 2 โมเลกุลเอทีพี ส่วนไพรูเวทจะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดแลคติก กระบวนการนี้ไม่ต้องการออกซิเจนในการปล่อยพลังงานออกมา และเรียกกระบวนการทั้งหมดนี้ว่า แอนแอโรบิกไกลโคไลซิส (Anaerobic glycolysis)

กรดแลคติกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสนี้ จะถูกสะสมไว้ในเลือดและกล้ามเนื้อ ซึ่งมีผลข้างเคียงตามมาก็คือ ถ้ากรดแลคติกเกิดขึ้นมาก ก็จะมีผลต่อจุดเชื่อมระหว่างเส้นประสาทกับเส้นใยกล้ามเนื้อที่เป็นสาเหตุให้เกิดอาการปวดคล้ายเข็มแทง ในขณะเดียวกันภายในเซลล์กล้ามเนื้อจะมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งเป็นการรบกวนกระบวนการทางเคมีภายในเซลล์ รวมทั้งการผลิต เอทีพีอีกด้วย ดังนั้นปริมาณของพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานจึงมีความจำกัดอันเนื่องมาจากผลข้างเคียงของกรดแลคติกดังกล่าว

อย่างไรก็ตามพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานกรดแลคติกนี้ มีปริมาณมากกว่าที่ได้จากแหล่งพลังงานเอทีพี- ซีพี แต่ไม่สามารถให้พลังงานแก่กล้ามเนื้อในปริมาณที่มากและในเวลาที่รวดเร็วเหมือนกับแหล่งพลังงานเอทีพี-ซีพี ดังนั้น แหล่งพลังงานกรดแลคติกจึงเป็นแหล่งพลังงานหลักในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาที่ใช้เวลาประมาณ 1 ถึง 3 นาที

3.) แหล่งพลังงานออกซิเจน (Oxygen energy source) เป็นแหล่งพลังงานที่ต้องการออกซิเจนมาช่วยในการผลิตเอทีพี มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า แหล่งพลังงานแอโรบิก (Aerobic energy source) แหล่งพลังงานนี้เกิดจากการเผาพลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและไขมันโดยปกติในขณะพักนั้น ปริมาณเอทีพีทั้งหมดที่ร่างกายต้องการได้รับจากการเผาพลาญอาหารประเภทไขมันประมาณหนึ่งในสามและได้รับจากการเผาพลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตประมาณสองในสามเมื่อมีการออกกำลังกายจะมีการเผาพลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นเรื่อยๆในขณะที่มีการเผาพลาญอาหารประเภทไขมันลดลงเรื่อยๆเช่นกัน

การเผาพลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตโดยใช้ออกซิเจนอย่างนี้เริ่มต้นเหมือนกับกระบวนการแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส แต่เนื่องจากมีออกซิเจนอย่างเพียงพอ สารประกอบไพรูเวทที่เกิดขึ้นจึงไม่เปลี่ยนสภาพเป็นกรดแลคติก แต่จะเข้าไปในขั้นตอนของปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่าวัฏจักรเครบ (Kreb's cycle) และการขนส่งอิเล็คตรอน (Electron transport) ในขั้นสุดท้ายจะได้คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide) น้ำ (H2o) และ เอทีพี

ซึ่งไกลโคเจน 1 โมเลกุลจะได้เอทีพี 39 โมเลกุล ส่วนการเผาพลาญอาหารประเภทไขมันจะแตกต่างออกไป โดยจะเข้าไปในขั้นตอนของปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่า เบต้าออกซิเดชัน (Beta oxidation) และ เข้าสู่วัฏจักรเครบโดยตรง ในขั้นสุดท้ายจะได้ คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และเอทีพีเช่นเดียวกัน

ปริมาณของพลังงานที่ได้จากแหล่งพลังงานนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนที่ร่างกายได้รับและปริมาณของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา โดยทั่วไปจะใช้เป็นมิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงานอีกสองตัวแล้วแหล่งพลังงานออกซิเจนจะให้พลังงานต่อหน่วยเวลาได้น้อยที่สุด ดังนั้นแหล่งพลังงานออกซิเจนจึงเป็นแหล่งพลังงานหลักในสถานการณ์การแข่งขันที่ใช้ระยะเวลานาน ที่มีความหนักในระดับต่ำ และปริมาณที่ไม่จำกัดตราบเท่าที่ยังมีอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต และไขมันอยู่ในร่างกาย

ในเรื่องระบบพลังงานและการใช้พลังงานในขณะออกกำลังกายสามารถสรุปได้ว่า ในการออกกำลังกายหรือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆนั้น ร่างกายจะใช้พลังงานจากเอทีพีที่สร้างจากระบบพลังงานที่มีอยู่ในร่างกายตามความหนัก และระยะเวลาของกิจกรรมที่ร่างกายปฏิบัติอยู่ ซึ่งระบบพลังงานในร่างกายนั้นมีอยู่ 3 ระบบ ดังนี้

1.) ระบบฟอสฟาเจน หรือ ระบบเอทีพี-ซีพี

จะเป็นระบบหลักในการให้พลังงานแก่ร่างกายในช่วงเริ่มต้น (6 วินาทีแรก) ของกิจกรรมที่มีความหนักสูงโดยเป็นระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนหรือแอนแอโรบิก ซึ่งจะให้พลังงานจากเอทีพี และซีพีที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ และเนื่องจากเอทีพี และ ซีพีที่สะสมในกล้ามเนื้อนั้นมีจำนวนจำกัด จึงทำให้ระบบฟอสฟาเจนไม่สามารถให้พลังงานได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานได้

2.) ระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส หรือ ระบบฟาสท์ไกลโคไลติก

หลังจากช่วงเริ่มต้น (6 วินาทีแรก) ที่ร่างกายปฏิบัติกิจกรรมด้วยความหนักสูง เอทีพี และ ซีพีทีสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อจะลดลง จึงทำให้ร่างกายต้องมีการใช้พลังงานจากแหล่งอื่นเข้ามาช่วยเป็นพลังงานแก่กล้ามเนื้อในการปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูงต่อไป ระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสจึงเข้ามาทำงานร่วมกับระบบฟอสฟาเจนในการให้พลังงานร่างกาย จนเมื่อปฏิบัติกิจกรรมต่อเนื่องไปจนประมาณ 30 วินาที เอทีพี และ ซีพีที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อจะหมดลง จึงทำให้ระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส กลายเป็นระบบที่ให้พลังงานหลักแก่ร่างกาย โดยที่ให้พลังงานจากการสลายไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในตับและกล้ามเนื้อ และการสลายกลูโคสในเลือดโดยไม่ใช้

ออกซิเจนจึงทำให้ระบบนี้เป็นระบบพลังงานแบบ แอนแอโรบิก แต่เนื่องจากการสลายไกลโคเจนและกลูโคสแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพื่อให้พลังงานของระบบนี้จะทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้น จึงทำให้บางทีระบบนี้ถูกเรียกว่า “ระบบพลังงานแบบกรดแลคติก” ซึ่งกรดแลคติกที่เกิดขึ้นมานั้นจะสะสมในกล้ามเนื้อและส่งผลให้กล้ามเนื้อเกิดความเมื่อยล้าขึ้น เป็นผลให้ร่างกายต้องลดความหนักของกิจกรรมลง จึงทำให้ระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสไม่สามารถที่จะให้พลังงานในการปฏิบัติกิจกรรมได้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน

3.) ระบบแอโรบิก หรือ ระบบออกซิเดชัน

หลังจาก 2 นาทีของการออกกำลังกายหรือปฏิบัติกิจกรรมทางกายอย่างต่อเนื่อง ความหนักของกิจกรรมจะเริ่มลดลง เนื่องจากร่างกายมีกรดแลคติกสะสมเป็นจำนวนมากจากการสร้างพลังงานจากระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส และร่างกายมีอัตราการหายใจที่เพิ่มขึ้น ระบบแอโรบิกจะเข้ามามีส่วนร่วมในการสร้างพลังงานให้แก่ร่างกายร่วมกับระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส จนเมื่อการออกกำลังกายเข้าสู่นาทีที่ 3 ปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายได้รับจะเพียงพอ ระบบพลังงานแบบแอโรบิกจะกลายเป็นระบบในการสร้างพลังหลักร่างกาย ซึ่งระบบพลังงานแบบแอโรบิกจะให้พลังงานจากการสลายไกลโคเจนในตับและกล้ามเนื้อแบบมีออกซิเจน การสลายไขมัน การสลายโปรตีน ตามลำดับ ซึ่งการสร้างพลังงานแบบแอโรบิกนี้จะให้พลังงานจำนวนมาก จึงทำให้เป็นระบบที่ให้พลังงานได้ได้ในระยะเวลานาน โดยที่ความหนักของกิจกรรมไม่เพิ่มขึ้น

และเมื่อร่างกายหยุดพักจากกิจกรรมที่มีความหนักสูงจะใช้เวลาประมาณ 3 – 4 นาทีในการสังเคราะห์เอทีพี และ ซีพีมาสะสมไว้ในกล้ามเนื้อได้ในปริมาณเท่าเดิม

4. **ความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม** (Anaerobic performance)

4.1 **ความหมายและองค์ประกอบของความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม**

ความสามารถสูงสุดของร่างกายในการออกกำลังกายโดยใช้ระบบการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีองค์ประกอบในการวัดอยู่ 3 ส่วน คือ

1.) พลังแบบอนากาศนิยม (Anaerobic power)

หมายถึง ความสามารถสูงสุดที่กล้ามเนื้อทำงานโดยใช้ระบบพลังงานฉับพลัน (Immediate energy system) เป็นหลัก หรือเป็นค่าปริมาณงานสูงสุดที่ทำได้ในช่วง 3 – 5 วินาทีแรกของการทดสอบขณะที่ปราศจากการใช้ออกซิเจน เรียกว่า พลังสูงสุดที่แสดงออก (Peak power output) มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watts) (Lamb, 1984)

หมายถึง ความสามารถของการใช้ระบบฟอสฟาเจนในการสร้างพลังงาน ด้วยอัตราที่รวดเร็ว เนื่องจากความสามารถนี้โดยทั่วไปจะวัดภายในช่วง 5 วินาทีแรก (Adam, 1994)

หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะสังเคราะห์พลังงานในระบบฟอสฟาเจนหรือ ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกโดยไม่ใช้ออกซิเจน (Zacharogiannis et al., 2004)

2.) ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม (Anaerobic capacity)

หมายถึงความสามารถสูงสุดในการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจนในช่วงระยะเวลาสั้นๆโดยใช้พลังงานที่เก็บสะสมในกล้ามเนื้อเป็นหลัก (Medbo and Burgers, 1989)

หมายถึง ความสามารถในการรับพลังงานจากการทำงานร่วมกันของระบบฟอสฟาเจนและระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส (Adam, 1994)

หมายถึง ปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ได้รับจากระบบพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจน อันได้แก่ ระบบฟอสฟาเจน และระบบไกลโคไลซิส หรือ ระบบแลคติกของแต่ละคน (Zacharogiannis et al., 2004)

หมายถึง ความสามารถสูงสุดในการที่จะรักษาระดับการทำงานของกล้ามเนื้อให้คงอยู่ โดยใช้พลังงานจากระบบเอทีพี – ซีพี และระบบกรดแลคติก ซึ่งเป็นการใช้พลังงานแบบฉับพลัน และ การใช้พลังงานแบบระยะสั้น (Short – term energy system) จากไกลโคเจนที่เก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อเป็นหลัก ในขณะที่ปราศจากการใช้ออกซิเจน มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watts) (Lamb, 1984)

ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมหรือกำลังเฉลี่ยนั้นเป็นการแสดงถึงความสามารถในการใช้พลังงานแบบไกลโคไลติกซึ่งสมรรถภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนนี้เป็นองค์ประกอบสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งในกีฬาหลายๆประเภทโดยเฉพาะกีฬาที่มีการแข่งขันที่ใช้ความสามารถสูงสุดหรือกำลังความเร็วสูงสุดมีการทำงานซ้ำหลายๆเที่ยวเป็นระยะเวลานานเช่นฟุตบอลบาสเกตบอลรักบี้ฟุตบอลเทนนิสเป็นต้น (McArdle et al., 2007)

3.) ดัชนีความล้า (Fatigue index)

เป็นตัวที่บ่งบอกถึงความล้าของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นหลังจากการทำงานหนักแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยที่ ถ้าดัชนีความล้ามีค่ามากแสดงว่า กล้ามเนื้อมีความล้าสูงนั่น หมายถึง กล้ามเนื้อมีความอดทนต่อกรดแลคติกในระดับต่ำและในทางกลับกัน ถ้าดัชนีความล้ามีค่าน้อยแสดงว่ากล้ามเนื้อมีความล้าต่ำนั่น หมายถึง กล้ามเนื้อมีความอดทนต่อกรดแลคติกในระดับสูง (Zacharogiannis et al., 2004)

ในเรื่องความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม สามารถสรุปได้ว่า ความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยมเป็นความสามารถสูงสุดของร่างกายในการใช้พลังงานจากระบบสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการออกกำลังกาย หรือการปฏิบัติกิจกรรมทางกายต่างๆ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีองค์ประกอบในการทดสอบอยู่ 3 อย่าง ดังนี้

1. พลังแบบอนากาศนิยม คือ ความสามารถสูงสุดในการทำงานของกล้ามเนื้อโดยใช้พลังงานที่สร้างจากระบบฟอสฟาเจน ซึ่งโดยทั่วไปจะเกิดในช่วง 3 – 5 วินาทีแรกของการทดสอบ

2. ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม คือ ความสามารถสูงสุดในการรักษาระดับการทำงานของกล้ามเนื้อซึ่งใช้พลังงานที่สร้างจากทั้งระบบฟอสฟาเจนและระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสให้คงอยู่

3. ดัชนีความล้า คือ ค่าที่บ่งบอกถึงความอดทนของกล้ามเนื้อต่อกรดแลคติกที่เกิดภายหลังจากการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจนอย่างหนัก

4.2 การพัฒนาการทำงานของระบบแอนแอโรบิก

บีเคิล (Baechle,1994) ได้กล่าวถึงรูปแบบและวิธีการในการพัฒนาการทำงานของระบบแอนแอโรบิกไว้ว่า การฝึกแบบแอนแอโรบิกมีวิธีการและรูปแบบในการฝึกที่หลากหลาย การสปรินท์ การวิ่งขึ้นบันได พลัยโอเมตริก (กิจกรรมของวงจรเหยียดสั้น) และการไต่กำแพง เป็นแค่กิจกรรมการฝึกที่เล็กน้อยที่สามารถใช้ในวิธีการการออกกำลังการแบบแอนแอโรบิก การเผาพลาญแบบแอโรบิกมีความเกี่ยวข้องอย่างมากกับการฝึกแบบแอนแอโรบิก และมีอยู่ในกระบวนการฝึก รูปแบบของโปรแกรมถูกใช้โดยนักกีฬายกน้ำหนักโอลิมปิกเพื่อพัฒนาความแข็งแรง และพลังเป็นพวกแรก โปรแกรมรูปแบบอื่นสำหรับนักเพาะกาย และนักกีฬาประเภทอื่นๆ อาจจะมีลักษณะที่คล้ายกันในส่วนของการพัฒนาพลังแต่จะถูกออกแบบตอบสนองความต้องการของมวลกล้ามเนื้อ หรือ ทักษะของแต่ละกีฬา ดังนั้น เป้าหมายของการฝึกและวิธีการที่เฉพาะมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการฝึกด้วยแรงต้าน

โปรแกรมการฝึกแบบแอนแอโรบิกบางโปรแกรมให้ความสำคัญต่อระบบฟอสฟาเจน เช่น การสปรินท์การพลัยโอเมตริกเป็นรูปแบบทีมีระยะเวลาน้อยกว่า 10 วินาที และมีการพักอย่างเต็มที่ เช่น 5 ถึง 10 นาที ดังนั้นกรดแลคติกจะไม่เกิดการสะสมในปริมาณที่มาก และนักกีฬาสามารถปฏิบัติที่ความหนักสูงสุด การฝึกรูปแบบนี้จะเพิ่มความสามารถของความเร็วและพลังขึ้นอยู่กับการระดมระบบประสาทที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะต้องมีการพักฟื้นความเร็วและพลังไม่สามารถพัฒนาได้เมื่อนักกีฬาปฏิบัติทักษะในขณะที่เมื่อยล้า ดังนั้น บางช่วงของการฝึกต้องให้นักกีฬามีการพักอย่างเต็มที่ระหว่างชุดของการฝึกเพื่อจะได้มีประสิทธิภาพของระบบประสาทที่ดีที่สุด เช่น แบบฝึกเพิ่มความเร็วการกระตุ้นสูงสุด และปริมาณของการฝึก เช่น จำเป็นต้องมีการพักเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้การฝึกสัมฤทธิ์ผล ไม่เหมือนกับการฝึกที่ให้ความสำคัญต่อระบบฟอสฟาเจน การฝึกระบบไกลโคไลติก (การฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถของกลไกการปรับสมดุลกรดด่าง) มีช่วงการพักที่สั้น และการปฏิบัติที่ต่ำกว่าความเร็วและพลังสูงสุด การผสมผสานการเผาพลาญพลังงานทั้ง 2 ระบบเป็นสิ่งที่สำคัญที่จำเป็นในการฝึก เนื่องจากนักกีฬาต้องมีการปฏิบัติทักษะในสภาวะที่เมื่อยล้า ในขณะที่ทำการแข่งขันอย่างไรก็ตาม

การเผาพลาญพลังงานแต่ละอย่างจำเป็นต้องฝึกทีละอย่างเพื่อให้ได้ผลที่ดีที่สุด และทั้งสองอย่างจำเป็นต้องนำมารวมเข้ากับการฝึกที่เกี่ยวข้องกับกีฬาด้วย นี้เป็นเรื่องของการประยุกต์รวมของโปรแกรมการฝึกสำหรับนักกีฬา

ระบบแอโรบิกไม่เกี่ยวข้องกับการสนับสนุนกิจกรรมเกิดขึ้นในขณะฝึกแต่จะเกี่ยวข้องอย่างมากกับการสะสมพลังงานในขณะพัก ปริมาณของเอทีพีและครีเอตินฟอสเฟทที่สังเคราะห์จากแหล่งพลังงานทั้งหมดเป็นสิ่งสำคัญ ในการฝึกแบบสลับช่วง ระยะเวลาของการพักเป็นสิ่งสำคัญ ถ้าช่วงการพักมีเวลานาน เช่น (อัตราระหว่างช่วงการฝึกและช่วงการฝึกพักเป็น 1 ต่อ 12) ความเข้มข้นของกรดแลคติกจะต่ำ การเพิ่มของสโตรกโวลุม (Stroke volume) จะน้อย และ การเพิ่มของพลังแอโรบิก (Aerobic power) และ ความสามารถของการปรับสมดุลกรดด่าง (Buffer acid) จะไม่เกิด ในทางกลับกัน ถ้ามีช่วงการพักสั้น (1 ต่อ 1 หรือ 1 ต่อ 0.5) การเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงข้ามจะเกิดขึ้น ซึ่งเป็นไปได้ที่จะเสียการเพิ่มความเร็วที่ดีที่สุดไป ดังนั้น การฝึกแบบแอนแอโรบิกควรเริ่มจากการเคลื่อนไหวที่ใช้เวลาเพียงสั้นๆ ไปสู่กิจกรรมการฝึกที่ต้องการการเผาพลาญพลังงานมากขึ้น เช่นการสปรินท์แบบสลับช่วงพักสั้นๆ

วาเธน และ โรลล์ (Wathen and Roll, 1994) กล่าวว่า การฝึกแบบแอนแอโรบิก และกิจกรรมที่มีระยะเวลาน้อยกว่า 2 นาที จะเกี่ยวข้องกับการใช้ระบบฟอสฟาเจนและระบบกรดแลคติกในการให้พลังงาน โดยที่กิจกรรมที่ใช้ระยะเวลาน้อยกว่า 6 วินาทีจะใช้พลังงานส่วนใหญ่จากระบบฟอสฟาเจน ส่วนกิจกรรมที่มีระยะเวลาตั้งแต่ 30 – 90 วินาที จะใช้พลังงานส่วนใหญ่จากระบบกรดแลคติก ซึ่งระบบพลังงานทั้งสองนี้สามารถพัฒนาได้โดยใช้รูปแบบการฝึกแบบสลับช่วง ซึ่งสิ่งที่สำคัญที่จะต้องจำนั้น คือ ถึงแม้ว่าระบบพลังงานหนึ่งอาจจะเป็นระบบที่เป็นแหล่งสำคัญในการพลังงานในการทำกิจกรรมใดๆ แต่ระบบทั้งหมดจะถูกใช้ในการให้พลังงานอยู่ตลอดเวลา

บีเคิล และ เอิร์ล (Baechle and Earle, 2000) กล่าวว่า การเพิ่มของเอทีพีและครีเอทินฟอสเฟสเกิดขึ้นในกล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึกเท่านั้น และการฝึกแบบใช้พลังสูงสุดทำให้กล้ามเนื้อสามารถสะสมฟอสฟาเจนได้เพิ่มขึ้นอย่างมาก

ชาร์กกี และแกสสกิล (Sharkey and Gaskill, 2006) กล่าวว่า กีฬาที่ต้องใช้แรงสูงสุดหรือเกือบสูงสุด เช่น การยกน้ำหนัก, การสปรินท์พลังงานที่จำเป็นส่วนใหญ่จะใช้จากเอทีพีและซีพี ที่สะสมอยู่ในร่างกาย และจากการสลายไกลโคเจนโดยไม่ใช้ออกซิเจน การหดตัวของกล้ามเนื้อในระยะสั้นอย่างรุนแรงจะนำไปสู่การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและอาจจะเพิ่มเอนไซม์ในระบบเอทีพี – ซีพี ระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสจำเป็นในการแข่งขันตั้งแต่ระยะเวลาเริ่มต้น

กิจกรรมจนประมาณถึง 2 นาที ความพยายามในการฝึกระบบนี้ด้วยการใช้ความพยายามอย่างหนักเป็นเวลา 30 วินาทีสามารถเพิ่มความสามารถของกิจกรรมที่ใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสได้ 10 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ของการฝึกเพื่อเพิ่มสมรรถภาพยังไม่ชัดเจน อาจเป็นไปได้ที่การเพิ่มที่เกิดขึ้นจะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular) รวมถึงการเพิ่มความแข็งแรง ดังนั้นจึงสามารถสรุปประโยชน์ของการฝึกแบบแอนแอโรบิกว่าเป็นความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน และเนื่องจากการฝึกที่ใช้ความหนักสูงสามารถทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ เราจึงควรใช้ความหนักที่เหมาะสมในการฝึกแบบสลับช่วง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในนักกีฬาระดับเยาวชน นักกีฬาที่ใช้พลังและการสปรินท์จำเป็นต้องมีการฝึกแอนแอโรบิกที่เพียงพอ เพื่อเป็นพื้นฐานของสมรรถภาพ เพื่อป้องกันการบาดเจ็บและส่งเสริมประสิทธิภาพขณะใช้ความพยายามสูงสุด

พาวเวอร์ส และฮาวลีย์ (Powers and Howley, 2009) กล่าวว่า สถานการณ์ในการแข่งขันที่ใช้เวลาน้อยกว่า 6 วินาที จะใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิกเป็นสำคัญ โดยทั่วไปการฝึกเพื่อเพิ่มพลังแบบแอนแอโรบิกจำเป็นต้องเพิ่มสมรรถภาพของทั้งระบบเอทีพี-ซีพี และ ระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส (ระบบกรดแลคติก) อย่างไรก็ดี บางกิจกรรมต้องการการสนับสนุนของทั้งสองระบบในการให้พลังงานที่จำเป็นในการแข่งขัน นอกจากนั้น มันเป็นสิ่งที่สำคัญที่โปรแกรมการฝึกต้องมีกิจกรรมที่ใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเดียวกันกับที่นักกีฬาใช้ในขณะแข่งขัน

1.) การฝึกเพื่อปรับปรุงระบบเอทีพี-ซีพี

กีฬาเช่น ฟุตบอล, ยกน้ำหนัก และวิ่งระยะสั้น (100 เมตร) อาศัยระบบพลังงานเอทีพี-ซีพีในการให้พลังงานส่วนใหญ่ที่จำเป็นในการแข่งขัน ดังนั้น สมรรถภาพที่ดีที่สุดต้องการโปรแกรมการฝึกที่จะสร้างเอทีสูงสุดผ่านระบบเอทีพี-ซีพี การฝึกเพื่อเพิ่มระบบเอทีพี-ซีพี เกี่ยวข้องกับรูปแบบของการฝึกแบบสลับช่วง เพื่อให้เกิดการกระตุ้นการเผาพลาญพลังงานของระบบเอทีพี-ซีพีให้มากที่สุด การฝึกช่วงเวลาสั้นๆด้วยความหนักที่สูง (5-10 วินาที) โดยใช้กล้ามเนื้อเดียวกันกับที่ใช้ในการแข่งขันเป็นการฝึกที่เหมาะในการพัฒนาอย่างยิ่ง เนื่องจากช่วงระยะเวลาสั้นๆของการฝึกแบบสลับช่วง จะเกิดกรดแลคติกน้อยและการพักฟื้นจะทำได้เร็ว ซึ่งช่วงพักอาจจะมีระยะเวลาระหว่าง 30 – 60 วินาที ขึ้นอยู่กับระดับสมรรถภาพของนักกีฬา ตัวอย่างเช่น โปรแกรมการฝึกสำหรับนักกีฬาฟุตบอลอาจจะประกอบด้วยการวิ่ง 30 หลาซ้ำๆ (พร้อมด้วยการเปลี่ยนทิศทางที่หลากหลาย) ตามด้วยการพัก 30 วินาที โดยที่จำนวนครั้งต่อชุดอาจจะกำหนดโดยระดับสมรรถภาพของนักกีฬา ปัจจัยที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และ อาจพิจารณาจากอื่นๆ

2.) การฝึกเพื่อปรับปรุงระบบไกลโคไลติก

หลังจากประมาณ 10 วินาทีของการออกกำลังกายด้วยความหนักสูงจะมีการใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสมากขึ้น การเพิ่มสมรรถภาพของระบบพลังงานนี้นักกีฬาจะต้องใช้ระบบพลังงานนี้อย่างหนัก โดยการใช้ความพยายามที่ความหนักสูงในระยะสั้นโดยทั่วไป การฝึกสลับช่วงด้วยความหนักสูงเป็นระยะเวลา 20 ถึง 60 วินาที เป็นการใช้งานระบบพลังงานนี้อย่างหนัก การฝึกแอนแอโรบิกรูปแบบนี้ มีต้องใช้ความต้องการทั้งทางร่างกายและทางจิตใจ ดังนั้น นักกีฬาต้องมีความมุ่งมั่นสูงในการฝึก นอกจากนี้การฝึกรูปแบบนี้อาจทำให้ไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้นักกีฬามักจะทำการฝึกสลับช่วงอย่างหนักผลัดวันกับการฝึกเบาๆ

โดยสรุปแล้วการฝึกเพื่อเพิ่มพลังแบบแอนแอโรบิกจะใช้รูปแบบของการฝึกแบบสลับช่วง ซึ่งโดยทั่วไปช่วงการฝึกจะใช้ระยะเวลาสั้นๆด้วยความหนักที่สูง (ความพยายามเกือบสูงสุด)

ในเรื่องการพัฒนาการทำงานของระบบแอนแอโรบิกสามารถสรุปได้ ดังนี้ วิธีการพัฒนาการทำงานของระบบแอนแอโรบิกมีหลายรูปแบบ เช่น การฝึกแบบสลับช่วง การฝึกด้วยน้ำหนัก การฝึกความเร็ว การฝึกพลัยโอเมตริก การฝึกวิ่งแบบซ้ำๆเที่ยว ซึ่งการเลือกใช้หรือการออกแบบการฝึกต้องคำนึงถึงรูปแบบที่ใช้ในการแข่งขันจริงเป็นสำคัญ โดยที่การฝึกระบบฟอสฟาเจนนั้นจะใช้ระยะเวลาในช่วงฝึกสั้นๆ (น้อยกว่า 10 วินาที) และต้องให้มีการพักอย่างเต็มที่ (5 – 10 นาที) ส่วนการฝึกระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสจะใช้ระยะเวลาในการฝึกที่นานกว่า (20 – 60 วินาที) และมีระยะเวลาในการพักที่สั้นกว่าการฝึกระบบฟอสฟาเจน

5. **ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม** (Aerobic performance)

5.1 **ความหมายและองค์ประกอบของความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม**

ความสามารถสูงสุดของร่างกายในการออกกำลังกายโดยใช้ระบบการสร้างพลังงานแบบใช้ออกซิเจนนั้น ตัวแปรที่นิยมมาใช้ในการวัดความสามารถคือ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen uptake หรือ VO2max) โดยที่

ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) กล่าวไว้ว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด หมายถึง ปริมาณของออกซิเจน (มิลลิลิตร) ที่ร่างกายรับไปให้เซลล์ต่อนาที ซึ่งถูกกำหนดโดยปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงเนื้อเยื่อ และปริมาณของออกซิเจนที่แพร่จากเลือดเข้าสู่เนื้อเยื่อ หน่วยที่ใช้ในการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด คือ มิลลิลิตร ต่อกิโลกรัม ต่อ นาที แสดงถึงความสามารถในการใช้ออกซิเจนเป็นตัวบ่งชี้ของการทำหน้าที่ของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งในการผลิตพลังงานเพื่อใช้ในการออกกำลังกายได้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะ

เวลานาน โดยออกซิเจน จะรับการลำเลียงเข้าสู่เซลล์บริเวณไมโทคอนเดรีย และขบวนการนี้คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกขับออกจากร่างกาย ขณะที่ร่างกายออกกำลังกายอย่างหนักขึ้น ขบวนการขนถ่ายออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์จะทำงานเร็วขึ้น จนในที่สุดเซลล์และเนื้อเยื่อไม่สามารถสกัดและรับออกซิเจนมาใช้ได้อีกต่อไปแล้วถึงแม้ว่าความหนักของงานหรือการออกกำลังกายจะมีความหนักเพิ่มขึ้น เมื่อนั้นร่างกายก็ได้ออกกำลังกายที่ระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2max) ซึ่งสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะแตกต่างกันออกไปตามสถานะทางเพศ อายุ ขนาด รูปร่าง

พีระพงศ์ บุญศิริ (2532) อธิบายว่า ระบบหายใจกับการออกกำลังกาย คือ ความสัมพันธ์ระหว่างการนำเชื้อเพลิงเข้าไปช่วยสร้างพลังงานให้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งหมายถึงการที่สารอาหารต่างๆ ที่เป็นตัวทำให้เกิดพลังงานนั้นจะต้องอาศัยออกซิเจนเข้าไปช่วยในการเผาพลาญทำให้กลายเป็นพลังงาน และเมื่อมีการทำงานหรือการออกกำลังกายแล้วของเสียหรือสิ่งต่างๆ ที่เกิดจากการเผาพลาญสารอาหารจะต้องระบายออกจากเนื้อเยื่อต่างๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ กรดแลคติก อื่นๆ ระบบหายใจเป็นตัวสำคัญในการนำเข้าออกซิเจน และระบายของเสียออกจากร่างกาย

(ประพันธ์ กิ่งมิ่งแฮ, 2515 อ้างถึงใน พะเยาว์ ธนัญญากร, 2532) ได้กล่าวไว้ว่า พื้นฐานของสมรรถภาพทางกายด้านการทำงานของร่างกายแบบแอโรบิกที่สำคัญประการหนึ่ง คือ ความสามารถในการทำงานของระบบหายใจ และการไหลเวียนของโลหิต ซึ่งเป็นเครื่องชี้ที่แน่นอนว่าคนจะมีสมรรถภาพทางกายสูงหรือต่ำเพียงใด

วิทยาลัยแพทย์เวชศาสตร์การกีฬาอเมริกัน (ACSM, 2001) ให้กล่าวไว้ว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดหมายถึง ความสามารถสูงสุดของแต่ละบุคคลในการส่ง และ ใช้ออกซิเจนขณะที่การออกกำลังกายเพิ่มขึ้น เป็นตัวที่แสดงให้เห็นถึงสมรรถภาพทางกายของแต่ละบุคคล โดยที่คำย่อ VO2max มาจาก V คือ ปริมาตร ต่อ เวลา (Volume per time) O2 คือ ออกซิเจน (oxygen) max คือ สูงสุด(maximum) โดยที่ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีหน่วยจริง (absolute rate) เป็น ลิตร ต่อ นาที (l/min) หรือ หน่วยที่สัมพันธ์กับน้ำหนัก (relative rate) เป็น มิลลิลิตร ต่อ กิโลกรัม ต่อ นาที (ml/kg/min)

รีเบิร์น และเจนกินส์ (Reaburn and Jenkins, 1996) กล่าวว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นค่าของปริมาณออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายสามารถใช้ใน 1 นาที ต่อ น้ำหนักตัวของร่างกายใน 1 หน่วยกิโลกรัมขณะออกกำลังกายที่ระดับความหนักสูงสุด ซึ่งจะมีความแตกต่างกันระหว่างนักกีฬาแต่ละคน และชนิดกีฬา

โธเดน (Thoden, 1991) กล่าวว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด หมายถึง ปริมาณออกซิเจนสูงที่สุดต่อหน่วยเวลาที่ร่างกายสามารถดึงจากบรรยากาศ และขนส่งตามกระแสเลือดสู่เนื้อเยื่อ ในระหว่างที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายด้วยกล้ามเนื้อมัดใหญ่ต่อต้านความต้านทานที่เพิ่มขึ้น

ในเรื่องความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมสามารถสรุปได้ ดังนี้ ความสามารถในระบบหายใจและไหลเวียนโลหิตเป็นสิ่งที่สำคัญในการสร้างพลังงานแบบแอโรบิก เนื่องจากร่างกายต้องการนำออกซิเจนจากภายนอกเข้าสู่ร่างกายเพื่อใช้ในการสร้างพลังงาน ซึ่งโดยทั่วไปในการวัดความสามารถของร่างกายในการขนส่งออกซิเจนนั้นใช้ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นตัวกำหนด โดยที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด หมายถึง ความสามารถสูงสุดของร่างกายในการขนส่งออกซิเจนจากภายนอกเข้าสู่ร่างกายเพื่อไปใช้ในการผลิตพลังงานแบบแอโรบิก

5.2 การพัฒนาการทำงานของระบบแอโรบิก

วิภาวรรณ ลีลาสำราญ และ วุฒิชัย เพิ่มศิริวานิชย์ (2547) ได้กล่าวว่า การออกกำลังกายมีหลักสำคัญที่ต้องพิจารณาคือ ระดับความหนักของการออกกำลังกาย (Intensity) ระยะเวลาที่ออกกำลังกาย (Duration) ความถี่ของการออกำลังกาย (Frequency) อัตราการเพิ่มความหนัก (Progression) และชนิดของการออกกำลังกาย โดยคำนึงถึงเป้าหมายที่ต้องการ

สนธยา สีละมาด (2547) ได้กล่าวถึง วิธีการฝึกซ้อมความอดทนแบบใช้ออกซิเจนว่า ต้องเป็นวิธีการที่สนับสนุนให้มีการพัฒนาของระบบหัวใจไหลเวียนโลหิต ความสามารถในการเผาพลาญอาหารของกล้ามเนื้อ และการทำงานของประสาทกล้ามเนื้อ และวิธีการที่นิยมนำมาใช้พัฒนาความอดทนแบบใช้ออกซิเจนจะประกอบด้วย การออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง (Continuous exercise) และ การออกกำลังกายแบบสลับช่วง (Interval exercise)

การออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง เป็นลักษณะการปฏิบัติกิจกรรม เช่นการวิ่งการปั่นจักรยาน หรือการว่ายน้ำอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ 30 นาทีขึ้นไป ถึง 2 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับระดับความสามารถและจุดมุ่งหมายของการฝึกซ้อม อย่างไรก็ตามสำหรับการพัฒนาความอดทนแบบไม่ใช้ออกซิเจนด้วยรูปแบบการทำงานอย่างต่อเนื่องจะถูกจำกัดด้วยความหนักของการทำงาน การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง ส่วนใหญ่จะปฏิบัติที่ระดับความหนักต่ำกว่าสูงสุด แต่ถ้านักกีฬาต้องการออกกำลังกายให้ได้ระยะเวลานานขึ้น ความหนักของการทำงานก็จะลดต่ำลง

การออกกำลังกายแบบสลับช่วง เป็นรูปแบบที่ช่วยให้นักกีฬามีการทำงานอย่างหนัก (Work load) เพิ่มขึ้นโดยการสลับช่วงของการทำงานด้วยช่วงของการฟื้นสภาพ (Recovery) ขณะช่วงของการทำงานร่างกายจะก้าวขึ้นไปสู่การเป็นหนี้ออกซิเจน และผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้น

ขณะที่ช่วงการฟื้นสภาพหัวใจและปอดจะยังคงมีการทำงานสูง ในการทำงานที่จะใช้การเป็นหนี้ออกซิเจนและการสำรองออกซิเจนเพื่อใช้ในการเผาผลาญกรดแลคติกและการสังเคราะห์พลังงานขึ้นกลับคืน การฝึกซ้อมจึงส่งผลให้ร่างกายมีการพัฒนาด้วยการเพิ่มขึ้นของหลอดเลือดแดงฝอย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวใจ การปรับปรุง การควบคุมกรดด่าง (Buffer) ของร่างกาย ซึ่งจะเป็นผลนำไปสู่การปรับปรุงความสมบูรณ์ทางกายที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบหัวใจไหลเวียนโลหิต

ประโยค สุทธิสง่า (2538) ได้เสนอแนะวิธีการพัฒนาความอดทนของนักกีฬาฟุตบอล ดังนี้

1.) ความอดทนของกล้ามเนื้อ

1.1) การฝึกแบบเป็นช่วงๆ หนัก 90 – 100% โดยหนักสลับเบา

1.2) การฝึกแบบวงจร อาจจะมี 8 – 10 สถานี หรือมากกว่า โดยไม่หยุดพัก

1.3) การฝึกหนักติดต่อกันจนกระโดดไม่ขึ้น

2.) ความอดทนทั่วไปของนักฟุตบอล

2.1) การฝึกแบบติดต่อกันหนัก 1 ใน 3 เท่าของเวลาที่ใช้ในการแข่งขันจริง

2.2) การฝึกแบบเป็นช่วงๆ หนัก 80 – 90% หัวใจเต้น 160 – 180 ครั้งต่อนาที สลับกับ เบา 50 – 60% หัวเต้น 140 – 160 ครั้งต่อ นาที

ฮอฟฟ์ (Hoff, 2005) แนะนำวิธีการพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬาฟุตบอลว่า การฝึกที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดควรใช้การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนัก 90 – 95% อัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจเป็นเวลา 4 นาทีสลับกับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจเป็นเวลา 3 นาที จำนวน 4 เที่ยว ส่วนการเพิ่มความสามารถในการเร่งความเร็ว และความสูงของการกระโดดควรใช้การฝึกด้วยน้ำหนักในท่าย่อตัวแบกน้ำหนักเข่าทำมุม 90 องศาโดยใช้ความหนักสูง จำนวน 4 ครั้งต่อชุด ฝึก 4 ชุด

จากเรื่องการพัฒนาการทำงานของระบบแอโรบิกสามารถสรุปได้ว่า ในการพัฒนาความสามารถของระบบแอโรบิกวิธีที่นิยมใช้ได้แก่ การฝึกแบบต่อเนื่อง การฝึกแบบวงจร การฝึกแบบสลับช่วง ซึ่งการออกแบบการฝึกต้องคำนึงถึง ความหนักในการฝึก ระยะเวลาในการฝึก ความถี่ในการฝึก และอัตราการเพิ่มความหนักของการฝึกเป็นสำคัญ

6. สมรรถภาพของกล้ามเนื้อ (Muscular fitness)

6.1 สรีรวิทยาของกล้ามเนื้อ

การเคลื่อนไหวเป็นธรรมชาติของมนุษย์ ซึ่งระบบการเคลื่อนไหวมีองค์ประกอบที่สัมพันธ์กัน 3 ระบบ ได้แก่ ระบบโครงร่าง (Skeletal system) ทำหน้าที่เป็นแขนของคานในการเคลื่อนไหวของร่างกาย ระบบกล้ามเนื้อ (Muscular system) ทำหน้าที่หดตัวให้เกิดแรงดึงในการเคลื่อนไหวกระดูก และระบบประสาท (Nervous system) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อและควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย ในการฝึกสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาจะมุ่งไปที่ระบบกล้ามเนื้อ เพราะเป็นระบบที่สำคัญในการพัฒนาการเคลื่อนไหวของร่างกายและสามารถพัฒนาได้ดีกว่าระบบอื่น และยังเป็นระบบพื้นฐานที่นักกีฬาจะต้องสร้างให้พร้อมก่อนระบบอื่น ระบบกล้ามเนื้อประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อที่มีรูปร่างและหน้าที่การทำงาน ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 ชนิด คือ

1.) กล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeletal muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบเป็นโครงสร้างส่วนใหญ่ของร่างกาย ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่มีลายชัดเจน ทำงานได้เมื่อมีกระแสประสาทกระตุ้น การทำงานจึงขึ้นอยู่กับการควบคุมของเส้นประสาทยนต์ที่มาเลี้ยงในแต่ละกลุ่ม

2.) กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac muscle) มีลักษณะคล้ายคลึงกับกล้ามเนื้อลาย แต่สามารถทำงานเองได้อัตโนมัติ เนื่องจากมีเพซเมคเกอร์ (Pacemaker cell) อยู่ภายในมัดกล้ามเนื้อ

3.) กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่พบในผนังอวัยวะภายในของร่างกายมีลักษณะการติดต่อกันของเยื่อเซลล์ กล้ามเนื้อเรียบทำงานได้โดยอัตโนมัติ

ร่างกายมนุษย์มีระบบกระดูกเป็นโครงสร้างใหญ่ ปลายกระดูกจะมีข้อต่อไว้เชื่อมกระดูกกับกระดูก ซึ่งจะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เรียกว่า เอ็นยึดข้อ โครงร่างของร่างกายจะปกคลุมไปด้วยกล้ามเนื้อ 656 มัด ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว กล้ามเนื้อที่ไปยึดกับกระดูก เรียกว่าเอ็นกล้ามเนื้อ โดยกล้ามเนื้อจะหดตัวดึงกระดูกด้วยเอ็นเหล่านี้ การที่จะเพิ่มความแข็งแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ จึงต้องได้รับการฝึกอย่างเป็นระบบ (Bompa, 1998)

วัฒนา วัฒนาภา และคณะ (2547) ได้กล่าวว่ากล้ามเนื้อทำหน้าที่สำคัญคือการหดตัว ทำให้อวัยวะต่างๆ ที่มีกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบเกิดการเคลื่อนไหวและก่อให้เกิดงานขึ้น กล้ามเนื้อเป็นตัวเปลี่ยนรูปพลังงานชีวภาพ (Biological Transducer) ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานที่เก็บในรูปสารเคมีไปเป็นพลังงานกล (Chemomechanic Transducer) กล้ามเนื้อในร่างกายแบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่ กล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeletal muscle) กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac Muscle) และกล้ามเนื้อเรียบ (Smooth Muscle) ในร่างกายคนปกติจะมีกล้ามเนื้อเป็น

องค์ประกอบประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักตัวทั้งหมด โดยเป็นกล้ามเนื้อโครงร่างร้อยละ 40 และอีกร้อยละ 10 เป็นกล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อเรียบ

ระบบกล้ามเนื้อ เป็นระบบที่สำคัญในการเล่นกีฬา เพราะกล้ามเนื้อต้องทำงานหนักขึ้น ส่งผลให้อวัยวะต่างๆ ในระบบอื่นของร่างกาย มีการปรับตัวและทำงานมากขึ้น เช่นระบบหายใจ ระบบไหลเวียนเลือด จะต้องส่งอาหารและออกซิเจนให้เพียงพอแก่ความต้องการของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อที่อยู่ในร่างการแต่ละแห่งจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ความเข้มของสีแตกต่างกัน และมีความสามารถในการหดตัวไม่เท่ากัน และสามารถแบ่งชนิดของกล้ามเนื้อได้ ดังนี้ (ภาวินี ปิยะจตุรวัฒน์, 2536)

ชนิดที่ 1 กล้ามเนื้อสีแดง หดตัวช้า (Type I or Slow red fiber) เป็นเซลล์กล้ามเนื้อขนาดเล็กกว่าเซลล์กล้ามเนื้ออื่น มีสีแดงเข้ม เพราะมีเลือดมาหล่อเลี้ยงมาก มีปริมาณไมโอโกลบิน (Myoglobin) สูง พลังงานที่กล้ามเนื้อใช้ในการหดตัวได้มาจากการเผาพลาญอาหารแบบแอโรบิกเป็นหลัก หรือใช้ออกซิเจนในการเผาพลาญ การหดตัวของกล้ามเนื้อช้าแต่มีความทนทานต่อการเมื่อยล้า สามารถหดตัวอย่างช้าๆ ต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน กล้ามเนื้อชนิดนี้มีบทบาทสำคัญในนักกีฬาที่ฝึกเพื่อเพิ่มความอดทน

ชนิดที่ 2 กล้ามเนื้อสีซีด หดตัวได้เร็ว (Type II B, Fast white fiber) กล้ามเนื้อชนิดนี้มีคุณสมบัติต่างจากกล้ามเนื้อชนิดแรก เซลล์กล้ามเนื้อจะมีขนาดใหญ่กว่า มีสีซีดจาง ปริมาณของเส้นเลือดฝอยที่มาหล่อเลี้ยงไม่มากเท่าชนิดแรก พลังงานที่กล้ามเนื้อใช้ในการหดตัวมาจากการเผาพลาญอาหารแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic metabolism) เป็นหลักสามารถหดตัวได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเหมาะกับงานที่ต้องการความแรงและรวดเร็วเพียงชั่วครู่เดียวเหมาะกับกีฬาที่ออกแรงแล้วหยุดพัก (Stop and go) เช่น ยกน้ำหนัก กรีฑาประเภทลาน เป็นต้น

ชนิดที่ 3 กล้ามเนื้อสีแดงหดตัวได้เร็ว (Type II A, Fast red fiber) กล้ามเนื้อชนิดนี้มีคุณสมบัติและลักษณะของเซลล์กล้ามเนื้อชนิดที่ 1 และ 2 รวมกัน พลังงานที่กล้ามเนื้อใช้ในการหดตัวจะมาจากการเผาพลาญอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน หรือไม่ใช้ออกซิเจนก็ได้ จึงทำให้เซลล์มีความพิเศษที่หดตัวได้เร็วและทนทานต่อการเมื่อยล้า ซึ่งได้สรุปไว้ ดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงคุณสมบัติและลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อสีแดง และเส้นใยกล้ามเนื้อสีขาว

เส้นใยกล้ามเนื้อสีแดง	เส้นใยกล้ามเนื้อสีขาว
- ทำงานขนาดเบาและปานกลางได้เป็นเวลานาน	- ทำงานขนาดหนักเป็นเวลาสั้นๆ
- ใช้แหล่งพลังงานจากระบบการใช้ออกซิเจน	- ใช้แหล่งพลังงานจากระบบไม่ใช้ออกซิเจน
- กล้ามเนื้อหดตัวช้า แต่ทนทาน	- กล้ามเนื้อหดตัวเร็ว แต่ไม่ทนทาน

คุณสมบัติของเส้นใยกล้ามเนื้อ อาจจะไม่สามารถเปลี่ยนจากเส้นใยกล้ามเนื้อสีแดงเป็นสีขาวหรือเส้นใยกล้ามเนื้อสีขาวเป็นสีแดงได้ แต่เราสามารถที่จะฝึกให้เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดใดชนิดหนึ่งเด่นขึ้นมาหรือให้เป็นเส้นใยหลักในการทำงานได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการฝึก ตัวอย่างง่ายๆ ที่จะชี้ให้เห็นการฝึกเพื่อให้เส้นใยกล้ามเนื้อแดง เช่น การฝึกความอดทน เป็นการฝึกที่เบาถึงปานกลาง โดยใช้ปริมาณการฝึกมากหรือใช้เวลานาน ได้แก่ การวิ่งระยะไกล ว่ายน้ำระยะไกล ขี่จักรยานและกีฬาอื่นๆ หรือการออกกำลังกายที่ใช้เวลานาน ก็สามารถทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อสีแดงเด่นหรือเพิ่มคุณสมบัติขึ้นมาได้ ส่วนการฝึกความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ เช่น การฝึกยกน้ำหนัก การฝึกวิ่ง การฝึกกระโดด จะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อสีขาวเด่นหรือเพิ่มคุณสมบัติของเส้นใยกล้ามเนื้อสีขาว การเคลื่อนไหวของร่างกายเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งเซลล์กล้ามเนื้อเป็นเซลล์ที่มีความสามารถในการปรับตนเองให้เปลี่ยนไปตามปริมาณการฝึก และลักษณะของงานที่ทำ ดังนั้นกล้ามเนื้อจึงมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันไปตามชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ ดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงคุณสมบัติและลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า ชนิดหดตัวเร็วแบบบี และ ชนิดหดตัวเร็วแบบเอ

คุณลักษณะ	ชนิดหดตัวช้า	ชนิดหดตัวเร็ว แบบ บี	ชนิดหดตัวเร็ว แบบ เอ
ชนิด	ชนิดที่ 1 หดตัวช้า	ชนิดที่ 2 หดตัวเร็วแบบบี	ชนิดที่ 3 หดตัวเร็วแบบเอ
สีของเส้นใย	สีแดงเข้ม	สีขาว	สีแดง
ระบบพลังงาน	เผาพลาญแบบใช้ออกซิเจน	เผาพลาญแบบไม่ใช่ออกซิเจน	ทั้ง 2 แบบ
กระบวนการเผาพลาญ	สลายฟอสเฟสโดยใช้ออกซิเจน	สลายไกลโคเจน	ทั้ง 2 แบบ
การหดตัว	หดตัวช้าแต่ทำได้เป็นเวลานาน	หดตัวได้อย่างรวดเร็ว	หดตัวได้อย่างรวดเร็วและมีความอดทน
กิจกรรม	กิจกรรมที่ไม่หนักมากและเป็นกิจกรรมที่ทำเป็นเวลานาน	กิจกรรมที่ใช้ความแรงและความรวดเร็วเพียงช่วงสั้นๆ	กิจกรรมที่หนักทำด้วยความรวดเร็วและใช้เวลานาน

วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม (2537) ได้กล่าวถึงการจำแนกชนิดของกล้ามเนื้อไว้ว่าใยกล้ามเนื้อสามารถแบ่งตามคุณสมบัติทางสรีรวิทยา และชีวเคมีออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow – twitch หรือ Type I) และชนิดหดตัวเร็ว (Fast twitch หรือ Type IIa และ IIb) ในหน่วยยนต์จะมีใยกล้ามเนื้อชนิดเดียวกันทั้งหมด ใยกล้ามเนื้อหดตัวช้า (Type I) จะมีเอนไซม์ในกระบวนการออกซิเดชั่น (Oxidative enzymes) ปริมาณสูง จึงเกี่ยวข้องกับการทำงานที่ให้ออกซิเจน (Aerobic) ขณะที่ใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วชนิด (Type IIa) มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดนี้ ปริมาณของเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิดในกล้ามเนื้อมัดต่างๆ จะแสดงถึงศักยภาพในการทำงาน ชนิดที่ต้องการพลังงาน (Power) หรือต้องการความทนทาน (Endurance) ใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วจะเหมาะกับการทำงานที่ต้องใช้พลัง (การใช้แรงมากในเวลาจำกัด) ส่วนใหญ่กล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าจะเหมาะกับการทำงานที่ต้องการความทนทาน

สัดส่วนของใยกล้ามเนื้อทั้ง 2 ชนิดจะถูกกำหนดโดยพันธุกรรม และส่วนหนึ่งอาจขึ้นอยู่กับโปรแกรมการฝึกจำเพาะที่ได้รับความแตกต่างของใยกล้ามเนื้อทั้ง 2 ชนิด ดังแสดงในตารางข้างบน

ตารางที่ 6 แสดงลักษณะทางโครงสร้างและการทำงานของกล้ามเนื้อ

ลักษณะ	ชนิดของใยกล้ามเนื้อ		
	หดตัวช้า (I)	หดตัวเร็ว (IIa)	หดตัวเร็ว (IIb)
ลักษณะทางโครงสร้าง			
สี	แดง	แดง (ชมพู)	ขาว (ซีด)
ขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ	เล็ก	ปานกลาง	ใหญ่
ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria)	มาก	มาก	น้อย
หลอดเลือดฝอย	มาก	มาก	น้อย
ลักษณะทางเมตาบอลิซึม			
ความเร็วในการหดตัว	ช้า	เร็ว	เร็ว
ฤทธิ์เอนไซม์ Myosin ATPase	ช้า	เร็ว	เร็ว
กระบวนการสร้าง ATP	แอโรบิก	แอนแอโรบิก	แอนแอโรบิก
ปริมาณไมโอโกลบิน (Myoglobin)	มาก	มาก	น้อย
ปริมาณไกลโคเจนสะสม	น้อย	ปานกลาง	มาก
ภาวะเพลียล้า	ยาก	ปานกลาง	ง่าย
ลักษณะทางหน้าที่การทำงาน			
แรงที่เกิดขึ้น	ต่ำ	สูง	สูง
ประสิทธิภาพในการเกิดแรง	สูง	ต่ำ	ต่ำ

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และดรุณวรรณ จักรพันธุ์ (2544) ได้กล่าวถึง กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อว่าการทำงานของกล้ามเนื้อโครงร่างในร่างกายว่าโดยปกติจะถูกควบคุมโดยระบบประสาทยนต์ โดยมอเตอร์แอเรีย (Motor area) ในสมองจะส่งพลังประสาทมาตามเส้นประสาทในระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งถูกถ่ายทอดต่อไปยังระบบประสาทส่วนปลาย และไปยังระบบกล้ามเนื้อโดยผ่านหน่วยประสาทยนต์ (Motor unit) ซึ่งถือเป็นหน่วยย่อยที่สุดของระบบกล้ามเนื้อที่สามารถทำงานได้ หน่วยประสาทยนต์ประกอบด้วยเซลล์ประสาทยนต์ (Motor neuron) 1 เซลล์

และเส้นใยกล้ามเนื้อจำนวนหนึ่งที่นิวรอนนั้นไปเลี้ยง เมื่อเซลล์ประสาทยนต์หนึ่งถูกกระตุ้น เส้นใยกล้ามเนื้อทุกเส้นใยที่ถูกเลี้ยงโดยนิวรอนนั้นจะตอบสนองโดยการหดตัวทั้งหมด

กล้ามเนื้อโครงร่างถูกกระตุ้นด้วยกระแสประสาท ซึ่งแพร่กระจายมาตามเส้นประสาทผ่านทางนิวโรมัสคูล่าร์ จังชั่น (Neuromuscular junction) หรือมอเตอร์เอนเพลท (Motor end plate) ไปยังเซลล์กล้ามเนื้อเหนี่ยวนำทำให้เกิดเอนเพลท โพเทนเชียล (End plate potential) แอคชั่น โพเทนเชียล (Action potential) จะแพร่กระจายเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อเข้าไปในเซลล์โดยทางที – ทิวบูล (T - Tubule) ทำให้แคลเซียมหลั่งออกจาก ซาร์โคพลาสมิค เรติคิวลัม (Sacoplasmic Reticulum; SR) เกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานกล และพลังงานความร้อนภายในไมโอฟิลาเมนต์ (Myofilament) ซึ่งเป็นส่วนประกอบย่อยของเซลล์กล้ามเนื้อ มีผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว (Muscle twitch หรือ Muscle contraction) ในที่สุด

กระบวนการหดตัว และคลายตัวของกล้ามเนื้อเกิดเป็นขั้นตอนติดต่อกันและเกิดขึ้นวนเวียนกันไปเรื่อยๆ เรียกว่า กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Cross bridge cycle) ในแต่ละวงจรจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างไมโอซินและแอคติน แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 เป็นระยะพัก แอคตินและไมโอซินเป็นอิสระต่อกันเนื่องจากอิทธิพลของเรคกูลาโทรี โปรตีน (Regulatory protein) และไม่มีแคลเซียมเป็นตัวก่อให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างแอคตินและไมโอซิน

ขั้นที่ 2 เมื่อแคลเซียมภายในเซลล์สูงขึ้น จะเกิดครอสบริดจ์ (Cross bridge) ระหว่างแอคตินและไมโอซิน พลังงานที่สะสมไว้ในโมเลกุลของไมโอซิน ถูกปล่อยออกมาใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

ขั้นที่ 3 กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว ในขั้นนี้หัวของไมโอซินยังคงเกาะกับแอคติน เรียกว่าการรวมตัวขณะนี้ว่าเป็นไรเกอร์ คอมเพล็กซ์ (Rigor complex)

ขั้นที่ 4 หัวของไมโอซินรวมตัวกับเอทีพี (ATP) 1 โมเลกุล ทำให้หัวของไมโอซินหลุดออกจากแอคติน จากนั้นมีการสลายตัวของเอทีพี ได้เป็นเอดีพีพีไอ (ADP Pi) และพลังงานซึ่งสะสมไว้ในโมเลกุลของไมโอซิน ขั้นนี้กล้ามเนื้อมีการคลายตัว และวงจรย้อนกลับไปขั้นที่ 1

ในแต่ละกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อจะมีการสลายตัวของเอทีพีเพียง 1 โมเลกุล พลังงานที่เกิดขึ้นถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกล โดยการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของส่วนหัวของไมโอซินในการเกิดกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ละครั้งจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของฟิลาเมนต์ไปได้ 10

นาโนเมตร และแรงที่เกิดขึ้นมีเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการเกิดกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อนี้จะเกิดวนเวียนติดต่อกันไปเรื่อยๆ หลายๆ ล้านครั้งเป็นผลให้กล้ามเนื้อหดตัวและเกิดแรงขึ้น

การหดตัวของกล้ามเนื้อโครงร่างอาจแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

1.) การหดตัวแบบคงความตึง (Isotonic or Dynamic contraction) เกิดขึ้นเมื่อแรงภายในกล้ามเนื้อมีค่ามากกว่าแรงต้านทานภายนอก เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ความยาว (Length) และความตึงตัว (Tension) ของมันมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่เป็นผลให้ได้งานเกิดขึ้น (งาน = แรง x ระยะทาง) การหดตัวชนิดนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 แบบย่อย คือ

1.1) การหดตัวแบบคอนเซนตริค (Concentric contraction) คือ กล้ามเนื้อมีการหดตัวสั้นเข้า มีความตึงตัวสูงขึ้นเพื่อต่อสู้กับแรงต้านทาน เช่น กล้ามเนื้อแขนขณะยกดัมเบลทำให้เกิดการงอ (Flexion) ที่ข้อศอก

1.2) การหดตัวแบบเอคเซนตริค (Eccentric contraction) คือ การทำงานของกล้ามเนื้อเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวสั้นอยู่ และมีแรงภายนอกที่มากกว่าแรงภายในของกล้ามเนื้อ และกล้ามเนื้อยอมให้ความยาวเพิ่มขึ้น โดยที่แรงตึงตัวของกล้ามเนื้อยังคงปกติ การทำงานชนิดนี้เปรียบเสมือนเป็นเบรกเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยจะเกิดขึ้นกับการเคลื่อนไหวที่ไปในทิศทางของแรงดึงดูดโลก กล้ามเนื้อแอนตาโกนิส (Antagonist) จะทำงานเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหว เช่น การนั่งลง กล้ามเนื้อในการเหยียดข้อสะโพกจะทำงานแบบเอคเซนตริค (Eccentric) หรือการถือน้ำหนักท่างอข้อศอก 90 องศา และให้ลดระดับลง กล้ามเนื้อในการงอข้อศอกจะทำงาน

2.) การหดตัวแบบความยาวคงที่ (Isometric หรือ Static contraction) เกิดขึ้นเมื่อแรงภายในกล้ามเนื้อที่เกิดจากการหดตัวมีค่าเท่ากับแรงต้านภายนอก เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยที่ความยาวของกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง แต่มีความตึงตัวเพิ่มขึ้น ดังนั้นการหดตัวชนิดนี้จึงไม่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวแต่อย่างใด จึงไม่มี “งาน” ในแง่ของกลศาสตร์เกิดขึ้น เพราะว่าไม่มีระยะทางนั้นเอง เช่น เมื่อเราก้มลงแล้วเหยียดแขนยกของที่หนัก แต่ไม่สามารถยกของนั้นขึ้นได้ เพราะแรงต้านมากกว่า แต่กล้ามเนื้อแขนและขาได้มีการตึงตัวขึ้น แม้ว่าการหดตัวชนิดนี้ไม่ได้งานทางกลศาสตร์ แต่ในทางสรีรวิทยา กล้ามเนื้อได้ทำงานมีพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาทางเคมี ผลสุดท้ายก็จะได้ความร้อนเกิดขึ้นเช่นกัน

ในความเป็นจริงกล้ามเนื้อของเรามีการหดตัวทั้ง 2 ชนิด กลับไปกลับมาอยู่ตลอดเวลา เช่น เมื่อเรายืนขึ้น กล้ามเนื้อขาของเรามีการตึงตัวเพื่อกระชับข้อต่อที่ส่วนล่างของร่างกายให้แน่นนี้คือการหดตัวแบบคงความยาว แต่ถ้าเราย่างก้าวเดินหรือยกแขนการหดตัวชนิดใหม่ก็จะอยู่ในรูปของการหดตัวแบบคงความตึง

นอกจากนั้น ยังได้กล่าวถึงลำดับการระดมการทำงานของหน่วยยนต์ (Order of recruitment of motor units) ว่าความสำคัญของหน่วยยนต์เป็นหน่วยที่เล็กที่สุดที่ระบบการเคลื่อนไหวจะทำงานได้ โดยหน่วยยนต์หนึ่งประกอบด้วย ประสาทยนต์ (Motor nerve) 1 เส้นใยพร้อมทั้งจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อที่ประสาทยนต์ไปเลี้ยงการหดตัวของกล้ามเนื้อโครงร่างอยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ ซึ่งสั่งงานออกมาในรูปของสัญญาณไฟฟ้า (Nerve action potential) จากระบบประสาทส่วนกลาง ดังนั้นเมื่อมีคำสั่งส่งมาจากเซลล์ประสาทจำทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อในหน่วยยนต์นั้นๆ เกิดการหดตัวพร้อมกันทั้งกลุ่ม ลักษณะของสัญญาณโดยเฉพาะความถี่จากเซลล์ประสาทยนต์จะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของกล้ามเนื้อโดยออกฤทธิ์ที่ยีน เช่น เซลล์ประสาทควบคุมเส้นใยหดตัวช้า (Type I) ก็จะเป็นชนิดนั้นๆ เหมือนกันหมด แต่เนื่องจากกล้ามเนื้อแต่ละมัดของร่างกายจะประกอบขึ้นด้วยหน่วยยนต์จำนวนมาก และแต่ละหน่วยยนต์มีคุณสมบัติต่างกัน ดังนั้นในกล้ามเนื้อโครงร่างแต่ละแห่งจะมีทั้งเส้นใยที่หดตัวได้เร็วและหดตัวได้ช้าอยู่ปะปนกัน (Heterogeneous) ซึ่งคุณสมบัติของกล้ามเนื้อมัดนั้นจะเป็นอย่างไรขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์กล้ามเนื้อส่วนใหญ่ว่าเป็นชนิดใด เช่น โซลีอัส (Soleus) เป็นกล้ามเนื้อที่จัดว่าหดตัวช้า จะมีเส้นใยหดตัวช้าอยู่ 80 – 90 เปอร์เซ็นต์ และหดตัวเร็วอยู่ 10 – 20 เปอร์เซ็นต์ คุณสมบัติของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Type I) เซลล์ประสาทสั่งการจะมีขนาดเล็ก มีระดับกั้น (Threshold) ต่ำ ถูกกระตุ้นโดยง่าย ส่วนในหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วนั้น (Type II) เซลล์ประสาทสั่งการมีขนาดใหญ่มีระดับกั้นสูงถูกกระตุ้นยากโดยเฉพาะชนิดหดตัวเร็วบี (Type IIb) ถูกกระตุ้นยากที่สุด ดังนั้นเมื่อทำงานหนักขึ้นหน่วยยนต์ที่จะมาช่วยการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า คือ ชนิดหดตัวเร็วเอ (Type IIa) เมื่อแรงกระตุ้นสูงขึ้นอีกระดับหนึ่งจะถึงระดับกั้นของชนิดหดตัวเร็วบี (Type IIb) หน่วยยนต์เส้นใยกลุ่มนี้จึงจะถูกระดมให้ออกมาทำงาน การพัฒนาความสามารถในการระดมความพร้อมเพรียงในการทำงานของหน่วยยนต์นี้จึงจำเป็นที่จะต้องได้รับการฝึกฝนในนักกีฬา อย่างไรก็ดี ยังพบว่าในกล้ามเนื้อมัดเดียวกัน ก็ยังมีความแตกต่างกันในการกระจายของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อและในบุคคลต่างๆ ก็ยังมีการกระจายของใยกล้ามเนื้อแตกต่างกันไปด้วย แต่อาจจะกล่าวได้ว่านักกีฬาที่ต้องอาศัยความอดทน มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้ามากกว่า ส่วนนักกีฬาที่ไม่ต้องการความอดทนจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากกว่า

ดังนั้น โปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของนักกีฬาฟุตบอลจึงมุ่งไปที่การฝึกเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวเร็วแบบเอเป็นหลัก เพราะเหมาะสมกับกีฬาประเภททีมทั่วไปโดยใช้คุณสมบัติของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้ คือ หดตัวได้เร็วและมีความทนทานในการทำกิจกรรมที่หนักและทำด้วยความรวดเร็ว ซึ่งโอเช (O'shea, 2000) กล่าวว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อเกิดจากกระแสประสาทที่ส่งมาตามเส้นประสาท จนถึงส่วนที่รับกระแสประสาท (Motor end plate) ที่อยู่บนเส้นใย

กล้ามเนื้อแล้วสั่งให้หดตัวเพื่อให้ร่างกายได้เคลื่อนไหว ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ได้แก่

1.) พันธุกรรม ถึงแม้ว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะขึ้นอยู่กับพันธุกรรมก็ตาม แต่การฝึกสามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ตามต้องการ

2.) ขนาดของกล้ามเนื้อ มีผลต่อแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ถ้ากล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่แรงในการหดตัวก็จะมากขึ้นด้วย

3.) จำนวนของเส้นใยในการหดตัว การระดมหน่วยยนต์มีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เมื่อมีการระดมหน่วยยนต์มาก แรงในการหดตัวจะมากขึ้น

4.) ความเข้มข้นของสารละลายเอทีพี มีผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อ เช่นเดียวกันเมื่อมีสารละลายเอทีพีมาก แรงในการหดตัวจะมาก

5.) ความหนักของงานเมื่อกล้ามเนื้อไม่มีแรงต้าน กล้ามเนื้อจะหดตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อความหนักของงานเพิ่มขึ้น ความเร็วในการหดตัวก็จะลดลงตามความหนักของงาน

6.) ระบบคานขณะเคลื่อนไหว กระดูกทำหน้าที่เป็นคาน กล้ามเนื้อจะออกแรงให้กระดูกเคลื่อนไหว เมื่อแรงของกล้ามเนื้อมาก และระบบคานดีจะส่งผลให้เกิดแรงอย่างมาก

7.) สภาพของกล้ามเนื้อ ถ้าจำนวนสารอาหารที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง หรือสภาพกล้ามเนื้อเกิดความเมื่อยล้า ความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะลดลง เพราะพลังงานถูกใช้ไป ความล้าของกล้ามเนื้อจะทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อและกระบวนการเผาพลาญเสียไป

จากเรื่องสรีรวิทยาของกล้ามเนื้อสามารถสรุปได้ว่า ระบบกล้ามเนื้อเป็นระบบที่สำคัญในการเล่นกีฬา ซึ่งกล้ามเนื้อที่อยู่ในร่างกายแต่ละแห่งจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งได้ดังนี้

ชนิดที่ 1 กล้ามเนื้อสีแดงชนิดหดตัวช้า เป็นเซลล์กล้ามเนื้อที่ใช้พลังในการหดตัวมาจากระบบแบบแอโรบิก มีบทบาทสำคัญในนักกีฬาประเภทอดทนสูง

ชนิดที่ 2 กล้ามเนื้อสีซีด หดตัวได้เร็ว เป็นเซลล์กล้ามเนื้อที่ใช้พลังในการหดตัวมาจากระบบแบบแอนแอโรบิก สามารถหดตัวได้เร็วเหมาะกับงานที่ต้องการความแรงและเร็วเพียงชั่วครู่

ชนิดที่ 3 กล้ามเนื้อสีแดง หดตัวได้เร็ว เป็นเซลล์กล้ามเนื้อที่มีคุณสมบัติและลักษณะของชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 รวมกัน มีความสามารถหดตัวได้เร็วและทนทานต่อการเมื่อยล้า แต่ไม่มากเท่ากับกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดข้างต้น

ส่วนการหดตัวของกล้ามเนื้อนั้นเกิดจากกระแสประสาทที่ส่งมาตามเส้นประสาท จนถึงส่วนที่รับกระแสประสาท (Motor end plate) ที่อยู่บนเส้นใยกล้ามเนื้อแล้วส่งการหดตัวเพื่อให้ร่างกายได้เคลื่อนไหว ซึ่งการหดตัวของกล้ามเนื้อมี 2 ชนิด ดังนี้

1.) การหดตัวแบบคงความตึง ซึ่งแบ่งย่อยออกเป็น 2 ชนิด

1.1) การหดตัวแบบคอนเซนตริค

1.2) การหดตัวแบบเอคเซนตริค

2.) การหดตัวแบบความยาวคงที่

6.2 องค์ประกอบของสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ (Component of muscular fitness)

ชาร์กกี และแกสสกิล (Sharkey and Gaskill, 2006) กล่าวว่าสมรรถภาพของกล้ามเนื้อนั้นประกอบด้วยองค์ประกอบ ดังนี้

1.) ความแข็งแรง (Strength)

2.) พลัง (Power)

3.) พลังอดทน (Power endurance)

4.) ความเร็ว (speed)

5.) การทรงตัว (Balance)

6.) ความอ่อนตัว (Flexibility)

7.) ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility)

7. พลังกล้ามเนื้อ

7.1 ความหมายของพลังกล้ามเนื้อ

พลังกล้ามเนื้อ (Muscular power) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงเต็มที่ด้วยความเร็วสูงสุด โดยสร้างจากองค์ประกอบทางด้านความแข็งแรงกับความเร็ว (O' Shea, 1999)

เคนท์ (Kent, 1994) ได้ให้ความหมายของพลังกล้ามเนื้อว่าหมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อหรือกลุ่มกล้ามเนื้อที่พยายามออกแรงสูงสุดในเวลาอันสั้นที่สุด

ข้อได้เปรียบของการมีพลังกล้ามเนื้อคือ ความสามารถในการเร่งความเร็ว นักกีฬามีความสามารถวิ่งได้เร็วกว่าผู้ที่มีความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว ความสามารถในการเร่ง หรืออัตราเร่งนั้นเป็นความสามารถในการเปลี่ยนความเร็วได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นในการแข่งขันกีฬาเมื่อนักกีฬามีองค์ประกอบทางความสามารถด้านอื่นเท่ากันแล้ว พลังกล้ามเนื้อจะเป็นตัวตัดสินว่าใครจะชนะจะแพ้ได้เช่นกัน (O' Shea, 1999) พลังกล้ามเนื้อเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่ก่อให้เกิดงานในระดับสูงได้อย่างรวดเร็วซึ่งเป็นผลจากการออกแรงและได้ระยะทางจากการออกแรงนั้น หรือเป็นผลมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเร็วในการออกแรงกล้ามเนื้อ (Bloomfield et al., 1994) พลังกล้ามเนื้อเป็นผลของความเร็ว ซึ่งความเร็วเป็นการใช้แรงอย่าง

เต็มที่ภายในหนึ่งหน่วยเวลา พลังกล้ามเนื้อเป็นสิ่งสำคัญต่อการแสดงความสามารถของทักษะกีฬาต่างๆ ซึ่งลักษณะพิเศษของพลังกล้ามเนื้อมี 3 ประการ คือ พลังนั้นมาจากการหดตัวแบบความยาวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Eccentric contraction) มาจากการใช้วงจรเหยียดสั้น (Stretch – shortening cycle) และมาจากความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ (Elasticity) (Radcliffe and Farrentinos, 1999)

นิวตัน และเครย์เมอร์ (Newton and Kraemer, 1994) กล่าวว่า พลังกล้ามเนื้อที่แสดงออกสูงสุดอาจจะเรียกว่า พลังระเบิดกล้ามเนื้อ (Explosive muscular power) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการแสดงความสามารถในกิจกรรมที่ต้องการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูงสุดในการปล่อยวัตถุหรือกระโดด นอกจากนั้นยังใช้ในการเปลี่ยนทิศทางหรือความเร่งอย่างรวดเร็วในกีฬาชนิดต่างๆ เช่น ความสูงของการกระโดดขึ้นรับลูกบาสเกตบอล โดยพิจารณาจากความเร็วที่กระโดดขึ้นจากพื้นและหลักที่สำคัญ 2 ประการ ซึ่งเป็นกลไกที่เหมาะสมของกล้ามเนื้อ คือ

1.) ความสามารถที่จะพัฒนาแรงในเวลาอันสั้นที่สุด

2.) ความสามารถของกล้ามเนื้อในการสร้างแรงสูงสุดอย่างต่อเนื่องด้วยความเร็วสูงสุด

จากความหมายพลังกล้ามเนื้อสามารถสรุปได้ว่า พลังกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่พยายามจะออกแรงสูงสุดด้วยเวลาอันสั้นที่สุดในหนึ่งครั้งแบบลักษณะของแรงระเบิด

7.2 **ความสำคัญของพลังกล้ามเนื้อ**

ในการแข่งขันกีฬานั้นนักกีฬาจำเป็นต้องมีการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อของตนเพื่อที่ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ของการแข่งขัน ซึ่งอาจจะแตกต่างกันไปบ้างตามชนิดกีฬา บอมพา และ คาร์เรรา (Bompa and Carrera, 2005) ได้สรุปแบบพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในสถานการณ์ของการแข่งขันกีฬาไว้ ดังนี้

1.) พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการลงสู่พื้นและเปลี่ยนทิศทาง (Landing/ Reactive power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดนั้น ทักษะในการลงสู่พื้นเป็นทักษะที่สำคัญอย่างหนึ่ง และมักจะต่อเนื่องกับทักษะของการเปลี่ยนทิศทางหรือการกระโดด นักกีฬาจำเป็นต้องใช้พลังกล้ามเนื้อในการควบคุมร่างกายในขณะลงสู่พื้น และสามารถที่จะปฏิบัติทักษะที่ตามนั้นได้อย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเปลี่ยนทิศทางหรือการกระโดดก็ตาม พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้น จะมีความสัมพันธ์กับความสูงของการตกลงสู่พื้นนั้น การลงสู่พื้นจากความสูง 80 – 100 เซนติเมตรนั้น ข้อเท้าจะต้องรับน้ำหนักประมาณ 6 – 8 เท่าของน้ำหนักตัว

ซึ่งในขณะที่ลงสู่พื้นนั้น กล้ามเนื้อจะหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น นักกีฬาที่ได้รับการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อมาอย่างดีแล้ว ก็จะสามารถควบคุมร่างกายและลดแรงกระแทกในขณะลงสู่พื้นได้ ซึ่งกล้ามเนื้อจะหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นถ้ามีการกระโดดขึ้นในทันทีหรือมีการเปลี่ยนทิศทางกล้ามเนื้อมัดนั้นก็จะหดตัวแบบความยาวลดลง สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาประเภททีมชนิดต่างๆ และกีฬาที่ใช้แร็กเก็ต (Racket)

2.) พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทุ่ม – พุ่ง – ขว้าง (Throwing power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่ต้องมีการทุ่ม – พุ่ง – ขว้างอุปกรณ์กีฬาแต่ละชนิดนั้นต้องการพลังกล้ามเนื้อเพื่อที่จะสร้างความเร็วให้กับอุปกรณ์กีฬาเหล่านั้นจากจุดเริ่มต้นให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ และมีอัตราเร่งเพิ่มขึ้นตลอดระยะทางของการเคลื่อนที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกีฬาชนิดที่จะต้องปล่อยอุปกรณ์ออกไปจากมือเพื่อให้ได้ระยะทางมากที่สุด

3.) พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการกระโดดขึ้นจากพื้น (Take – off power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่มีการกระโดดนั้นต้องการพลังกล้ามเนื้อในลักษณะแรงระเบิด (Explosive) เพื่อให้ประสิทธิภาพของการกระโดดดีที่สุด ซึ่งเป็นการกระโดดในขณะที่วิ่งมาด้วยความเร็วสูงหรือมีการย่อตัวก่อนที่จะกระโดดขึ้นไป ซึ่งถ้ายิ่งย่อตัวลงมากก็ต้องมีพลังกล้ามเนื้อมากเพื่อที่จะออกแรงยกตัวลอยขึ้นจากพื้นได้อย่างรวดเร็ว แต่ถ้านักกีฬามีพลังกล้ามเนื้อไม่มากพอก็จะทำให้การกระโดดนั้นช้าลงและมีผลให้ประสิทธิภาพของการกระโดดลดลงด้วย

4.) พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเริ่มต้นเคลื่อนที่ (Starting power) ในการแข่งขันกีฬาหลายชนิดที่ความเร็วต้นของการเคลื่อนที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่นั้นๆ สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นในการแข่งขันกีฬาที่มีคู่ต่อสู้ การออกอาวุธได้เร็วกว่าย่อมได้เปรียบคู่ต่อสู้รวมทั้งการเริ่มต้นวิ่งออกจากที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น ผู้ที่มีพลังกล้ามเนื้อมากกว่าก็จะเริ่มต้นวิ่งได้เร็วกว่า

5). พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการชะลอความเร็ว (Deceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภททีมชนิดต่างๆ และกีฬาที่ใช้แร็กเก็ตที่มีการหลอกล่อคู่ต่อสู้หรือมีการชะลอความเร็วสลับกับการเร่งความเร็วหรือมีการชะลอความเร็วแล้วเปลี่ยนทิศทางต้องการพลังกล้ามเนื้อเป็นอย่างมากซึ่งกล้ามเนื้อจะหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นเพื่อรับแรงกระแทกจากการวิ่งจำเป็นต้องมีพลังกล้ามเนื้อมากพอ ซึ่งการเคลื่อนไหวในลักษณะนี้จะเกิดการบาดเจ็บกล้ามเนื้อได้ง่าย

6.) พลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็ว (Acceleration power) ในการแข่งขันกีฬาประเภททีมและกีฬาประเภทบุคคลชนิดต่างๆ ทั้งที่แข่งขันกันบนบกและในน้ำต่างก็มีสถานการณ์

ในการเร่งความเร็วด้วยกันทั้งสิ้น พลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการขับเคลื่อนร่างกายไปข้างหน้าอย่างรวดเร็วหรือสามารถเอาชนะแรงต้านทานของน้ำได้

รูปแบบของพลังกล้ามเนื้อทั้งหกลักษณะนี้เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีพื้นฐานมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่หดตัวได้เร็ว (Fast twitch fiber)

จากความสำคัญของพลังกล้ามเนื้อนั้น สามารถสรุปได้ว่า พลังกล้ามเนื้อมีความสำคัญโดยใช้ในการลงสู่พื้นและเปลี่ยนทิศทาง การทุ่ม – พุ่ง – ขว้าง การกระโดดขึ้นจากพื้น การเริ่มต้นเคลื่อนที่ การชะลอความเร็ว การเร่งความเร็ว โดยพลังของกล้ามเนื้อเกิดจากความสามารถพื้นฐานของความแข็งแรง

7.3 การพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ

บอมพา (Bompa, 1993) ได้สรุปผลการศึกษาของแฮคคิเนน และโคมิ (Hakkinen and Komi, 1983) พบว่าการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นจากการฝึกนั้นมีพื้นฐานมาจากมีการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทที่ทำให้กล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้นด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

1.) ใช้เวลาน้อยลงในการระดมหน่วยยนต์ (Motor unit recruitment) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่หดตัวได้เร็ว

2.) เซลล์ประสาทยนต์ (Motor neurons) มีความอดทนเพิ่มขึ้นในการเพิ่มความถี่ของการปล่อยกระแสประสาท

3.) มีความสอดคล้องกันมากขึ้นและดีขึ้นของหน่วยยนต์ (Motor units) กับรูปแบบของการปล่อยกระแสประสาท

4.) กล้ามเนื้อทำงานโดยใช้จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้นในเวลาสั้น

5.) มีการพัฒนาการทำงานประสานกันภายในกล้ามเนื้อ (Intramuscular coordination) หรือมีการทำงานประสานกันมากขึ้นระหว่างปฏิกิริยาเร่งการทำงานของกล้ามเนื้อ (Excitatory reaction) กับปฏิกิริยารั้งการทำงานของกล้ามเนื้อ (Inhibitory reaction) ซึ่งเกิดจากการเรียนรู้ของระบบประสาทส่วนกลาง

6.) มีการพัฒนาการทำงานประสานกันระหว่างกล้ามเนื้อที่ร่วมกันทำงาน (Intermuscular coordination) ระหว่างกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หดตัวออกแรง (Agonistic muscles) กับกล้ามเนื้อที่อยู่ตรงกันข้ามซึ่งทำหน้าที่คลายตัว (Antagonistic muscles) เป็นผลให้กล้ามเนื้อหดตัวออกแรงได้เร็วขึ้น

ดังนั้นการพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อเพื่อนำไปใช้ในการแข่งขันกีฬานั้นโปรแกรมการฝึกจะต้องมีความเฉพาะเจาะจงกับกีฬาแต่ละชนิด โดยใช้ท่าฝึกที่ใกล้เคียงกับทักษะกีฬานั้นๆ ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ กล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึกในท่าทางที่ใกล้เคียงกับทักษะกีฬามากเท่าใดก็จะเกิดประสิทธิภาพมากขึ้นเท่านั้น

นิวตัน และเครเมอร์ (Newton and Kraemer, 1994) กล่าวว่า พลังระเบิดของกล้ามเนื้อหมายถึง พลังกล้ามเนื้อที่เกิดจากการที่กล้ามเนื้อออกแรงเต็มที่อย่างรวดเร็วหนึ่งครั้งซึ่งปัจจัยสำคัญของประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวที่ต้องการความเร็วสูงในขณะที่ปล่อยอุปกรณ์กีฬาออกไป หรือต้องการความเร็วสูงที่จุดกระทบ นอกจากนั้นยังมีผลต่อการเคลื่อนไหวที่มีการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว ตลอดจนการเร่งความเร็วในระหว่างการแข่งขันกีฬาชนิดต่างๆ ด้วย ในขณะที่นักกีฬาพยายามที่จะออกแรงเพื่อทำให้เกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อให้มากที่สุดนั้นนักกีฬาจะต้องพยายามใช้เวลาในการออกแรงและเร่งความเร็วของส่วนต่างๆ ของร่างกายโดยใช้เวลาน้อยลงทั้งนี้เกิดจากมีการพัฒนากลไกการทำงานของกล้ามเนื้อที่สำคัญสองประการ คือ

1.) ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้มากภายในเวลาอันสั้น ซึ่งเรียกว่าอัตราการพัฒนาแรง (Rate of force development)

2.) ความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะออกแรงได้มากอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น

ซึ่งคุณสมบัติอันสำคัญทั้งสองประการนี้เองเป็นแนวทางในการหายุทธวิธีของการฝึกเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด สรุปได้ว่า การพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อนั้นจะต้องมีการพัฒนาองค์ประกอบห้าประการของพลังระเบิดของกล้ามเนื้อ คือ

1.) ความแข็งแรงที่ความเร็วต่ำ (Slow velocity strength)

2.) ความแข็งแรงที่ความเร็วสูง (High velocity strength)

3.) อัตราการพัฒนาแรง (Rate of force development)

4.) วงจรเหยียดตัวออก – หดตัวสั้นลง (Strength – shortening cycle)

5.) การทำงานประสานกันระหว่างกล้ามเนื้อที่ร่วมกันทำงานและทักษะของการเคลื่อนไหว (Intramuscular coordination and skill)

องค์ประกอบทั้งห้าประการนี้จะต้องได้รับการพัฒนาควบคู่กันไปจึงจะเกิดพลังระเบิดของกล้ามเนื้อสูงสุด ดังนั้นยุทธวิธีของการฝึกที่เหมาะสมก็คือ ใช้การผสมผสานวิธีการฝึกแบบต่างๆ เข้าด้วยกันไม่ใช่การฝึกด้วยน้ำหนักหรือการฝึกพลัยโอเมตริกอย่างใดอย่างหนึ่งแต่เพียงอย่างเดียว

วิลสัน (Wilson, 1994) กล่าวว่า เนื่องจากในการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบความยาวลดลงนั้น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะพัฒนาคุณสมบัติทั้งสองประการนี้ให้เพิ่มมากที่สุดในเวลาเดียวกันได้ การพัฒนาพลังกล้ามเนื้อซึ่งเป็นผลจากความแข็งแรงกล้ามเนื้อกับความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อนี้จึงมีสามวิธี ดังนี้

1.) ให้กล้ามเนื้อออกแรงมากด้วยความเร็วต่ำ โดยการฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้ความหนักในระดับสูง

2.) ให้กล้ามเนื้อออกแรงปานกลางด้วยความเร็วสูง โดยการฝึกพลัยโอเมตริกที่ใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน

3.) ให้กล้ามเนื้อออกแรงปานกลางด้วยความเร็วปานกลาง โดยการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก โดยใช้น้ำหนักจากภายนอกเพิ่มเข้าไปด้วยความหนัก 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ ของความแข็งแรงสูงสุด

เยสซิส (Yessis, 1994) กล่าวว่า ในกีฬาชนิดที่ต้องใช้พลังกล้ามเนื้อนั้นมีการเคลื่อนไหวในลักษณะเป็นแรงระเบิดซึ่งประกอบไปด้วยการเคลื่อนไหวสามส่วนด้วยกัน คือความเฉื่อย (Inertia) โมเมนตัม (Momentum) และความเร่ง (Acceleration) โดยเมื่อมีการเคลื่อนไหวในลักษณะเป็นแรงระเบิดจะเริ่มต้นออกแรงเอาชนะความเฉื่อยก่อน และการออกแรงนั้นจะต้องไม่คงที่เพื่อให้เกิดโมเมนตัม และความเร่งตามมา ซึ่งเป็นการทำงานในระดับสูงของระบบประสาทที่ต้องการข้อต่อที่ใช้ในการเคลื่อนที่หลายๆข้อต่อมาทำงานสัมพันธ์กัน ซึ่งแต่ละข้อต่อนั้นๆแตกต่างกันไปในการปฏิบัติทักษะกีฬาบางชนิดเป็นการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วด้วยความแข็งแรง (Speed – Strength) ซึ่งต้องการความเร็วมากกว่าความแข็งแรง ได้แก่ วิ่งระยะสั้น ทักษะกีฬาบางชนิดต้องใช้ความแข็งแรงด้วยความเร็ว (Strength – Speed) ซึ่งต้องการความแข็งแรงมากกว่าความเร็ว ได้แก่ ยกน้ำหนัก ดังนั้นในการพัฒนากล้ามเนื้อที่ประกอบไปด้วยการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และการพัฒนาความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อนั้นเปอร์เซ็นต์ในการพัฒนาแต่ส่วนจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของกีฬาแต่ละชนิด

ชู (Chu, 1996) กล่าวว่า ในร่างกายมนุษย์นั้นมีทั้งเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วและเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้า เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวช้า เรียกว่า ชนิด I ซึ่งสามารถออกแรงเกือบสูงสุดได้ในระยะเวลานาน เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วนั้น แบ่งออกเป็นชนิด IIa และชนิด IIb ซึ่งสามารถออกแรงสูงสุดได้ในระยะเวลาสั้นเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใช้ในการทำงานแบบใช้ความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อ เช่น นักกีฬาฟุตบอล และนักวิ่งระยะสั้น เป็นต้น ความแตกต่าง

ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วทั้งสองชนิดนี้ก็คือ ชนิด IIa มีความอดทนในการหดตัวมากกว่า ในขณะที่ชนิด IIb จะหดตัวก่อนและเมื่อเกิดความเมื่อยล้าแล้วชนิด IIa ก็จะหดตัวแทนต่อไป นอกจากนั้นยังมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด IIc ซึ่งสามารถพัฒนาให้ทำงานได้ทั้งแบบเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวเร็ว และแบบเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวช้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการฝึก

ถึงแม้จะถือได้ว่านักกีฬาประเภทที่ใช้ความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อจะต้องมีเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วมากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าก็ตาม แต่เส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองลักษณะนี้ต่างก็มีความสำคัญต่อการพัฒนานักกีฬาในภาพรวมทั้งหมด เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วช่วยให้นักกีฬาสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็วในลักษณะเป็นแรงระเบิด เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวช้าจะทำหน้าที่รักษาความมั่นคงและท่าทางของนักกีฬาในขณะที่ทำการเคลื่อนไหวใดๆทำให้เป็นการเคลื่อนไหวที่สมบูรณ์

สโตน และบอร์เดน (Stone and Borden, 1997) สรุปว่าแนวคิดเกี่ยวกับกิจกรรมการฝึกที่เฉพาะเจาะจงเป็นสิ่งที่สำคัญอันดับแรกในการเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการฝึกโดยใช้แรงต้าน ซึ่งความเฉพาะเจาะจงนี้เกี่ยวข้องกับระบบพลังงานของร่างกาย และกลไกการเคลื่อนที่ของร่างกาย ในส่วนของกลไกการเคลื่อนที่ของร่างกายนั้น คำนึงถึงความคล้ายคลึงกันระหว่างกลไกการเคลื่อนที่ของร่างกายของกิจกรรมการฝึกกับกลไกการเคลื่อนที่ของร่างกายในขณะที่แสดงความสามารถออกมาในขณะแข่งขัน ซึ่งประกอบไปด้วยรูปแบบของการเคลื่อนที่แรงสูงสุด (Peak force) อัตราการพัฒนาแรงการเร่งความเร็วและอัตราเร็ว ดังนั้นถ้ากลไกการเคลื่อนที่ของร่างกายในขณะฝึกเหมือนกับในขณะแข่งขัน ก็จะมีการถ่ายโยงกลไกการเคลื่อนที่ของร่างกายได้มากขึ้น

ในการพัฒนากล้ามเนื้อของนักกีฬาที่ยังไม่เคยฝึกมาก่อนนั้น การฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้ความหนักในระดับสูงจะให้ประโยชน์มากกว่า ส่วนนักกีฬาที่มีประสบการณ์ในการฝึกมาแล้วจำเป็นต้องได้รับการฝึกให้กล้ามเนื้อออกแรงด้วยความเร็วสูง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มอัตราการพัฒนาแรง และความเร็วในการเคลื่อนที่

สำหรับอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อก็คือ น้ำหนักอิสระ (Free weights) ได้แก่ บาร์เบล (Barbell) ดัมพ์เบล (Dumbbell) ซึ่งสามารถจัดท่าฝึกให้ข้อต่อหลายๆ ข้อต่อได้ทำงานประสานกัน และทำให้กลไกการเคลื่อนที่ของร่างกายคล้ายคลึงกับกลไกการเคลื่อนที่ของร่างกายตามธรรมชาติ

โอ'เช (O'Shea, 2000) เสนอแนะว่า ในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังกล้ามเนื้อโดยการฝึกด้วยน้ำหนักนั้นจะต้องใช้ท่าฝึกในรูปแบบของกีฬา (Athletic type) ได้แก่ ท่าเพาเวอร์สแนทซ์ (Power snatch) ท่าเพาเวอร์คลีน (Power clean) ท่าพูล (Pulls) และ

ท่าแบกน้ำหนักย่อตัว (Squat) ซึ่งล้วนเป็นท่าฝึกที่ใช้การยืนที่เป็นอิสระ และใช้กลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ในการยก คุณค่าของการใช้ท่าฝึกเหล่านี้ก็คือ ความสามารถที่จะเลียนแบบการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่และแรงระเบิดที่ต้องการเมื่อมีการขี่จักรยาน วิ่ง ว่ายน้ำ กระโดด ทุ่ม พุ่ง ขว้าง ตี และการแทค (Tackling) โดยที่กล้ามเนื้อออกแรงในปริมาณที่เหมาะสมตลอดช่วงของการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วตามระยะทางและเวลาที่ต้องการของกีฬาแต่ละชนิด ซึ่งท่าฝึกในรูปแบบของกีฬานี้จะพัฒนาระบบประสาทสรีรวิทยา (Neurophysiological system) และระบบประสาทจิตวิทยา (Neuropsychological system) ซึ่งหาไม่ได้จากการฝึกเพาะกาย หรือการฝึกโดยใช้เครื่องมือฝึกด้วยน้ำหนักทั่วๆ ไป

นอกจากนั้นเส้นใยกล้ามเนื้อแบ่งออกเป็นสามกลุ่มด้วยกัน คือ

1.) เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวช้าแบบออกซิเดทีฟ (Slow – twitch oxidative)

2.) เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วแบบออกซิเดทีฟ (Fast – twitch oxidative) หรือเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วชนิดที่อดทนต่อความเมื่อยล้า (Fast –twitch fatigue resistant)

3.) เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วแบบไกลโคลไลติก (Fast – twitch glycolytic) หรือเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วชนิดที่เมื่อยล้าได้ง่าย (Fast – twitch fatigable)

ในการฝึกความแข็งแรงนั้น หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าแบบออกซิเดทีฟจะถูกระดมมาทำงานก่อน ทั้งนี้เนื่องจากมีขนาดเล็กและมีจุดเริ่มต้นของการกระตุ้นต่ำจากนั้นหน่วยยนต์ของ เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วแบบออกซิเดทีฟและหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วแบบไกลโคไลติกจะถูกระดมมาทำงานตามลำดับ ซึ่งลำดับของการระดมหน่วยยนต์ที่กำหนดขึ้นโดยหลักของขนาด (Size principle) นี้จะไม่ครอบคลุมถึงการเคลื่อนที่ที่ใช้พลังระเบิดสูงสุดของกล้ามเนื้อ การเคลื่อนที่ลักษณะเช่นนี้หน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะถูกระดมมาทำงานเป็นส่วนใหญ่และโอ'เช (O' Shea, 1989) ได้รายงานการศึกษาเกี่ยวกับเปอร์เซ็นต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิด ที่ถูกระดมมาทำงานในการยกน้ำหนักท่าแบกน้ำหนักย่อตัวของนักกีฬาที่ได้รับการฝึกมาแล้ว โดยใช้ความหนักที่ต่างกันตั้งแต่ 60 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม ดังนี้

ตารางที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์ของกล้ามเนื้อแต่ละชนิดที่ระดมมาทำงานในความหนักที่ต่างกัน

ชนิดของกล้ามเนื้อ	เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม				
	60	70	80	90	100
เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าแบบออกซิเดทีฟ	60%	40%	25%	15%	5%
เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วแบบออกซิเดทีฟ	30%	40%	40%	25%	25%
เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วแบบไกลโคไลติก	10%	20%	35%	60%	70%

ซึ่งโอ'เช สรุปผลจากการศึกษาครั้งนี้ว่า การฝึกความแข็งแรงที่ใช้ท่าฝึกในรูปแบบของกีฬานั้น ในการพัฒนาเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วแบบไกลโคไลติกจะต้องใช้ความหนักตั้งแต่ 70 เปอร์เซ็นต์ของหนึ่งอาร์เอ็มขึ้นไป ถ้าจะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วแบบไกลโคไลติกนี้ถูกระดมมาทำงานเป็น ส่วนใหญ่ก็ต้องใช้ความหนักตั้งแต่ 90 เปอร์เซ็นต์ของหนึ่งอาร์เอ็มขึ้นไป และมีการเคลื่อนที่ในลักษณะ พลังระเบิดสูงสุดของกล้ามเนื้อ

ฮัยดอค (Hydock, 2001) เสนอแนะว่า ในการพัฒนาพลังสูงสุดของกล้ามเนื้อและพลังอดทนของกล้ามเนื้อสำหรับนักกีฬาที่จำเป็นต้องใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ของการแข่งขันกีฬานั้น สามารถใช้ท่ายกน้ำหนักมาเป็นท่าฝึกได้เป็นอย่างดี ซึ่งในการยกน้ำหนักท่าคลีนแอนเจิร์ค (Clean and jerk) และท่าสแนทซ์ (Snatch) นั้นสามารถทำให้เกิดความหลากหลายได้โดยการเริ่มยกน้ำหนักจากระดับเหนือเข่า ระดับเข่า ใต้ระดับเข่า หรือจากพื้น ทั้งนี้จะต้องยกด้วยความเร็วสูงซึ่งพลังกล้ามเนื้อที่เกิดจากการฝึกด้วยท่ายกน้ำหนักนี้ จะมากกว่าพลังกล้ามเนื้อที่เกิดจากการฝึกด้วยท่าฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้กันตามประเพณีนิยม ซึ่งได้แก่ ท่าแบกน้ำหนักย่อตัว ท่านอนดันบนม้านั่ง และท่าเดดลิฟท์ (Dead lift) ซึ่งจะยกด้วยความเร็วต่ำสิ่งที่ถูกมองข้ามไปหรือไม่ให้ความสำคัญมากพอในขณะฝึกก็คือ ช่วงเวลาของการดึงน้ำหนัก (Pull movement) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สำคัญสำหรับการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ไม่ว่าจะฝึกด้วยท่าคลีนแอนเจิร์ค หรือท่าสแนทซ์ก็ตาม ช่วงเวลาของการดึงน้ำหนักเริ่มต้นจากการดึงครั้งที่ 1 (First pull) ด้วยการออกแรงดึงน้ำหนักขึ้นจากพื้นมาอยู่ที่ระดับเข่า โดยใช้กล้ามเนื้อเหยียดเข่าจากนั้นกล้ามเนื้อเหยียดสะโพกจะเริ่มทำงาน หัวเข่าก็จะงอลงอีกครั้งโดยอัตโนมัติเรียกช่วงเวลานี้ว่า ช่วงงอเข่าครั้ง

ที่ 2 (Second knee bend) และช่วงนี้เองร่างกายจะอยู่ในท่าเริ่มต้นที่สมบูรณ์ของการดึงครั้งที่ 2 (Second pull) ด้วยลักษณะเป็นแรงระเบิด

คาร์พ (Karp, 2001) กล่าวว่า มีหลักฐานที่ได้ให้ความเห็นว่าการระดมหน่วยยนต์ที่กำหนดขึ้นโดยหลักของขนาดนั้นจะมีการเปลี่ยนลำดับของการระดมหน่วยยนต์มาทำงานโดยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะถูกระดมมาทำงานก่อนเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้ช้าเมื่อกล้ามเนื้อหดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นหรือในขณะที่ทำงานอย่างรวดเร็ว สำหรับกล้ามเนื้อที่หดตัวแบบความยาวเพิ่มขึ้นนั้น การระดมหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการทำงานของกล้ามเนื้อซึ่งจะต้องทำงานด้วยความเร็วปานกลางจนถึงความเร็วสูงเท่านั้น

เบเกอร์ (Baker, 2001) กล่าวว่า ความหนักที่ใช้ในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปมีสองลักษณะ คือ จำนวนครั้งที่ยกได้มากที่สุด (Repetition maximum) และเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ยกได้มากที่สุดหนึ่งครั้ง (% of 1 RM) ส่วนความหนักที่ใช้ในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อก็อาจจะใช้ในลักษณะเปอร์เซ็นต์ของพลังกล้ามเนื้อที่ได้สูงสุด ดังนั้นความหนักที่ใช้ในการฝึกก็คือความหนักที่ทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อได้ใกล้เคียงกับพลังกล้ามเนื้อที่ได้สูงสุดเท่าที่จะทำได้ เพราะฉะนั้น ความหนักที่ทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อ 80 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ของพลังกล้ามเนื้อที่ได้สูงสุด อาจจะเป็นเพียงน้ำหนักแค่ 40 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ของหนึ่งอาร์เอ็ม

ในการกำหนดโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อนั้น โดยทั่วไปแล้วจะมีการปรับเปลี่ยนปริมาณการฝึกและความหนักของการฝึกภายในแต่ละสัปดาห์ ได้แก่ ถ้ากำหนดให้มีการฝึกสองวันต่อสัปดาห์ ก็จะกำหนดให้มีการฝึกด้วยความหนักระดับสูง และความหนักระดับต่ำอย่างละหนึ่งวัน ถ้ากำหนดให้มีการฝึกสามวันต่อสัปดาห์ก็จะกำหนดให้มีการฝึกด้วยความหนักในระดับสูง ความหนักในระดับปานกลางและความหนักในระดับต่ำอย่างละหนึ่งวัน เพื่อให้เกิดความแตกต่างในความหนักของการฝึก ซึ่งจะเกิดการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อที่ได้ผลดี

จากเรื่องการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อนั้นสามารถสรุปได้ว่า การพัฒนาพลังกล้ามเนื้อเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกับความเร็ว ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะพัฒนาคุณสมบัติทั้งสองนี้ให้เพิ่มมากที่สุดในเวลาเดียวกันได้ การฝึกพลังกล้ามเนื้อนั้นจึงมีวิธีฝึกดังนี้

1.) ให้กล้ามเนื้อออกแรงมากด้วยความเร็วต่ำโดยการฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้ความหนักระดับสูง

2.) ให้กล้ามเนื้อออกแรงปานกลางด้วยความเร็วสูง โดยการฝึกพลัยโอเมตริกที่ใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน

3.) ให้กล้ามเนื้อออกแรงปานกลางด้วยความเร็วปานกลาง โดยการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักโดยใช้น้ำหนักจากภายนอกเพิ่มเข้าไปด้วยความหนัก 30 – 45% ของความแข็งแรงสูงสุด

ซึ่งยุทธวิธีการฝึกที่เหมาะสมที่สุดนั้นจะต้องใช้การผสมผสานวิธีการฝึกแบบต่างๆเข้าด้วยกันไม่ใช้การฝึกวิธีการใดวิธีหนึ่งเพียงอย่างเดียว และในการฝึกเพื่อนำไปใช้ในกีฬานั้นจะต้องใช้ท่าฝึกที่ใกล้เคียงกับทักษะกีฬานั้นๆ ให้มากที่สุด

8. พลังอดทนของกล้ามเนื้อ

8.1 ความหมายของพลังอดทนของกล้ามเนื้อ

พลังอดทน (Power endurance) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะใช้พลังสูงสุดในการกระทำซ้ำกันหลายครั้ง โดยที่ความถี่และความเร็วของร่างกายไม่ลดลงหรือกระทำได้นานขึ้น (Bompa and Carrera, 2005)

พลังอดทนเป็นความสามารถในการใช้ความแข็งแรงและความเร็วในการทำงานที่ยาวนาน (พลังอดทน = ความแข็งแรง x ความเร็ว x ความไกลหรือความนาน) (O' shea, 2000)

พลังอดทนเป็นการทำงานแบบแอนแอโรบิก หรือ ระบบที่ไม่ใช้ออกซิเจน เช่น วิ่ง 200 ถึง 400 เมตร ว่ายน้ำ 100 เมตร ซึ่งจะใช้พลังงานในรูปเอทีพี-ซีพี และกรดแลคติก (McArdle et al., 1996)

พลังอดทนเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงสูงสุดภายใน 90 วินาที (Marcinik, 1988)

ชาร์กกี และแกสสกิล (Sharkey and Gaskill, 2006) กล่าวว่า พลังอดทนเป็นความสามารถในการปฏิบัติทักษะซ้ำๆโดยที่ความเร็วไม่ลดลง ซึ่งพลังอดทนส่วนใหญ่จะใช้จำนวนครั้งที่นักกีฬาสามารถปฏิบัติทักษะได้ภายในเวลากำหนดเป็นตัววัด โดยที่พลังอดทนสามารถแบ่งออกได้ 3 ชนิด ดังนี้

1.) พลังอดทนระยะสั้น (Short – term power endurance) ได้แก่ กีฬาที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างหนักในระยะเวลาสั้นๆ เช่น ทุ่มน้ำหนักวิ่งระยะสั้น หรือ กีฬาที่มีการเคลื่อนไหวแบบไม่ต่อเนื่อง เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล วอลเลย์บอล มวยปล้ำ เป็นต้น

2.) พลังอดทนระยะกลาง (Medium – term power endurance) ได้แก่ กีฬาที่กระทำซ้ำๆ ด้วยความหนักปานกลางในเวลาไม่กี่นาที เช่น การวิ่งระยะกลาง มวยปล้ำ ยิมนาสติก เป็นต้น

3.) พลังอดทนระยะยาว (Long – term power endurance) ได้แก่ กีฬาที่ใช้ความหนักเบาซ้ำๆจำนวนมาก ได้แก่ ปั่นจักรยานระยะไกล วิ่งระยะไกล รวมถึงกีฬาที่เคลื่อนไหวแบบไม่ต่อเนื่องที่ใช้เวลาในการแข่งขันนาน เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล เป็นต้น

จากเรื่องพลังอดทนของกล้ามเนื้อสามารถสรุปได้ว่า พลังอดทนของกล้ามเนื้อ เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะใช้พลังสูงสุดในการกระทำซ้ำกันหลายครั้ง โดยที่ความถี่และความเร็วของร่างกายไม่ลดลงหรือกระทำได้นานขึ้น ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ พลังอดทนระยะสั้น พลังอดทนระยะกลาง และพลังอดทนระยะยาว

8.2 การพัฒนาพลังอดทนของกล้ามเนื้อ

บอมพา (Bompa and Carrera, 2005) มีหลักการฝึกพลังอดทน โดยการฝึกด้วยน้ำหนักใช้ความหนักที่ 30 ถึง 50เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุดทำอย่างซ้ำๆ แต่ยังคงทำอย่างแรงระเบิด คือ กระทำด้วยจังหวะเร็วและแรงอย่างต่อเนื่อง 20 ถึง 30 ครั้ง โดยเริ่มที่จำนวนครั้งน้อยก่อน (12 – 15 ครั้ง) และเพิ่มขึ้นตามลำดับ ในการพัฒนาความอดทนของการฝึกความเร็วจะต้องเพิ่มจำนวนครั้งและจำนวนชุด ซึ่งนักกีฬาจะต้องมีจิตใจที่เข้มแข็งพอ ที่จะทนต่อความเมื่อยล้าและต้องมีความมุ่งมั่นทำให้เต็มที่และเมื่อทำหลายชุดจะมากขึ้นถึง 30 ถึง 60 ครั้ง ซึ่งจะต้องกระทำอย่างเร็วและแรง มิฉะนั้นจะไม่ได้พัฒนาพลังอดทนแต่อาจจะได้ในลักษณะของการฝึกเพื่อเสริมสร้างขนาดของกล้ามเนื้อ (Hypertrophy)

โอเช (O' Shea, 2000) ได้กล่าวถึง การฝึกพลังอดทนโดยใช้โปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนักแบบสลับช่วง โดยใช้การฝึกด้วยน้ำหนักแล้วตามด้วยการฝึกแบบแอนแอโรบิก 2 ถึง 3 นาที เช่น การขี่จักรยานการฝึกความแข็งแรงแบบเต็มช่วงของการเคลื่อนไหวและการฝึกพลังแบบแอนแอโรบิกจะเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาพลังอดทนแบบแรงระเบิดได้ การฝึกด้วยน้ำหนักแบบสลับช่วงจะใช้ท่าเพาเวอร์คลีน และท่าสควอทด้วยจำนวนครั้งมาก

โปรแกรมของการฝึกด้วยน้ำหนักแบบสลับช่วง (Interval weight training)

ระยะที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนักสลับช่วง

รอบที่ 1 ใช้ท่าเพาเวอร์คลีน

ชุดที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนัก 80 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 3 อาร์เอ็ม 10 ถึง 12 ครั้ง ขี่จักรยานหรือวิ่ง 2 ถึง 3 นาที ที่ระดับ 90 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ของชีพจรสูงสุด

พัก 2 ถึง 3 นาทีพร้อมยืดเหยียด ให้ชีพจรลงมาที่ 110 ครั้งต่อนาที

ชุดที่ 2 และ 3 ทำเหมือนชุดที่ 1

พัก 5 นาที

รอบที่ 2 ใช้ท่าสควอท

ชุดที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนัก 80 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ของ 3 อาร์เอ็ม 10 ถึง 12 ครั้ง ขี่จักรยานหรือวิ่ง 2 ถึง 3 นาที ที่ระดับ 90 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ของชีพจรสูงสุด

พัก 2 ถึง 3 นาทีพร้อมยืดเหยียด ให้ชีพจรลงมาที่ 110 ครั้งต่อนาที

ชุดที่ 2 และ 3 ทำเหมือนชุดที่ 1

พัก 5 นาที

ระยะที่ 2 ฝึกแบบหมุนเวียนสลับช่วง

ชุดที่ 1 ฝึกจำนวน 3 ถึง 4 ท่าๆละ 8 ถึง 12 ครั้ง พักระหว่างท่า 30 ถึง 60 วินาที ขี่จักรยานหรือวิ่ง 2 ถึง 3 นาที ที่ระดับ 90 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ของชีพจรสูงสุด

พัก 2 ถึง 3 นาทีพร้อมยืดเหยียด ให้ชีพจรลงมาที่ 110 ครั้งต่อนาที

ชุดที่ 2 และ 3 ทำเหมือนชุดที่ 1

การฝึกด้วยน้ำหนักสลับช่วง เพื่อพัฒนาพลังอดทนนั้น การฝึกสลับช่วง ถือได้ว่าเป็นการฝึกสมรรถภาพทางกายที่ดีวิธีหนึ่ง ซึ่งมีผู้กล่าวถึงเรื่องของการฝึกสลับช่วงไว้ว่า การฝึกด้วยน้ำหนักสลับช่วงเป็นการฝึกเพื่อพัฒนาพลังอดทนและความสามารถทางแอโรบิก โดยการฝึกให้ถึงระดับของจุดเริ่มล้า (Anaerobic threshold) ซึ่งวิธีการฝึกให้ถึงระดับจุดเริ่มล้าสามารถทำได้โดยการขี่จักรยาน วิ่ง หรือว่ายน้ำ โดยฝึกที่ระดับของการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดกรดแลคติกมากเกินไป ข้อดีอีกประการหนึ่งของการฝึกด้วยน้ำหนักสลับช่วง ก็คือ ช่วยพัฒนาการฟื้นตัว (Recovery fitness) ได้ดีอีกด้วย เพราะการฟื้นตัวที่รวดเร็วในระหว่างการฝึกหรือการแข่งขันจะทำให้สามารถฝึกด้วยความหนักสูงได้มากครั้งและยังทำให้การแข่งขันมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (O’ Shea, 2000)

ในการเล่นกีฬาประเภททีมหรือบุคคลนั้น นักกีฬาต้องการความสามารถในการใช้พลังสูงสุดเป็นจำนวนมากหลายครั้งติดต่อกัน เช่น ในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด(Sprint) ของนักฟุตบอล หรือ นักรักบี้ฟุตบอล ล้วนต้องการใช้พลังแบบแรงระเบิดซ้ำๆ กัน จนกว่าจะเสร็จสิ้นการแข่งขัน พลังที่ว่านี้คือ พลังอดทนซึ่งเป็นการแสดงความสามารถของร่างกายในการเคลื่อนไหวเพื่อไม่ให้ความถี่ในการก้าวเท้าและความเร็วในการวิ่งเสียไป การฝึกแบบนี้จะทำให้เกิดกรดแลคติกในระดับสูง ซึ่งอาจจะทำให้นักกีฬาเสียความสามารถในการฝึก ดังนั้นก่อนที่จะฝึกในชุดต่อไปจะต้องให้กรดแลคติกสลายไปอย่างน้อย 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนจังหวะและความเร็วของการฝึกจะต้องเร็วมากและให้เป็นแบบแรงระเบิด ถ้าผู้สอนไม่สังเกตดู หรือไม่เข้มงวด ก็จะไม่ได้ผล

ทางด้านพลังอดทนแต่จะเป็นการฝึกขนาดของกล้ามเนื้อไป จึงต้องจัดโปรแกรมการฝึกพลังอดทนของกล้ามเนื้อให้เหมาะสม

การกระโดดรีบาวน์ลูกในบาสเกตบอล การกระโดดตบลูกวอลเลย์บอล และการกระโดดแย่งลูกรักบี้ฟุตบอล การกระทำเหล่านี้ต้องใช้พลังและพลังอดทนเป็นหลักทั้งนั้น และชู (Chu, 1996) กล่าวว่า การฝึก ด้วยน้ำหนักเป็นการกระตุ้นให้ระบบประสาทตื่นตัวถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเตรียมพร้อมที่จะรับภาวะงานอื่นต่อไป โดยเฉพาะการฝึกด้วยน้ำหนักที่ปานกลางถึงสูง จำนวนครั้งน้อยจะช่วยกระตุ้นประสาทการเคลื่อนไหวได้อย่างดีและจะส่งผลไปยังการฝึกแบบอื่นๆอีกด้วย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และพลังกล้ามเนื้อ มีความสัมพันธ์กับระดับความสามารถของนักกีฬา (Bloomfield et al., 1994) จึงมีการใช้วิธีการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังกล้ามเนื้อก็เพื่อที่จะพัฒนาความสามารถในการออกแรงที่กระทำคู่ต่อสู้หรืออุปกรณ์กีฬาในจังหวะเวลาที่เหมาะสม ในความเร็วที่ต้องการและทิศทางที่ถูกต้อง นักกีฬาจะต้องรู้ตัวเองว่าจะต้องออกแรงมากน้อยแค่ไหนในการแข่งขัน นักกีฬาที่มีความแข็งแรงสูง ก็จะสามารถเคลื่อนไหวด้วยความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากกว่า (Dinitiman et al., 1998) พลังกล้ามเนื้อและความสามารถในการเคลื่อนไหวทางกีฬานั้นสามารถพัฒนาได้ดีที่สุด โดยการฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้ความหนักระดับสูงและพยายามยกในลักษณะแรงระเบิด ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาการทำงานของระบบประสาท ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการเคลื่อนไหวทางกีฬาดีขึ้น (Behm and Sale, 1993) เพราะการฝึกด้วยน้ำหนักทั่วไปนั้นมีผลทำให้พลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Adams et al., 1992; Wilson et al., 1993; Williams, 1999)

ในเรื่องของการพัฒนาพลังอดทนของกล้ามเนื้อสามารถสรุปได้ว่า การฝึกพลังอดทนสามารถทำได้โดยใช้ความหนัก 30 – 50 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุด โดยทำซ้ำกันอย่างต่อเนื่อง ด้วยความรวดเร็วที่สุด 20 – 30 ครั้ง โดยเริ่มทำที่จำนวน 12 – 15 ครั้ง และเพิ่มจำนวนขึ้นไปตามลำดับพัก 3 – 5 นาที หรืออาจใช้การฝึกด้วยน้ำหนักสลับช่วงโดยการฝึกด้วยน้ำหนักแล้วตามด้วยฝึกแบบแอนแอโรบิกอีก 2 – 3 นาทีเป็นอีกวิธีหนึ่งที่พัฒนาพลังอดทนได้ นอกจากนั้น ในการฝึกพลังอดทนผู้สอนควรให้ความสำคัญกับการพักระหว่างชุดของนักกีฬา เนื่องจากการฝึกแบบนี้จะทำให้เกิดกรดแลคติกในระดับสูง ซึ่งอาจจะทำให้นักกีฬาเสียความสามารถในการฝึก ดังนั้นก่อนที่จะฝึกในชุดต่อไปจะต้องให้กรดแลคติกสลายไปอย่างน้อย 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนจังหวะและความเร็วของการฝึกจะต้องเร็วมากและให้เป็นแบบแรงระเบิด ซึ่งถ้าผู้สอนไม่สังเกตดู หรือไม่เข้มงวด ก็จะไม่ได้ผลทางด้านพลังอดทนแต่จะกลายเป็นการฝึกขนาดของกล้ามเนื้อไป

9. ความคล่องแคล่วว่องไว

9.1 ความหมายของความคล่องแคล่วว่องไว

เคนท์ (Kent, 1994) ได้ให้ความหมายของความคล่องแคล่วว่องไวว่าคือ ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว โดยไม่เสียการทรงตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับพลังกล้ามเนื้อเวลาปฏิกิริยาการทำงานประสานกันของกล้ามเนื้อ และความอ่อนตัวของร่างกาย

บลูมฟิลด์ และคณะ (Bloomfeld et al., 1994) กล่าวว่า ความคล่องแคล่วว่องไว หมายถึง ส่วนประกอบที่สำคัญในการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนทิศทางของร่างกายรวดเร็วโดยไม่เสียการทรงตัว

บราวน์ (Brown, 2000) กล่าวว่า ความคล่องแคล่วว่องไว หมายถึง ความสามารถในการเร่งความเร็ว การชะลอความเร็ว การเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็วทั้งรักษาความสมดุลของร่างกาย โดยที่ความเร็วไม่ลดลง

ไรย์ลีย์ (Reilly, 2007) กล่าวว่า ความคล่องแคล่วว่องไว หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว โดยปราศจากการเสียสมดุล ซึ่งมีความสำคัญยิ่งในนักกีฬาฟุตบอลชั้นเลิศ เพราะความคล่องแคล่วว่องไวจะต้องใช้ในการเลี้ยงบอล หรือการรับ-ส่งบอล เมื่อบอลมาถึงเพื่อครอบครองลูกบอล หรือตอบสนองการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว

สุเนตร นวกิจกุล (2519) ได้กล่าวถึงความคล่องแคล่ว และการทำงานประสานกันว่า แม้ว่าการฝึกยกน้ำหนักจะกลายเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการสร้างสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาได้อย่างรวดเร็ว แต่ก็ยังมีผู้ฝึกหลายท่านมีความเชื่อกันว่า การฝึกยกน้ำหนักทำให้เกิดความเชื่องช้า ทำลายความคล่องแคล่วว่องไว และความสัมพันธ์ของนักกีฬา แต่การศึกษาอย่างละเอียดได้ชี้ให้เห็นว่าความเชื่องช้ามิได้เป็นผลเสียมาจากการฝึกยกน้ำหนัก และก็ไม่เสียในเรื่องความคล่องแคล่วว่องไวอีกด้วย

ความคล่องแคล่วว่องไว คือ ความสามารถในการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็วของร่างกายที่กำลังเคลื่อนไหว หรือส่วนของร่างกายที่เคลื่อนไหวอยู่ การทำงานประสานกันนั้นหมายถึงความสามารถที่รวมเอาการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อทั้งหมดเพื่อทำให้ประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวอย่างหนึ่งอย่างใดหรือการเคลื่อนไหวหลายๆ อย่าง ลักษณะการเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกับความคล่องแคล่วว่องไว ได้แก่ การหมุนตัวในบาสเกตบอล การหลบหลีกในฟุตบอล ซึ่งการ

เคลื่อนไหวทั้งหมดนี้ต้องใช้การควบคุมร่างกายและเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว ทักษะในการเคลื่อนไหวเหล่านี้สามารถที่ปรับปรุงได้โดยการฝึกหัดติดต่อกันไปเรื่อยๆ ซึ่งการฝึกยกน้ำหนักช่วยเกี่ยวกับความคล่องแคล่วว่องไวโดยการปรับปรุงสมรรถภาพทางกายของกล้ามเนื้อซึ่งเป็นของสำคัญต่อความคล่องแคล่วว่องไว และการยกน้ำหนักนี้จะช่วยเพิ่มความคล่องแคล่วว่องไวเนื่องจากช่วยปรับปรุงความแข็งแรง พลังกล้ามเนื้อ และความเร็วด้วย

จากเรื่องความหมายของความคล่องแคล่วว่องไวสามารถสรุปได้ว่า ความคล่องแคล่วว่องไว คือ ความสามารถในการเร่งความเร็ว การชะลอความเร็ว และการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว โดยที่ร่างกายไม่เสียการทรงตัว

9.2 **องค์ประกอบในการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไว**

การพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวนั้นมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ความเร็ว ในส่วนของความสามารถในการเร่งความเร็ว พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ ในส่วนของพลังระเบิดกล้ามเนื้อขา และความอ่อนตัว ในส่วนความอ่อนตัวแบบเคลื่อนที่ของสะโพก โดยมุ่งที่การพัฒนาเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ตัวเร็วแบบเอ เป็นหลักเพราะคุณสมบัติที่สำคัญของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้ คือ หดตัวได้เร็ว และมีความทนทานการทำกิจกรรมที่หนักและทำด้วยความเร็วสูง ซึ่ง โอ'เช (O'Shea, 2000) ได้กล่าวว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อเกิดจากการกระแสประสาทที่ส่งมาตามเส้นประสาทจนถึงส่วนที่รับกระแสประสาท (Motor end plate) ที่อยู่บนเส้นใยกล้ามเนื้อแล้วสั่งให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวเพื่อให้ร่างกายเคลื่อนไหว ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ มีดังนี้

1.) พันธุกรรมแม้ว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะขึ้นอยู่กับพันธุกรรมก็ตาม แต่การฝึกนั้นสามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ตามต้องการ

2.) ชนิดของกล้ามเนื้อมีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ถ้ากล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่แรงในการหดตัวก็จะมากขึ้นด้วย

3.) จำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อในการหดตัว การระดมหน่วยยนต์มีผลต่อความแรงของกล้ามเนื้อ เมื่อมีการระดมหน่วยยนต์มาก แรงในการหดตัวก็มากขึ้นด้วย

4.) ความเข้มข้นของสารละลายเอทีพี มีผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อเช่นเดียวกัน เมื่อมีสารละลายเอทีพีมาก แรงในการหดตัวก็จะมาก

5.) ความหนักของงาน เมื่อกล้ามเนื้อไม่มีแรงต้าน กล้ามเนื้อก็จะหดตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อความหนักของงานเพิ่มมากขึ้น ความเร็วในการหดตัวก็จะลดลงตามความหนักของงาน

6.) ระบบคานเคลื่อนไหว กระดูกนั้นทำหน้าที่เป็นคาน กล้ามเนื้อจะออกแรงให้กระดูกเคลื่อนไหวเมื่อมีแรงกล้ามเนื้อมาระบบคานก็จะดี จะส่งผลให้เกิดแรงอย่างมาก

7.) สภาพของกล้ามเนื้อ ถ้าจำนวนสารอาหารที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง หรือสภาพกล้ามเนื้อที่เกิดความเมื่อยล้า ความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะลดลง เพราะพลังงานที่ถูกใช้ไป ความล้าของกล้ามเนื้อจะทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อและการเผาผลาญเสียไป

บอมพา และ คาร์เรรา (Bompa and Carrera, 2005) ได้กล่าวว่า ความคล่องแคล่วว่องไว ประกอบด้วยองค์ประกอบของสรรถภาพทางกาย 4 ส่วนผสมผสานคือ การทำงานประสานกันของกล้ามเนื้อทุกส่วน (Coordination) พลังกล้ามเนื้อ (Power) ความเร็ว (Speed) และความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ (Flexibility) โดยที่องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายทั้ง 4 ส่วนนี้จะทำงานสนับสนุนซึ่งกันและกัน ในการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวนั้นสามารถพัฒนาได้โดยการฝึกองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1.) การทำงานประสานกันอย่างมีประสิทธิภาพของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ คือ การทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวแบบใดแบบหนึ่งซึ่งจำเป็นต่อกิจกรรมนั้นๆ

2.) พลังกล้ามเนื้อ คือ การที่มีพลังของกล้ามเนื้อที่ดีนั้นจะช่วยเพิ่มเติมความคล่องแคล่วว่องไวเพราะกล้ามเนื้อมีแรงมากในการที่จะสามารถออกแรงเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้อย่างรวดเร็ว โดยการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วต้องใช้พลังมาก เพื่อที่จะหยุดหรือเปลี่ยนทิศทางของร่างกาย และในการเร่งความเร็ว หรือการพุ่งออกตัวไปข้างหน้าต้องอาศัยพลัง แต่การที่จะมีพลังนั้นต้องมีความแข็งแรง และความเร็วด้วย ถ้ามีพลังกล้ามเนื้อไม่ดีก็จะทำให้การควบคุมแรงเฉื่อยของร่างกายจะเป็นไปได้ไม่ดี

3.) ความเร็ว ซึ่งคุณสมบัติส่วนหนึ่งที่ได้มาจากการถ่ายทอดทางพันธุกรรม และอีกส่วนหนึ่งได้มาจากการเรียนรู้หรือการฝึกหัดเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type II ซึ่งมีบทบาทหน้าที่รับผิดชอบในด้านความเร็ว และความแข็งแรงเนื่องจากเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้สามารถหดตัวได้อย่างรวดเร็ว และให้แรงตึงตัวได้สูงสุดสามารถทำงานได้ดีในช่วงระยะเวลาไม่เกิน 2 นาที ซึ่งความเร็วนั้นเป็นปรากฏการณ์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของการทำงานประสานกันของระบบ

ประสาทและกล้ามเนื้อ กล่าวคือการพัฒนาที่จะทำให้เกิดความเร็วได้นั้น ต้องเรียนรู้ลำดับขั้นตอนของการเคลื่อนไหวของร่างกาย ความเร็วของขานั้นขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quardriceps) และกล้ามเนื้อน่อง (Calf) ซึ่งมีส่วนช่วยในการพัฒนากำลังในแต่ละช่วงก้าวของการเคลื่อนไหว และความเร็วในการก้าวเท้าเคลื่อนที่

4.) ความอ่อนตัว การที่กล้ามเนื้อจะมีความอ่อนตัวได้มากนั้น หมายถึงการที่กล้ามเนื้อสามารถที่จะเคลื่อนไหวได้อย่างเต็มช่วงของการเคลื่อนไหว ซึ่งจะทำให้การเคลื่อนไหวเป็นไปได้อย่างราบเรียบและมีประสิทธิภาพ

เฉลิมวุฒิ อาภานุกูล (2548) ได้สรุปการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวนั้นสามารถพัฒนาได้โดยการฝึกในส่วนที่เป็นองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1.) การทำงานประสานกันของกล้ามเนื้อ ต้องพยายามให้เกิดการทำงานร่วมกันในการเคลื่อนไหวที่เป็นแบบหนึ่งแบบใดที่จำเป็นสำหรับกิจกรรมนั้นๆ นั่นคือ การฝึกซ้อมตามแบบเฉพาะแต่ละชนิดกีฬานั่นเอง เพื่อให้นักกีฬาได้เกิดความเคยชินกับรูปแบบการเคลื่อนไหวหรือท่าทางในการเคลื่อนที่ในชนิดกีฬานั้นๆ และสามารถแสดงศักยภาพออกมาได้เต็มที่ในขณะทำการแข่งขัน

2.) พลังกล้ามเนื้อ จะช่วยเพิ่มความคล่องแคล่วว่องไวได้ถ้าพลังกล้ามเนื้อไม่ดี การควบคุมแรงเฉื่อยของร่างกายจะเป็นไปได้ไม่ดี ตัวอย่างเช่น ในการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วย่อมต้องการกำลังอย่างมาก เพื่อทำให้ร่างกายหยุดหรือทำให้ร่างกายเปลี่ยนทิศทาง และในการพุ่งตัวไปข้างหน้าหรือการเร่งความเร็วซึ่งขึ้นอยู่กับพลังกล้ามเนื้อ ก็ย่อมต้องอาศัยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความเร็วด้วย

3.) เวลาปฏิกิริยา เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ตอบสนองต่อสิ่งที่มากระตุ้นนั้นมีความสำคัญอย่างมากต่อพัฒนาการความคล่องแคล่วว่องไว การตอบสนองอย่างรวดเร็วในสถานการณ์การแข่งขันกีฬาหรือการเคลื่อนไหวของฝ่ายตรงข้ามนั้นยิ่งตอบสนองได้รวดเร็วเท่าใดนั้นทำให้เราเกิดความได้เปรียบในการแข่งขัน และแก้ไขสถานการณ์ได้อย่างทันท่วงที

4.) ความอ่อนตัว การที่กล้ามเนื้อมีความอ่อนตัวมากนั้นย่อมหมายถึงการที่กล้ามเนื้อมีการเคลื่อนไหวเต็มช่วงการเคลื่อนไหว ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวราบเรียบและมีประสิทธิภาพ อีก

ทั้งการที่กล้ามเนื้อมีความอ่อนตัวดีนั้นยังช่วยลดความเสี่ยงในการบาดเจ็บจากการเล่นกีฬาหรือการแข่งขันได้ด้วย

จากเรื่ององค์ประกอบในการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวสามารถสรุปได้ว่า ในการที่จะพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวต้องมีการฝึกเพื่อพัฒนาองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1.) การทำงานประสานกันของกล้ามเนื้อ (Coordination)

2.) พลังกล้ามเนื้อ (Power)

3.) ความเร็ว (Speed)

4.) เวลาปฏิกิริยา (Reaction time)

5.) ความอ่อนตัว (Flexibility)

10. การฝึกแบบสลับช่วง (Interval training)

10.1 ความสำคัญของการฝึกแบบสลับช่วง

บีเคิล (Baechle, 1994) กล่าวว่า วิธีหนึ่งของการฝึกที่ช่วยให้มีการกระตุ้นของระบบการเผาพลาญพลังงานที่เหมาะสม คือ การฝึกแบบสลับช่วง ซึ่งการฝึกแบบสลับช่วงมีพื้นฐานแนวคิดที่ใช้การฝึกที่สามารถปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูง แต่เกิดความเมื่อยล้าที่เท่าหรือน้อยกว่าการฝึกแบบต่อเนื่อง (Continuous training) ตามทฤษฎีแล้วรูปแบบการเผาพลาญพลังงานของการออกกำลังกายและการพักสลับช่วงจะกระตุ้นการเผาพลาญพลังงานแบบแอโรบิก (Aerobic metabolism) ฟาสท์ไกลโคไลซิส (Fast glycolysis) และ ระบบฟอสฟาเจน (phosphagen system) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความรู้เกี่ยวกับแต่ละระบบพลังงานที่มีความสำคัญในระหว่างการออกกำลังกายและช่วงของการพัก

โดยการเลือกความหนักในการฝึก, ระยะเวลาในการฝึก และ การพักระหว่างช่วง ที่เหมาะสม ซึ่งทำให้ระบบพลังงานสามารถได้รับการฝึกที่เหมาะสม สิ่งที่ควรจะทราบอีกอย่างหนึ่งคือ ช่วงของการออกกำลังกายและพักระหว่างช่วง อาจจะเปลี่ยนแปลงได้จากการเปลี่ยนแปลงของสรีรวิทยาที่เปลี่ยนไประหว่างโปรแกรมการฝึก หรือ เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงในการขยายโปรแกรมของการฝึก (การวางแผนการฝึกระยะยาว: periodization)

การฝึกด้วยน้ำหนัก, การฝึกสปรินท์ และรูปแบบอื่นๆของการฝึกแบบแอนแอโรบิกสามารถเพิ่มการสะสมของฟอสฟาเจนและไกลโคเจน เพิ่มปฏิกิริยาไมโอคีเนส (Myokinase reaction) และ

เพิ่มการเผาพลาญแบบแอนแอโรบิก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเพิ่มขนาดที่รวดเร็วของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว (Fast twitch fibers)

พาวเวอร์ส และฮาวลีย์ (Powers and Howley, 2009) ได้กล่าวไว้ว่า การฝึกแบบสลับช่วง (Interval training) เป็นการออกกำลังกายที่แบ่งออกเป็นช่วงๆ โดยมีช่วงของการฟื้นสภาพในระหว่างการฝึก หรือการออกกำลังกาย การฝึกแบบสลับช่วงที่มีระยะเวลามาก จะส่งผลทำให้ร่างกายใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจน และส่งผลให้ร่างกายมีการพัฒนาความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนเพิ่มสูงขึ้น

วิลมอร์ และคอสทิล (Wilmore and Costill, 1994) ได้กล่าวไว้ว่า การฝึกแบบสลับช่วงเป็นการฝึกแบบเป็นช่วงซ้ำๆ กันโดยประกอบด้วยช่วงของการฝึกซึ่งมีความหนักที่สูง ร่วมกับช่วงของการพักสั้นๆ การฝึกแบบสลับช่วง จะส่งผลให้มีการพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจน เนื่องจากช่วงของการพักจะส่งผลทำให้ร่างกายมีการฟื้นสภาพการฝึกวิธีนี้จะช่วยความอดทนในการทำงานของร่างกายแบบใช้ออกซิเจนได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

โพลว์แมน และสมิธ (Plowman and Smith, 1997) ได้กล่าวถึงการฝึกแบบสลับช่วง คือ การออกกำลังกายในแบบแอโรบิกและ/หรือแอนแอโรบิกที่กำหนดเลือกใช้องค์ประกอบใน 3 ประการ คือ การกำหนดช่วงของการปฏิบัติงาน เวลาที่กำหนด และจำนวนเวลาที่กำหนดสำหรับการฟื้นตัวจากการปฏิบัติงานก่อนที่จะปฏิบัติการฝึกซ้ำในช่วงต่อไป การฝึกแบบนี้ส่วนมากจะใช้ในโปรแกรมฝึกเพื่อการแข่งขันของกีฬาชนิดต่างๆ เช่น บาสเกตบอลวิ่งระยะสั้นและระยะกลาง เป็นต้น การฝึกรูปแบบนี้จะประกอบด้วยช่วงฝึกที่มีความเข้มข้นสูงสลับกับช่วงหยุดพัก ซึ่งหมายถึงการปฏิบัติกิจกรรมการฝึกที่มีความเข้มข้นระดับหนึ่งซ้ำๆ กันเป็นช่วง หรือเป็นรอบ หรือเป็นเซต โดยแต่ละช่วงของการฝึกจะมีช่วงพัก ซึ่งอาจใช้เวลาที่เท่ากันกับเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการฝึก หรืออาจจะใช้เวลามากกว่าเล็กน้อย ในระหว่างช่วงการหยุดพัก สารเคมีที่ทำให้เกิดอาการล้าจะมีโอกาสถูกจำกัดออกไปได้มากขึ้น และสิ่งที่เป็นต้นตอของพลังงานใหม่ก็จะถูกนำเข้ามาใช้ในกล้ามเนื้อ ยกตัวอย่างเช่น การฝึกของนักวิ่งระยะทาง 1,500 เมตร อาจใช้วิธีฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งเป็นระยะทาง 400 เมตร ในเวลา 60 วินาที เป็นจำนวน 8 เที่ยว โดยมีการหยุดพักระหว่างการวิ่งในแต่ละเที่ยวเป็นเวลา 3 นาที เป็นต้น

ความคิดเกี่ยวกับการฝึกแบบสลับช่วง ได้เกิดขึ้นเป็นเวลานานหลายสิบปีมาแล้ว และได้มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงรูปแบบที่ได้กำหนดใช้ช่วงระยะเวลาของการปฏิบัติกิจกรรมในช่วงสั้นๆ จนถึงช่วงนานปานกลาง มาเป็นรูปแบบที่กำหนดใช้ช่วงเวลาของการหยุดพักจากระยะสั้นถึงระยะทางปานกลาง หรือใช้วิธีลดความหนักของงานลงมาแทนการหยุดพัก เป็นต้น ความคิด

เกี่ยวกับการฝึกแบบนี้จะมีรากฐานจากการอาศัยหลักการทางสรีรวิทยา ซึ่งวิลมอร์ และคอสทิล (Wilmore and Costill, 1994) ได้สรุปว่า มีผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นว่านักกีฬาจะสามารถปฏิบัติงานได้มากขึ้น โดยการหยุดพักการปฏิบัติงานเป็นช่วงเวลาสั้นๆ หรือโดยการลดปริมาณของการฝึกลง หรือโดยการกระจายความเข้มข้นของงาน และการหยุดพักเป็นช่วงๆ สลับกันอย่างต่อเนื่องและเหมาะสม โดยปกติช่วงการฝึกและช่วงการหยุดพักจะมีความเท่ากัน และสามารถใช้ระยะเวลาได้หลากหลาย นับตั้งแต่จำนวนหลายวินาทีไปจนถึง 5 นาที หรือมากกว่า มีข้อเสนอแนะว่า โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงควรจะมีการใช้ระยะเวลาทั้งแบบช่วงสั้นและแบบช่วงยาว เพื่อให้ได้รับการฝึกอย่างหลากหลายในการเพิ่มสมรรถภาพทั้งทางแอโรบิกและแอนแอโรบิก

เหตุผลพื้นฐานสำหรับการนำวิธีฝึกแบบสลับช่วงมาใช้ในโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายทั่วไปและประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของกีฬานั้น มีข้อสันนิษฐานที่สำคัญ 2 ประการ คือ ประการแรก การฝึกแบบสลับช่วงเป็นการฝึกที่ดีกว่าการฝึกแบบต่อเนื่องในด้านการปรับตัวของระบบประสาทที่มีต่อการเคลื่อนไหวที่ใช้ในการแข่งขัน ประการที่สอง การฝึกแบบสลับช่วง จะทำให้มีระดับความเข้มข้นของการฝึกอยู่ในขอบเขตของการเผาพลาญพลังงานในแบบแอโรบิกได้มากกว่า ข้อสันนิษฐานทั้งสองประการนี้จะอยู่บนพื้นฐานความจริงว่า นักกีฬาจะไม่สามารถรักษาความเข้มข้นของการฝึก ให้อยู่ในระดับเดียวกับการแข่งขันได้ตลอดเวลาของการฝึกแบบต่อเนื่องนี้เพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการแบบสลับช่วงและการฝึกแบบต่อเนื่องที่มีต่อความอดทนทางแอโรบิก ซึ่งโดยทั่วไปแสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ข้อได้เปรียบของการฝึกแบบสลับช่วง ก็คือ สามารถใช้ระยะเวลาในแต่ละช่วงของการฝึกได้อย่างหลากหลาย ซึ่งอาจทำให้ลดความน่าเบื่อหน่ายลงได้มากกว่าการฝึกรูปแบบอื่น แต่มีข้อเสียเปรียบที่สำคัญของการฝึกแบบสลับช่วง คือ จะต้องใช้ระยะเวลารวมทั้งหมดยาวนานมากขึ้น จึงจะเสร็จสิ้นการฝึกโดยสมบูรณ์ และอาจมีผลลัพธ์ในทางตรงข้ามกัน ต่อผู้ที่มีความมุ่งมั่นในการฝึกอย่างจริงจังเป็นระยะเวลานานๆได้

จากความสำคัญของการฝึกแบบสลับช่วงสามารถสรุปได้ว่า การฝึกแบบสลับช่วงเป็นการฝึกแบบเป็นช่วงซ้ำๆ กันโดยประกอบด้วยช่วงของการฝึกซึ่งมีความหนักที่สูง ร่วมกับช่วงของการพักสั้นๆ โดยมีพื้นฐานแนวคิดที่ใช้การฝึกที่สามารถปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูงกว่า แต่เกิดความเมื่อยล้าที่เท่าหรือน้อยกว่าการฝึกแบบต่อเนื่อง ซึ่งการฝึกแบบสลับช่วงเป็นวิธีหนึ่งของการฝึกที่ช่วยให้มีการกระตุ้นของระบบการเผาพลาญพลังงานที่เหมาะสม และสามารถออกแบบการฝึกให้มีความเฉพาะกับรูปแบบและสถานการณ์ที่ใช้ในการแข่งขันของแต่ละชนิดกีฬาได้ โดย

คำนึงถึงองค์ประกอบใน 3 ประการ คือ การกำหนดช่วงของการปฏิบัติงาน เวลาที่กำหนด และจำนวนเวลาที่กำหนดสำหรับการฟื้นตัวจากการปฏิบัติงานก่อนที่จะปฏิบัติการฝึกซ้ำในช่วงต่อไป

10.2 หลักการออกแบบโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วง

บีเคิล (Baechle, 1994) ได้เสนอรูปแบบการวางแผนการฝึกแบบสลับช่วงและการพักระหว่างช่วงตามความสัมพันธ์กับพลังสูงสุดและเวลาในการพักฟื้นสารตั้งต้น (ฟอสฟาเจน) ไว้ ดังนี้

ตารางที่ 8 แสดงระบบพลังงานสำคัญที่ใช้ในแต่ละช่วงการฝึกตามระยะเวลา

เปอร์เซ็นต์ของพลังสูงสุด	ระบบพลังงานสำคัญที่ใช้	ช่วงเวลาของการฝึก	อัตราระหว่างเวลาฝึกและเวลาพัก
90 – 100	ฟอสฟาเจน	5 – 10 วินาที	1:12 - 1: 20
75 – 90	ฟาสท์ไกลโคไลซิส	15 – 30 วินาที	1: 3 – 1: 5
30 – 75	ฟาสท์ไกลโคไลซิสและออกซิเดทีฟ	1 – 3 นาที	1: 3 – 1: 4
20 – 35	ออกซิเดทีฟ	มากกว่า 3 นาที	1: 1 – 1: 3

วาเธน และ โรล (Wathen and Roll, 1994) กล่าวว่า การฝึกแบบสลับช่วงนั้นสามารถใช้การวิ่ง, การว่ายน้ำ หรือ การฝึกแบบมีแรงต้านมาเป็นกิจกรรมในการฝึก โดยที่การฝึกแบบสลับช่วงที่มีระยะของช่วงฝึกน้อยกว่า 30 วินาที จะต้องให้มีระยะเวลาการพักระหว่างช่วงประมาณ 3 เท่าของระยะเวลาที่ใช้ในช่วงฝึก ซึ่งการฝึกรูปแบบนี้จะมีการพักที่ไม่เต็มที่ระหว่างช่วงของการฝึกและโดยทั่วไปจะฝึกในระหว่างช่วงกลาง ถึง หลังจากช่วงเตรียมความพร้อมในช่วงปิดฤดูกาล และเมื่อช่วงฤดูกาลแข่งขันใกล้เข้ามา รูปแบบการฝึกสลับช่วงก่อนฤดูการแข่งขันจะประกอบด้วยการพักแบบยาวระหว่างช่วงเพื่อเอื่อต่อการใช้ความหนักเกือบสูงสุดในการฝึก โดยที่นักกีฬาควรมีการพักระหว่างช่วงอย่างเต็มที่ ซึ่งอัตราระหว่างช่วงเวลาของการฝึกและช่วงเวลาของการพักอาจเป็น 1: 6 สำหรับการฝึกแบบสลับช่วงที่มีช่วงการฝึกสั้นๆ

สำหรับการฝึกที่เกี่ยวข้องกับระบบกรดแลคติกโดยทั่วไปจะใช้อัตราระหว่างช่วงเวลาของการฝึกและช่วงเวลาของการพักเป็น 1: 2 ซึ่งนักกีฬาจะไม่ได้รับการอย่างเต็มที่ระหว่างช่วง แต่นักกีฬาที่ทำการฝึกรูปแบบนี้ จะที่ความสามารถดีขึ้นในการทนต่อการเพิ่มขึ้นในความเข้มข้นของกรดแลคติก การฝึกรูปแบบนี้สามารถไปปรับใช้กับกิจกรรมได้หลายรูปแบบเช่น การวิ่ง การขี่จักรยานการว่ายน้ำ เป็นต้น

นักกีฬาหลายประเภทที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่ใช้ความแข็งแรงและพลัง เช่น ฟุตบอล เบสบอล บาสเกตบอล วอลเลย์บอล จะใช้ประโยชน์จากระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกทั้งสองระบบนี้ในการให้พลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆระหว่างการแข่งขัน ซึ่งการฝึกแบบสลับช่วงนั้นควรจะประกอบด้วยการฝึกการเผาพลาญพลังงานของทั้งสองระบบนี้เป็นส่วนใหญ่

นอกจากนั้น วาเธน และ โรล (Wathen and Roll, 1994) ยังได้ทำการแนะนำการกำหนดรูปแบบการฝึกแบบสลับช่วงไว้ ดังนี้

ตารางที่ 9 แสดงการกำหนดรูปแบบการฝึกแบบสลับช่วงตามระบบพลังงานหลัก

การฝึกแบบสลับช่วง (Interval Training)	ระยะสั้น (Sprint)	ระยะกลาง (Mid - Distance)	ระยะไกล (Distance)
ระบบพลังงานหลักที่เกี่ยวข้อง	ฟอสเฟท	กรดแลคติก	ออกซิเจน
ระยะเวลาช่วงฝึก (วินาที)	10 – 30	30 – 120	120 – 300
ระยะเวลาช่วงพัก (วินาที)	30 – 90	60 – 140	120 – 310
ช่วงฝึก : ช่วงพัก	1 : 3	1 : 2	1 : 1
จำนวนครั้ง	25 – 30	10 – 20	3 – 5

เจริญ กระบวนรัตน์ (2545) ได้แบ่งการฝึกแบบสลับช่วงยังออกเป็น 3 ระยะ คือ

1.) การฝึกแบบสลับช่วงระยะยาว (Long – interval training) โดยใช้ระยะเวลาในการฝึกแต่ละช่วง 2 ถึง 5 นาที ซึ่งจะใช้พลังงานส่วนใหญ่จากระบบแอโรบิก

2.) การฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง (Intermediate – interval training) โดยใช้ระยะเวลาในการฝึกแต่ละช่วง 30 วินาที ถึง 2 นาทีซึ่งจะใช้พลังงานส่วนใหญ่จากระบบแลคติก

3.) การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น (Short – interval training) โดยใช้ระยะเวลาในการฝึกแต่ละช่วง 5 ถึง 30วินาที ซึ่งจะใช้พลังงานส่วนใหญ่จากระบบเอทีพี – ซีพี

เอลเลียต (Elliott,1999) กล่าวว่า ความยาวนานของการออกกำลังกายคือสิ่งที่สำคัญที่ทำให้มีการสะสมของแลคเตท (Lactate) ในเลือดและในกล้ามเนื้อ ถ้าระยะเวลาในการออกกำลังกายอยู่ระหว่าง 10 – 20 วินาที จะทำให้มีระดับแลคเตทในเลือดและกล้ามเนื้อเกิดขึ้นสูงกว่าในขณะพักอยู่เล็กน้อย และถ้าเป็นการออกกำลังกายที่มีระยะเวลานานขึ้นเป็น 60 – 100 วินาที ค่าแลคเตทก็จะมีความเข้มข้นสูงมากขึ้น แต่การตอบสนองทางด้านกระบวนการเผาพลาญ

พลังงานในระหว่างการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นนี้ยังพบว่ามีความสัมพันธ์กับระยะเวลาของการหยุดพักในแต่ละช่วงของการออกกำลังกายอีกด้วย แลคเตทในเลือดจะถูกสะสมเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องถ้าการออกกำลังกายนั้นมีระยะเวลาหยุดพักนานแค่ 10 วินาที แต่จะมีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กเท่านั้นถ้ามีระยะเวลาการหยุดพักนาน 30 วินาที ภายหลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน 5 นาที ระดับความเข้มข้นของซีพีที่เคยมีเหลืออยู่เพียง 40 เปอร์เซ็นต์ของขณะพักก็จะมีเหลืออยู่เพิ่มมากขึ้นเป็นประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์หลังจากที่มีการหยุดพักเป็นเวลานาน 15 วินาที

ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนากุล (2552)กล่าวว่า การฝึกแบบสลับช่วง สามารถแบ่งลักษณะความแตกต่างที่สำคัญตามระบบการใช้พลังงานออกได้เป็น 3 ชนิด คือ ชนิดแอโรบิก ชนิดแอนแอโรบิก และชนิดผสมระหว่างแอโรบิกและแอนแอโรบิก ซึ่งมีลักษณะ ดังนี้

1.) การฝึกชนิดแอโรบิก จะประกอบด้วยกิจกรรม เช่น การวิ่งและว่ายน้ำ ที่มีการฝึกซ้ำๆ ด้วยระยะทางสั้นๆ โดยใช้ความเร็วต่ำกว่าความเร็วที่ใช้ในการแข่งขันพอสมควร และใช้ช่วงระยะการพักเป็นเวลาสั้นๆ เพียง 5 – 15 วินาที เช่น นักกีฬาประเภทวิ่ง 10 กิโลเมตรจะต้องใช้วิธีฝึกด้วยระยะทาง 400 เมตร เป็นจำนวน 20 เที่ยว โดยใช้อัตราความเร็วในการวิ่งต่ำกว่าความเร็วที่ใช้ในการแข่งขันจริงประมาณ 5 – 6 วินาทีต่อนาที ซึ่งการฝึกเช่นนี้จะอยู่ในระดับประมาณ 65 – 75 เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

2.) การฝึกชนิดแอนแอโรบิก เป็นการฝึกที่มีความเข้มข้นมากกว่าชนิดแอโรบิก คือต้องพยายามใช้ความเร็วในการวิ่งให้มากกว่าความเร็วที่ใช้ในการแข่งขันจริง แต่ระยะทางในการฝึกวิ่ง แต่ละช่วงจะต้องสั้นกว่าระยะทางที่แข่งขันจริงและแต่ละช่วงพักจะใช้เวลานานประมาณ 2 นาที อัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน จะคล้ายกับการฝึกชนิดที่อยู่ระหว่างแอโรบิก และแอนแอโรบิก แต่จะมีค่าแลคเตทในเลือดสูงกว่า

3.) การฝึกชนิดที่อยู่ระหว่างแอโรบิกและแอนแอโรบิกจะเป็นการฝึกที่ใช้ความเร็วเกือบเท่ากับความเร็วที่ใช้ในการแข่งขัน ซึ่งการฝึกเช่นนี้จะต้องใช้พลังงานอยู่ระหว่าง 80 – 95 เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด หรือมีอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ระหว่าง 80 – 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด แต่ช่วงของงานที่ปฏิบัติในแต่ละช่วงจะมีระยะทางสั้นกว่าและมีระยะเวลาการพักยาวนานมากขึ้น คือ อยู่ระหว่าง 60 – 90 วินาที

การฝึกชนิดแอโรบิกจะช่วยสร้างรากฐานความอดทนทางแอโรบิกได้อย่างมาก การฝึกที่อยู่ระหว่างแอโรบิกและแอนแอโรบิกจะช่วยพัฒนาความเร็วและการรับรู้ความรู้สึกของอัตราความเร็วที่ใช้ในการแข่งขัน ส่วนการฝึกชนิดแอนแอโรบิกจะช่วยพัฒนาความแข็งแรงของขา

เพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันตัวเองของกล้ามเนื้อ และเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดแลคเตทออกจากกล้ามเนื้อ

ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนากุล (2552) ได้กล่าวถึงคำนิยามที่มีการใช้ในการฝึกแบบสลับช่วง ประกอบด้วย คำว่า

1.) เซต (Set)

2.) จำนวนของการปฏิบัติซ้ำ (Repetition)

3.) จำนวนเวลาที่ใช้ฝึก (Training time)

4.) ระยะทางของการฝึก (Training distance)

5.) ความถี่ของการฝึก

6.) ช่วงปฏิบัติงานฝึกและช่วงหยุดพัก (Work interval and rest) หรือช่วงฟื้นตัว หรือช่วงงานที่เบาลง

สอดคล้องกับองค์ประกอบที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะ ของการฝึกแบบสลับช่วง ดังนี้ คือ

1.) ช่วงระยะเวลาหรือระยะทางที่ใช้ในการฝึก

2.) ช่วงระยะเวลาหรือระยะทางที่ใช้ในการพักฟื้นร่างกาย

3.) ความหนักและระดับความเร็วที่ใช้ในการฝึก

4.) จำนวนครั้งที่กระทำต่อเซต และจำนวนเซตที่ทำการฝึก

5.) กิจกรรมที่กระทำในระหว่างช่วงพักฟื้นสภาพร่างกาย

6.) สภาพภูมิประเทศที่ใช้ในการฝึก เช่น วิ่งลงเนิน วิ่งบนพื้นทราย วิ่งริมชายหาด วิ่งในลู่วิ่ง

จากองค์ประกอบดังกล่าวข้างต้นนี้ ช่วยให้สามารถจัดโปรแกรมการฝึกซ้อมที่จะนำไปสู่การพัฒนาความอดทนได้หลากหลายรูปแบบทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการพิจารณาปรับตัวแปรข้อใดใน 6 ข้อดังกล่าว

ตัวอย่างโปรแกรมการฝึกจากองค์ประกอบ 6 ข้อดังกล่าว เช่น ระยะทางที่ใช้ในการฝึกวิ่ง 200 เมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการพักฟื้นสภาพร่างกาย 200 เมตร หรือ ความหนักในการฝึกให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงระดับ 180 ครั้งต่อนาที ปรับเพิ่มจำนวนครั้งที่กระทำต่อเซตตามความก้าวหน้าของนักกีฬา ช่วงการพักฟื้นของสภาพร่างกายให้วิ่งเหยาะ 90 วินาที เพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจปรับลดลงสู่ระดับ 120 ครั้งต่อนาที สภาพภูมิประเทศที่ใช้ในการฝึกใช้การฝึกในลู่วิ่ง (Track)

การฝึกแบบสลับช่วงจะสามารถใช้ได้กับนักกีฬาหรือกิจกรรมเกือบทุกชนิด โดยการเลือกรูปแบบหรือวิธีปฏิบัติ และปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับกีฬาและนักกีฬา ซึ่งมีตัวแปรต่างๆ ที่จะต้องปรับให้เหมาะสมกับนักกีฬาแต่ละคน คือ

1.) อัตราความหนักของงานและระยะทาง หรือเวลาที่ฝึกปฏิบัติแต่ละช่วง

2.) จำนวนครั้งของการปฏิบัติซ้ำ และจำนวนเซตของแต่ละช่วงฝึก

3.) จำนวนเวลาที่ใช้ในการพัก หรือฟื้นตัว หรือการลดงานให้เบาลง

4.) ชนิดของกิจกรรมที่กำหนดให้ปฏิบัติในแต่ละช่วงพัก

5.) ความถี่ของการฝึกต่อสัปดาห์

วิธีที่ใช้ตรวจสอบความหนัก หรือความเข้มข้นของงานฝึกมีอยู่หลายวิธี แต่วิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ตรวจสอบความเข้มข้นของการปฏิบัติกิจกรรมในรูปแบบใดๆ ได้ ก็คือ การใช้อัตราชีพจร (อัตราการเต้นของหัวใจ) ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหัวใจชาวเยอรมันชื่อ เรนเดล (Reindell) ซึ่งเป็นผู้พัฒนาเทคนิคการฝึกแบบสลับช่วงจนได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายมาตั้งแต่ช่วงก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้ให้คำแนะนำว่า ถ้าเป็นการฝึกเพื่อพัฒนาความพร้อมของนักกีฬาเยาวชนในประเภทอดทน ควรใช้ระยะเวลา 30 – 70 วินาทีในช่วงระยะของการปฏิบัติงานเพื่อทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ 180 ครั้งต่อนาที และต้องต่อด้วยช่วงของการพักเพื่อฟื้นตัว เป็นเวลานานพอที่จะทำอัตราการเต้นของหัวใจลดลงมาอยู่ที่ 120 ครั้งต่อนาที (Shephard, 1994)

เจริญ กระบวนรัตน์ (2545) ได้นำอัตราการเต้นของชีพจรมาใช้เป็นเกณฑ์กำหนดความหนักในการฝึก คือ ในช่วงหนักของการฝึกความหนักที่กำหนด (ระยะทาง x ความเร็ว) ควรมีผลทำให้อัตราการเต้นของชีพจรสูงสุดอยู่ระหว่าง170-180 ครั้งต่อนาที ภายหลังการเสร็จสิ้นการฝึกในช่วง 10 วินาทีแรก หลังจากนั้นประมาณ 90 วินาที อัตราการเต้นของชีพจรควรลดลงเหลือประมาณ 120 - 130 ครั้งต่อนาที ที่สำคัญคือ เวลาที่ใช้ในการฝึกช่วงหนักหรือการวิ่งแต่ละเที่ยวไม่ควรเกิน 90 วินาที เช่น การฝึกวิ่งระยะทาง 400 เมตร จำนวน 10 เที่ยว แต่ละเที่ยวกำหนดให้นักกีฬาวิ่งอยู่ในเวลา 60 วินาที สลับกับช่วงเบา หรือช่วงพักด้วยการวิ่งเหยาะๆ ประมาณ 90 วินาที หลังจากนั้นจึงเริ่มวิ่งในเที่ยวต่อไป แต่ภายหลังจากช่วงการพักหรือช่วงเบาผ่านไป 90 วินาทีแล้ว อัตราการเต้นของชีพจรยังคงเต้นเกินกว่า 140 ครั้งต่อนาที การวิ่งในเที่ยวต่อไปจะต้องลดระยะทางหรือความเร็วลง เพื่อไม่ให้นักกีฬาต้องฝึกหนักเกินไป (Over training) การกำหนดความเข้มข้นของงานฝึกอีกวิธีหนึ่งคือ การกำหนดจำนวนเวลาตามระยะทางที่ใช้ในการฝึกโดยเฉพาะ เช่น ใช้เวลา 30 วินาที สำหรับการฝึกวิ่งในระยะทาง 200 เมตร เป็นต้น

วิลมอร์ และ คอสทิล (Wilmore and Costil, 1988) ค้นพบวิธีง่ายๆ สำหรับการกำหนดจำนวนเวลาของการวิ่งให้ได้ตามระยะทางที่ต้องการได้ดังนี้

1.) ถ้าเป็นการฝึกวิ่งด้วยระยะทางตั้งแต่ 50 – 200 เมตร เวลาที่กำหนดจะบวกเพิ่มขึ้นจากเวลาที่เร็วที่สุด ที่นักกีฬาสามารถกระทำได้ตามระยะทางนั้นเป็นจำนวนตั้งแต่ 1.5 – 5 วินาที ตามลำดับ

2.) ถ้าเป็นการฝึกด้วยระยะทาง 400 เมตร จะใช้เวลา 1 ใน 4 ของความเร็วสูงสุดที่นักกีฬาทำได้ในการวิ่ง 1,500 เมตร และหักลบด้วยเวลา 1 – 4 วินาที เช่น ถ้าการวิ่ง 1,500 เมตร สามารถทำเวลาได้ดีที่สุด 5 นาที (300 วินาที) เวลา 1 ใน 4 ของ 300 คือ 75 วินาที และลบออกอีก 4 วินาทีจะเหลือเท่ากับ 71 วินาที

3.) กรณีการฝึกที่ใช้ระยะทางแต่ละช่วงมากกว่า 400 เมตรนั้น ในแต่ละระยะทางของ 400 เมตร จะต้องวิ่งให้ได้ความเร็วเท่ากับเวลาโดยเฉลี่ยของทุกช่วง 800 เมตรของการวิ่ง 5,000 เมตร ที่นักกีฬาทำเวลาได้ดีที่สุด และลบออกด้วยเวลา 4 วินาที เช่น กรณีที่กำหนดช่วงฝึกช่วงละ 800 เมตร และมีเวลาในการวิ่ง 5,000 เมตรที่ดีที่สุด คือ 15 นาที (900 วินาที) ซึ่งเฉลี่ยเท่ากับเมตรละ 0.18 วินาที (900 ÷ 5,000 = 0.18) ดังนั้น เวลาที่ใช้ในการวิ่งแต่ละช่วง 800 เมตร จะเท่ากับ 144 วินาที (0.18 x 800 = 144)

กรณีการกำหนดระยะทางของการฝึก (งานที่กระทำในแต่ละช่วง) อาจจะมีความแตกต่างกันนับตั้งแต่การใช้ระยะทางเพียง 20 – 30 เมตร ไปจนถึงระยะทางจำนวนหลายกิโลเมตร ระยะทางของการฝึกจะขึ้นอยู่กับชนิดกีฬาแต่ละชนิด ตัวอย่างกีฬาที่ใช้ระยะทางฝึกแบบสั้นๆ คือ การวิ่งระยะสั้น บาสเกตบอล ฟุตบอล เป็นต้น ซึ่งอาจจะใช้ระยะทางตั้งแต่ 30 – 200 เมตร (ถึงแม้ว่านักวิ่งระยะทาง 200 เมตร อาจจะมีการฝึกด้วยระยะทางที่มากกว่านี้ คือ 300 – 400 เมตรอยู่บ่อยๆ ก็ตาม) ในนักวิ่งประเภท 1,500 เมตร อาจจะใช้ระยะทางฝึกที่สั้นที่สุด คือ ช่วงละ 200 เมตรก็ได้ แต่ส่วนใหญ่นักกีฬาเหล่านี้มักจะฝึกเป็นช่วงๆ ด้วยระยะทาง 400 800 และ 1,500 เมตร หรือบางครั้งอาจจะใช้ระยะทางที่มากกว่านี้ ในกรณีการใช้ระยะทางที่มากเกินกว่าปกติ อาจเป็นเพราะนักกีฬาต้องการยืดระยะทางของช่วงฝึกให้มากกว่าระยะทางที่ใช้ในการแข่งขันตามปกติ ในทางทฤษฎี การฝึกชนิดนี้จะยอมรับให้นักกีฬาใช้ระยะทางการฝึกได้ตามที่ใช้จริงในการแข่งขัน และด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่จะไม่ทำให้เกิดอาการล้า หรือหมดแรงเมื่อสิ้นสุดระยะทางของการปฏิบัติกิจกรรมนั้น การฝึกรูปแบบนี้ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย และเป็นที่ยอมรับว่าการฝึกเช่นนี้ช่วยให้นักกีฬามีสมรรถภาพสูงขึ้น

แลมบ์ (Lamb, 1984) ยังได้ระบุว่า ในช่วงของการฟื้นตัวนั้น ถ้าใช้วิธีปฏิบัติกิจกรรมฝึกอย่างเบาๆ ที่ระดับ 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด คือ ระดับที่ดีที่สุดสำหรับการเร่งกำจัด กรดแลคติกที่สะสมให้ออกไปจากกระแสเลือดได้ ซึ่งความเข้มข้นของงานฝึกในระดับนี้ จะทำให้มีอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ประมาณ 100 – 115 ครั้งต่อนาที ของผู้ชายวัยผู้ใหญ่ที่มีร่างกายสมบูรณ์ และอยู่ระหว่าง 105 – 120 ครั้งต่อนาที สำหรับผู้หญิงในวัยดังกล่าว ดังนั้น การใช้วิธีปฏิบัติงานเบาๆ ต่อไปอย่างต่อเนื่องในช่วงของการฟื้นตัวแทนการหยุดพัก เป็นสิ่งที่เหมาะสมกับการฝึกแบบสลับช่วงนี้

ชนิดของกิจกรรมที่ใช้ในการปฏิบัติในช่วงพัก สามารถเปลี่ยนไปเปลี่ยนมาได้ นับตั้งแต่การเดินช้าๆ ไปจนถึงการเดินเร็วและการการวิ่งเหยาะ หรือกิจกรรมอื่นๆ ที่มีระดับเดียวกัน ถ้านักกีฬามีความสมบูรณ์ของร่างกายดีขึ้น ก็สามารถเพิ่มความเข้มข้นของงาน หรือลดระยะเวลาการพักลง หรือใช้ทั้งสองกรณีร่วมกันอย่างเหมาะสม

สำหรับจำนวนเซตและจำนวนครั้งของการปฏิบัติซ้ำๆ ก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณา แต่โดยทั่วไป การกำหนดความเข้มข้นของงานให้มีมากขึ้นและกำหนดจำนวนเวลาที่ใช้ในการฝึกปฏิบัติของแต่ละช่วงให้สั้นลงจะมีความสำคัญมากกว่าการกำหนดจำนวนครั้งของการปฏิบัติซ้ำและจำนวนเซตของการฝึก ในขณะที่การฝึกแบบสลับช่วงเป็นการฝึกที่ต้องใช้ทั้งจำนวนระยะทางและจำนวนเวลา ดังนั้น จำนวนครั้งของการปฏิบัติซ้ำและจำนวนเซตจึงเป็นสิ่งที่ต้องลดลงตามส่วน

ความถี่ของการฝึกโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการฝึก เช่น นักวิ่งระยะสั้นและระยะกลางในระดับโลก จะต้องการใช้จำนวนการฝึก 5 – 7 วันต่อสัปดาห์ ถึงแม้ว่าจะไม่ได้มีการฝึกแบบสลับช่วงอยู่ในทุกๆ กิจกรรมการฝึกก็ตาม แต่สำหรับนักกีฬาว่ายน้ำจะใช้วิธีฝึกแบบสลับช่วงนี้เกือบผูกขาดแต่เพียงอย่างเดียว นักกีฬาประเภททีมจะได้รับผลประโยชน์อย่างมากจากการฝึกแบบสลับช่วงโดยใช้การฝึกนี้เสริมในโปรแกรมการฝึกแบบทั่วไปเป็นจำนวน 2 – 4 วันต่อสัปดาห์ สำหรับโปรแกรมการฝึกเพื่อเสริมสร้างร่างกายแบบทั่วไป หรือโปรแกรมการฝึกในช่วงนอกฤดูกาลแข่งขัน จะใช้จำนวนการฝึกแบบนี้เป็นเวลา 2 – 4 สัปดาห์ ก็นับว่ามีความเพียงพอ

ในเรื่องของการออกแบบโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงสามารถสรุปได้ว่า การออกแบบโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงนั้นต้องคำนึงองค์ประกอบ ดังนี้

1.) อัตราความหนักของงาน ซึ่งสามารถกำหนดโดยใช้ อัตราการเต้นของหัวใจ หรือความเร็ว

2.) จำนวนครั้งของการปฏิบัติซ้ำ และจำนวนชุดของแต่ละช่วงฝึก ต้องกำหนดให้สัมพันธ์กับจำนวนเวลาที่ใช้ในแต่ละช่วง

3.) จำนวนเวลาที่ใช้ในช่วงการฝึก และช่วงการพัก โดยใช้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบพลังงานมาพิจารณา

4.) ชนิดของกิจกรรมที่กำหนดให้ปฏิบัติในแต่ละช่วง ต้องให้มีความใกล้เคียงและเหมาะสมกับรูปแบบที่ใช้ในการแข่งขันกีฬา

5.) ความถี่ของการฝึกต่อสัปดาห์ และระยะเวลาของการฝึก โดยทั่วไปใช้ 2 – 4 วัน ต่อ สัปดาห์ โดย จะเริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงหลังจากการฝึก 2 – 4 สัปดาห์

10.3 ประโยชน์ของการฝึกแบบสลับช่วง

แมคกลิน (McGlyn, 1999) กล่าวว่า ข้อได้เปรียบของการฝึกแบบสลับช่วง คือ นักกีฬาสามารถฝึกจังหวะการก้าวเท้าด้วยอัตราความเร็วที่เหมาะสมโดยเฉพาะ และเหมาะสมกับระดับทักษะที่ต้องใช้ในการวิ่ง และข้อได้เปรียบอีกประการหนึ่งคือ การฝึกวิ่งแบบนี้จะมีผลต่อระบบไหลเวียนโลหิตมากกว่าการฝึกวิ่งด้วยระยะทางไกล การฝึกแบบสลับช่วงจะทำให้มีการใช้พลังงานในระบบไกลโคลิซิส ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดกรดแลคติกเป็นจำนวนมาก การฝึกแบบสลับช่วงที่มีความเข้มข้นสูงจะทำให้นักกีฬารู้จักการปรับตัวเมื่อต้องนำไปใช้ในการแข่งขัน ซึ่งการฝึกแบบสลับช่วงจะมีผลต่อการพัฒนาประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานที่มีความเข้มข้นสูงแบบแอนแอโรบิก

ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์(2536) กล่าวว่า การฝึกแบบสลับช่วงจะทำให้เอทีพี และซีพีที่เก็บสะสมไว้ถูกนำมาใช้ จึงเป็นตัวกระตุ้นที่เพียงพอ จะช่วยเร่งความสามารถของระบบนี้ และจะช่วยประวิงเวลาความเมื่อยล้า โดยไม่ทำให้มีการสลายไกลโคเจนแบบแอนแอโรบิกมากเกินไป นอกจากนั้น เมื่อมีการปรับช่วงเวลาการฝึกและชนิดของช่วงพักฟื้น จะทำให้การสลายไกลโคเจนแบบแอนแอโรบิกเป็นไปได้เต็มที่ ซึ่งจะสามารถได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

จากการศึกษาค้นคว้าของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา พบว่า การฝึกแบบสลับช่วงนี้มีผลต่อการช่วยกระตุ้นและพัฒนาการทำงานของหัวใจและระบบไหลเวียนเลือดอย่างมาก โดยเฉพาะช่วง 10 วินาทีแรกของการฝึกหนัก และในช่วง 10 วินาทีแรกหลังเสร็จสิ้นการฝึกในแต่ละครั้งหัวใจจะเต้นเร็วและแรง ผนังของหัวใจขยายตัวมากกว่าปกติ เลือดไหลเวียนไปสู่ช่องหัวใจเพิ่มขึ้น เพื่อสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมากขึ้นกว่าปกติ ทำให้ระบบการทำงานของหัวใจและระบบไหลเวียนเลือด ทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปริมาณเลือดที่หัวใจบีบตัวแต่ละครั้ง (Stroke volume) จะเพิ่มขึ้นผลจากการค้นพบนี้ได้มีผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาและผู้ฝึกสอนกีฬาได้นำหลักการนี้มาสร้างโปรแกรมการฝึก และดัดแปลงให้เหมาะสมกับประเภทกีฬาชนิดนั้น ๆ

การฝึกแบบสลับช่วงจะมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาความสามารถในการรักษาความเร็วสูงสุดของการวิ่งไว้ได้ตลอดระยะทางของการแข่งขัน ความสำเร็จของนักกีฬาประเภทความอดทนเกือบทั้งหมดจะพบว่ามีการฝึกแบบต่อเนื่องและการฝึกแบบสลับช่วงอยู่ในโปรแกรมการฝึกอยู่ด้วยเสมอ

จากเรื่องประโยชน์ของการฝึกแบบสลับช่วงสามารถสรุปได้ว่า การฝึกแบบสลับช่วงเป็นการฝึกที่มีความสำคัญในการพัฒนาความเร็ว พัฒนาความสามารถของระบบพลังงาน พัฒนาความสามารถของระบบหายใจและไหลเวียนโลหิต ซึ่งรูปแบบของการฝึกนั้นสามารถออกแบบให้มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่ใช้ในการแข่งขันกีฬาส่วนใหญ่ได้ ดังนั้นการฝึกแบบสลับช่วงจึงเหมาะสมที่นำมาใช้ฝึกนักกีฬา

11. การฝึกแบกน้ำหนักกระโดด

เป็นรูปแบบหนึ่งของการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก ที่เป็นการรวมกันในลักษณะของการฝึกพลัยโอเมตริก แต่ใช้น้ำหนักภายนอกเพิ่มเข้าไป โดยใช้ความหนักประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ ซึ่งนำข้อค้นพบจากการวิจัยเกี่ยวกับการฝึกด้วยน้ำหนัก ที่ระบุว่าน้ำหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ มีผลให้พลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นมากที่สุด (Kaneko et al., 1983) ผลการวิจัยพบว่ามีผลทำให้พลังกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นมากกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักหรือการฝึกพลัยโอเมตริก แต่เพียงอย่างเดียว และยังได้เรียกวิธีการฝึกแบบนี้ว่า การฝึกแบบพลังสูงสุด (Wilson et al., 1993)

นิวตัน และเครเมอร์ (Newton and Kraemer, 1994) ได้อ้างถึงการค้นพบของคาเนโกะและคณะ (Kaneko et al., 1983) ที่พบว่า พลังกล้ามเนื้อสูงสุดเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบความยาวสั้นลง โดยการฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุดด้วยความเร็วมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และจากการค้นพบของ ฟอล์คเนอร์ และคณะ (Faulkner et al., 1986) ที่พบว่า พลังกล้ามเนื้อสูงสุดเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบความยาวลดลง โดยการฝึกด้วยน้ำหนักที่ใช้ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุดนั้น ความเร็วของการออกแรงของกล้ามเนื้อจะมีค่าประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วสูงสุด

เบเกอร์ และคณะ (Baker et al., 2001) เสนอแนะว่าในนักกีฬาที่มีประสบการณ์ในการฝึกพลังกล้ามเนื้อมาแล้วนั้น น้ำหนักที่เหมาะสมที่ใช้ในการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดหรือการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อนั้นควรใช้น้ำหนักประมาณ 50 – 59 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ

แม็คไบรด์ และคณะ (McBride et al., 2002) เสนอแนะว่าในนักกีฬาที่มีพื้นฐานในด้านประสบการณ์ของการฝึกโดยใช้แรงต้านที่แตกต่างกันนั้น น้ำหนักประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อเหมาะสมที่จะนำมาเป็นน้ำหนักในการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดเพื่อพัฒนาความสามารถต่างๆ ของกล้ามเนื้อมากที่สุด

ไล และคณะ (Li et al., 2008) ได้ศึกษาเรื่อง การนำเสนอวิธีกำหนดค่าพลังสูงสุดในขณะแบกน้ำหนักกระโดด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดค่าพลังสูงสุดในการแบกน้ำหนักกระโดด ใช้วิธีคำนวณจากค่าแรงปฏิกิริยาของพื้นที่เกิดขึ้นในแนวดิ่ง ค่าความเร็วของจุดศูนย์ถ่วงของผู้รับการทดลอง และค่าความเร็วของจุดศูนย์ถ่วงของโอลิมปิกบาร์เบลโดยใช้ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ความหนัก 35 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ความหนัก 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ความหนัก 45 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และความหนัก 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุดจากทดสอบแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนักทั้ง 5 วิธี เป็นดังนี้

1.) ค่าพลังสูงสุดที่คำนวณจากค่าแรง และค่าความเร็วของจุดศูนย์ถ่วงของโอลิมปิกบาร์เบลอย่างเดียวมีค่าต่ำกว่าวิธีกำหนดค่าที่ได้เสนอถึง 72 เปอร์เซ็นต์

2.) ค่าพลังสูงสุดที่คำนวณจากค่าความเร็วของจุดศูนย์ถ่วงของโอลิมปิกบาร์เบล ค่าแรงปฏิกิริยาของพื้นที่เกิดขึ้นในแนวดิ่งที่เกิดจากโอลิมปิกบาร์เบลและตัวผู้รับการทดลอง มีค่าสูงกว่าวิธีกำหนดค่าที่ได้นำเสนอ 8 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้วิธีกำหนดค่าพลังสูงสุดในรายงานการวิจัยที่ผ่านมานั้นอาจเป็นค่าพลังสูงสุดที่มากกว่าความเป็นจริง วิธีกำหนดค่าพลังสูงสุดในขณะแบกน้ำหนักกระโดด ควรใช้วิธีคำนวณจากค่าแรงปฏิกิริยาของพื้นที่เกิดขึ้นในแนวดิ่ง ค่าความเร็วของจุดศูนย์ถ่วงของผู้รับการทดลองและค่าความเร็วของจุดศูนย์ถ่วงของโอลิมปิกบาร์เบลที่แบกอยู่ จะทำให้ได้ค่าพลังสูงสุดที่แม่นตรงกว่า

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2555) เสนอแนะว่า น้ำหนักที่เหมาะสมในการนำมาเป็นน้ำหนักในการฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อด้วยวิธีการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดในนักกีฬาที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์ต่ำ (1.5 – 2 เท่าของน้ำหนักตัว) นั้น ควรใช้น้ำหนักประมาณ 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ

ข้อดีของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด

1.) ใช้เวลาในการฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อน้อยกว่าการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกด้วยน้ำหนัก

2.) กิจกรรมการฝึกมีลักษณะพลัยโอเมตริกเป็นหลัก โดยมีการฝึกด้วยน้ำหนักช่วยเสริม ซึ่งใช้ข้อดีของการฝึกด้วยน้ำหนักโดยใช้น้ำหนักที่มีผลให้พลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นมากที่สุดกับข้อดีของการฝึกพลัยโอเมตริกที่มีการเคลื่อนไหวด้วยอัตราความเร็วสูง และมีการเร่งความเร็วตลอดช่วงของการเคลื่อนไหว

3.) ให้ผลในการพัฒนาความสามารถในการเคลื่อนไหวทางกีฬาได้ดีกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักตามแบบที่ใช้ทั่วไป หรือการฝึกพลัยโอเมตริกแต่เพียงอย่างเดียว

ข้อเสียของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด

1.) การใช้น้ำหนักจากภายนอกเพิ่มเข้าไปแล้วปฏิบัติในลักษณะพลัยโอเมตริกที่แท้จริงแล้ว ทำให้เกิดแรงกระแทกมากขึ้นในขณะสัมผัสพื้น ซึ่งจะมีอัตราเสี่ยงจากการบาดเจ็บสูงขึ้น นอกจากนั้นยังทำให้ช่วงเวลาของการสัมผัสพื้นเพิ่มขึ้น และความเร็วในการปฏิบัติลดลงอีกด้วย

2.) มีความจำกัดเกี่ยวกับท่าฝึกซึ่งไม่สามารถใช้ท่าฝึกของพลัยโอเมตริกได้ทุกท่า เนื่องจากมีการใช้น้ำหนักเพิ่มเข้าไปโดยเฉพาะท่าที่มีการเคลื่อนที่และการทดสอบความแข็งแรงสูงสุดก็ต้องทดสอบด้วยท่าการฝึกด้วยน้ำหนักก่อนจึงจำนำไปใช้กับท่าการฝึกพลัยโอเมตริกที่ใช้กล้ามเนื้อกลุ่มเดียวกัน

สรุปได้ว่าการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักหรือการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดเป็นวิธีการที่พัฒนาพลังกล้ามเนื้อได้โดยใช้เวลาในการฝึกไม่มาก และเหมาะสมกับนักกีฬาที่ผ่านการฝึกความแข็งพื้นฐานมาแล้วโดยในนักกีฬาที่มีประสบการณ์ในการฝึกพลังกล้ามเนื้อมาเป็นอย่างดีแล้วควรใช้ความหนักประมาณ 50 – 59 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุดในการฝึก ส่วนนักกีฬาที่ความแข็งแรงสัมพัทธ์ต่ำ (1.5 – 2 เท่าของน้ำหนักตัว) และมีประสบการณ์ในการฝึกน้อยควรใช้น้ำหนักประมาณ 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุดในการฝึก

12. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

12.1 การฝึกแบกน้ำหนักกระโดด

12.1.1 งานวิจัยในประเทศ

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2544) ได้ทำการเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกด้วยน้ำหนัก การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก และการฝึกเชิงซ้อน ที่มีต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาประเภทที่มระดับวิทยาลัย จำนวน 72 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มควบคุม ฝึกตามปกติ

กลุ่มทดลอง ฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนัก

กลุ่มทดลอง ฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก

กลุ่มทดลองฝึกเชิงซ้อน

ทำการฝึก 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลวิจัยพบว่า

1. กลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม สามารถพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อขาไม่ต่างกัน

2. กลุ่มฝึกเชิงซ้อน สามารถพัฒนาพลังอดทนของกล้ามเนื้อขา ได้มากกว่ากลุ่มฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก

3. กลุ่มฝึกเชิงซ้อน และกลุ่มฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนักสามารถพัฒนาความแข็งแรงสูงสุดแบบไอโซโทนิคของกล้ามเนื้อขาต่อน้ำหนักตัว ได้มากกว่ากลุ่มฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก

เนตร ทองธาระ (2545) ทำการศึกษาผลของการฝึกเสริมพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก ที่มีต่อการพัฒนาความเร็วของนักกีฬาฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 24 คน แบ่งเป็น กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกตามปกติและฝึกความเร็ว และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกตามปกติ ฝึกความเร็วและฝึกเสริมพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก ทำการฝึก 2 วัน ต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าหลังการฝึกเสริมพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก 8 สัปดาห์ มีผลต่อการพัฒนาความเร็ว ดีกว่าการฝึกความเร็วเพียงอย่างเดียว และหลังการฝึกเสริมพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก 6 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ มีการพัฒนาความเร็วไม่แตกต่างกัน

เอกลักษณ์ แสนสุข (2550) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกเด็พธ์จัมพ์และการฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนัก ที่มีต่อการพัฒนาของสมรรถภาพกล้ามเนื้อ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาบาสเกตบอลระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 20 คน แบ่งเป็นกลุ่มฝึกเด็พธ์จัมพ์ให้ทำการฝึกพลัยโอเมตริกแบบเด็พธ์จัมพ์ และกลุ่มฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนักให้ ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด โดยทั้ง 2 กลุ่มทำการฝึกจำนวน 8 ครั้งต่อชุด ฝึก 5 ชุดต่อวัน ฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน

เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลวิจัยพบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ทั้ง 2 กลุ่มมีการพัฒนาของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังระเบิดของกล้ามเนื้อ ความเร็ว และความคล่องแคล่วว่องไว โดยที่กลุ่มฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนักมีการพัฒนาที่ดีกว่ากลุ่มฝึกเด็พธ์จัมท์

นาทรพี ผลใหญ่ (2551) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การนำเสนอรูปแบบการฝึกที่ผสมผสาน ความอดทน ความแข็งแรง และความเร็ว เพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอล” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลชาย อายุระหว่าง 17-18 ปี มีความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของน้ำหนักตัวจำนวน 30 คน ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นออกเป็น 2 กลุ่มๆละ 15 คน ให้กลุ่มตัวอย่างทำการฝึก 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ใช้รูปแบบการฝึกผสมผสาน ความแข็งแรง และความอดทน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 ทำการฝึกความแข็งแรงด้วยโปรแกรมการฝึกแบบหมุนเวียน หลังจากนั้นจะทำการฝึกความอดทนด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนแบบแอโรบิกโดยใช้การเคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอลทันที

กลุ่มทดลองที่ 2 ทำการฝึกความอดทนด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนโดยใช้การเคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอลหลังจากนั้นจะทำการฝึกความแข็งแรงด้วยโปรแกรมการฝึกแบบหมุนเวียนทันที

ระยะที่ 2 ใช้รูปแบบการฝึกที่ผสมผสาน ความอดทน ความแข็งแรง และความเร็ว 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 ทำการฝึกความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อด้วยโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนัก หลังจากนั้นทำการฝึกความอดทนด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนแบบแอโรบิกโดยใช้การเคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอลทันที

กลุ่มทดลองที่ 2 ทำการฝึกความแข็งแรง และพลังกล้ามเนื้อด้วยโปรแกรมการฝึกเชิงซ้อน หลังจากนั้นทำการฝึกความอดทนด้วยโปรแกรมการฝึกความอดทนแบบแอโรบิกโดยใช้การเคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอลทันที

ผลการทดลอง

ระยะที่ 1 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 มีการพัฒนาความอดทนแบบแอโรบิกดีกว่ากลุ่มทดลองที่ 2 แต่ในความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขาและ หัวไหล่ทั้งสองกลุ่มมีการพัฒนาไม่ต่างกัน

ระยะที่ 2 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 มีการพัฒนา พลังอดทนของกล้ามเนื้อขา พลังระเบิดของกล้ามเนื้อขา ความเร็วดีกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 แต่ในความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อขา และหัวไหล่ ความคล่องแคล่วว่องไว และความอดทนแบบแอโรบิกทั้งสองกลุ่มมีการพัฒนาไม่ต่างกัน

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2555) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์ต่ำ โดยทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดที่ความหนัก 10 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม หรือ 20 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม หรือ 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็มจำนวน 10 ครั้ง ทั้งหมด 3 ชุด พักระหว่างชุด 3 นาที ในนักกีฬาประเภททีมระดับมหาวิทยาลัยที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาประมาณ 1.5 ถึง 2 และมีลักษณะการเคลื่อนไหวในการเล่นแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent sports) 5 ชนิดกีฬา ได้แก่ ฟุตบอล บาสเกตบอล ฮอกกี้ รักบี้ฟุตบอล และวอลเลย์บอล ทำการฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลวิจัยพบว่า การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 20 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม หรือ 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็มสามารถพัฒนาพลังสูงสุดของกล้ามเนื้อ และพลังเฉลี่ยของกล้ามเนื้อในการทดสอบด้วยการกระโดด 30 ครั้งในเครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท์ ซิสเท็ม (Ballistic measurement system) ได้ไม่ต่างกันและสามารถพัฒนาได้ดีกว่า การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 10 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม

12.1.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

วิลสัน และคณะ (Wilson et al., 1993) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีฝึก 3 แบบ ได้แก่ ฝึกด้วยน้ำหนักตามแบบที่ใช้ทั่วไป ฝึกพลัยโอเมตริกโดยใช้เด็พธ์จัมพ์ และฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก กลุ่มตัวอย่างเป็นเป็นที่อยู่ในระหว่างการฝึกด้วยน้ำหนัก มีประสบการณ์ในการฝึกไม่ต่ำกว่า 1 ปี และสามารถแบกน้ำหนักย่อตัวได้มากกว่าน้ำหนักตัว จำนวน 64 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนักตามแบบที่ใช้ทั่วไปใช้น้ำหนัก 6 – 10 อาร์เอ็ม กลุ่มที่ 2 ฝึกพลัยโอเมตริกด้วยเด็พธ์จัมพ์จำนวน 6 – 10 ครั้ง กลุ่มที่ 3 ฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก โดยกระโดดจากท่าย่อตัว ใช้น้ำหนัก 30 % ของความแข็งแรงสูงสุด จำนวน 6 –10 ครั้ง และกลุ่มควบคุมใช้ชีวิตประจำวันปกติ โดยกลุ่มฝึกให้ทำการฝึกวันละ 3 – 6 ชุด สัปดาห์ละ 2 วัน เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ผลวิจัยพบว่า การฝึกทั้ง 3 แบบสามารถพัฒนาความสามารถในการยืนกระโดดสูงในลักษณะย่อตัวลงแล้วกระโดดขึ้นทันทีได้ ส่วนพลังสูงสุดในการปั่นจักรยาน 6 วินาที และความสามารถในการยืนกระโดดสูงในลักษณะย่อตัวลงค้างไว้แล้วกระโดดพัฒนาเฉพาะในกลุ่มฝึกด้วยน้ำหนัก และกลุ่มฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก ส่วนแรงเหยียดขาแบบไอโซคิเนติก และ

การวิ่ง 30 เมตร พบการพัฒนาเฉพาะในกลุ่มฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก และแรงสูงสุดแบบไอโซเมตริกในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวพบการพัฒนาเฉพาะในกลุ่มฝึกด้วยน้ำหนัก

เบเกอร์ และคณะ (Baker et al., 2001) ได้สรุปการศึกษาเรื่องน้ำหนักที่ทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากที่สุดในการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดของนักกีฬาที่เคยได้รับการฝึกพลังกล้ามเนื้อมาแล้ว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจน้ำหนักที่เป็นเปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม (% RM) ที่ทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากที่สุดในการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดในการศึกษาครั้งนี้ใช้นักกีฬารักบี้ฟุตบอลที่เข้าร่วมการแข่งขันรักบี้ฟุตบอลที่เข้าร่วมการแข่งขันรักบี้ลีก (Rugby league) ซึ่งมีประสบการณ์ในการฝึกพลังกล้ามเนื้อมาแล้ว ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดจากท่าฟูลสควอท (Full squat) ด้วยน้ำหนัก 40 กิโลกรัม 60 กิโลกรัม 80 กิโลกรัม และ 100 กิโลกรัม โดยใช้เครื่องพลัยโอเมตริก เพาเวอร์ ซิสเท็ม (Plyometric power system) ผลการศึกษาพบว่าน้ำหนักที่คิดเป็น 50 – 59 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม เป็นน้ำหนักที่ทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากที่สุด ในขณะที่น้ำหนักที่คิดเป็น 47 – 63 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ก็เป็นน้ำหนักที่ทำให้เกิดพลังกล้ามเนื้อโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากที่สุดเช่นเดียวกัน สรุปผลการศึกษาเสนอแนะให้นักกีฬาที่จะต้องได้รับการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพัฒนาพลังกล้ามเนื้อใช้วิธีการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดด้วยน้ำหนักคิดเป็นเปอร์เซ็นของ 1 อาร์เอ็ม ดังกล่าว

แม็คไบรด์ และคณะ (Mc Bride et al., 2002) ได้ศึกษาเรื่องผลของการแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนักมากเปรียบเทียบกับใช้ความหนักน้อย เพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังกล้ามเนื้อ และความเร็ว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลของโปรแกรมการฝึกในระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยใช้ความหนักมากเปรียบเทียบกับใช้ความหนักน้อยที่มีต่อความสามารถต่างๆ ของร่างกาย ในการศึกษาครั้งนี้ใช้นักกีฬาชายจำนวน 26 คน ที่มีพื้นฐานแตกต่างกันในด้านประสบการณ์ของการฝึกโดยใช้แรงต้าน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ 1 จำนวน 9 คน ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม กลุ่มทดลองที่ 2 จำนวน 10 คน ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนัก 80 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม และกลุ่มควบคุม จำนวน 7 คน ทำการทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว ความเร็วในการวิ่งระยะทาง 20 เมตร แรงสูงสุด ความเร็วสูงสุด พลังสูงสุด ความสูงของการกระโดดขึ้นจากพื้น และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นจากการแบกน้ำหนักกระโดด โดยใช้ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ความหนัก 55 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม และความหนัก 80 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ตามลำดับ

ผลการศึกษาพบว่า

1.) กลุ่มการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม มีค่าพลังสูงสุด และความเร็วสูงสุด เพิ่มขึ้นจากการทดสอบการแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ความหนัก 55 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม และความหนัก 80 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ตามลำดับ มีค่า 1 อาร์เอ็มเพิ่มขึ้น และเวลาลดลงในการวิ่งระยะทาง 20 เมตร มีค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากการทดสอบการแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม มากกว่ากลุ่มควบคุม

2.) การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนัก 80 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม มีค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากการทดสอบการแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนัก 80 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม มากกว่ากลุ่มควบคุม

สรุปผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้น้ำหนักน้อยที่ 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็มมีผลทำให้ความสามารถต่างๆ ของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ซึ่งความเร็วในการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะได้รับการฝึกอาจทีบทบาทสำคัญต่อการของกล้ามเนื้อในครั้งนี้

โฮริ และคณะ (Hori et al., 2008) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด โดยการใช้และไม่ใช้แรงเบรกขณะกล้ามเนื้อทำงานแบบเอคเซนตริค โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจผลการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด โดยการใช้และไม่ใช้แรงเบรกขณะกล้ามเนื้อทำงานแบบเอคเซนตริค ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ผู้รับการทดลองเพศชายที่เข้าร่วมกิจกรรมออกกำลังกายเป็นประจำ จำนวน 20 คน แบ่งเป็น กลุ่มทดลองที่ 1 จำนวน 10 คน ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้แรงเบรกขณะกล้ามเนื้อทำงานแบบเอคเซนตริค และกลุ่มทดลองที่ 2 จำนวน 10 คน ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดโดยไม่ใช้แรงเบรกขณะกล้ามเนื้อทำงานแบบเอคเซนตริค ทั้งสองกลุ่มฝึกแบกน้ำหนักกระโดด 6 ครั้ง จำนวน 6 ชุด สัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบความสามารถในการยืนกระโดดแตะ พลังในการกระโดดแบบไม่มีการย่อตัวค้าง (Countermovement jump) พลังในการกระโดดแบบมีการย่อตัวค้าง (Static jump) ดร็อพจัมพ์ (Drop jump) ค่า 1 อาร์เอ็มในท่าฮาล์ฟสควอท พลังในการแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ค่าแรงบิด (Torque) ที่ข้อเข่าซึ่งเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริกในขณะพยายามเหยียดเข่าต่อเนื่องกับพยายามงอเข่าที่มุม 90 องศา 70 องศา 50 องศา และ 10 องศา ตามลำดับ ค่าแรงบิดที่ข้อเข่าซึ่งเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซคิเนติกในขณะทำงานแบบคอนเซนตริคที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที

ผลการศึกษาพบว่า

1.) กลุ่มฝึกแบกน้ำหนักกระโดดโดยการใช้แรงเบรกขณะกล้ามเนื้อทำงานแบบเอ็คเซนตริกมีค่าพลังสูงสุดต่อน้ำหนักตัวที่เกิดจากการแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม มากกว่า

2.) กลุ่มฝึกแบกน้ำหนักกระโดดโดยไม่ใช้แรงเบรกขณะกล้ามเนื้อทำงานแบบเอคเซนตริค มีค่าพลังสูงสุดที่ข้อเข่าซึ่งเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซคิเนติก ในขณะทำงานแบบคอนเซนตริคที่ความเร็วเชิงมุม 300 องศาต่อวินาที มากกว่า

สรุปผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้แรงเบรกขณะกล้ามเนื้อทำงานแบบเอคเซนตริคมีผลให้พัฒนาพลังกล้ามเนื้อในลักษณะออกแรงเคลื่อนไหวค่อนข้างช้า ส่วนการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดโดยไม่ใช้แรงเบรกขณะกล้ามเนื้อทำงานแบบเอคเซนตริค มีผลให้พัฒนาพลังกล้ามเนื้อในลักษณะออกแรงเคลื่อนไหวค่อนข้างเร็ว

ชวานเบ็ค และคณะ (Schwanback et al., 2009) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบการแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้น้ำหนักที่เคลื่อนที่ได้อิสระ กับ สมิธ มะชีน (Smith machine) ด้วยเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าการแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้น้ำหนักที่เคลื่อนที่ได้อิสระ หรือการแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้สมิธ มะชีน จะมีความเหมาะสมในการกระตุ้นกล้ามเนื้อขาที่ทำหน้าที่หลักในการออกแรงจนเกิดการเคลื่อนไหว และกล้ามเนื้อที่ทำให้หน้าที่สร้างความมั่นคงที่ขาและลำตัวในขณะเกิดการเคลื่อนไหว ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ผู้รับการทดลองที่มีสุขภาพดี จำนวน 6 คน แบกน้ำหนักกระโดด 1 ชุด จำนวน 8 ครั้ง โดยใช้ความหนัก 8 อาร์เอ็ม ด้วยการจับฉลากระหว่างการแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้น้ำหนักที่เคลื่อนที่ได้อิสระ หรือการแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้สมิธ มะชีน ทั้งนี้ให้ห่างกันอย่างน้อย 3 วัน ใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพื่อดูการทำงานของกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส (Gastrocnemius) กล้ามเนื้อไบเซพส์ฟีมอริส (Bicep femoris) และกล้ามเนื้อแวสตัส มีเดียลิส (Vastus medilis) ผลการศึกษาพบว่า

1.) การแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้น้ำหนักที่เคลื่อนที่ได้อิสระมีค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส กล้ามเนื้อไบเซพส์ ฟีมอริส และกล้ามเนื้อแวสตัส มิเดียลิส มากกว่าถึง 34 เปอร์เซ็นต์ 26 เปอร์เซ็นต์ และ 49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2.) การแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้น้ำหนักที่เคลื่อนที่ได้อิสระมีค่าคลื่นไฟฟ้าเฉลี่ยมากกว่าถึง 43 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้น้ำหนักที่เคลื่อนที่ได้อิสระมีประโยชน์มากกว่าการแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้สมิธ มะชีน เพื่อพัฒนากล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดข้อเท้า กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่งอเข่า และกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดเข่า

บีแวน และคณะ (Bevan et al., 2010) ได้ทำการศึกษาเรื่อง น้ำหนักที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาพลังสูงสุดของกล้ามเนื้อในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดน้ำหนักที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาพลังสูงสุดของกล้ามเนื้อในท่านอนผลักน้ำหนักขึ้นไปในแนวดิ่ง และท่าแบกน้ำหนักกระโดด โดยใช้เครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (Ballistic measurement system) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้นักกีฬารักบี้ฟุตบอลเพศชาย จำนวน 47 คน ให้นักกีฬาจับฉลากลำดับของการนอนผลักน้ำหนักขึ้นไปในแนวดิ่ง โดยใช้ความหนัก 20 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม 40 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม 50 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม และ 60 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ในวันถัดมาให้จับฉลากลำดับของการแบกน้ำหนักกระโดดโดยใช้ความหนัก 0 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม 20 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม 40 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม 50 เปอร์เซ็นต์ 1 อาร์เอ็ม และ 60 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม ผลการศึกษาพบว่า

1.) พลังสูงสุดของกล้ามเนื้อในท่านอนผลักน้ำหนักขึ้นไปในแนวดิ่งเกิดขึ้นเมื่อใช้ความหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม

2.) พลังสูงสุดของกล้ามเนื้อในท่าแบกน้ำหนักกระโดดเกิดขึ้นเมื่อใช้ความหนัก 0 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม หรือกระโดดโดยใช้น้ำหนักตัวเท่านั้น

จากงานวิจัยข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดในนักกีฬาที่ความแข็งแรงสัมพัทธ์ต่ำ หรือไม่เคยมีประสบการณ์ในการฝึกด้วยน้ำหนักมาก่อน ควรใช้ความหนักที่ 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุด ส่วนในนักกีฬาที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์สูง เคยมีประสบการณ์ในการฝึกด้วยน้ำหนัก ควรใช้ความหนักที่ 50 – 59 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุด โดยฝึกสัปดาห์ละ 2 – 3 วัน ใช้เวลาประมาณ 6 สัปดาห์ก็จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังกล้ามเนื้อ พลังอดทนของกล้ามเนื้อ ความเร็วและความคล่องแคล่วว่องไวได้

12.2 การฝึกแบบสลับช่วง

12.2.1 งานวิจัยในประเทศ

หนึ่งฤทัย สระทองเวียน (2541) ได้ศึกษาเรื่อง " ผลของการฝึกพลัยโอเมตริกและการฝึกความเร็ว ที่มีต่อพลังสูงสุดแบบไม่ใช้ออกซิเจน ในนักกีฬาฮอกกี้" กลุ่มตัวอย่างเป็นนักฮอกกี้หญิงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 30 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 10 คน ดังนี้ กลุ่มฝึกทักษะกีฬาฮอกกี้อย่างเดียว กลุ่มฝึกทักษะกีฬาฮอกกี้อย่างเดียวควบคู่กับการฝึกพลัยโอเมตริก และ กลุ่มฝึกทักษะกีฬาฮอกกี้ควบคู่กับการฝึกความเร็ว โดยทำการฝึก 3 วัน ต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบพลังสูงสุดแบบไม่ใช้ออกซิเจน กำลังกล้ามเนื้อขา และความเร็วในการวิ่ง 50 เมตร ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มในช่วง ก่อนการฝึก และ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ 8 แล้วนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัย พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 4 และ สัปดาห์ที่ 8 กลุ่มฝึกทักษะกีฬาฮอกกี้ควบคู่กับการฝึกพลัยโอเมตริกมีการเพิ่มขึ้นของ พลังสูงสุดแบบไม่ใช้ออกซิเจน และ กำลังกล้ามเนื้อขา ดีที่สุด ส่วนความเร็วในการวิ่ง 50 เมตร ทั้ง 3 กลุ่มสามารถพัฒนาได้ใกล้เคียงกัน

12.2.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

พูล และ เกสเสอร์ (Poole and Gaesser, 1985) ทำการศึกษาในวัยรุ่นชายอายุระหว่าง 23 – 24 ปีพบว่า การฝึกปั่นจักรยานด้วยความหนักร้อยละ 105 ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 2 นาที สลับกับพัก 2 นาที จำนวน 10 เที่ยว ทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 8 สัปดาห์ สามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้

คอลลิสเตอร์ และ คณะ (Callister et al., 1988) ทำการศึกษาผลของการฝึกความเร็วควบคู่กับความอดทน ในนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัยอายุระหว่าง 22 – 23 ปี โดยทำการฝึกความเร็วด้วยการวิ่งที่ความเร็วร้อยละ 95 ของความเร็วสูงสุด ในระยะ 100 เมตร สลับกับพัก 3 นาที จำนวน 3 เที่ยว และในระยะ 50 เมตร สลับกับพัก 90 วินาที จำนวน 3 เที่ยว ฝึกจำนวน 2 ชุด พักระหว่างชุด 5 นาที ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ ควบคู่กับ การฝึกความอดทนด้วยการวิ่งที่ความหนักร้อยละ 85 ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจเป็นเวลา 30 นาที ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ โดยทำการฝึกความเร็ว และความอดทนสลับวันกัน รวมเป็น 6 วันต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า การฝึกสามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระยะทางในการวิ่ง 30 นาที ความเร็วในการวิ่ง 50 และ 100 เมตร ระยะทางในการวิ่ง 30 วินาที แต่ส่งผลให้พลังเฉลี่ยในการกระโดดต่อเนื่องลดลง (Average power output)

เกสเสอร์ และ วิลสัน (Gaesser and Willson, 1988) ได้ทำการศึกษาการฝึกแบบต่อเนื่องด้วยความหนักต่ำและการฝึกแบบสลับช่วงด้วยความหนักสูง โดยใช้การปั่นจักรยาน จำนวน 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า การฝึกแบบสลับช่วงด้วยความหนักที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 2 นาที จำนวน 10 เที่ยว สามารถเพิ่มความสามารถทางแอโรบิกได้ใกล้เคียงกับ การฝึกแบบต่อเนื่องด้วยความหนักร้อยละ 50 ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 40 นาที

เบิร์ก และ คณะ (Burke et al., 1994) ทำการศึกษาในนักศึกษาหญิงของวิทยาลัยพลศึกษาอายุระหว่าง 19 – 20 ปี พบว่า การฝึกแบบสลับช่วงด้วยความหนักร้อยละ 85 – 95 ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาที หรือ การฝึกเป็นเวลา 2 นาที โดยใช้อัตรา 1 ต่อ 1 ของเวลาระหว่างช่วงฝึกด้วยความหนักสูงและช่วงพักเป็นเวลาทั้งหมด 7 สัปดาห์ โดยใช้การปั่นจักรยานสามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ใกล้เคียงกัน

ทาบาตะ และคณะ(Tabata et al., 1996) ได้ศึกษาเรื่อง“ ผลของการฝึกความอดทนด้วยความหนักปานกลาง และ การฝึกแบบไม่ต่อเนื่องด้วยความหนักสูงที่มีต่อสมรรถภาพอนากาศนิยม และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ” ทำการทดลองโดยให้ทำการฝึกความอดทนด้วยความหนักปานกลาง โดยการปั่นจักรยานที่ความหนัก 70 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 60 นาที ต่อ วัน จำนวน 5 วัน ต่อ สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ และ ทำการฝึกแบบไม่ต่อเนื่องด้วยความหนักสูง โดยการ ปั่นจักรยานที่ความหนัก 170 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 20 วินาที สลับกับพัก 10 วินาที จำนวน 5 วัน ต่อ สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทำการทดสอบก่อนทำการฝึกและหลังทำการฝึก 6 สัปดาห์ พบว่า การฝึกความอดทนด้วยความหนักปานกลาง สามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดประมาณ 3 มิลลิลิตร ต่อ กิโลกรัม ต่อ นาที แต่ ไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพแบบอนากาศนิยม ส่วนการฝึกแบบไม่ต่อเนื่องด้วยความหนักสูง สามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ 7 มิลลิลิตร ต่อ กิโลกรัม ต่อ นาที และ เพิ่มสมรรถภาพแบบอนากาศนิยมได้ 28 %

แมคมานัส และ คณะ (Mcmanus et al., 1997) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกวิ่งแบบสลับช่วงด้วยความเร็วสูงสุด (Sprint interval running) และการฝึกปั่นจักรยานแบบต่อเนื่อง ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในเด็กผู้หญิง ผลการศึกษาพบว่า การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 10 วินาที สลับกับพัก 30 วินาที 3 – 6 เที่ยว ตามด้วย ฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาที สลับกับพัก 90 วินาที 3 – 6 เที่ยว และการฝึกปั่นจักรยานด้วยความหนักร้อยละ 80 -85 ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ เป็นเวลา 20 นาที สามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

และพลังสูงสุด 5 วินาทีในการทดสอบวินเกท (Wingate test) ได้ไม่ต่างกัน แต่การฝึกไม่ส่งผลถึงการเพิ่มของพลังเฉลี่ย 30 วินาทีในการทดสอบวินเกท (Wingate test)

ทาบาตะ และ คณะ(Tabata et al., 1997) ได้ทำการศึกษาเรื่อง " ข้อมูลการใช้พลังงานของการออกกำลังกายด้วยความหนักสูงแบบไม่ต่อเนื่อง " กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาวัยรุ่นชายระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 9 คน ให้ทำการออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการปั่นจักรยานที่ความหนัก 170% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 20 วินาทีสลับกับพัก 10 วินาที จำนวน 7 ครั้ง หรือ จนล้า และ โปรแกรมการปั่นจักรยานที่ความหนัก 200 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาทีสลับกับพัก 2 นาที จำนวน 5 ครั้ง หรือ จนล้า ทำการวัดสมรรถภาพแบบอนากาศนิยม (Anaerobic capacity) และ การใช้ออกซิเจนสูงสุด (Peak oxygen uptake) ก่อนการออกกำลังกายตามโปรแกรมและวัดการใช้ออกซิเจนและการสะสมของการขาดออกซิเจนในขณะที่ออกกำลังกายตามโปรแกรม พบว่า ในขณะที่การออกกำลังกายตามโปรแกรมการปั่นจักรยานที่ความหนัก 170 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 20 วินาทีสลับกับพัก 10 วินาที จำนวน 7 ครั้ง หรือ จนล้า ค่าของการใช้ออกซิเจนสูงสุดและการสะสมของการขาดออกซิเจนซึ่งหมายถึงการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ใกล้เคียงกับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดและสมรรถภาพแบบอนากาศนิยม มากกว่าค่าที่ได้ในขณะที่ออกกำลังกายตามโปรแกรมการปั่นจักรยานที่ความหนัก 200 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาทีสลับกับพัก 2 นาที จำนวน 5 ครั้ง หรือ จนล้า

แมคดูกอล และ คณะ (Macdougall et al., 1998) ทำการศึกษาในผู้ชายอายุเฉลี่ย 22 ปี พบว่า การฝึกปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาทีสลับกับพัก 2 – 4 นาที จำนวน 4 – 10 เที่ยว ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 7 สัปดาห์ สามารถเพิ่ม พลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้

เคลก และ คณะ (Craig et al., 2000) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกวิ่งแบบสลับช่วงด้วยความเร็วสูงสุด (Sprint interval running) และการฝึกปั่นจักรยานแบบต่อเนื่อง ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในเด็กผู้ชายอายุเฉลี่ย 10 ปี ผลการศึกษาพบว่า การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 10 วินาที สลับกับพัก 30 วินาที 3 – 6 เที่ยว ตามด้วย ฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาที สลับกับพัก 90 วินาที 3 – 6 เที่ยว และการฝึกปั่นจักรยานด้วยความหนักร้อยละ 80 -85 ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ เป็นเวลา 20 นาที สามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ได้ไม่ต่างกัน

เฮลเจอรัด และ คณะ (Helgerud et al., 2001)ทำการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกความอดทนแบบแอโรบิกในนักกีฬาฟุตบอล โดยที่กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายระดับเยาวชนอาชีพ อายุ 18 ปี จำนวน 19 คน แบ่งเป็นกลุ่มฝึกให้ทำการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งที่ความหนัก 90 – 95 % ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจเป็นเวลา 4 นาทีสลับกับวิ่งที่ความหนัก 50 – 60 % ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจเป็นเวลา 3 นาที ฝึกวันละ 4 เที่ยว สัปดาห์ละ 2 วัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุม ผลวิจัยพบว่า หลังการฝึก 8 สัปดาห์กลุ่มฝึกมีสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระดับกั้นของแลคเตท ประสิทธิภาพในการใช้ออกซิเจน จำนวนครั้งในการสปรินท์ และระยะทางของการวิ่งทั้งหมดในระหว่างการแข่งขันเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุม

ครัสทรัป และ แบงส์โบ (Krustrup and Bangsbo, 2001) ทำการศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ในผู้ตัดสินฟุตบอลอายุระหว่าง 29 – 47 ปี โดยให้ทำการฝึกวิ่งแบบไม่ต่อเนื่องด้วยความหนักร้อยละ 90 ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ ฝึก 3 – 4 วัน ต่อ สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ แบ่งการฝึกออกเป็นช่วงดังนี้

ช่วงสัปดาห์ที่ 1 – 4

ให้ทำการฝึกวิ่ง 4 นาที สลับกับพัก 2 นาที จำนวน 4 เที่ยว หรือ ฝึกวิ่ง 2 นาที สลับกับพัก 1 นาที จำนวน 8 เที่ยว ฝึกทั้งหมด 3 ชุด

ช่วงสัปดาห์ที่ 4 – 8

ให้ทำการฝึกวิ่ง 4 นาที สลับกับพัก 2 นาที จำนวน 4 เที่ยว หรือ ฝึกวิ่ง 2 นาที สลับกับพัก 1 นาที จำนวน 8 เที่ยว ฝึกทั้งหมด 3 ชุด ควบคู่กับการฝึกวิ่ง 1 นาทีสลับกับพัก 30 วินาที จำนวน 16 เที่ยว หรือ ฝึกวิ่ง 30 วินาที สลับกับพัก 15 วินาที จำนวน 24 เที่ยว ฝึกทั้งหมด 1 ชุด

ช่วงสัปดาห์ที่ 8 – 12

ให้ทำการฝึกวิ่ง 4 นาที สลับกับพัก 2 นาที จำนวน 4 เที่ยว หรือ ฝึกวิ่ง 2 นาที สลับกับพัก 1 นาที จำนวน 8 เที่ยว ฝึกทั้งหมด 2 ชุดควบคู่กับการฝึกวิ่ง 1 นาทีสลับกับพัก 30 วินาที จำนวน 16 เที่ยว หรือ ฝึกวิ่ง 30 วินาที สลับกับพัก 15 วินาที จำนวน 24 เที่ยว ฝึกทั้งหมด 2 ชุด

ผลวิจัยพบว่า การฝึกสามารถพัฒนาระยะทางของการวิ่งและเวลารวมในการทดสอบความอดทนแบบนักฟุตบอล (yo-yo intermittent recovery test) ได้

เวบเบอร์ และ ชไนเดอร์ (Webber and Schneider, 2002) ทำการศึกษาในนักศึกษาอายุระหว่าง 22 – 23 ปี พบว่า การฝึกปั่นจักรยานด้วยความหนักร้อยละ 82.5 – 100 ของกำลังที่ทำได้สูงสุด (Peak power output) ที่ใช้ปั่นที่ความหนักร้อยละ 120 ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยปั่นที่ความเร็ว 70 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที สลับกับพัก 6 นาที จำนวน 3 เที่ยว ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 8 สัปดาห์ สามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดและสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) ได้

บาเน็ทท์ และ คณะ (Barnett et al., 2004) ทำการศึกษาในผู้ชายอายุเฉลี่ย 21 ปี พบว่า การฝึกปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาที สลับกับพัก 3 นาที จำนวน 3 – 6 เที่ยว ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 8 สัปดาห์ สามารถเพิ่ม พลังเฉลี่ย (Mean power output) และ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้

ดูปอนท์ และ คณะ (Dupont et al., 2004) ทำการศึกษาถึงผลของการฝึกสลับช่วงแบบความหนักสูงในนักกีฬาฟุตบอลอาชีพ กลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 22 คน ทำการฝึกสลับช่วงแบบความหนักสูงด้วยการวิ่งที่ความหนักร้อยละ 120 ของความเร็วที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (maximal aerobic speed) เป็นเวลา 15 วินาทีสลับกับ พัก 15 วินาที จำนวน 12 – 15 ชุด และฝึกด้วยความเร็วสูงสุด (Sprint) ในระยะทาง 40 เมตรสลับกับ พัก 30 วินาที จำนวน 12 – 15 ชุด เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า มีการพัฒนาของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาในการวิ่งระยะทาง 40 เมตร หลังจากการฝึกสัปดาห์ 10

เบอร์โกมาสเตอร์ และ คณะ (Burgomaster et al., 2005) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบสลับช่วงที่มีต่อประสิทธิภาพในการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อและความอดทนในการปั่นจักรยานกลุ่มตัวอย่างเป็นวัยรุ่นชายสุขภาพดีอายุระหว่าง 20 – 22 ปี จำนวน 16คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบสลับช่วง และกลุ่มควบคุม โดยที่กลุ่มฝึกให้ฝึกปั่นจักรยานที่มีแรงต้าน 75กรัม ต่อ น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาที สลับกับ ปั่นจักรยานที่ไม่มีแรงต้าน 4 นาที ทำการฝึก 3 ครั้ง ต่อ สัปดาห์ พักระหว่างครั้ง 1-2 วัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยครั้งที่1ฝึก 4 เที่ยว ครั้งที่ 2 ฝึก 5 เที่ยว ครั้งที่ 3 และ 4 ฝึก 6 เที่ยว ครั้งที่ 5 ฝึก 7 เที่ยว ครั้งที่ 6 ฝึก 4 เที่ยวผลการศึกษา พบว่ากลุ่มฝึกมีการพัฒนาของความจุในการสะสมไกลโคเจนของกล้ามเนื้อ (Muscle glycogen content), ความอดทนในการปั่นจักรยาน, พลังสูงสุดและดัชนีความล้าในการทดสอบวินเกท แต่ยังไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของพลังเฉลี่ยในการทดสอบวินเกท และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

เอดก์ และคณะ (Edge et al., 2005) ทำการเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบสลับช่วงด้วยความหนักสูงและการฝึกแบบต่อเนื่องด้วยความหนักปานกลางที่มีต่อความสามารถในการสปรินท์ (Repeat-sprint ability) กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้หญิง จำนวน 20 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยความหนักสูง ให้ทำการฝึกปั่นจักรยานที่ความหนักร้อยละ 120 – 140 ของระดับกั้นแลคเตท เป็นเวลา 2 นาที จำนวน 6 – 10 เที่ยว และกลุ่มฝึกแบบต่อเนื่องด้วยความหนักปานกลางทำการฝึกปั่นจักรยานที่ความหนักร้อยละ 80 – 95 ของระดับกั้นแลคเตท เป็นเวลา 20 - 30 นาที ทำการฝึก 3 วัน ต่อ สัปดาห์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ผลวิจัยพบว่า กลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยความหนักสูงสามารถพัฒนาความสามารถในการสปรินท์ซ้ำๆ(Repeat-Sprint ability) 5 x 6 วินาที สลับพัก 30 วินาทีได้ดีกว่ากลุ่มฝึกแบบต่อเนื่องด้วยความหนักปานกลาง

แมคมิลลัน และ คณะ (Mcmillan et al., 2005) ทำการศึกษาเรื่อง “การปรับตัวทางสรีรวิทยาของการฝึกความอดทนแบบเฉพาะของกีฬาฟุตบอลในนักกีฬาฟุตบอลระดับเยาวชน” กลุ่มตัวอย่างจำนวน 11 คน อายุเฉลี่ย 16 ปี ให้ทำการฝึกสลับช่วงด้วยความหนักสูงแบบแอโรบิกด้วยการเลี้ยงลูกฟุตบอลที่ความหนักร้อยละ 90 -95 ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจเป็นเวลา 4 นาที สลับกับ วิ่งเหยาะที่ความหนักร้อยละ 70 ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจเป็นเวลา 3 นาที จำนวน 4 ชุด ฝึก 2 ครั้ง ต่อ สัปดาห์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ผลวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีการพัฒนาของ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และความสูงของการกระโดดในท่า Squat jump และ Counter movement jump

จิบาลา และ คณะ (Gibala et al., 2006) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบสลับช่วงระยะสั้นเทียบกับการฝึกความอดทนตามประเพณีนิยม: การปรับตัวเริ่มต้นที่คล้ายกันในกล้ามเนื้อโครงร่างของมนุษย์และประสิทธิภาพของการออกกำลังกาย” กลุ่มตัวอย่างเป็น วัยรุ่นชายสุขภาพดีอายุระหว่าง 20 – 22 ปี จำนวน 16 คน ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 8 คน ดังนี้

กลุ่มฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบสลับช่วง ให้ฝึกปั่นจักรยานที่มีแรงต้าน 100 กรัม ต่อ น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาที สลับกับ ปั่นจักรยานที่ไม่มีแรงต้าน 4 นาที จำนวน 4 รอบ ต่อ ครั้ง

กลุ่มฝึกความอดทนตามประเพณีนิยม ให้ฝึกปั่นจักรยานที่ความหนัก 65 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 90 นาที ต่อ ครั้ง

ทำการฝึก 3 ครั้ง ต่อ สัปดาห์ พักระหว่างครั้ง 1-2 วัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยหลังจากฝึกครั้งที่ 2 และ 4 ให้เพิ่มเวลาในการวิ่งเป็น 105 และ 120 นาที ต่อ ครั้ง ในกลุ่มฝึกความ

อดทนตามประเพณีนิยม และเพิ่มจำนวนเป็น 5 และ 6 รอบ ต่อ ครั้ง ในกลุ่มฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบสลับช่วง ตามลำดับ ทำการทดสอบ เวลาในการปั่นจักรยานในระยะทาง 2 และ 30 กิโลเมตร (2 and 30-km time trial), สมรรถภาพในการเผาพลาญพลังงานแบบใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อ (Muscle oxidative capacity), สมรรถภาพในการปรับสมดุลกรดด่างของกล้ามเนื้อ (Muscle buffering capacity), ความจุในการสะสมไกลโคเจนของกล้ามเนื้อ (Muscle glycogen content) และ ทำการบันทึกเวลาที่ใช้ และ ปริมาณในการฝึกตลอด 2 สัปดาห์ ของทั้งสองกลุ่ม นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ผลการศึกษา พบว่าทั้งสองกลุ่มสามารถ ลดเวลาในการปั่นจักรยานในระยะทาง 2 และ 30 กิโลเมตรและเพิ่มสมรรถภาพในการเผาพลาญพลังงานแบบใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อ, สมรรถภาพในการปรับสมดุลกรดด่างของกล้ามเนื้อ และความจุในการสะสมไกลโคเจนของกล้ามเนื้อ ได้ใกล้เคียงกัน แต่กลุ่มฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบสลับช่วง ใช้เวลา และปริมาณในการฝึกที่น้อยกว่า กลุ่มฝึกความอดทนตามประเพณีนิยม ประมาณ 90 %

เฮลเจอรัด และ คณะ (Helgerud et al., 2007) ทำการศึกษาเรื่อง “ การฝึกสลับช่วงด้วยความหนักสูงแบบแอโรบิกเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้มากกว่าการฝึกด้วยความหนักปานกลาง” กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชายสุขภาพดีจำนวน 40 คน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ให้ฝึกวิ่งที่ความหนักร้อยละ 70 ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ

กลุ่มที่ 2 ให้ฝึกวิ่งที่ความหนักร้อยละ 85 ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ

กลุ่มที่ 3 ให้ฝึกวิ่งที่ความหนักร้อยละ 90 – 95 ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ 15 วินาที สลับกับ วิ่งที่ความหนักร้อยละ 70 ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ 15 วินาที

กลุ่มที่ 4 ให้ฝึกวิ่งที่ความหนักร้อยละ 90 – 95 ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ 4 นาที สลับกับ วิ่งที่ความหนักร้อยละ 70 ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ 3 นาที

โดยทำการฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ผลวิจัยพบว่า กลุ่มที่ 3 และ 4 สามารถพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ไม่ต่างกันและพัฒนาได้ดีกว่า กลุ่มที่ 1 และ 2

นอร์โควสกี และ ฮัคเซนสกี (Norkowski and Hucinski, 2007) ทำการศึกษาในนักศึกษาของวิทยาลัยพลศึกษาอายุเฉลี่ย 23 ปี พบว่า การฝึกโดยการวิ่งไป-กลับในระยะทาง 25 เมตร (25 m shuttle runs) ด้วยความเร็วสูงสุด (Sprint) จำนวน 6 เที่ยว (8 – 10 วินาที) ฝึกจำนวน 4 ชุด พักระหว่างชุด 30 วินาที ทำการฝึก 4 วันต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 6 สัปดาห์ สามารถเพิ่มพลังแบบแอนแอโรบิก สมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก ในการทดสอบวินเกท (Wingate test) และลดเวลาในการวิ่งไป-กลับในระยะทาง 25 เมตร (25 m shuttle runs) จำนวน 6 เที่ยวได้

โรเซเน็ก และ คณะ (Rozenek et al., 2007) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบช่วงเวลาของการฝึกแบบสลับช่วงด้วยความหนักที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด กลุ่มตัวอย่างเป็นวัยรุ่นชายจำนวน 12 คน ผลวิจัยพบว่า การฝึกวิ่งด้วยความหนักที่สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาทีสลับกับวิ่งด้วยความหนักร้อยละ 50 ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 15 วินาที จำนวน 12 เที่ยว หรือ อัตรา 2 ต่อ1 ของเวลาระหว่างช่วงฝึกด้วยความหนักสูงและช่วงฝึกด้วยความหนักต่ำ เหมาะสมที่ใช้ในการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถแบบแอโรบิกและความสามารถแบบแอนแอโรบิก

บราโว และ คณะ (Bravo et al., 2008) ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกสลับช่วงด้วยความหนักสูง และการฝึกความสามารถในการเร่งความเร็วซ้ำๆ (Repeat sprint ability) ที่มีต่อตัวแปรทางสรีรแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิกในนักกีฬาฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 42 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มฝึกสลับช่วง ทำการฝึกวิ่งที่ความหนักร้อยละ 90 -95 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 4 นาที จำนวน 4 เที่ยว

กลุ่มฝึกเร่งความเร็วซ้ำๆ ทำการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดไป-กลับในระยะทาง 40 เมตร 6 เที่ยวจำนวน 3 ชุด

ทำการฝึกทั้งหมด 7 สัปดาห์ ผลวิจัยพบว่า กลุ่มฝึกเร่งความเร็วซ้ำๆมีการพัฒนาของความอดทนแบบนักฟุตบอล (yo-yo intermittent recovery test) และ ความสามารถในการเร่งความเร็วซ้ำๆ (Repeat sprint ability) ที่ดีกว่า กลุ่มฝึกสลับช่วง ส่วนสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เวลาในการวิ่ง 10 เมตร ความสูงในการกระโดด และพลังทั้งสองกลุ่มมีการพัฒนาที่ใกล้เคียงกัน

สปอริส และ คณะ (Sporis et al., 2008) ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงด้วยความหนักสูงที่มีต่อความอดทนแบบแอนแอโรบิกในนักกีฬาฟุตบอลชายระดับอาชีพอายุเฉลี่ย 26 ปี โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการฝึกวิ่งที่ความหนักร้อยละ 90 -95 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 4 นาที สลับกับฝึกเทคนิคกีฬาฟุตบอลที่ความหนักร้อยละ 55 – 65 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด จำนวน 4 เที่ยว ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลวิจัยพบว่า การฝึกสามารถพัฒนาความอดทนแบบแอนแอโรบิกด้วยการทดสอบด้วยวิธี 300-yard shuttle run test ได้

ไอเอีย และ คณะ (Iaia et al., 2009) ทำการศึกษา พบว่า การฝึกวิ่งที่ความหนักประมาณร้อยละ 93 ของความเร็วสูงสุด 30 วินาทีสลับกับพัก 3 นาที จำนวน 8 – 12 เที่ยว ทำการฝึกวันเว้นวัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ยังไม่ส่งผลต่อการเพิ่มของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

คล้าก (Clark, 2010) ทำการศึกษาถึงผลของโปรแกรมสลับช่วงแบบผสมความหนักที่มีต่อสมรรถภาพแบบแอโรบิก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลหญิง จำนวน 32 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มฝึกสลับช่วงแบบผสมความหนัก และกลุ่มฝึกความอดทนแบบต่อเนื่อง ทำการฝึกทั้งหมด 8 สัปดาห์ ผลวิจัยพบว่า กลุ่มฝึกสลับช่วงแบบผสมความหนักมีการพัฒนาของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ดีกว่ากลุ่มฝึกความอดทนแบบต่อเนื่อง

แฮเซล และ คณะ (Hazell et al., 2010) ได้ศึกษาเรื่อง “การฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบสลับช่วง 10 หรือ 30 วินาทีที่เพิ่มความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมและอนากาศนิยม” กลุ่มตัวอย่างเป็นวัยรุ่นสุขภาพดีอายุระหว่าง 21 – 27 ปี จำนวน 48 คน เป็นผู้ชาย 35 คน ผู้หญิง 13 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 12 คน ดังนี้

กลุ่ม 30 วินาที : 4 นาที ให้ฝึกปั่นจักรยานที่มีแรงต้าน 100 กรัม ต่อ น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาที สลับกับ ปั่นจักรยานที่ไม่มีแรงต้าน 4 นาที จำนวน 4 รอบ ต่อ ครั้ง

กลุ่ม 10 วินาที : 4 นาที ให้ฝึกปั่นจักรยานที่มีแรงต้าน 100 กรัม ต่อ น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ด้วยความเร็วสูงสุด 10 วินาที สลับกับ ปั่นจักรยานที่ไม่มีแรงต้าน 4 นาที จำนวน 4 รอบ ต่อ ครั้ง

กลุ่ม 10 วินาที : 2 นาที ให้ฝึกปั่นจักรยานที่มีแรงต้าน 100 กรัม ต่อ น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ด้วยความเร็วสูงสุด 10 วินาที สลับกับ ปั่นจักรยานที่ไม่มีแรงต้าน 2 นาที จำนวน 4 รอบ ต่อ ครั้ง

กลุ่มควบคุม ดำเนินชีวิตตามปกติ

ทำการฝึก 3 ครั้ง ต่อ สัปดาห์ พักระหว่างครั้ง 1-2 วัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยหลังจากฝึกครั้งที่ 2 และ 4 ให้เพิ่มจำนวนเป็น 5 และ 6 รอบ ต่อ วัน ตามลำดับในทุกกลุ่มที่ทำการฝึก ทำการทดสอบ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2max), เวลาในการปั่นจักรยานในระยะทาง 5 กิโลเมตร (5-km time trial), กำลังสูงสุดสัมพัทธ์ (Relative peak power), กำลังเฉลี่ยสัมพัทธ์ (Relative average power) และ สัดส่วนของร่างกาย (Body composition) ก่อน และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 2 นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยมีระดับความมีนัยสำคัญที่ .05 ผลการศึกษา พบว่า กลุ่ม 30 วินาที : 4นาที และ กลุ่ม 10 วินาที : 4 นาที มีค่าการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2max) และ กำลังสูงสุดสัมพัทธ์ (Relative peak power) ที่ใกล้เคียงกัน ส่วนเวลาในการปั่นจักรยานในระยะทาง 5 กิโลเมตร (5-km time trial) และ กำลัง

เฉลี่ยสัมพัทธ์ (Relative average power) กลุ่ม 30 วินาที : 4 นาที สามารถพัฒนาได้ดีที่สุด แต่ในสัดส่วนของร่างกาย (Body composition) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในทุกกลุ่ม

หว่อง และ คณะ (Wong et al., 2010) ทำการศึกษาเรื่อง “ ผลของการฝึกร่วมของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและการฝึกสลับช่วงด้วยความหนักสูงช่วงก่อนเปิดฤดูกาลในนักกีฬาฟุตบอลอาชีพ ” กลุ่มตัวอย่างจำนวน 39 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม และ กลุ่มทดลอง ทำการฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยกลุ่มควบคุมให้ฝึกตามโปรแกรมฟุตบอลปกติ ส่วนกลุ่มทดลองทำการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในท่าไฮท์พูล (High pull) ,จัมพ์สควอท (Jump squat), เบนซ์เพรส (bench press), แบ๊กฮาล์ฟสควอท (back half squat) และ ชินอัพ (chin up) โดยใช้ความหนัก 6 อาร์เอ็ม จำนวน 4 ชุด และ ทำการฝึกสลับช่วงด้วยความหนักสูง โดยใช้ความหนักร้อยละ 120 ของความเร็วที่ความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 15 วินาที สลับกับพัก 15 วินาที จำนวน 16 ช่วง ควบคู่กับการฝึกตามโปรแกรมฟุตบอลปกติ ผลวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีการพัฒนาของ 1 อาร์เอ็ม ในท่าแบ๊กฮาล์ฟสควอท (back half squat) และเบนซ์เพรส (bench press) ,ความสูงของการกระโดด (Vertical jump high) ,เวลาในการวิ่ง 10 เมตร และ 30 เมตร, ระยะทางในการทดสอบความอดทนแบบนักฟุตบอล (yo-yo intermittent recovery test) และ ความเร็วในขณะที่เกิดสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดดีกว่ากลุ่มควบคุม

สเปอร์ลิช และ คณะ (Sperlich et al., 2011) ได้ทำการศึกษา พบว่า การฝึกแบบสลับช่วงด้วยความหนักร้อยละ 90 ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ สลับกับความหนักร้อยละ 60 -75 ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ในนักกีฬาฟุตบอลชายระดับเยาวชนอายุ 14 ปี สามารถพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และ ความสามารถในการเร่งความเร็วสูงสุด (Sprint performance) ได้

แมคเฟอร์สัน และ คณะ (Macpherson et al., 2011) ได้ศึกษาเรื่อง “การฝึกวิ่งเร่งความเร็วระยะสั้นแบบสลับช่วงเพิ่มความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมแต่ไม่เพิ่มอัตราการไหลของเลือดออกจากหัวใจสูงสุด” กลุ่มตัวอย่างเป็นวัยรุ่นสุขภาพแข็งแรงอายุระหว่าง 21 – 27 ปี จำนวน 20 คน เป็น ผู้ชาย 12 คน ผู้หญิง 8 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 10 คน ดังนี้

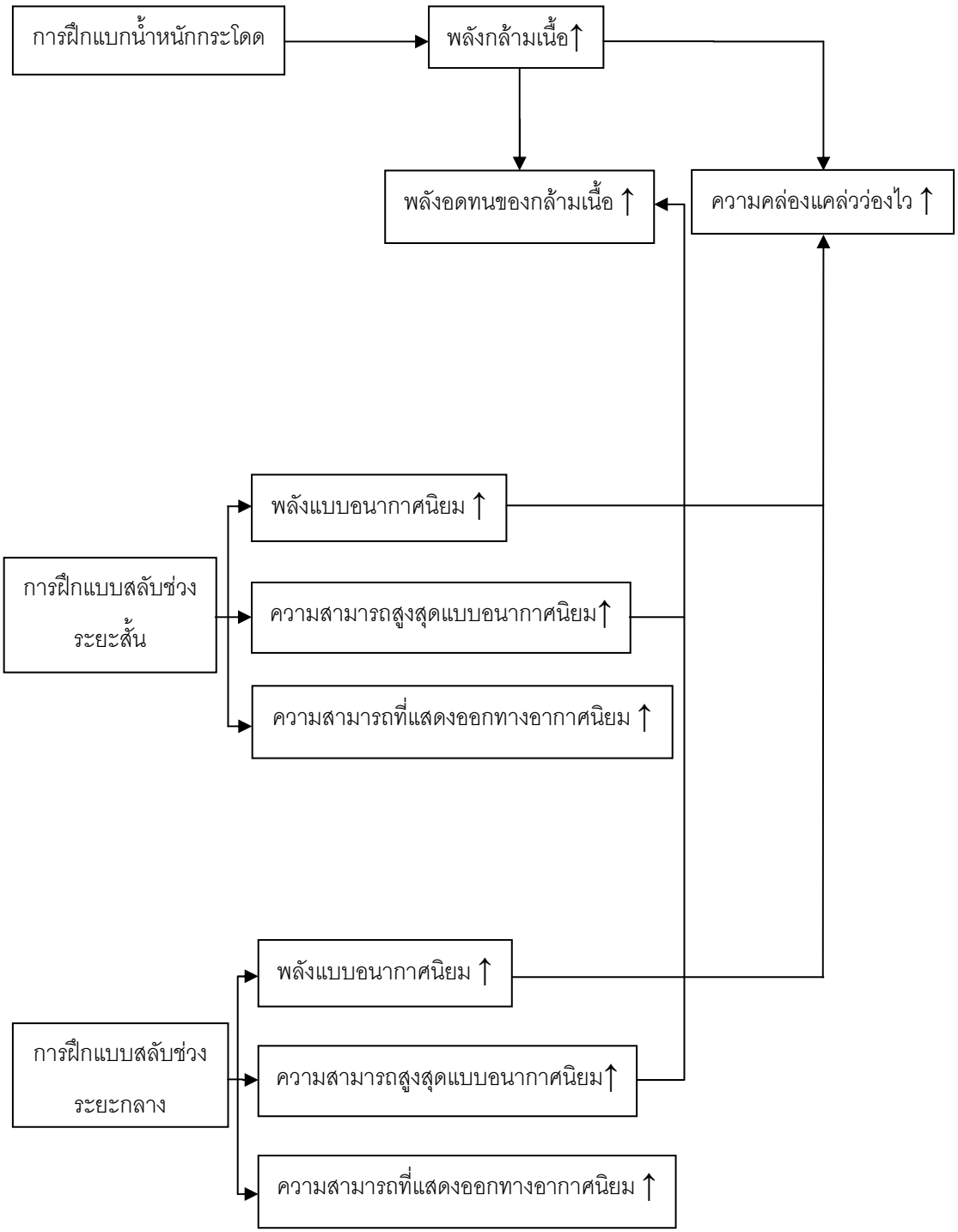
กลุ่มฝึกความอดทน (Endurance training) ให้ฝึกวิ่งที่ความหนัก 60 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 30 นาที ต่อ ครั้ง

กลุ่มฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบสลับช่วง (Sprint interval training) ให้ฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาทีสลับกับพัก 4 นาที จำนวน 4 รอบ ต่อ ครั้ง

ทำการฝึก 3 ครั้ง ต่อ สัปดาห์ พักระหว่างครั้ง 1-2 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยหลังจากฝึกสัปดาห์ที่ 2 และ 4 ให้เพิ่มเวลาในการวิ่งเป็น 45 และ 60นาที ต่อ ครั้ง ในกลุ่มฝึกความอดทน และเพิ่มจำนวนเป็น 5 และ 6 รอบ ต่อ ครั้ง ในกลุ่มฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบสลับช่วง ตามลำดับ ทำการทดสอบค่า สัดส่วนร่างกาย (Body composition), เวลาที่ใช้ในการวิ่ง 2,000 เมตร (2,000-m run time trial), สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2max) และ อัตราการไหลเวียนของเลือดออกจากหัวใจสูงสุด (maximal cardiac output) ก่อนและ หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 แล้วนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยทดสอบความมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ผลการศึกษา พบว่ากลุ่มฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบสลับช่วงมีการลดลงของ มวลไขมัน (Fat mass) ที่ดีกว่า ส่วนเวลาที่ใช้ในการวิ่ง 2,000 เมตร และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดทั้งสองกลุ่มมีการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกัน แต่ใน อัตราการไหลเวียนของเลือดออกจากหัวใจสูงสุด มีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะกลุ่มฝึกความอดทน เพียงกลุ่มเดียว และขณะทำการฝึกได้มีการวัดความเร็วสูงสุดในการวิ่งของกลุ่มฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบสลับช่วง ในแต่ละวันที่ทำการฝึก พบว่า ความเร็วสูงสุดที่ใช้ในการวิ่ง มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 5.1 % จากวันแรก ถึง วันสุดท้ายที่ทำการฝึก

จากงานวิจัยข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การฝึกแบบสลับช่วงมีทั้งแบบแอโรบิกและแบบแอนแอโรบิก โดยถ้าเป็นการฝึกสลับช่วงแบบแอโรบิกจะใช้ความหนักประมาณ 90 – 95% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ การฝึกจะใช้ระยะเวลาของช่วงหนักประมาณ 4 นาที สลับกับช่วงเบาที่ใช้ความหนักประมาณ 70% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจเป็นเวลา 3 นาที จำนวน 4 เที่ยว ฝึกสัปดาห์ละ 2 – 3 วัน ใช้เวลาประมาณ 8 สัปดาห์ก็จะเห็นผลการเปลี่ยนแปลงของความสามารถทางแอโรบิกส่วนการฝึกสลับช่วงแบบแอนแอโรบิกจะใช้ความหนักที่ความเร็วสูงสูดเป็นเวลา 30 วินาที สลับกับพัก 4 นาที จำนวน 3 – 6 เที่ยว หรือ ฝึกที่ความหนัก 120% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด หรือ ประมาณ 90 – 95% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจเป็นเวลา 15 วินาที สลับกับพัก 15 วินาที จำนวน 12 – 16 เที่ยว ทำการฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน เป็นเวลา 6 – 8 สัปดาห์ก็จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของความสามารถทางแอนแอโรบิกนอกจากนั้นการฝึกสลับช่วงแบบแอนแอโรบิกยังส่งผลไปถึงการเปลี่ยนแปลงของความสามารถทางแอโรบิกด้วย

กรอบแนวคิดการวิจัย



บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม และสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนในการวิจัย ดังต่อไปนี้

1.กลุ่มตัวอย่างและวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

2.รูปแบบของการวิจัย

3.เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.ขั้นตอนการวิจัย

5.การเก็บรวบรวมข้อมูล

6.การวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มตัวอย่างและวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักกีฬาฟุตบอลชายระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีอายุระหว่าง 16 – 18 ปี

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาฟุตบอลชายระดับมัธยมศึกษาของโรงเรียนเทพศิรินทร์ อายุระหว่าง 16 – 18 ปี ที่กำลังฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันฟุตบอลจตุรมิตรสามัคคีครั้งที่ 26 จำนวน 28 คน โดยการเลือกแบบเจาะจงเข้าร่วมการวิจัย (Purposive sampling) จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของโคเฮน (Cohen, 1988) โดยกำหนดค่าแอลฟาที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 กำหนดค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size) ที่ 1.0 และกำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) ที่ .70 ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 13 คน รวมทั้งหมด 26 คน แต่เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีทั้งหมด 28 คน ผู้วิจัยจึงจะทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น สองกลุ่มๆ ละ 14 คนแทน หลังจากนั้นทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก(Simple random sampling) เพื่อเลือกกลุ่มและรูปแบบการฝึกดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นและการฝึกซ้อมตามปกติ

กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางและการฝึกซ้อมตามปกติ

และระหว่างทำการทดลองมีกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถมาเข้าร่วมการวิจัยได้อย่างสม่ำเสมอ จำนวน 12 คน เนื่องจากต้องไปฝึกซ้อมกับสโมสรในลีกอาชีพ มีอาการบาดเจ็บจากการแข่งขัน และไปทำการคัดเลือกเพื่อเตรียมเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัย จึงทำให้เหลือกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 16 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ 1 จำนวน 8 คน และกลุ่มทดลองที่ 2 จำนวน 8 คน จึงเปลี่ยนการกำหนดค่าแอลฟาเป็นที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 กำหนดค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size) เป็น 1.40 และกำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) เป็น .75 (Cohen, 1988)

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1.) ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายระดับมัธยมศึกษาของโรงเรียนเทพศิรินทร์ อายุระหว่าง 16 – 18 ปี ที่กำลังฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันฟุตบอลจตุรมิตรสามัคคี ครั้งที่ 26

2.) ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่มีปัญหาการบาดเจ็บ

3.) ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องได้รับอนุญาตจากทางผู้ปกครองแล้ว

4.) ผู้เข้าร่วมวิจัยครั้งนี้จะต้องมีความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุมฉาก ไม่ต่ำกว่า 1.5

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1.) ผู้เข้าร่วมวิจัยเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ การฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติของโรงเรียน หรือ จากการแข่งขันที่ทางโรงเรียนส่งนักกีฬาเข้าร่วมการแข่งขัน เป็นต้น

2.) ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกไม่ถึง 90% ของโปรแกรมทั้งหมด

3.) ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยต่อไป

วิธีการเข้าถึงกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยจะเป็นผู้ติดต่อทำความเข้าใจและชี้แจงถึงข้อมูลในส่วนต่างๆ แก่กลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง นอกจากนั้นผู้วิจัยจะควบคุมดูแลการทดสอบและการฝึกซ้อมทั้งหมดด้วยตนเองโดยมีผู้ฝึกสอนของทีมคอยควบคุมดูแลร่วมด้วย กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดเพื่อความปลอดภัยในขณะทำการทดสอบ และทำการฝึก มีการให้คำแนะนำ ให้ความรู้และวิธีการ

ปฏิบัติทั้งก่อนและหลังจากทำการทดสอบและทำการฝึก เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากโปรแกรมการฝึก รวมถึงการทดสอบทุกครั้ง ผู้วิจัยจะมีการให้คำแนะนำและดูแลอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา กรณีหากนักกีฬาเกิดอาการบาดเจ็บจะมีการดูแลโดยการรักษาปฐมพยาบาลเบื้องต้น และหากอาการบาดเจ็บอย่างรุนแรงก็จะนำส่งต่อไปพบแพทย์ในโรงพยาบาลใกล้เคียงกับสถานที่ฝึกซ้อม โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบในการรักษาพยาบาลทั้งหมด

วิธีการพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้กำหนดให้กลุ่มตัวอย่างทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงทั้งสองโปรแกรมในสนามกีฬาที่ฝึกซ้อมตามปกติ ยกเว้นการทดสอบก่อนและหลังการทดลองที่จะต้องไปรับการทดสอบที่ศูนย์ทดสอบวิจัยวัสดุ และอุปกรณ์ทางการกีฬา และสนามหญ้าหน้าคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หากเกิดการบาดเจ็บจากการฝึกและการทดสอบ ผู้วิจัยจะรับผิดชอบในการรักษาพยาบาลทั้งหมด และในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยไม่มีค่าตอบแทนและค่าเดินทางให้กับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย สำหรับการเดินทางมาทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยจะมีการจัดเตรียมเครื่องดื่มเกลือแร่ และน้ำดื่มไว้ให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และทางโรงเรียนเทพศิรินทร์ได้ให้การสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และมอบหมายให้ครูผู้ฝึกสอนทีมฟุตบอลเดินทางมาร่วมควบคุมทุกครั้งในการเดินทางเข้าร่วมโครงการวิจัย นอกจากนั้นเมื่อทราบผลของการวิจัยอย่างไร ผู้วิจัยจะมีการชี้แจงให้ผู้ฝึกสอนตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายได้ทราบถึงผลของการวิจัยที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งปรึกษาและประสานงานกับผู้ฝึกสอนเพื่อที่จะนำผลการวิจัยที่ได้ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรมการฝึกปกติของนักกีฬาเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

รูปแบบของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง(Experimental research design) โดยออกแบบการทดลองที่มีการจัดดำเนินการแบบสุ่ม และมีกลุ่มทดลอง 2 กลุ่มไว้เปรียบเทียบกัน

E_1	R_S	O_1	X_1	O_2
E_2	R_S	O_3	X_2	O_4

E_1 หมายถึง กลุ่มทดลองที่ 1

E_2 หมายถึง กลุ่มทดลองที่ 2

R_s	หมายถึง	การสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองที่ 1 และ กลุ่มทดลองที่ 2
X_1	หมายถึง	การใช้โปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น
X_2	หมายถึง	การใช้โปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง
O_1	หมายถึง	การทดสอบครั้งที่ 1 ก่อนการทดลอง ของกลุ่มทดลองที่ 1 ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม ประกอบด้วย พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมดัชนีความล้า ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม และทดสอบพลังอดทนของกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว
O_2	หมายถึง	การทดสอบครั้งที่ 2 หลังการทดลอง ของกลุ่มทดลองที่ 1 ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม ประกอบด้วย พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมดัชนีความล้า ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม และทดสอบพลังอดทนของกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว
O_3	หมายถึง	การทดสอบครั้งที่ 1 ก่อนการทดลอง ของกลุ่มทดลองที่ 2 ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม ประกอบด้วย พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมดัชนีความล้า ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม และทดสอบพลังอดทนของกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว
O_4	หมายถึง	การทดสอบครั้งที่ 2 หลังการทดลอง ของกลุ่มทดลองที่ 2 ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม ประกอบด้วย พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมดัชนีความล้า ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม และทดสอบพลังอดทนของกล้ามเนื้อขา และความคล่องแคล่วว่องไว

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1.) เครื่องมือสำหรับการฝึก

1.1 นาฬิกาจับเวลา

1.2 อุปกรณ์ฝึกกระสอบหนังบรรจุทราย

1.3 เครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ โพลาร์ รุ่น เอส 710 ไอ (Polar S710i)

1.4 โปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วง

ทำการฝึกตามโปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดจนเสร็จสิ้นแล้วจึงทำการฝึกตามโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงทันที

- โปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด

ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด ด้วยความหนัก 20 เปอร์เซ็นต์ ของ ค่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ หรือ ค่า 1 อาร์เอ็ม ในท่ากระโดดจากท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุมฉาก (Half squat jump) จำนวน 10 ครั้งต่อชุด ทำการฝึก 3 ชุด พักระหว่างชุด 3 นาที ฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 6 สัปดาห์

- โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น

ทำการฝึกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 4 วินาทีสลับกับการวิ่งเหยาะเป็นเวลา 40 วินาที จำนวน 8 รอบ แล้วจึงพักด้วยการเดินเป็นเวลา 4 นาที ทำการฝึก 4 ชุด โดยเพิ่มการฝึกขึ้น 1 ชุด ทุกๆ 2 สัปดาห์ ฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์

- โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง

ทำการฝึกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 32 วินาทีแล้วจึงพักด้วยการเดินเป็นเวลา 4 นาที ทำการฝึก 4 ชุด โดยเพิ่มการฝึกขึ้น 1 ชุด ทุกๆ 2 สัปดาห์ ฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์

ตารางที่ 10 แสดงผลการตรวจสอบเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของโปรแกรมการฝึก

เนื้อหา	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ	
	IOC	ข้อเสนอแนะ
1. โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น	**0.88**	
1.1 รูปแบบของการฝึก		
- ช่วงหนัก	1.00	-
- ช่วงเบา	0.60	ควรมีการอัตราการเต้นหัวใจเพื่อตรวจสอบความหนักในขณะฝึก
1.2 จำนวนชุด (หนักสลับเบา)	0.80	-
1.3 ความถี่ของการฝึก	1.00	-
1.4 ระยะเวลาของการฝึก	1.00	-
2. โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง	**0.88**	
2.1 รูปแบบของการฝึก		
- ช่วงหนัก	0.60	ควรกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ให้ชัดเจนและมีการวัดอัตราการเต้นหัวใจเพื่อตรวจสอบความหนักในขณะฝึก
- ช่วงเบา	0.80	-
2.2 จำนวนชุด (หนักสลับเบา)	1.00	-
2.3 ความถี่ของการฝึก	1.00	-
2.4 ระยะเวลาของการฝึก	1.00	-
3. โปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด	**0.93**	
3.1 ท่าที่ใช้ในการฝึก	1.00	ต้องควบคุมมุมของเข่าให้ดี
3.2 ความหนัก (% ของ 1RM)	0.80	มีแรงกระแทกสูงควรระมัดระวัง
3.3 จำนวนครั้งในการกระโดด	1.00	-
3.4 จังหวะในการกระโดด	1.00	-
3.5 เวลาพักระหว่างชุด	0.80	-
3.6 จำนวนชุดของการฝึก	1.00	-
3.7 ความถี่ของการฝึก	1.00	-
3.8 ระยะเวลาของการฝึก	0.80	-
รวมค่า IOC	**0.90**	

2.) เครื่องมือสำหรับทดสอบ

2.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก และวัดส่วนสูง

2.2 เครื่องนิวเทสต์ พาวเวอร์ไทม์เมอร์ เอสดับเบิลยู – 300 (Newtest Powertimer SW- 300)

2.3 วิธีทดสอบของอลีเมนี และคณะด้วยเครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (Ballistic measurement system) ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองและหลังการทดลองตามตัวแปร ประกอบด้วย

-พลังอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscular power endurance) มีหน่วยเป็นวัตต์ ต่อ กิโลกรัม

2.4 วิธีทดสอบโย-โย อินเตอร์มิทเทน รีโคเวอร์รี (Yo-Yo Intermittent Recovery Test) ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองและหลังการทดลองของตัวแปรตาม ประกอบด้วย

- ระยะทางในการวิ่ง มีหน่วยเป็นเมตร

2.5 วิธีทดสอบรันนิ่งเบสแอนแอโรบิก สปรินท์ (Running-based Anaerobic Sprint Test) ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองและหลังการทดลองของตัวแปรตาม ประกอบด้วย

- พลังแบบอนากาศนิยม (Anaerobic power) มีหน่วยเป็นวัตต์
- ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม (Anaerobic capacity) มีหน่วยเป็นวัตต์
- ดัชนีความล้า (Fatigue index) มีหน่วยเป็นวัตต์ ต่อ วินาที

2.6 วิธีทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวของอิลลินอยส์ (Illinois test run – agility) ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองและหลังการทดลองของตัวแปร ประกอบด้วย

- ความคล่องแคล่วว่องไว (Agility) มีหน่วยเป็นวินาที

ขั้นตอนการทำวิจัย

แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

1. ก่อนการทดลอง

1.1 ศึกษาค้นคว้า หลักการ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดและการฝึกแบบสลับช่วงแบบสลับช่วง สรีรวิทยาในการแข่งขันฟุตบอล แล้วรวบรวมแนวคิดจากความรู้ที่ได้มาสร้างโปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และระยะกลาง เพื่อพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอล

1.2 นำโปรแกรมการฝึกที่สร้างขึ้นไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบความเรียบร้อย

1.3. นำโปรแกรมการฝึกไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและวิเคราะห์หาความเที่ยง

1.3.1 สร้างแบบประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน ตรวจพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ของแบบประเมิน โดยการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินใช้เกณฑ์ในการตัดสินคือค่าดัชนี (Item Objective Congruence, IOC) โดยแบบประเมินทุกข้อมีค่าดัชนี IOC มีค่าระหว่าง 0.5-1.0 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสม

1.4 นำโปรแกรมการฝึกเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเรียบร้อยอีกครั้งก่อนนำไปใช้ในงานวิจัย

1.5 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการใช้เครื่องมือ การเก็บรวบรวมข้อมูลและสถานที่ที่ใช้ในงานวิจัย

1.6 ขอความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ขณะทำการทดลอง

2.1 จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ ใบบันทึกผล เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2 ทำการเลือกแบบเฉพาะเจาะจงเพื่อหากลุ่มตัวอย่างและคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.3 ผู้วิจัยได้มีการอธิบายวัตถุประสงค์และประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย รวมถึงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำวิจัย และเมื่อกลุ่มตัวอย่างยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยได้ให้กลุ่มตัวอย่างลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมวิจัย

2.4 ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 28 คนออกเป็นกลุ่มฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น 14 คน และกลุ่มฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง 14 คน ด้วยวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก (Simple random sampling)

2.5 ดำเนินการทดสอบและเก็บข้อมูลก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดตามตัวแปรดังนี้

- ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม ประกอบด้วย
  + พลังแบบอนากาศนิยม
  + ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม
  + ดัชนีความล้า
- ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม
- ทดสอบพลังอดทนของกล้ามเนื้อ
- ทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว

2.6 กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ทำการฝึกแบบสลับช่วง สัปดาห์ละ 2 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์โดยที่

กลุ่มทดลองที่ 1 ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น

กลุ่มทดลองที่ 2 ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง

2.7 ดำเนินการทดสอบและเก็บข้อมูลหลังการทดลองของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดตามตัวแปรดังนี้

- ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม ประกอบด้วย
  + พลังแบบอนากาศนิยม
  + ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม
  + ดัชนีความล้า
- ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม
- ทดสอบพลังอดทนของกล้ามเนื้อ
- ทดสอบความคล่องแคล่วว่องไว

2.8 วิเคราะห์ผล และนำเสนอผลการทดลอง

ขั้นตอนการทำวิจัย

ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

นักกีฬาฟุตบอลของโรงเรียนเทพศิรินทร์ อายุระหว่าง 16 – 18 ปี จำนวน 28 คน

ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายด้วยการจับฉลาก (Sample random sampling)

กลุ่มทดลองที่ 1	กลุ่มทดลองที่ 2
ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับ	ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับ
ฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น	ฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง
จำนวน 14 คน	จำนวน 14 คน

ทดสอบครั้งที่ 1 ทำการทดสอบก่อนการทดลอง

ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับ	ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับ
การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นใช้เวลา	การฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางใช้เวลา
ประมาณ 1 ถึง 1 ชั่วโมง 30 นาที	ประมาณ 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมง
ก่อนการฝึกซ้อมฟุตบอลตามปกติ	ก่อนการฝึกซ้อมฟุตบอลตามปกติ
สัปดาห์ละ 2 วัน (อังคารกับศุกร์)	สัปดาห์ละ 2 วัน (อังคารกับศุกร์)
เป็นเวลา 6 สัปดาห์	เป็นเวลา 6 สัปดาห์

ทดสอบครั้งที่ 2 ทำการทดสอบหลังการทดลอง

วิเคราะห์ผล และนำเสนอผลการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตเพื่อขอความอนุเคราะห์โรงเรียนเทพศิรินทร์ในการเก็บข้อมูล และ ทำการทดลอง ในขั้นตอนขณะทำการทดลอง

2. ผู้วิจัยควบคุมการทดลอง และเก็บข้อมูลด้วยตนเองตลอดการทดลอง

3. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้สถานที่ อุปกรณ์การฝึก และอุปกรณ์ทดสอบของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จนกระทั่งเสร็จสิ้นการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการทดลองของกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาค่าต่างๆดังนี้

1. นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ภายในกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม โดยการทดสอบค่าที (Paired–Samples t–test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม โดยการทดสอบค่าที (Independent–Samples t–test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอลอายุระหว่าง 16 – 18 ปีผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลและดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอในรูปแบบของตารางประกอบความเรียง ดังนี้

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำหนัก และส่วนสูง ก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2

รายการทดสอบ	กลุ่มทดลองที่ 1 (n = 8)		กลุ่มทดลองที่ 2 (n = 8)		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	61.25	6.861	63.38	3.998	-.757	.462
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	170.00	4.899	170.38	1.996	-.201	.844

$p > .05$

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่า ก่อนการทดลอง น้ำหนักของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 61.25 กิโลกรัมและกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 63.38 กิโลกรัม

ส่วนสูงของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 170.00 เซนติเมตร และกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 170.38 เซนติเมตร

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างก่อนการทดลอง พบว่า น้ำหนักและส่วนสูง ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำหนัก และส่วนสูง หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2

รายการทดสอบ	กลุ่มทดลองที่ 1 (n = 8)		กลุ่มทดลองที่ 2 (n = 8)		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	60.75	7.536	64.00	3.423	-1.111	.285
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	170.00	4.899	170.38	1.996	-.201	.844

$p > .05$

จากตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 น้ำหนักของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 60.75 กิโลกรัมและกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 64.00 กิโลกรัม

ส่วนสูงของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 170.00 เซนติเมตร และกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 170.38 เซนติเมตร

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่า น้ำหนักและส่วนสูงระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของความคล่องแคล่วว่องไว พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถแบบอนากาศนิยม ดัชนีความล้า ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม พลังอดทนของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2

รายการทดสอบ	กลุ่มทดลองที่ 1 (n = 8)		กลุ่มทดลองที่ 2 (n = 8)		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	16.99	.471	16.89	.546	.416	.683
พลังแบบอนากาศนิยม (วัตต์)	355.38	123.13	336.12	69.10	.386	.706
ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม (วัตต์)	271.12	80.63	268.62	72.45	.065	.949
ดัชนีความล้า (วัตต์/วินาที)	4.25	2.435	3.25	.886	1.092	.293
ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม (เมตร)	605.00	96.65	705.00	173.61	-1.423	.177
พลังอดทนของกล้ามเนื้อ (วัตต์/กิโลกรัม)	37.17	7.389	33.92	3.681	1.114	.284

$p > .05$

จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่า ก่อนการทดลอง ความคล่องแคล่วว่องไวของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 16.99 วินาที และกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 16.89 วินาที

พลังแบบอนากาศนิยมของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 355.38 วัตต์ และกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 336.12 วัตต์

ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 271.12 วัตต์ และกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 268.62 วัตต์

ดัชนีความล้าของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 4.25 วัตต์/วินาที และกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 3.25 วัตต์/วินาที

ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 605.00 เมตร และกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 705.00 เมตร

พลังอดทนของกล้ามเนื้อของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 37.17 วัตต์/กิโลกรัม และกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 33.92 วัตต์

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างก่อนการทดลอง พบว่า ทั้ง 2 กลุ่มมีความคล่องแคล่วว่องไว พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม ดัชนีความล้า ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม พลังอดทนของกล้ามเนื้อ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของความคล่องแคล่วว่องไว พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถแบบอนากาศนิยม ดัชนีความล้า ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม พลังอดทนของกล้ามเนื้อ หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2

รายการทดสอบ	กลุ่มทดลองที่ 1 (n = 8)		กลุ่มทดลองที่ 2 (n = 8)		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	16.48	.287	16.07	.376	2.434	.029*
พลังแบบอนากาศนิยม (วัตต์)	420.62	114.75	419.38	98.11	.023	.982
ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม (วัตต์)	258.25	71.05	326.88	92.26	-1.667	.118
ดัชนีความล้า (วัตต์/วินาที)	5.75	2.121	4.50	1.512	1.357	.196
ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม (เมตร)	627.50	82.07	730.00	133.09	-1.854	.085
พลังอดทนของกล้ามเนื้อ (วัตต์/กิโลกรัม)	40.96	8.165	37.80	2.859	1.034	.319

*p < .05

จากตารางที่ 14 แสดงให้เห็นว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ความคล่องแคล่วว่องไวของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 16.48 วินาที และกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 16.07 วินาที

พลังแบบอนากาศนิยมของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 420.62 วัตต์ และกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 419.38 วัตต์

ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 258.25 วัตต์ และกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 326.88 วัตต์

ดัชนีความล้าของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 5.75 วัตต์/วินาที และกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 4.50 วัตต์/วินาที

ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 627.50 เมตร และกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 730.00 เมตร

พลังอดทนของกล้ามเนื้อของกลุ่มทดลองที่ 1 เท่ากับ 40.96 วัตต์/กิโลกรัม และกลุ่มทดลองที่ 2 เท่ากับ 37.80 วัตต์/กิโลกรัม

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 มีความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ทั้ง 2 กลุ่มมีพลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม ดัชนีความล้า ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม พลังอดทนของกล้ามเนื้อ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของความคล่องแคล่วว่องไว พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถแบบอนากาศนิยม ดัชนีความล้า ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม พลังอดทนของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 1

รายการทดสอบ	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	16.99	.471	16.48	.287	5.245	.001*
พลังแบบอนากาศนิยม (วัตต์)	355.38	123.13	420.62	114.75	-2.594	.036*
ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม (วัตต์)	271.12	80.63	258.25	71.05	.472	.652
ดัชนีความล้า (วัตต์/วินาที)	4.25	2.435	5.75	2.121	-2.049	.080
ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม (เมตร)	605.00	96.65	627.50	82.07	-1.642	.148
พลังอดทนของกล้ามเนื้อ (วัตต์/กิโลกรัม)	37.17	7.389	40.96	8.165	-3.535	.010*

*p < .05

จากตารางที่ 15 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ 1 มีความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง เท่ากับ 16.99 วินาที และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 เท่ากับ 16.48 วินาที

พลังแบบอนากาศนิยม ก่อนการทดลอง เท่ากับ 355.38 วัตต์ และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 เท่ากับ 420.62 วัตต์

ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม ก่อนการทดลอง เท่ากับ 271.12 วัตต์ และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 เท่ากับ 258.25 วัตต์

ดัชนีความล้า ก่อนการทดลอง เท่ากับ 4.25 วัตต์/วินาที และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 เท่ากับ 5.75 วัตต์/วินาที

ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ก่อนการทดลอง เท่ากับ 605.00 เมตร และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 เท่ากับ 627.50 เมตร

พลังอดทนของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลอง เท่ากับ 37.17 วัตต์/กิโลกรัม และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 เท่ากับ 40.96 วัตต์/กิโลกรัม

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 1 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองที่ 1 มีความคล่องแคล่วว่องไว พลังแบบอนากาศนิยม และพลังอดทนของกล้ามเนื้อมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม ดัชนีความล้า และความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ไม่แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของความคล่องแคล่วว่องไว พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถแบบอนากาศนิยม ดัชนีความล้า ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม พลังอดทนของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 2

รายการทดสอบ	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6		t	p
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	16.89	.546	16.07	.376	9.522	.000*
พลังแบบอนากาศนิยม (วัตต์)	336.12	69.10	419.38	98.11	-3.633	.008*
ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม (วัตต์)	268.62	72.45	326.88	92.26	-3.318	.013*
ดัชนีความล้า (วัตต์/วินาที)	3.25	.886	4.50	1.512	-1.930	.095
ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม (เมตร)	705.00	173.61	730.00	133.09	-1.357	.217
พลังอดทนของกล้ามเนื้อ (วัตต์/กิโลกรัม)	33.92	3.681	37.80	2.859	-3.702	.008*

*p < .05

จากตารางที่ 16 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ 2 มีความคล่องแคล่วว่องไว ก่อนการทดลอง เท่ากับ 16.89 วินาที และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 เท่ากับ 16.07 วินาที

พลังแบบอนากาศนิยม ก่อนการทดลอง เท่ากับ 336.12 วัตต์ และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 เท่ากับ 419.38 วัตต์

ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม ก่อนการทดลอง เท่ากับ 268.62 วัตต์ และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 เท่ากับ 326.88 วัตต์

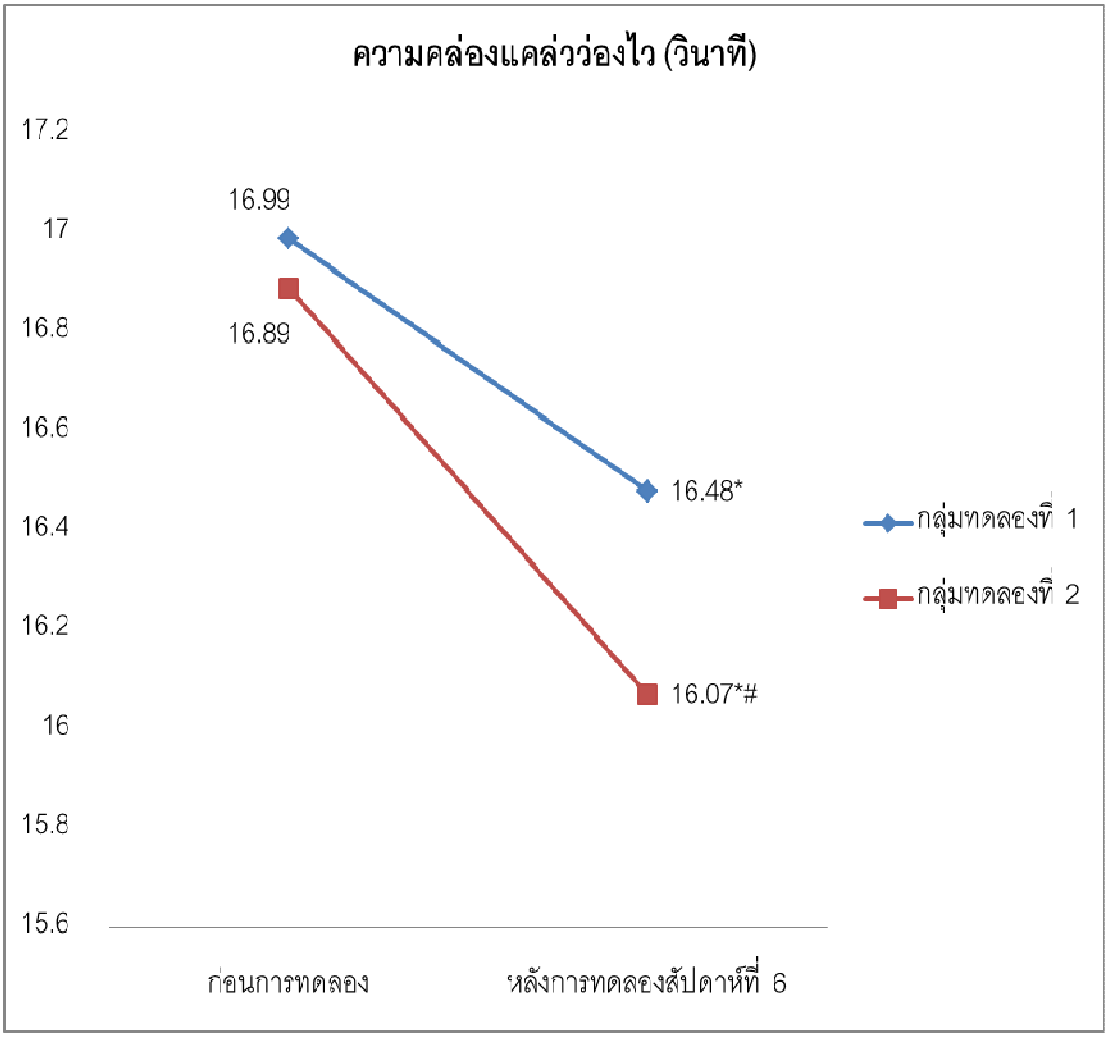
ดัชนีความล้า ก่อนการทดลอง เท่ากับ 3.25 วัตต์/วินาที และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 เท่ากับ 4.50 วัตต์/วินาที

ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ก่อนการทดลอง เท่ากับ 705.00 เมตร และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 เท่ากับ 730.00 เมตร

พลังอดทนของกล้ามเนื้อ ก่อนการทดลอง เท่ากับ 33.92 วัตต์/กิโลกรัม และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 เท่ากับ 37.80 วัตต์/กิโลกรัม

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองที่ 2 มีความคล่องแคล่วว่องไว พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม และพลังอดทนของกล้ามเนื้อมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีดัชนีความล้า และความสามารถที่แสดงออกทาง อากาศนิยมไม่แตกต่างจากก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

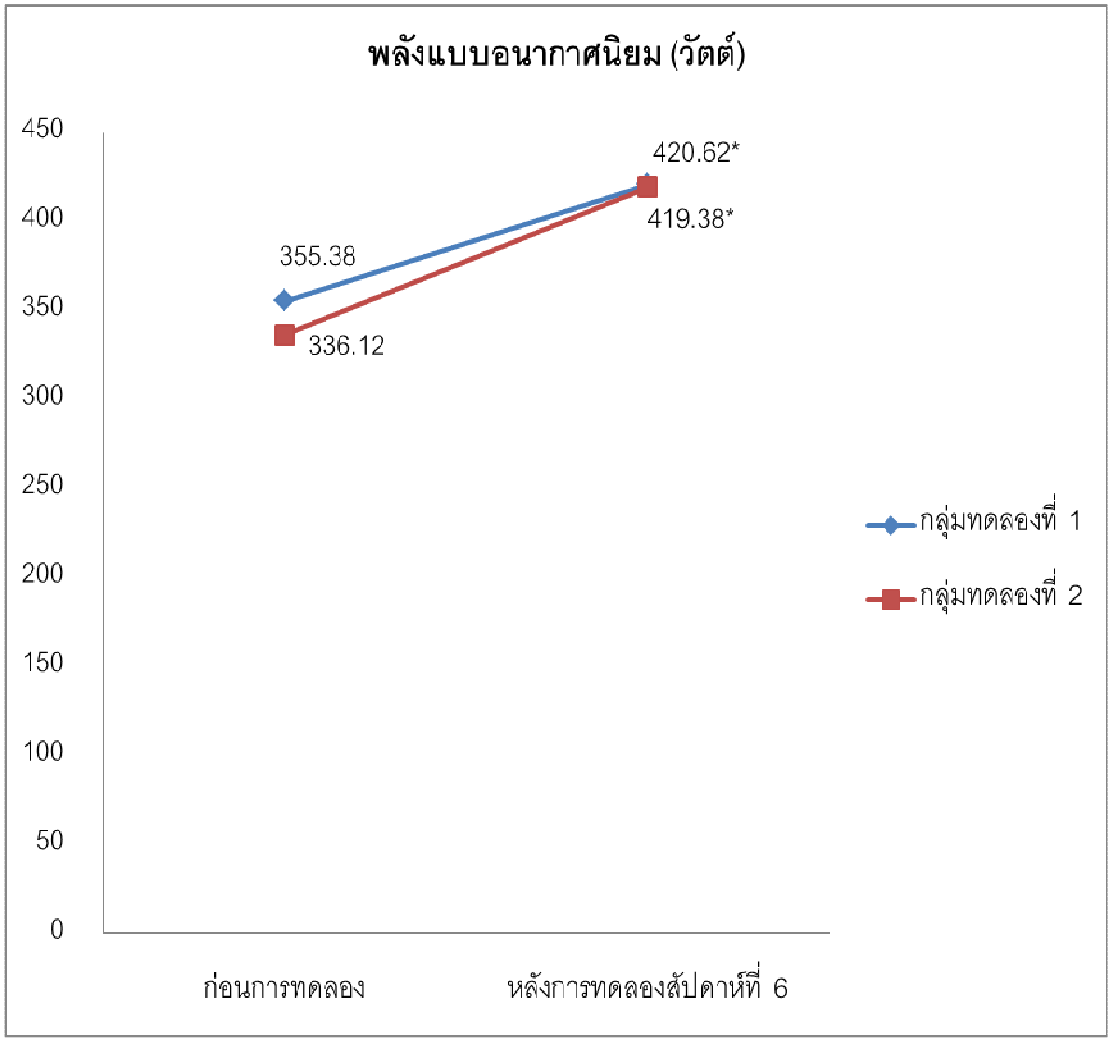
แผนภูมิที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไวก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2



* หมายถึง มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

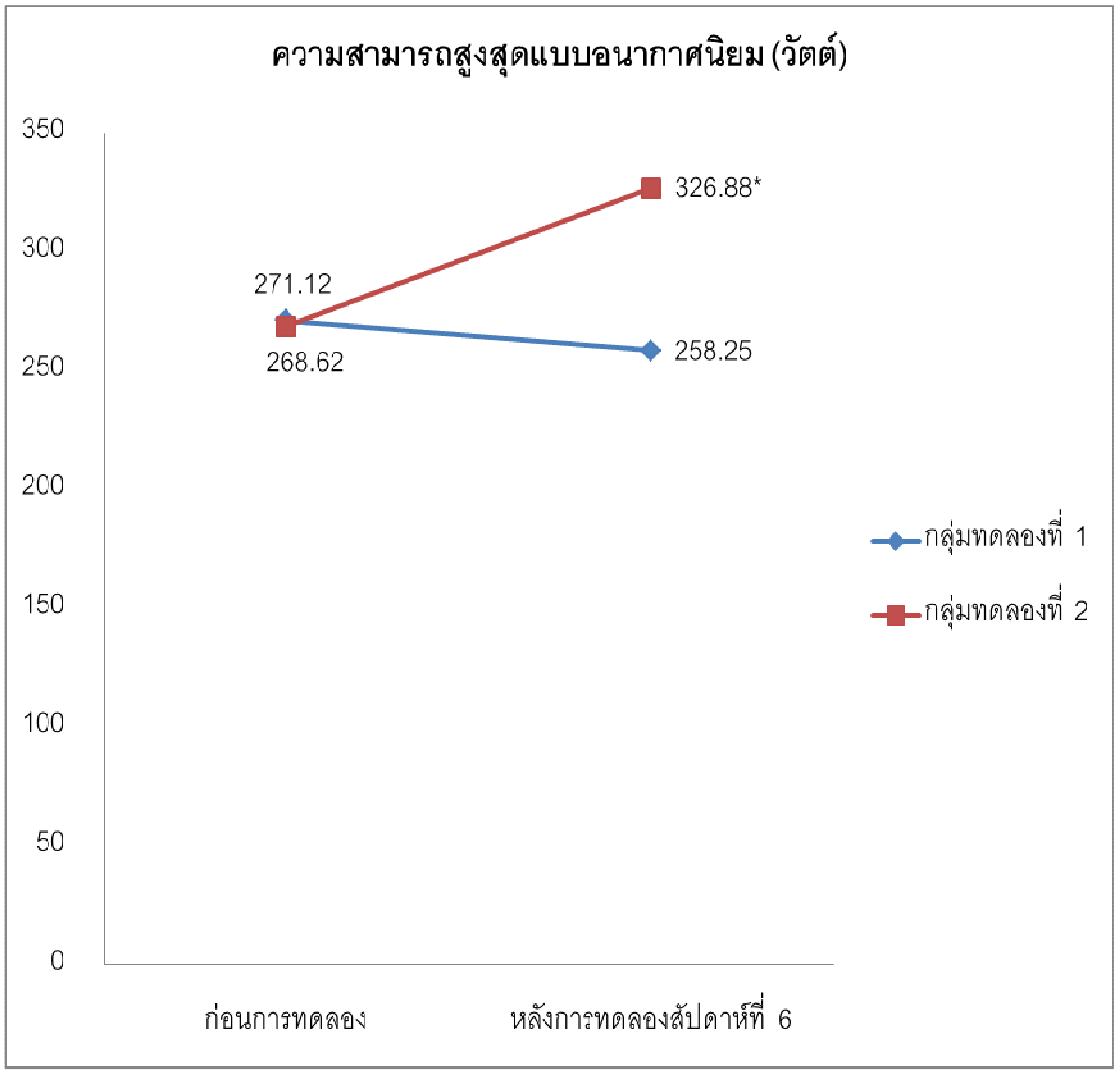
หมายถึง มากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพลังแบบอนากาศนิยมก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2



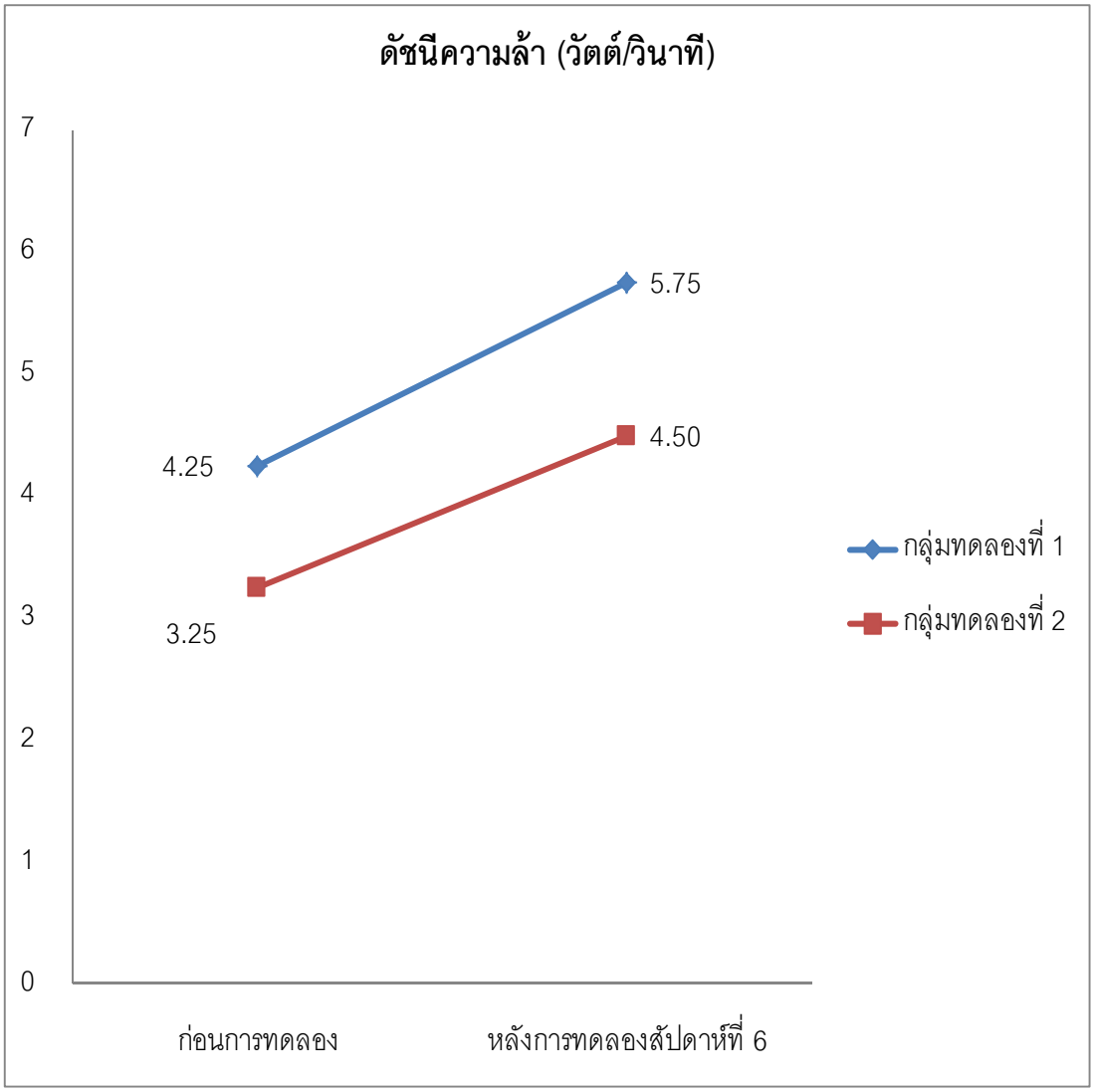
* หมายถึง มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2

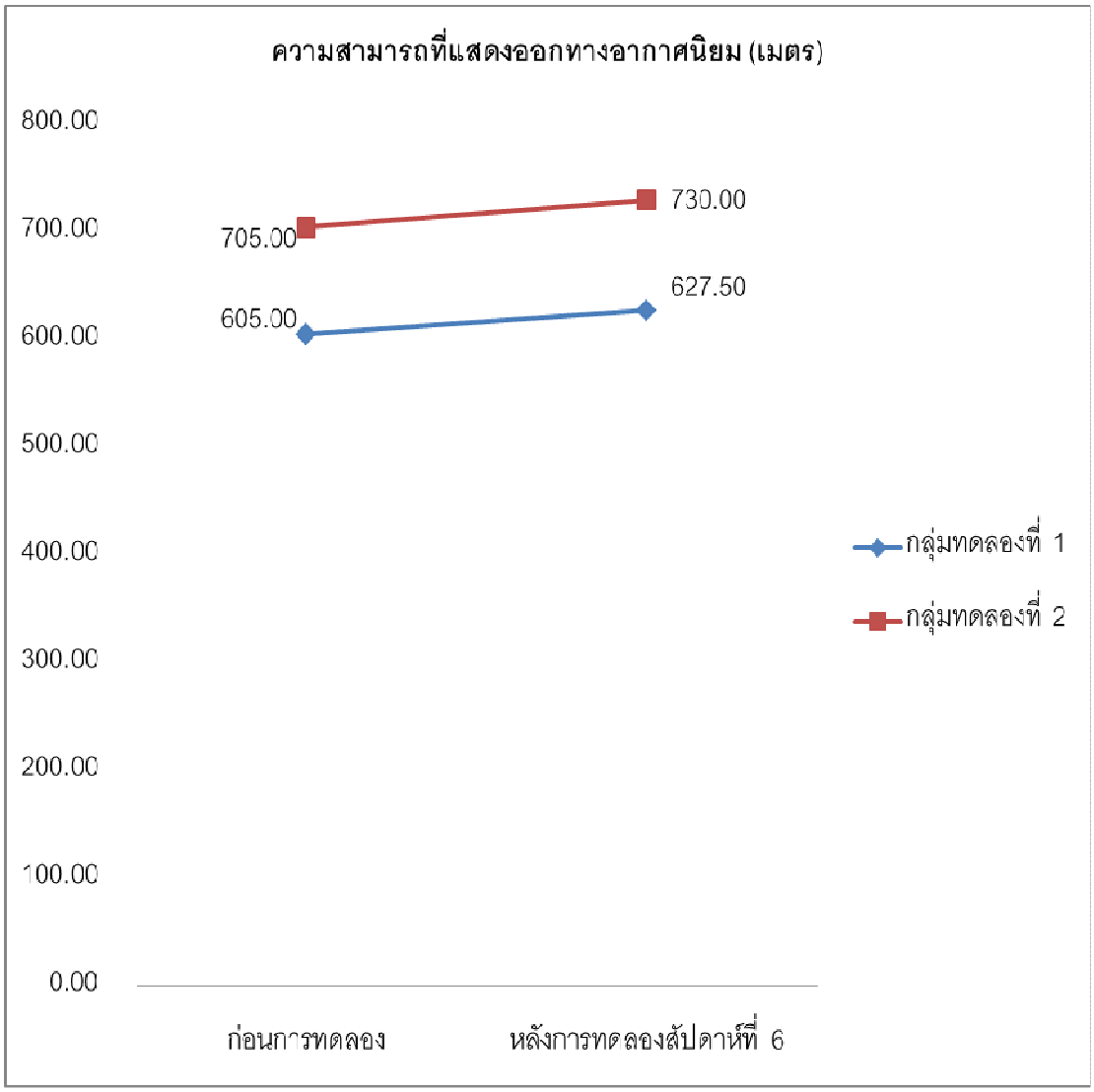


* หมายถึง มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

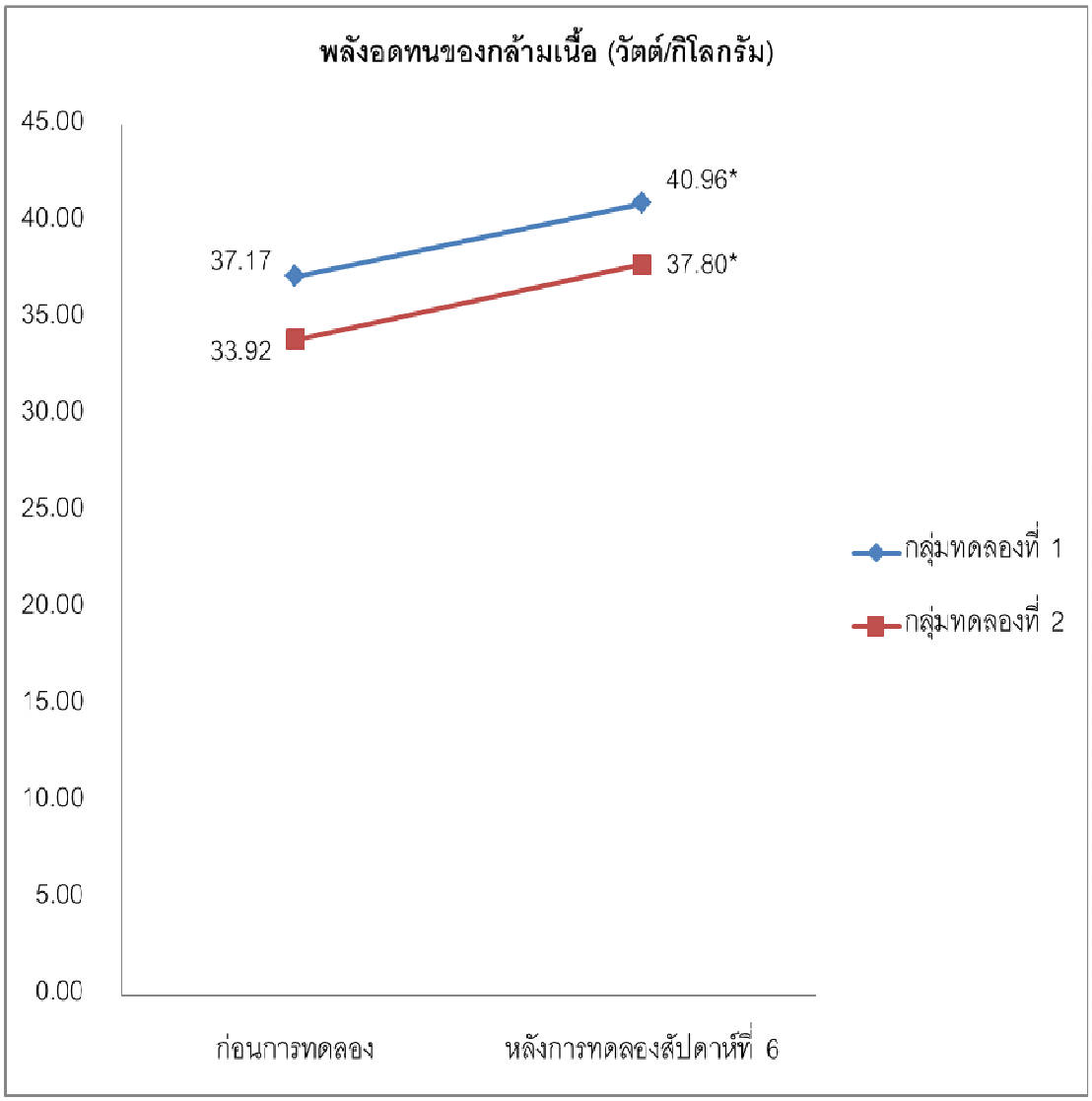
แผนภูมิที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของดัชนีความล้าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2



แผนภูมิที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2

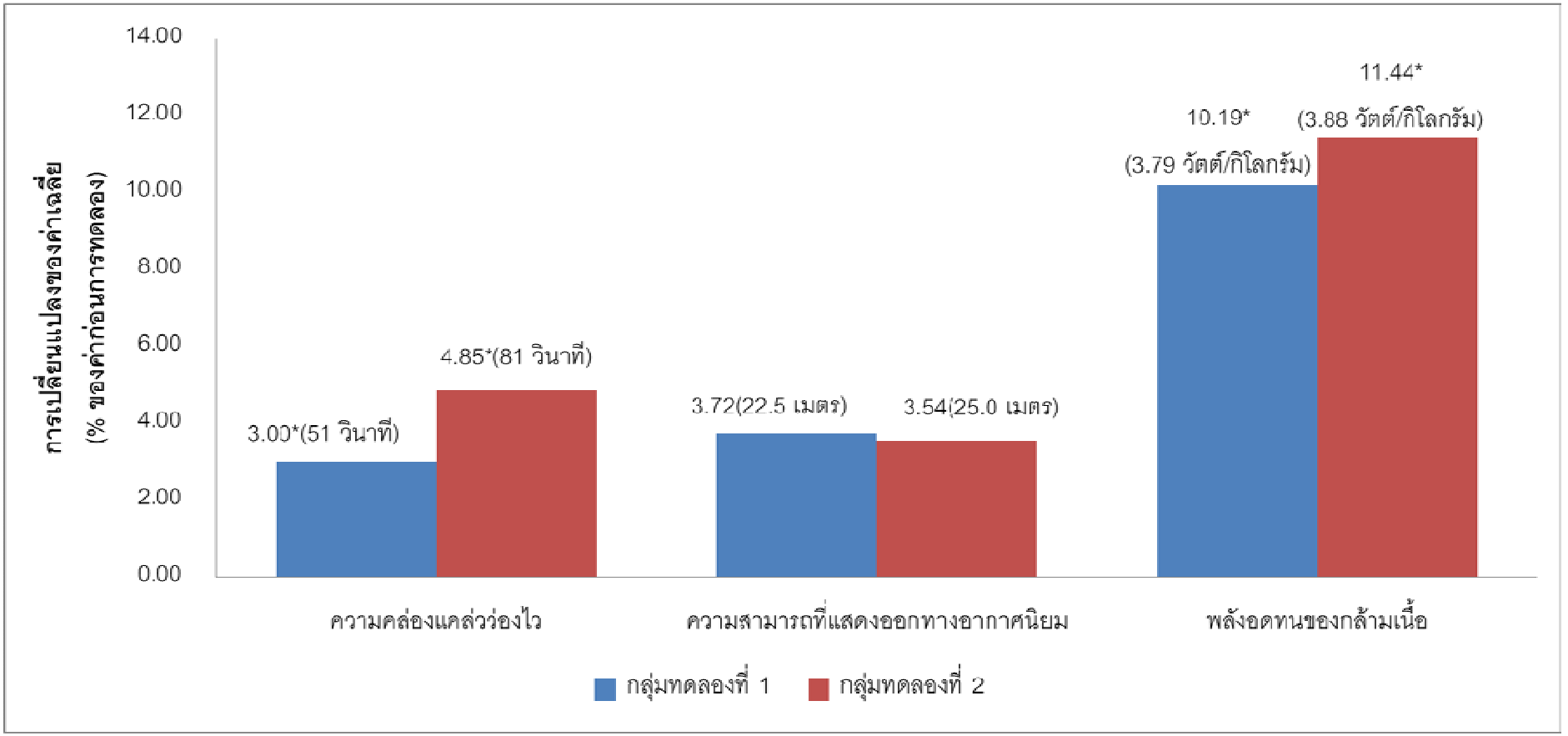


แผนภูมิที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพลังอดทนของกล้ามเนื้อก่อนการทดลอง และหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 ของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2



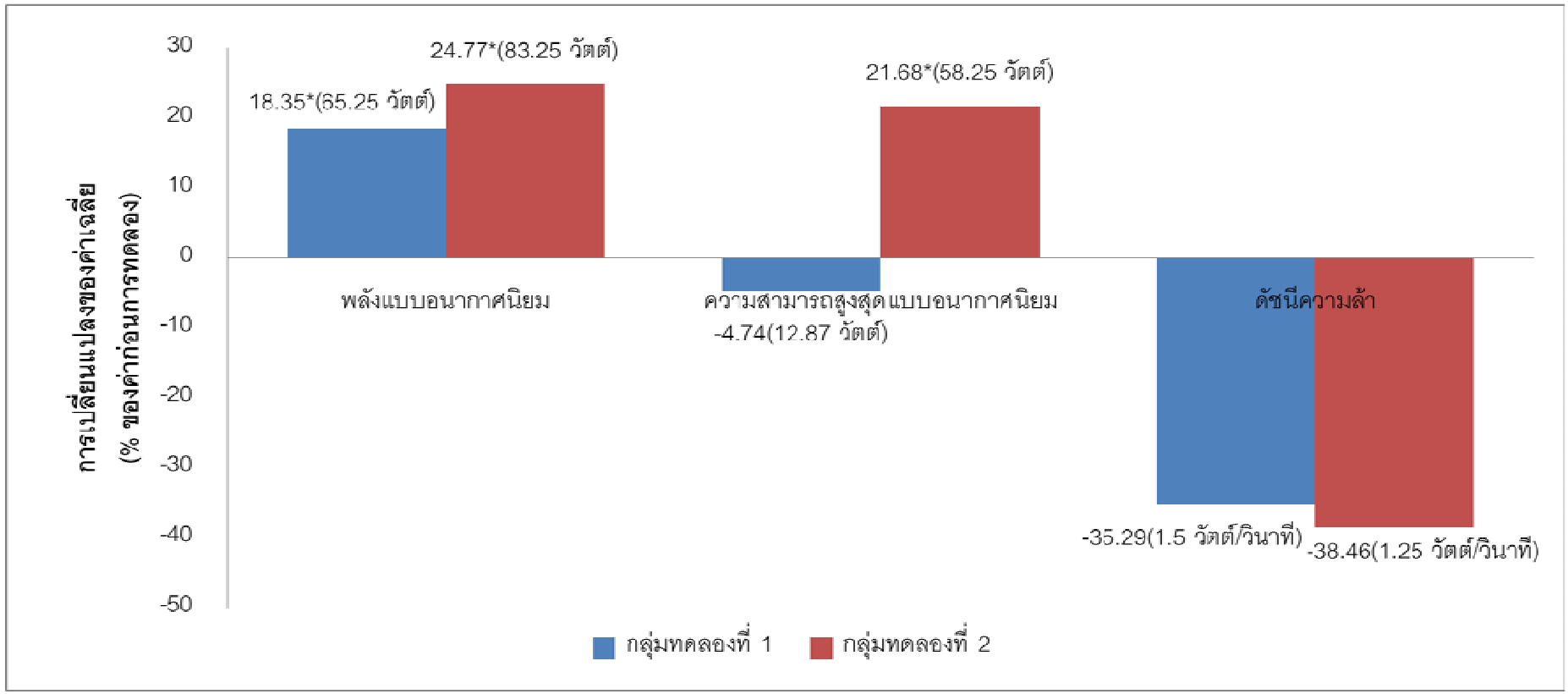
* หมายถึง มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของความคล่องแคล่วว่องไว ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม และพลังอดทนของกล้ามเนื้อของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2



* หมายถึง มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แผนภูมิที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของพลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม และดัชนีความล้าของกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2



* หมายถึง มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อการพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาฟุตบอลอายุระหว่าง 16 – 18 ปี ของโรงเรียนเทพศิรินทร์ จำนวน 28 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) จากนั้นทำการแบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองที่ 1 จำนวน 14 คน และกลุ่มทดลองที่ 2 จำนวน 14 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) แล้วดำเนินการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง คือ ความคล่องแคล่วว่องไว ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม พลังอดทนของกล้ามเนื้อ และความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม ที่ประกอบด้วย พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม และดัชนีความล้า หลังจากนั้นจึงดำเนินการทดลองเป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยกลุ่มทดลองที่ 1 ให้ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และกลุ่มทดลองที่ 2 ให้ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง โดยทั้ง 2 กลุ่มทำการฝึกจำนวน 2 ครั้ง ต่อ สัปดาห์ ในวันอังคาร และวันศุกร์ และหลังจากทำการทดลองเป็นเวลา 6 สัปดาห์จึงดำเนินการเก็บข้อมูลหลังการทดลองเช่นเดียวกับก่อนการทดลอง โดยในระหว่างทำการทดลองเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ได้มีกลุ่มตัวอย่างไม่สะดวกที่จะเข้าร่วมในการทดลองเป็นจำนวน 12 คน จึงทำให้เหลือกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 16 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองที่ 1 จำนวน 8 คน และกลุ่มทดลองที่ 2 จำนวน 8 คน

นำผลที่ได้จากการทดลองทั้ง ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยการทดสอบค่าสถิติที (Independent t - test) และเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มทดลองด้วยการทดสอบค่าสถิติที (Paired t - test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า

จากการศึกษาวิจัยสามารถสรุปผลการเปรียบเทียบผลของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อการพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตบอล ดังนี้

1. ความคล่องแคล่วว่องไว ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองที่ 2 มีความคล่องแคล่วว่องไวมากกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม

2.1 พลังแบบอนากาศนิยม พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีพลังแบบอนากาศนิยมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 ดัชนีความล้า พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีดัชนีความล้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. พลังอดทนของกล้ามเนื้อ ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีพลังอดทนของกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ความคล่องแคล่วว่องไว ภายในกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีความคล่องแคล่วว่องไว มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6. ความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม ภายในกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม

6.1 พลังแบบอนากาศนิยม พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีพลังแบบอนากาศนิยมมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6.2 ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองที่ 2 มีความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่กลุ่มทดลองที่ 1 มีความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมไม่แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6.3 ดัชนีความล้า พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีดัชนีความล้าไม่แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

7. ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ภายในกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมไม่แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

8. พลังอดทนของกล้ามเนื้อ ภายในกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีพลังอดทนของกล้ามเนื้อมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

1. ความคล่องแคล่วว่องไว

ความคล่องแคล่วว่องไวในการวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวของอิลลินอยส์ (Illinois Test Run – Agility) ในการวัด โดยวัดจากเวลาที่ทำได้ในการทดสอบ โดยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่า กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีความคล่องแคล่วว่องไว มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่า การฝึกทั้ง 2 แบบสามารถพัฒนาความคล่องว่องไวในนักกีฬาฟุตบอลได้เนื่องจากในการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 4 ส่วน ได้แก่ ความเร็ว พลังกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัว และการทำงานประสานกันของกล้ามเนื้อ (Bompa and Carrera, 2005) ซึ่งเมื่อนำวิธีการฝึกทั้ง 2 แบบมาพิจารณานั้น สามารถนำมาอธิบายได้ว่า ในส่วนของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดนั้น เป็นการฝึกที่สามารถพัฒนาพลังกล้ามเนื้อได้ เนื่องจากเป็นการรวมกันในลักษณะที่เป็นรูปแบบหนึ่งของการฝึกพลัยโอเมตริกและการฝึกด้วยน้ำหนัก โดยที่นำน้ำหนักไม่มากมาใช้ในการฝึก ซึ่งคาเนโกะและคณะ (Kaneko et al., 1983) พบว่า การใช้น้ำหนัก 30 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุด มาฝึกด้วยความเร็วมากที่สุดเท่าที่จะทำได้สามารถพัฒนากล้ามเนื้อได้มากที่สุด สอดคล้องกับ ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2555) ที่เสนอว่า การฝึกเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์ต่ำ ควรใช้น้ำหนักประมาณ 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุด ดังนั้น การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 20 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุด จึงส่งผลให้พลังกล้ามเนื้อพัฒนาขึ้น ซึ่งพลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไว นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับเอกลักษณ์ แสนสุข (2550) ที่พบว่า การฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนัก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์สามารถพัฒนาพลังระเบิดของกล้ามเนื้อและความคล่องแคล่วว่องไวได้ ในส่วนของการฝึกแบบสลับช่วงนั้น ในช่วงของการเคลื่อนที่ของการฝึกจะมีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบเร็วที่สุดเท่าที่ทำได้ จึงทำให้กล้ามเนื้อมีการฝึกออกแรงอย่างเต็มที่ด้วยความเร็วที่มากที่สุดซ้ำๆกัน ซึ่งเป็นลักษณะของการฝึกแบบพลัยโอเมตริกที่สามารถพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อได้ ดังที่ ฮูเบอร์ (Huber, 1987) ได้กล่าวไว้ว่า การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก มีรากฐานมาจากความเชื่อที่ว่าการเหยียดตัวออก

อย่างรวดเร็วของกล้ามเนื้อก่อนการหดตัว จะทำให้เกิดผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างแรงมากขึ้นการที่กล้ามเนื้อเหยียดตัวออกเร็วเท่าใด ก็ยิ่งมีการพัฒนาแรงหดตัวสั้นเข้าทันทีทันใดมากยิ่งขึ้นเท่านั้น ดังนั้นการฝึกพลัยโอเมตริก จึงมีเป้าหมายเพื่อเชื่อมระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกับความเร็วของการเคลื่อนไหว ซึ่งก็คือการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อนั้นเอง สอดคล้องกับ ชู (Chu, 1992) ได้กล่าวไว้ว่า การฝึกพลัยโอเมตริก คือการเคลื่อนไหวที่มีจุดประสงค์ในการผนวกความแข็งแรง (Strength) และความเร็ว (Speed) ของการเคลื่อนไหว เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว นิยมใช้การกระโดด แต่มีความหมายรวมไปถึงการเคลื่อนไหวที่ใช้ปฏิกิริยาสะท้อนแบบยืดเหยียด เพื่อทำให้เกิดแรงปฏิกิริยา หรือแรงตอบโต้อย่างรวดเร็ว ซึ่งผลลัพธ์ในการฝึกพลัยโอเมตริก คือพลังระเบิดของกล้ามเนื้อ (Explosive power) ที่เกิดจากการผนวกความแข็งแรงและความเร็วเข้าด้วยกัน นอกจากนี้รูปแบบการเคลื่อนที่ในการฝึกแบบสลับช่วงทั้ง 2 แบบนั้น มีการเคลื่อนที่เปลี่ยนทิศทางในแบบต่างๆ ที่ใช้ในสถานการณ์แข่งขันฟุตบอล จึงน่าจะเป็นการฝึกการทำงานประสานกันของกล้ามเนื้อให้คุ้นเคยกับการเคลื่อนที่เปลี่ยนทิศทางในรูปแบบต่างๆ ตามแนวคิดของชู (Chu, 1996) ที่ว่า การฝึกเพื่อพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวนั้นต้องเป็นการฝึกที่มีการเคลื่อนที่ของร่างกายรูปแบบที่คล้ายคลึงกับทักษะกีฬานั้นๆ จึงมีผลโดยตรงกับแรงที่เกิดจากกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดเข่า และกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า เมื่อเส้นใยกล้ามเนื้อทำงานสนองตอบอย่างรวดเร็วแล้วนักกีฬาย่อมมีความคล่องแคล่วว่องไวเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับ กัทซ์ (Gatz, 2009) ที่กล่าวว่า การทำงานประสานกันของกล้ามเนื้อในกีฬาฟุตบอลจะเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวที่หลากหลายในทิศทางที่ไม่แน่นอน ดังนั้นการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงทั้ง 2 แบบจึงส่งผลต่อความคล่องแคล่วว่องไวให้เพิ่มขึ้นได้

ต่อมาเมื่อนำการฝึกทั้ง 2 แบบเปรียบเทียบกันจะพบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มที่ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางมีคล่องแคล่วว่องไวมากกว่ากลุ่มที่ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เนื่องจาก เมื่อดูค่าเฉลี่ยความคล่องแคล่วว่องไวของทั้ง 2 กลุ่มจะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยจะอยู่ที่ 16 – 17 วินาที ซึ่งใช้พลังงานจากระบบฟอสฟาเจน และ ระบบฟาสท์ไกลโคไลซิสเป็นส่วนใหญ่ โดยการใช้พลังงานจากระบบฟาสท์ไกลโคไลซิสนี้จะทำให้เกิดกรดแลคติกสะสมในกล้ามเนื้อซึ่งเป็นผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดความเมื่อยล้าขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการปฏิบัติทักษะต่างๆ ลดลง

(Marten, 2004) สำหรับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นจะใช้เวลาเพียง 4 วินาทีในการฝึกต่อเที่ยว ซึ่งจะใช้พลังงานในการฝึกจากระบบฟอสฟาเจนเป็นหลัก ส่วนการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางจะใช้เวลาประมาณ 30 วินาทีในการฝึกต่อเที่ยว ซึ่งจะใช้พลังงานในการฝึกจากทั้งระบบฟอสฟาเจนและ ระบบฟาสท์ไกลโคไลซิสเป็นส่วนใหญ่ (Beachle and Earle,2000) สอดคล้องกับ เจริญ กระบวนรัตน์ (2545) ที่กล่าวว่า การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น ใช้เวลาในการฝึกแต่ละช่วงตั้งแต่ประมาณ 5 – 30 วินาที ซึ่งจะใช้พลังงานส่วนใหญ่จากระบบเอทีพี – ซีพี ส่วนการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง ใช้เวลาในการฝึกแต่ละช่วงตั้งแต่ประมาณ 30 วินาที ถึง 2 นาที ซึ่งจะใช้พลังงานส่วนใหญ่จากระบบแลกติก ดังนั้น การฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางจึงเป็นการฝึกให้ร่างกายคุ้นเคยกับการใช้ระบบพลังจากทั้งฟอสฟาเจนและ ฟาสท์ไกลโคไลซิส นอกจากนั้นยังทำให้ร่างกายเคยชินกับการเกิดกรดแลกติกและการขจัดกรดแลกติกออกจากกล้ามเนื้อส่งผลให้สามารถปฏิบัติทักษะได้อย่างมีประสิทธิภาพและต่อเนื่อง ดังที่ พาวเวอร์ส และ ฮาวลี (Powers and Howley, 2009) กล่าวว่า มันเป็นสิ่งสำคัญที่การฝึกแบบแอนแอโรบิกนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงกิจกรรมที่มีการใช้ระบบพลังงานและกลุ่มกล้ามเนื้อที่นักกีฬาใช้ในสถานการณ์แข่งขันจริง และด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้การฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางสามารถพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวได้มากกว่าการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นเมื่อนำมาการฝึกทั้ง 2 แบบมาฝึกควบคู่กับการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด

2. ความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม

งานวิจัยครั้งนี้วัดการพัฒนาของความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยมจากองค์ประกอบ 3 ด้าน ประกอบด้วย พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม และดัชนีความล้า ที่ได้จากวิธีทดสอบรันนิ่งเบสแอนแอโรบิก สปรินท์ (Running-based Anaerobic Sprint Test)

2.1 ด้านพลังแบบอนากาศนิยม

หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่า กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีพลังแบบอนากาศนิยมมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีพลังแบบอนากาศนิยมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจาก พลังแบบอนากาศนิยมเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของการใช้ระบบฟอสฟาเจนการสร้างพลังงานด้วยอัตราที่รวดเร็ว เนื่องจาก ความสามารถนี้โดยทั่วไปจะวัดภายในช่วง 5 วินาทีแรก (Adam, 1994) และเมื่อมา

พิจารณาการฝึกทั้ง 2 รูปแบบจะพบว่า ในการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดนั้น จะใช้การแบกน้ำหนักย่อตัวกระโดดจำนวน 10 ครั้งต่อชุด โดยแต่ละชุดจะใช้เวลาไม่เกิน 10 วินาที พลังงานที่ใช้ในการฝึกส่วนใหญ่จึงมาจากระบบฟอสฟาเจน ดังนั้นผลที่เกิดจากการฝึกจึงส่งผลต่อความสามารถของการใช้พลังงานจากระบบฟอสฟาเจน โดยจะไปเพิ่มความสามารถในการสะสมเอทีพีและซีพีในกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำคัญในการให้พลังงานของระบบฟอสฟาเจน ส่วนการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น ซึ่งจะใช้การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุด 4 วินาทีในการฝึกต่อเที่ยว จึงเป็นการฝึกการใช้พลังงานจากระบบฟอสฟาเจนเช่นกัน และสำหรับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางนั้นจะใช้การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาทีต่อเที่ยวในการฝึก ซึ่งมีการใช้พลังงานจากทั้งระบบฟอสฟาเจน และระบบฟาสท์ไกลโคไลซิสเป็นส่วนใหญ่ (Beachle and Earle, 2000) จึงมีการฝึกการใช้พลังจากระบบฟอสฟาเจนเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับ เจริญ กระบวนรัตน์ (2545) ที่กล่าวว่า การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น ใช้เวลาในการฝึกแต่ละช่วงตั้งแต่ประมาณ 5 – 30 วินาที ซึ่งจะใช้พลังงานส่วนใหญ่จากระบบเอทีพี – ซีพี ส่วนการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางใช้เวลาในการฝึกแต่ละช่วงตั้งแต่ประมาณ 30 วินาที ถึง 2 นาที ซึ่งจะใช้พลังงานส่วนใหญ่จากระบบแลกติก

จากข้างต้น จะเห็นว่าไม่ว่าจะเป็นการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นหรือระยะกลางต่างมีการฝึกการใช้พลังจากระบบฟอสฟาเจนเช่นเดียวกัน ดังนั้นไม่ว่านำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดมาฝึกควบคู่กับการฝึกสลับช่วงระยะสั้นหรือระยะกลาง จึงสามารถพัฒนาการทำงานของระบบฟอสฟาเจนได้ส่งผลให้พลังอนากาศนิยมมีการเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ วิลสัน และคณะ (Wilson et al., 1993) ที่พบว่าการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักเป็นเวลา 10 สัปดาห์สามารถพัฒนาพลังสูงสุดในการปั่นจักรยาน 6 วินาทีได้ และสอดคล้องกับแมคดูกอล และ คณะ (Macdougall et al., 1998) ที่พบว่าการฝึกด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาทีสลับกับพัก 2 – 4 นาทีเป็นเวลา 7 สัปดาห์สามารถเพิ่มพลังแบบแอนแอโรบิกได้ สอดคล้องกับแฮเซล และ คณะ (Hazell et al., 2010) และ เบอร์โกมาสเตอร์ และ คณะ (Burgomaster et al., 2005) ที่พบว่า การฝึกด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาทีสลับกับพัก 4 นาที เป็นเวลา 2 สัปดาห์สามารถเพิ่มกำลังสูงสุดสัมพัทธ์ได้

2.2 ด้านความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม

หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 มีความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่กลุ่มทดลองที่ 1 มีความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมไม่แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจาก ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมเป็นความสามารถในการรับพลังงานจากการทำงานร่วมกันของระบบฟอสฟาเจนและระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส (Adam, 1994) จากที่กล่าวในเรื่องพลังแบบอนากาศนิยมแล้วว่า การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดเป็นการฝึกการใช้พลังงานจากระบบฟอสฟาเจนเป็นหลัก ส่วนการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นที่มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุด 4 วินาทีจะใช้พลังงานจากระบบฟอสฟาเจนเป็นหลัก (Baechle and Earle, 2000) ถึงแม้ว่าในระหว่างการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดแต่ละเที่ยวจะสลับด้วยการวิ่งเหยาะ 40 วินาที ซึ่งจะทำให้ร่างกายเติมเอทีพี และซีพีได้เพียง 75 เปอร์เซ็นต์ของเอทีพี และซีพีก่อนใช้ ซึ่งไม่เท่าระดับปกติในขณะพัก จะทำให้เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดครั้งต่อๆ ไปร่างกายจะใช้ระบบฟาสท์ไกลโคไลซิสมาช่วยในการให้พลังงาน หลังจากเอทีพี และซีพีจากระบบฟอสฟาเจนหมดไป (Fleck and Kramer, 2004) แต่การดึงพลังงานจากระบบฟาสท์ไกลโคไลซิส มาใช้อาจยังไม่มากพอ ดังที่ เอลเลียต (Elliott, 1999) กล่าวว่า การตอบสนองทางด้านกระบวนการเผาพลาญพลังงานในระหว่างการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นนี้มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาของการหยุดพักในแต่ละช่วงของการออกกำลังกาย โดยแลคเตทในเลือดจะถูกสะสมเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องถ้าการออกกำลังกายนั้นมีระยะเวลาหยุดพักนานแค่ 10 วินาที แต่จะมีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กเท่านั้นถ้ามีระยะเวลาการหยุดพักนาน 30 วินาที ซึ่งแลคเตทนั้นเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานจากระบบฟาสท์ไกลโคไลซิส ดังนั้นการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดและการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นจึงยังไม่ส่งผลให้เห็นการพัฒนาของความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม สำหรับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางเป็นการฝึกการใช้พลังงานจากทั้งฟอสฟาเจนและระบบฟาสท์ไกลโคไลซิสเป็นหลัก (Baechle and Earle, 2000)

ดังนั้น การนำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดมาฝึกควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางจึงสามารถพัฒนาความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมได้ สอดคล้องกับ แมคดูกอล และ คณะ (Macdougall et al., 1998) ที่พบว่าการฝึกด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาทีสลับกับพัก

2 – 4 นาทีเป็นเวลา 7 สัปดาห์สามารถเพิ่มความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกได้ และบาเน็ทท์ และ คณะ (Barnett et al., 2004) ที่พบว่าการฝึกปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาทีสลับกับพัก 3 นาที จำนวน 3 – 6 เที่ยวต่อวัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ สามารถเพิ่มพลังเฉลี่ย (Mean power output) ได้ และยังสอดคล้องกับ แฮเซล และ คณะ (Hazell et al., 2010) การฝึกด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาทีสลับกับพัก 4 นาทีเป็นเวลา 2 สัปดาห์สามารถเพิ่มกำลังเฉลี่ยสัมพัทธ์ได้ ในขณะที่การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นไม่สามารถพัฒนาความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมได้

และเมื่อเทียบความแตกต่างระหว่างทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่ากลุ่มทดลองที่ 2 มีความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมที่มากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 1 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากก่อนการทดลอง ดังนั้น อาจต้องใช้ระยะเวลาในการทดลองมากกว่า 6 สัปดาห์ ในการที่จะเห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม

2.3 ด้านดัชนีความล้า

หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่า กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีดัชนีความล้าไม่แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เนื่องจาก ดัชนีความล้าเป็นตัวที่บ่งบอกถึงความล้าของกล้ามเนื้อที่เกิดหลังจากการออกกำลังกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ถ้าดัชนีความล้าต่ำแสดงว่า กล้ามเนื้อมีความอดทนต่อกรดแลคติกในระดับสูง (Zacharogiannis et al., 2004) ในกลุ่มทดลองที่ 1 ที่ทำการฝึก แบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นนั้น จะเห็นว่าทั้งการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดและการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น เป็นการฝึกที่ใช้พลังงานจากระบบฟอสฟาเจนเป็นหลัก ซึ่งระบบฟอสฟาเจนเป็นระบบที่สร้างพลังงานจากการสลายเอทีพีและซีพีที่สะสมในกล้ามเนื้อ ซึ่งเกิดกรดแลคติกไม่มากจากการสร้างพลังงาน (Baechle and Earle, 2000) จึงทำให้ร่างกายไม่ได้ฝึกให้เคยชินกับกรดแลคติกและความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นในระดับสูง ผลที่เกิดขึ้นหลังการฝึกจึงไม่ทำให้กลุ่มทดลองที่ 1 มีดัชนีความล้ามีค่าลดลง ส่วนในกลุ่มทดลองที่ 2 ที่ฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางนั้น จะ

เห็นว่าการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางเป็นการฝึกที่ใช้พลังงานจากระบบฟอสฟาเจน และฟาสท์ไกลโคไลซิส ซึ่งระบบฟาสท์ไกลโคไลซิสเป็นระบบที่สร้างพลังงานจากการสลายไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ โดยผลลัพธ์จากการสร้างพลังงานระบบนี้จะทำให้เกิดกรดแลคติกสะสมในกล้ามเนื้อเป็นจำนวนมากส่งผลให้ร่างกายเกิดความเมื่อยล้า (Baechle and Earle, 2000) เป็นผลให้ร่างกายได้ฝึกให้เคยชินกับกรดแลคติกและความเมื่อยล้าในขณะทำการฝึก ดังนั้นการฝึกด้วยการแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางน่าจะทำให้ดัชนีความล้ามีการลดลง

แต่หลังจากการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลับ พบว่า กลุ่มทดลองที่ 2 มีดัชนีความล้าเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่เป็นตามสมมุติฐานที่คาดไว้ และไม่สอดคล้องกับ เบอร์โกมาสเตอร์ และ คณะ (Burgomaster et al., 2005) ที่พบว่า การฝึกด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาทีสลับกับพัก 4 นาทีเป็นเวลา 2 สัปดาห์สามารถลดดัชนีความล้าได้ ซึ่งอาจเกิดจากวิธีการคำนวณค่าดัชนีความล้าและพลัง (Draper and Whyte, 1997) ดังนี้

ดัชนีความล้า = ความแตกต่างระหว่างพลังสูงสุดกับพลังต่ำสุด / เวลารวมทั้งหมดจากการสปรินท์

พลัง = น้ำหนักตัว x ระยะในการสปรินท์ ^{2} / เวลาในการสปรินท์ ^{3}

จากวิธีการคำนวณจะเห็นว่าเมื่อน้ำหนักตัวและระยะทางคงที่ พลังจะแปรผกผันกับเวลา คือ ถ้าพลังมีค่ามาก เวลาจะมีค่าน้อยในทางกลับกัน ถ้าพลังมีค่าน้อยเวลาจะมีค่ามาก ซึ่งในการทดสอบระยะทางมีค่าคงที่ คือ 35 เมตร และน้ำหนักตัวของกลุ่มทดลองที่ 2 ระหว่างก่อนการทดลองและ หลังการทดลอง สัปดาห์ที่ 6ไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นค่าพลังของกลุ่มทดลองที่ 2 กับเวลาในการสปรินท์จึงแปรผกผันกัน เมื่อมาพิจารณาพลังของกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่า หลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พลังแบบอนากาศนิยมซึ่งวัดจากพลังสูงสุด และความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมซึ่งวัดจากพลังเฉลี่ย มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเทียบกับก่อนการทดสอบ สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าพลังสูงสุด และพลังต่ำสุดของกลุ่มทดลองที่ 2 ควรจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น และเวลาในการสปรินท์ควรมีค่าลดลง

ดังนั้น อาจมี 2 กรณีที่ทำให้ค่าดัชนีความล้ามีค่าเพิ่มขึ้น คือ ความแตกต่างของพลังสูงสุดกับพลังต่ำสุดหลังการทดลอง สัปดาห์ที่ 6 มีค่าเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนการทดลองเนื่องจากอัตราของการเพิ่มของพลังสูงสุดมีค่ามากกว่าอัตราการเพิ่มของพลังต่ำสุด หรืออาจกล่าวได้ว่า

ร่างกายสามารถสร้างพลังได้มากขึ้นแต่ไม่สามารถรักษาระดับความสามารถในการสร้างพลังได้เหมือนขณะเริ่มออกกำลังกายซึ่งหมายความว่าความอดทนต่อความเมื่อยล้าของร่างกายลดลง หรือ อาจเกิดจากความแตกต่างของพลังสูงสุดกับพลังต่ำสุดมีค่าเท่าเดิม แต่เวลาในการสปรินท์น้อยลง เนื่องจากการแปรผกผันกันระหว่างพลังกับเวลา เมื่อพลังมีค่ามากขึ้นส่งผลให้เวลามีค่าน้อยลง ดัชนีความล้าจึงมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนั้น วิธีการทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยมในงานวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีทดสอบรันนิ่งเบสแอนแอโรบิก สปรินท์ ที่เวลาที่นำมาใช้ในการคำนวณเป็นเวลาที่ไม่คงที่ เนื่องจากเป็นเวลาที่ใช้ในการสปรินท์เป็นระยะทาง 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว ผลที่ได้จึงอาจไม่สอดคล้องกับ เบอร์โกมาสเตอร์ และ คณะ (Burgomaster et al., 2005) ที่ใช้การทดสอบวินเกทที่เวลาที่นำมาใช้ในการคำนวณเป็นเวลาที่คงที่ เนื่องจากมีการกำหนดเวลาในการทดสอบ คือ 30 วินาที

โดยสรุปแล้วเมื่อนำองค์ประกอบทั้ง 3 อย่างได้แก่ พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม และดัชนีความล้า มาพิจารณาจะสรุปได้ว่า การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยมได้ดีกว่าการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น

3. พลังอดทนของกล้ามเนื้อ

พลังอดทนของกล้ามเนื้อในการวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีทดสอบของอลีเมนี และคณะด้วยเครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (Ballistic measurement system) ในการวัด โดยวัดจากพลังเฉลี่ยในการกระโดดต่อน้ำหนักตัวที่ทำได้ในการทดสอบ โดยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่า กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีพลังอดทนของกล้ามเนื้อมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการฝึกทั้ง 2 แบบสามารถพัฒนาพลังอดทนของกล้ามเนื้อในนักกีฬาฟุตบอลได้ เนื่องจากการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดใช้การฝึกกระโดดจำนวน 10 ครั้งต่อชุด ซึ่งใช้เวลาประมาณ 10 วินาทีในการฝึกแต่ละชุด โดยในช่วง 6 วินาทีร่างกายจะใช้พลังงานจากระบบฟอสฟาเจนเป็นหลัก เส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกระดมมาใช้งานเป็นแบบที่หดตัวได้เร็วชนิดที่เมื่อยล้าได้ง่าย ต่อมาหลังจาก 6 วินาทีร่างกายจะเริ่มใช้พลังงานจากระบบฟาสท์ไกลโคไลซิส มาใช้ในการให้พลังงาน ซึ่งระบบนี้จะสร้างความเมื่อยล้าให้แก่ร่างกาย (Baechle and Earle, 2000) ร่างกายจึงมีการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวได้เร็วชนิดที่อดทนต่อความเมื่อยล้ามาใช้เพิ่มมากขึ้น จึงเป็น

สาเหตุให้ร่างกายมีพลังอดทนของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นหลังจากการฝึก สอดคล้องกับ ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2544) ที่พบว่า การฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักสามารถพัฒนาพลังอดทนของกล้ามเนื้อขาได้ภายใน 6 สัปดาห์ และสอดคล้องกับ ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2555) ที่พบว่า การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดเป็นเวลา 6 สัปดาห์สามารถพัฒนาพลังอดทนของกล้ามเนื้อ และเมื่อนำกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มมาเปรียบเทียบกัน พบว่า พลังอดทนของกล้ามเนื้อของทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการฝึกแบบสลับช่วงมีรูปแบบของการฝึกเป็นการเคลื่อนที่ในแนวราบ จึงอาจยังไม่ส่งต่อพลังอดทนในการกระโดดในแนวดิ่งอย่างชัดเจน ดังที่ ฮอวลี และ เบิร์ก (Hawley and Burke, 1998) กล่าวว่า การฝึกสำหรับแต่ละกีฬาจะส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อสมรรถภาพของกิจกรรมอื่น ดังนั้นการใช้รูปแบบในการฝึกให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่ใช้จริงในการแข่งขัน จะส่งผลที่ดีกว่าต่อสมรรถภาพที่แสดงออกมา สอดคล้องกับ พาวเวอร์ส และ ฮาวลี (Powers and Howley, 2009) ที่ว่า มันเป็นสิ่งสำคัญที่โปรแกรมการฝึกต้องมีกิจกรรมที่ใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเดียวกันกับที่นักกีฬาใช้ในขณะทำการแข่งขัน ดังนั้นหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มจึงมีพลังอดทนของกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม

ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยม ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีการทดสอบโย-โย อินเตอร์มิทเทน รีโคเวอร์รี ในการวัด โดยวัดจากระยะทางทั้งหมดที่ทำได้ในการทดสอบ โดยหลังการทดลองสัปดาห์ที่ 6 พบว่า กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และไม่แตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่กำหนดไว้ และไม่สอดคล้องกับ แมคเฟอร์สัน และ คณะ (Macpherson et al., 2011) ที่พบว่าการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาทีสลับกับพัก 4 นาที จำนวน 4 – 6 เที่ยวต่อวัน สัปดาห์ละ 3 วัน เป็นเวลา 6 สัปดาห์ สามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ และแมคดูกอล และ คณะ (Macdougall et al., 1998) ที่พบว่าการฝึกปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาทีสลับกับพัก 2 – 4 นาที จำนวน 4 – 10 เที่ยวต่อวัน สัปดาห์ละ 3 วัน เป็นเวลา 7 สัปดาห์ สามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ และบาเน็ทท์ และ คณะ (Barnett et al., 2004) ที่พบว่าการ

ฝึกปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาทีสลับกับพัก 3 นาที จำนวน 3 – 6 เที่ยวต่อวัน สัปดาห์ละ 3 วัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ สามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ และแฮเซล และ คณะ (Hazell et al., 2010) ที่พบว่าการฝึกปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาทีสลับกับพัก 4 นาที จำนวน 4 – 6 เที่ยวต่อวัน สัปดาห์ละ 3 วัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ สามารถเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ทำการฝึกแค่ 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ หรือ ทำการฝึกทั้งหมด 12 ครั้ง ซึ่งจำนวนครั้งที่ทำการฝึกอาจยังไม่มากพอที่จะทำให้เกิดการพัฒนาของความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมที่ชัดเจน โดยเมื่อนำงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมมาพิจารณาจะเห็นว่า ส่วนใหญ่จะทำการฝึกสัปดาห์ละ 3 วัน เป็นระยะเวลาประมาณ 6 – 8 สัปดาห์ หรือ ทำการฝึกทั้งหมด 18 – 24 ครั้ง ดังนั้นจะเห็นว่าระยะเวลาที่การฝึกแบบสลับช่วงจะส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมจะอยู่ที่ประมาณ 18 ครั้งขึ้นไป ซึ่งการฝึกแบบสลับช่วงในการวิจัยครั้งนี้ทำการฝึกทั้งหมดแค่ 12 ครั้งจึงทำให้ยังไม่เห็นถึงการเพิ่มของความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับ ไอเอีย และ คณะ (Iaia et al., 2009) ที่พบว่า การฝึกวิ่งที่ความหนักประมาณร้อยละ 93 ของความเร็วสูงสุด 30 วินาทีสลับกับพัก 3 นาที จำนวน 8 – 12 เที่ยว ทำการฝึกวันเว้นวัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ หรือ ทำการฝึกทั้งหมดประมาณ 14 ครั้ง ยังไม่ส่งผลต่อการเพิ่มของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเบอร์โกมาสเตอร์ และ คณะ (Burgomaster et al., 2005) ที่พบว่า การฝึกปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 30 วินาทีสลับกับพัก 3 นาที จำนวน 4 – 7 เที่ยวต่อวัน สัปดาห์ละ 3 วัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ หรือ ฝึกทั้งหมด 6 ครั้ง ยังไม่ส่งผลต่อการเพิ่มของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด นอกจากนั้นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาฟุตบอล ที่มีการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติเป็นประจำ ซึ่งอาจมีการฝึกการทำงานของระบบแอโรบิกในโปรแกรมการฝึกซ้อมอยู่เสมอ จึงส่งผลให้วิธีการฝึกที่นำการฝึกแบบสลับช่วงทั้ง 2 แบบที่เป็นการฝึกสลับช่วงแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic interval training) ที่มีจุดประสงค์หลักเพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยม (เจริญ กระบวนรัตน์, 2545) มาฝึกควบคู่กับการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดที่ใช้พลังงานหลักจากระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนเช่นเดียวกัน (Baechle and Earle, 2000) จึงอาจยังไม่ส่งผลถึงการพัฒนาด้านความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมอย่างชัดเจน

สอดคล้องกับ ฮอฟฟ์ (Hoff, 2005) ที่แนะนำวิธีการพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬาฟุตบอลว่า การฝึกที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดควรใช้การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนัก 90 – 95% อัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจเป็นเวลา 4 นาทีสลับกับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจเป็นเวลา 3 นาที จำนวน 4 เที่ยว ดังนั้น การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงทั้ง 2 แบบจึงยังไม่สามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมในนักกีฬาฟุตบอลได้อย่างชัดเจน และพัฒนาได้ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อให้มีการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมอย่างชัดเจน ควรที่จะเพิ่มจำนวนครั้งของการฝึกให้มากขึ้น โดยอาจเพิ่มความถี่ของการฝึกในแต่ละสัปดาห์ หรืออาจเพิ่มจำนวนสัปดาห์ในการฝึกให้มากขึ้น

โดยสรุปแล้ว วิธีการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงทั้งระยะกลางและระยะสั้นสามารถเพิ่มความคล่องแคล่วว่องไว พลังอดทนของกล้ามเนื้อ ความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยมในนักกีฬาฟุตบอลได้ภายใน 6 สัปดาห์ โดยที่วิธีการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางสามารถเพิ่มความคล่องแคล่วว่องไว และความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยมในด้านความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยมได้ดีกว่าวิธีการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และถึงแม้ว่าวิธีการฝึกทั้ง 2 แบบจะยังไม่สามารถเพิ่มความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมได้ แต่ก็ไม่ส่งผลให้ความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมลดลง ดังนั้น วิธีการฝึกทั้ง 2 แบบจึงเหมาะที่จะนำไปใช้ฝึกนักกีฬาฟุตบอลในช่วงใกล้ฤดูกาลการแข่งขัน (Early competition period) ซึ่งให้ความสำคัญในการพัฒนาด้านความสามารถของระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน พลังกล้ามเนื้อ พลังอดทนกล้ามเนื้อและความคล่องแคล่วว่องไว ไปพร้อมกับรักษาความสามารถของระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน (Bompa and Carrera, 2005; Sharkey and Gaskill, 2006) นอกจากนั้น เพื่อให้วิธีการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นส่งผลในการพัฒนาด้านความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม ควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการลดระยะเวลาของการวิ่งเหยาะที่เป็นกิจกรรมช่วงเบาของการฝึกแบบสลับช่วงต่อไป

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

1. การนำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดมาฝึกควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง ส่งผลต่อการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวได้ดีกว่า นำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดมาฝึกควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น โดยใช้เวลาเพียง 6 สัปดาห์ก็เห็นผลของการพัฒนาที่ชัดเจน นอกจากนั้นในส่วนของโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงนั้น ผู้ฝึกสอนสามารถนำกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกีฬาฟุตบอล มาใช้เป็นกิจกรรมในการฝึก ซึ่งจะส่งผลให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่นักกีฬาฟุตบอล

2. โปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น ยังไม่ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม ซึ่งน่าจะเกิดจากเวลาของกิจกรรมการฝึกช่วงเบาที่นานเกินไป ดังนั้นหากต้องการพัฒนาการฝึกวิธีนี้ให้เหมาะสม ควรจะต้องลดเวลาของกิจกรรมการฝึกช่วงเบาให้สั้นลง

3. การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น หรือ ควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง ยังไม่เห็นผลของการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมได้ภายใน 6 สัปดาห์ โดยหากต้องการให้เห็นถึงการพัฒนาที่มากขึ้น ควรเพิ่มปริมาณของการฝึกให้มากขึ้น โดยอาจเพิ่มความถี่ของการฝึกในแต่ละสัปดาห์ หรือเพิ่มจำนวนสัปดาห์ที่ทำการฝึก

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับสัดส่วนของเวลาที่เหมาะสมระหว่างช่วงหนักและช่วงเบาของของการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น เพื่อพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬาฟุตบอลต่อไป

2. ควรมีการวิจัยในนักกีฬาประเภทเคลื่อนไหวไม่ต่อเนื่อง (Intermittent sport) ชนิดอื่นๆ ช่วงวัยอื่นๆ หรือ เพศหญิงต่อไป

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เจริญ กระบวนรัตน์. **หลักการและเทคนิคการฝึกกรีฑา**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2545.

เฉลิมวุฒิ อาภานุกูล. **ผลของการฝึกเสริมด้วยการฝึกเชิงซ้อนแบบผสมผสานการฝึกด้วยน้ำหนักกับการเคลื่อนที่ในลักษณะแรงระเบิดที่มีต่อการพัฒนาความคล่องแคล่วว่องไวของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, แขนงสาขาวิชาสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

เฉก ธนะศิริ. **ทำอย่างไรชีวิตจะยืนยาวและมีความสุข**. กรุงเทพมหานคร: แปลนพับลิชชิ่ง, 2535.

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์. **การเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการฝึกด้วยน้ำหนักการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนัก และการฝึกเชิงซ้อนที่มีต่อการพัฒนากำลังกล้ามเนื้อ**, วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์. **การเปรียบเทียบวิธีการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาที่มีความแข็งแรงสัมพัทธ์ต่ำ**, รายงานการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555.

ชลัช ภิรมย์. **ฟุตบอลสมัยใหม่ การฝึกและการจัดการ**. สมุทรสาคร: วิทยาลัยพลศึกษาสมุทรสาคร, 2539.

ชาญวิทย์ ผลชีวิน. **ฟุตบอล**. กรุงเทพฯ: สยามสปอร์ตปริ้นติ้ง, 2534.

ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์. **สรีรวิทยาการออกกำลังกาย**. พิมพ์ครั้งที่ 4, กรุงเทพฯ: ธรรมกมลการพิมพ์, 2536.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และดรุณวรรณ จักรพันธุ์. **เวชศาสตร์การกีฬา1**. เอกสารประกอบการสอนสำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

นาทรพี ผลใหญ่. **การนำเสนอรูปแบบการฝึกที่ผสมผสานความอดทน ความแข็งแรงและความเร็ว เพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอล**, วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

เนตร ทองธาระ. **ผลของการฝึกเสริมพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักที่มีต่อการพัฒนาความเร็วของนักกีฬาฟุตบอล**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ประโยค สุทธิสง่า. **การพัฒนาแบบทดสอบทักษะฟุตบอล**. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช, 2538.

พะเยาว์ ธนัญญากร. **ความสัมพันธ์ระหว่างการจับออกซิเจนสูงสุดด้วยวิธีจักรยานของออสตรานด์และคลื่นไฟฟ้าหัวใจ**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

พิชิต ภูติจันทร์ และคณะ. **วิทยาศาสตร์การกีฬา**. กรุงเทพมหานคร: แสงศิลป์การพิมพ์, 2533.

พีระพงศ์ บุญศิริ. **สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย**. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์, 2532.

ภาวิณี ปิยะจตุรวัฒน์. วิทยาศาสตร์การกีฬากับการเพิ่มสมรรถภาพความอดทนของกล้ามเนื้อ. **เอกสารประกอบการประชุมสัมมนาระดับชาติครั้งที่ 5 วิทยาศาสตร์การกีฬาเพื่อพัฒนาความอดทน**, 2536.

มงคล แฝงสาเคน. **การออกกำลังกายด้วยการเหยียดยืดกล้ามเนื้อเพื่อสุขภาพ และกีฬา**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2549.

ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์. **การเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายและการกีฬา**. ภาควิชาศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิคส์ และกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล, 2533.

วิบูลย์ ชลานันต์. **การเปรียบเทียบความสามารถทางกายของชายไทยที่มีอายุต่างกัน**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

วิภาวรรณ ลีลาสำราญ และวุฒิชัย เพิ่มศิราณิชย์. **การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพต่าง ๆ**. สงขลา: ชานเมืองการพิมพ์, 2547.

วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม. **กีฬาเวชศาสตร์** (Sports Medicine). กรุงเทพมหานคร: พี.บี ฟอเรนบุคส์ เซ็นเตอร์, 2537.

วัฒนา วัฒนาภา และคณะ. **สรีรวิทยา1**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทย์ศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, 2547.

ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล. **หลักวิทยาศาสตร์ในการฝึกกีฬา**. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

สนธยา สีละมาด. **หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

สุชาติ โสมประยูร. **วิ่งสมาชิกสู่เส้นทางสุขภาพและสมรรถภาพที่สมบูรณ์**. กรุงเทพมหานคร: เทพนิมิตการพิมพ์, 2535.

สุเนตร นวกิจกุล. **การสร้างสมรรถภาพทางกาย**. กรุงเทพฯ: แผนกวิชาพลศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2519.

หนึ่งฤทัย สระทองเวียน. **ผลการฝึกพลัยโอเมตริคและการฝึกความเร็วที่มีต่อพลังสูงสุดแบบไม่ใช้ออกซิเจน**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541.

เอกลักษณ์ แสนสุข. **การเปรียบเทียบผลของการฝึกเด็พธ์จัมพ์ และการฝึกสควอทจัมพ์ด้วยน้ำหนักที่มีต่อการพัฒนาสมรรถภาพของกล้ามเนื้อในนักกีฬาบาสเกตบอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, แขนงสาขาวิชาสรีรวิทยาการกีฬา สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

ภาษาอังกฤษ

Adams, K., O'Shea, J., O'Shea, K. and Climstein, M. The effect of six weeks of squat, plyometrics and squat – plyometricson power production. **Journal of Applied Sport Science Research** 6 (1992): 36-41.

Adams, G.M. **Exercise Physiology Laboratory**.Wm. C. Brown Communications, 1994.

Alemany, J.A., Pandorf, C.E., Montain, S.J., Castelani, J.W., Tuckow, A.P.,andNindl, B.C. Reliability assessment of ballistic jump Squats and bench throw. **Journal of Strength and Conditioning Research** 19 (2005): 33-38.

American College of Sports Medicine. **ACSM's Clinical Certification Review**. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins, 2001.

American College of Sports Medicine. **ACSM'resource manual for Guidelines for exercise testing and prescription.** 5th ed., Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2006

Apor, P. Successful formular for fitness training. In: Reilly, T. et al. (eds), **Science and Football**, pp. 95-107.London: University Press, 1988.

Baechle, T. A. **Essentials of Strength Training and Conditioning.** Illinois: Human Kinetics Publishers, 1994.

Baechle, T. A. and Earle, R.W. **Essentials of Strength Training and Conditioning.** 2nd ed, New York: Human Kinetics Publishers, 2000.

Baker, D. Acute and long – term power responses to power training: Observations on the training of an elite power athlete. **National Strength and Conditioning Asscіation Journal.** 23 (February 2001): 47 – 56.

Baker, D., Nance, S., and Moore, M. The load that maximizes the average mechanical power output during jump squat in power-trained athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research** 15 (2001): 92-97.

Bangbo, J., Mohr, M., Krustrup, P. Physical and metabolic demands of training and match – play in the elite football player. **Journal of Sport Sciences** 24 (2006): 665-674.

Bangsbo, J., Iaia, F.M., and Krustrup, P. The Yo-Yo Intermittent Recover Test: A Useful Tool for Evaluation of Physical Performance in Intermittent sports, **Sports Medicine** 38 (2008): 37-51.

Barnett, C., Carey, M., Proietto, J., Cerin, E., Febbraio, M.A., Jenkins, D. Muscle metabolism during sprint exercise in man: Influence of sprint training. **J Sci Med Sport** 7 (September 2004): 314-322.

Behm, D., and Sale, Intended rather than actual movement velocity determines velocity specific training response. **Journal of Applied Physiology** 74 (1993): 359 – 369.

Bevan, H.R., Bunce, P.J., Owen, N.J., Bennett, M.A., Cook, C.J., Cunningham, D.J., Newton, R.U., and Kilduff, L.P. Optimal loading for the development of peak power output in professional rugby players. **Journal of Strength and Conditioning Research** 24 (2010): 43-47.

Bloomfield, J., Ackland, T.R., and Elliott, B.C. **Applied anatomy and biomechanics in Sport.** Melbourne: Black Well Scientific publication, 1994.

Bompa, T.O. **Periodization of strength: The new wave in strength training.** Toronto: Veritas Publishing, 1993.

Bompa, T.O., and Carrera, M. **Periodization training for sports 2nd ed.** Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 2005.

Bompa, T.O., and Cornacchia, J. **Serious strength training.** Champaign, IL: Human Kinetics, 1998.

Bradley, P. S., and et al. High – intensity running in English FA Premier League soccer matches. **Journal of Sports Sciences** 27 (January 2009): 159–168.

Bravo, D.F, Impellizzeri, F.M., Rampinini, E., Castagna, C.,Bishop, D., Wisloff, U. Sprint vs. Interval Training in Football. **Int J Sports Med** 29 (2008): 668-674.

Brown, L.E., Ferrigno, V.A., and Santana, J.C. **Training for speed, Agility, and Quickness**. Champaign, IL: Human kinetics, 2000.

Burgomaster, K.A., Hughes, S.C., Heigenhauser, G.J.F., Bradwell, S.N., and Gibala, M.J.Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. **J Appl Physiol** 98 (2005): 1985–1990.

Burke, J., Thayer, R., and Belcamino, M. Comparison of effects of two interval-training programmes on lactate and ventilatory thresholds. **Br J Sports Med** 28 (1994): 18-21.

Callister, R., Shealy, M.I., Fleck, S.J., and Dudley, G.A. Performance Adaptations to sprint, endurance and Both modes of training. **Journal of Applied Sport Science Research** 2 (1988): 46-51.

Chu, D.A. **Jumping Into Plyometric**. Champaign, IL: Leisure Press, 1992.

Chu, D.A. **Explosive power and strength**. Champaign, IL: Human kinetics, 1996.

Clark, J.E. The use of an 8-week mixed-intensity interval endurance-training program improves the aerobic fitness of female soccer players. **J Strength Cond Res** 24 (2010): 1773-1781.

Cohen, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd edition)**. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1988.

Craig, W.A., Armstrong, N., Powell, J. Aerobic responses of prepubertal boys to two modes of training. **Br J Sports Med** 34 (2000): 168–173.

Dellal, A., Wong, P., Moalla, W., Chamari, K. Physical and technic activity of soccer players in the French First League – with special reference to their playing position. **International Sport Med Journal** 11 (2010): 278-290.

Dintiman, G., Ward, B., and Tellez, T. **Sports speed 2nd ed**. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998.

Draper, N., and Whyte, G. Here's a new running based test of anaerobic performance for which you need only a stopwatch and a calculator. **Peak Performance** 96 (1997): 4-5.

Drust, B., Reilly, T., and Cable, N.T. Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. **Journal of Sport Sciences** 18 (2000): 885-892.

Dupont, G., Akakpo K, Berthoin S. The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. **J Strength Cond Res** 18 (Aug 2004):584-9.

Edge, J., Bishop, D., Goodman, C., Dawson, B. Effects of High- and Moderate-Intensity Training on Metabolism and Repeated Sprints. **Medicine & Science in Sports & Exercise** 37 (2005): 1975-1982.

Edwards, P. **Football Fitness & Skills.** London: Hamlyn Limited, 1997.

Elliott, B. **Training in Sport : Applying Sport Science**. Chichester England : Jonh Wiley & Son. 1999.

Faulkner, J.A., Claflin, D.R., and McCully, K.K. Power output of fast and slow fibers form human skeletal muscle. In N.L. Jones, N.McCartney, and A.J.McComas (eds.). **Human Muscle Power**, Champaign, IL: Human Kinetic, 1986.

Fincher, G.E.The effect of high intensity strength training on anaerobic power and endurance. **Dissertation Abstracts International**. (1996): 57 – 03 A.

Fleck, S.J., and Kraemer, W.J. **Designing Resistance Training Programs 3rd ed**. Champaign, IL: Human Kinetic, 2004.

Gatz, G. **Complete conditioning for soccer**. Champaign, IL: Human Kinetics, 2009.

Gaesser, G. A., and Wilson, L.A. Effects of Continuous and Interval Training on the Parameters of the Power-Endurance Time Relationship for High-Intensity Exercise. **Int J Sports Med** 9 (1988): 417-421.

Getchell, B. **Physical Fitness: A Way of Life 2nd ed**. New York: John Wiley and Sons, 1979.

Gibala, M. J. et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. **J Physiol**. 575 (2006): 901–11.

Gramer, D. **Fussball – Training**. Grafia Hagen: Hagen Haspe Klischees, 1966.

Hawley, J., and Burke, L. **Peak performance**.Nsw: Allen & Unwin, 1998.

Hazell, T. J., MacPherson, R. E. K., Gravelle, B. M. R., and Lemon, P. W. R. 10 or 30-s sprint interval training bouts enhance both aerobic and anaerobic performance. **Eur J Appl Physiol** 110 (2010): 153-160.

Helgerud, J., Engen, L.C., Wisloff U., and Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. **Med. Sci. Sports Exerc** 33 (2001): 1925-1931.

Helgerud, J. et al. Aerobic High-Intensity Intervals Improve VO2max More Than Moderate Training. **Med. Sci. Sports Exerc** 39 (2007): 665–671.

Hoff, J. Training and testing physical capacities for elite soccer players. **Journal of Sports Sciences** 23 (June 2005): 573 – 582.

Hoger, W. W. K. **Lifetime Physical Fitness and Wellness (2nd ed.)**. Colorado: Morton Publishing Company, 1989.

Hori, N., Newton, R.U., Kawamori, N., McGuigan, M.R. Andrew, W.A., Chapman, S.W., and Nosaka, K. Comparison of weighted jump squat training with and without eccentric braking. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 22 (2008): 54-65.

Huber, J. Increasing a diver's vertical jump through Plyometric training. **National Strength and Conditioning Association Journal**. 6(1987): 34-36.

Hydock, D. The weight lifting pull in power development. **National Strength and Conditioning Association Journal.** (February 2001): 32-37.

Iaia, F.M.,Hellsten, Y.,Nielsen, J.J.,Fernstrom, M.,Sahlin, K.,Bangsbo, J. Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. **J Appl Physiol** 106 (2009): 73–80.

Kaneko, M., Fuchimoto, T., Toji, H., and Suei, K. Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human. muscle. **Scandinavian Journal of Sports Science** 5 (1983): 50-55.

Karp, J.R. Muscle fiber types and training. **National Strength and Conditioning Association Journal.** (February 2001): 21-26.

Kent, M. **The Oxford Dictionary of Sports Science and Medicine**. USA: Oxford University Press, 1994.

Kirkendall, D.T. Effect of nutrition on performance in soccer. **In Medicine and Science in Sport Exercise**, pp.1370-1374. Michigan: the American College of Sports Medicine, 1993

Krustrup, P., and Bangbo, J. Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. **Journal of Sports Sciences** 19 (2001): 881- 891.

Lamb, D.R. **Physiology of exercise**. New York: Macmilan Publishing, 1984.

Li, L., Olson, M.W., and Winchester, J.B. A proposed method for determining peak power in the jump squat exercise.**Journal of Strength and Conditioning Research** 22 (2008): 326-331.

MacDougall, J.D., Hicks, A.L., MacDonald, J.R., Mckelvic, R.S., Green, H.J., Smith, K.M. Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. **J. Appl. Physiol.** 84 (1998): 2138-2142.

Macpherson, R. E. K., Hazell, T. J., Oliver, T. D., Paterson, D. H., & Lemon, P. W. R. Run Sprint Interval Training Improves Aerobic Performance but Not Maximal Cardiac Output. **Med. Sci. Sports Exerc** 43 (2011): 115–122.

Marcinik, E.J. Effect of circuit weight training on endurance performance: Muscular Strength, power endurance and lactate threshold correlates. **Dissertation Abstracts International** (1988): 50-04A.

Martens, R. **Successful Coaching 3rd ed**. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2004.

Matkovic, B.R., S. Jancovic and S. Heimer. **Science and Football.** E & FN Spon, London. 1991.

Mayhew, S.R., and Wenger, H.A.. Time-motion analysis of professional soccer. **Journal of Human Movement Studies** 11 (1985): 49-52.

McArdle, W., Katch, F., and Kacth V. **Exercice Physiology**. Baltimore: Williams & Wilkins., 1996.

McArdle, W., Katch, F., and Kacth, V. **Exercice Physiology**. 6th ed. Baltimore, MD:Lippincott Williams & Wilkins, 2007.

Mc Bride, J.M., Triplett – Mc Bride, T.T., Davie, A and Newton, R.U. The effect of heavy vs. light – load jump squats on the development of strength, power, and speed. **Journal of Strength and Conditioning Research** 22 (2002): 326-331.

Mcglynn, G. **Dynamic of Fitness: A practical approach 5thed.** Boston: WCB McGrawHill, 1999.

McManus, A.M., Armstrong, N., and Williams, C.A. Effect of training on the aerobic power and anaerobic performance of prepubertal girls. **Acta Pzdiatr** 86 (1997): 456-9.

McMillan, K., Helgerud, J., R Macdonald, et al. Physiological adaptations to soccer specific players endurance training in professional youth soccer. **Br J Sports Med** 39 (2005): 273-277.

Medbo JI, Burgers S. Effect of training on the anaerobic capacity. **Med Sci Sports Exerc** 22 (1990): 501– 507.

Merle, L.F. and J.K. Steven. **Physiological Basic for Exercise and Sport 4th ed**. SanDiego: McGraw-Hill, 1998.

Miller, A.J., I.M. Grais, E. winslow and L.A. Kaminsky. The Definition of Physical Fitness. **The Journal of Sport Medicine and Physical Fitness** 31(December 1991): 639 –640.

Newton, R.U., and Krarmer, W.J. Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. **National Strength and Conditioning Association Journal** (October 1994): 20-31.

Norkowski, H., and Hucinski, T. The Influence of Interval Training on Selected Indicators of Anaerobic Efficiency in Untrained Men. **Journal of Human Kinetics** 18 (2007): 63-72.

O'Donoghue, P. G.. **Time – motion analysis of work – rate in English FA Premier League soccer.**, School of Applied Medical Sciences and Sports Studies, Jordanstown: University of Ulster, 2002.

Ohashi, J., Togari, H., Isokawa, M., and Suzuki, S. Application of an analysis system evaluating intermittent activity during a soccer match. In: Reilly, T. et al. (eds), **Science and Football**, pp. 132-135. London: University Press, 1988.

Osgnach, C . S. Poser, R. Bernardini, R. Rinaldo, and P. E. Di Prampero. (2010) Energy Cost and Metabolic Power in Elite Soccer: A New Match Analysis Approach. **Med.Sci. Sports Exerc** 42(2010): 170-178.

O'Shea, K.L., and O'Shea, J.P. Functional isometric weight training: Its effects on dynamic and static strength. **Journal of Applied Sports Science Research** 3 (1989): 30-33.

O'Shea, P. Toward an understanding of power. **National Strength and Conditioning Association Journal** (1999): 34–35.

O'Shea, P. **Quantum strength fitness II (gaining the winning edge)**. Oregon: Patrick's books, 2000.

Payne Hahn. **Understanding Your Health 2nd**. Copyright, Philadelphia: Lea & Febiger, 1990.

Plowman, S.A., and Smith, D.L. **Exercise physiology for health, fitness, and performance.** Boston: Allyn and Bacon, 1997

Poole, D.C. and Gaesser, G.A. Response of vertilatory and lactate thresholds to continuous and interval training. **J.Appl. Physiol** 58 (1985): 1115-1121.

Powers, S.K., and Howley, E.T. **Exercise Physiology- Theory and Application to Fitness and Performance (7thed.)**. New York: McGraw-Hill, 2009.

Proietti, R.Energy system requirements of soccer player.Correlation between game analysis and aerobic/anaerobic power test. **Magazine Preparazione atletica**, November, 2007.

Radcliffe,J.C. and Farentions, R.C. **High-powered plyometrics**. Champaign IL: Human Kinetics, 1999.

Rampininia, E., Impellizzeri, F. M., Castagnac, C., Couttsd, A. J., &Wisloff, U. Technical performance during soccer matches of the Italian SerieA league: Effect of fatigue and competitive level. **Journal of Science and Medicine in Sport** 12 (2009): 227 - 233.

Reaburn, P., and Jenkins, D. **Training for speed and endurance**. St Leonards, N.S.W.: Allen & Unwin, 1996.

Reilly, T., and Thomas, V. A motion analysis of work rate in different positional roles in profootball match-play. **Journal of Human Movement Studies** 2 (1976): 87-97.

Reilly, T., Secher, N., Snell, P. and Williams, C. **Physiology of Sports**. London: E&FN Spon, 1990.

Reilly, T. **Science and Soccer**. London: E & FN Spon, 1996.

Reilly, T. Energetics of high – Intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. **Journal of Sports Sciences** 15 (1997): 257-263.

Reilly, T. **The science of training soccer**. New York: RoutledgeTaylor & Francis Group, 2007.

Rozenek, R., Funato, K., Kubo, J., Hoshikawa, M., and Matsuo, A. Physiological responses to interval training sessions at velocities associated with VO2max. **Journal of Strength & Conditioning Research** 21 (2007): 188-192.

Safrit, M.J. **Introduction to Measurement and Evaluation in Physical Education and Exercise. (2nd ed.)**. Missouri: Mosby Company, 1990.

Schwanbeck, S., Chililbeck, P.D., and Binsted, G.A comparison of free weight squat to smith machine squat using electromyography. **Journal of Strength and Conditioning Research** 23 (2009): 2588-2591.

Sharkey, B.J, and Gaskill, S.E. **Sport physiology for coaches**. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 2006.

Shephard, R.J. **Aerobic fitness and health**. Champaigh, IL: Human kinetics, 1994.

Smaros, G. Energy usage during a football match. In Proceedings of the 1st **International Congress of Sports Medicine Applied to Football**, Vol. II (edited by L. Vecchiet), pp.795-801. Rome: D. Guanello, 1980.

Sperlich, B., De Marées, M.,Koehler, K.,Linville, J.,Holmberg, H.C., and Mester, J. Effects of 5 weeks high-intensity interval training vs. volume training in 14 years old soccer players. **J Strength Cond Res** 25(2011): 1271-1278.

Sporis, G.,Ruzic, L., Leko, G. The Anaerobic Endurance of Elite Soccer Players Improved After a High-Intensity Training Intervention in the 8-Week Conditioning Program. **Journal of Strength & Conditioning Research** 22 (2008): 559-566.

Stone, M.H., and Borden, R.A. Modes and Methods of resistance training. **National Strength and Conditioning Association Journal**. (August 1997): 18-24.

Tabata, I., Irisawa, K., Kouzaki, M., Nishimura, K., Ogita, F., & Miyachi, M. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. **Med Sci Sports Exerc** 29 (1997) : 390-395.

Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., and et al. Effects of moderate intensity-endurance and high intensity-intermittent training on anaerobic capacity and VO2max. **Med. Sci. Sports Exerc** 28 (1996):1327-1330.

Thoden, J. **Testing Aerobic Power**. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books, 1991.

Thompson, P.J. **Introduction to coaching theory**. West Sussex: Marshall arts Prints services, 1991.

Wathen, D., and Roll, F. Training methods and modes. In T.R. Baechle (ed.), **Essentials of strength training and conditioning**, pp. 403-415. Champaign, IL: Human kinetics, 1994.

Weber, C.L., and Schneider, D.A. Increases in maximal accumulated oxygen deficit after high-intensity interval training are not gender dependent. **J Appl Physiol** 92 (2002): 1795–1801.

Williams, P.S. The training effects of plyometrics and isotonic squats on power and speed (weight training). **Dissertation Abstracts International** (1999): 60 – 04 A.

Wilmore, J. H., and Costill, D. L. **Training for sport and activity**. Chapter 11, Dubuque, IA: Wm C. Brown, 1988.

Wilmore, J.H., and Costill, D.L. **Physiology of Sport and Exercise.** Champaign I, New York: Human Kinetics, 1994.

Wilson, G.J., Newton, R.U.,Murphy, A.J., and Humphries, B.J. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 25(1993): 1279-1286.

Wilson, G.J., Strength and power in Sports In J.Bloomfield, T.R. Ackland and B.C.Elliott (eds.), **Applied anatomy and biomechanics**, pp. 110-208. Melbourne Blackwell Scientific Publication, 1994.

Wong, P.L., Chaouachi, A, Chamari, K, Dellal, A, and Wisloff, U. Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players.**J Strength Cond Res** 24 (2010): 653-660.

Yessis, M. Training for power sports – Part 1. **National Strength and Conditioning Association Journal** (1994): 42-45.

Zacharogiannis, E., Paradisis, G. and Tziortzis, S. An evaluation of tests of anaerobic power and capacity. **Medicine & Science in Sports & Exercise** 36 (2004): (suppl. 5) S116.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
โปรแกรมที่ใช้ในการฝึก

1. **โปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด**

ท่าที่ใช้ในการฝึก	กระโดดจากท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุมฉาก (Half squat jump)
ความหนัก	20 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม
จำนวนครั้ง	10 ครั้ง
จังหวะในการกระโดด	เร็วที่สุด
เวลาพักระหว่างชุด	3 นาที
จำนวนชุด	3 ชุด
ความถี่ของการฝึก	2 ครั้งต่อสัปดาห์ (วันอังคาร และวันศุกร์)
ระยะเวลาของการฝึก	6 สัปดาห์

ลักษณะท่ากระโดดจากท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุมฉาก (Half squat jump)

ขั้นตอนที่ 1

แบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่างอทำมุมฉาก

ขั้นตอนที่ 2

ออกแรงกระโดดในแนวดิ่งให้สูงที่สุด

2. **โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น**

รูปแบบของการฝึก

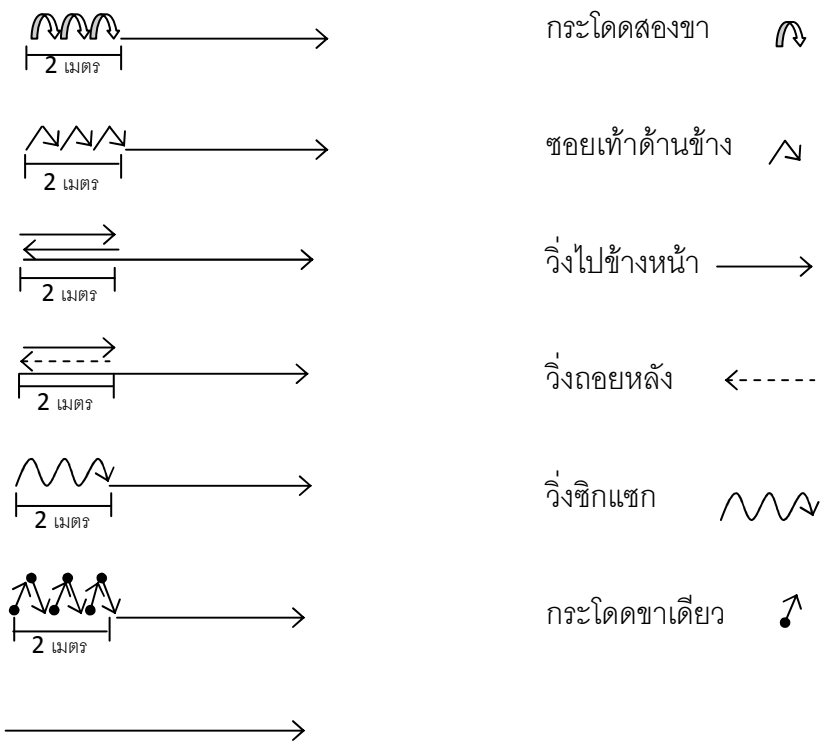
- **ช่วงหนัก**	เคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอล เช่น การวิ่งไปข้างหน้า การวิ่งถอยหลัง การวิ่งไปด้านข้าง การกลับตัว การวิ่งซิกแซก ด้วยความเร็วสูงสุด 4 วินาทีสลับกับวิ่งเหยาะ 40 วินาที จำนวน 8 เที่ยว
- **ช่วงพัก**	เดิน 4 นาที
จำนวนชุด (หนักสลับพัก)	4 – 6 ชุด (เพิ่มขึ้น 1 ชุด ทุกๆ 2 สัปดาห์)
ความถี่ของการฝึก	2 ครั้งต่อสัปดาห์ (วันอังคาร และวันศุกร์)
ระยะเวลาของการฝึก	6 สัปดาห์

3. **โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง**

รูปแบบของการฝึก

- **ช่วงหนัก**	เคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอล เช่น การวิ่งไปข้างหน้า การวิ่งถอยหลัง การวิ่งไปด้านข้าง การกลับตัว การวิ่งซิกแซก ด้วยความเร็วสูงสุด 32 วินาที
- **ช่วงพัก**	เดิน 4 นาที
จำนวนชุด (หนักสลับพัก)	4 – 6 ชุด (เพิ่มขึ้น 1 ชุด ทุกๆ 2 สัปดาห์)
ความถี่ของการฝึก	2 ครั้งต่อสัปดาห์ (วันอังคาร และวันศุกร์)
ระยะเวลาของการฝึก	6 สัปดาห์

ลักษณะการเคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอลมีรูปแบบ ดังนี้



<u>รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบโปรแกรมการฝึก</u>

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ถาวร กมุทศรี	วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิพนธ์ กิติกุล	ข้าราชการบำนาญ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์ ดร.จุฑา ติงศภัทิย์	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และผู้ฝึกสอนทีมฟุตบอลมหาวิทยาลัยไทยชุดเข้าร่วมการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยโลกครั้งที่ 26
4. นายกวิน คเชนทร์เดชา	ผู้ฝึกสอนทีมฟุตบอลเจ.ดับบลิว รังสิต เอฟซี
5. นายสัจจา ศิริเขตต์	ผู้ฝึกสอนทีมฟุตบอลจามจุรี ยูไนเต็ด

ที่ ศธ ๐๕๑๒.๒๔/๐๐๖๒๐

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพระราม ๑ ปทุมวัน กทม. ๑๐๓๓๐

๒๑ กรกฎาคม ๒๕๕๔

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดาวร กมุทศรี

สิ่งที่สิ่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์
๒. โปรแกรมการฝึก
๓. แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือ

ด้วย นายกิจจาภาส ศรีสถาพร นิสิตระดับมหาบัณฑิต ชั้นปีที่ ๒ แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์เรื่อง "การเปรียบเทียบการฝึกแบบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอล" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภายใต้การควบคุมของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

เพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้อง และสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ใคร่ขอความอนุเคราะห์เรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือการวิจัยดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยด้วยจักเป็นพระคุณยิ่ง และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม)
คณบดี

หน่วยจัดการศึกษา
งานวิชาการและวิจัย
โทร.๐-๒๒๑๘-๑๐๔๐
โทรสาร ๐-๒๒๑๘-๑๐๔๐

ที่ ศธ ๐๕๑๒.๒๔/๐๐๘๒๐

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพระราม ๑ ปทุมวัน กทม. ๑๐๓๓๐

๒๑ กรกฎาคม ๒๕๕๔

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิพนธ์ กิติกุล

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์
๒. โปรแกรมการฝึก
๓. แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือ

ด้วย นายกิจจาภาส ศรีสถาพร นิสิตระดับมหาบัณฑิต ชั้นปีที่ ๒ แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์เรื่อง "การเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอล" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภายใต้การควบคุมของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

เพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้อง และสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ใคร่ขอความอนุเคราะห์เรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือการวิจัยดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยด้วยจักเป็นพระคุณยิ่ง และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม)
คณบดี

หน่วยจัดการศึกษา
งานวิชาการและวิจัย
โทร.๐-๒๒๑๘-๑๐๔๐
โทรสาร ๐-๒๒๑๘-๑๐๔๐

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน หน่วยจัดการศึกษา งานวิชาการและวิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา โทร. ๘๑๐๔๐
ที่ ศธ ๐๕๑๒.๒๔(วช)/ว.๖๐๒ **วันที่** ๒๐ กรกฎาคม ๒๕๕๔
เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.จุฑา ติงศภัทิย์

สิ่งที่สิ่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์
๒. โปรแกรมการฝึก
๓. แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือ

ด้วย นายกิจจาภาส ศรีสถาพร นิสิตระดับมหาบัณฑิต ชั้นปีที่ ๒ แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์เรื่อง "การเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอล" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภายใต้การควบคุมของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

เพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้อง และสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ใคร่ขอความอนุเคราะห์เรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือการวิจัยดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย ด้วยจักเป็นพระคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม)
ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ที่ ศธ ๐๕๑๒.๒๔/๑๐๖๕๗

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพระราม ๑ ปทุมวัน กทม. ๑๐๓๓๐

๒๕ กรกฎาคม ๒๕๕๔

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน อาจารย์ กวิน คเชนทร์เดชา

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์
๒. โปรแกรมการฝึก
๓. แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือ

ด้วย นายกิจจาภาส ศรีสถาพร นิสิตระดับมหาบัณฑิต ชั้นปีที่ ๒ แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์เรื่อง "การเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอล" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภายใต้การควบคุมของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

เพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้อง และสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ใคร่ขอความอนุเคราะห์เรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือการวิจัยดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยด้วยจักเป็นพระคุณยิ่ง และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม)
คณบดี

หน่วยจัดการศึกษา
งานวิชาการและวิจัย
โทร.๐-๒๒๑๘-๑๐๔๐
โทรสาร ๐-๒๒๑๘-๑๐๔๐

ที่ ศธ ๐๕๑๒.๒๔/๐๐๖๐

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพระราม ๑ ปทุมวัน กทม. ๑๐๓๓๐

๒๑ กรกฎาคม ๒๕๕๔

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน นายสัจจา ศิริเขตต์

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างวิทยานิพนธ์
๒. โปรแกรมการฝึก
๓. แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือ

ด้วย นายกิจจาภาส ศรีสถาพร นิสิตระดับมหาบัณฑิต ชั้นปีที่ ๒ แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์เรื่อง "การเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอล" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ภายใต้การควบคุมของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

เพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้อง และสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ในการนี้ คณะกรรมการบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ใคร่ขอความอนุเคราะห์เรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาเครื่องมือการวิจัยดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยด้วยจักเป็นพระคุณยิ่ง และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม)
คณบดี

หน่วยจัดการศึกษา
งานวิชาการและวิจัย
โทร.๐-๒๒๑๘-๑๐๔๐
โทรสาร ๐-๒๒๑๘-๑๐๔๐

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงรายละเอียดของกิจกรรมการฝึก

1. **กลุ่มฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น** (ฝึกทั้งหมด 6 สัปดาห์)

สัปดาห์ที่ 1 และ 2

วันที่ฝึก	กิจกรรม	รายละเอียดของกิจกรรม	ระยะเวลา
อังคาร และ ศุกร์	1. การอบอุ่นร่างกาย	การวิ่งเหยาะและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	10 นาที
	2. การฝึกแบกน้ำหนักกระโดด	ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 20% ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 10 ครั้ง พักระหว่างชุด 3 นาที ฝึกทั้งหมด 3 ชุด	15 นาที
	3. การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น	ทำการฝึกเคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอลด้วยความเร็วสูงสุด 4 วินาที สลับกับวิ่งเหยาะ 40 วินาที จำนวน 8 เที่ยว พักระหว่างชุดด้วยการเดิน 4 นาที ฝึกทั้งหมด 4 ชุด	40 นาที
	ทำการฝึกซ้อมฟุตบอลตามโปรแกรมปกติของทางโรงเรียน		

สัปดาห์ที่ 3 และ 4

วันที่ฝึก	กิจกรรม	รายละเอียดของกิจกรรม	ระยะเวลา
อังคาร และ ศุกร์	1. การอบอุ่นร่างกาย	การวิ่งเหยาะและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	10 นาที
	2. การฝึกแบกน้ำหนักกระโดด	ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 20% ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 10 ครั้ง พักระหว่างชุด 3 นาที ฝึกทั้งหมด 3 ชุด	15 นาที
	3. การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น	ทำการฝึกเคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอลด้วยความเร็วสูงสุด 4 วินาที สลับกับวิ่งเหยาะ 40 วินาที จำนวน 8 เที่ยว พักระหว่างชุดด้วยการเดิน 4 นาที ฝึกทั้งหมด 5 ชุด	50 นาที
	ทำการฝึกซ้อมฟุตบอลตามโปรแกรมปกติของทางโรงเรียน		

สัปดาห์ที่ 5 และ 6

วันที่ฝึก	กิจกรรม	รายละเอียดของกิจกรรม	ระยะเวลา
อังคาร และ ศุกร์	1. การอบอุ่นร่างกาย	การวิ่งเหยาะและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	10 นาที
	2. การฝึกแบกน้ำหนักกระโดด	ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 20% ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 10 ครั้ง พักระหว่างชุด 3 นาที ฝึกทั้งหมด 3 ชุด	15 นาที
	3. การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น	ทำการฝึกเคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอลด้วยความเร็วสูงสุด 4 วินาที สลับกับวิ่งเหยาะ 40 วินาที จำนวน 8 เที่ยว พักระหว่างชุดด้วยการเดิน 4 นาที ฝึกทั้งหมด 6 ชุด	60 นาที
	ทำการฝึกซ้อมฟุตบอลตามโปรแกรมปกติของทางโรงเรียน		

2. กลุ่มฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง (ฝึกทั้งหมด 6 สัปดาห์)

สัปดาห์ที่ 1 และ 2

วันที่ฝึก	กิจกรรม	รายละเอียดของกิจกรรม	ระยะเวลา
อังคาร และ ศุกร์	1. การอบอุ่นร่างกาย	การวิ่งเหยาะและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	10 นาที
	2. การฝึกแบกน้ำหนักกระโดด	ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 20% ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 10 ครั้ง พักระหว่างชุด 3 นาที ฝึกทั้งหมด 3 ชุด	15 นาที
	3. การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น	ทำการฝึกเคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอลด้วยความเร็วสูงสุด 32 วินาที พักระหว่างชุดด้วยการเดิน 4 นาที ฝึกทั้งหมด 4 ชุด	20 นาที
	ทำการฝึกซ้อมฟุตบอลตามโปรแกรมปกติของทางโรงเรียน		

สัปดาห์ที่ 3 และ 4

วันที่ฝึก	กิจกรรม	รายละเอียดของกิจกรรม	ระยะเวลา
อังคาร และ ศุกร์	1. การอบอุ่นร่างกาย	การวิ่งเหยาะและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	10 นาที
	2. การฝึกแบกน้ำหนักกระโดด	ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 20% ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 10 ครั้ง พักระหว่างชุด 3 นาที ฝึกทั้งหมด 3 ชุด	15 นาที
	3. การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น	ทำการฝึกเคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอลด้วยความเร็วสูงสุด 32 วินาที พักระหว่างชุดด้วยการเดิน 4 นาที ฝึกทั้งหมด 5 ชุด	25 นาที
	ทำการฝึกซ้อมฟุตบอลตามโปรแกรมปกติของทางโรงเรียน		

สัปดาห์ที่ 5 และ 6

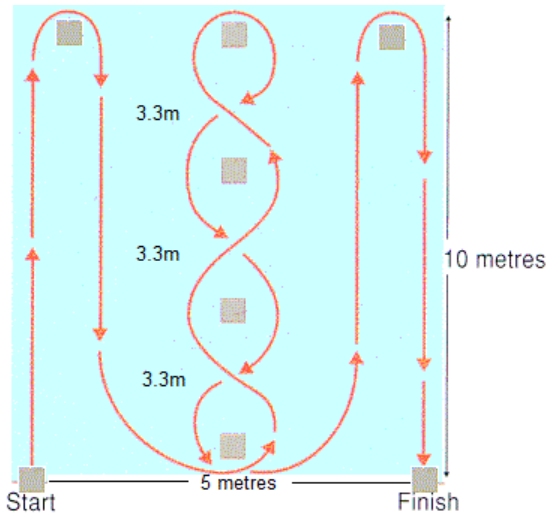
วันที่ฝึก	กิจกรรม	รายละเอียดของกิจกรรม	ระยะเวลา
อังคาร และ ศุกร์	1. การอบอุ่นร่างกาย	การวิ่งเหยาะและการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ	10 นาที
	2. การฝึกแบกน้ำหนักกระโดด	ทำการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 20% ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 10 ครั้ง พักระหว่างชุด 3 นาที ฝึกทั้งหมด 3 ชุด	15 นาที
	3. การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น	ทำการฝึกเคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอลด้วยความเร็วสูงสุด 32 วินาที พักระหว่างชุดด้วยการเดิน 4 นาที ฝึกทั้งหมด 6 ชุด	30 นาที
	ทำการฝึกซ้อมฟุตบอลตามโปรแกรมปกติของทางโรงเรียน		

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยา

1. **วิธีทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวของอิลลินอยส์** (Illinois Test Run – Agility) (Getchell, 1979)

แบบทดสอบนี้ใช้วัดการเคลื่อนที่โดยมีการเร่งความเร็ว ชะลอความเร็ว และการเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็วโดยหาค่าความคล่องแคล่วว่องไว มีหน่วยเป็นวินาที

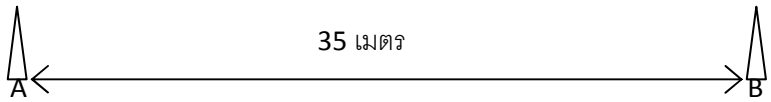


วิธีการทดสอบ

1. ตั้งกรวยทดสอบตามจุดต่างๆ ตามรูปภาพทั้งหมด 8 จุด
2. ติดตั้งเครื่องนิวเทสต์ พาวเวอร์ไทม์เมอร์ เอสดับเบิลยู – 300 (Newtest Powertimer SW- 300) เพื่อใช้ในการบันทึกเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ตั้งแต่เริ่มต้นไปจนสิ้นสุดการทดสอบ
3. ให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบเตรียมตัวที่จุดเริ่มต้น(Start) เมื่อได้รับสัญญาณให้นักกีฬาเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดจากจุดเริ่มต้นไปตามทิศทางของลูกศรดังภาพจนไปถึงจุดสิ้นสุด(Finish)ถือว่าสิ้นสุดการทดสอบ

2. **วิธีทดสอบรันนิ่งเบสแอนแอโรบิก สปรินท์** (Running-based Anaerobic Sprint Test) (Draper and Whyte, 1997)

แบบทดสอบนี้ใช้วัดความสามารถที่แสดงออกทางอนากาศนิยมโดยหาค่าพลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม มีหน่วยเป็นวัตต์ และดัชนีความล้า มีหน่วยเป็นวัตต์ ต่อ วินาที

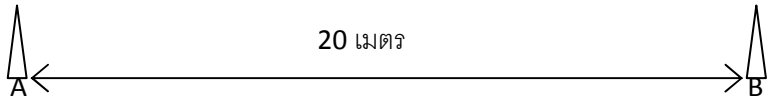


วิธีการทดสอบ

1. ตั้งกรวยทดสอบ 2 จุดห่างกัน 35 เมตร ตามรูปภาพ
2. ติดตั้งเครื่องนิวเทสต์ พาวเวอร์ไทม์เมอร์ เอสดับเบิลยู – 300 (Newtest Powertimer SW- 300) เพื่อใช้ในการบันทึกเวลาที่ใช้ในแต่ละเที่ยวของการทดสอบ
3. ให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบเตรียมตัวที่จุด A เมื่อได้รับสัญญาณให้นักกีฬาเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดจากจุด A ไปยังจุด B เป็นจำนวน 6 เที่ยว พักระหว่างเที่ยว 10 วินาที เมื่อครบตามจำนวนถือว่าสิ้นสุดการทดสอบ

3. **วิธีทดสอบโย-โย อินเตอร์มิทเทน รีโคเวอร์รี** (Yo-Yo Intermittent Recovery Test) (Bangsbo et al., 2008)

แบบทดสอบนี้ใช้วัดความสามารถที่แสดงออกทางอากาศนิยมโดยหาค่าระยะทางในการวิ่งมีหน่วยเป็นเมตร



วิธีการทดสอบ

1. ตั้งกรวยทดสอบ 2 จุดห่างกัน 20 เมตร ตามรูปภาพ
2. ติดตั้งเครื่องให้สัญญาณเสียงเพื่อให้สัญญาณเสียงคอยควบคุมความเร็วในการวิ่ง
3. ให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบเตรียมตัวที่จุด A เมื่อได้รับสัญญาณให้นักกีฬาเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดจากจุด A ไปหยุดรอยังจุด B เมื่อได้รับสัญญาณอีกครั้งให้นักกีฬาเคลื่อนที่จากจุด B กลับมายังจุด A ให้ทันเสียงสัญญาณครั้งต่อไปถือว่าเสร็จสิ้นการทดสอบ 1 ระดับ
4. เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบ 1 ระดับ ให้นักกีฬาเตรียมตัวรอการทดสอบระดับต่อไปที่จุด A เมื่อได้รับสัญญาณให้นักกีฬาปฏิบัติเหมือนกับการทดสอบในระดับที่ผ่านมาซ้ำไปเรื่อยๆ
5. เมื่อนักกีฬาเคลื่อนที่จากจุด B กลับมายังจุด A ไม่ทันเสียงสัญญาณนักกีฬาจะได้รับการเตือนให้เพิ่มความเร็วในการวิ่งจากผู้ทดสอบ และถ้านักกีฬาเคลื่อนที่จากจุด B กลับมายังจุด A ไม่ทันเสียงสัญญาณอีกครั้ง จะถือว่านักกีฬาสิ้นสุดการทดสอบและจะทำการบันทึกระดับสูงสุดในการทดสอบที่ทำได้ก่อนหน้านั้นเพื่อมาคำนวณหาค่าระยะทางในการวิ่งต่อไป

4. **วิธีทดสอบของอลีเมนี และคณะด้วยเครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (Ballistic Measurement System)** (Alemany et al., 2005)

แบบทดสอบนี้ใช้วัดพลังอดทนของกล้ามเนื้อโดยหาค่าพลังเฉลี่ยของกล้ามเนื้อ มีหน่วยเป็นวัตต์

รูปภาพที่ 1

รูปภาพที่ 2

รูปภาพที่ 3

รูปภาพที่ 4

วิธีการทดสอบ

1. ให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบยืนเขย่งปลายเท้าบนแผ่นวัดแรง (Force plate) พร้อมกับแบกคานที่มีน้ำหนัก 0 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็มไว้ที่บ่า เพื่อปรับค่าระยะทางของการกระโดดในเครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (รูปภาพที่ 1)
2. ให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบยืนนอกแผ่นวัดแรงพร้อมกับแบกคานที่มีน้ำหนัก 0 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็มไว้ที่บ่า เพื่อปรับค่าแรงกระแทก (Impact force) ของการกระโดดในเครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (รูปภาพที่ 2)
3. ให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบกลับมายืนบนแผ่นวัดแรงพร้อมกับแบกคานที่มีน้ำหนัก 0 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็มไว้ที่บ่าเพื่อรอสัญญาณเริ่มการทดสอบ เมื่อได้ยินสัญญาณให้นักกีฬาย่อตัวลงในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าทำมุมฉาก (รูปภาพที่ 3)
4. หลังจากนั้นให้ออกแรงกระโดดในแนวดิ่งให้สูงที่สุดทันที (รูปภาพที่ 4)
5. ย่อตัวกระโดดติดต่อกันจนครบ 30 ครั้ง ถือว่าสิ้นสุดการทดสอบ

ภาคผนวก ง

<u>เอกสารการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย</u>

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่หนังสือรับ 03008
วันที่ 13 ต.ค. 54 เวลา 14.43 น.

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218-8147
ที่ จว 650/54 **วันที่** 5 ตุลาคม 2554
เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ใบรับรองผลการพิจารณา
2. ข้อมูลสำหรับประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3. ใบยินยอมของประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ตามที่ **นายกิจจาภาส ศรีสถาพร** นิสิตระดับมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เสนอโครงการวิจัยที่ 135.1/54 เรื่อง การเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอลอายุระหว่าง 16-18 ปี (A COMPARISON BETWEEN COMBINED LOADED JUMP SQUAT TRAINING WITH SHORT INTERVAL TRAINING AND INTERMEDIATE INTERVAL TRAINING ON PHYSILOGOGICAL PERFORMANCE IN FOOTBALL PLAYER BETWEEN THE AGE OF 16-18 YEARS OLD) เพื่อให้กรรมการผู้ทบทวนหลักพิจารณาจริยธรรมการวิจัยความละเอียดแจ้งแล้วนั้น

การนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลัก ได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้ รับรองวันที่ 27 กันยายน 2554 โดยมีข้อสังเกต ดังนี้

ควรใช้ ANOVA with Repeated Measurement ซึ่งจะบอกได้ดีกว่า การใช้ Paired t-test หรือ Independent t-test

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศ์ศาโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน
กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AF 01-12

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

---

COA No. 152/2554

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 135.1/54 : การเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอลอายุระหว่าง 16-18 ปี

ผู้วิจัยหลัก : นายกิจจาภาส ศรีสถาพร

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

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

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

วันที่รับรอง : 27 กันยายน 2554 **วันหมดอายุ** : 26 กันยายน 2555

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1) โครงการวิจัย
2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย

รหัสโครงการวิจัย 135.1/54
วันที่รับรอง 27 กย. 2554
วันหมดอายุ 26 กย. 2555

เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) **เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น**
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-12) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย	การเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอลอายุระหว่าง *16 – 18 ปี*
ชื่อผู้วิจัย	นายกิจจาภาส ศรีสถาพร
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
โทรศัพท์	02-2181010
โทรศัพท์มือถือ	085-9099044 E-mail: pro_dave_de@hotmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยเป็นการศึกษาวิธีการพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยาด้วยการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงที่เหมาะสมกับนักกีฬาฟุตบอล โดยที่*การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดเป็นการฝึกพลัยโอเมตริกรูปแบบหนึ่งที่ใช้น้ำหนักจากภายนอกเข้ามาช่วยเพิ่มแรงต้านในการฝึก ซึ่งการฝึกพลัยโอเมตริกนั้นเป็นรูปแบบของการฝึกกล้ามเนื้อโดยเชื่อมโยงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเข้ากับความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดพลังกล้ามเนื้อ โดยการออกแรงปริมาณมากๆกระทำในระยะเวลาสั้นๆ อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ส่วนใหญ่มักนำการกระโดดมาใช้ในการฝึก* นอกจากนั้นการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดนั้นใช้อุปกรณ์ในการฝึกที่ราคาไม่แพง สะดวกในการเคลื่อนย้ายทำให้ง่ายต่อการฝึกซ้อมของนักกีฬา รวมไปถึงยังใช้เวลาในการฝึกแต่ละครั้งไม่มากและจึงเหมาะสมในการนำมาพัฒนาความสามารถด้านพลังกล้ามเนื้อ ส่วนการฝึกแบบสลับช่วงเป็นวิธีการที่นิยมนำมาใช้พัฒนาด้านความสามารถของระบบพลังงาน โดยที่ใช้เวลาในการฝึกแต่ละครั้งไม่มาก และสามารถออกแบบการฝึกให้ใกล้เคียงกับรูปแบบที่ใช้ในการแข่งขันกีฬาได้ ซึ่งความสามารถทางสรีรวิทยาทั้งสองด้านเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในระหว่างการแข่งขันกีฬาฟุตบอล ดังนั้นเมื่อนำการฝึกทั้งสองวิธีมาฝึกควบคู่กันจะทำให้นักกีฬาสามารถพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยาได้หลายด้านไปพร้อมกัน โดยการวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาเพียง 6 สัปดาห์ก่อนการแข่งขันจริง ทำให้นักกีฬาแสดงความสามารถทางกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นในขณะทำการแข่งขัน

135-1/54
27 กย. 2554
26 กย. 2555

135-1/54
27 กย. 2554
26 กย. 2555

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อการพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตบอล

การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วง 2 วิธี คือ ใช้การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น หรือใช้การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง เพื่อศึกษาว่าวิธีการฝึกทั้ง 2 วิธี มีผลต่อการพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยาของนักกีฬาฟุตบอลแตกต่างกันหรือไม่

4. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาฟุตบอลชายระดับมัธยมศึกษาของโรงเรียนเทพศิรินทร์ อายุระหว่าง 16 – 18 ปี ที่กำลังฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันฟุตบอลจตุรมิตรสามัคคีครั้งที่ 26 จำนวน 28 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง และสมัครใจเข้าร่วมในการวิจัย ทั้งนี้ได้รับความยินยอมจากผู้ฝึกสอนแล้ว

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1.) ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายระดับมัธยมศึกษาของโรงเรียนเทพศิรินทร์ อายุระหว่าง 16 – 18 ปี ที่กำลังฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วม*การแข่งขันฟุตบอลจตุรมิตรสามัคคีครั้งที่ 26*

2.) ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่มีปัญหาการบาดเจ็บ

3.) ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องได้รับอนุญาตจากทางผู้ปกครองแล้ว

4.) ผู้เข้าร่วมวิจัยครั้งนี้จะต้องมีความแข็งแรงสัมพัทธ์ของกล้ามเนื้อขาในท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุมฉาก ไม่ต่ำกว่า 1.5

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1.) ผู้เข้าร่วมวิจัยเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ การฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกซ้อมปกติของโรงเรียน หรือ จากการแข่งขันที่ทางโรงเรียนส่งนักกีฬาเข้าร่วมการแข่งขัน เป็นต้น

2.) ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกไม่ถึง 90% ของโปรแกรมทั้งหมด

3.) ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยต่อไป

5. กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้วิจัยจะทำการแบ่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทั้ง 28 คน ออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 14 คน โดยการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก ดังนี้

1.) กลุ่มฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น

2.) กลุ่มฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง

กลุ่มฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงทั้ง 2 กลุ่ม ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ คือวันอังคาร และวันศุกร์ ตามโปรแกรมของแต่ละกลุ่ม ใช้เวลาในการฝึกแต่ละครั้งประมาณ 45 – 90 นาที ก่อนการฝึกซ้อมฟุตบอลตามปกติ ณ สนามฟุตบอลของโรงเรียนเทพศิรินทร์ โดยทำการฝึกทั้งหมดเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทั้งนี้กิจกรรมการฝึกซ้อมของแต่ละกลุ่มในแต่ละวันมีดังนี้

ที่ 135 1/54
27 กย. 2554
26 กย. 2555

กลุ่มฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น

1. ช่วงอบอุ่นร่างกาย

   ทำการวิ่งเหยาะและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ใช้เวลาประมาณ 10 นาที

2. ช่วงฝึกแบกน้ำหนักกระโดด

   ทำการแบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 20 เปอร์เซ็นต์ ของ ค่าความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ หรือ ค่า 1 อาร์เอ็ม ในท่ากระโดดจากท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุมฉาก (Half squat jump)จำนวน 10 ครั้ง พักระหว่างชุด 3 นาที ฝึกทั้งหมด 3 ชุด ใช้เวลาประมาณ 15 นาที

3. ช่วงฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น

   ทำการเคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอลด้วยความเร็วสูงสุด 4 วินาที สลับกับวิ่งเหยาะ 40 วินาที จำนวน 8 เที่ยว พักระหว่างชุดด้วยการเดิน 4 นาที โดยสัปดาห์ที่ 1 – 2 ฝึกทั้งหมด 4 ชุด สัปดาห์ที่ 3 – 4 ฝึกทั้งหมด 5 ชุด สัปดาห์ที่ 5 – 6 ฝึกทั้งหมด 6 ชุด ใช้เวลาประมาณ 40 – 60 นาที

กลุ่มฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง

1. ช่วงอบอุ่นร่างกาย

   ทำการวิ่งเหยาะและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ใช้เวลาประมาณ 10 นาที

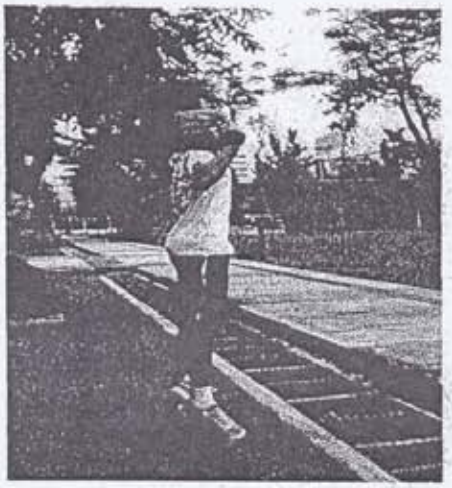
2. ช่วงฝึกแบกน้ำหนักกระโดด

   ทำการแบกน้ำหนักกระโดดด้วยความหนัก 20 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 อาร์เอ็ม ในท่ากระโดดจากท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุมฉาก (Half squat jump) จำนวน 10 ครั้ง พักระหว่างชุด 3 นาที ฝึกทั้งหมด 3 ชุด ใช้เวลาประมาณ 15 นาที

3. ช่วงฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง

   ทำการเคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอลด้วยความเร็วสูงสุด 32 วินาที พักระหว่างชุดด้วยการเดิน 4 นาที โดยสัปดาห์ที่ 1 – 2 ฝึกทั้งหมด 4 ชุด สัปดาห์ที่ 3 – 4 ฝึกทั้งหมด 5 ชุด สัปดาห์ที่ 5 – 6 ฝึกทั้งหมด 6 ชุด ใช้เวลาประมาณ 20 – 30 นาที

ลักษณะท่ากระโดดจากท่าแบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่าเป็นมุมฉาก (Half squat jump)



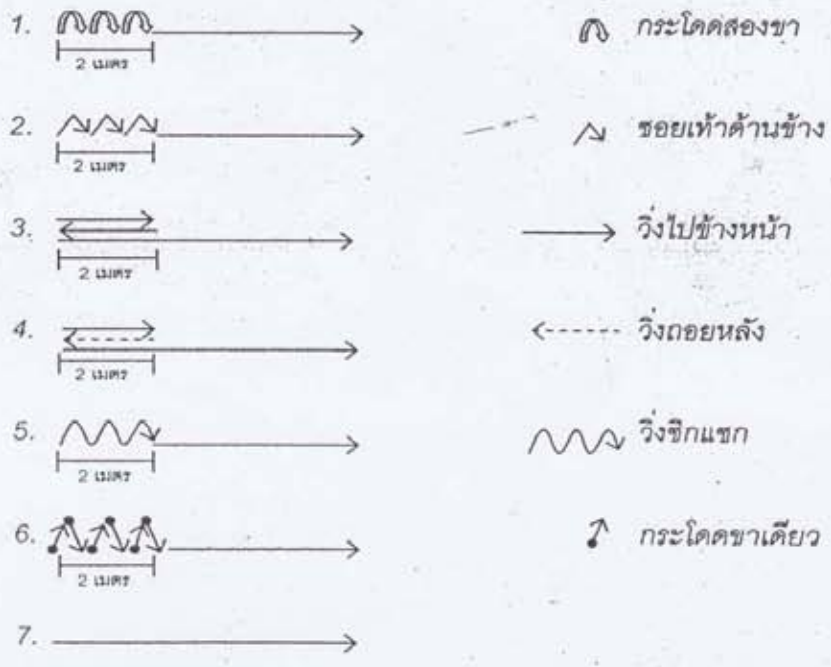
ขั้นตอนที่ 1

แบกน้ำหนักย่อตัวให้เข่างอทำมุมฉาก

ขั้นตอนที่ 2

ออกแรงกระโดดในแนวดิ่งให้สูงที่สุด

ลักษณะการเคลื่อนไหวแบบนักกีฬาฟุตบอลมี 7 รูปแบบ ดังนี้



135.1/54
27 ก.ย. 2554
26 ก.ย. 2555

นอกจากนั้นผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทั้ง 28 คน จะได้รับการทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยา จำนวน 2 ครั้ง คือก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ซึ่งการทดสอบในแต่ละครั้ง ประกอบด้วย

1. ทดสอบแบกน้ำหนักกระโดด โดยใช้ความหนัก 0 เปอร์เซ็นต์ของ 1 อาร์เอ็ม จำนวน 30 ครั้ง ในเครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม เพื่อหาค่าพลังอดทนของกล้ามเนื้อ
2. ทดสอบด้วยวิธีทดสอบโย-โย อินเตอร์มิทเทน รีโคเวอร์รี เพื่อหาค่าระยะทางในการวิ่ง
3. ทดสอบด้วยวิธีทดสอบรันนิ่งเบสแอนแอโรบิก สปรินท์ เพื่อหาค่า พลังแบบอนากาศนิยม ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม ดัชนีความล้า
4. การทดสอบด้วยวิธีทดสอบความคล่องแคล่วว่องไวของอิลลินอยส์เพื่อหาค่าความคล่องแคล่วว่องไว

6. ผู้วิจัยจะเป็นผู้ชี้แจงและทำความเข้าใจถึงข้อมูลในส่วนต่างๆ แก่กลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง นอกจากนั้นผู้วิจัยจะควบคุมดูแลการทดสอบและการฝึกซ้อมทั้งหมดด้วยตนเองโดยมีผู้ฝึกสอนของทีมคอยควบคุมดูแลร่วมด้วย

7. ในการวิจัยครั้งนี้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยต้องมีความแข็งแรงสัมพัทธ์ไม่ต่ำกว่า 1.5 จึงไม่เสี่ยงต่อการบาดเจ็บในขณะทำการฝึก ดังนั้นช่วงก่อนทำการวิจัยผู้วิจัยจะมีการจัดโปรแกรมการฝึกความแข็งแรงพื้นฐานให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทั้งหมดเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมทางด้านร่างกายและลดโอกาสเกิดการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นจากการฝึกตามโปรแกรมในขณะทำการวิจัย นอกจากนั้นผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดเพื่อความปลอดภัยในขณะทำการทดสอบ และทำการฝึก มีการให้คำแนะนำ ให้ความรู้และวิธีการปฏิบัติทั้งก่อนและหลังจากทำการทดสอบและทำการฝึก เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากโปรแกรมการฝึก รวมถึงการทดสอบทุกครั้ง ผู้วิจัยจะมีการให้คำแนะนำและดูแลอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา ทั้งนี้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย อาจจะมีความรู้สึกเมื่อยล้าบ้างจากการฝึกตามโปรแกรมในสัปดาห์ที่ 1 – 2 เนื่องจากรูปแบบการฝึกของโปรแกรมไม่เหมือนกับการฝึกซ้อมตามปกติ แต่ภายหลังการฝึกตามโปรแกรมเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ไม่ว่าจะใช้โปรแกรมใดก็ตาม ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะมีความสามารถทางสรีรวิทยาที่เพิ่มขึ้น สามารถแสดงความสามารถทางกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และหากมีกรณีที่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับบาดเจ็บจากการวิจัยเกิดขึ้น ผู้วิจัยจะมีการดูแลโดยการรักษาปฐมพยาบาลเบื้องต้นและหากอาการบาดเจ็บเกิดอย่างรุนแรงก็จะนำส่งต่อไปพบแพทย์ในโรงพยาบาลใกล้เคียงกับสถานที่ฝึกซ้อม โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบในการรักษาพยาบาลทั้งหมด

8. ผลการวิจัยครั้งนี้จะทำให้ทราบว่า นักกีฬาฟุตบอลควรใช้วิธีการฝึกกระโดดแบกน้ำหนักควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงแบบใดจึงจะเกิดประโยชน์สูงสุดต่อการพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยา ซึ่งทำให้แสดงความสามารถทางกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพในขณะทำการแข่งขัน และเมื่อทราบผลของการวิจัยอย่างไร ผู้วิจัยจะมีการชี้แจงให้ผู้ฝึกสอนตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายได้ทราบถึงผลดีของการวิจัยที่เกิดขึ้น

135.1/54
27 ก.ย. 2554
26 ก.ย. 2555

เลขที่โครงการวิจัย 135.1/54
วันที่รับรอง 27 กย. 2554
วันหมดอายุ 26 กย. 2555

พร้อมทั้งปรึกษาและประสานงานกับผู้ฝึกสอนเพื่อที่จะนำผลการวิจัยที่ได้ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรมการฝึกปกติของนักกีฬาเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

9. เพื่อเป็นการป้องกันการปนเปื้อนระหว่างแต่ละกลุ่มการฝึก ผู้วิจัยจึงขอร้องให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกคนไม่ให้ฝึกเพิ่มเติมนอกเหนือไปจากโปรแกรมการฝึกดังกล่าวที่ผู้วิจัยกำหนดให้ และโปรแกรมการฝึกซ้อมฟุตบอลปกติของทางโรงเรียน

10. การมีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้เป็นโดย**สมัครใจ** และสามารถ**ปฏิเสธ**ที่จะเข้าร่วมหรือ**ถอนตัว**จากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

11. ผู้วิจัยไม่มีค่าตอบแทนและค่าเดินทางให้กับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย สำหรับการเดินทางมาทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยจะมีการจัดเตรียมเครื่องดื่มเกลือแร่ และน้ำดื่มไว้ให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และทางโรงเรียนเทพศิรินทร์ให้การสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการเดินทาง และมอบหมายให้ครูผู้ฝึกสอนทีมฟุตบอลเดินทางมาร่วมควบคุมทุกครั้งในการเดินทางเข้าร่วมโครงการวิจัย

12. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

13. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็น**ความลับ** หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

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

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)
อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงชื่อ.....
(นายกิจจาภาส ศรีสถาพร)
ผู้วิจัยหลัก

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย	การเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอลอายุระหว่าง 16 – 18 ปี
ชื่อผู้วิจัย	นายกิจจาภาส ศรีสถาพร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์
ที่อยู่ที่ติดต่อ	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
โทรศัพท์	02-2181010
โทรศัพท์มือถือ	085-9099044

135.1/54
27 ก.ย. 2554
26 ก.ย. 2555

ข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/ อันตราย และประโยชน์ซึ่งเกิดจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และ**ได้รับคำอธิบาย**จากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว**

ข้าพเจ้า**จึงสมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย**ทุกขั้นตอน** *ได้แก่ การทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาจำนวน 2 ครั้ง การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นหรือการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง สัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 6 สัปดาห์* และข้าพเจ้ามี**สิทธิถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับทราบจากผู้วิจัยว่า หากข้าพเจ้าได้รับบาดเจ็บเนื่องจากการวิจัย ข้าพเจ้าจะต้องแจ้งให้ผู้วิจัยทราบทันที ซึ่งจะได้รับความช่วยเหลือเบื้องต้น เช่น ให้คำแนะนำโดยให้หยุดพักสังเกตอาการหรือปฐมพยาบาลเบื้องต้นและจะนำส่งไปยังโรงพยาบาล โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบให้ข้าพเจ้าได้รับการดูแลรักษาอย่างเหมาะสม

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยและข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัย**จะเก็บรักษาเป็นความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

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

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยและสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(นายกิจจาภาส ศรีสถาพร)
ผู้วิจัยหลัก

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

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)
อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

135.1/54
27 กย. 2554
26 กย. 2555

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
สำหรับผู้ปกครอง และผู้อยู่ในปกครอง

ทำที่.....

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้เกี่ยวข้องเป็น (โปรดระบุเป็น พ่อ/แม่/ผู้ปกครอง/ผู้ดูแลของ (ชื่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย) .....) ขอแสดงความยินยอมให้ผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย	การเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอลอายุระหว่าง 16 – 18 ปี
ชื่อผู้วิจัย	นายกิจจาภาส ศรีสถาพร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์
ที่อยู่ที่ติดต่อ	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
โทรศัพท์	02-2181010
โทรศัพท์มือถือ	085-9099044

เลขที่โครงการวิจัย 135.1/54
ลงวันที่ 27 กย. 2554
ใช้ได้ถึงวันที่ 26 กย. 2555

ข้าพเจ้าและผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ ข้าพเจ้าได้อ่านรายละเอียดในเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยโดยตลอด และ**ได้รับคำอธิบาย**จากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว**

ข้าพเจ้าจึง**สมัครใจ**ให้ผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ภายใต้เงื่อนไขที่ระบุไว้ในเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมให้ผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้า เข้าร่วมในการวิจัย และผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยนี้ ภายใต้เงื่อนไขที่ระบุไว้ในเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย**ทุกขั้นตอน** ได้แก่ การทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาจำนวน 2 ครั้ง การฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นหรือการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่กับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 6 สัปดาห์

ข้าพเจ้ามีสิทธิให้ผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าหรือเป็นความประสงค์ของผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแล **ถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าและตัวข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับทราบจากผู้วิจัยว่า หากผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้า ได้รับบาดเจ็บเนื่องจากการวิจัย ผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าจะต้องแจ้งให้ผู้วิจัยทราบทันที ซึ่งจะได้รับความช่วยเหลือเบื้องต้น เช่น ให้คำแนะนำโดยให้หยุดพักสังเกตอาการหรือปฐมพยาบาลเบื้องต้นและจะนำส่งไปยังโรงพยาบาล โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบให้ผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าได้รับการดูแลรักษาอย่างเหมาะสม

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้า ตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆที่เกี่ยวข้องกับผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะ**เก็บรักษาเป็นความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูลจากการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าและตัวข้าพเจ้า

หากผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้า ไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147, 0-2218-8141 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าและผู้ที่อยู่ในปกครองเข้าใจข้อความในข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือยินยอมโดยตลอดแล้ว ได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(นายกิจจาภาส ศรีสถาพร)
ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)
อาจารย์ที่ปรึกษา

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

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

ลงชื่อ.....
(.....)
พ่อ/แม่/ผู้ปกครอง/ผู้ดูแล

เลขที่โครงการวิจัย 155.1/54
วันที่รับรอง 27 กย. 2554
วันหมดอายุ 26 กย. 2555

ภาคผนวก จ

<u>แบบบันทึกในการวิจัย</u>

แบบบันทึกผลการทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยา

ชื่อ-นามสกุล_____กลุ่ม_____ลำดับที่_____

ส่วนสูง_____ซม. น้ำหนัก_____กก. อายุ____ปี ครั้งที่ทดสอบ_____

ลำดับ	รายการทดสอบ	ตัวแปร (หน่วยวัด)	ผลการทดสอบ
1	วิธีทดสอบของอิลลินอยส์ (Illinois Test Run – Agility)	ความคล่องแคล่วว่องไว (วินาที)	
2	วิธีทดสอบรันนิ่งเบสแอนแอโรบิก สปรินท์ (Running-based Anaerobic Sprint Test)	พลังแบบอนากาศนิยม (วัตต์)	
		ความสามารถสูงสุดแบบอนากาศนิยม (วัตต์)	
		ดัชนีความล้า (วัตต์/วินาที)	
3	วิธีทดสอบโย-โย อินเตอร์มิทเทน รีโคเวอร์รี (Yo-Yo Intermittent Recovery Test)	ระยะทางในการวิ่ง (เมตร)	
4	วิธีทดสอบของอลีเมนี และคณะด้วยเครื่องบะลิสติก เมสเซอเมินท ซิสเท็ม (Ballistic measurement system)	พลังอดทนของกล้ามเนื้อ (วัตต์/กิโลกรัม)	
5	วิธีทดสอบความแข็งแรงสูงสุดของกล้ามเนื้อ (One-repetition maximum)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	

แบบประเมินเกี่ยวกับองค์ประกอบของโปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง

แบบประเมินนี้สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อวัดระดับความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของโปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเพื่อเป็นองค์ความรู้ใหม่โดยการนำเอาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬามาประยุกต์ใช้ และนำไปใช้ในการฝึกนักกีฬาฟุตบอล ตามโครงการวิจัยเรื่อง “การเปรียบเทียบการฝึกแบกน้ำหนักกระโดดควบคู่การฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นกับการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่มีต่อความสามารถทางสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตบอล”

<u>คำชี้แจง</u> เมื่อท่านได้ดูการโปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น และโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางชุดนี้แล้ว ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณารายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบโดยผู้วิจัยได้กำหนดคะแนนในแต่ละข้อมีรายละเอียดดังนี้

-1 เมื่อแน่ใจว่า รายละเอียดในหัวข้อนั้นๆไม่สามารถนำไปใช้ในการวิจัยได้

0 เมื่อไม่แน่ใจว่า รายละเอียดในหัวข้อนั้นๆจะสามารถนำไปใช้ในการวิจัยได้หรือไม่

+1เมื่อแน่ใจว่า รายละเอียดในหัวข้อนั้นๆสามารถนำไปใช้ในการวิจัยได้

อนึ่ง หากผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติมประการใด โปรดเขียนรายละเอียดเพิ่มเติมในช่องข้อคิดเห็นและเสนอแนะเพิ่มเติมด้วย เพื่อให้การพิจารณาปรับปรุงโปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้นและโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลางที่นำไปใช้ในการฝึกนักกีฬาฟุตบอล เป็นไปได้อย่างดียิ่งขึ้น และผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

แบบประเมินองค์ประกอบของโปรแกรมการฝึก

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
1. โปรแกรมการฝึกแบกน้ำหนักกระโดด				
1.1 ท่าที่ใช้ในการฝึก				
1.2 ความหนัก (% ของ 1RM)				
1.3 จำนวนครั้งในการกระโดด				
1.4 จังหวะในการกระโดด				
1.5 เวลาพักระหว่างชุด				
1.6 จำนวนชุดของการฝึก				
1.7 ความถี่ของการฝึก				
1.8 ระยะเวลาของการฝึก				

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
2. โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงระยะสั้น				
2.1 รูปแบบของการฝึก - ช่วงหนัก - ช่วงเบา				
2.2 จำนวนชุด (หนักสลับเบา)				
2.3 ความถี่ของการฝึก				
2.4 ระยะเวลาของการฝึก				

เนื้อหา	ระดับความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	
3. โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงระยะกลาง				
3.1 รูปแบบของการฝึก - ช่วงหนัก - ช่วงเบา				
3.2 จำนวนชุด (หนักสลับเบา)				
3.3 ความถี่ของการฝึก				
3.4 ระยะเวลาของการฝึก				

ลงชื่อ.....

(.....)

วันที่...../...../.....

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ	:	นายกิจจาภาส ศรีสถาพร
เกิดวันที่	:	11 พฤศจิกายน 2531
สถานที่อยู่ปัจจุบันที่อยู่	:	343 ถ.รถไฟ1 ตำบลบัวใหญ่ อำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา 30120
ประวัติการศึกษา	:	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิตจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา สาขาการโค้ชกีฬาและจิตวิทยาการกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2552 เข้าศึกษาต่อปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2553