การเปรียบเทียบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานที่มีต่อ
ความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล

นายฐาปนวัฒน์ สุขปาละ

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 SPRINT RUNNING INTERVAL TRAINING AND SPRINT CYCLING INTERVAL TRAINING ON ANAEROBIC AND AEROBIC PERFORMANCE IN RUGBY FOOTBALL PLAYERS

Mr. Tapanawat Sukpala

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	การเปรียบเทียบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล
โดย	นายฐาปนวัฒน์ สุขปาละ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

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

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

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

ฐาปนวัฒน์ สุขปาละ : การเปรียบเทียบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล. (A COMPARISON BETWEEN SPRINT RUNNING INTERVAL TRAINING AND SPRINT CYCLING INTERVAL TRAINING ON ANAEROBIC AND AEROBIC PERFORMANCE IN RUGBY FOOTBALL PLAYERS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ.ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม, 164 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชายของทีมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18 – 22 ปี จำนวน 27 คน โดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 9 คน ได้แก่ กลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง กลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม ทำการฝึกเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ๆ ละ 2 ครั้ง ทำการทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละการเปลี่ยนแปลง และเปรียบเทียบความแตกต่างก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ภายในแต่ละกลุ่ม โดยทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired t-test) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – way Analysis of Variance) โดยหากพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการของแอลเอสดี ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยหลังการทดลอง 6 สัปดาห์พบว่า กลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน มีค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกและเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ สูงกว่ากลุ่มควบคุมและก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่ค่าเฉลี่ยดัชนีความเหนื่อยล้า มีเพียงกลุ่มทดลองที่ 1 ที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง ส่วนร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้ามีเพียงกลุ่มควบคุมที่มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดพบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทั้ง 3 กลุ่ม

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต.....

ปีการศึกษา 2554 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

537 86133 39 MAJOR : SPORTS SCIENCE

KEYWORDS : INTERVAL TRAINNING / ANAEROBIC PERFORMANCE / AEROBIC PERFORMANCE

TAPANAWAT SUKPALA : A COMPARISON BETWEEN SPRINT RUNNING INTERVAL TRAINING AND SPRINT CYCLING INTERVAL TRAINING ON ANAEROBIC AND AEROBIC PERFORMANCE IN RUGBY FOOTBALL PLAYERS. ADVISOR : ASSOC. PROF. VIJIT KANUNGSUKKASEM, Ed.D., 164 PP.

The purpose of this study was to compare the effects of sprint running interval training and sprint cycling interval training on anaerobic and aerobic performance in rugby football players. Twenty-Seven male subjects (age : 18 – 22 years) from Rugby Football Players, Chulalongkorn University team were purposively sampled for this study. Then, they were randomly sampled into three groups with 9 subjects in each group. The first experimental group underwent an interval training program with sprint running. The second experimental group underwent an interval training program with sprint cycling. The control group only engaged in the regular training regimen. The total duration of training was six weeks and The experimental subjects trained twice a week. Pre- and post- training measures included: anaerobic performance (anaerobic power, anaerobic capacity, fatigue index and percent fatigue index) and aerobic performance (VO_2max and Bruce protocol total time) The data were analyzed in term of means and standard deviation. Paired t-test and Analysis of variance (multiple comparison by the LSD) were also employed for statistical significance ($p < .05$)

After 6- week period of training, The results indicated that anaerobic power, anaerobic capacity and Bruce protocol total time were significantly improved by both training programs when compared to the control group and pre- experimental data at the .05 level. Only the sprint interval training group showed a significant increase in fatigue index when compared to the pre- experimental data. While percent fatigue index showed a significant increase only in control group. VO_2max showed no change when compared to the pre- experimental data and no differences among all groups were observed after 6 weeks.

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

Academic Year : 2011 Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของรองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเต็มใจ และช่วยสั่งสอนประสบการณ์ที่ดีมาโดยตลอด จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี เรืองไทย และ อาจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องวิทยานิพนธ์ในการศึกษาครั้งนี้ อันส่งผลให้วิทยานิพนธ์นี้ มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ถาวร กมุทศรี อาจารย์ ดร.ไวพจน์ จันทร์เสม อาจารย์ นพ.อี๊ด ลอประยูร นายสุรศักดิ์ เกิดจันทึก และนายภัคพงศ์ จักษุรักษ์ ที่ได้สละเวลากลั่นกรองกระบวนการวิจัย ชี้แนะแนวทาง รวมทั้งตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ทำให้การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณนักกีฬารักบี้ฟุตบอลของทีมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในงานวิจัยครั้งนี้ด้วยดี ทั้งการเสียสละเวลา ความตรงต่อเวลา และความสม่ำเสมอในการทดลอง ซึ่งทำให้ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจเป็นยิ่งนัก

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือเพื่อทดสอบสมรรถภาพทางกายของผู้รับการทดลอง และยังเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้อย่างดียิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นสถาบันอันทรงเกียรติที่ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ ความสามารถ และการทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลงได้ด้วยความรักและกำลังใจจาก นายจิรพันธุ์ สุขปาละ นางนิพพา สุขปาละ ผู้เป็นบิดาและมารดาของผู้วิจัย คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณ บิดา มารดา ครูบาอาจารย์ และผู้อุปการะคุณทุกท่านของผู้วิจัย

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย……		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……..		จ
กิตติกรรมประกาศ……..…….….		ฉ
สารบัญ……..……..		ช
สารบัญตาราง……..……		ญ
สารบัญภาพ……		ฐ
สารบัญแผนภูมิ……		ฑ
บทที่		
1	บทนำ……..	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา……..……..	1
	ปัญหาในการวิจัย……	4
	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย……	4
	สมมติฐานของงานวิจัย……..	4
	ขอบเขตของการวิจัย……...	4
	ข้อจำกัดของการวิจัย……..	5
	ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย……	5
	คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย…….....	6
	ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย…….....	8
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……..	9
	การฝึกซ้อมและการปรับตัวจากการฝึก…….….....	10
	ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบพลังงานสำหรับการออกกำลังกาย……..……..	20
	ความหมาย องค์ประกอบ และการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก…….....	29
	ความหมาย องค์ประกอบ และการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก……	32

บทที่		หน้า
	การฝึกแบบสลับช่วง……	34
	สมรรถภาพทางกายและองค์ประกอบของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล……....	49
	การฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก สำหรับนักกีฬารักบี้ฟุตบอล……	52
	การฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก สำหรับนักกีฬารักบี้ฟุตบอล…….....	57
	การวิ่ง……..	60
	การปั่นจักรยาน……	63
	การทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก……	66
	การทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก……...	73
	งานวิจัยภายในประเทศ……..	76
	งานวิจัยต่างประเทศ……..	79
	กรอบแนวคิดในงานวิจัย……	86
3	วิธีการดำเนินการวิจัย……..	87
	กลุ่มตัวอย่างและวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง……	87
	รูปแบบของการวิจัย……	88
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย……..	89
	ขั้นตอนการวิจัย……...	90
	การเก็บรวบรวมข้อมูล……	94
	การวิเคราะห์ทางสถิติ……	94
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล……	95
5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และ ข้อเสนอแนะ……..	116
	สรุปผลการวิจัย……..	116
	อภิปรายผล……	117
	ข้อเสนอแนะ……	126

หน้า

รายการอ้างอิง..... 127

ภาคผนวก..... 138

ภาคผนวก ก โปรแกรมที่ใช้ในการฝึก..... 139

ภาคผนวก ข ตารางแสดงรายละเอียดของกิจกรรมการฝึก..... 143

ภาคผนวก ค รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบโปรแกรมการฝึก..... 148

ภาคผนวก ง แบบทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยา..... 150

ภาคผนวก จ ตัวอย่างแบบบันทึกผลการทดสอบ..... 154

ภาคผนวก ฉ ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
และหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย..... 156

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 164

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะการใช้พลังงานจากระบบพลังงานทั้ง 3 ระบบ……	25
2	จำนวนครั้งของการปฏิบัติซ้ำ และจำนวนเซตของการฝึกแบบสลับช่วง…..	42
3	รระยะเวลาที่ใช้ในการพัก และชนิดของกิจกรรมที่ใช้ในขณะพัก ของการฝึกแบบสลับช่วงโดยพิจารณาจากระยะเวลาที่ใช้ในช่วงฝึก……	44
4	สัดส่วนของระบบพลังระหว่างตำแหน่งกองหน้าและกองหลัง ของนักกีฬารักบี้ในระหว่างการแข่งขันขณะที่ผู้เล่นมีส่วนกับบอล ไม่ว่าจะเป็นผู้ครอบครองหรือเป็นฝ่ายตรงข้าม……..……..	53
5	ปริมาณกรดแลคติกและอัตราการเต้นของหัวใจที่วัดได้ในการแข่งขัน ระหว่างตำแหน่งกองหน้าและกองหลังของนักกีฬารักบี้……..	54
6	ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกทั้ง 2 ระบบ ในการนำมาใช้ พัฒนาตัวแปรต่างๆ……..……..…….	53
7	การแยกรูปแบบการฝึกด้วยระบบพลังงานที่ใช้..……..……	55
8	การทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆ ในช่วงวงจรของการวิ่ง……..…….	62
9	สรีรวิทยาของการปั่นจักรยาน…..……..……..……	66
10	ความเร็วและความชันที่ใช้ในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซในแต่ละระดับ…	75
11	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเอฟจากผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบทางเดียวของข้อมูลทั่วไปก่อนการทดลองของ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม……..……..…..	95
12	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเอฟจากผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวนแบบทางเดียวของพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ก่อนการทดลอง ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม……..……..……..	97

ตารางที่		หน้า
13	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเอฟจากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม.....	99
14	ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก โดยวิธีของแอลเอสดี หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม.....	101
15	ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก โดยวิธีของแอลเอสดี หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม.....	102
16	ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ โดยวิธีของแอลเอสดี หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม.....	103
17	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง.....	104

ตารางที่		หน้า
18	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการปั่นจักรยาน.....	106
19	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มควบคุม.....	108

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การชดเชยสภาพร่างกายให้มีความพร้อมที่จะรับการฝึกได้เพิ่มขึ้น (Supercompensation).....	12
2	หลักการเกี่ยวกับความก้าวหน้า (Principle of Progression).....	13
3	ปฏิกิริยาการสร้างพลังงานในระบบเอทีพี พีซี (ATP-CP system) หรือ ระบบครีเอทีนฟอสเฟต (Creatine Phosphate System).....	22
4	ปฏิกิริยาการสร้างพลังงานระบบไกลโคไลซิส (Glycolysis system).....	22
5	ชนิดของกิจกรรมที่ใช้ในขณะพักของการฝึกแบบสลับช่วง ที่มีผลต่อความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด.....	46
6	ตำแหน่งการเล่นของนักกีฬารักบี้ฟุตบอลในตำแหน่งต่างๆ.....	56
7	วงจรของการวิ่ง.....	60
8	วงจรของการวิ่งในความเร็วต่างๆ.....	61
9	ตัวอย่างแบบฟอร์มในการเก็บข้อมูลของวิธีการทดสอบ รันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์.....	73

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยของพลังแบบแอนแอโรบิก ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม.....	110
2	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม.....	110
3	ค่าเฉลี่ยของความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม.....	111
4	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม……..……..	111
5	ค่าเฉลี่ยของดัชนีความเหนื่อยล้า ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม….	112
6	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยดัชนีความเหนื่อยล้า ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม……..	112
7	ค่าเฉลี่ยของร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า ระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม……..……..	113

แผนภูมิที่		หน้า
8	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้าระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม…….……..	113
9	ค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานและกลุ่มควบคุม…….……...	114
10	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม…….……..	114
11	ค่าเฉลี่ยของเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานและกลุ่มควบคุม…….……...	115
12	ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม…….……..	115

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

รักบี้ฟุตบอลเป็นกีฬาประเภททีมปะทะ (Collision Sport) ที่มีความรุนแรงระหว่างผู้เล่นทั้ง 2 ทีมและต้องเล่นกันเป็นทีม นักกีฬาจึงต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถเฉพาะตัว มีความรู้ตลอดจนทักษะของการเล่นเฉพาะตามตำแหน่ง แบ่งกว้างๆ ได้เป็น ผู้เล่นในตำแหน่งกองหน้า (Forwards) และกองหลัง (Back) นอกจากความสามารถทางทักษะในการเล่นแล้ว ปัจจัยที่มีความสำคัญอีกอย่างหนึ่ง คือ สมรรถภาพทางกายที่สมบูรณ์ (Physical fitness) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปแล้วว่าสมรรถภาพทางกายเป็นองค์ประกอบหลักของความสำเร็จในการแข่งขันกีฬาหลายๆ ชนิด

Lahart (2007) ได้กำหนดคุณภาพของสมรรถภาพทางกายของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล ได้แก่ รูปร่างและขนาดของร่างกาย พลังกล้ามเนื้อขา ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน ความอ่อนตัว ความเร็ว ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen uptake, VO_2max) และจากการวิเคราะห์เกมการแข่งขันของรักบี้ฟุตบอล พบว่างานทั้งหมดจะประกอบด้วย การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดซ้ำเที่ยว (Repeated sprint ability) การแท็คเกิ้ล (Tackle) และการทำสกรัม (Scrum) อยู่ตลอดเวลาในการแข่งขัน ธรรมชาติของกีฬารักบี้ฟุตบอลจึงเป็นกีฬาที่มีการเล่นติดต่อกันเป็นเวลานาน และมีความหนัก – เบาของกิจกรรมผสมผสานกันไป ดังนั้นระบบพลังงานที่ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเป็นแบบผสม คือ ใช้ทั้งระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกและแอโรบิก (Deutsch et al., 1988) โดยจากการวิเคราะห์ระบบพลังงานที่ใช้ในขณะแข่งขัน นักกีฬารักบี้ฟุตบอลจะใช้พลังงานจากระบบแอโรบิกประมาณ 60% แอนแอโรบิกแลคติก 30 % และแอนแอโรบิกอแลคติก 10 % (Billat, 2003)

นอกจากนั้น Meir, Arthur and Forrest (1993) กล่าวว่า กีฬารักบี้ฟุตบอลจะมีการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดตั้งแต่ระยะ 5 เมตร ถึง 20 เมตรซ้ำๆ อยู่ตลอดเวลาในการแข่งขัน บางครั้งอาจจะมีระยะทางมากกว่า 40 เมตร และ Duthie (2005) ยังพบว่า การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดส่วนใหญ่จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทาง โดยกองหน้าจะมีโอกาสไม่เปลี่ยนแปลงทิศทางการวิ่งคิดเป็น 92% ส่วนในกองหลังคิดเป็น 78% ซึ่งกิจกรรมนี้ร่างกายจะมีการใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกเป็นหลัก จึงอาจกล่าวได้ว่านักกีฬารักบี้ฟุตบอลจำเป็นที่จะต้องมีความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกที่ดี

ควบคู่กับพลังกล้ามเนื้อที่จะใช้ในการเคลื่อนไหวทักษะที่มีความหนักซ้ำๆ ตลอดเวลาในการแข่งขัน ส่วนระบบพลังงานแบบแอโรบิกนั้นก็มีความสำคัญสำหรับนักกีฬารักบี้ฟุตบอล เพราะระหว่างการแข่งขันจะประกอบไปด้วยกิจกรรมในระดับเบาหรือการพักฟื้นจากกิจกรรมที่หนัก คิดเป็น 85% ของระยะเวลาในการแข่งขันทั้งหมด ซึ่งกิจกรรมในระดับเบานี้จะใช้พลังงานจากระบบแอโรบิกเป็นหลัก ดังนั้น นักกีฬาที่มีความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิกที่ดี ก็จะมีการฟื้นตัวในขณะพักระหว่างการฝึกซ้อมและในระหว่างการแข่งขันจากกิจกรรมที่มีความหนักสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพเพราะสามารถนำออกซิเจนมาใช้ได้อย่างรวดเร็ว (Tomlin and Wenger, 2001)

โดยจากการศึกษาค้นคว้าถึงรูปแบบการฝึกที่สามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกพบว่า การฝึกแบบสลับช่วง (Interval training) หรือการฝึกแบบหนักสลับเบา ซึ่งถือเป็นรูปแบบการฝึกที่ใช้ความหนักของกิจกรรมในระดับสูง (เท่ากับหรือสูงกว่าระดับจุดเริ่มล้า) ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ สลับกับการพักด้วยกิจกรรมในระดับเบา และทำการฝึกซ้ำหลายๆ รอบ (Billat, 2001) สามารถที่จะพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกได้ ซึ่งมีหลายงานวิจัยที่พบว่า การฝึกแบบสลับช่วงด้วยความหนักสูงที่ใช้เวลาประมาณ 30 วินาทีสลับกับพัก 2 – 4 นาทีนั้น สามารถพัฒนาระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกทั้งระบบเอทีพี – ซีพี และระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส นอกจากนั้นยังส่งผลถึงการพัฒนาระบบพลังงานแบบแอโรบิกด้วย โดยใช้การวิ่งหรือการปั่นจักรยานในการฝึกฝน (Barnett et al., 2004 ; Gibala et al., 2006 ; Hazell et al., 2010 ; Macdougall et al., 1998 ; Macpherson et al., 2011) ดังนั้น การฝึกแบบสลับช่วงจึงเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกและแอโรบิกให้ดีขึ้น เพื่อให้นักกีฬามีสมรรถภาพทางกายที่สมบูรณ์ พร้อมสำหรับการฝึกฝนและการแข่งขัน

การฝึกแบบสลับช่วงสามารถใช้ได้กับนักกีฬาหรือกิจกรรมเกือบทุกชนิด โดยการเลือกรูปแบบหรือวิธีปฏิบัติและปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับกีฬา ซึ่งมีตัวแปรต่างๆ ที่จะต้องปรับให้เหมาะสมกับนักกีฬาแต่ละคนหรือชนิดกีฬานั้นๆ คือ

1. อัตราความหนักของงานและระยะทาง หรือเวลาที่ฝึกปฏิบัติแต่ละช่วง
2. จำนวนครั้งของการปฏิบัติซ้ำ และจำนวนเซต
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการพัก หรือฟื้นตัว หรือการลดงานให้เบาลง
4. ชนิดของกิจกรรมที่กำหนดให้ปฏิบัติในแต่ละช่วงพัก
5. ความถี่ของการฝึกต่อสัปดาห์
6. ชนิดของกิจกรรมที่ใช้ในการฝึก

เมื่อพิจารณาถึงกิจกรรมที่ใช้ในการฝึกแบบสลับช่วงจากงานวิจัยที่ได้ศึกษามานั้น ก็มีทั้งการใช้การวิ่งและการปั่นจักรยานในการฝึก ซึ่งทั้ง 2 กิจกรรมมีการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อช่วงล่างของร่างกายโดยเฉพาะขาในการออกแรงปฏิบัติเป็นหลักที่คล้ายกัน (Li and Caldwell, 1998 ; Sloniger et al., 1997) แต่ก็มีลักษณะการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน โดยการวิ่งถือเป็นพื้นฐานในการฝึกซ้อมและการแข่งขันในหลายๆ ชนิดกีฬา รวมไปถึงกีฬารักบี้ฟุตบอล ซึ่งโปรแกรมการฝึกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอลในทุกระดับจะประกอบด้วยการวิ่งอยู่เสมอ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงอยากศึกษาว่าโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงที่กำหนดความหนักของการฝึกแต่ละช่วง ด้วยระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก (ใช้ระยะเวลา 30 วินาที) และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยปฏิบัติในแต่ละช่วงของกิจกรรมด้วยความสามารถสูงสุดหรือวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด จะมีผลต่อการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกหรือไม่ ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา โปรแกรมการฝึกสลับช่วงรูปแบบนี้สามารถที่จะพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกได้

ส่วนการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน ถือเป็นรูปแบบการฝึกอีกรูปแบบหนึ่ง โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกีฬารักบี้ฟุตบอลได้ เช่น นักกีฬารักบี้ฟุตบอลบางตำแหน่งมีขนาดรูปร่างใหญ่และมีน้ำหนักตัวมาก การฝึกด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดซ้ำๆ หลายรอบ อาจทำให้ร่างกายช่วงล่างโดยเฉพาะข้อต่อต่างๆ เช่น สะโพก เข่า และข้อเท้า ต้องรับน้ำหนักมาก ทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ แต่ถ้าฝึกบนจักรยาน น้ำหนักตัวก็จะไม่ก่อให้เกิดภาระในส่วนนี้ นอกจากนั้นการฝึกด้วยจักรยานสามารถใช้ได้ในขณะที่สภาพสนามไม่เหมาะกับการฝึกซ้อม เช่น ฝนตกหนัก เพราะอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการบาดเจ็บได้เช่นเดียวกัน โดยการฝึกด้วยจักรยานสามารถฝึกได้ในยิม และถ้ามีจำนวนจักรยานมากก็สามารถที่จะใช้ฝึกนักกีฬาพร้อมกันได้หลายๆ คน ถือเป็นการเพิ่มความหลากหลายในการฝึกซ้อมและลดความเบื่อหน่ายในการฝึกซ้อมได้ แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาในการฝึกแบบสลับช่วงโดยการปั่นจักรยาน ผลการพัฒนาที่เกิดขึ้นในงานวิจัยส่วนใหญ่จะเกิดจากการนำจักรยานวัดงาน (Cycle ergometer) มาใช้ในการฝึก (Bailey et al., 2009 ; Burgomaster et al., 2006, 2007 ; Burke, Thayer and Belcamino, 1994 ; Gibala et al., 2006 ; Hazell et al., 2010 ; MacDougall et al., 1998) โดยหากจะนำจักรยานวัดงานมาใช้ประโยชน์กับการฝึกในความเป็นจริงแล้วมีความเป็นไปได้ยาก เพราะอุปกรณ์ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย มีจำนวนไม่มาก และส่วนใหญ่จะเฉพาะเจาะจงอยู่ในห้องปฏิบัติการ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำจักรยานที่ใช้ตามฟิตเนสทั่วไปแต่สามารถปรับแรงต้านได้ ซึ่งนำมาใช้ได้ง่ายกว่าและมีจำนวนมาก เหมาะที่จะฝึกกับนักกีฬาจำนวนมากๆ นำมาใช้ฝึกแบบสลับช่วง โดยผู้วิจัยเชื่อว่าผลจากงานวิจัยจะทำ

ให้ทราบถึงการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกที่ได้จากการฝึกด้วยจักรยานฟิตเนสที่สามารถปรับแรงต้านได้

จากความสนใจดังกล่าว ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานที่ใช้ระยะเวลาในการฝึกที่เท่าๆ กัน (ฝึก 30 วินาที) จะมีผลเป็นอย่างไรต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิก โดยให้กลุ่มตัวอย่างคือ นักกีฬารักบี้ฟุตบอล ทำการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยาน แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน เพื่อพัฒนารูปแบบของโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงที่สามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก ซึ่งตรงกับความต้องการของกีฬารักบี้ฟุตบอลได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ปัญหาในการวิจัย

การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยาน จะช่วยให้มีผลต่อการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอลได้หรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยาน ที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล

สมมติฐานของการวิจัย

การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานเพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล จะมีการพัฒนาที่เกิดขึ้นในทั้ง 2 โปรแกรมการฝึก (ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่งและฝึกสลับช่วงด้วยวิธีการปั่นจักรยาน) ทั้ง 2 ด้าน (ความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก)

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานเป็นเวลา 6 สัปดาห์โดยทำการศึกษาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิก 2 ระยะ ได้แก่ ก่อนการฝึก (Pre-training) และหลังการฝึก 6 สัปดาห์ (Post-training)

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่กำลังฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยครั้งที่ 39 ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2554 อายุระหว่าง 18 – 22 ปี จำนวน 27 คน

3. ตัวแปรที่จะศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent variables) คือ โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วง ประกอบด้วย

3.1.1 โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง

3.1.2 โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน

3.2 ตัวแปรตาม (Dependent variables) ประกอบด้วย

3.2.1 ความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก

3.2.2 ความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก

4. ระยะเวลาที่ใช้ศึกษาการฝึกแบบสลับช่วงทั้ง 2 วิธี ใช้ระยะเวลาฝึกทั้งหมด 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมเรื่องอาหาร การประกอบกิจกรรมประจำวัน การพักผ่อน และการฝึกซ้อมเพิ่มเติมจากโปรแกรมที่กำหนดและ/หรือโปรแกรมการฝึกซ้อมตามปกติของผู้เข้าร่วมการวิจัยได้

2. ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมสภาวะทางด้านจิตใจของผู้เข้าร่วมการวิจัยได้

3. การฝึกแบบสลับช่วงที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ไม่สามารถกำหนดความหนักของงานในทั้ง 2 กลุ่มทดลองให้เท่ากันได้ เนื่องจากชนิดของกิจกรรมที่ใช้ในการฝึกมีความแตกต่างกัน โดยกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่งจะกำหนดโดยให้วิ่งด้วยความเร็วสูงสุดไปกลับในระยะทาง 35 เมตร จนกว่าจะครบระยะเวลาในการฝึกที่กำหนด ส่วนกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานจะให้ปั่นด้วยความเร็วสูงสุดตลอดช่วงระยะเวลาการฝึกที่กำหนด โดยใช้แรงต้านที่ไม่สูงเกินไป ที่จะทำให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่ละคนปั่นได้ความเร็วต่ำกว่า 90 รอบต่อนาที ซึ่งก็จะอยู่ในช่วง 12- 14 รอบ จากการคลายตัวปรับความฝืดหลังจากการหมุนไปให้สุด

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

1. ผู้วิจัยทำความเข้าใจกับนักกีฬาที่เข้ารับการทดลองถึงกระบวนการทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาทั้งก่อนและหลังการทดลอง รวมไปถึงโปรแกรมการฝึกที่ใช้ในการพัฒนาความสามารถทางสรีรวิทยาที่มีการฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ในวันอังคารและพฤหัสบดี เป็นเวลา 6 สัปดาห์

โดยกำหนดให้แต่ละกลุ่มฝึกตามโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง หรือการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน โดยฝึกให้เสร็จสิ้นก่อนที่จะฝึกตามปกติในการฝึกซ้อมในแต่ละวันของนักกีฬา ส่วนนักกีฬาในกลุ่มควบคุมให้ทำการฝึกซ้อมตามปกติตามการฝึกซ้อมในแต่ละวันของผู้ฝึกสอนเพียงอย่างเดียว และได้มีการขอร้องให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนมีความเต็มใจและตั้งใจฝึกตามโปรแกรมการทดลองอย่างเต็มความสามารถทุกคน และไม่ให้ฝึกเพิ่มเติมนอกเหนือไปจากโปรแกรมการฝึกดังกล่าวที่ผู้วิจัยได้กำหนดให้และโปรแกรมการฝึกซ้อมตามปกติ ดังนั้นจึงถือว่าการเปลี่ยนแปลงของความสามารถทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากโปรแกรมการฝึกตามแต่ละโปรแกรมเท่านั้น

2. ผู้วิจัยใช้ผู้ช่วยในการเก็บข้อมูลและควบคุมการฝึกจำนวน 3 คน

3. ผู้วิจัยทำการฝึกกับกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการปั่นจักรยาน เวลา 17.00น. - 18.00 น.

4. สถานที่ใช้ฝึกซ้อมด้วยวิธีการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง ใช้สนามหญ้าคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

5. สถานที่ใช้ฝึกซ้อมด้วยวิธีการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน ใช้โรงยิมของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง (Running sprint interval training) หมายถึงการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด บนพื้นสนามหญ้า โดยให้วิ่งเป็นเส้นตรงระยะทาง 35 เมตร ไปกลับ จนกว่าจะครบระยะเวลาฝึก 30 วินาที สลับกับการพัก 3 นาที ด้วยการเดิน เป็นจำนวน 4 รอบต่อวันในการฝึก 2 สัปดาห์แรก จากนั้นจึงค่อยเพิ่มจำนวนรอบ 1 รอบ ทุกๆ 2 สัปดาห์ ไปจนถึงฝึก 6 รอบต่อวันใน 2 สัปดาห์สุดท้าย ฝึกทั้งหมด 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน

การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน (Cycling sprint interval training) หมายถึงการฝึกปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด (สูงกว่า 90 รอบต่อนาที) โดยใช้ความหนักจากการหมุนตัวปรับความฝืดในระดับทำให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยปั่นได้ความเร็วไม่ต่ำกว่า 90 รอบต่อนาที ซึ่งก็จะอยู่ในช่วง 12- 14 รอบ จากการคลายตัวปรับความฝืดหลังจากการหมุนไปให้สุด เป็นระยะเวลา 30 วินาที สลับกับการพัก 3 นาที ด้วยการปั่นช้าๆ เป็นจำนวน 4 รอบต่อวันในการฝึก 2 สัปดาห์แรก จากนั้นจึงค่อยเพิ่มจำนวนรอบ 1 รอบ ทุกๆ 2 สัปดาห์ ไปจนถึงฝึก 6 รอบต่อวัน ใน 2 สัปดาห์สุดท้าย ฝึกทั้งหมด 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน

ความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก (Anaerobic performance) หมายถึง ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างฉับพลันและกล้ามเนื้อต้องทำงานหนักมากในช่วงเวลาสั้นๆ โดยใช้ระบบการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน คือ ระบบเอทีพี ซีพี และระบบไกลโคไลติกเป็นหลัก ซึ่งเป็นระบบพลังงานที่ใช้แหล่งพลังงานจากเอทีพี ฟอสฟาเจน และไกลโคเจนที่เก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อ ความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก ประกอบไปด้วยพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และดัชนีความเหนื่อยล้า ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ประเมินจากการทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์

พลังแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Power) หมายถึง ความสามารถสูงสุดที่กล้ามเนื้อทำงานโดยการใช้พลังงานจากระบบเอทีพี ซีพี ขณะที่ปราศจากการใช้ออกซิเจนเป็นหลัก โดยส่วนมากจะประเมินได้ในช่วงแรกของการทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก มีหน่วยเป็นวัตต์

ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Capacity) หมายถึง ความสามารถสูงสุดในการรักษาระดับการทำงานของกล้ามเนื้อให้คงอยู่ โดยการใช้พลังงานจากระบบเอทีพี ซีพี และระบบไกลโคไลติก ขณะที่ปราศจากการใช้ออกซิเจนเป็นหลัก มีหน่วยเป็นวัตต์

ดัชนีความเหนื่อยล้า (Fatigue Index) หมายถึงการลดลงของพลังที่ทำได้ในระหว่างการทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก โดยดูการเปลี่ยนแปลงจากพลังแบบแอนแอโรบิกสูงสุดที่ทำได้กับพลังต่ำสุดที่ทำได้ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อวินาที

ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า (Percent Fatigue Index) หมายถึง ร้อยละการลดลงของพลังที่ทำได้ในระหว่างการทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกโดยดูการเปลี่ยนแปลงจากพลังแบบแอนแอโรบิกสูงสุดที่ทำได้กับพลังต่ำสุดที่ทำได้ มีหน่วยเป็น %

ความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก (Aerobic performance) หมายถึง ความสามารถของการใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจนในการปฏิบัติกิจกรรมทางกาย โดยประเมินจากตัวแปรสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาที่ใช้ในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen uptake หรือ VO_2max) หมายถึง ความสามารถสูงสุดของร่างกายในการขนส่งออกซิเจนจากภายนอกเข้าสู่ร่างกายเพื่อไปใช้ในการผลิตพลังงานแบบแอโรบิก ในเวลา 1 นาที ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ประเมินจากการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ โดยวิธีวิเคราะห์แก๊สจากการวิ่งโดยลู่กล มีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานที่สามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล

2. เป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับรูปแบบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานที่สามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิก

3. ผู้ฝึกสอนและโค้ชสามารถนำโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานนี้ ไปใช้ในการฝึกเสริมหรือแทรกในการฝึกซ้อมรักบี้ฟุตบอล หรือกีฬาชนิดอื่นๆ ได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยาน ที่มีต่อแบบทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิก โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬารักบี้ชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งมีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังหัวข้อต่อไปนี้

ก. เอกสาร วารสาร ตำราที่เกี่ยวข้อง

1. การฝึกซ้อมและการปรับตัวจากการฝึก
2. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพลังงานสำหรับการออกกำลังกาย
3. ความหมาย องค์ประกอบ และการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก
4. ความหมาย องค์ประกอบ และการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก
5. การฝึกแบบสลับช่วง
6. สมรรถภาพทางกายและองค์ประกอบของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล
7. การฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกสำหรับนักกีฬารักบี้ฟุตบอล
8. การฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิกสำหรับนักกีฬารักบี้ฟุตบอล
9. การวิ่ง
10. การปั่นจักรยาน
11. แบบทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก
12. แบบทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก

ข. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยภายในประเทศ
2. งานวิจัยต่างประเทศ

1. การฝึกซ้อมและการปรับตัวจากการฝึก

ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล (2552:2) ได้สรุปความหมายของการฝึกซ้อมไว้ว่า การฝึกซ้อม คือ การเข้าร่วมในโปรแกรมการออกกำลังกายหรือกิจกรรมทางการกีฬาที่ได้มีการปฏิบัติอยู่เป็นประจำอย่างเข้มแข็งและจริงจัง โดยมีเป้าหมายเพื่อช่วยในการเรียนรู้ทักษะกีฬา เพื่อปรับปรุงสมรรถภาพทางกาย และเพื่อเตรียมตัวนักกีฬาสำหรับการแข่งขันกีฬาแต่ละประเภท การฝึกซ้อมยังรวมถึงการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย การฝึกเทคนิคเฉพาะ และการเตรียมพร้อมทางจิตใจ และถ้าเจาะลึกลงไปที่คำว่าโปรแกรมการฝึก ซึ่งมีพื้นฐานของการมุ่งพัฒนาหน้าที่การทำงานของร่างกายในระบบต่างๆ นั้น จะต้องอาศัยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตอบสนองในการฝึกของแต่ละบุคคล ได้แก่ ความเข้มข้นของการออกกำลังกาย ความถี่ของการออกกำลังกาย และระยะเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายแต่ละครั้ง ตลอดจนความยาวนานของโปรแกรมการฝึกนั้น โดยทั่วไป ปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวนี้ ถือว่ามีความสำคัญมากที่สุดเป็นอันดับแรก อย่างไรก็ตาม การฝึกซ้อมที่มากเกินไปก็สามารถก่อให้เกิดผลร้ายหรือทำให้ได้รับผลในทางที่แย่ลงได้ ดังนั้น การฝึกซ้อมจึงเป็นการยึดมั่นต่อการออกกำลังกายที่ค่อยๆ มีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้นตามช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งได้ถูกออกแบบให้มีการพัฒนาด้านสรีรวิทยาเพื่อผลต่อการมีสุขภาพ หรือการมีประสิทธิภาพในการปฏิบัติทักษะทางกีฬาที่ดีกว่าเดิม

การฝึกซ้อมจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ทางสรีรวิทยา ซึ่งเรียกว่า การปรับตัวของร่างกาย การปรับตัวจากการฝึกซ้อมคือสิ่งที่แสดงถึงการปรับปรุงแก้ไขของร่างกายได้อย่างดีที่สุด ส่วนการพัฒนาของร่างกายที่เกิดจากการฝึกซ้อมจะถูกประเมินค่าเพื่อหักลบกับค่าที่ประเมินได้จากก่อนการฝึกซ้อม การพัฒนาของร่างกายที่เกิดจากการฝึกซ้อมจะอยู่ในเงื่อนไขพื้นฐานของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา 3 ประการ คือ

1. การเปลี่ยนแปลงในขณะพัก
2. การเปลี่ยนแปลงในขณะออกกำลังกายที่ระดับสูงสุด
3. การเปลี่ยนแปลงภายหลังจากการออกกำลังกายตามโปรแกรมการฝึกเสร็จสิ้นลงแล้ว

ซึ่งโดยทั่วไปจะมีระยะเวลาประมาณ 8 – 20 สัปดาห์ จึงจะต้องทำการทดสอบผู้รับการฝึกแต่ละคนภายใต้เงื่อนไขพื้นฐานดังกล่าว

การพัฒนาของร่างกายนั้น ไม่เพียงแต่เป็นผลมาจากการฝึกซ้อมอยู่เป็นประจำมาอย่างยาวนานเท่านั้น แต่ยังแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่ยังคงมีอยู่อย่างยาวนานต่อไปอีกด้วย เช่น การพัฒนาของร่างกายจะมีมากกว่าถ้าการฝึกมีความเข้มข้นมากกว่า การพัฒนาของร่างกายจะยังคงมีอยู่ต่อไปอย่างยาวนานตราบเท่าที่ยังคงมีการฝึกซ้อมอยู่ต่อไป และจะค่อยๆ ถอยกลับสู่

ระดับเดิมถ้ามีการหยุดหรือขาดการฝึกซ้อม ผลที่เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดการออกกำลังกายแต่ละครั้ง (Last-bout effect) คือ จะมีคุณค่าบางอย่างเกิดขึ้นต่อร่างกายโดยทันที เช่น ความดันโลหิตที่สูงขึ้นจากการตอบสนองต่อการออกกำลังกาย และจะค่อยๆ ลดลงสู่ระดับปกติเมื่อหยุดการออกกำลังกาย และผลที่เกิดขึ้นหลังจากสิ้นสุดการออกกำลังกายแต่ละครั้งจะเป็นการเปลี่ยนแปลงในทางบวกถ้ามีการออกกำลังกายเป็นประจำ ซึ่งเรียกว่า ผลของการพัฒนาที่เกิดจากการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นต่อไป (Augmented last – bout effect) ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลมาจากการฝึกซ้อมจะสามารถเกิดขึ้นได้ใน 3 ระดับ คือ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทันทีในการออกกำลังกายแต่ละครั้ง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจนถึงระดับสูงสุดถ้ามีการออกกำลังกายต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง และผลที่เกิดจากการพัฒนาของร่างกายที่คงสภาพอยู่ตลอดไปอย่างยาวนาน

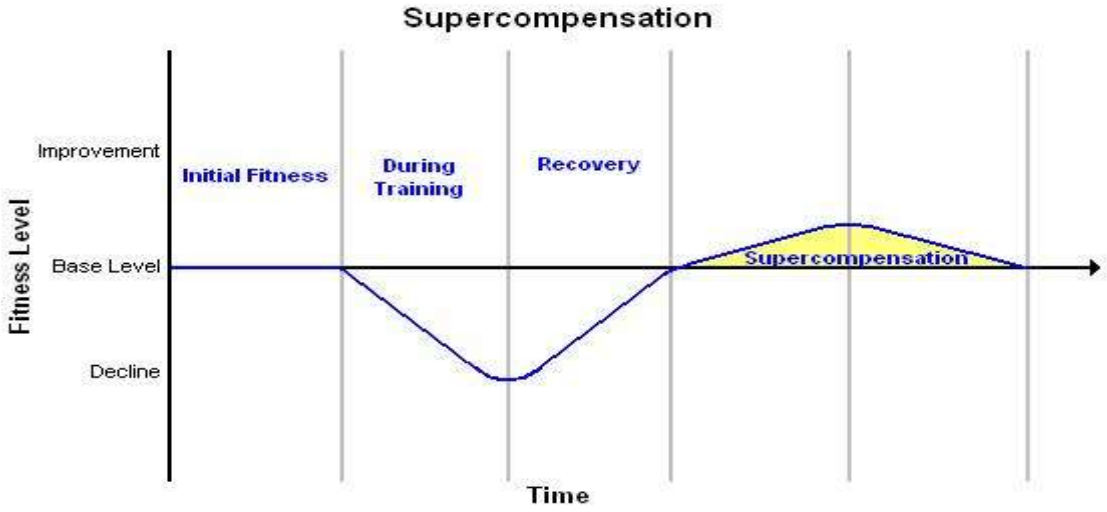
1.1 **ทฤษฎีและหลักการฝึกซ้อม**

การฝึกซ้อม (Training) คือ การฝึกปฏิบัติอย่างมีระบบโดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาให้นักกีฬามีสมรรถภาพความพร้อมตรงกับชนิดหรือประเภทกีฬาที่จะต้องแข่งขัน การฝึกซ้อมจำเป็นต้องอาศัยเวลา ความรู้ ความสามารถ รวมทั้งความตั้งใจ และความรับผิดชอบของนักกีฬา ขั้นตอนการฝึกซ้อมนั้น สามารถนำมากำหนดเป็นแบบแผนได้ เพราะมีหลักเกณฑ์ที่ชัดเจนแน่นอน ที่สำคัญคือ ผู้ฝึกสอนกีฬาแต่ละคนจะต้องมีความเข้าใจหลักการฝึกทางสรีรวิทยาให้ถูกต้องก่อนที่ทำการฝึกซ้อม โดยเมื่อมีการออกแบบโปรแกรมการฝึก จะต้องพิจารณาประยุกต์ใช้หลักพื้นฐานทั้ง 9 ประการดังต่อไปนี้ เป็นแนวทางในการกำหนดโปรแกรมการฝึกเสมอ

1.1.1 **หลักการใช้ความหนักในการฝึกมากกว่าปกติ** (Principle of Overload)

องค์ประกอบที่เป็นหัวใจสำคัญของโปรแกรมการฝึก คือ หลักการฝึกด้วยภาระงานหนักเกินปกติ การฝึกที่มีภาระงานหนักเกินปกติคือ การปฏิบัติงานของร่างกายที่ต้องการให้มีมากกว่างานที่เคยทำตามปกติ การพิจารณาว่าปริมาณงานที่มีความหนักเกินกว่าปกติคือเท่าใดนั้น จะต้องมีการประเมินทางด้านสรีรวิทยาของแต่ละบุคคลก่อน เช่น อัตราการเต้นของหัวใจในขณะพัก อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นต้น ซึ่งจะทำให้สามารถกำหนดปริมาณงานฝึกที่เหมาะสมกับแต่ละบุคคลที่อยู่ภายใต้หลักการฝึกแบบเฉพาะเจาะจงด้วย หลังจากนั้นจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญ 3 ประการ ได้แก่ ความถี่ ซึ่งหมายถึงจำนวนครั้งของการฝึกในแต่ละวันหรือแต่ละสัปดาห์ ความเข้มข้นของการฝึก ซึ่งหมายถึงระดับความหนักของงาน และความนานหรือระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกต่อครั้งหรือต่อวัน

การพัฒนาสมรรถภาพทางกายนั้น ร่างกายหรือกล้ามเนื้อเฉพาะส่วนที่ต้องการให้มีการพัฒนาจะต้องได้รับแรงตึงเครียดจากการฝึกซ้อมเพื่อให้ร่างกายมีการตอบสนองโดยการปรับตัวเมื่อปริมาณการฝึกเพิ่มมากขึ้น (ภาระงานหนักกว่าปกติ) ตามธรรมชาติร่างกายของมนุษย์จะมีการปรับตัวตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้ ร่างกายนักกีฬาสามารถที่จะปรับสภาพร่างกายให้เข้ากับสภาพการณ์ในการฝึกได้เสมอ โดยเมื่อการเพิ่มความหนักในการฝึกขึ้นเรื่อยๆ ร่างกายก็จะได้รับการกระตุ้นและปรับตัวเพื่อให้มีความพร้อมเพิ่มมากขึ้น มีการตอบสนองโดยการปรับตัวรับต่อการเพิ่มระดับของงานได้มากขึ้น หรืออาจจะล้มเหลวต่อการปรับตัวก็ได้ถ้าภาระงานนั้นหนักเกินไป เพราะทำให้กล้ามเนื้อเกิดความเมื่อยล้า การฟื้นตัวจากสภาพความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อไม่เต็มที่พอที่จะทำงานในครั้งต่อไปได้ ส่งผลให้สมรรถภาพทางกายลดลงต่ำลงเรื่อยๆ ซึ่งกรณีเช่นนี้จะเป็นผลทำให้เกิดการบาดเจ็บ ยกตัวอย่างจากการฝึกด้วยน้ำหนัก เช่น ปริมาณน้ำหนักที่จะยกต้องมีความเฉพาะพอดีกับความสามารถของกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ยกน้ำหนักนั้น ในกรณีเช่นนี้ จะใช้หลักของความหนักเกินปกติได้ด้วยการเพิ่มปริมาณน้ำหนักขึ้นอีกเล็กน้อย เพื่อให้กล้ามเนื้อได้ใช้แรงพยายามมากขึ้นอีก แต่ต้องไม่มากจนเกินความสามารถที่จะกระทำได้



ภาพที่ 1 แสดงถึงการชดเชยสภาพร่างกายให้มีความพร้อมที่จะรับการฝึกได้เพิ่มขึ้น (Supercompensation) (Wikipedia, 2010 : online)

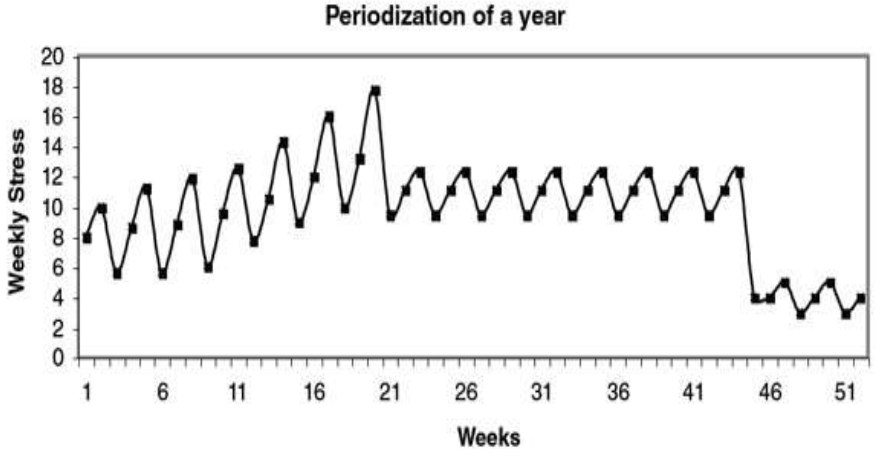
สำหรับกรณีของการวิ่ง แรงตึงเครียดที่กระทำต่อร่างกายจะแตกต่างจากการยกน้ำหนัก เพราะกรณีของการวิ่ง ปอดจะมีการทำงานหนักมากขึ้น หัวใจจะเต้นเร็วขึ้น และกล้ามเนื้อจะมีการหดตัวทำงานอย่างต่อเนื่องมากขึ้น เมื่อมีการฝึกอยู่เป็นประจำ ร่างกายจะมีการพัฒนาให้สามารถ

ปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละกรณีนั้นได้ง่ายมากขึ้น และในที่สุดความแข็งแรงหรือความอดทนก็จะมีเพิ่มมากกว่าเดิม ดังนั้นจึงสามารถยกน้ำหนักได้ง่ายขึ้น หรือวิ่งรอบสนามได้อย่างสบายมากขึ้นกว่าเดิม ซึ่งการฝึกซ้อมเป็นประจำ จะก่อให้เกิดผลการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้เสมอ

ถ้าใช้ความหนักในการฝึกที่เหมาะสม จะทำให้ร่างกายเกิดการปรับตัวให้มีความพร้อมมากขึ้น โดยปฏิกิริยาตอบสนองคือ ความเมื่อยล้าซึ่งเกิดขึ้นภายหลังจากการฝึก ซึ่งร่างกายจะปรับตัวฟื้นจากสภาพความเมื่อยล้า และชดเชยสภาพร่างกายให้มีความพร้อมที่จะรับการฝึกได้เพิ่มขึ้น (Supercompensation) ความสามารถของกล้ามเนื้อจะได้รับการพัฒนาหรือปรับสภาพเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับความหนักในการฝึกและเวลาพักฟื้นของร่างกายภายหลังการฝึกหรือการเกิดอาการเมื่อยล้า เพื่อให้ร่างกายได้รับการชดเชยอย่างเต็มที่

1.1.2 **หลักการเกี่ยวกับความก้าวหน้า** (Principle of Progression)

การพัฒนาความก้าวหน้าในการฝึก คือ การเปลี่ยนแปลงปริมาณงานในระดับความหนักเกินปกติที่กระทำมาก่อนหน้านี้ให้มีเพิ่มมากขึ้น อันเนื่องมาจากมีการปรับตัวของร่างกาย ความก้าวหน้าในการฝึกจึงหมายถึง ปริมาณของงานที่มีเพิ่มมากขึ้นนั้น ถูกปฏิบัติจนกลายเป็นงานที่มีขนาดเบาจนสามารถควบคุมได้และมีความยืดหยุ่น ในการฝึกด้วยภาระงานหนักเกินปกติโดยเพิ่มความก้าวหน้าไปเรื่อยๆ นั้น จะเป็นการเอาภาระงานหนักเกินปกติในระดับใหม่ที่สูงมากขึ้นมาใช้ในการฝึกเพื่อกระตุ้นให้ร่างกายมีการปรับตัวพัฒนาขึ้นต่อไปอีก การเพิ่มความก้าวหน้าขึ้นจะใช้วิธีการค่อยๆ เพิ่มความหนักของงานขึ้นทีละน้อย



ภาพที่ 2 แสดงถึงหลักการเกี่ยวกับความก้าวหน้า (Principle of Progression)

(Steve Gaskill, 2011: online)

ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าการฝึกแบบหนักเกินปกติโดยทั่วไปนั้น จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงระหว่าง 4 – 6 สัปดาห์แรกของโปรแกรมการฝึก หลังจากช่วงนี้ผ่านไปแล้ว อัตราความก้าวหน้าจะเพิ่มขึ้นต่อไปได้เรื่อยๆ และในช่วงสัปดาห์ที่ 18 – 20 การเพิ่มความก้าวหน้าจึงจะมีความคงที่ สิ่งที่สำคัญในเรื่องนี้ ก็คือ ความหนักของงานแบบปกตินี้จะต้องไม่เพิ่มขึ้นอย่างเร็วหรือช้าจนเกินไป การเพิ่มอัตราความก้าวหน้าช้าเกินไป จะทำให้การพัฒนาสมรรถภาพทางกายถูกจำกัด ส่วนการเพิ่มอัตราความก้าวหน้าเร็วเกินไป จะทำให้เกิดอาการล้าเรื้อรังและอาการบาดเจ็บ

ความเหมาะสมของอัตราความก้าวหน้าอย่างปลอดภัยจะอยู่ที่ระดับใดนั้น เป็นคำถามที่ไม่สามารถอธิบายสั้นๆ ได้ เพราะแต่ละคนจะมีความอดทนต่อการปฏิบัติงานที่หนักเกินปกติได้แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม มีแนวทางง่ายๆ สำหรับการพัฒนาสมรรถภาพทางกาย และสามารถหลีกเลี่ยงการเกิดอาการบาดเจ็บเนื่องจากการฝึกหนักมากเกินไปได้ก็คือ การใช้หลัก 10 % หลักการนี้กล่าวอย่างสั้นๆ คือ ความเข้มข้นและความนานของการฝึกจะต้องไม่เพิ่มขึ้นมากเกินกว่า 10 % ต่อสัปดาห์ (Power and Dodd, 1997) เช่น นักวิ่งที่เคยฝึกวิ่งเป็นเวลา 20 นาทีต่อวัน จะสามารถเพิ่มเวลาให้นานออกไปเป็น 22 นาทีต่อวันจนครบ 1 สัปดาห์ (10% ของ 20 = 2) เมื่อผู้ฝึกแต่ละคนมีระดับสมรรถภาพทางกายถึงระดับเป้าหมายที่ต้องการแล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องเพิ่มความเข้มข้นหรือระยะเวลานานในการปฏิบัติงานต่อไปอีกเพราะสมรรถภาพทางกายที่สร้างขึ้นมาถึงระดับที่ต้องการแล้วจะสามารถรักษาให้คงอยู่ได้ด้วยการฝึกในระดับเดิมอย่างสม่ำเสมอต่อไป

1.1.3 **หลักการฝึกโดยทั่วไป** (Principle of Generality)

โปรแกรมการฝึกซ้อมของหลายๆ ชนิดกีฬา โดยทั่วไปจะช่วยส่งผลที่ดีต่อการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ ซึ่งก็หมายถึง การทำงานที่ดีของหัวใจ ปอด และหลอดเลือด เพราะพลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อมากจากระบบการไหลเวียน และถ้าระบบนี้ทำงานได้ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ การเปลี่ยนแปลงหรือการพัฒนาของระบบอื่นๆ ทั้งหมดในร่างกายก็เป็นไปอย่างไม่เต็มประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน ดังนั้น การฝึกเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายเพื่อเตรียมความพร้อมพื้นฐาน จะต้องเริ่มการฝึกโดยเน้นการฝึกขั้นพื้นฐาน เช่น ทักษะในแต่ละชนิดกีฬา และสมรรถภาพการทำงานของหัวใจ ปอด และหลอดเลือด เพราะการฝึกขั้นพื้นฐานทั่วไปจะช่วยปรับสภาพร่างกายของนักกีฬาให้มีความพร้อมที่จะยืนหยัดต่อการฝึกเฉพาะด้านได้ และปริมาณของการฝึกสมรรถภาพขั้นพื้นฐานทั่วไป ก็จะเป็นแนวทางในการกำหนดว่า นักกีฬาผู้นั้นมีความพร้อมที่จะทำการฝึกเน้นในด้านความสามารถเฉพาะด้านใน

ระดับใด ยิ่งถ้าสามารถเพิ่มปริมาณการฝึกสมรรถภาพขั้นพื้นฐานทั่วไปได้มากขึ้นเท่าใด การฝึกเน้นความสามารถเฉพาะด้านก็สามารถที่จะเพิ่มได้เท่านั้น

1.1.4 **หลักการฝึกแบบเฉพาะเจาะจงหรือเฉพาะด้าน** (Principle of Specificity)

ธรรมชาติของการฝึกซ้อมก็คือเพื่อเสริมสร้างให้กล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพในการทำงาน ดังนั้นนักกีฬาจะต้องได้รับรูปแบบหรือวิธีฝึกที่ถูกต้อง การฝึกเน้นเฉพาะด้านจะมีผลก่อให้เกิดทักษะการเคลื่อนไหวเฉพาะและตรงกับความต้องการจากการฝึกซ้อม เพราะความหนักในการฝึกเฉพาะจะมีความสำคัญต่อการพัฒนาที่เหมาะสมทั้งตัวนักกีฬาและประเภทกีฬาที่จะทำการลงแข่งขัน

โปรแกรมการฝึกทุกอย่างจะต้องเริ่มต้นด้วยการกำหนดเป้าหมาย เช่น การฝึกเพื่อทำลายสถิติในการแข่งขันวิ่ง 10 กิโลเมตร จะมีความแตกต่างจากโปรแกรมการฝึกสำหรับการวิ่งแข่งขัน 400 และ 800 เมตร เป็นต้น สิ่งที่สำคัญคือจะต้องวิเคราะห์แบ่งแยกองค์ประกอบของกีฬาแต่ละอย่างนั้นโดยละเอียดและพิจารณาถึงระบบพลังงานที่ใช้ในการประกอบกิจกรรมแต่ละอย่างนั้น

ชนิดของกิจกรรมการฝึกถึงแม้ว่าจะมีอยู่มากมายที่สามารถใช้เพื่อพัฒนาสมรรถภาพได้ แต่การพัฒนาจะมีผลสำเร็จได้อย่างมาก ถ้าใช้กิจกรรมการฝึกที่มีความเฉพาะเจาะจง เช่น การฝึกว่ายน้ำจะพัฒนาความอดทนในการว่ายน้ำได้มากกว่าการวิ่ง เป็นต้น การใช้ชนิดของกิจกรรมการฝึกแบบเฉพาะเจาะจงจะมีความสำคัญต่อการฝึกอยู่ 2 ประการ คือ เพื่อใช้พิจารณากำหนดการพัฒนาของแต่ละคนว่าจะพัฒนาทางด้านใด ซึ่งนักกีฬาจะต้องถูกทดสอบในรูปแบบเดียวกับที่ใช้ฝึก และอีกประการหนึ่งคือ นักกีฬาจะต้องถูกพัฒนาแบบเฉพาะเจาะจงเพื่อใช้สำหรับการแข่งขันมากกว่าเพื่อสุขภาพ หรือเพื่อการฟื้นฟูร่างกาย ดังนั้น การฝึกจึงต้องใช้กิจกรรมชนิดที่ต้องใช้ในการแข่งขันมากที่สุด อย่างไรก็ตาม การวิ่งดูเหมือนว่าเป็นกิจกรรมการฝึกแบบพื้นฐานที่ใช้ในกีฬาต่างๆ เป็นจำนวนมาก ในการปรับตัวของร่างกายก็ยังอาจจะมีความเฉพาะเจาะจงกับลักษณะท่าทางของร่างกายที่กระทำในระหว่างการฝึกนั้นอีกด้วย เช่น ท่านั่ง ท่ายืน เป็นต้น นอกจากนี้หลักการฝึกแบบเฉพาะเจาะจงยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการฝึกในกลุ่มกล้ามเนื้อหลักที่สำคัญและระบบพลังงานที่ต้องการพัฒนาได้อีกด้วย

1.1.5 **หลักของความเสื่อมถอย การหยุดชะงักความก้าวหน้า และการคืนกลับสู่สภาพตามเดิม** (Principle of Retrogression, Plateau and Reversibility)

ร่างกายที่ไม่ได้ใช้งานหรือฝึก ในที่สุดก็จะเสื่อมสภาพไป หรือเมื่อหยุดทำการฝึกซ้อมระดับสมรรถภาพทางกายก็จะลดลงตามลำดับ ด้วยเหตุนี้ โค้ชจึงต้องทำความเข้าใจให้ถูกต้องแน่ชัดถึงความสัมพันธ์ระหว่างการปรับสภาพร่างกายกับหลักของการเพิ่มความหนักและหลักของการ

ย้อนกลับ เพราะฉะนั้นผลของการฝึกซ้อมจะมีการย้อนกลับภายในตัวเองเสมอ ถ้าการฝึกซ้อมไม่เป็นสิ่งที่ท้าท้ายหรือหนักขึ้น ระดับสมรรถภาพก็จะคงที่ นับว่าเป็นหลักการฝึกอีกข้อหนึ่งที่ผู้ฝึกสอนจะต้องทำความเข้าใจและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาสมรรถภาพและขีดความสามารถของนักกีฬาให้ก้าวไปสู่จุดสูงสุด

ความก้าวหน้าในการฝึกมักจะไม่ค่อยมีการพัฒนาสูงขึ้นไปเป็นแนวเส้นตรง และอาจจะไม่ค่อยมีความคงที่แน่นอน หรืออาจจะไม่สามารถทำนายล่วงหน้าได้ ถ้าผู้รับการฝึกแต่ละคนขาดการปรับตัวต่อการฝึกหรือไม่มีการเพิ่มขึ้นของระดับการฝึกซ้อม หรือมีระดับการฝึกซ้อมลดน้อยลง แสดงว่ามีการหยุดชะงักความก้าวหน้า หรือมีการเสื่อมถอยเกิดขึ้น การเสื่อมถอยลงของสมรรถภาพทางกายนี้ยังสามารถนำไปสู่สภาพความไม่สมบูรณ์ดังเดิมได้อีกถ้ามีการหยุดการฝึกซ้อม แม้ว่าระยะเวลาที่ใช้ในการหยุดพักในแต่ละช่วงของการฝึกซ้อมจะเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อประโยชน์สูงสุดที่ได้จากการฝึกก็ตาม แต่การหยุดพักระหว่างโปรแกรมการฝึกเป็นช่วงยาวนั้น จะมีผลทำให้ระดับของสมรรถภาพทางกายลดลง การจะคงสภาพของสมรรถภาพทางกายเอาไว้ได้นั้นจะต้องมีการฝึกซ้อมอยู่เป็นประจำ เพราะสมรรถภาพทางกายไม่สามารถเก็บสำรองเอาไว้ได้ การหยุดหรือขาดการฝึกซ้อมจะทำให้มีการสูญเสียสมรรถภาพทางกายไปด้วยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

การหยุดฝึกซ้อมจะทำให้ร่างกายสูญเสียความสมบูรณ์ของสมรรถภาพทางกายลงอย่างรวดเร็วเพียงใดจะขึ้นอยู่กับชนิดของสมรรถภาพทางกาย เช่น หลังจากหยุดการฝึกความแข็งแรงลงชั่วคราว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะมีการสูญเสียไปค่อนข้างช้ากว่าการหยุดฝึกความอดทนของกล้ามเนื้อ ซึ่งมีข้อมูลที่ระบุว่า ภายหลังจากการหยุดฝึกความแข็งแรงเป็นเวลานาน 8 สัปดาห์ กล้ามเนื้อจะมีการสูญเสียความแข็งแรงเพียง 10 % เท่านั้น ในขณะที่การหยุดฝึกความอดทนนาน 8 สัปดาห์ กล้ามเนื้อจะมีการสูญเสียความอดทนมากถึง 30 – 40 % (Power and Dodd, 1997) นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาวิจัยอีกชิ้นหนึ่งระบุว่า นักกีฬาประเภทวิ่งและจักรยานมีการเสื่อมลงของสมรรถภาพทางแอโรบิก ประมาณ 6 – 7 % ภายในเวลา 2 – 4 สัปดาห์หลังจากหยุดการฝึกและภายหลังการหยุดพักโดยไม่มีการฝึกซ้อมใดๆ เลยเป็นเวลานาน 12 สัปดาห์ จะมีผลทำให้สมรรถภาพด้านแอโรบิกลดต่ำลงจากระดับที่เคยได้รับจากการฝึกถึง 16 % (Donatelle, Snow, and Wilcox, 1999) ซึ่งในกรณีเช่นนี้ไม่ว่าจะเป็นนักกีฬาหรือบุคคลธรรมดาที่ออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ ก็สามารถใช้หลักนี้ได้เช่นเดียวกัน

สิ่งที่มักเกิดขึ้นเสมอสำหรับโปรแกรมการฝึกที่ขาดความต่อเนื่องและมีการกลับมาฝึกเช่นเดิมโดยทันทีก็คือ การเกิดอาการบาดเจ็บ การบาดเจ็บคือผลที่เกิดขึ้นอยู่บ่อยๆ จากการฝึกมากเกินไปและเร่งการฝึกเร็วเกินไป แทนที่จะค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นของการฝึก เมื่อมีการ

บาดเจ็บเกิดขึ้นจากการฝึกซ้อมจะต้องลดหรือหยุดการฝึกเพื่อรักษาการบาดเจ็บ การฝึกซ้อมต่อไปในขณะที่มีอาการบาดเจ็บจะทำให้เป็นอุปสรรคบกวนต่อการฝึกและขัดขวางการหายจากการบาดเจ็บ และยังทำให้การบาดเจ็บทวีความรุนแรงมากขึ้น ในระหว่างการฟื้นฟูการบาดเจ็บคาดว่าจะมีการสูญเสียความสมบูรณ์ของสมรรถภาพทางกายไปบ้างบางส่วน เพื่อให้การสูญเสียนี้เกิดขึ้นน้อยที่สุด ทำได้โดยการเปลี่ยนเป็นการใช้กิจกรรมที่ไม่มีแรงตึงเครียดมากระทำกับส่วนที่บาดเจ็บ การกลับเข้าสู่โปรแกรมการฝึกตามเดิมภายหลังจากการฟื้นฟูการบาดเจ็บแล้วจะต้องเริ่มด้วยการพัฒนาอย่างช้าๆ โดยไม่รีบเร่งกลับมาฝึกใหม่ตามโปรแกรมเดิมอย่างรวดเร็วเกินไป สำหรับเหตุผลด้านอื่นๆ ของบุคคลทั่วไปที่จะเริ่มต้นหรือหยุดการออกกำลังกายก็คือ การไม่มีเวลาหรือขาดแรงจูงใจ ดังนั้นจึงควรคิดอยู่เสมอว่า สมรรถภาพทางกายสามารถรักษาไว้ได้ด้วยการออกกำลังกายเพียงครั้งละ 15 – 20 นาที และสัปดาห์ละ 3 ครั้งเท่านั้น

1.1.6 **หลักเกี่ยวกับการอบอุ่นร่างกาย และการผ่อนหยุด** (Principle of Warm Up and Cool Down)

การอบอุ่นร่างกายเป็นการเตรียมร่างกายให้พร้อมสำหรับการฝึกซ้อมที่มีความเข้มข้นสูงต่อไป โดยการทำให้อุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้นอย่างเหมาะสม และในทางกลับกันการผ่อนหยุดจะเป็นการทำให้อุณหภูมิของร่างกายค่อยๆ กลับคืนสู่ปกติ บ่อยครั้งที่มีการแนะนำให้ทำการอบอุ่นร่างกายเพื่อป้องกันการบาดเจ็บและอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ แม้จะยังไม่มีบทพิสูจน์เป็นข้อสรุปว่าการอบอุ่นร่างกายจะทำให้ลดการเกิดอาการบาดเจ็บก็ตาม แต่ส่วนใหญ่ก็มีความเห็นพ้องกันอย่างเด่นชัดในความคิดนี้ การเพิ่มอุณหภูมิของร่างกายจะมีผลทำให้มีการไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อได้มากขึ้น ลดความหนืดของปลอกหุ้มข้อ เพิ่มความเร็วในการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อ ตลอดจนปฏิกิริยาของเอนไซม์

การอบอุ่นร่างกายจะมีทั้งการปฏิบัติกิจกรรมแบบทั่วไปและแบบเฉพาะเจาะจง ชนิดของการอบอุ่นร่างกายที่ดีที่สุดคือ ใช้กิจกรรมที่มีท่าทางการเคลื่อนไหวแบบเฉพาะเจาะจงกับรูปแบบที่ใช้ในการฝึกนั้นและมีความเหมาะสมกับแต่ละบุคคลโดยจะต้องไม่กระทำจนเกิดอาการเหนื่อยล้า การอบอุ่นร่างกายที่เหมาะสมคือ การทำให้อุณหภูมิในส่วนกลางของร่างกายเพิ่มสูงขึ้น 1 – 2 องศาฟาเรนไฮต์ (Plowman and Smith, 2003) โดยทั่วไปการกำหนดความเหมาะสมของการอบอุ่นร่างกายคือ เมื่อเริ่มมีการหลั่งเหงื่อก็นับว่าเพียงพอแล้ว และหลังจากช่วงระยะการฝึกซ้อมตามโปรแกรมได้เสร็จสิ้นลงแล้ว ต่อไปก็จะเป็นช่วงของการผ่อนหยุด การผ่อนหยุดจะมีความสำคัญในการป้องกันการคั่งค้างของเลือดดำอยู่ในกล้ามเนื้อ และกิจกรรมที่แนะนำให้กระทำในช่วงนี้ก็คือการยืดกล้ามเนื้อ ซึ่งการผ่อนหยุด จะสามารถช่วยป้องกันอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ และยังทำให้

เพิ่มความอ่อนตัวได้ด้วย การอบอุ่นร่างกายและการผ่อนหยุดที่เหมาะสมก็จะมีความสำคัญต่อการออกกำลังกาย

1.1.7 **หลักของความแตกต่างในแต่ละบุคคล** (Principle of Individualization)

แต่ละบุคคลจะต้องมีเกณฑ์เป็นตัวกำหนดขอบเขตของการฝึกซ้อมโดยเฉพาะ ที่อยู่บนพื้นฐานของการมีระดับสมรรถภาพทางกายและเป้าหมายที่ต้องการ รวมทั้งความแตกต่างในการปรับตัวของร่างกายแต่ละบุคคล ที่แม้จะใช้โปรแกรมการฝึกเหมือนกันก็ตาม เหตุผลที่สำคัญสำหรับความแตกต่างเหล่านี้ก็คือ ความแตกต่างในวิถีการดำรงชีวิตของแต่ละบุคคล โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปนิสัยในเรื่องเกี่ยวกับโภชนาการและการพักผ่อนนอนหลับ ตลอดจนการรับสารต่างๆ เข้าสู่ร่างกาย เช่น เหล้าหรือบุหรี่ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยทางด้านอายุ เพศ พันธุกรรม และสภาวะการมีโรคภัยของแต่ละบุคคล ทั้งหมดนี้จะมีผลต่อการกำหนดเกณฑ์เพื่อการฝึกซ้อมและการปรับตัวของร่างกายแต่ละบุคคลได้ทั้งสิ้น ดังนั้นในขั้นแรกของโปรแกรมการฝึก จะต้องกำหนดเป้าหมายในการฝึกของแต่ละบุคคล ขั้นต่อไปคือ การประเมินระดับสมรรถภาพทางกายที่ต้องการพัฒนา เช่น ความแข็งแรง หรือความอดทนของแต่ละบุคคล และขั้นสุดท้ายคือ การพิจารณาการฝึกตามช่วงเวลาของวงจรการฝึกตลอดปีหรือการฝึกในแต่ละช่วงเวลา เช่น ช่วงนอกฤดูกาลแข่งขัน หรือช่วงฤดูกาลแข่งขัน ซึ่งการฝึกจะผันแปรไปตามช่วงเวลาต่างๆ นั้น

โปรแกรมการฝึกเดียวกันที่นำไปใช้ฝึกกับนักกีฬาแต่ละคนดังกล่าวข้างต้น อาจมีผลการฝึกตามที่คาดหวังในแต่ละบุคคลในอัตราการพัฒนาแตกต่างกัน เนื่องจากปัจจัยเฉพาะของแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกัน โค้ชหรือผู้ฝึกสอนจะต้องมีความรู้สึกไวต่ออัตราความแตกต่างในการปรับตัวของแต่ละบุคคล เพราะจะมีผลโดยตรงต่อการพัฒนาความก้าวหน้าในการฝึก ความผิดพลาดที่มักเกิดขึ้นจนเป็นเรื่องปกติก็คือ โค้ชหรือผู้ฝึกสอนมักจะออกแบบโปรแกรมการฝึกสำหรับใช้กับนักกีฬาในทีมทุกคนและคาดหวังให้เกิดการพัฒนาในอัตราเดียวกัน ซึ่งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นบ่อยๆ ก็คือ ความผิดหวังของโค้ชและนักกีฬา และบางครั้งยังอาจส่งผลเสียที่เกิดขึ้นในรูปของภาวะการฝึกที่มากเกินไป (Overtraining) หรือมีอาการบาดเจ็บเกิดขึ้นได้

1.1.8 **หลักเกี่ยวกับการปรับตัวและการฟื้นตัวของร่างกาย** (Principle of Adaptation and Recuperation)

การปรับตัว คือ การเปลี่ยนแปลงของร่างกายที่เกิดขึ้นในระบบทางสรีรวิทยาที่เป็นการตอบสนองต่อการฝึก โดยทั่วไปการเก็บบันทึกข้อมูลและการทดสอบซ้ำกับนักกีฬาแต่ละคนเป็นสิ่งจำเป็นที่โค้ชจะต้องกระทำเพื่อพิจารณาถึงระดับการปรับตัว อัตราการปรับตัวจะขึ้นอยู่กับปัจจัย

หลายประการ ซึ่งรวมถึงระยะเวลาที่ใช้ในการพักผ่อนและการได้รับสารอาหารอย่างเพียงพอ ความสำคัญของการมีระยะเวลาในการหยุดพักคือ เพื่อให้ร่างกายมีการฟื้นตัวและทำให้ร่างกายมีการปรับตัวในทางบวกโดยไม่ทำให้เกิดความตึงเครียดจากการฝึกมากเกินไป การมีระยะเวลาหยุดพักระหว่างโปรแกรมการฝึกไม่เพียงพอ อาจจะมีผลทำให้เกิดกลุ่มอาการเกี่ยวกับความอ่อนล้าเนื่องจากการฝึกซ้อมมากเกินไป

การฝึกซ้อมมากเกินไปอาจนำไปสู่อาการอ่อนล้าอย่างเรื้อรังหรือการบาดเจ็บเกิดขึ้นได้ คำถามที่สำคัญคือ จะวินิจฉัยอาการที่เกิดจากการฝึกมากเกินไปได้อย่างไร อาการปวดเมื่อยและแข็งตึงของกล้ามเนื้อหรือรู้สึกมีอาการอ่อนล้าเกิดขึ้นในตอนเช้าวันรุ่งขึ้นหลังจากการผ่านการฝึกมาแล้ว คือสิ่งที่จะเกิดขึ้นได้จากการฝึกมากเกินไปบางครั้งเรียกว่า อาการตกค้างจากการฝึกซ้อม (Workout hangover) การแก้ไขคือ เพิ่มระยะเวลาการหยุดพักในระหว่างโปรแกรมการฝึกให้มากขึ้น หรือลดความเข้มข้นของการฝึกซ้อมลง หรือใช้ทั้ง 2 กรณีดังกล่าว การฝึกซ้อมในปริมาณที่มากเกินไปถึงแม้ว่าจะเป็นสาเหตุเบื้องต้นของการเกิดกลุ่มอาการที่เรียกว่าฝึกเกินก็ตาม แต่การขาดความสมดุลทางโภชนาการก็เป็นสิ่งเกื้อหนุนความรู้สึกให้เกิดอาการตกค้างภายหลังการฝึกซ้อมได้

1.1.9 **หลักการคงสภาพของสมรรถภาพทางกาย** (Principle of Maintenance)

การคงสภาพความสมบูรณ์ของสมรรถภาพทางกายหมายถึง การดำรงสภาพที่ดีจากการพัฒนาของร่างกายเอาไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งต้องอาศัยเวลาและความพยายามตรงจุดนี้หมายความว่า ผู้รับการฝึกแต่ละคนได้มีการพัฒนาร่างกายจนมีระดับสมรรถภาพทางกายถึงเป้าหมายที่ต้องการแล้ว ระยะเวลาและความพยายามที่ต้องใช้สำหรับการคงสภาพความสมบูรณ์ของสมรรถภาพทางกายเอาไว้ได้นั้น จะขึ้นอยู่กับระบบต่างๆ ทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการฝึกว่าระบบใดต้องใช้เวลาและความพยายามมากกว่ากัน เช่น การดำรงประสิทธิภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือดจะต้องใช้เวลาและความพยายามมากกว่าระบบประสาทและกล้ามเนื้อ หรือระดับความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อจะดำรงเอาไว้ได้ด้วยการลดจำนวนวันฝึกต่อสัปดาห์ให้น้อยลง หรืออาจลดปริมาณการฝึกลง เช่น ใช้การฝึกด้วยปริมาณน้ำหนักเท่าเดิมเป็นจำนวนสัปดาห์ละครั้ง ก็จะสามารถรักษาระดับความแข็งแรงที่มีอยู่เอาไว้ได้ เป็นต้น ดังนั้นผู้ฝึกสอนกีฬาควรมีโปรแกรมการฝึกเพื่อดำรงสภาพความสมบูรณ์ของสมรรถภาพทางกายเอาไว้ด้วย เมื่อได้รับสมรรถภาพทางกายจากการฝึกมาถึงเป้าหมายตามที่ต้องการแล้ว

2. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบพลังงานสำหรับการออกกำลัง

2.1 ระบบพลังงานที่ใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อ

สนธยา สีละมาด (2547) ได้กล่าวว่า การทำหน้าที่ของระบบต่างๆ ของร่างกาย โดยเฉพาะระบบกล้ามเนื้อ (Muscle system) ในการประกอบกิจกรรมหรือการออกกำลังกาย ล้วนต้องการพลังงานเพื่อการทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อ

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) กล่าวว่า ในการออกกำลังกาย ซึ่งแท้จริงเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อ ที่ต้องอาศัยขบวนการเปลี่ยนพลังงานทางเคมีที่ได้จากอาหารให้เป็นพลังงานเพื่อใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ไม่ว่าจะปฏิบัติกิจกรรมใดๆ ก็ตามที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวร่างกาย ก็จำเป็นต้องใช้พลังงานในการทำงานของกล้ามเนื้อ

Wilmore and Costill (2000) กล่าวว่า พลังงานมีความจำเป็นมากสำหรับการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งการออกกำลังกายและการแข่งขันกีฬานั้น ร่างกายต้องอาศัยขบวนการเปลี่ยนพลังงานทางเคมีที่ได้จากอาหารให้เป็นพลังงานเพื่อใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยร่างกายจะต้องเปลี่ยนอาหารให้เป็นพลังงานเอทีพีก่อน สารนี้จะสังเคราะห์กลับคืนใหม่ได้โดยใช้พลังงานที่ได้จากการเผาผลาญอาหาร

เจริญ กระบวนรัตน์ (2538) กล่าวว่า ความแตกต่างกันของกีฬาแต่ละชนิดต้องการพลังงานที่แตกต่างกันออกไป

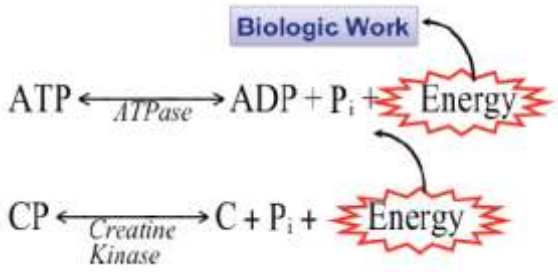
ประโยค สุทธิสง่า (2542) กล่าวว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อต้องอาศัยพลังงานที่ได้จากการสลายสารอินทรีย์เคมี ซึ่งมีอยู่ในกล้ามเนื้อที่เรียกว่าเอทีพี สารนี้จะสังเคราะห์กลับคืนใหม่ได้โดยใช้พลังงานที่ได้จากการเผาผลาญอาหาร โดยเฉพาะไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อสามารถหดตัวซ้ำติดต่อกันได้เป็นเวลานาน ซึ่งในภาวะที่กล้ามเนื้อทำงานไม่มาก กล้ามเนื้อจะได้รับออกซิเจนจากกระแสเลือดอย่างเพียงพอกับความต้องการที่จะใช้ในขณะออกกำลังกาย ในกลุ่มกีฬาที่เล่นติดต่อกันค่อนข้างสม่ำเสมอเป็นเวลานาน เช่น วิ่งระยะไกล ว่ายน้ำระยะไกล (Aerobic exercise) แต่ถ้ากล้ามเนื้อต้องทำงานหนักเต็มที่อย่างต่อเนื่องกัน พลังงานที่สังเคราะห์ขึ้นใหม่จะได้จากการสลายไกลโคเจนโดยไม่ใช้ออกซิเจน ได้แก่ การวิ่งระยะสั้น จักรยานสปริ๊นท์ ว่ายน้ำระยะสั้น (Anaerobic exercise) ส่วนในกีฬาประเภทที่เล่นติดต่อกันเป็นเวลานาน แต่มีลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอ มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบในการเคลื่อนไหวตลอดเวลา เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล วอลเลย์บอล แบดมินตัน รักบี้ฟุตบอล (Intermittent exercise) พลังงานที่ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเป็นแบบผสม คือ ใช้ทั้งระบบพลังงานใช้ออกซิเจนและระบบพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจน

2.2 การสร้างพลังงานในระบบต่าง ๆ

เอทีพีที่มีอยู่ในกระแสเลือดหรือเนื้อเยื่อต่างๆ จะไม่สามารถถูกนำไปใช้ได้โดยตรง แต่จะต้องถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ภายในเซลล์ ดังนั้น ร่างกายจึงมีหลายวิธีเพื่อสร้างเอทีพีขึ้นมาใหม่เมื่อเอทีพีที่เก็บสำรองได้ถูกใช้ไปจนหมด ซึ่งหนึ่งในวิธีที่สำคัญเหล่านั้นก็คือ การปรับตัวของร่างกายอันเนื่องมาจากการฝึกซ้อมตามโปรแกรมการฝึกชนิดใดๆ ก็ตาม เมื่อพลังงานถูกปล่อยออกมาให้กับกล้ามเนื้อเพื่อใช้ในการหดตัวทำงาน เอทีพีก็จะมีการแตกตัวออกเป็นเอดีพีและฟอสเฟตสำรอง ดังนั้น การสังเคราะห์เอทีพีขึ้นมาใหม่จึงจำเป็นต้องจัดหาแหล่งพลังงานจากที่อื่นเพื่อมาทำปฏิกิริยาให้ฟอสเฟตกลับไปรวมตัวกับเอดีพี และกลับเข้าสู่รูปของเอทีพีขึ้นมาใหม่ พลังงานที่ใช้สำหรับการสังเคราะห์เอทีพีนั้นจะได้มาจากการเผาพลาญพลังงานใน 3 ระบบ ซึ่งแต่ละระบบของกระบวนการสังเคราะห์เอทีพีนั้นจะมีอัตราที่แตกต่างกันและพลังงานที่ได้จากทั้ง 3 ระบบนี้ อาจจะถูกนำมาใช้ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งก็ได้ แต่ระบบใดจะถูกนำมาใช้อย่างเด่นชัดมากกว่าระบบอื่นนั้น จะขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกาย พลังงานที่ได้จากทั้ง 3 ระบบ มีดังต่อไปนี้

2.2.1 ระบบพลังงานไม่ใช้ออกซิเจนแบบไม่เกิดกรดแลคติก (Anaerobic Alactic System)

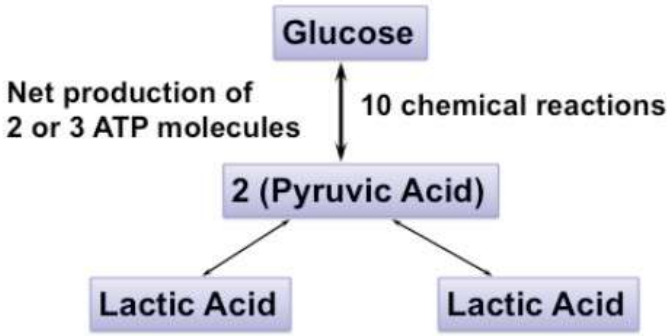
ระบบนี้เรียกอีกชื่อว่าระบบเอทีพี ซีพี (ATP-CP system) หรือ ระบบครีเอทีนฟอสเฟต (Creatine Phosphate system) หรือระบบที่ให้พลังงานได้อย่างรวดเร็วในทันที (Immediate energy system) ครีเอทีนฟอสเฟตหรือเรียกโดยย่อว่า ซีพี (CP) คือ สารประกอบที่ให้พลังงานสูงอีกชนิดหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กันอย่างสูงกับเอทีพี ถ้าแขนยึดที่ให้พลังงานสูงในซีพีมีการแตกตัวออก พลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาก็จะถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์เอทีพีขึ้นมาใหม่โดยการสร้างมาจากเอทีพีที่ได้มีการแตกตัวมาแล้ว ซึ่งหมายถึงการสร้างขึ้นมาใหม่จากเอดีพีและกลุ่มฟอสเฟตสำรอง (ADP+P) ซีพีจะมีเก็บสำรองไว้ใช้เป็นพลังงานได้นานมากกว่าเอทีพีประมาณ 3 – 5 วินาที หรือมีเพียงพอสำหรับไว้ใช้เป็นพลังงานชนิดที่ใช้ได้ในทันทีเป็นเวลานานต่อไปอีกประมาณ 7 วินาที และโดยธรรมชาติทั้งเอทีพีและซีพีที่มีเก็บสำรองจะถูกสังเคราะห์ขึ้นมาร่วมกัน ดังนั้นจึงสามารถใช้เป็นพลังงานสำหรับการปฏิบัติกิจกรรมรวมกันได้นานประมาณ 10 วินาที หลังจากนั้นพลังงานที่ได้มาโดยวิธีอื่นจึงจะถูกนำมาใช้เพื่อสร้างเอทีพีขึ้นมาใหม่ โดยที่การสร้างพลังงานของระบบนี้ไม่ต้องใช้ออกซิเจนในการผลิตพลังงานและไม่ก่อให้เกิดกรดแลคติก ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเมื่อเริ่มต้นออกกำลังกาย และการฟื้นฟูของซีพีจะเกิดหลังการออกกำลังกายหยุดลง โดยใช้เวลาเพียงประมาณ 3 – 5 นาที ดังสมการ



ภาพที่ 3 แสดงถึงปฏิกิริยาการสร้างพลังงานในระบบเอทีพี พีซี (ATP-CP system) หรือ ระบบครีเอทีนฟอสเฟต (Creatine Phosphate system) (Leyland, 2011 : online)

กิจกรรมออกกำลังกายชนิดที่ต้องใช้พลังงานสูงหรือกิจกรรมที่ต้องใช้การเคลื่อนไหวด้วยแรงระเบิดของกล้ามเนื้อและใช้ระยะเวลาสั้นๆ เช่น การตบวอลเลย์บอล การกระโดดลอยตัวยัดลูกบาสเกตบอลลงห่วงการตีลูกโต้กลับในการเล่นเทนนิส การวิ่งเร็วระยะทาง 100 เมตร กีฬายกน้ำหนัก การกระโจนขึ้นบันไดอย่างรวดเร็ว เป็นต้น ซึ่งการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ กล้ามเนื้อจะมีการหดตัวทำงานอย่างรวดเร็วในทันที ทำให้พลังงานที่สร้างจากระบบอื่น (แอนแอโรบิกไกลโคไลซิสและแอโรบิก) ยังไม่สามารถสร้างเอทีพีให้เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วพอที่จะทำหน้าที่ได้ แต่ถ้าร่างกายมีการปรับตัวจากการฝึกซ้อมได้ดีมากขึ้น ก็จะทำให้มีความสามารถในการใช้เอทีพีและซีพีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะสามารถปฏิบัติกิจกรรมที่มีความเข้มข้นต่อไปได้ยาวนานมากขึ้น

2.2.2 ระบบพลังงานไม่ใช้ออกซิเจนแบบเกิดกรดแลคติก (Anaerobic lactic system)



ภาพที่ 4 แสดงถึงปฏิกิริยาการสร้างพลังงานระบบไกลโคไลซิส (Glycolysis system) (Leyland, 2011 : online)

หรือเรียกอีกชื่อว่าระบบไกลโคไลซิส (Glycolysis system) หรือระบบที่ให้พลังงานในช่วงระยะเวลาสั้นๆ (Short-term energy system) ระบบนี้ กระบวนการการสร้างเอทีพีจะเกิดขึ้นจากการแตกตัวของกลูโคส หรือไกลโคเจน จึงเรียกว่า ระบบไกลโคไลซิส (Glycolysis) ซึ่งไกลโคเจนคือ หน่วยรากฐานที่สำคัญที่สามารถนำมาสังเคราะห์เป็นพลังงานเพิ่มมากขึ้นต่อมาได้ ระบบนี้จะให้พลังงานเพื่อใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมได้เป็นเวลาที่ยาวนานมากกว่าระบบแรก อย่างไรก็ตาม กระบวนการสร้างพลังงานในระบบนี้ก็ยังเป็นกระบวนการที่ไม่มีการใช้ออกซิเจนหรือยังไม่ต้องการใช้ออกซิเจน ดังนั้น พลังงานที่ได้โดยวิธีนี้จะไม่สามารถใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมได้เป็นเวลานานๆ และถ้ายังมีการปฏิบัติกิจกรรมที่มีความเข้มข้นสูงอยู่ต่อไป ก็จะทำให้ร่างกายมีออกซิเจนไม่เพียงพอ (Oxygen deficit) และทำให้เกิดภาวะที่เรียกว่าการเป็นหนี้ออกซิเจน (Oxygen debt) ซึ่งหมายความว่าเป็นภาวะที่ร่างกายต้องการใช้ออกซิเจนเพื่อการฟื้นตัวมากขึ้นเกินกว่าที่ต้องใช้ในขณะพักตามปกติ กรณีเช่นนี้ ร่างกายจำเป็นต้องได้รับออกซิเจนเพื่อชดใช้คืน ซึ่งจะสามารถทำเช่นนี้ได้ถ้าลดความเข้มข้นของการปฏิบัติกิจกรรมลงหรือหยุดการปฏิบัติกิจกรรมนั้น เนื่องจากกระบวนการสร้างพลังงานในระบบนี้ ยังไม่มีการนำออกซิเจนจากภายนอกมาใช้จึงทำให้เกิดกรดแลคติก (Lactic acid) สะสมเพิ่มมากขึ้นในกล้ามเนื้อได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งถ้ากรดแลคติกถูกผลิตออกมาอยู่ในกระแสเลือดมากเกินกว่าความสามารถในการกำจัดออกไปได้ ก็จะทำให้กล้ามเนื้อเกิดอาการล้า (ขัดขวางกระบวนการหดตัวของกล้ามเนื้อ) และเกิดความรู้สึกระคายเคืองเจ็บปวดในกล้ามเนื้อ ดังนั้น พลังงานในระบบนี้ อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบแลคเตซิด (Lactacid) ซึ่งสามารถให้พลังงานเพื่อการปฏิบัติกิจกรรมเป็นเวลาที่ยาวนานต่อไปได้อีกในช่วงระยะเวลาสั้นๆ (ประมาณ 3 นาที) เช่น ใช้ในการวิ่งเร็วระยะทาง 200, 400 หรือ 800 เมตร การปั่นจักรยานอย่างเร็วขึ้นภูเขา การวิ่งขึ้นบันไดหลายๆ ขั้น การตีโต้ลูกลอยในอากาศ (Volley) เป็นเวลานานๆ ในการเล่นเทนนิส การเล่นบาสเกตบอลแบบกดดันคู่ต่อสู้โดยจี้ประชิดบุคคลแบบเต็มหรือครึ่งสนาม (Press) เป็นต้น

Hill and Smith (1992) กล่าวว่า ปริมาณไกลโคเจนที่เก็บสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ จะสามารถสนับสนุนการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดได้ประมาณ 75 - 80 วินาที อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติจริงไม่สามารถจะกระทำได้ เนื่องจากผลผลิตของกระบวนการไกลโคไลซิสจะเกิดกรดแลคติก ซึ่งจะก่อให้เกิดกรดอย่างสูงและเป็นสาเหตุทำให้ระดับความเป็นกรดในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของความเป็นกรดจะมีผลต่อองค์ประกอบที่จำเป็นของการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างน้อย 2 อย่าง คือ ลดความสามารถในการทำงานของฟอสโฟฟรุคโตไคเนส (Phosphofructokinase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญของกระบวนการไกลโคไลซิส และแทรกแซงการทำงานของแคลเซียมในกระบวนการครอสบริดส์ (Cross-bridge) โดยการป้องกันการเกาะของแคลเซียมกับโทรโปรนิน - ซี (Troponin-c)

ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังนั้น โดยผลผลิตของกระบวนการไกลโคไลซิสจะนำไปสู่การลดลงของการสำรองพลังงานเอทีพีและการลดลงของแรง (Force) ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

การกำจัดกรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อ หรือร่างกายนั้น จะใช้ระยะเวลานานกว่าการสร้างพลังงานใหม่ขึ้นมาทดแทน เพราะอาจจะใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมงในการกำจัดกรดแลคติกให้ลดลงจนอยู่ในระดับเดียวกันก่อนการออกกำลังกาย การเดินหรือการวิ่งเหยาะๆ ภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนักหรือภายหลังจากการใช้ความเร็วสูง เป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยระบายหรือกำจัดกรดแลคติกในร่างกายให้ลดลงเร็วขึ้น โดยเฉพาะในช่วง 10 นาทีแรกหลังจากเสร็จสิ้นการออกกำลังกายจะช่วยลดระดับกรดแลคติกลงอย่างมาก (เจริญ, 2538)

2.2.3 **ระบบแอโรบิก** (Aerobic system)

หรือระบบที่ให้พลังงานมาใช้ได้เป็นเวลานาน (Long-term energy system) กระบวนการสร้างพลังงานในระบบนี้จะประกอบด้วยขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาภายในเซลล์เป็นจำนวนมากมายหลายขั้นตอน ดังนั้น พลังงานในระบบนี้จึงเกิดขึ้นได้ช้าที่สุดในระบบการสร้างพลังงาน แต่จะสามารถสร้างเอทีพีเพื่อใช้เป็นพลังงานสำหรับการปฏิบัติกิจกรรมได้เป็นระยะเวลาที่ยาวนานกว่าระบบอื่นๆ ซึ่งสามารถใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมที่มีความเข้มข้นต่ำได้นานตั้งแต่ 5 นาทีขึ้นไป จนถึงหลายชั่วโมง พลังงานในระบบนี้จะถูกสร้างขึ้นในไมโทคอนเดรีย (Mitochondia) โดยมีการใช้ออกซิเจนที่ได้มาจากการไหลเวียนเลือด ไมโทคอนเดรีย คือ อวัยวะเล็กๆ ที่อยู่ภายในเซลล์มีรูปร่างคล้ายไส้กรอก (Sausage-shaped) ซึ่งจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนออกซิเจนและสารอาหารให้เป็นพลังงาน ไมโทคอนเดรียจึงเปรียบเสมือนเป็นโรงงานผลิตพลังงานของเซลล์ทั้งหมดไว้ใช้ในการทำงาน แม้ว่าทุกเซลล์ของร่างกายจะมีเอทีพีอยู่ก็ตาม แต่จะมีอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อเยื่อ เช่น ตับและกล้ามเนื้อจะมีเอทีพีและไมโทคอนเดรียอยู่ในเซลล์มากกว่าเนื้อเยื่อชนิดอื่นๆ การปรับตัวอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นจากการฝึกทางด้านความอดทน ก็คือ จะพบว่ามีจำนวนไมโทคอนเดรียในกล้ามเนื้อที่ถูกฝึกนั้นเพิ่มมากขึ้น (Dalgleish and Dollery, 2001)

ปฏิกิริยาการสร้างเอทีพีในระบบแอโรบิกนี้อาจอยู่ในรูปของกระบวนการไกลโคไลซิส ซึ่งจะใช้คาร์โบไฮเดรตในรูปของไกลโคเจนและกลูโคสเป็นแหล่งให้พลังงาน แต่อย่างไรก็ตาม ไขมันที่มีสะสมอยู่ในร่างกายในรูปของกลีเซอรอล และโปรตีนที่อยู่ในรูปของกรดอะมิโน ก็จะถูกนำมาใช้เป็นพลังงานในระบบนี้ด้วยเช่นกัน แต่โปรตีนจะมีบทบาทที่จำกัดกว่า ดังนั้น คาร์โบไฮเดรตและไขมันจึงเป็นแหล่งพลังงานเบื้องต้นโดยทั่วไปเมื่อเริ่มต้นออกกำลังกาย โดยคาร์โบไฮเดรตจะเป็นเชื้อเพลิงที่สำคัญหรือเป็นต้นตอหลักของพลังงานทั้งหมดในระหว่างการสร้างเอทีพีจากระบบแอโรบิก

แต่เมื่อระยะเวลาการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นหรือระหว่างที่มีการออกกำลังกายอย่างยาวนานมากกว่า 20 นาทีขึ้นไป การใช้พลังงานจากการเผาผลาญของไขมันจะเข้ามามีบทบาทที่ละน้อยและเพิ่มระดับสูงขึ้นเป็นต้นตอหลักของการผลิตพลังงานทั้งหมด (Power and Dodd, 1997)

สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและไขมันที่ถูกนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับการปฏิบัติกิจกรรมจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของการออกกำลังกายและสมรรถภาพทางกายด้านความอดทนของแต่ละบุคคล การออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นสูงกว่าจะมีการใช้แหล่งพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตมากกว่า แต่บุคคลที่มีการฝึกความอดทนแบบแอนแอโรบิกก็ยังสามารถใช้ไขมันเป็นพลังงานได้ แม้ว่าการออกกำลังกายนั้นจะเป็นการฝึกปฏิบัติที่มีความเข้มข้นสูงก็ตาม การที่บุคคลมีความสามารถใช้ไขมันเป็นพลังงานในระหว่างการออกกำลังกายได้สูงมากขึ้นก็จะเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ คือ ช่วยทำให้ลดอัตราการใช้ไกลโคเจนของกล้ามเนื้อ เพราะกล้ามเนื้อสามารถเก็บสำรองไกลโคเจนไว้ได้อย่างจำกัด และเมื่อไกลโคเจนถูกนำไปใช้จนหมดสิ้นก็จะทำให้เกิดอาการเหนื่อยล้า แต่ถ้าอัตราการใช้ไกลโคเจนของกล้ามเนื้อในระหว่างการออกกำลังกายเป็นไปอย่างช้าๆ ก็สามารถยืดระยะเวลาในการใช้ไกลโคเจนจนหมดให้ยาวนานออกไปได้อีก ซึ่งทำให้เกิดอาการล้าได้ช้าตามไปด้วย กระบวนการสร้างพลังงานในระบบแอโรบิกนี้จะถูกจำกัดในทันทีถ้าระบบหายใจและไหลเวียนเลือดไม่สามารถนำส่งออกซิเจนที่จำเป็นต่อการทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อในปริมาณที่มากเพียงพอต่อความต้องการ

ATP/PC System (Phosphagen/Alactic)	Glycolytic System (Anaerobic)	Oxidative System (Aerobic)
Anaerobic (non-aerobic)	Anaerobic	Aerobic
Very Rapid	Rapid	Slow
Chemical fuel: PC	Food fuel: glycogen	Food fuels: glycogen
		fats , and protein
Very limited ATP	Limited ATP production	Unlimited ATP
production		production
Muscular sores limited	By-product, lactic acid,	No fatiguing
	causes muscle fatigue	by-products
Used with sprint of any	Used predominantly	Used with endurance
high-power, short	with activities of 1 to 3	or long-duration
duration activity	minutes duration	activities

ตารางที่ 1 แสดงถึงลักษณะการใช้พลังงานจากระบบพลังงานทั้ง 3 ระบบ

(Leyland, 2011 : online)

2.3 ระบบพลังงานที่ถูกใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมและการออกกำลังกาย

พลังงานที่ถูกสร้างขึ้นใน 3 ระบบดังกล่าว โดยสรุปคือ จะมีการใช้ในแต่ละระบบได้อย่างต่อเนื่อง ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงการออกแรงทำงานของกล้ามเนื้อจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่ง เช่น เปลี่ยนจากการพักผ่อนไปเป็นการออกกำลังกาย หรือเปลี่ยนจากการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นต่ำไปเป็นความเข้มข้นสูง กรณีเช่นนี้ จะทำให้มีการใช้พลังงานทั้งจากระบบเอทีพี ซีพี และระบบไกลโคไลซิสไปพร้อมกัน ส่วนพลังงานจากระบบแอโรบิกจะตอบสนองต่อการออกกำลังกายช้ากว่าใน 2 ระบบแรก แต่พลังงานที่ถูกสร้างขึ้นในระบบแอโรบิกนี้จะสามารถนำมาช่วยสนับสนุนให้มีการออกกำลังกายได้ยาวนานมากขึ้น พลังงานในระบบเอทีพี ซีพี จะสามารถนำมาใช้ได้ทันทีในระยะเวลาที่คิดเป็นวินาทีเท่านั้น จากนั้นพลังงานในระบบไกลโคไลซิสและแอโรบิกจะสามารถเกิดขึ้นได้ในเวลาเดียวกันเพื่อใช้สำหรับการปฏิบัติกิจกรรมให้ยาวนานต่อไป เนื่องจากสัดส่วนของการใช้พลังงานในระบบต่างๆ จะขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกาย การออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าจะทำให้มีพลังงานจากระบบแอโรบิกเหลืออยู่มากกว่า จึงทำให้สามารถออกกำลังกายอย่างยาวนานต่อไปได้อีกจนกว่าไกลโคเจนจะถูกใช้ไปจนหมด ส่วนการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นสูงจะทำให้ต้องใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกอย่างมาก และทำให้มีอาหารล้าเกิดขึ้นเนื่องจากมีกรดแลคติกสะสมในกล้ามเนื้อเป็นจำนวนมาก

พลังงานจากทั้ง 3 ระบบที่ได้มาระหว่างกระบวนการเผาพลาญนั้น ร่างกายจะได้รับอยู่ตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืน ดังที่ทราบมาแล้วว่าการเผาพลาญเพื่อนำเอาพลังงานจากระบบใดมาใช้อย่างเด่นชัดก็จะขึ้นอยู่กับความต้องการตามธรรมชาติของร่างกาย เช่น ใช้ในการออกกำลังกาย หรือใช้ในบทบาทหน้าที่การทำงานของร่างกายตามธรรมชาติ ถ้าร่างกายมีการทำงานมากขึ้นก็จำเป็นจะต้องมีการจัดหาพลังงานมาใช้มากยิ่งขึ้น จำนวนพลังงานที่ร่างกายต้องการใช้ในระหว่างกิจกรรมทั่วไปหรือกิจกรรมการออกกำลังกาย จะเท่ากับปริมาณออกซิเจนที่เซลล์ของร่างกายต้องการใช้ให้เป็นประโยชน์ ถ้าเปรียบเทียบจำนวนออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศกับจำนวนออกซิเจนที่หายใจออกในระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ก็จะเป็นสิ่งที่แสดงให้ทราบได้ว่าร่างกายต้องการออกซิเจนเพื่อใช้สำหรับการปฏิบัติกิจกรรมนั้นเป็นจำนวนมากเท่าใด ด้วยเหตุนี้จึงมีการวัดหาค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจน (Oxygen uptake) ซึ่งค่าสูงสุดที่วัดได้ในแต่ละบุคคลจะเรียกว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen uptake or VO_2max) และถูกนำมาใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงระดับสมรรถภาพทางกายที่เกี่ยวกับระบบหายใจและไหลเวียนเลือดหรือสมรรถภาพทางแอโรบิก

ในขณะที่มีการปฏิบัติกิจกรรมมากขึ้น กล้ามเนื้อที่ถูกใช้งานนั้นก็จำเป็นจะต้องได้รับออกซิเจนเป็นจำนวนเพิ่มมากขึ้นด้วย ความต้องการใช้ออกซิเจนในขณะปฏิบัติกิจกรรมโดยปกติจะอยู่ที่ประมาณ 3 – 6 ลิตรต่อนาที (ในขณะที่อยู่ในช่วงพักจะต้องการใช้ออกซิเจนประมาณ 0.3 ลิตรต่อนาทีเท่านั้น) เมื่อการออกกำลังกายมีความเข้มข้นมากขึ้นก็จะทำให้การจัดหาออกซิเจนให้ได้ตามปริมาณที่กล้ามเนื้อต้องการมีความยากลำบากมากขึ้น ถ้าออกซิเจนที่ต้องการใช้มีมากเกินกว่าความสามารถที่จะจัดหาให้ได้ ก็จะทำให้ร่างกายกลับเข้าสู่สภาวะการใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกอีกครั้ง ซึ่งจุดที่เกิดขึ้นนี้จะเรียกว่า ระดับกั้นแบบไม่ใช้ออกซิเจนหรือจุดเริ่มต้นที่มีการใช้พลังงานจากระบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic threshold) หมายความว่า เมื่อมีความเข้มข้นของการออกกำลังกายเพิ่มมากขึ้นจนเหนื่อยถึงระดับกั้นนี้ ร่างกายจะได้รับออกซิเจนจากการหายใจไม่เพียงพอ ซึ่งทำให้ระบบพลังงานชนิดที่ต้องการใช้ออกซิเจนไม่สามารถลำเลียงเอทีพีให้แก่ร่างกายได้อีก จึงต้องเพิ่มความต้องการในการทำงานของเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic respiration) ถ้าร่างกายมีการใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดในระหว่างการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นสูง ก็จะทำให้มีการผลิตกรดแลคติกเกิดขึ้นในกล้ามเนื้อที่ถูกใช้งานนั้นเพิ่มขึ้น จากนั้นกรดแลคติกจะเข้าสู่กระแสเลือดและถูกส่งไปที่ตับ ถ้าการออกกำลังกายมีความเข้มข้นลดลง กรดแลคติกนี้ก็จะสามารถถูกเปลี่ยนให้นำกลับไปใช้เป็นประโยชน์ใหม่ได้อีก ความเข้มข้นของกรดแลคติกในกระแสเลือดจะเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงระดับกั้นแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้และบ่อยครั้งที่ถูกใช้เป็นตัวอย่างเพื่อพิจารณาถึงระดับกั้นของแต่ละบุคคลเช่นเดียวกับการใช้ร้อยละของอัตราเต้นหัวใจสูงสุด โดยการนำตัวอย่างของเลือดในแต่ละบุคคลที่ทำการออกกำลังกายมาตรวจสอบ ก็จะแสดงให้เห็นถึงจุดที่ชัดเจนของระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วได้

2.3.1 การใช้พลังงานในระหว่างการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง

กรณีที่เป็นการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าระดับสูงสุด (Submaximum exercise) การใช้พลังงานจะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับระดับความเข้มข้นของการออกกำลังกาย กล่าวคือ ถ้ามีความเข้มข้นมากขึ้นก็จะมีการใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตมากขึ้น แต่ในระหว่างการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นต่ำ (เช่น การเดิน) แหล่งพลังงานที่สำคัญจะได้มาจากกรดไขมัน เมื่อการออกกำลังกายมีความเข้มข้นมากขึ้นก็จะมีการใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรต (กลูโคสและไกลโคเจนในเลือด) ในอัตราส่วนที่มากขึ้น และจะได้พลังงานจากไตรกลีเซอไรด์ในกล้ามเนื้อมาช่วยสนับสนุนใช้เป็นพลังงานโดยรวมในปริมาณที่เท่าๆ กัน และเมื่อมีการออกกำลังกายอย่างยาวนานต่อไปอีก

ทั้งไกลโคเจนและไตรกลีเซอไรด์จะถูกนำมาใช้เป็นพลังงานน้อยลง แต่กลูโคสและกรดไขมันจะกลายเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากขึ้น สำหรับการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นสูงนั้น ไกลโคเจนจะเป็นแหล่งพลังงานที่มีความสำคัญ แต่อัตราการเผาพลาญพลังงานจากไขมันจะลดน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นระดับปานกลาง

สำหรับกรณีของการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นเกินกว่าระดับสูงสุด (Supramaximum exercise) จะมีการใช้เอทีพีที่มีสำรองอยู่ในกล้ามเนื้อให้หมดไปอย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากจะมีการสร้างเอทีพีสำรองขึ้นได้อย่างรวดเร็วในระหว่างการออกกำลังกายนั้นด้วยเช่นเดียวกัน จึงทำให้ไม่ค่อยพบว่าเอทีพีที่ถูกใช้ไปในระหว่างการออกกำลังกายนั้นเหลืออยู่น้อยกว่า 60 % ของระดับที่มีอยู่ในขณะพัก หลังจากที่เริ่มมีการออกกำลังกายก็จะมีการกระตุ้นให้เกิดกระบวนการสร้างพลังงานทั้งในระบบแอนแอโรบิกและแอโรบิกได้อย่างรวดเร็วด้วยเช่นเดียวกัน เพราะฉะนั้นถ้าเป็นกรณีของการออกกำลังกายในระดับสูงสุดที่ใช้ระยะเวลาประมาณ 6 วินาที ถ้ามีการใช้พลังงานจากระบบเอทีพีและซีพีหรือจากระบบไกลโคไลซิสในระบบใดระบบหนึ่งเพียงระบบเดียว ก็จะทำให้ได้รับพลังงานมาช่วยเพียง 50 % ของปริมาณที่ต้องการใช้ทั้งหมดในการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิกนี้เท่านั้น แต่ถ้ามีการใช้พลังงานจากทั้ง 2 ระบบดังกล่าวนี้ร่วมกันก็จะทำให้ได้รับพลังงานมาใช้เพื่อการออกกำลังกายที่ระดับ 20 – 80 % ของระดับสูงสุดได้เป็นเวลานานถึง 30 วินาที (Elliott, 1999) ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าในช่วงก่อนการออกกำลังกายจะมีการสร้างพลังงานจากระบบแอโรบิกได้อย่างจำกัด เนื่องจากมีการขนส่งออกซิเจนให้กับกล้ามเนื้อได้ช้า แต่ออกซิเจนในเลือดและในกล้ามเนื้อรวมกันทั้งหมดนี้จะมีอยู่เพียง 5 %เท่านั้นที่สามารถนำมาใช้ได้ทันที เมื่อเริ่มต้นออกกำลังกายและก็จะสามารถใช้สำหรับการออกกำลังกายในระดับสูงสุดนี้ได้นานเพียงพอแค่ในช่วง 6 วินาทีแรกเท่านั้น

2.3.2 การใช้พลังงานในระหว่างการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง

การปฏิบัติงานในกีฬาหลายชนิดที่เป็นการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นการฝึกซ้อมด้วยวิธีออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง (มีการหยุดพักเป็นระยะๆ) จึงถูกนำมาใช้กับกีฬาเกือบทุกชนิด ความยาวนานของการออกกำลังกายคือสิ่งที่สำคัญที่ทำให้มีการสะสมของแลคเตท (Lactate) ในเลือดและในกล้ามเนื้อ ถ้าระยะเวลาในการออกกำลังกายอยู่ระหว่าง 10 – 20 วินาที จะทำให้มีระดับแลคเตทในเลือดและกล้ามเนื้อเกิดขึ้นสูงกว่าในขณะพักอยู่เล็กน้อย และถ้าเป็นการออกกำลังกายที่มีระยะเวลานานขึ้นเป็น 60 – 100 วินาที ค่าแลคเตทก็จะมีความเข้มข้นสูงมากขึ้น แต่การตอบสนองทางด้านกระบวนการเผาพลาญพลังงานในระหว่างการออกกำลังกายที่

มีความเข้มข้นนี้ยังพบว่ามีความสัมพันธ์กับระยะเวลาของการหยุดพักในแต่ละช่วงของการออกกำลังกายอีกด้วย แลคเตทในเลือดจะถูกสะสมเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องถ้าการออกกำลังกายนั้นมีระยะเวลาหยุดพักนานแค่ 10 วินาที แต่จะมีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กเท่านั้นถ้ามีระยะเวลาการหยุดพักนาน 30 วินาที ภายหลังการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน 5 นาที ระดับความเข้มข้นของซีพีที่เคยมีเหลืออยู่เพียง 40 % ของขณะพักก็จะมีเหลืออยู่เพิ่มมากขึ้นเป็นประมาณ 70 % หลังจากที่มีการหยุดพักเป็นเวลานาน 15 วินาที (Elliott, 1999) ซึ่งอัตราการใช้ไกลโคเจนเป็นพลังงานและอัตราการเกิดกรดแลคติกในระหว่างการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องจะมากกว่าการออกกำลังกายแบบไม่ต่อเนื่อง

3. ความหมาย องค์ประกอบ และการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก

ความหมายและองค์ประกอบของความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก คือ ความสามารถสูงสุดของร่างกายในการออกกำลังกายโดยใช้ระบบการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีองค์ประกอบในการประเมินอยู่ 3 ส่วน คือ

1. พลังแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Power)
2. ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Capacity)
3. ดัชนีความเหนื่อยล้า (Fatigue Index)

3.1 พลังแบบแอนแอโรบิก

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

หมายถึง ความสามารถของการใช้ระบบฟอสฟาเจนในการสร้างพลังงาน ด้วยอัตราที่รวดเร็ว เนื่องจากความสามารถนี้โดยทั่วไปจะวัดภายในช่วง 5 วินาทีแรก (Adams, 1992)

หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะสังเคราะห์พลังงานในระบบฟอสฟาเจน หรือ ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกโดยไม่ใช้ออกซิเจน (Zacharogiannis et al., 2004)

3.2 ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก

หมายถึง ความสามารถสูงสุดในการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจนในช่วงระยะเวลาสั้นๆ โดยใช้พลังงานที่เก็บสะสมในกล้ามเนื้อเป็นหลัก (Medbo and Burgers, 1989)

หมายถึง ความสามารถในการรับพลังงานจากการทำงานร่วมกันของระบบฟอสฟาเจนและระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส (Adams, 1992)

หมายถึง การผลิตพลังงานของร่างกายแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้สูงสุดในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เป็นการแสดงออกทางด้านการทำงานของกล้ามเนื้อเฉพาะบุคคล (Elliott, 1999)

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

หมายถึง ความสามารถสูงสุดในการที่จะรักษาระดับการทำงานของกล้ามเนื้อให้คงอยู่ โดยใช้พลังงานจากระบบเอทีพี – ซีพี และระบบกรดแลคติก ซึ่งเป็นการใช้พลังงานแบบฉับพลัน และการใช้พลังงานแบบระยะสั้นจากไกลโคเจนที่เก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อเป็นหลัก ในขณะที่ปราศจากการใช้ออกซิเจน มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watts) (Lumb, 1984)

McArdle, Katch and Katch (2007) กล่าวว่า ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกหรือกำลังเฉลี่ยนั้น เป็นการแสดงถึงความสามารถในการใช้พลังงานแบบไกลโคไลติก ซึ่งสมรรถภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนนี้ เป็นองค์ประกอบสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งในกีฬาหลายๆ ประเภท โดยเฉพาะกีฬาที่มีการแข่งขันที่ใช้ความสามารถสูงสุด หรือความเร็วสูงสุดที่มีการทำงานซ้ำหลายๆ เที่ยวเป็นระยะเวลานาน เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล รักบี้ฟุตบอล เทนนิส เป็นต้น

3.3 ดัชนีความเหนื่อยล้า

เป็นตัวที่บ่งบอกถึงความล้าของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นหลังจากการทำงานหนักแบบไม่ใช้ออกซิเจน ถ้าดัชนีความเหนื่อยล้ามีค่ามากแสดงว่า กล้ามเนื้อมีความล้าสูง หมายถึง กล้ามเนื้อมีความอดทนต่อกรดแลคติกในระดับต่ำและในทางกลับกัน ถ้าดัชนีความเหนื่อยล้ามีค่าน้อย แสดงว่ากล้ามเนื้อมีความล้าต่ำนั่น หมายถึง กล้ามเนื้อมีความอดทนต่อกรดแลคติกในระดับสูง (Zacharogiannis et al., 2004)

3.4 การพัฒนาการทำงานของระบบแอนแอโรบิก

Baechle (1994) ได้กล่าวถึงรูปแบบและวิธีการในการพัฒนาการทำงานของระบบแอนแอโรบิกไว้ว่า การฝึกแบบแอนแอโรบิกมีวิธีการและรูปแบบในการฝึกที่หลากหลาย เช่น การสปริ๊นท์ การวิ่งขึ้นบันได การฝึกแบบพลัยโอเมตริก เหล่านี้เป็นเพียงบางส่วนของกิจกรรมการฝึกที่สามารถใช้ในการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก บางโปรแกรมการฝึกให้ความสำคัญต่อระบบฟอสฟาเจน เช่น การสปริ๊นท์และการฝึกพลัยโอเมตริก ซึ่งเป็นรูปแบบการฝึกที่ใช้ระยะเวลา

น้อยกว่า 10 วินาที และมีการพักอย่างเต็มที่ประมาณ 5 – 10 นาที ดังนั้น กรดแลคติกจะไม่สะสมในปริมาณมาก และนักกีฬาสามารถปฏิบัติที่ความหนักสูงสุดได้ การฝึกรูปแบบนี้จะเพิ่มความสามารถของความเร็วและพลัง ขึ้นอยู่กับการระดมระบบประสาทที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะต้องมีการพักฟื้น เพราะความเร็วและพลังไม่สามารถพัฒนาได้เมื่อนักกีฬาปฏิบัติทักษะในขณะที่เมื่อยล้า ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญของการฝึกที่ให้ความสำคัญต่อระบบฟอสฟาเจน แต่ในการฝึกระบบไกลโคไลติก จะมีช่วงการพักที่สั้นและใช้การปฏิบัติที่ต่ำกว่าความเร็วและพลังสูงสุด การผสมผสานการเผาพลาญพลังงานทั้ง 2 ระบบจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จำเป็นในการฝึก เนื่องจากนักกีฬาต้องมีการปฏิบัติทักษะในสภาวะที่เมื่อยล้า อย่างไรก็ตาม การเผาพลาญพลังงานแต่ละระบบจำเป็นต้องฝึกครั้งละรูปแบบเพื่อให้ได้ผลดีที่สุด

Wathen and Roll (1994) กล่าวว่า การฝึกแบบแอนแอโรบิก และกิจกรรมที่มีระยะเวลาน้อยกว่า 2 นาที จะเกี่ยวข้องกับการใช้ระบบฟอสฟาเจนและระบบกรดแลคติกในการให้พลังงาน โดยกิจกรรมที่ใช้ระยะเวลาน้อยกว่า 6 วินาที จะใช้พลังงานส่วนใหญ่จากระบบฟอสฟาเจน ส่วนกิจกรรมที่มีระยะเวลาตั้งแต่ 30 – 90 วินาที จะใช้พลังงานส่วนใหญ่จากระบบไกลโคไลซิส ซึ่งระบบพลังงานนี้สามารถพัฒนาได้โดยใช้รูปแบบการฝึกแบบสลับช่วง สิ่งที่สำคัญก็คือ ถึงแม้ว่าระบบพลังงานหนึ่งอาจจะเป็นแหล่งสำคัญในการให้พลังงานในการทำกิจกรรมใดๆ แต่ระบบพลังงานทั้งหมดจะถูกใช้ในการให้พลังงานอยู่ตลอดเวลา

Sharkey and Gaskill (2006) กล่าวว่า กีฬาที่ต้องใช้แรงสูงสุด เช่น การยกน้ำหนัก การสปริ๊นท์ พลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่จะมาจากระบบเอทีพี ซีพี ที่สะสมอยู่ในร่างกาย และจากการสลายไกลโคเจนโดยไม่ใช้ออกซิเจน การหดตัวของกล้ามเนื้อในระยะสั้นอย่างรวดเร็วจะนำไปสู่การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและอาจจะเพิ่มเอนไซม์ในระบบเอทีพี ซีพี และระบบไกลโคไลซิส ความพยายามในการฝึกระบบพลังงานนี้ด้วยการใช้ความพยายามอย่างหนักเป็นเวลา 30 วินาที สามารถเพิ่มความสามารถของกิจกรรมที่ใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสได้ 10 – 15 % อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ของการฝึกเพื่อเพิ่มสมรรถภาพยังไม่ชัดเจน อาจเป็นไปได้ที่การพัฒนาจะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular) รวมถึงการเพิ่มความแข็งแรง ดังนั้น สามารถสรุปประโยชน์ของการฝึกแบบแอนแอโรบิกว่าเป็นความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน และเนื่องจากเป็นการฝึกที่ใช้ความหนักสูง สามารถทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ จึงควรใช้ความหนักที่เหมาะสมในการฝึกแบบสลับช่วง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในนักกีฬาระดับเยาวชน นักกีฬาที่ใช้พลังและการสปริ๊นท์ในการแข่งขัน จำเป็นต้องมีการฝึกแบบแอนแอโรบิกที่เพียงพอ เพื่อเป็นพื้นฐานของสมรรถภาพและป้องกันการบาดเจ็บและส่งเสริมประสิทธิภาพขณะใช้ความพยายามสูงสุด

Powers and Howley (2009) กล่าวว่า สถานการณ์ในการแข่งขันที่ใช้เวลาน้อยกว่า 6 วินาที ร่างกายจะใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิกเป็นสำคัญ โดยทั่วไปการฝึกเพื่อเพิ่มพลังแบบแอนแอโรบิกจำเป็นต้องเพิ่มสมรรถภาพของทั้งระบบแอทีพี ซีพี และ ระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส อย่างไรก็ดี บางกิจกรรมต้องการการสนับสนุนของทั้ง 2 ระบบในการให้พลังงานที่จำเป็นในการแข่งขัน นอกจากนั้นโปรแกรมการฝึกต้องมีการใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเดียวกันกับที่นักกีฬาใช้ในขณะแข่งขัน

Aziz, Chia and Teh (2000) กล่าวว่า ในการฝึกวิ่งระยะทาง 40 เมตร ด้วยการฝึกแบบซ้ำเที่ยว เป็นการฝึกที่ใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิก เพราะการวิ่งเร็วเป็นการฝึกแบบเจาะจงซึ่งคล้ายกับการใช้ความสามารถในการแข่งขันจริงมากกว่าการฝึกแบบอื่นๆ และสามารถกำหนดรูปแบบการฝึกได้ เช่น ระยะทางในการวิ่ง จำนวนเที่ยวในการวิ่ง ระยะเวลาในการพักระหว่างเที่ยว ซึ่งสามารถปรับให้เหมาะสมกับการแข่งขันจริงได้

ในเรื่องการพัฒนาการทำงานของระบบแอนแอโรบิกสามารถสรุปได้ดังนี้ วิธีการพัฒนาการทำงานของระบบแอนแอโรบิกมีหลายรูปแบบ เช่น การฝึกแบบสลับช่วง การฝึกความเร็ว การฝึกพลัยโอเมตริก การฝึกวิ่งแบบซ้ำเที่ยว ซึ่งการเลือกใช้รูปแบบการฝึกต้องคำนึงถึงรูปแบบที่ใช้ในการแข่งขันจริงเป็นสำคัญ โดยที่การฝึกระบบฟอสฟาเจนนั้นใช้เวลาในช่วงเวลาสั้นๆ (น้อยกว่า 10 วินาที) และต้องให้มีการพักอย่างเต็มที่ (5 – 10 นาที) ส่วนการฝึกระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสจะใช้ระยะเวลาในการฝึกที่นานกว่า (20 – 60 วินาที) และมีระยะเวลาในการพักที่สั้นกว่าการฝึกระบบฟอสฟาเจน

4. ความหมาย องค์ประกอบ และการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก

ความหมายและองค์ประกอบของความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก คือ ความสามารถสูงสุดของร่างกายในการออกกำลังกายโดยใช้ระบบการสร้างพลังงานแบบใช้ออกซิเจนนั้น ตัวแปรที่นิยมมาใช้ในการวัดความสามารถทางด้านนี้คือ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen uptake, VO_2max)

ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) กล่าวไว้ว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด หมายถึง ปริมาณของออกซิเจน (มิลลิลิตร) ที่ร่างกายรับไปให้เซลล์ต่อนาที ซึ่งถูกกำหนดโดยปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงเนื้อเยื่อ และปริมาณของออกซิเจนที่แพร่จากเลือดเข้าสู่เนื้อเยื่อ หน่วยที่ใช้ในการวัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด คือ มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ความสามารถในการใช้ออกซิเจนเป็นตัวบ่งชี้ของการทำหน้าที่ของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ มีความสัมพันธ์อย่างยิ่งในการผลิตพลังงานเพื่อใช้ในการออกกำลังกายได้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน โดย

ออกซิเจนจะรับการลำเลียงเข้าสู่เซลล์บริเวณไมโทคอนเดรีย และขบวนการนี้คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกขับออกจากร่างกาย ขณะที่ร่างกายออกกำลังกายอย่างหนักขึ้น ขบวนการขนถ่ายออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์จะทำงานเร็วขึ้น จนในที่สุดเซลล์และเนื้อเยื่อไม่สามารถสกัดและรับออกซิเจนมาใช้ได้อีกต่อไป ถึงแม้ว่าความหนักของงานหรือการออกกำลังกายจะมีความหนักเพิ่มขึ้น เมื่อนั้นร่างกายก็ได้ออกกำลังกายที่ระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะแตกต่างกันออกไปตามสถานะทางเพศ อายุ และขนาดรูปร่าง

วรรณี เจิมสุรวงศ์ (2539) ได้กล่าวว่า การที่ร่างกายมีการประสานงานกันเป็นอย่างดีระหว่างระบบการไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ จะส่งผลให้เป็นผู้ที่มีสุขภาพดี สามารถประกอบกิจกรรมต่างๆ ได้เป็นเวลานาน ไม่เหนื่อยง่าย เพราะมีความสามารถในการจับออกซิเจนที่ดี มีหัวใจที่แข็งแรง ปอดมีพื้นผิวสำหรับแลกเปลี่ยนแก๊สมาก มีหลอดเลือดที่แข็งแรง มีประสิทธิภาพในการลำเลียงออกซิเจน และเนื้อเยื่อมีการดึงออกซิเจนมาใช้ได้ดี ร่างกายสามารถผลิตพลังงานแบบแอโรบิกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุเทพ ชานุ (2545) ได้กล่าวว่า สิ่งที่กำหนดสมรรถภาพการจับออกซิเจนนั้น นอกจากสมรรถภาพทางกายแล้ว จะต้องมาจากการทำงานของระบบหายใจและระบบไหลเวียนเลือด การทำงานของหัวใจและหลอดเลือดนั้น มีความสัมพันธ์กับระบบหายใจ ดังนั้น ผู้ถูกทดสอบที่มีสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดอยู่ในเกณฑ์ดี จะต้องมีการประสานที่ดีของระบบหายใจและระบบไหลเวียนเลือดด้วย ในการทำงานหรือออกกำลังกายอย่างใดอย่างหนึ่งต้องอาศัยความแข็งแรงของหัวใจประสิทธิภาพของระบบไหลเวียนเลือด และความอดทนของกล้ามเนื้อดีเยี่ยมย่อมจะเป็นผู้ชนะในการแข่งขันนั้น

ACSM (2006) ได้กล่าวไว้ว่า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด หมายถึง ความสามารถสูงสุดของแต่ละบุคคลในการส่งและใช้ออกซิเจนขณะที่ปริมาณการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นตัวที่แสดงให้เห็นถึงสมรรถภาพทางกายของแต่ละบุคคล โดยที่คำย่อ VO_2max มาจาก V คือ ปริมาตรต่อเวลา (Volume Per Time) O_2 คือ ออกซิเจน (Oxygen) Max คือ สูงสุด (Maximum) โดยที่ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีหน่วยจริง (Absolute rate) เป็น ลิตรต่อนาที (l/min) และ หน่วยที่สัมพันธ์กับน้ำหนัก (Relative rate) เป็น มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที (ml/kg/min)

สนธยา สีละมาด (2547) ได้กล่าวถึงวิธีการฝึกซ้อมความอดทนแบบใช้ออกซิเจนว่า ต้องเป็นวิธีการที่สนับสนุนให้มีการพัฒนาของระบบหัวใจไหลเวียนเลือด ความสามารถในการเผาพลาญอาหารของกล้ามเนื้อ และการทำงานของประสาทกล้ามเนื้อ และวิธีการที่นิยมนำมาใช้

พัฒนาความอดทนแบบใช้ออกซิเจนจะประกอบด้วย การออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง (Continuous exercise) และการออกกำลังกายแบบสลับช่วง (Interval exercise)

การออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง เป็นลักษณะการปฏิบัติกิจกรรม เช่นการวิ่งการปั่นจักรยาน หรือการว่ายน้ำอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ 30 นาทีขึ้นไป ถึง 2 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับระดับความสามารถและจุดมุ่งหมายของการฝึกซ้อม อย่างไรก็ตามสำหรับการพัฒนาความอดทนแบบใช้ออกซิเจนด้วยรูปแบบการทำงานอย่างต่อเนื่องจะถูกจำกัดด้วยความหนักของการทำงาน การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องส่วนใหญ่จะปฏิบัติที่ระดับความหนักต่ำกว่าสูงสุด แต่ถ้านักกีฬาต้องการออกกำลังกายให้ได้ระยะเวลานานขึ้น ความหนักของการทำงานก็จะลดต่ำลง

การออกกำลังกายแบบสลับช่วง เป็นรูปแบบที่ช่วยให้นักกีฬามีการทำงานอย่างหนักเพิ่มขึ้นโดยการสลับช่วงของการทำงานด้วยช่วงของการฟื้นสภาพ ขณะช่วงของการทำงาน ร่างกายจะก้าวขึ้นไปสู่การเป็นหนี้ออกซิเจนและผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ส่วนขณะช่วงการฟื้นสภาพ หัวใจและปอดจะยังคงมีการทำงานสูงในการทำงานที่จะชดใช้การเป็นหนี้ออกซิเจนและการสำรองออกซิเจนเพื่อใช้ในการเผาผลาญกรดแลคติกและการสังเคราะห์พลังงานกลับคืน การฝึกซ้อมจึงส่งผลให้ร่างกายมีการพัฒนาด้วยการเพิ่มขึ้นของหลอดเลือดแดงฝอย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวใจ การปรับปรุงการควบคุมกรดด่างของร่างกาย ซึ่งจะเป็นผลนำไปสู่การปรับปรุงความสมบรูณ์ทางกายที่เกี่ยงข้องกับการทำงานของระบบหัวใจไหลเวียนเลือด

จากเรื่องการพัฒนาการทำงานของระบบแอโรบิกสามารถสรุปได้ว่า ในการพัฒนาความสามารถของระบบแอโรบิกวิธีที่นิยมใช้ ได้แก่ การฝึกแบบต่อเนื่อง การฝึกแบบวงจร การฝึกแบบสลับช่วง ซึ่งการออกแบบการฝึกต้องคำนึงถึงความหนักในการฝึก ระยะเวลาในการฝึก ความถี่ในการฝึก และอัตราการเพิ่มความหนักของการฝึกเป็นสำคัญ

5. การฝึกแบบสลับช่วง

การปฏิบัติกิจกรรมที่กระทำโดยไม่มีการหยุดระหว่างการฝึกจะเรียกการฝึกนั้นว่า การฝึกแบบต่อเนื่อง แต่ถ้าการฝึกนั้นถูกแบ่งออกเป็นช่วงโดยมีช่วงปฏิบัติกิจกรรมสลับกับช่วงพักหรือช่วงการฟื้นตัว ก็จะเรียกการฝึกนั้นว่า การฝึกแบบสลับช่วง (Interval Training)

Powers and Howley (1996) ได้กล่าวไว้ว่า การฝึกแบบสลับช่วง เป็นการออกกำลังกายที่แบ่งออกเป็นช่วงๆ โดยมีช่วงของการพื้นสภาพในระหว่างการฝึกหรือการออกกำลังกาย การฝึกแบบสลับช่วงที่มีระยะทางมากจะส่งผลทำให้ร่างกายใช้พลังงานแบบใช้ออกซิเจน และส่งผลให้ร่างกายมีการพัฒนาความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนเพิ่มสูงขึ้น

Wilmore and Costill (1994) ได้กล่าวไว้ว่า การฝึกแบบสลับช่วง เป็นการฝึกแบบเป็นช่วงซ้ำๆ โดยประกอบด้วยช่วงของการฝึกซึ่งมีความหนักที่สูง ร่วมกับช่วงของการพักสั้นๆ การฝึกแบบสลับช่วงจะส่งผลให้มีการพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจน เนื่องจากช่วงของการพักจะส่งผลทำให้ร่างกายมีการฟื้นสภาพ การฝึกวิธีนี้จะช่วยพัฒนาความอดทนในการทำงานของร่างกายแบบใช้ออกซิเจนได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

Plowman and Smith (2003) ได้กล่าวถึงการฝึกแบบสลับช่วง คือ การออกกำลังกายแบบแอโรบิกและ/หรือแอนแอโรบิกที่กำหนดจากองค์ประกอบ 3 ประการ คือ การกำหนดช่วงของการปฏิบัติงาน เวลาที่กำหนด และระยะเวลาเวลาที่กำหนดสำหรับการฟื้นตัวจากการปฏิบัติงานก่อนที่จะปฏิบัติการฝึกซ้ำในช่วงต่อไป การฝึกแบบนี้ส่วนมากจะใช้ในโปรแกรมฝึกเพื่อการแข่งขันของกีฬาชนิดต่างๆ เช่น บาสเกตบอล วิ่งระยะสั้นและระยะกลาง เป็นต้น การฝึกรูปแบบนี้จะประกอบด้วยช่วงฝึกที่มีความเข้มข้นสูงสลับกับช่วงหยุดพัก ซึ่งหมายถึงการปฏิบัติกิจกรรมการฝึกที่มีความเข้มข้นระดับหนึ่งซ้ำๆ กันเป็นช่วง เป็นรอบ หรือเป็นเซต โดยแต่ละช่วงของการฝึกจะมีช่วงพัก ซึ่งอาจใช้เวลาที่เท่ากันกับเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการฝึก หรืออาจจะใช้เวลามากกว่าเล็กน้อย ในระหว่างช่วงการหยุดพัก สารเคมีที่ทำให้ให้เกิดอาการล้าจะมีโอกาสถูกจำกัดออกไปได้มากขึ้น และสิ่งที่เป็นต้นตอของพลังงานใหม่ก็จะถูกนำเข้ามาใช้ในกล้ามเนื้อ ยกตัวอย่างการฝึกของนักวิ่งระยะทาง 1,500 เมตร อาจใช้วิธีฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งเป็นระยะทาง 400 เมตร ในเวลา 60 วินาที เป็นจำนวน 8 เที่ยว โดยมีการหยุดพักระหว่างการวิ่งในแต่ละเที่ยวเป็นเวลา 3 นาที เป็นต้น

ความคิดเกี่ยวกับการฝึกแบบสลับช่วง ได้เกิดขึ้นเป็นเวลานานหลายสิบปีมาแล้ว และได้มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงรูปแบบที่ได้กำหนดใช้ช่วงระยะเวลาของการปฏิบัติกิจกรรมในช่วงสั้นๆ จนถึงช่วงนานปานกลาง มาเป็นรูปแบบที่กำหนดใช้ช่วงเวลาของการหยุดพักจากระยะสั้นถึงระยะทางปานกลาง หรือใช้วิธีลดความหนักของงานลงมาแทนการหยุดพัก เป็นต้น ความคิดเกี่ยวกับการฝึกแบบนี้จะมีรากฐานจากการอาศัยหลักการทางสรีรวิทยา ซึ่ง Wilmore and Constill (1988) ได้สรุปว่า มีผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นว่านักกีฬาจะสามารถปฏิบัติงานได้มากขึ้น โดยการหยุดพักการปฏิบัติงานเป็นช่วงเวลาสั้นๆ หรือโดยการลดปริมาณของการฝึกลง หรือโดยการกระจายความเข้มข้นของงานและการหยุดพักเป็นช่วงๆ สลับกันอย่างต่อเนื่องและเหมาะสม โดยปกติ ช่วงการฝึกและช่วงการหยุดพักจะมีความเท่ากัน และสามารถใช้ระยะเวลาได้หลากหลาย นับตั้งแต่หลายวินาทีไปจนถึง 5 นาที หรือมากกว่า ซึ่งมีข้อเสนอแนะว่า โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงควรจะมีการใช้ระยะเวลาทั้งแบบช่วงสั้นและแบบช่วงยาว เพื่อให้ได้รับการฝึกอย่างหลากหลายในการเพิ่มสมรรถภาพทั้งทางด้านแอโรบิกและแอนแอโรบิก

เหตุผลพื้นฐานสำหรับการนำวิธีฝึกแบบสลับช่วงมาใช้ในโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายทั่วไปและประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของกีฬานั้น มีข้อสันนิษฐานที่สำคัญ 2 ประการ คือ ประการแรก การฝึกแบบสลับช่วงเป็นการฝึกที่ดีกว่าการฝึกแบบต่อเนื่องในด้านการปรับตัวของระบบประสาทที่มีต่อการเคลื่อนไหวที่ใช้ในการแข่งขัน ประการที่สอง การฝึกแบบสลับช่วงจะทำให้มีระดับความเข้มข้นของการฝึกอยู่ในขอบเขตของการเผาพลาญพลังงานในแบบแอโรบิกได้มากกว่า ข้อสันนิษฐานทั้ง 2 ประการนี้ อยู่บนพื้นฐานความจริงที่ว่า นักกีฬาจะไม่สามารถรักษาความเข้มข้นของการฝึกให้อยู่ในระดับเดียวกับการแข่งขันได้ตลอดเวลาของการฝึกแบบต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการแบบสลับช่วงและการฝึกแบบต่อเนื่องที่มีต่อความอดทนทางแอโรบิกซึ่งมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ข้อได้เปรียบของการฝึกแบบสลับช่วงก็คือ สามารถใช้ระยะเวลาในแต่ละช่วงของการฝึกได้อย่างหลากหลาย ซึ่งอาจทำให้ลดความน่าเบื่อหน่ายลงได้มากกว่าการฝึกรูปแบบอื่น แต่มีข้อเสียเปรียบที่สำคัญของการฝึกแบบสลับช่วง คือ จะต้องใช้ระยะเวลารวมทั้งหมดยาวนานมากขึ้น จึงจะเสร็จสิ้นการฝึกโดยสมบูรณ์ และอาจมีผลลัพธ์ในทางตรงข้ามกันต่อผู้ที่มีความมุ่งมั่นในการฝึกอย่างจริงจังเป็นระยะเวลานานๆ ได้ โดยธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล (2552) ได้กล่าวถึงคำนิยามที่มีการใช้ในการฝึกแบบสลับช่วง ประกอบด้วยคำว่า

1. เซต (Set)
2. จำนวนของการปฏิบัติซ้ำ (Repetition)
3. ระยะเวลาที่ใช้ฝึก (Training time)
4. ระยะทางของการฝึก (Training distance)
5. ความถี่ของการฝึก (Frequency)
6. ช่วงปฏิบัติงานฝึกและช่วงหยุดพัก (Work interval and rest) หรือช่วงฟื้นตัว

สอดคล้องกับองค์ประกอบที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะของการฝึกแบบสลับช่วง คือ

1. จำนวนครั้งที่กระทำต่อเซต และจำนวนเซตที่ทำการฝึก
2. ความหนักและระดับความเร็วที่ใช้ในการฝึก
3. ช่วงระยะเวลาหรือระยะทางที่ใช้ในการฝึก
4. ช่วงระยะเวลาหรือระยะทางที่ใช้ในการพักฟื้นร่างกาย
5. กิจกรรมที่กระทำในระหว่างช่วงพักฟื้นสภาพร่างกาย
6. สภาพภูมิประเทศที่ใช้ในการฝึก เช่น วิ่งลงเนิน วิ่งบนพื้นทราย วิ่งริมชายหาด วิ่งในลู่วิ่ง

จากองค์ประกอบดังกล่าวข้างต้นนี้ ช่วยให้สามารถจัดโปรแกรมการฝึกซ้อมที่จะนำไปสู่การพัฒนาได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการพิจารณาปรับตัวแปรข้อใดใน 6 ข้อดังกล่าว ตัวอย่างโปรแกรมการฝึกจากองค์ประกอบ 6 ข้อดังกล่าว เช่น กำหนดระยะทางที่ใช้ในการฝึก 200 เมตร กำหนดความหนักในการฝึกโดยให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงระดับ 180 ครั้งต่อนาที ปรับเพิ่มจำนวนครั้งที่กระทำต่อเซตตามความก้าวหน้าของนักกีฬา ช่วงการพักฟื้นของสภาพร่างกายให้วิ่งเหยาะ 90 วินาที เพื่อให้อัตราการเต้นของหัวใจปรับลดลงสู่ระดับ 120 ครั้งต่อนาที สภาพภูมิประเทศที่ใช้ในการฝึก คือ ใช้การฝึกบนลู่วิ่ง

เจริญ กระบวนรัตน์ (2545) ได้แบ่งการฝึกแบบสลับช่วงออกเป็น 3 ระยะ หรือ 3 ช่วง คือ

1. การฝึกแบบสลับช่วงโดยใช้ระยะเวลาในการฝึกแต่ละช่วง 5 ถึง 30 วินาที (Short – Interval training)
2. การฝึกแบบสลับช่วงโดยใช้ระยะเวลาในการฝึกแต่ละช่วง 30 วินาที ถึง 2 นาที (Intermediate – Interval training)
3. การฝึกแบบสลับช่วงโดยใช้ระยะเวลาในการฝึกแต่ละช่วง 2 ถึง 5 นาที (Long – Interval training)

สอดคล้องกับ ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล (2552) ที่กล่าวว่า การฝึกแบบสลับช่วงสามารถแบ่งลักษณะความแตกต่างที่สำคัญตามระบบการใช้พลังงานออกได้เป็น 3 ชนิด คือ ชนิดแอโรบิก ชนิดแอนแอโรบิก และชนิดผสมระหว่างแอโรบิกและแอนแอโรบิก ซึ่งมีลักษณะดังนี้

5.1 การฝึกชนิดแอนแอโรบิก

เป็นการฝึกที่มีความเข้มข้นมากกว่าชนิดแอโรบิก คือ ต้องพยายามใช้ความเร็วในการวิ่งให้มากกว่าความเร็วที่ใช้ในการแข่งขันจริง แต่ระยะทางในการฝึกวิ่งแต่ละช่วงจะต้องสั้นกว่าระยะทางที่แข่งขันจริง และช่วงพักจะใช้เวลานานประมาณ 2 นาที อัตราการเต้นของหัวใจ และความสามารถในการใช้ออกซิเจนจะคล้ายกับการฝึกชนิดที่อยู่ระหว่างแอโรบิกและแอนแอโรบิก แต่จะมีค่าแลคเตทในเลือดสูงกว่า

การฝึกสลับช่วงแบบแอนแอโรบิกเป็นรูปแบบการฝึกที่ผสมกันระหว่างกิจกรรมที่มีความหนักสูง เช่น การปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดบนจักรยานฟิตเนสเป็นเวลา 30 วินาที การว่ายน้ำด้วยความเร็วสูงสุด หรือการวิ่งสปรินท์ระยะทาง 50 เมตร เป็นต้น หลังจากปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้แล้ว จะตามด้วยการหยุดพักหรือปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักเบาลงมา การฝึกในรูปแบบนี้เป็นกิจกรรมที่มีความหนักสูงและเป็นประโยชน์ต่อสมรรถภาพของผู้ที่ฝึก (ในระดับความหนักที่มีความเหมาะสม) อย่างไรก็ตาม การฝึกสลับช่วงแบบแอนแอโรบิกเป็นกิจกรรมที่มีความยากสำหรับ

บุคคลส่วนใหญ่และไม่มีแรงกระตุ้นหรือความจำเป็นต้องฝึกในรูปแบบนี้ ถึงแม้ว่าจะมีความปลอดภัยสำหรับผู้ที่มีสุขภาพดีก็ตาม การฝึกแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูงควรนำมาใช้ฝึกหลังจากผ่านการฝึกที่พัฒนาพื้นฐานสมรรถภาพด้านแอโรบิกมาแล้ว เมื่อมีการพัฒนาพื้นฐานด้านแอโรบิกแล้ว จึงเริ่มฝึกแบบสลับช่วงที่มีความหนักสูง ซึ่งนักกีฬาไม่ควรเริ่มการฝึกโดยใช้ความหนักในระดับสูงสุด แต่ควรเริ่มจากการเพิ่มความหนักอย่างค่อยเป็นค่อยไป

5.2 การฝึกชนิดที่อยู่ระหว่างแอโรบิกและแอนแอโรบิก

เป็นการฝึกที่ใช้ความเร็วเกือบเท่ากับความเร็วที่ใช้ในการแข่งขัน ซึ่งการฝึกเช่นนี้จะต้องใช้พลังงานอยู่ระหว่าง 80 – 95 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด หรือมีอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ระหว่าง 80 – 100 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด แต่ช่วงของงานที่ปฏิบัติในแต่ละช่วงจะมีระยะทางสั้นกว่าและมีระยะเวลาการพักยาวนานมากขึ้น คือ อยู่ระหว่าง 60 – 90 วินาที

5.3 การฝึกชนิดแอโรบิก

เป็นการฝึกที่ประกอบด้วยกิจกรรม เช่น การวิ่ง และการว่ายน้ำ ที่มีการฝึกซ้ำๆ ด้วยระยะทางสั้นๆ โดยใช้ความเร็วต่ำกว่าความเร็วที่ใช้ในการแข่งขันพอสมควร และใช้ช่วงระยะเวลาการพักเป็นช่วงสั้นๆ เพียง 5 – 15 วินาที เช่น นักกีฬาประเภทวิ่ง 10 กิโลเมตร จะต้องใช้วิธีฝึกด้วยระยะทาง 400 เมตร เป็นจำนวน 20 เที่ยว โดยใช้อัตราความเร็วในการวิ่งต่ำกว่าความเร็วที่ใช้ในการแข่งขันจริงประมาณ 5 – 6 วินาที ต่อนาที ซึ่งการฝึกเช่นนี้ จะอยู่ในระดับประมาณ 65 – 75 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

การฝึกชนิดแอโรบิกจะช่วยสร้างรากฐานความอดทนทางแอโรบิกได้อย่างมาก การฝึกที่อยู่ระหว่างระบบแอโรบิกและแอนแอโรบิกจะช่วยพัฒนาความเร็วและการรับรู้ความรู้สึกของอัตราความเร็วที่ใช้ในการแข่งขัน ส่วนการฝึกชนิดแอนแอโรบิกจะช่วยพัฒนาความแข็งแรงของขา เพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันตัวเองของกล้ามเนื้อ และเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดแลคเตทออกจากกล้ามเนื้อ

5.4 การกำหนดรูปแบบในการฝึกแบบสลับช่วง

การฝึกแบบสลับช่วงจะสามารถใช้ได้กับนักกีฬาหรือกิจกรรมเกือบทุกชนิด โดยการเลือกรูปแบบหรือวิธีปฏิบัติ และปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับกีฬาและนักกีฬา ซึ่งมีตัวแปรต่างๆ ที่จะต้องปรับให้เหมาะสมกับนักกีฬาแต่ละคน ได้แก่

5.4.1 อัตราความหนักของงานและระยะทาง หรือเวลาที่ฝึกปฏิบัติแต่ละช่วง

ความหนักที่ใช้ในการฝึกขึ้นอยู่ว่าจะฝึกเพื่อพัฒนาระบบพลังงานใด เวลาหรือระยะทางที่ใช้ก็จะเป็นตัวกำหนดถึงเป้าหมายของระบบพลังงานที่ต้องการพัฒนา เช่น ถ้าวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 40 เมตร กับวิ่ง 400 เมตร ระบบพลังงานที่ใช้ก็มีความแตกต่างกัน โดยความหนักที่ใช้การฝึกแบบสลับช่วงบนลู่วิ่งหรือสระว่ายน้ำมักจะใช้ระยะทางในการกำหนดความหนัก แต่ถ้าฝึกบนจักรยานฟิตเนสหรือลู่วิ่งกล ก็จะใช้การกำหนดความหนักด้วยเวลา อย่างไรก็ตาม เป็นการยากที่จะปฏิบัติตามระยะทางหรือเวลาที่กำหนด ตัวอย่างเช่น ถ้าฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง 400 เมตร นักกีฬาอาจจะไม่สามารถวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดได้อย่างเต็มที่ตามที่ต้องการตลอดระยะทาง นักกีฬาที่วิ่ง 1,500 เมตร อาจจะใช้ระยะทางในการฝึกวิ่งแบบสลับช่วง 400 เมตร โดยพยายามทำเวลาให้ดีกว่า 1 – 4 วินาที จากเวลาในการวิ่ง 400 เมตร ที่ได้จากการแข่งขันวิ่ง 1,500 เมตร (Personal record) ถ้าเวลาที่ดีที่สุดจากการวิ่ง 400 เมตรในการแข่งขันวิ่ง 1,500 เมตร คือ 64 วินาที ดังนั้นในการฝึกแบบสลับช่วง นักกีฬาควรวิ่ง 400 เมตร ภายในเวลา 60 – 63 วินาที และใช้เวลาในการพัก 1, 2 หรือ 3 นาที แล้วจึงฝึกวิ่งซ้ำอีกครั้ง ถ้านักกีฬาวิ่งได้ภายใน 63 วินาที จุดมุ่งหมายของการฝึกควรจะเน้นความเร็วมากกว่าการทำงานของระบบพลังงานแบบไกลโคไลติก ในกรณีนี้ควรจะใช้ระยะเวลาพักสั้นกว่า ถ้านักกีฬาสามารถวิ่งได้เร็วกว่าเวลาที่ดีที่สุด 4 วินาที โดยอาจจะให้ปฏิบัติซ้ำๆ 8 – 12 รอบ นักกีฬาอาจจะวิ่ง 400 เมตรซึ่งใช้เวลาที่เพียง 55 วินาที แต่ในรอบหรือเซตต่อๆ ไปในการฝึก ก็จะไม่สามารถวิ่งโดยใช้เวลานี้ได้ เว้นแต่จะใช้ระยะเวลาที่พักนานขึ้น

วิธีที่ใช้ตรวจสอบความหนัก หรือความเข้มข้นของการฝึกมีอยู่หลายวิธี แต่วิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ตรวจสอบความเข้มข้นของการปฏิบัติกิจกรรมในรูปแบบต่างๆ ได้ ก็คือ การใช้อัตราชีพจร (อัตราการเต้นของหัวใจ) โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านหัวใจชาวเยอรมันชื่อ Reindell ซึ่งเป็นผู้พัฒนาเทคนิคการฝึกแบบสลับช่วงจนได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายมาตั้งแต่ช่วงก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้ให้คำแนะนำว่า ถ้าเป็นการฝึกเพื่อพัฒนาความพร้อมของนักกีฬาเยาวชนในประเภทอดทน ควรใช้ระยะเวลา 30 – 70 วินาทีในช่วงระยะของการปฏิบัติงานเพื่อทำให้อัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ 180 ครั้งต่อนาที และต้องต่อด้วยช่วงของการพักเพื่อฟื้นตัวเป็นเวลานานพอที่จะทำอัตราการเต้นของหัวใจลดลงมาอยู่ที่ 120 ครั้งต่อนาที (Bouchard, Shephard and Stephens, 1994) สอดคล้องกับ เจริญ กระบวนรัตน์ (2545 : 163) ได้นำอัตราการเต้นของชีพจรมาใช้เป็นเกณฑ์กำหนดความหนักในการฝึก คือ ในช่วงหนักของการฝึก ความหนักที่กำหนด (ระยะทางและความเร็ว) ควรมีผลทำให้อัตราการเต้นของชีพจรสูงสุดอยู่ระหว่าง 170 – 180 ครั้งต่อนาที ภายหลังการเสร็จสิ้นการฝึกในช่วง 10 วินาทีแรก หลังจากนั้นประมาณ 90 วินาที อัตราการเต้นของ

ชีพจรควรลดลงเหลือประมาณ 120 – 130 ครั้งต่อนาที ที่สำคัญคือ เวลาที่ใช้ในการฝึกช่วงหนักหรือการวิ่งแต่ละเที่ยวไม่ควรเกิน 90 วินาที เช่นการฝึกวิ่งระยะทาง 400 เมตร จำนวน 10 เที่ยว แต่ละเที่ยวกำหนดให้นักกีฬาวิ่งอยู่ในเวลา 60 วินาที สลับกับช่วงเบา หรือช่วงพักด้วยการวิ่งเหยาะๆ ประมาณ 90 วินาที หลังจากนั้นจึงเริ่มวิ่งในเที่ยวต่อไป แต่ภายหลังจากช่วงการพักหรือช่วงเบาผ่านไป 90 วินาทีแล้ว อัตราการเต้นของชีพจรยังคงเต้นเกินกว่า 140 ครั้งต่อนาที การวิ่งในเที่ยวต่อไปจะต้องลดระยะทางหรือความเร็วลง เพื่อไม่ให้นักกีฬาต้องฝึกหนักเกินไป

การกำหนดความเข้มข้นของงานฝึกอีกวิธีหนึ่งคือ การกำหนดระยะเวลาตามระยะทางที่ใช้ในการฝึกโดยเฉพาะ เช่น ใช้เวลา 30 วินาที สำหรับการฝึกวิ่งในระยะทาง 200 เมตร เป็นต้น มีผู้ค้นพบวิธีง่ายๆ สำหรับการกำหนดระยะเวลาของการฝึกวิ่งให้ได้ตามระยะทางที่ต้องการ ดังนี้ (Wilmore and Costil, 1988)

1. ถ้าเป็นการฝึกวิ่งด้วยระยะทางตั้งแต่ 50 – 200 เมตร เวลาที่กำหนดจะบวกเพิ่มขึ้นจากเวลาที่เร็วที่สุดที่นักกีฬาสามารถกระทำได้ตามระยะทางนั้น เป็นระยะเวลาตั้งแต่ 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 วินาที จะเหลือเท่ากับ 71 วินาที

3. กรณีการฝึกที่ใช้ระยะทางแต่ละช่วงมากกว่า 400 เมตรนั้น ในแต่ละระยะทางของ 400 เมตร จะต้องวิ่งให้ได้ความเร็วเท่ากับเวลาโดยเฉลี่ยของทุกช่วง 800 เมตรของการวิ่ง 5,000 เมตรที่นักกีฬาทำเวลาได้ดีที่สุด และลบออกด้วยเวลา 4 วินาที เช่น กรณีที่กำหนดช่วงฝึก ช่วงละ 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 ไปจนถึงระยะทางหลายกิโลเมตร 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 แต่ส่วนใหญ่นักกีฬา

เหล่านี้มักจะฝึกเป็นช่วงๆ ด้วยระยะทาง 400, 800 และ 1,500 เมตร หรือบางครั้งอาจจะใช้ระยะทางที่มากกว่านี้ ในกรณีที่ใช้ระยะทางการฝึกที่มากเกินกว่าปกติ อาจเป็นเพราะนักกีฬาต้องการยืดระยะทางของช่วงฝึกให้มากกว่าระยะทางที่ใช้ในการแข่งขันตามปกติ ในทางทฤษฎีการฝึกชนิดนี้จะยอมรับให้นักกีฬาใช้ระยะทางการฝึกได้ตามที่ใช้จริงในการแข่งขัน และใช้ความเร็วสูงสุดเท่าที่จะไม่ทำให้เกิดอาการล้าหรือหมดแรง เมื่อสิ้นสุดระยะทางของการปฏิบัติกิจกรรมนั้น การฝึกรูปแบบนี้ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย และเป็นที่ยอมรับว่าการฝึกเช่นนี้ช่วยให้นักกีฬามีสมรรถภาพสูงขึ้น

การฝึกหนักเกินไป อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพร่างกายของนักกีฬาได้ การฝึกซ้อมให้ได้ผลตามเป้าหมายและมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องควบคุมความหนักเบาในการฝึก โดยพิจารณาให้เหมาะสมกับสภาพความพร้อมและพัฒนาการของร่างกายในแต่ละช่วงของการฝึก ซึ่งสามารถคิดเป็นร้อยละความหนักเบาได้ด้วยการพิจารณาเปรียบเทียบจากอัตราการเต้นของชีพจรสูงสุด หรือจากเวลาวิ่งที่ดีที่สุดในแต่ละระยะทางการวิ่งที่ทำสถิติได้ เช่น นักกีฬาสามารถทำสถิติในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ดีที่สุด 50 วินาที ถูกกำหนดให้ฝึกซ้อมในระยะทาง 400 เมตร ตามโปรแกรมการฝึกโดยใช้ความเร็วหรือความหนัก 90% ของความสามารถสูงสุด ดังนั้น เพื่อให้ได้ผลการฝึกตรงตามเป้าหมายที่กำหนด การประเมินเวลาที่นักกีฬาควรจะใช้ในการฝึกซ้อมวิ่งระยะทาง 400 เมตร ด้วยความเร็ว 90% มีวิธีการดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 คำนวณหาความเร็วในการวิ่งเป็นเมตรต่อวินาที ด้วยการนำเอาระยะทางที่วิ่ง หารด้วยเวลาหรือสถิติที่ดีที่สุดที่นักกีฬาผู้นั้นทำไว้

$$\text{ความเร็ว} = \frac{\text{ระยะทาง}}{\text{เวลาที่ดีที่สุด}}$$

$$= 400 \text{ เมตร} / 50 \text{ วินาที}$$

$$= 8 \text{ เมตร} / \text{วินาที}$$

ขั้นที่ 2 คำนวณหาความเร็วที่นักกีฬาควรจะใช้ในการฝึกวิ่งที่ระดับ 90 % ของความสามารถสูงสุดเป็นเมตรต่อวินาที ด้วยการนำร้อยละความหนักในระดับที่ต้องการฝึก คูณด้วยอัตราความเร็วที่ดีที่สุดเป็นเมตรต่อวินาที

(ระดับความหนักในการฝึก x อัตราความเร็วสูงสุดเป็นเมตรต่อวินาที)

ระดับความหนักในการฝึก เท่ากับ 90 / 100 = 0.9

0.9 x 8 เมตร/ วินาที = 7.2 เมตร/วินาที

ขั้นที่ 3 ประเมินเวลาที่นักกีฬาจะต้องใช้ในการฝึกวิ่งระยะทาง 400 เมตร ที่ระดับความหนัก 90 % ของความสามารถสูงสุด ด้วยการนำเอาระยะทางวิ่งหารด้วยอัตราความเร็วที่ระดับความหนัก 90 %

ระยะทางวิ่ง ÷ อัตราความเร็ว 90 % = 400 ÷ 7.2

= 55.55 วินาที

ดังนั้น ในการฝึกวิ่งระยะทาง 400 เมตร แต่ละเที่ยวของนักกีฬาที่เข้ารับการฝึก ในระดับความหนัก 90 % ของความสามารถสูงสุด นักกีฬาจะต้องควบคุมเวลาในการวิ่งแต่ละเที่ยวให้อยู่ในช่วงเวลา 55.5 วินาที จึงจะได้ผลตรงตามเป้าหมายของการฝึก ส่วนการกำหนดความหนักและเวลาในการวิ่งระยะต่างๆ ก็อาศัยหลักการและวิธีการอย่างเดียวกัน

5.4.2 จำนวนครั้งของการปฏิบัติซ้ำ และจำนวนเซตของแต่ละช่วงฝึก

	ระยะเวลาที่ใช้ในช่วงของการฝึก (ความยาวของช่วงฝึก)				
	1 – 10 วินาที	**10 – 30 วินาที**	**30 – 90 วินาที**	**1.5 – 3 นาที**	**3 – 5 นาที**
ระยะเวลาสูงสุดในแต่ละเซต	60 วินาที	60 วินาที	3 นาที	6 นาที	15 – 25 นาที
จำนวนครั้งในแต่ละเซต	1 – 8 รอบ	2 – 6 รอบ	2 – 6 รอบ	2 – 4 รอบ	3 – 6 รอบ
จำนวนเซต	2 – 4 เซต	2 – 4 เซต	2 – 3 เซต	2 – 3 เซต	1 เซต
เวลาพักระหว่างเซต	5 – 10 นาที	10 – 15 นาที	10 – 15 นาที	15 – 20 นาที	-
ปริมาณงานรวม	2 – 4 นาที	2 – 4 นาที	4 – 9 นาที	6 – 18 นาที	15 – 25 นาที

ตารางที่ 2 แสดงถึงจำนวนครั้งของการปฏิบัติซ้ำ และจำนวนเซตของการฝึกแบบสลับช่วง (Leyland, 2011 : online)

สำหรับจำนวนเซตและจำนวนครั้งของการปฏิบัติซ้ำ ก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณา โดยจากตารางที่ 2 สามารถนำมาใช้กับนักกีฬาได้ในแต่ละคน โดยใช้เวลารวมเป็นตัวชี้ปริมาณที่สามารถนำไปปรับใช้ได้ในการฝึกแบบสลับช่วงทุกรูปแบบ ระยะทางก็เปรียบเหมือนปริมาณของการฝึก ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดกิจกรรมที่กำลังปฏิบัติ สำหรับการวิ่ง ผลของการฝึกที่มีความเหมาะสมจะเกิดขึ้นเมื่อจำนวนครั้งในการปฏิบัติมีผลรวมของงานที่ฝึกในระยะทางประมาณ 1 – 2 ไมล์ (1.6 – 3.2 กิโลเมตร) สำหรับนักวิ่งระยะสั้นและระยะกลาง และระยะทางรวม 3 – 6 ไมล์ (4.8 – 9.6 กิโลเมตร) สำหรับนักวิ่งระยะกลางและระยะไกล ตัวอย่างเช่น ปฏิบัติ 4 รอบ x 400 เมตร x 2 = 2 ไมล์ จากตารางที่ 2 (ช่อง 30 – 90 วินาที) นักกีฬาควรพักระหว่าง 10 – 15 นาที

แต่โดยทั่วไป การกำหนดความเข้มข้นของงานให้มีมากขึ้นและกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกปฏิบัติของแต่ละช่วงให้สั้นลง จะมีความสำคัญมากกว่าการกำหนดจำนวนครั้งของการปฏิบัติซ้ำและจำนวนเซตของการฝึก ในขณะที่การฝึกแบบสลับช่วงเป็นการฝึกที่ต้องใช้ทั้งระยะทางและระยะเวลา ดังนั้น จำนวนครั้งของการปฏิบัติซ้ำและจำนวนเซตจึงเป็นสิ่งที่ต้องลดลงตามสัดส่วน

5.4.3 เวลาที่ใช้ในการพัก หรือการฟื้นตัว หรือการลดงานให้เบาลง

ช่วงของการพักแบบสลับช่วงกำหนดได้โดยใช้ระยะเวลา ตัวอย่างเช่น ถ้าใช้เวลาในการฝึกวิ่ง 40 เมตรด้วยความเร็วสูงสุด 6 วินาที ถือเป็นการฝึกในระบบฟอสฟาเจน เวลาที่ควรใช้ในการพักเพื่อรอการฝึกในรอบต่อไป ได้แสดงให้เห็นในตารางที่ 3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ควรใช้ระยะเวลาในการพักระหว่าง 6 – 20 เท่าของระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกแบบสลับช่วง ซึ่งเท่ากับ 36 – 120 วินาที (6x6 วินาที และ 6x20 วินาที) ซึ่งเวลาที่ใช้ดูเหมือนจะนาน แต่เพื่อที่จะฟื้นฟูเอทีพี ซีพี ที่มีอยู่อย่างจำกัดในกล้ามเนื้อ และเติมสารที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณระหว่างเส้นประสาทที่ใช้หมดไประหว่างการฝึกให้กลับมาสมบูรณ์ การวิจัยล่าสุดได้พิสูจน์ว่า ระบบประสาทส่วนกลางใช้เวลาประมาณ 5 นาทีในการฟื้นฟูจากกิจกรรมที่ใช้แรงพยายามสูงสุดในระยะเวลาสั้น

ถ้านักกีฬาฝึกที่ระดับความหนักสูงสุด (1 – 10 วินาที) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ความพยายามมาก ค้นพบว่า นักกีฬามีแนวโน้มที่จะต้องการเริ่มต้นการฝึกในรอบใหม่อีกครั้งโดยไม่ต้องการรอเวลาพักระหว่างการฝึกสลับช่วง อย่างไรก็ตาม ถ้าใช้ระยะเวลาในการพักที่สั้น การฝึกในรอบต่อไปร่างกายจะไม่มีพลังงานจากเอทีพี ซีพี และสารที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณระหว่างเส้นประสาทอย่างเพียงพอเพื่อจะปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูง ผลที่ตามมาก็คือ แทนที่นักกีฬาจะฝึกในระบบฟอสฟาเจน แต่กลายเป็นการฝึกในระบบไกลโคไลติกแทน ความเร็วที่ใช้ในช่วงการ

ฝึกก็จะลดลงเป็นอย่างมาก เป็นสาเหตุให้ในการฝึกแบบสลับช่วงต้องนำนาฬิกาจับเวลามาใช้ เพื่อควบคุมช่วงเวลาที่ใช้ในการฝึกและการพักให้เป็นไปตามเป้าหมาย หรือจุดประสงค์ของการฝึกที่ตั้งไว้

ร้อยละความหนักที่ใช้ในการฝึกโดยประมาณ	ระบบพลังงานที่ต้องการฝึก	เวลาที่ใช้ในช่วงฝึก	อัตราส่วนระหว่างช่วงของเวลาที่ใช้ในการฝึกกับเวลาที่ใช้ในช่วงพัก	ชนิดของกิจกรรมที่ใช้ในขณะพัก
90 – 100	เอทีพี ซีพี	1 – 10 วินาที	1 : 6 ถึง 1 : 20	หยุดพัก
80 – 90	เอทีพี ซีพี และไกลโคไลติก	10 – 30 วินาที	1 : 3 ถึง 1 : 6	หยุดพัก หรือกิจกรรมที่มีความหนักเบา
60 – 75	ไกลโคไลติก	30 – 90 วินาที	1 : 3 ถึง 1 : 4	กิจกรรมที่มีความหนักเบา
40 – 60	ไกลโคไลติก และออกซิเดทีพ	1.5 – 3 นาที	1 : 2 ถึง 1 : 3	หยุดพักหรือกิจกรรมที่มีความหนักเบา
20 – 35	ออกซิเดทีพ	มากกว่า 3 นาที	1 : 1 ถึง 1 : 3	หยุดพัก

ตารางที่ 3 แสดงถึงระยะเวลาที่ใช้ในการพัก และชนิดของกิจกรรมที่ใช้ในขณะพักของการฝึกแบบสลับช่วงโดยพิจารณาจากระยะเวลาที่ใช้ในช่วงฝึก (Leyland, 2011 : online)

ระยะเวลาที่ใช้ในขณะพักจะสามารถกำหนดได้เป็นรายบุคคล โดยใช้อัตราชีพจรของตัวนักกีฬาเองเป็นเครื่องมือบอกว่า เมื่อใดที่นักกีฬามีการฟื้นตัวแล้วและมีสภาพร่างกายพร้อมที่จะเริ่มฝึกในช่วงต่อไปอีก สำหรับนักกีฬาที่มีอายุต่ำกว่า 35 ปี โดยปกติจะพักเพื่อให้ชีพจรลดลงมาอยู่ระหว่าง 130 – 150 ครั้งต่อนาที ก่อนที่จะเริ่มฝึกซ้ำในช่วงต่อไป และต่ำกว่า 120 ครั้งต่อนาทีก่อนที่จะเริ่มต้นในเซตต่อไปในนักกีฬาที่มีอายุ 30 ปีขึ้นไป ซึ่งจะมีความถดถอยของอัตราชีพจรสูงสุด โดยจะมีการลดลง 1 ครั้งต่อนาทีในทุกๆ 1 ปี เช่น นักวิ่งที่มีประสบการณ์การแข่งขันมานานที่มีอายุ 45 ปี จะต้องรอให้ระดับชีพจรลดลงมาอยู่ระหว่าง 115 – 135 ครั้งต่อนาที สำหรับการฟื้นตัวในแต่ละช่วง

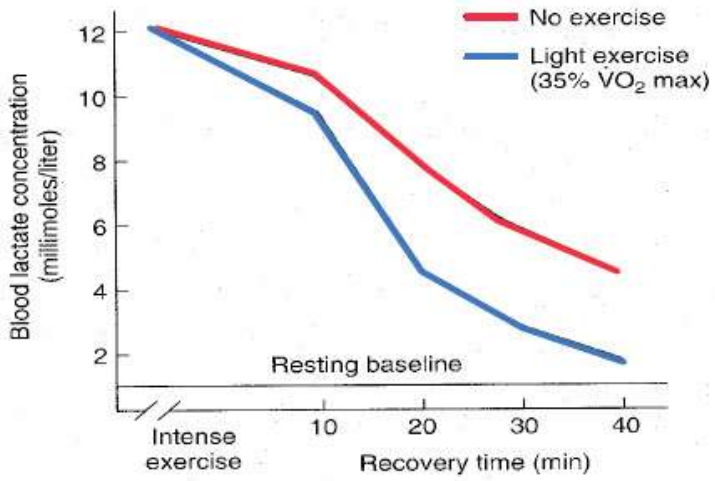
และจะต้องให้ลดลงมาอยู่ที่ 105 ครั้งต่อนาทีสำหรับใช้ในการฟื้นตัวของการฝึกแต่ละเซต กรณีที่ใช้กับนักกีฬาว่ายน้ำ อัตราชีพจรที่ใช้เป็นแนวทางเหล่านี้จะต้องลดลงตามส่วน เพราะโดยปกติ อัตราการเต้นของหัวใจขณะปฏิบัติกิจกรรมอยู่ในน้ำจะต่ำกว่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรมที่อยู่บนบกในระดับความเข้มข้นเท่ากันอยู่ประมาณ 8 – 10 ครั้งต่อนาที

Lamb (1984) ยังได้ระบุว่า ในช่วงของการฟื้นตัวนั้น ถ้าใช้วิธีปฏิบัติกิจกรรมฝึกอย่างเบาๆ ที่ระดับ 30 – 40 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด คือ ระดับที่ดีที่สุดสำหรับการเร่งกำจัดกรดแลคติกที่สะสมให้ออกไปกล้ามเนื้อทางกระแสเลือดได้ ซึ่งความเข้มข้นของงานฝึกในระดับนี้จะทำให้มีอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ที่ประมาณ 100 – 115 ครั้งต่อนาที ของผู้ชายวัยผู้ใหญ่ที่มีร่างกายสมบูรณ์ และอยู่ระหว่าง 105 – 120 ครั้งต่อนาที สำหรับผู้หญิงในวัยดังกล่าว ดังนั้น การใช้วิธีปฏิบัติงานเบาๆ ต่อไปอย่างต่อเนื่องในช่วงของการฟื้นตัวแทนการหยุดพัก เป็นสิ่งที่เหมาะสมกับการฝึกแบบสลับช่วงนี้

5.4.4 **ชนิดของกิจกรรมที่กำหนดให้ปฏิบัติในช่วงพัก**

ชนิดของกิจกรรมที่ใช้ในการปฏิบัติในช่วงพัก สามารถเปลี่ยนไปเปลี่ยนมาได้ นับตั้งแต่การเดินช้าๆ ไปจนถึงการเดินเร็วและการวิ่งเหยาะ หรือกิจกรรมอื่นๆ ถ้านักกีฬามีความสมบูรณ์ของร่างกายดีขึ้น ก็สามารถเพิ่มความเข้มข้นของงาน หรือลดระยะเวลาการพักลง หรือใช้ทั้ง 2 กรณีร่วมกันอย่างเหมาะสม

การเดินช้าๆ จะเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อและช่วยเพิ่มการไหลเวียนของเลือดเสียกลับไปสู่หัวใจได้เร็วขึ้น แต่สำหรับกิจกรรมแบบสลับช่วงที่เน้นการใช้พลังงานจากระบบเอทีพี ซีพี หรือระบบแอโรบิกควรจะใช้การพักแบบอยู่นิ่งๆ อย่างไรก็ตามนักวิจัยได้แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมที่มีความหนัก 35 – 40 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เช่น การวิ่งเหยาะๆ มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการกำจัดแลคเตทในกระแสเลือด กรดแลคติกที่ออกจากกล้ามเนื้อและเข้าสู่กระแสเลือดจะถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นกลูโคสที่ตับ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้เป็นพลังงานในการทำกิจกรรมได้ เป็นสาเหตุที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้ทำกิจกรรมที่มีความหนักเบาในระหว่างการพักหลังจากปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูง เพราะระดับแลคเตทในเลือดจะสูงหลังจากการฝึกแบบสลับช่วงที่เน้นการใช้พลังงานจากระบบไกลโคไลติก โดยกิจกรรมที่เบาๆ จะช่วยรักษาระดับของการสูบฉีดเลือดของหัวใจใน 1 นาที (Cardiac output) และการไหลเวียนเลือดให้คงอยู่ในระดับสูง เพื่อแลคเตทจะได้ไปสู่ตับอย่างรวดเร็ว ภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่า การทำกิจกรรมเบาๆ ระหว่างการพักจะมีระดับของแลคเตทในเลือดที่ต่ำกว่า



ภาพที่ 5 แสดงถึงชนิดของกิจกรรมที่ใช้ในขณะพักของการฝึกแบบสลับช่วง
ที่มีผลต่อความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด (Leyland, 2011 : online)

5.4.5 ความถี่ของการฝึกต่อสัปดาห์

ความถี่ของการฝึกโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการฝึก เช่น นักวิ่งระยะสั้นและระยะกลางระดับโลก จะต้องการใช้ความถี่ของการฝึก 5 – 7 วันต่อสัปดาห์ ถึงแม้ว่าจะไม่ได้มีการฝึกแบบสลับช่วงอยู่ในทุกๆ กิจกรรมการฝึกก็ตาม ส่วนสำหรับนักกีฬาว่ายน้ำจะใช้วิธีฝึกแบบสลับช่วงนี้เกือบผูกขาดแต่เพียงอย่างเดียว ด้านนักกีฬาประเภททีมจะได้รับผลประโยชน์อย่างมากจากการฝึกแบบสลับช่วงโดยใช้การฝึกนี้เสริมในโปรแกรมการฝึกแบบทั่วไปเป็นจำนวน 2 – 4 วันต่อสัปดาห์ สำหรับโปรแกรมการฝึกเพื่อเสริมสร้างร่างกายแบบทั่วไป หรือโปรแกรมการฝึกในช่วงนอกฤดูกาลแข่งขัน จะใช้จำนวนการฝึกแบบนี้เป็นเวลา 2 – 4 สัปดาห์ ก็นับว่ามีความเพียงพอ

5.5 ประโยชน์ของการฝึกแบบสลับช่วง

การฝึกแบบสลับช่วงจะมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาความสามารถในการรักษาความเร็วสูงสุดไว้ได้ตลอดระยะทางของการแข่งขัน ความสำเร็จของนักกีฬาประเภทความอดทนเกือบทั้งหมดจะพบว่ามีการฝึกแบบต่อเนื่องและการฝึกแบบสลับช่วงอยู่ในโปรแกรมการฝึกอยู่ด้วยเสมอ ข้อได้เปรียบของการฝึกแบบนี้คือ นักกีฬาสามารถฝึกจังหวะการก้าวเท้าด้วยอัตราความเร็วที่เหมาะสมโดยเฉพาะ และเหมาะสมกับระดับทักษะที่ต้องใช้ในการวิ่ง ข้อได้เปรียบอีกประการหนึ่งคือ การฝึกวิ่งแบบนี้จะมีผลต่อระบบไหลเวียนเลือดมากกว่าการฝึกวิ่งด้วยระยะทางไกล

(MgGlynn, 1999) การฝึกแบบสลับช่วงจะทำให้มีการใช้พลังงานในระบบไกลโคไลซิส ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดกรดแลคติกเป็นจำนวนมาก การฝึกแบบสลับช่วงที่มีความเข้มข้นสูงจะทำให้นักกีฬารู้จักการปรับตัวเมื่อต้องนำไปใช้ในการแข่งขัน ซึ่งการฝึกแบบสลับช่วงจะมีผลต่อการพัฒนาประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานที่มีความเข้มข้นสูงแบบแอนแอโรบิก

จากการศึกษาค้นคว้าของผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา พบว่า การฝึกแบบสลับช่วงมีผลต่อการช่วยกระตุ้นและพัฒนาการทำงานของหัวใจและระบบไหลเวียนเลือดอย่างมาก โดยเฉพาะช่วง 10 วินาทีแรกของการฝึกหนัก และในช่วง 10 วินาทีแรกหลังเสร็จสิ้นการฝึก โดยในแต่ละครั้งหัวใจจะเต้นเร็วและแรง ผนังของหัวใจขยายตัวมากกว่าปกติ เลือดไหลเวียนไปสู่ช่องหัวใจเพิ่มขึ้นเพื่อสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายมากขึ้นกว่าปกติ ทำให้ระบบการทำงานของหัวใจและระบบไหลเวียนเลือดทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณเลือดที่หัวใจบีบตัวแต่ละครั้ง (Stroke volume) จะเพิ่มขึ้น ผลจากการค้นพบนี้ได้มีผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาและผู้ฝึกสอนกีฬาได้นำหลักการนี้มาสร้างโปรแกรมการฝึก และดัดแปลงให้เหมาะสมกับประเภทกีฬา

ประโยชน์ของการฝึกแบบสลับช่วงจากงานวิจัยต่างๆเช่น งานวิจัยของ Gibala et al. (2006) ได้แสดงให้เห็นว่า เวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานที่ระยะทาง 30 กิโลเมตร (750 กิโลจูล) ลดลง 10.1% และเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานที่ระยะทาง 2 กิโลเมตร (50 กิโลจูล) ลดลง 4.1% ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อที่วัดในขณะพักมีค่าเพิ่มขึ้น 28% ความสามารถของกล้ามเนื้อในการสลายกรดมีค่าเพิ่มขึ้น 7.6 % และความสามารถของกล้ามเนื้อในการใช้ออกซิเจนมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งดูจากการเพิ่มขึ้นของโปรตีน COX II และ COX IV ในกล้ามเนื้อ สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงและกลุ่มฝึกความอดทน แต่ความแตกต่างของปริมาณการฝึกที่ใช้เวลาน้อยกว่า (เวลารวม 2.5 ชั่วโมงในกลุ่มกลุ่มฝึกแบบสลับช่วง และ 10.5 ชั่วโมงกลุ่มฝึกความอดทน) โดยแตกต่างกันถึง 90% แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการของการฝึกที่ดีกว่าในเรื่องของระยะเวลาการในฝึกและความหนักโดยรวมทั้งหมด (630 กิโลจูลในกลุ่มฝึกแบบสลับช่วง และ 6,500 กิโลจูล ในกลุ่มฝึกความอดทน)

MacDougall et al. (1998) ได้แสดงให้เห็นว่า ผลจากการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด มีพัฒนาขึ้นของพลังแบบแอนแอโรบิก สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด งานที่กระทำได้ และการทำงานของระบบเอนไซม์ต่างๆ ที่เกี่ยวกับการใช้ออกซิเจน มีการเพิ่มขึ้น

Burgomaster et al. (2006) มีผลจากการศึกษา คือ เวลาในการปั่นจักรยานของกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงมีเวลาที่ดีขึ้น การทำงานของเอนไซม์ Citrate synthase เพิ่มขึ้น 11% การทำงานของ

Pyruvate dehydrogenase สูงขึ้นหลังจากการฝึก ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมีการสะสมเพิ่มมากขึ้นทั้งการวัดในขณะพักและระหว่างกิจกรรมการออกกำลังกายด้วยความเข้มข้นต่ำกว่าความสามารถสูงสุดที่ระดับ 60 % และ 90 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปฏิกิริยาไกลโคเจโนไลสิส (Glycogenolysis) ในกล้ามเนื้อมีการลดลง การสะสมของแลคเตทระหว่างกิจกรรมการออกกำลังกายด้วยความเข้มข้นต่ำกว่าความสามารถสูงสุดลดลง (หลังฝึก 55.2 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม ; ก่อนฝึก 63.1 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม) สรุปได้ว่า ผลจากการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดสามารถเพิ่มความสามารถในการปั่นจักรยาน และเป็นผลให้มีการลดลงของกระบวนการไกลโคเจโนไลสิสและการสะสมของแลคเตทระหว่างการออกกำลังกายด้วยความเข้มข้นต่ำกว่าความสามารถสูงสุด

Norkowski and Hucinski (2007) ได้แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของเวลารวมจากการวิ่งไปกลับ 25+25 เมตร มีการลดลงในกลุ่มทดลอง โดยเกิดขึ้นหลังจากฝึก 3 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยของงาน (J/kg) ที่ได้จากการทดสอบวินเกทในแต่ละสัปดาห์ของกลุ่มทดลองพัฒนาขึ้นโดยแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่ สัปดาห์ที่ 3 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 6 ค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด (W/kg) ของกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงพัฒนาขึ้น โดยแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 6 ค่าเฉลี่ยของเวลาที่รักษาระดับการปฏิบัติขณะระดับสูงสุด พัฒนาขึ้นโดยแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 6 สรุปได้ว่า รูปแบบการฝึกสลับช่วงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีผลในการพัฒนาทั้งพลังแบบแอนแอโรบิกและความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ยิ่งไปกว่านั้น สามารถนำโปรแกรมการฝึกนี้ไปประยุกต์ใช้พัฒนาพลังแบบแอนแอโรบิกและความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ในการฝึกกีฬาที่ใช้ความหนักสูงในการแข่งขันได้

Hazell et al. (2010) ได้แสดงให้เห็นว่าหลังจากการฝึกแบบสลับช่วงโดยใช้ระยะเวลาในการพักที่แตกต่างกัน ได้ผลจากการฝึกต่างๆ คือ เวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยาน 5 กิโลเมตร ของกลุ่มต่างๆ มีการพัฒนาขึ้นดังนี้ กลุ่ม 30 : 4 (5.2%) กลุ่ม 10 : 4 (3.5%) และกลุ่ม10 : 2 (3.0%) สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เพิ่มขึ้นในกลุ่ม 30 : 4 (9.3%) และกลุ่ม10 : 4 (9.2%) แต่ไม่มีการพัฒนาเกิดขึ้นในกลุ่ม10 : 2 พลังแบบแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้น ดังนี้ กลุ่ม 30 : 4 (9.5%) กลุ่ม10 : 4 (8.5%) และกลุ่ม 10 : 2 (4.2%) ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้นดังนี้ กลุ่ม 30 : 4 (12.1%) กลุ่ม 10 : 4 (6.5%) สรุปได้ว่าแบบฝึกโดยวิธีสลับช่วงของกลุ่มทดลองทุกกลุ่ม มีผลต่อการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิก

จากงานวิจัยที่ยกตัวอย่างข้างต้น สามารถกล่าวได้ว่าการฝึกแบบสลับช่วงสามารถพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและความสามารถทางการกีฬาได้

6. สมรรถภาพทางกายและองค์ประกอบของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล

กีฬารักบี้ฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีส่วนช่วยในการเสริมสร้างและพัฒนาร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม และสติปัญญา นักกีฬารักบี้ฟุตบอลจะต้องเป็นผู้มีน้ำใจนักกีฬาอย่างแท้จริง เนื่องจากในการแข่งขันกีฬารักบี้นั้นต้องมีการกระทบกระทั่งกันตลอดเวลา ซึ่งเป็นเรื่องง่ายที่จะทำให้เกิดการทะเลาะวิวาทในขณะทำการแข่งขัน นักกีฬารักบี้ฟุตบอลจะต้องผ่านการฝึกซ้อมมาอย่างดีและต้องมีสมรรถภาพทางกายที่ดี โดยสมรรถภาพทางกายที่สำคัญของนักกีฬารักบี้ซึ่งเป็นสิ่งที่นักรักบี้ฟุตบอลทุกคนควรได้รับการฝึกซ้อมเป็นอย่างดีก่อนทำการแข่งขัน ได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความเร็ว ความสามารถในการเร่งความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว พลังกล้ามเนื้อ และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

Meir, Colla and Milligan (2001a) ได้กล่าวว่า นักกีฬารักบี้ฟุตบอลระดับมืออาชีพมีกิจกรรมการออกแรงที่หนักและสูงทุกๆ 4 วินาที ตามด้วยกิจกรรมในระดับเบา 30 – 80 วินาที และในระหว่างกิจกรรมที่มีความหนักสูงจะใช้ระยะเวลาไม่เกิน 10 วินาที

ระบบพลังงานแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิกไกลโคไลติก เป็นระบบพลังงานหลักในระหว่างการแข่งขันรักบี้ฟุตบอล และโปรแกรมการฝึกสมรรถภาพและความแข็งแรงของนักกีฬารักบี้ฟุตบอลระดับมืออาชีพควรมีความเฉพาะเจาะจงกับระบบพลังงานดังกล่าว (Meir et al., 2001a) แต่ก็มีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับสรีรวิทยาในระหว่างการแข่งขันกีฬารักบี้ฟุตบอล ที่ได้กล่าวว่าความต้องการที่สำคัญของระบบพลังงานในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลระดับมือสมัครเล่นและระดับกึ่งอาชีพจะเป็นพลังงานจากระบบไกลโคไลติก (Coutts, Reaburn and Abt, 2003 ; Gabbett, 2003 ; O'Connor, 2004)

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า นักกีฬากีฬารักบี้ฟุตบอลมีความต้องการในการฝึกแบบเฉพาะในทุกระบบพลังงาน ทั้งแบบแอนแอโรบิกฟอสฟาเจน แอนแอโรบิกไกลโคไลติก และระบบแอโรบิก

6.1 ความเร็ว (Speed)

นักกีฬารักบี้ฟุตบอลมีความต้องการในการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วไปยังตำแหน่งของตัวเองทั้งในการบุกและการรับ (Meir et al., 2001b) แต่อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาพบว่า นักกีฬารักบี้ฟุตบอลไม่บ่อยครั้งในขณะแข่งขันจะมีการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดในระยะทางที่มากกว่า 40 เมตร (Meir et al., 1993) โดยเฉพาะนักกีฬาที่เล่นตำแหน่งกองหน้าที่ยากจะมีกิจกรรมการวิ่งที่เกินระยะ 10 เมตร แม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างระหว่างผู้เล่นตำแหน่งกองหน้าและกองหลังในความเร็วของการวิ่ง 10 เมตร

จากการศึกษาของ Gabbett (2000) เรื่องความเร็วการวิ่งของผู้เล่นรักบี้ฟุตบอลในระดับสมัครเล่น โดยทดสอบในระยะทาง 10 เมตร และ 40 เมตรตามลำดับ ได้ผลการศึกษาเป็น 2.58 วินาที และ 6.63 วินาทีตามลำดับ ส่วนผู้เล่นในระดับกึ่งอาชีพมีความเร็วในการวิ่งมากกว่าผู้เล่นในระดับสมัครเล่นโดยการทดสอบในระยะทาง 10 เมตร และ 40 เมตรตามลำดับ ได้ผลการศึกษาเป็น 2.17 วินาที และ 6.04 วินาทีตามลำดับ (Gabbett, 2002) และความเร็วของนักรักบี้ฟุตบอลระดับมืออาชีพในระยะทางเดียวกันใช้เวลา 1.71 – 1.83 วินาที และ 5.08 – 5.66 วินาทีตามลำดับ (Baker and Nance, 1999 ; Brewer, Davis and Kear, 1994 ; Meir et al., 2001b ; O'Connor, 1996)

แต่ในการวิ่งระยะ 40 เมตร ผู้เล่นในตำแหน่งกองหลังมีความเร็วมากกว่ากองหน้า (Brewer et al., 1994; Clark, 2002; Gabbett, 2000,2002 ; Gabbett and Herzig, 2004 ; Meir et al., 2001b; O'Connor, 1996) และผู้เล่นในตำแหน่งปีก (Outside backs) มีความเร็วที่สุดในการวิ่งในระยะทาง 10 – 40 เมตร มากกว่าตำแหน่งพร็อบ (Prob) ฮุคเกอร์ (Hooker) ฮาฟ (Halves) และฟูลแบ็ค (Full-back) (Clark, 2002) ส่วน O'Connor (1996) ได้ศึกษาโดยพบว่าตำแหน่งปีกและฮาฟมีความเร็วมากกว่าตำแหน่งฟูลแบ็ค, พร็อบ และฮุ๊คเกอร์

6.2 ความสามารถในการสปริ๊นท์แบบซ้ำเที่ยว (Repeated sprint ability)

ความหนักสูงและการเล่นที่ไม่ต่อเนื่อง เป็นธรรมชาติของกีฬารักบี้ฟุตบอล ความสามารถในการสปริ๊นท์ (วิ่งด้วยความเร็วสูงสุด) แบบซ้ำๆ จึงมีความสำคัญในการแข่งขัน ตัวอย่างเช่น ผู้เล่นต้องใช้ความพยายามในการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วในการฝ่าแนวรับของฝ่ายตรงข้ามโดยป้องกันตัวเองในขณะเดียวกัน เพื่อไม่ให้โดนแท็คเกิ้ลและการไล่ตามจากตัวประกบ ซึ่งความสามารถในด้านการสปริ๊นท์แบบซ้ำเที่ยวต้องอาศัยความสามารถในการสังเคราะห์พลังงานในระดับสูง และความสามารถในการฟื้นฟูระบบพลังงานอย่างรวดเร็วเพื่อใช้ในการปฏิบัติงานในความหนักสูงครั้งต่อไป

มีการศึกษาในเรื่องของความสามารถทางด้านนี้ของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล เช่น Clark (2002) และ O'Connor (1996) ให้นักกีฬาทดสอบโดยใช้ระยะทาง 6 x 40 เมตร และ 8 x 6 เมตร (แต่ละแบบทดสอบให้สปริ๊นท์ทุกๆ 30 วินาที) ตามลำดับ เพื่อประเมินความสามารถในการสปริ๊นท์แบบซ้ำเที่ยว ซึ่งนักกีฬาที่ทำการทดสอบต้องวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดที่นักกีฬาสามารถทำได้ในทุกรอบของการวิ่ง โดย O'Connor (1996) พบว่า ไม่มีความแตกต่างของความสามารถในการสปริ๊นท์แบบซ้ำเที่ยวระหว่างตำแหน่งในการเล่น แต่การศึกษาต่อมาของ Clark (2002) แสดงให้เห็นว่า มีความแตกต่างในความสามารถด้านนี้ในแต่ละตำแหน่งของนักกีฬา ซึ่งตำแหน่งฮุ๊คเกอร์และฮาฟ มีความเร็ว

ต่ำสุดในแบบทดสอบ 6 x 40 เมตร ลดลง 5.1% ตำแหน่งฟูลแบ็ค 6.2% ปีก 6.2% และพร็อบ 7.1% นอกจากนั้น ในนักกีฬาชั้นยอดมีความเร็วที่ลดลงเพียง 3.0% ส่วนนักกีฬาระดับรองลงมา 6.8%

6.3 **ความแข็งแรงและพลังกล้ามนื้อ** (Muscular Strength and Power)

ความสามารถในการสร้างพลังกล้ามเนื้อที่สูงมากได้อย่างรวดเร็ว ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับนักกีฬารักบี้ฟุตบอล ผู้เล่นต้องมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสูงเพื่อที่จะแท็คเกิ้ล ยก พลัก ดัน และดึง ได้อย่างมีประสิทธิภาพในระหว่างเกมการแข่งขัน (Meir et al., 2001b) ยิ่งไปกว่านั้น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังกล้ามเนื้อที่สูง จะทำให้สามารถใช้ความเร็วในการเล่นบอลที่สูง และมีกำลังขาในการดันขณะเข้าแท็คเกิ้ลที่ดี

Meir et al. (1993) ได้รายงานถึงความแตกต่างของค่าความแข็งแรงสูงสุดที่สามารถปฏิบัติได้ 1 ครั้ง (1-RM) จากท่านสควอทระหว่างตำแหน่งกองหน้าและกองหลัง (188 vs. 168 kg) และท่าเบนเพรส (119 vs.113 kg) ซึ่งได้รับการยืนยันจาก O'Connor (1996) ซึ่งได้ศึกษาถึงค่าความแข็งแรงสูงสุดที่สามารถปฏิบัติได้ 3 ครั้ง (3-RM) จากท่าสควอท เบนเพรส และเพาเวอคลีนของตำแหน่งพร็อบและแฟรงเกอร์ ที่มีค่าสูงกว่าตำแหน่งฮุ๊คเกอร์ ฮาฟ และปีก อย่างมาก (Baker and Nance, 1999 ; Baker et al., 2001a,b) ซึ่งได้ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลในลีกระดับอาชีพถึงค่าความแข็งแรงสูงสุดที่สามารถปฏิบัติได้ 3 ครั้ง จากท่าสควอทและพาวเวอร์คลีนของผู้เล่นตำแหน่งกองหน้าและกองหลัง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 158 และ 102 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนค่าความแข็งแรงสูงสุดที่สามารถปฏิบัติได้ 1 ครั้ง จากท่าเบนเพรสและสควอท เป็น 130 และ 165 กิโลกรัมกิโลกรัม ตามลำดับ

ความแตกต่างในด้านความแข็งแรงระหว่างผู้เล่นที่อายุน้อยกว่า (ต่ำกว่า 24 ปี) และอายุมากกว่า (สูงกว่า 28 ปี) ผู้เล่นที่อายุน้อยกว่าจะมีค่าความแข็งแรงสูงสุดที่สามารถปฏิบัติได้ 1 ครั้ง จากท่าสควอทมากกว่า (183 vs. 153 กิโลกรัม) และท่าเบนเพรส (143 vs.127 kg) (Baker, 2003) อย่างไรก็ตาม นักกีฬารักบี้ฟุตบอลในระดับอาชีพ จะมีค่าความแข็งแรงและพลังของร่างกายส่วนบนมากกว่านักกีฬารักบี้ฟุตบอลในระดับมหาวิทยาลัยและมัธยมปลาย (Baker, 2001a, 2003)

6.4 **สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด** (Maximal aerobic power)

นักกีฬารักบี้ฟุตบอลที่แข่งขันอยู่ในระดับลีกอาชีพ มีการฝึกซ้อมเฉลี่ย 5 – 6 วันต่อสัปดาห์ (Hodgson-Phillips, Standen and Batt, 1998 ; Stephenson et al., 1996) และมักจะมีช่วงการซ้อมหลายๆ รอบใน 1 วัน (Gabbett, 2002) ผลจากการฝึกทำให้นักกีฬามีการพัฒนาเป็นอย่างดี

Larder (1992) ได้ศึกษาเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เท่ากับ 62.6 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ในนักกีฬาที่เป็นตัวแทนของประเทศก่อนที่จะบินไปแข่งขันยังต่างประเทศ

Allen (1989) ได้ศึกษาเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เท่ากับ 55.8 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลที่เป็นตัวแทนของลีกระดับอาชีพในช่วงสิ้นสุดฤดูกาลแข่งขัน (Brewer et al., 1994; O'Connor,1995, 1996)

Brewer et al. (1994) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความแตกต่างของตำแหน่งผู้เล่นที่มีผลต่อค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เท่ากับ 56.4 และ 55 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ของผู้เล่นระดับอาชีพ ในตำแหน่งกองหน้าและกองหลังตามลำดับ และจากการศึกษาในนักกีฬารักบี้ทั้งหมด 260 คน ของ O'Connor (1996) ที่ได้ศึกษาถึงความแตกต่างระหว่างตำแหน่งของผู้เล่นที่มีผลต่อค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน ได้ผลดังนี้ ตำแหน่งพร๊อบมีค่า 48.6 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที และแฟรงเกอร์มีค่า 51.1 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ซึ่งมีค่าน้อยกว่าผู้เล่นตำแหน่งปีก ที่มีค่าเท่ากับ 52.8 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ฮุ๊คเกอร์ 55.2 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที และฮาฟ 52.0 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที

ส่วนการศึกษาอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น ในนักกีฬาในระดับลีกอาชีพ มีค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดประมาณ 48.6 – 56.4 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที แต่ในทางตรงกันข้ามค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลในลีกระดับรองลงมา มีการพัฒนาที่ไม่ดีนัก โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า ค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีค่าน้อยกว่าผู้เล่นที่แข่งขันในลีกอาชีพถึง 20 – 42% (Gabbett, 2000) เนื่องมาจากความหนักในการแข่งขันที่เบากว่า รายการแข่งขันที่มีความถี่น้อยกว่า และการฝึกซ้อมที่ไม่เหมาะสม (Gabbett, 2000)

ส่วนในผู้เล่นที่อยู่ในระดับเยาวชนชุดรอง มีค่าอยู่ในช่วง 32.1 – 46.1 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที (Gabbett, 2002) ส่วนงานของ Gabbett and Herzig (2004) มีค่าสูงถึง 48.7 – 54.6 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ในผู้เล่นระดับเดียวกันแต่เป็นผู้เล่นชุดหลัก

7. การฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกสำหรับนักกีฬารักบี้ฟุตบอล

ในระหว่างที่บอลลอยู่ในการเล่น ผู้เล่นรักบี้ฟุตบอลจะใช้พลังงานหลักจากระบบแอนแอโรบิกสำหรับการทำงานของกล้ามเนื้อในทั้ง 2 ระบบ คือ แอนแอโรบิกแลคติก (ระบบไกลโคไลติก) และแอนแอโรบิกอแลคติก (ระบบเอทีพี ซีพี) ตามแต่ความต้องการของสรีรร่างกายที่มีต่อรูปแบบเกมส์การแข่งขัน นักวิจัยและการศึกษาที่เกี่ยวข้องได้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างต่อการใช้ระบบ

พลังงาน ระหว่างตำแหน่งกองหน้าและกองหลัง โดย Doutreloux (2004) ได้ทำการศึกษากับนักกีฬารักบี้ฟุตบอลของฝรั่งเศสชั้นยอดชุดบี โดยประเมินจากความสัมพันธ์ระหว่างกรดแลคติกและอัตราการเต้นของหัวใจที่วัดได้ในการแข่งขัน จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า ตำแหน่งกองหน้าจะมีการใช้พลังงานจากระบบไกลโคไลติกหรือแอนแอโรบิกแลคติกที่มากกว่า เพราะโดยปกติในขณะแข่งขัน ตำแหน่งกองหน้าจะต้องมีการปะทะ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีความหนักสูง มีระยะเวลาในการพักน้อย ทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกในระดับสูง ส่วนตำแหน่งกองหลังจะมีการใช้พลังงานจากระบบฟอสฟาเจน หรือแอนแอโรบิกอแลคติกเป็นหลัก โดยผู้เล่นในตำแหน่งนี้จะมีระยะเวลาในการพักที่นานกว่า แต่มีการวิ่งโดยใช้ความเร็วที่เกือบจะสูงสุดหลายๆ ครั้งในขณะแข่งขันมากกว่าตำแหน่งกองหน้า ทำให้ระบบพลังงานหลักที่ใช้จะมาจากระบบแอนแอโรบิกอแลคติก

	ตำแหน่งกองหน้า (Forwards)	**ตำแหน่งกองหลัง (Backs)**
ระบบพลังงานแบบอแลคติก (Alactic pathway)	40 %	70 %
ระบบพลังงานแบบแลคติก (Lactic pathway)	60 %	30 %

ตารางที่ 4 แสดงถึงสัดส่วนของระบบพลังระหว่างตำแหน่งกองหน้าและกองหลังของนักกีฬารักบี้ในระหว่างการแข่งขันขณะที่ผู้เล่นมีส่วนกับบอล ไม่ว่าจะเป็นผู้ครอบครองหรือเป็นฝ่ายตรงข้าม (Doutreloux, 2004 : online)

	ตำแหน่งกองหน้า (Forwards)	**ตำแหน่งกองหลัง (Backs)**
ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติก (Average acid lactic)	7.02 มิลลิโมลต่อลิตร	2.6 มิลลิโมลต่อลิตร
ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจ (Average heart rate)	170 ครั้งต่อนาที	150 ครั้งต่อนาที

ตารางที่ 5 แสดงถึงปริมาณกรดแลคติกและอัตราการเต้นของหัวใจที่วัดได้ในการแข่งขันระหว่างตำแหน่งกองหน้าและกองหลังของนักกีฬารักบี้ (Doutreloux, 2004 : online)

สำหรับในหน่วยของพลัง (Power) และพลังแบบอดทน (Power endurance) ซึ่งเป็นพื้นฐานที่ทำให้สมรรถภาพทางกาย และแผนในเกมส์การแข่งขันมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้เล่นรักบี้ฟุตบอลทุกคนจึงต้องมีความแข็งแรง มีสมรรถภาพทางกายสูง (สามารถระดมเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็วได้มากในระยะเวลาที่สั้นที่สุด) และสามารถปฏิบัติได้ซ้ำๆ ในระหว่างการแข่งขันที่ใช้เวลา 80 นาที ดังนั้น การพัฒนาความทนทานก็เพื่อให้สามารถแข่งขันและฝึกซ้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบแอนแอโรบิกอแลคติก (เอทีพี ซีพี)	ระบบแอนแอโรบิกแลคติก (ไกลโคไลติก)
- ความแข็งแรง - พลังและพลังแบบอดทน (ระยะสั้น) - ความเร็ว - ความคล่องแคล่วว่องไว - ทักษะต่างๆ ของกีฬารักบี้ฟุตบอล (ช่วงเวลาสั้นๆ) น้อยกว่า 20 วินาที **ระยะเวลาการพักระหว่างช่วง นานกว่า 3 นาที**	- พลังแบบอดทน (ระยะยาว) - ความทนทานต่อกรดแลคติก - ทักษะต่างๆ ของกีฬารักบี้ฟุตบอล (การพัฒนาความทนทานต่อกรดแลคติก) อยู่ในช่วง 30 – 90 วินาที **ระยะเวลาการพักสั้น ๆ น้อยกว่า 20 – 90 วินาที** (ขึ้นกับชนิดของกิจกรรมที่ปฏิบัติ)

ตารางที่ 6 แสดงถึงระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกทั้ง 2 ระบบ
ในการนำมาใช้พัฒนาตัวแปรต่างๆ (Doutreloux, 2004)

นักกีฬารักบี้มีความต้องการที่จะพัฒนาความสามารถด้านระบบแอนแอโรบิก ดังต่อไปนี้

- ความแข็งแรง (ความแข็งแรงสูงสุด)
- พลังและพลังแบบอดทน
- ความเร็ว (ขึ้นอยู่กับการพัฒนาของความแข็งแรงและพลัง)
- ความคล่องแคล่วว่องไว หรือความสามารถในเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็วโดยสูญเสียความเร็วไม่มากนัก (เป็นปัจจัยในการพัฒนาความแข็งแรงและพลัง)
- ความทนทานต่อกรดแลคติก (สำหรับผู้แล่นทุกคน แต่สำคัญมากกับผู้เล่นตำแหน่งกองหน้า)
- ทักษะทางทฤษฎีและแผนการเล่น และความรู้ความเข้าใจในเรื่องของระบบพลังงาน

เพื่อประโยชน์อย่างสูงสุด นักกีฬาที่ฝึกโดยใช้กิจกรรมแบบแอนแอโรบิกอแลคติก ควรที่จะพักอย่างเต็มที่เพื่อฟื้นฟูเอทีพี ให้เพียงพอก่อนที่จะมีการออกแรงพยายามแบบสูงสุดในครั้งต่อไป แต่ถ้าเป็นการฝึกแบบแอนแอโรบิกแลคติก ต้องใช้เวลาพักที่สั้น เพื่อให้นักกีฬามีการฝึกเพื่อเพิ่มความทนทานต่อกรดแลคติกในกระแสเลือดและกล้ามเนื้อ จากตัวอย่างที่กล่าวมา ระยะเวลาในการพักระหว่างการฝึก มีความสำคัญเป็นอย่างมากและควรมีการกำหนดให้เหมาะสมตามระบบพลังงานที่ต้องการจะพัฒนา

แอนแอโรบิกอแลคติก มีระยะเวลาในการพักของการฝึกแต่ละครั้งอยู่ที่ 3 – 5 นาที เพื่อให้สังเคราะห์เอทีพีอย่างเต็มที่ ก่อนที่จะเริ่มการฝึกด้วยแรงพยายามสูงสุดในครั้งต่อไป ส่วนแอนแอโรบิกแลคติกใช้เวลาในการพักสั้นๆ เพื่อให้มีการสะสมของกรดแลคติกสูงขึ้นและฝึกภายใต้สภาวะนั้น ซึ่งมีความเมื่อยล้าสูง การฝึกในระบบนี้จะประกอบด้วยการใช้พลังงานจากระบบแอโรบิก เพื่อเพิ่มการใช้หนี้ออกซิเจนระหว่างการพัก

การฝึกแบบสลับช่วงโดยใช้ระยะทางและกิจกรรมที่เฉพาะเจาะจงสัมพันธ์กับลักษณะการแข่งขัน ตัวอย่างเช่น เคลื่อนที่ไปและกลับในระยะทาง 10 เมตร ใช้เวลา 30 – 90 วินาที การฝึกแท็คเกิ้ลแบบซ้ำๆ กับกระสอบ จำนวน 5 – 10 ครั้ง และการสปริ๊นท์จากระยะทาง 5 เมตรไปจนถึง 60 เมตรด้วยอัตราความแตกต่างของความหนักและเวลาพัก ควรนำไปใช้ในโปรแกรมการฝึกนักกีฬารักบี้ (Meir et al., 2001a)

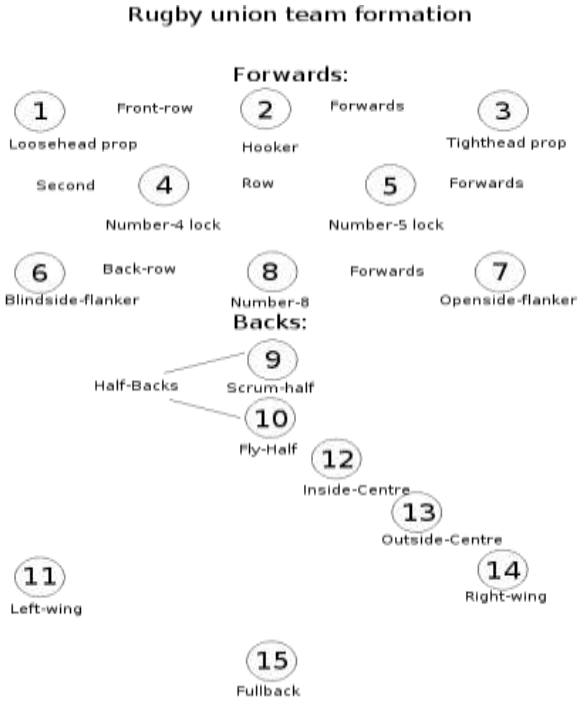
ทฤษฎีของการแยกรูปแบบการฝึกด้วยระบบพลังงานที่ใช้ ก็เพื่อหลีกเลี่ยงการฝึกที่หนักเกินไปในระยะยาว และเพื่อให้แน่ใจว่าใช้ระยะเวลาในการพักที่เหมาะสมในช่วงของการพัฒนา (Super-compensation) ระหว่างและหลังจากการฝึกและการแข่งขัน ตารางต่อไปนี้แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการฝึกซ้อมปกติสำหรับระบบพลังงานทั้ง 2 แบบ

ระบบแอนแอโรบิกอแลคติก (เอทีพี ซีพี)	**ระบบแอนแอโรบิกแลคติก (ไกลโคไลติก)**
- การพัฒนาความแข็งแรง > การเปลี่ยนแปลงของสรีรร่างกาย > ความแข็งแรงสูงสุด > พลัง > พลังแบบอดทน - ความเร็ว : 10 เมตร / 15 – 20 เมตร สำหรับกองหน้า 10 เมตรขึ้นไป จนถึง 40 เมตรสำหรับกองหลัง	- พลังแบบอดทน > ฝึกซ้ำๆ โดยใช้ระยะเวลายาว ที่ 60 – 70 % ของ 1 อาร์เอ็ม - การฝึกความทนทานต่อกรดแลคติก > การวิ่งไปกลับ, วิ่งแตะ, วิ่งสปริ๊นท์ที่ 80 – 85 % ของความเร็วสูงสุด,

-ความคล่องแคล่ววองไว > การเร่งความเร็ว/ การลดความเร็ว > การเปลี่ยนทิศทาง - ทักษะทางทฤษฎีและแผนการเล่น : การเล่นโดยทั่วไป + การฝึกแบบเฉพาะเจาะจงสำหรับตำแหน่งกองหน้าและกองหลัง **ระยะเวลาในการฝึกซ้อม** : 10 – 15 **วินาที** **ความหนัก** : **ความสามารถสูงสุดหรือใกล้เคียง** **ระยะเวลาพัก** : **นาน** / 3 – 5 **นาที**	- ทักษะทางทฤษฎีและแผนการเล่น : การเล่นโดยทั่วไป + การฝึกแบบเฉพาะเจาะจงสำหรับตำแหน่งกองหน้าและกองหลัง **ระยะเวลาในการฝึกซ้อม** : 30 – 120 **วินาที** **ความหนัก** : **ต่ำกว่าความสามารถสูงสุด** (80 – 85%) **ระยะเวลาพัก** : **สั้น ๆ / ขึ้นกับค่าเฉลี่ยของเวลาพักในการแข่งขัน หรือ** 20 – 60 **วินาที**

ตารางที่ 7 การแยกรูปแบบการฝึกด้วยระบบพลังงานที่ใช้ (Doutreloux, 2004)

เมื่อพิจารณาถึงตำแหน่งในการเล่น สามารถแบ่งนักกีฬาตามความคล้ายคลึงกันของกิจกรรมในการเล่นและระบบพลังงานที่ใช้ ได้ดังนี้



ภาพที่ 6 แสดงตำแหน่งการเล่นของนักกีฬารักบี้ฟุตบอลในตำแหน่งต่างๆ (Wikipedia, 2011)

- ตำแหน่งหมายเลข 1, 3, 4, 5 (ใช้พลังจากระบบไกลโคไลติกเป็นหลัก)
- ตำแหน่งหมายเลข 2, 6, 7, 8, 9 (ใช้พลังจากระบบไกลโคไลติกเป็นหลัก)
- ตำแหน่งหมายเลข 10, 12 (ใช้พลังจากระบบเอทีพี พีซีเป็นหลัก)
- ตำแหน่งหมายเลข 13, 11, 14, 15 (ใช้พลังจากระบบเอทีพี พีซีเป็นหลัก)

ตำแหน่งฮุ๊คเกอร์ (Hooker) และฮาฟแบ็ค (Half-back) เป็น 2 ตำแหน่งที่ต้องใช้พลังจากระบบทั้ง 2 ระบบ (แอโรบิกและแอนแอโรบิก) อย่างมีความสำคัญในเกมส์การแข่งขันในปัจจุบัน เพราะเป็นตำแหน่งที่มีการเล่นครอบคลุมทั่วทั้งสนาม ดังนั้น เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างเหมาะสมทั้ง 2 ระบบ ควรจะมีการวางแผมการฝึกซ้อมในระยะยาว เพื่อพัฒนาความสามารถในด้านแอนโรบิกและแอนแอโรบิกทั่วๆ ไปก่อนในช่วงเริ่มต้น ก่อนที่จะมีการพัฒนาแบบเฉพาะเจาะจงกับกีฬารักบี้ในช่วงท้ายหรือใกล้การแข่งขัน

8. การฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิกสำหรับนักกีฬารักบี้

ความอดทนทางแอโรบิก (จำเป็นสำหรับการหดตัวของกล้ามเนื้อซึ่งขึ้นกับการเผาพลาญพลังงานในระบบแอโรบิก) เป็นพื้นฐานสำคัญของทุกๆ กีฬา เพราะเมื่อมีการใช้ความพยายามอย่างสุดสุดในการออกแรงเพื่อปฏิบัติกิจกรรมในการแข่งขัน ซึ่งอาจใช้ระยะเวลานานหลายนาที ระบบพลังงานแบบแอโรบิกจะทำหน้าที่เป็นระบบพลังงานหลักของร่างกายในการหดตัวของกล้ามเนื้อ มีกีฬาไม่กี่ชนิดที่ร่างกายจะต้องใช้การทำงานของระบบแอนแอโรบิกทั้งหมด 100 % ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกีฬาที่อาศัยพลังระเบิดของกล้ามเนื้อและใช้เวลาไม่กี่วินาที ตัวอย่างเช่น กีฬายกน้ำหนัก ทุ่มน้ำหนัก กีฬาประเภทลู่และลานบางชนิด เช่น วิ่ง 100 เมตร ถึงแม้ว่ากีฬาที่กล่าวมาแล้วจะอาศัยการทำงานของระบบแอนแอโรบิกอแลคติกเป็นหลัก แต่ถ้านักกีฬามีความสามารถด้านระบบแอโรบิกที่ดีด้วย ก็สามารถที่จะฟื้นฟูร่างกายได้อย่างเร็วระหว่างการพักขณะแข่งขันและระหว่างการฝึกซ้อม

นักกีฬาประเภททีมต้องมีพื้นฐานทางด้านระบบแอโรบิกที่ดีเพื่อปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ในขณะแข่งและฝึกซ้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยส่วนใหญ่ ลักษณะการเล่นในขณะแข่งขันของกีฬาประเภททีม เช่น รักบี้ฟุตบอล จะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง คือ จะมีช่วงของกิจกรรมที่มีความหนักสูงสลับกับกิจกรรมที่มีความหนักเบาหรือหยุดเล่น เมื่อบอลออกจากการเล่นหรือมีการบาดเจ็บเกิดขึ้น โดยเมื่อปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูงซ้ำๆ กันหลายๆ ครั้ง ร่างกายก็จะเกิดความเมื่อยล้าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจะส่งผลต่อเทคนิค แผนการเล่น และสภาพจิตใจของนักกีฬา นักกีฬาจึงต้องมีความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกที่ดีเพื่อรักษาประสิทธิภาพและความสามารถในการปฏิบัติ

กิจกรรมให้สูงสุดอยู่ตลอดทั้ง 80 นาทีของการแข่งขัน แต่หากความสามารถทางด้านแอนแอโรบิกได้พัฒนาไปถึงจุดสูงสุดแล้ว ความสามารถที่แสดงออกแอโรบิกจะช่วยให้ผู้เล่นลดระดับความเมื่อยล้าที่จะเกิดขึ้น สามารถทำการแข่งขันได้ตลอดทั้งเกมส์ เพิ่มโอกาสในการชนะมากขึ้น

ประโยชน์ของความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก ได้แก่

- ช่วยนักกีฬาในการนำออกซิเจนมาชดเชยให้กับร่างกายที่เป็นหนี้ออกซิเจนในขณะพักหลังจากปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูง

- ช่วยในการฟื้นฟูร่างกายอย่างรวดเร็วของนักกีฬาในช่วงพักที่สั้นๆ โดยเพิ่มปริมาณของออกซิเจนภายในหลอดเลือดและเซลล์กล้ามเนื้อ

- ช่วยในการฟื้นฟูร่างกายอย่างรวดเร็วระหว่างการแข่งขัน ระหว่างการฝึกซ้อม และระหว่างการพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

นักกีฬาและโค้ชควรรู้ถึงระดับสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากการประเมินก่อน เพื่อเป็นจุดอ้างอิงในการเปรียบเทียบการพัฒนาที่จะเกิดขึ้นกับรูปแบบการฝึกที่ใช้ ว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด โดยปกติค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในผู้ชายที่ไม่ใช่นักกีฬาจะอยู่ระหว่าง 36 – 40 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที แต่ในนักกีฬารักบี้นั้น ควรจะมีค่าอยู่ในช่วง 56 – 60 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาทีหรือมากกว่า ซึ่งอาจจะแตกต่างกันไปตำหน้าที่และตำแหน่งในการเล่น

วิธีการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ดีที่สุด คือ การฝึกแบบสลับช่วง ซึ่งจากการศึกษาของศาสตราจารย์ Veronique Billat มหาวิทยาลัยลีลล์ของประเทศฝรั่งเศส ในช่วงระหว่างปี 1994 – 1998 โดยศึกษาทั้งจากห้องทดลองและภาคสนามซึ่งเกี่ยวข้องกับการทดสอบ โดย Billat ได้เริ่มต้นจากศึกษาจากงานของ Astrand and Rodhal (1986) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการฝึกนักกีฬาให้สามารถรักษาเวลาเฉลี่ยของการวิ่ง 6 นาทีด้วยความเร็วที่ร่างกายใช้ออกซิเจนสูงสุด (vVO_2max) โดยทำการทดสอบความเร็วที่ร่างกายใช้ออกซิเจนสูงสุดจากการวิ่ง 6 นาที (360 วินาที) พบว่าปริมาณความเร็วที่ร่างกายใช้ออกซิเจนสูงสุดมากกว่าการวิ่ง 12 นาทีของ Cooper และผู้ทดสอบปฏิบัติโดยมีความเร็วที่ร่างกายใช้ออกซิเจนสูงสุดไม่ถึง 50 % จากเวลาในการทดสอบ 12 นาที ผลงานวิจัยของ Billat ได้แสดงให้เห็นว่า การวิ่งในขณะร่างกายมีการใช้ปริมาณออกซิเจนสูงสุด เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยใช้การฝึกแบบสลับช่วงที่ใช้ความเร็วในระดับที่ร่างกายใช้ปริมาณของออกซิเจนสูงสุดของแต่ละบุคคล เพียง 1 ครั้งต่อสัปดาห์ และจะผลการพัฒนาขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 แต่การวิ่งด้วยความเร็วที่ร่างกายใช้ออกซิเจนสูงสุดจะใกล้เคียงกับการฝึกที่จุดแลคเตท (LT Training) การฝึกของ Billat มีรูปแบบดังนี้

- นักกีฬาแต่ละคน วิ่งด้วยความพยายามสูงสุดในเวลา 6 นาที บันทึกระยะทางที่ทำได้

- นำระยะทางที่บันทึกได้ หารด้วย 360 จะได้ความเร็วในการวิ่ง

- นำความเร็วที่ทำได้ คูณด้วย 3,600 จะได้ค่า ความเร็วที่ร่างกายใช้ออกซิเจนสูงสุดในหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง

ตัวอย่างเช่น นักกีฬาวิ่งได้ 1,650 เมตรในเวลา 6 นาที จะได้ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดเท่ากับ

1,650 เมตร / 360 วินาที = 4.58 เมตรต่อวินาที x 3,600 = 16.49 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ค่าที่ได้จะเป็นความเร็วต่ำสุดที่จะทำให้ร่างกายนำใช้ออกซิเจนอย่างสุดสุด นำไปใช้ในการฝึกแบบสลับช่วงได้ดังนี้

- 30 : 30 ให้นักกีฬาฝึกวิ่ง 30 วินาทีที่ความเร็วที่ร่างกายใช้ออกซิเจนสูงสุด และพักด้วยความเร็ว 50 % ของความเร็วที่ร่างกายใช้ออกซิเจนสูงสุด จากตัวอย่างที่ผ่านมา ความเร็วที่ร่างกายใช้ออกซิเจนสูงสุดเท่ากับ 4.58 เมตรต่อวินาที x 30 วินาที เท่ากับ 137 เมตร ใน 30 วินาที และขณะพักจะวิ่ง 68 เมตร ภายในระยะเวลา 30 วินาที โดยให้นักกีฬาปฏิบัติซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจะไม่สามารถปฏิบัติได้ตามเวลาที่กำหนดอีกต่อไป (ห่างจากจุดที่กำหนดไว้ 5 เมตร 2 ครั้งติดต่อกัน) เมื่อสามารถปฏิบัติแบบฝึกนี้ได้อย่างคุ้นเคยแล้ว สามารถประยุกต์โดยปฏิบัติอีกรูปแบบได้ เช่น 60 : 60 โดยใช้วิธีการเดียวกับ 30 : 30

- เมื่อปฏิบัติระยะเวลาดังกล่าวได้ง่ายแล้ว จึงเปลี่ยนไปฝึกด้วยระยะเวลาที่นานขึ้น คือ 5 x 3 นาที ด้วยความเร็วที่ร่างกายใช้ออกซิเจนสูงสุด 3 นาที และพัก 3 นาที ด้วย 50 % ของความเร็วที่ร่างกายใช้ออกซิเจนสูงสุด จำนวน 5 รอบ เช่น ความเร็วที่ร่างกายใช้ออกซิเจนสูงสุดเท่ากับ 4.58 เมตร x 180 วินาที = 824 เมตร ใน 3 นาที และขณะพักจะวิ่ง 422 เมตร ภายในระยะเวลา 3 นาที และเมื่อปฏิบัติได้ง่าย ไม่จำเป็นที่จะต้องเพิ่มจำนวนรอบของการฝึก แต่ใช้การลดระยะเวลาในการพักจาก 3 นาที เหลือเพียง 2 นาที 30 วินาที และเหลือ 2 นาที ตามลำดับ

ประโยชน์ของการฝึกในรูปแบบนี้ เช่น

- ใช้ความเร็วของนักกีฬาแต่ละคน

- ง่ายในการประเมินนักกีฬา โดยสามารถประเมินได้ทุกๆ 4 อาทิตย์ เริ่มจากทดสอบวิ่ง 6 นาที โดยถ้าหากนักกีฬามีการพัฒนาที่ดีขึ้น ก็จะสามารถวิ่งได้ไกลขึ้น คำนวณความเร็วที่ร่างกายใช้ออกซิเจนสูงสุดใหม่ และใช้ความเร็วใหม่นี้ในการฝึก ความถี่ในการฝึก 1 – 2 ครั้งต่อสัปดาห์

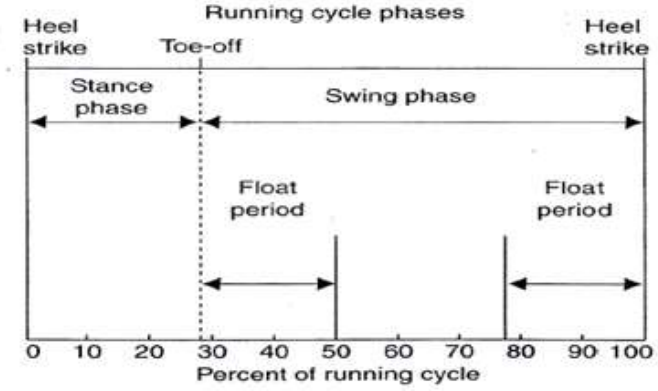
9. การวิ่ง (Running)

เมื่อการเดินมีความเร็วขึ้นและเร็วขึ้นเรื่อยๆ ก็จะเกิดจุดที่การเดินเริ่มจะติดขัด ดูไม่คล่องแคล่ว และการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของความเร็วนี้ ทำให้ร่างกายเปลี่ยนจากการเดินไปสู่การวิ่ง โดยปกติเราจะวิ่งก็เพื่อให้เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น เช่น วิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเพื่อเข้าสู่เส้นชัยในการแข่งขัน จึงต้องใช้การวิ่งเพื่อให้เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น การเปลี่ยนแปลงท่าทางจากการเดินไปสู่การวิ่งโดยปกติจะเกิดขึ้นภายใน 2 มิลลิวินาที และส่วนใหญ่การวิ่งจะมีความเร็วที่มากกว่าการเดิน แต่ความเร็วไม่ใช่ลักษณะพิเศษที่เป็นความแตกต่างระหว่างท่าทางทั้งสอง ตัวอย่างเช่น ในการแข่งขันเดินเร็ว ผู้เข้าแข่งขันสามารถเดินได้ด้วยความเร็วที่มากกว่า 12 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (7.45 ไมล์ต่อชั่วโมง) ในขณะที่การวิ่งเหยาะๆ (Jogging) เป็นการวิ่งที่มีความเร็วต่ำ

ความแตกต่างระหว่างการเดินและการวิ่ง คือ การเดินมีช่วงที่เท้าทั้ง 2 สัมผัสพื้นพร้อมกัน (Double support) แต่การวิ่งไม่มีช่วงนี้ การวิ่งจะมีช่วงที่เท้าทั้ง 2 ไม่สัมผัสพื้นแทน (Nonsupport) ความหมายหรือคำจำกัดความของการวิ่งนั้นง่าย แต่การจะวิ่งนั้นยาก เมื่อเปรียบเทียบกับการเดิน การวิ่งต้องใช้การทำงานร่วมกันของหลายๆ ระบบของร่างกาย มนุษย์ไม่สามารถมีการวิ่งที่เหมือนกันได้ โดยนักกีฬาชั้นเลิศจะมีท่าทางการวิ่งที่สวยงามและมีประสิทธิภาพ ส่วนผู้ที่มีการบาดเจ็บหรือป่วยเป็นโรคจะวิ่งได้ช้ามาก และวัยเด็กกับวัยผู้สูงอายุจะมีการวิ่งที่ต่างจากวัยหนุ่มสาว

ท่าทางการวิ่งของแต่ละบุคคลขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็น เพศ ขนาดของร่างกาย ความแข็งแรง การทรงตัว โครงสร้างทางสรีรของร่างกาย ระดับของสมรรถภาพทางกาย และทักษะการวิ่ง ปัจจัยเหล่านี้ล้วนเป็นผลให้เกิดความแตกต่างของท่าทางการวิ่งและความหลากหลายเป็นอย่างมากระหว่างบุคคล

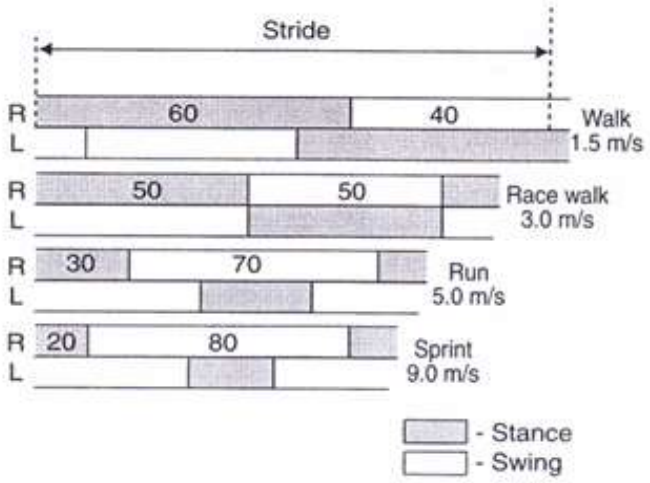
9.1 วงจรการวิ่ง (Running gait cycle)



ภาพที่ 7 แสดงถึงวงจรของการวิ่ง (Whiting and Rugg, 2006)

วงจรการวิ่งแตกต่างจากการเดิน กล่าวคือ การเดินมีลักษณะพิเศษโดยการเคลื่อนไหวของขา 2 ข้างสลับกัน (Single support) โดยเมื่อขาข้างหนึ่งยกลอยขึ้นจากพื้น (Swing phase) ขาอีกข้างก็จะคอยทำหน้าที่พยุงน้ำหนักตัว และมีช่วงเวลาสั้นๆ ที่เท้าทั้ง 2 แตะพื้นเวลาเดียวกัน การวิ่งจะมีลักษณะตรงกันข้าม คือ จะไม่มีช่วงที่เท้าทั้ง 2 สัมผัสพื้นพร้อมกัน โดยส่วนใหญ่จะเป็นการที่เท้าใดเท้าหนึ่งแตะพื้น (Single support) สลับกับช่วงลอยตัวกลางอากาศ คือ ไม่มีเท้าใดสัมผัสพื้นเลย (Flight phase)

ระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละช่วงของวงจรและความยาวก้าวระหว่างการวิ่ง มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความเร็ว ขณะที่ความเร็วเพิ่มขึ้นจากการเดินช้า ไปสู่การเดินเร็ว จนไปสู่การวิ่ง ระยะเวลาของช่วงที่ขายังคงวางอยู่บนพื้น (Stance phase) มีการลดลง เวลาของช่วงขายกลอยขึ้นจากพื้นเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ในขณะที่มีการเพิ่มขึ้นของความเร็ว อัตราส่วนของระยะเวลาของช่วงที่ขายังคงวางอยู่บนพื้นกับเวลาของช่วงขายกลอยขึ้นจากพื้น (Stance – Swing phase) เปลี่ยนแปลงจาก 60 : 40 ในขณะการเดินปกติ เป็น 20 : 80 เมื่อวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดที่ความเร็ว 9.0 เมตรต่อวินาที (20 ไมล์ต่อชั่วโมง)



ภาพที่ 8 แสดงถึงวงจรของการวิ่งในความเร็วต่างๆ (Whiting and Rugg, 2006)

9.2 **สรีรวิทยาของการวิ่ง**

ความเร็วของการวิ่งคำนวณจากความยาวของการก้าวเท้าคูณด้วยความถี่ของจำนวนก้าว ในช่วงเริ่มต้นของการเพิ่มความเร็ว การเพิ่มความยาวของการก้าวเท้าจะมีผลต่อการเพิ่มความเร็วมากกว่า แต่การเพิ่มความเร็วให้สูงสุดจะอาศัยการเพิ่มความถี่ของจำนวนก้าวเป็นหลัก เพราะเนื่องจากข้อจำกัดของโครงสร้างร่างกายในการเพิ่มความยาวก้าว

การทำงานของกล้ามเนื้อ	ช่วงวงจรการวิ่ง	หน้าที่
Gluteus maximus	ระยะสุดท้ายที่ขายกลอยขึ้นจากพื้น	หดตัวเพื่อให้การงอของสะโพกช้าลง
	ระหว่างที่ขายังคงวางอยู่บนพื้น	ช่วยในการรับแรงกระแทก และต้านแรงจากพื้น โดยการงอของข้อต่อในรยางค์ส่วนล่างของร่างกาย
Quadriceps group - Rectes femoris - Vastus medialis - Vastus lateralis - Vastus intermedius	ก่อนที่ขาจะวางบนพื้น	ช่วยในการรับแรงกระแทก และต้านแรงจากพื้น โดยการงอของข้อต่อในรยางค์ส่วนล่างของร่างกาย
Rectus femolis	ขายกลอยขึ้นจากพื้น	ทำหน้าที่ช่วยเหลือในการงอสะโพก และเหยียดเข่า
Hamstring group - Semitendinosus - Semimembranosus - Biceps femoris	ระยะสุดท้ายที่ขายกลอยขึ้นจากพื้น	ช่วยให้การเหยียดเข่าช้าลงก่อนที่เท้าจะสัมผัสพื้น
	ระหว่างที่ขายกลอยขึ้นจากพื้น	ทำให้เกิดการงอเข่า
Gastrocnemius	ก่อนที่ขาจะวางบนพื้น	ช่วยในการรับแรงกระแทก และต้านแรงจากพื้น โดยการงอของข้อต่อในรยางค์ส่วนล่างของร่างกาย
	ช่วงสุดท้ายที่ขาจะวางบนพื้น	เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในจังหวะส้นเท้ายกขึ้นจากพื้น ไปจนถึงนิ้วเท้ายกจากพื้น (Push-off) ไปช่วงขาข้างนั้นยกลอยขึ้นจากพื้น (Swing phase)

Tibialis anterior	ช่วงที่ขาวางบนพื้น	ทำหน้าที่ในการงอข้อเท้าขึ้น (Dorsiflexion)
	ระหว่างที่ขาจะวางบนพื้น	ทำหน้าที่ร่วมกับ กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่กดปลายเท้าลง (Plantar flexor) ในการรักษาความมั่นคงของเท้าและข้อเท้า

ตารางที่ 8 แสดงถึงการทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆ ในช่วงวงจรของการวิ่ง (Whiting and Rugg, 2006)

10. การปั่นจักรยาน

ความสามารถในการสปริ๊นท์ในกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ขึ้นอยู่กับการหดตัว (Contractile) และความยืดหยุ่น (Elastic) ของกล้ามเนื้อ โดยในการปั่นจักรยาน (Cycling) จะมีการเคลื่อนไหวหลัก คือ การออกกำลังแบบกล้ามเนื้อยืดเหยียดออกหรืองานในทางบวก (Concentric exercise or Positive work) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (Ericson et al. 1986) โดยมีการทำงานในทางลบ (Negative work) ที่น้อย

จักรยานวัดงานถือเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับตรวจสอบการหดตัวของกล้ามเนื้อที่เปลี่ยนไปจากการฝึกฝนด้วยการสปริ๊นท์ ซึ่งในกลุ่มกล้ามเนื้อควอดไดรเซ็ปส์จะมีการทำงานของพลังที่แสดงออกถึง 40% ระหว่างการปั่นจักรยาน ยิ่งไปกว่านั้น ยังพบความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงระหว่างสมรรถภาพสูงสุดในระยะเวลาสั้นๆ ของการปั่นจักรยานวัดงานและการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วที่เป็นองค์ประกอบของขาในผู้ชายที่ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ (Inbar, Kaiser and Tesch, 1981 ; Denis et al.1992) แต่พบว่าเป็นการยากที่จะประเมินความสัมพันธ์นี้ในนักกีฬาที่มีการฝึกซ้อมอยู่เป็นประจำและกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้เป็นนักกีฬา (Inbar et al. 1981; Froese and Houston 1987)

10.1 การนับความเร็วในการปั่นจักรยาน

องค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญของการขี่จักรยานก็คือการปั่นจักรยาน (Pedaling) แต่การปั่นจักรยานหรือการถีบจักรยานมีอะไรที่มากกว่าแค่เพียงการปั่น เพราะต้องมีการปั่นอย่างถูกต้องด้วยความเร็วที่เหมาะสม ซึ่งความเร็วในการปั่นของจักรยานจะเรียกว่า จำนวนรอบในการปั่นหรือจังหวะ (Cadence) โดยมีหน่วยเป็นรอบต่อนาที (RPM) หรือจำนวนรอบของการปั่นที่ทำได้ใน 1 นาที

10.2 วิธีการนับจำนวนรอบในการปั่นจักรยาน

ขั้นแรก นับเท้า

วิธีการพื้นฐานในการนับความเร็วในการปั่นคือ การนับการปั่นในแต่ละครั้ง เริ่มจากเท้าทั้ง 2 ปั่นครบ 1 รอบ เท่ากับการปั่นที่สมบูรณ์ 1 ครั้ง โดยควรจะนับจากเท้าข้างใดข้างหนึ่ง ตัวอย่างเช่น กำหนดจุดที่เท้าซ้ายอยู่ที่ 6 นาฬิกา (จุดต่ำสุด) เป็นจุดอ้างอิงในการนับ

ขั้นที่สอง การจับเวลา

ควรนับความเร็วในการปั่นในช่วงเวลาสั้นๆ เท่านั้น เช่น 15 – 20 วินาที ต่อจากนั้นก็จับเวลาตามที่กำหนดไว้ โดยในระหว่างนั้นก็ทำการนับรอบที่ปั่นไปเรื่อยๆ จนครบตามเวลาที่กำหนด

ขั้นที่สาม คำนวณความเร็วในการปั่น

จากสองขั้นตอนที่ผ่านมา จะได้ตัวเลขมา 2 ค่า หนึ่งคือเวลาที่ใช้ในการปั่น (วินาที) และสองคือจำนวนรอบในการปั่นในเวลาที่กำหนด เป้าในการคำนวณคือ จำนวนรอบของการปั่นที่ทำได้ใน 1 นาที ดังนั้นถ้าจับเวลา 15 วินาที ก็นำ 4 มาคูณกับจำนวนรอบที่ปั่นได้ใน 15 วินาที (15 x 4 = 60 วินาที) ถ้าจับเวลา 20 วินาที ก็นำ 3 มาคูณ เป็นต้น จะทำให้ได้ค่าจำนวนรอบของการปั่นที่ทำได้ใน 1 นาที

ตัวอย่างการคำนวณ

- ปั่นได้จำนวน 20 รอบ ในเวลา 15 วินาที ดังนั้น สามารถคำนวณได้โดย

นำ 20 x 4 = 80 รอบต่อนาที

10.3 เครื่องวัดความเร็ว (Cyclocomputer)

อีกวิธีการในการวัดความเร็วในการปั่นคือ ใช้เครื่องวัดความเร็ว (Cyclocomputer) ซึ่งง่ายในการคำนวนจำนวนรอบการปั่นที่ทำได้ใน 1 นาที โดยติดแม่เหล็กไว้ที่ขาจาน (Crank arm) และตัวรับสัญญาณไว้ที่ท่อค้ำแนวโซ่ (Chainstay) จังหวะในการปั่นมีความแตกต่างและหลากหลายขึ้นอยู่กับสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งความแตกต่างของความเร็วในจังหวะการปั่นเร็วและจังหวะการปั่นช้าสามารถแบ่งได้ดังนี้

ช้ามากๆ (Very slow)	:	50 - 70	รอบต่อนาที
ช้า (Slow)	:	70 - 80	รอบต่อนาที
ปานกลาง (Moderate)	:	80 - 90	รอบต่อนาที
เร็ว (Fast)	:	90 - 100	รอบต่อนาที
เร็วมาก (Very Fast)	:	100 - 110	รอบต่อนาที
เร็วอย่างที่สุด (Extremely Fast)	:	110+	รอบต่อนาที

หรือเพื่อให้ง่ายสามารถพิจารณาได้ว่า ความเร็วในการปั่นที่ต่ำกว่า 90 รอบต่อนาที ให้ถือเป็นความเร็วในการปั่นช้าหรือต่ำ และความเร็วในการปั่นที่สูงกว่า 90 รอบต่อนาทีให้ถือเป็นความเร็วในการปั่นเร็วหรือสูง

10.4 การปั่นจักรยานในทางฟิสิกส์

งานที่ได้จากการปั่นจักรยานสามารถวัดได้เป็นหน่วยวัตต์ (Watts) โดยเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

งาน (Watts) = แรง (Force) x จังหวะในการปั่น (Cadence)

ยกตัวอย่างจากนักปั่นจักรยาน 2 คน โดยให้ทั้ง 2 คนมีน้ำหนักตัวที่เท่ากันและใช้ความเร็วที่เท่ากันในการปั่นทางเรียบ โดยควบคุมตัวแปรอื่นๆ ไว้ ถ้าทั้ง 2 คนปฏิบัติด้วยงานที่เท่ากันนั่นคือทั้ง 2 คนปั่นโดยใช้วัตต์ที่เท่ากัน แต่ถ้าคนแรกปั่นด้วยความเร็ว 70 รอบต่อนาที ขณะที่คนที่สองปั่นโดยใช้ความเร็ว 110 รอบต่อนาที การปั่นของคนแรกแสดงให้เห็นว่า เขาปั่นโดยใช้แรงที่มากในการปั่นแต่ละครั้ง (ปั่นในเกียร์สูงหรือแรงต้านสูง) แต่มีจำนวนรอบของการปั่นที่ทำได้ใน 1 นาทีที่น้อยกว่าคนที่สอง ส่วนคนที่สองนั่นปั่นในแรงต้านที่ต่ำกว่าแต่ใช้ความถี่หรือความเร็วในการปั่นที่สูงกว่า

10.5 สรีรวิทยาของการปั่นจักรยาน

การปั่นจักรยานที่ความเร็วต่ำ (เพราะมีแรงต้านสูง) จะต้องออกแรงในการปั่นที่มากและกล้ามเนื้อขาจะต้องสังเคราะห์พลังงานในระดับสูงจากการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วเป็นจำนวนมากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า เพื่อใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ และส่งผลต่อระบบกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะกลุ่มกล้ามเนื้อควอดไดรเซ็ปส์ เมื่อใช้แรงต้านที่สูงก็ต้องใช้แรงมากในการปั่น ถ้าขามีขนาดใหญ่และแข็งแรง ก็สามารถที่จะปฏิบัติได้ง่าย ซึ่งการปั่นรูปแบบนี้ ไม่ค่อยมีผลต่อการทำงานของหัวใจและปอด ดังนั้น ผู้ปฏิบัติจะไม่อ้าปากหายใจหอบหรือแสดงอัตราการเต้นของหัวใจในระดับที่สูงจนเกินไป

แต่ถ้าปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงในเกียร์ต่ำหรือแรงต้านต่ำ จะช่วยให้เกิดผลต่อระบบหัวใจ หลอดเลือดและระบบหายใจ ถ้ามีหัวใจและปอดที่แข็งแรง จะสามารถปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงได้เป็นระยะเวลานาน ซึ่งการปั่นจักรยานที่แรงต้านต่ำ ก่อให้เกิดความเครียดที่ไม่สูงต่อกล้ามเนื้อ

เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow-twitch fibers)	**เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว** (Fast-twitch fibers)
- ใช้พลังงานหลักจากไขมัน	- ใช้ไกลโคเจนที่เก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อเป็นพลังงานหลัก
- ทนทานต่อความเมื่อยล้า	- เกิดการเมื่อยล้าได้ง่าย ไม่สามารถปฏิบัติซ้ำได้ตลอดทั้งวัน
- ฟื้นฟูได้อย่างรวดเร็วถ้ามีระยะเวลาในการพัก	- ใช้เวลานานในการฟื้นฟูก่อนที่จะออกแรงได้อีกครั้ง

ตารางที่ 9 สรีรวิทยาของการปั่นจักรยาน (Ericson et al. 1986)

11. การทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก (Anaerobic Performance Tests)

กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรง (Strength) ขึ้นอยู่กับการทำงานของระบบแอนแอโรบิก (Anaerobic system) อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติกิจกรรมเกี่ยวกับความแข็งแรงนี้จะเสร็จสิ้นลงใน 3 วินาที แต่การออกกำลังกายและการเล่นกีฬาแบบแอนแอโรบิกที่ต้องมีการเคลื่อนไหวอย่างเฉียบพลันทันทีทันใด หรือการเคลื่อนไหวที่ต้องใช้แรงสูงสุดในระยะเวลาอันสั้น เช่น การกระโดด การวิ่งอย่างเร็ว กล้ามเนื้อจะใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน และเป็นการรักษาระดับของงานที่นานกว่า 3 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับการออกกำลังกายแบบแอโรบิก (Aerobic exercise) การออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิกไม่อาศัยการขนส่งออกซิเจนและการสลายออกซิเจน จากระบบไหลเวียนเลือด (Cardiovascular) และระบบหายใจ (Respiratory) เป็นหลัก

อภิลักษณ์ เทียนทอง (2546) กล่าวไว้ว่า การทดสอบพลังแบบแอนแอโรบิก และความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก เป็นการทดสอบความสามารถของร่างกายในการสังเคราะห์พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนทั้ง 2 ระบบ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกายและการฝึกซ้อมนักกีฬาได้ทราบจุดเด่นและจุดด้อย เพื่อจะนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการฝึกซ้อมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งวิธีการที่ใช้ประเมินความสามารถในการสังเคราะห์พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน

สมรรถภาพและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องในด้านแอนแอโรบิก ขึ้นอยู่กับพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในระบบกล้ามเนื้อ สมรรถภาพด้านแอนแอโรบิกแบ่งได้เป็น 3 แบบ ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้สำหรับการออกแรงในระดับสูงสุด (Maximam performance) และแหล่งพลังงานหลักที่ใช้ คือ

1. สมรรถภาพด้านแอนแอโรบิกระยะสั้น (Short anaerobic fitness)

2. สมรรถภาพด้านแอนแอโรบิกระยะยาว (Long anaerobic fitness)

3. สมรรถภาพด้านแอนแอโรบิกแบบผสม (Mixed fitness)

และโดยทั่วไปแบบทดสอบระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกจะมี 3 ลักษณะ เช่นเดียวกัน คือ

11.1 ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกระยะสั้น

หมายถึง ความสามารถที่แสดงออกมาในขณะออกกำลังกายที่มีความหนักสูงสุดที่ทำได้ในช่วงเวลา 10 วินาทีในบุคคลทั่วไป และช่วง 30 วินาทีสำหรับนักกีฬาชั้นเลิศ สมรรถภาพแบบแอนแอโรบิกระยะสั้นเป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับกีฬาหลายๆชนิด เช่น ฟุตบอล เบสบอล บาสเกตบอล และรักบี้ฟุตบอล แหล่งพลังงานหลักที่ใช้ขึ้นกับปัจจัย 2 ส่วน คือ

12.1.1 อะดีโนซีนไตรฟอสเฟตและครีเอทีนฟอสเฟต ที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ

12.1.2 อัตราการสังเคราะห์และการนำอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต และครีเอทีนฟอสเฟตไปใช้ของกล้ามเนื้อ

โดยวิธีการสังเคราะห์เอทีพีที่เร็วที่สุดได้จากการแตกตัวของซีพี ส่วนวิธีต่อมาคือไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อจากระบบไกลโคไลติก ในการทดสอบความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกระยะสั้น จะเป็นการวัดระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกที่ไม่เกิดกรดแลคติก รวมทั้งระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกที่เกิดกรดแลคติก เป็นการทดสอบพลังงานความสามารถสูงสุดที่แสดงในช่วงแรกของการออกกำลังกาย

11.2 ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกระยะยาว

หมายถึง ความสามารถที่แสดงออกมาในขณะออกกำลังกายที่มีความหนักสูงสุด และรักษาระดับของกิจกรรมนั้นไว้ได้ มีระยะเวลานานกว่าความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกระยะสั้น แต่มีความหนักของกิจกรรมและความเร็วที่ใช้น้อยกว่า ดังนั้น ระยะเวลาน้อยสุดจะอยู่ช่วง 10 – 30 วินาที และสูงสุดในช่วง 60 – 90 วินาที แหล่งพลังงานหลักที่ใช้จะมาจากระบบไกลโคไลติกหรือระบบแลคเตทเป็นหลัก และระบบฟอสฟาเจน โดยมีสัดส่วนคือ การทำงานของระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกที่เกิดกรดแลคติกประมาณ 70 % ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกที่ไม่เกิดกรดแลคติกประมาณ 15 % และระบบพลังงานที่ใช้ออกซิเจน ประมาณ 15 % การทดสอบเป็นการประเมินความสามารถของสมรรถภาพแอนแอโรบิกที่แสดงออกมา แต่ในช่วงเวลา 30 วินาทีนั้น ไม่สามารถบอกถึงความสามารถสูงสุดของสมรรถภาพแบบแอโรบิกได้

11.3 สมรรถภาพแบบผสม

หมายถึง ความสามารถที่แสดงออกมาในขณะออกกำลังกายที่มีความหนักสูงสุดและรักษาระดับของกิจกรรมนั้นไว้ได้ โดยมีระยะเวลานานกว่าความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกระยะยาว แต่ยังไม่นานถึงระดับกิจกรรมแบบแอโรบิก ดังนั้น ระยะเวลาน้อยสุดจะอยู่ช่วง 60 – 90 วินาที และสูงสุดในช่วง 2 – 3 นาที ความสามารถนี้จึงอยู่ภายใต้ระบบพลังงานแบบแอโรบิกและระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก โดยใช้พลังงานจากระบบไกลโคไลติกและระบบแอโรบิกเป็นหลักในการสร้างเอทีพี

11.4 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก

11.4.1 การทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (Running-based Anaerobic Sprint Test : RAST)

การทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ ถูกพัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัยวูลฟ์แฮมพ์ตัน ในประเทศอังกฤษ เพื่อทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกในนักกีฬา การทดสอบด้วยวิธีนี้มีความคล้ายคลึงกับการทดสอบด้วยวิธีวินเกทแอนแอโรบิกเทสต์ ที่สามารถทดสอบพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และดัชนีความเหนื่อยล้าได้เช่นเดียวกัน แต่การทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ต่างจากการทดสอบด้วยวิธีวินเกททั้งเรื่องของความเฉพาะเจาะจงของแบบทดสอบและค่าใช้จ่ายในการทดสอบ การทดสอบด้วยวิธีวินเกทจำเป็นที่ต้องใช้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น จักรยานวัดงาน และคอมพิวเตอร์ ซึ่งโค้ชทุกคนอาจไม่มีความพร้อมในการจัดหาอุปกรณ์ 2 สิ่งนี้มาใช้ เนื่องจากราคาแพง และไม่สามารถหาได้ในบางโอกาส และการทดสอบด้วยวิธีวินเกทมีความเฉพาะเจาะจงกับนักกีฬาจักรยานมากกว่า ในขณะที่การทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ใช้แค่นาฬิกาจับเวลาและเครื่องคิดเลข มีความเฉพาะเจาะจงสำหรับการทดสอบความสามารถด้านแอนแอโรบิกในกีฬาที่ใช้การวิ่งเป็นทักษะพื้นฐานได้เหมาะสมกว่า นอกจากนั้น เวลารวมทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบใกล้เคียงกับ 30 วินาที ทำให้การทดสอบนี้สามารถเปรียบเทียบกับการทดสอบด้วยวิธีวินเกทได้ โดยเมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบ จะได้เวลาจากการวิ่ง 6 ครั้ง ซึ่งสามารถใช้คำนวณ พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Peak anaerobic power) พลังต่ำสุดแบบแอนแอโรบิก (Min anaerobic power) ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และค่าดัชนีความเหนื่อยล้า (Fatigue index) โดยใช้น้ำหนักตัวของผู้ทดสอบในการคำนวณ

Zacharogiannis et al. (2004) รายงานไว้ว่า แบบทดสอบนี้เป็นอีกวิธีหนึ่งในการประเมินความสามารถในการสังเคราะห์พลังงานแบบแอนแอโรบิก โดยที่ค่าพลังแบบแอนแอโรบิก หรือ

ปริมาณสูงสุดของพลังงานที่ได้รับจากระบบพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจนต่อหน่วยเวลาที่ทดสอบได้ จะแสดงถึงความสามารถของกล้ามเนื้อในการสังเคราะห์พลังงานในระบบฟอสฟาเจนหรือระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกโดยไม่ใช้ออกซิเจน โดยการนำเอาเวลารอบที่เร็วที่สุดในการวิ่งของการทดสอบมาใช้ในการคำนวณ โดยที่ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในการวิ่งเที่ยวแรกหรือเที่ยวที่สองของการทดสอบ ซึ่งความสามารถทางด้านพลังแบบแอนแอโรบิกของแต่ละคนแตกต่างกันออกไปตามความสามารถของระบบพลังงาน และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ที่จะทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพภายในระยะเวลาอันสั้น

ส่วนค่าความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก หรือปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ได้รับจากระบบพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจน อันได้แก่ ระบบฟอสฟาเจน และระบบไกลโคไลซิสหรือระบบแลคติกของแต่ละคน ซึ่งความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกจากการทดสอบด้วยวิธีนี้ จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อด้วยความสามารถสูงสุด และต่อเนื่องกันด้วยการวิ่งในช่วงระยะเวลา 20 – 60 วินาที นอกจากนี้ ค่าดัชนีความเหนื่อยล้า ที่เป็นตัวบ่งบอกถึงความล้าของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นหลังจากการทำงานหนักอย่างเต็มที่ตามเวลาที่แบบทดสอบกำหนด ซึ่งหาได้จาก

[(พลังสูงสุด – พลังต่ำสุด) / เวลารวมในการวิ่งทั้งหมด 6 เที่ยว]

ถ้าค่าที่ได้มีค่ามากแสดงว่า กล้ามเนื้อมีความล้าสูง นั่นหมายถึง กล้ามเนื้อมีความอดทนต่อกรดแลคติกในระดับต่ำ และในทางกลับกัน ถ้าค่าน้อยแสดงว่า กล้ามเนื้อมีความล้าต่ำ หมายถึง กล้ามเนื้อมีความอดทนต่อกรดแลคติกในระดับสูง

ซึ่ง Zacharogiannis et al. (2004) ได้ทำการศึกษาวิธีการสังเคราะห์พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยใช้แบบทดสอบรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ โดยทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบด้วยแบบทดสอบวินเกทและแบบทดสอบรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ โดยใช้ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 พบว่า ค่าพลังแบบแอนแอโรบิกสูงสุด มีความสัมพันธ์กัน โดยมีค่า r = 0.82 และค่าของความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก มีความสัมพันธ์กันโดยมีค่า r = 0.75 ซึ่งสามารถใช้แบบทดสอบรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ แทนการทดสอบด้วยวินเกทในการทดสอบพลังแบบแอนแอโรบิก และความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกได้

11.4.1.1 **อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดสอบ**

1. ลู่วิ่ง หรือ สนามที่มีระยะทางยาว 35 เมตร เป็นเส้นตรง

2. นาฬิกาจับเวลา

3. กรวย 2 อัน ใช้สำหรับจุดเริ่มต้นวิ่งและจุดสิ้นสุด ระยะห่าง 35 เมตร

4. นกหวีด 1 ตัว

5. เครื่องชั่งน้ำหนัก

6. ผู้ช่วยทดสอบ

7. เครื่องคิดเลข

11.4.1.2 วิธีการทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปรินท์

- ผู้ควบคุมการทดสอบ

1. ชั่งน้ำหนักของผู้ทดสอบก่อนการทดสอบและอธิบายวิธีการทดสอบ

2. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งเพื่อทำการอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 – 15 นาที

3. ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งโดยใช้ความเร็วสูงสุดเหมือนการทดสอบจริง 1 เที่ยว หลังการอบอุ่นร่างกายให้พัก 5 นาที ก่อนเริ่มการทดสอบ

4. ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว โดยในแต่ละเที่ยวจะมีเวลาพักระหว่างเที่ยว 10 วินาที โดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบพักที่เส้น 35 เมตร (ไม่ต้องกลับมายังจุดเริ่มต้น) ผู้ทดสอบเริ่มวิ่งจากท่ายืน หรือย่อตัวก็ได้ และในการวิ่งทุกเที่ยว ผู้ทดสอบจำเป็นที่จะต้องวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดตลอดทั้งระยะทาง 35 เมตร

- ผู้ช่วยทดสอบ

1. บันทึกเวลาที่ทำได้ในแต่ละเที่ยวจากการวิ่ง 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว

2. เพื่อให้การบันทึกเวลามีความแม่นยำ ควรใช้ผู้ช่วยในการจับเวลา 2 คน ผู้ช่วยคนที่ 1 จะทำหน้าที่ในการจับเวลาพักระหว่างเที่ยว (10 วินาที) และให้สัญญาณเสียงหมดเวลาพักแก่ผู้เข้ารับการทดสอบ ผู้ช่วยคนที่ 2 จะจับเวลาในการวิ่งที่ทำได้ในแต่ละเที่ยว

3. นำเวลาที่ได้ไปคำนวณหาค่าพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และค่าดัชนีความเหนื่อยล้า

11.4.1.3 การคำนวณ

พลังแบบแอนแอโรบิกของการวิ่งแต่ละเที่ยวคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ (Harman,1995):

ความเร็ว (Velocity) = ระยะทาง (Distance) ÷ เวลา (Time)

ความเร่ง (Acceleration) = ความเร็ว (Velocity) ÷ เวลา (Time)

แรง (Force) = น้ำหนักตัว (Weight) × ความเร่ง (Acceleration)

พลัง (Power) = แรง (Force) × ความเร็ว (Velocity)

= น้ำหนักตัว (Weight) × ระยะทาง^2 (Distance) ÷ เวลา^3 (Time)

โดยที่

พลัง มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt)

น้ำหนักตัว (กก.) คือ น้ำหนักตัวของผู้เข้ารับการทดสอบ

ระยะทาง (เมตร) คือ ระยะทางในการทดสอบ คือ 35 เมตร

เวลา (วินาที) คือ เวลาที่ทำได้ในการวิ่ง 35 เมตร

จากการวิ่ง 6 ครั้ง สามารถคำนวณพลังในแต่ละครั้ง และสามารถหาค่าต่อไปนี้ได้ คือ

- พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Peak anaerobic power) ได้จาก ค่าที่ได้สูงสุด
- พลังต่ำสุดแบบแอนแอโรบิก (Min anaerobic power) ได้จาก ค่าที่ได้น้อยที่สุด
- ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

  ได้จาก ผลรวมจากพลังทั้งหมด 6 ครั้ง ÷ 6
- ค่าดัชนีความเหนื่อยล้า (Fatigue index)

  ได้จาก (ค่าที่ได้สูงสุด – ค่าที่ได้น้อยที่สุด) ÷ ผลรวมเวลาทั้งหมด 6 รอบ

ตัวอย่างการคำนวณ

ผู้ทดสอบน้ำหนัก 76 กิโลกรัม และเวลาที่ใช้วิ่งของระยะทาง 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยวเป็นดังนี้

เที่ยวที่ 1 4.52 วินาที

เที่ยวที่ 2 4.75 วินาที

เที่ยวที่ 3 4.92 วินาที

เที่ยวที่ 4 5.21 วินาที

เที่ยวที่ 5 5.46 วินาที

เที่ยวที่ 6 5.62 วินาที

พลังแบบแอนแอโรบิกจากสมการ น้ำหนักตัว (Weight) × ระยะทาง^2 (Distance) ÷ เวลา^3 (Time) จากการวิ่งแต่ละเที่ยว เป็นดังนี้

เที่ยวที่ 1 1,008 วัตต์ (76 x 35^2 ÷ 4.523)

เที่ยวที่ 2 869 วัตต์ (76 x 35^2 ÷ 4.753)

เที่ยวที่ 3 782 วัตต์ (76 x 35^2 ÷ 4.923)

เที่ยวที่ 4 658 วัตต์ ($76 \times 35^2 \div 5.213$)

เที่ยวที่ 5 572 วัตต์ ($76 \times 35^2 \div 5,463$)

เที่ยวที่ 6 525 วัตต์ ($76 \times 35^2 \div 5.623$)

พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก = 1,008 วัตต์

พลังต่ำสุดแบบแอนแอโรบิก = 525 วัตต์

ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก = (1,008 +869+782+658+572+525) ÷ 6

= 736 วัตต์

ค่าดัชนีความเหนื่อยล้า = (1,008 – 525) ÷ 30.48

= 15.8 วัตต์/วินาที

11.4.1.4 การวิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ผลได้โดยเปรียบเทียบกับผลการทดสอบก่อนหน้านั้น ซึ่งสามารถชี้ให้เห็นถึงการพัฒนาที่เกิดขึ้นได้

พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Maximum anaerobic power) คือ การทดสอบพลังสูงสุดและเป็นข้อมูลที่บอกถึงความแข็งแรง (Strength) และความเร็วสูงสุด (Maximal sprint speed) จากตัวอย่างที่ยกมา ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วง 1,008 วัตต์ ถึง 525 วัตต์

พลังต่ำสุดแบบแอนแอโรบิก (Minimum anaerobic power) คือ การที่พลังต่ำสุดที่ได้จากวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดจากการวิ่ง 35 เมตร และนำไปใช้ในการคำนวณค่าดัชนีความเหนื่อยล้า

พลังเฉลี่ย หรือความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Average power, Anaerobic capacity) เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถของผู้ทดสอบ ในการที่จะรักษาระดับของพลังสูงสุดให้นานที่สุด ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการทำงานทางด้านแอนแอโรบิก

ค่าดัชนีความเหนื่อยล้า (Fatigue index) เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราการลดลงของพลัง หากค่าที่ได้จากการทดสอบมีค่าต่ำ (<10) แสดงว่าผู้ทดสอบมีความสามารถในการรักษาระดับของการทำงานที่ดี แต่หากได้ค่าดัชนีความเหนื่อยล้าสูง (>10) ก็ชี้ให้เห็นว่า ผู้ทดสอบควรมีการพัฒนาในด้านความทนทานต่อแลคเตท (Lactate tolerance)

- การนำวิธีทดสอบนี้ไปใช้

การทดสอบนี้ควรใช้เป็นประจำตลอดทั้งโปรแกรมการฝึก ผลการทดสอบควรนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบก่อนหน้านั้น เพื่อกำหนดโปรแกรมการฝึกต่อไปเมื่อได้รับผลจากการฝึกที่คาดหวังไว้แล้ว นอกจากนั้น ผลการทดสอบสามารถใช้เพื่อปรับความเหมาะสมของการฝึกได้

สิ่งที่สำคัญของการทดสอบในแต่ละครั้ง คือ สถานที่ ช่วงเวลาในการทดสอบ สภาพแวดล้อมขณะการทดสอบ การอบอุ่นร่างกาย ต้องควบคุมกันให้คล้ายคลึงกันในการทดสอบแต่ละครั้ง

- ควรใช้แบบทดสอบนี้เมื่อไหร่?

การทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ สามารถใช้ได้เป็นประจำ (3 ถึง 6 สัปดาห์) ตลอดทั้งฤดูกาลของการฝึก ระยะเวลาระหว่างการทดสอบควรจะถูกกำหนดโดยช่วงของโปรแกรมการฝึก และปริมาณของการฝึก

- กลุ่มเป้าหมายของการทดสอบ

การทดสอบนี้เหมาะสมสำหรับนักกีฬาประเภทที่ใช้ความเร็วสูงสุดแบบต่อเนื่อง และนักกีฬาประเภทความอดทน ตัวอย่างเช่น ฟุตบอล รักบี้ และวิ่ง

Name	Wt. (kg.)	Dist. 35m	$Dist^2$	Time	$Time^3$	**Power** = Wt. x $Distance^2$ ÷ $Time^3$
Date: _____				1. 2. 3. 4. 5. 6.		

Name	Maximum Power	Minimum Power	Total Time (6 sprints) .. **Average Power** (Total ÷ 6)	**Fatigue Index**

ภาพที่ 9 ตัวอย่างแบบฟอร์มในการเก็บข้อมูลของวิธีการทดสอบรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์

12. การทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก (Aerobic Performance Tests)

นักกีฬาที่มีความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิกหรือความอดทนทางแอโรบิกในระดับที่สูงสามารถออกกำลังกายได้นานก่อนที่ความเมื่อยล้าจะสะสมเพิ่มสูงขึ้น และสามารถออกกำลังกายต่อเนื่องไปได้อีกแม้จะมีความเมื่อยล้าสูง ต่างจากนักกีฬาที่มีความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิกต่ำ

ตัวชี้วัดสมรรถภาพด้านระบบแอโรบิก คือ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) หมายถึง ความสามารถสูงสุดของร่างกายในการนำออกซิเจนมาใช้ แสดงออกมาในหน่วยมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ซึ่งสามารถวัดได้จากการทดสอบที่ใช้เวลาระหว่าง 9 – 16 นาที หรือบางครั้งอาจจะใช้เวลานานถึง 25 นาที หากผู้ทดสอบมีความอดทนทางแอโรบิกสูง

การทดสอบสามารถทำได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยการทดสอบทางตรงจะปฏิบัติในห้องแล็ป คือ การวิเคราะห์แก๊ส ส่วนทางอ้อมจะเป็นการประมาณค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เช่น อัตราการเต้นของหัวใจและเวลาที่ทำได้ในการปฏิบัติกิจกรรมนั้นๆ ซึ่งแบบทดสอบที่ใช้ประเมินสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีมากมายหลากหลายรูปแบบและกิจกรรม โดยกิจกรรมที่ใช้ในการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะต้องประกอบไปการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ๆ และมีการเคลื่อนไหวที่สอดคล้องกับกีฬาที่จะทดสอบ

ดังนั้นการนำไปใช้จึงขึ้นอยู่กับความสะดวกของผู้ทดสอบ กิจกรรมที่สอดคล้องกับผู้เข้าร่วมการทดสอบ และการใช้แบบทดสอบที่มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ เพื่อที่จะได้นำผลของการประเมินไปประยุกต์ใช้ปรับปรุงแบบฝึกให้ดีและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

12.1 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก

12.1.1 การทดสอบด้วยวิธีของบรูซ

การเริ่มต้นของการทดสอบเพื่อหาค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด แม้จะเริ่มตั้งแต่ยุคปีค.ศ. 1920 แต่การศึกษาและการวิจัยอย่างจริงจังเกิดขึ้นในช่วงปีค.ศ. 1940 – 1950 โดย ดร.โรเบิร์ต บรูซ แพทย์ด้านหัวใจจากมหาวิทยาลัยวอชิงตัน ผู้นำในการศึกษาด้านนี้จากการใช้กิจกรรมการออกกำลังกายที่เพิ่มระดับของความหนักขึ้นเรื่อยๆ โดยเน้นในการศึกษาการพัฒนารูปแบบของการทดสอบเพื่อประเมินสมรรถภาพด้านหัวใจและการออกกำลังกายของผู้ป่วย เพราะเขาค้นพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต และการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจในขณะออกกำลังกาย แสดงถึงสมรรถภาพในการออกกำลังกายของผู้ป่วย และเป็นข้อมูลสำคัญเพื่อวินิจฉัยโรคได้ จนเป็นที่มาของแบบทดสอบที่ชื่อว่า Bruce protocol ซึ่งเป็นต้นแบบของแบบทดสอบที่ค่อยๆ เพิ่มความหนักของงานขึ้นเรื่อยๆ ที่ใช้ในการประเมินสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และจุดกั้นของแลคแตทของนักกีฬาในปัจจุบัน โดยสามารถใช้ได้ทั้งลู่วิ่งกล และการปั่นจักรยานวัดงานในการทดสอบ

12.1.2 อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดสอบ

1. ลู่วิ่งกล

2. นาฬิกาจับเวลา

3. เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (หากต้องการวัดการแลกเปลี่ยนแก๊สโดยตรง)

4. สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

5. ผู้ช่วยทดสอบ

12.1.3 วิธีการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ

1. ติดเครื่องวิเคราะห์แก๊สให้กับผู้เข้ารับการทดสอบ

2. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบทำการอบอุ่นร่างกาย โดยการเดินช้าๆ บนลู่วิ่งกล ประมาณ 3 – 5 นาที ในความเร็วต่ำและไม่มีความชัน

3. ผู้ช่วยทดสอบตั้งค่าลู่วิ่งกลที่ความเร็ว 2.74 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความชันที่ 10 % (ระดับที่ 1) โดยออกคำสั่งว่า “เริ่ม” พร้อมกับเริ่มจับเวลา

4. จากนั้นทุกๆ 3 นาที ปรับความเร็วและความชัน ตามตารางที่ 10

Stage	Speed (km/hr)	Speed (mph)	Gradient
1	2.74	1.7	10
2	4.02	2.5	12
3	5.47	3.4	14
4	6.76	4.2	16
5	8.05	5.0	18
6	8.85	5.5	20
7	9.65	6.0	22
8	10.46	6.5	24
9	11.26	7.0	26
10	12.07	7.5	28

ตารางที่ 10 ความเร็วและความชันที่ใช้ในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซในแต่ละระดับ

(Topendsports, 2011 : online)

5. บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจที่เปลี่ยนแปลงทุกๆ ระดับที่เพิ่มความหนักขึ้น

6. หยุดจับเวลาเมื่อผู้รับการทดสอบไม่สามารถปฏิบัติกิจกรรมต่อไปได้ โดยพิจารณาจากเกณฑ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

6.1 ผู้ทดสอบปฏิบัติถึงระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุด (ไม่มีเปลี่ยนแปลงของการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นกว่าระดับนั้นแม้จะปฏิบัติต่อไปได้อีก)

6.2 เมื่อปฏิบัติจนระดับการเต้นของหัวใจถึงอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

6.3 อัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส (Respiratory Exchange Ratio) เท่ากับหรือสูงกว่า 1.15

6.4 ค่าความเข้มข้นของแลคแตทในเลือดสูงกว่า 8 มิลลิโมลต่อลิตร

6.5 อาการสั่นทั้งตัวขณะปฏิบัติ

จากนั้นจึงบันทึกเวลาที่ทำได้ และค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากโปรแกรมวิเคราะห์แก๊ส โดยจะพิจารณาเมื่อถึงตามเกณฑ์ที่กำหนด 3 ใน 5 เกณฑ์

12.1.4 วิธีการคำนวนจากการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ

หากใช้การติดเครื่องวิเคราะห์แก๊สในการทดสอบ ค่าที่ได้ออกมาจะแสดงผลในคอมพิวเตอร์ที่เครื่องวิเคราะห์แก๊สเชื่อมต่ออยู่ โดยผลที่ได้ค่อนข้างมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ เพราะเป็นการวัดการแลกเปลี่ยนแก๊สจากลมหายใจของผู้ทดสอบในขณะที่ทำการทดสอบจริงๆ โดยจะทราบถึงการเปลี่ยนแปลงทุกๆ ระยะ แต่ถ้าหากไม่ได้ใช้การติดเครื่องวิเคราะห์แก๊สก็สามารถคำนวณทางอ้อมได้ โดยดูจากเวลาหรือระดับที่ทำได้ในการทดสอบ จากสมการต่อไปนี้ (Wilmore and Costil, 2005)

VO_2max (ml/kg/min) = 14.76 - (1.379 × T) + (0.451 × T^2) - (0.012 × T^3)

หรือ

ผู้หญิง : VO_2max (ml/kg/min) = 2.94 x T + 3.74

เด็กผู้หญิง : VO_2max (ml/kg/min) = 4.38 x T - 3.9

ผู้ชาย : VO_2max (ml/kg/min) = 2.94 x T + 7.65

เด็กผู้ชาย : VO_2max (ml/kg/min) = 3.62 x T + 3.91

โดย T คือ เวลาที่สามารถทำได้ ตัวอย่างเช่น สามารถทำได้ที่ 10 นาที 45 วินาที ก็จะแทนค่าด้วย 10.75

ข้อควรระวัง เนื่องจากการทดสอบนี้เป็นการทดสอบที่ระดับความสามารถสูงสุด จึงเหมาะกับนักกีฬาที่มีสมรรถภาพของหัวใจและหลอดเลือดที่ดีในระดับหนึ่ง และต้องมีผู้ควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด ตลอดการทดสอบ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยภายในประเทศ

ไวพจน์ จันทร์เสม (2545) ได้ศึกษาโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลระดับอุดมศึกษา ของวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 30 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 10 คน แต่ละกลุ่มทำการฝึกตามโปรแกรม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ฝึกด้วยน้ำหนักควบคู่กับการวิ่ง 2 นาที กลุ่มที่ 2 ฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการวิ่ง 2 นาที กลุ่มที่ 3 ใช้โปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนัก ทั้ง 3 กลุ่มทำการฝึกตามโปรแกรมเป็นเวลา 8 สัปดาห์ๆ ละ 2 วัน ประเมินผลโดยทดสอบพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขาโดยการกระโดดต่อเนื่อง 30 วินาที เวลาในการวิ่ง 40 เมตร ความเร็วในการวิ่ง 40 เมตร ความอดทนของกล้ามเนื้อขาโดยการยกน้ำหนักท่าสควอท ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 4, 6, 8 สัปดาห์และหลังเสร็จสิ้นการทดลอง 2 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า

1. โปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลทั้ง 3 โปรแกรม ไม่สามารถพัฒนาพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขาได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และทั้ง 3 โปรแกรม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. โปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการวิ่ง 2 นาที และโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนักควบคู่กับการวิ่ง 2 นาที มีเวลาในการวิ่ง 40 เมตร (5.41 และ 5.41 วินาที) น้อยกว่าโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนัก (5.69 วินาที) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. โปรแกรมการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่กับการวิ่ง 2 นาที และโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนักควบคู่กับการวิ่ง 2 นาที มีความเร็วเฉลี่ยในการวิ่ง 40 เมตร (7.41 และ 7.39 เมตรต่อวินาที) มากกว่าโปรแกรมการฝึกด้วยน้ำหนัก (7.03 เมตรต่อวินาที) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

4. โปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขาในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลทั้ง 3 โปรแกรม สามารถพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อขาได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และทั้ง 3 โปรแกรม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดุษดี คงเคชประทีป (2547) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่มีต่อเวลาในการปั่นจักรยานเดี่ยวเปอร์ซูท 4,000 เมตร ในการศึกษาครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 จำนวน 16 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 8 คน ฝึกสลับช่วง และกลุ่มควบคุมจำนวน 8 คน ฝึกตามปกติ ทำการทดสอบเวลาในการปั่นจักรยานระยะทาง 4,000 เมตร ในสัปดาห์ที่ 4 และ สัปดาห์ที่ 8 หลังการฝึก ผลจากการศึกษาพบว่า

1. ค่าเฉลี่ยของเวลาในการปั่นจักรยานของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ค่าเฉลี่ยของเวลาในการปั่นจักรยานของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานของกลุ่มควบคุม ก่อนการฝึก และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานของกลุ่มทดลอง พบว่า

- ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- ก่อนการฝึกและหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ 8 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดุสิต พรหมอ่อน (2549) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ปริมาณกรดแลคติก และอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีวินเกทแอนแอโรบิกเทสต์กับวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้นักกีฬาฟุตบอลระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 20 คน ทำการทดสอบด้วยวิธีวินเกทแอนแอโรบิกเทสต์กับวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์วิธีละ 2 ครั้ง โดยพักอย่างน้อย 2 วัน ก่อนทำการทดสอบครั้งต่อไป นำผลที่ได้จากการทดสอบแต่ละครั้งไปหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการทดสอบทั้ง 2 วิธี ผลการศึกษาพบว่า พลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ปริมาณกรดแลคติก และอัตราการเต้นของหัวใจของการทดสอบด้วยวิธีวินเกทแอนแอโรบิกเทสต์กับวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .629, .803, .793 และ .935 ตามลำดับ ดังนั้น สามารถนำการทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ไปใช้ในการประเมินความสามารถในการทำงานโดยใช้ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกแทนการทดสอบด้วยวิธีวินเกทได้ในระดับหนึ่ง

ธำรงค์ บุญพรหม (2551) ได้ศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อขาที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล ในการศึกษาครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 24 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 12 คน กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกพลังกล้ามเนื้อขา โดยการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกด้วยน้ำหนัก ฝึกสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ทั้งหมด 8 สัปดาห์ กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มควบคุม วัดผลโดยทำการทดสอบด้วยวิธีวินเกทแอนแอโรบิกเทสต์ ก่อนการทดลอง หลังการทดลอง 4 สัปดาห์ และหลังการทดลอง 8

สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลอง 8 สัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อขา มีพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และดัชนีความเหนื่อยล้าสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และยังมีพัฒนาการสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ณรงค์พันธ์ เนตรเจริญ (2552) ได้ศึกษาผลของการฝึกลากเลื่อนถ่วงน้ำหนักและการฝึกแบบสลับช่วงที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาชายระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 24 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่มๆละ 8 คน กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดโดยมีการใช้การลากเลื่อนถ่วงน้ำหนักในระยะทาง 20 เมตร จำนวน 4 รอบ (4x20) พัก 3 – 4 นาที แล้วจึงตามด้วยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดในระยะทาง 50 เมตร จำนวน 4 รอบ (4x50) พัก 6 – 8 นาที น้ำหนักที่ใช้ถ่วงเป็น 10 % ของน้ำหนักตัว ในสัปดาห์ที่ 1 – 4 และเพิ่ม 5 % จากน้ำหนักตัว ในสัปดาห์ที่ 5 - 8 กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดเป็นระยะ 10 วินาที จำนวน 2 เซตๆ ละ 6 รอบ พักระหว่างรอบ 50 วินาที พักระหว่างเซต 6 – 8 นาที ในสัปดาห์ที่ 1 – 4 และเพิ่มจำนวนรอบเป็น 8 รอบในสัปดาห์ที่ 5 – 8 และกลุ่มควบคุม ทั้ง 2 กลุ่มฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา เวลาที่ใช้ในการวิ่ง 50 เมตร ระยะทางในการยืนกระโดดไกล ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเฉพาะส่วนแบบไอโซคิเนติก และความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก ผลจากการศึกษาพบว่า

1. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา เวลาที่ใช้ในการวิ่ง 50 เมตร ระยะทางยืนกระโดดไกล และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเฉพาะส่วนแบบไอโซคิเนติก เปรียบเทียบระหว่างก่อนการฝึกและหลังการฝึกของทั้ง 2 กลุ่มฝึก มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่มีความแตกต่างเกิดขึ้นในความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก

2. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา เวลาที่ใช้ในการวิ่ง 50 เมตร ระยะทางยืนกระโดดไกล ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเฉพาะส่วนแบบไอโซคิเนติก และความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

MacDougall et al. (1998) ได้ศึกษาผลของการฝึกสลับช่วงที่มีต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและเอนไซม์ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชายสุขภาพดี อายุเฉลี่ย 22.7(2) ปี จำนวน 20 คน โดยให้ทุกคนฝึกแบบสลับช่วงโดยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดที่ความหนักเดียวกับการทดสอบด้วยวิธีวินเกทแอนแอโรบิกเทสต์ เป็นเวลา 30 วินาที ใช้เวลาในการพัก 4 นาที ฝึกซ้ำจำนวน 4 รอบ

และเพิ่มจำนวนรอบในการฝึกสัปดาห์ละ 2 รอบ จนถึงสัปดาห์ที่ 4 จะฝึกทั้งหมด 10 รอบ และใช้จำนวนนี้ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 7 ส่วนเวลาพักระหว่างรอบจะเริ่มลดลงในสัปดาห์ที่ 4 ไปจนถึงสัปดาห์สุดท้าย สัปดาห์ละ 30 วินาที ในขณะพักให้ทำการปั่นแบบไม่มีแรงต้าน ฝึกสัปดาห์ละ 3 ครั้ง เป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์ ทำการทดสอบพลังแบบแอนแอโรบิกและงานที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีวินเกทแอนแอโรบิกเทสต์ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดและการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ที่ได้จากการวิเคราะห์เส้นใยกล้ามเนื้อ โดยเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการฝึก ผลจากการศึกษาพบว่า

1. พลังแบบแอนแอโรบิก สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และงาน มีค่าเพิ่มขึ้น

2. การทำงานของระบบเอนไซม์ต่างๆ ที่เกี่ยวกับการใช้ออกซิเจน มีการเพิ่มขึ้น

สรุปได้ว่า ผลจากการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด จะเพิ่มทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวกับระบบไกลโคไลติกและระบบการใช้ออกซิเจน พลังแบบแอนแอโรบิกและสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกล้ามเนื้อ

Burgomaster et al. (2006) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงในระยะเวลาสั้นๆ ที่มีต่อกล้ามเนื้อ เมตาบอลึซึมของคาร์โบไฮเดรตระหว่างการออกกำลังกาย และเวลาในการปั่นจักรยาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาผู้ชายสุขภาพดี แบ่งเป็น กลุ่มที่ 1 จำนวน 8 คน ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดเป็นระยะเวลา 30 วินาที พัก 4 นาที ฝึกซ้ำจำนวน 4 – 7 รอบ ฝึกทั้งหมด 6 ครั้งในระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยก่อนเริ่มการฝึกได้ทำการเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อในขณะพักและขณะออกกำลังกายที่ระดับ 60% และ 90% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ส่วนกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มควบคุม ผลจากการศึกษาพบว่า

1. เวลาในการปั่นจักรยานของกลุ่มทดลองมีเวลาที่ดีขึ้น

2. การทำงานของเอนไซม์ซิเตรต ซินเทส (Citrate synthase) มีการเพิ่มขึ้น 11%

3. การทำงานของไพรูเวทดีไฮโดรจิเนส (Pyruvate dehydrogenase) สูงขึ้นหลังจากการฝึก แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการฝึกเกิดขึ้น

4. ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมีการสะสมเพิ่มมากขึ้น ทั้งการวัดในขณะพัก และระหว่างกิจกรรมการออกกำลังกายด้วยความเข้มข้นต่ำกว่าความสามารถสูงสุดที่ระดับ 60 % และ 90 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

5. กระบวนการไกลโคเจโนไลสิส (Glycogenolysis) ในกล้ามเนื้อ มีการลดลง

6. การสะสมของแลคเตทระหว่างกิจกรรมการออกกำลังกายด้วยความเข้มข้นต่ำกว่าความสามารถสูงสุดมีการลดลง (หลังฝึก 55.2 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม; ก่อนฝึก 63.1 มิลลิโมลต่อกิโลกรัม)

7. ความสามารถสูงสุดในใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นระหว่างก่อนและหลังการฝึกเกิดขึ้น

สรุปได้ว่า ผลจากการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด เพิ่มความสามารถในการปั่นจักรยาน และเป็นผลให้มีการลดลงของกระบวนการไกลโคเจโนไลสิส และการสะสมของแลคเตทระหว่างการออกกำลังกายด้วยความเข้มข้นต่ำกว่าความสามารถสูงสุด

Gibala et al. (2006) ได้เปรียบเทียบความแตกต่างในการเปลี่ยนแปลงของระบบเมตาบอลิกโมเลกุลและเซลล์ในกล้ามเนื้อ จากการฝึกแบบสลับช่วงด้วยความเร็วสูงสุด ที่ใช้ระยะเวลาในการฝึกสั้นๆ และการฝึกความอดทนแบบต่อเนื่อง (Endurance training) กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชายสุขภาพดี จำนวน 16 คน แบ่งเป็น กลุ่มที่ 1 จำนวน 8 คน ฝึกแบบสลับช่วงโดยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดที่ความหนักประมาณ 700 วัตต์ เป็นเวลา 30 วินาที ใช้เวลาในการพัก 4 นาที ฝึกซ้ำจำนวน 4 รอบ และเพิ่มจำนวนรอบในการฝึก 1 รอบทุกๆ การฝึก 2 ครั้ง จนถึงครั้งละ 6 รอบ กลุ่มที่ 2 จำนวน 8 คน ฝึกความอดทนแบบต่อเนื่องด้วยการปั่นจักรยานที่ความหนัก 65 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่แรงต้านประมาณ 175 วัตต์ เป็นเวลา 90 – 120 นาทีต่อครั้ง ทั้ง 2 กลุ่มฝึกทั้งหมด 6 ครั้งในระยะเวลา 2 สัปดาห์ แต่ละครั้งห่างกัน 1 – 2 วัน ทำการทดสอบเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานระยะทาง 2 กิโลเมตรและ 30 กิโลเมตร ความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกด้วยวิธีวินเกท และการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ด้วยการวิเคราะห์เส้นใยกล้ามเนื้อ ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ (Muscle glycogen content) ความสามารถของกล้ามเนื้อในการสลายกรด (Muscle buffering capacity) และความสามารถของกล้ามเนื้อในการใช้ออกซิเจน (Muscle oxidative capacity) ผลจากการศึกษาพบว่า

1. เวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานที่ระยะทาง 30 กิโลเมตร (750 กิโลจูล) มีการลดลง 10.1% และ 7.5% ในกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงและกลุ่มฝึกความอดทนแบบต่อเนื่องตามลำดับ และเวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยานที่ระยะทาง 2 กิโลเมตร (50 กิโลจูล) มีการลดลง 4.1% และ 3.5% ในกลุ่มฝึกสลับช่วงและกลุ่มฝึกความอดทนแบบต่อเนื่องตามลำดับ หลังจากการฝึก

2. ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อที่วัดในขณะพักมีค่าเพิ่มขึ้น 28% และ17% ในกลุ่มฝึกสลับช่วงและกลุ่มฝึกความอดทนแบบต่อเนื่องตามลำดับ

3. ความสามารถของกล้ามเนื้อในการสลายกรดมีค่าเพิ่มขึ้น 7.6 และ 4.2% ในกลุ่มฝึกสลับช่วงและกลุ่มฝึกความอดทนแบบต่อเนื่องตามลำดับ

4. ความสามารถของกล้ามเนื้อในการใช้ออกซิเจนของทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งดูจากการเพิ่มขึ้นของโปรตีน COX II และ COX IV ในกล้ามเนื้อ

สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มฝึกสลับช่วงและกลุ่มฝึกความอดทน แต่ความแตกต่างของปริมาณการฝึกที่ใช้เวลาน้อยกว่า (เวลารวม 2.5 ชั่วโมงในกลุ่มฝึกสลับช่วงและ 10.5 ชั่วโมงกลุ่มฝึกความอดทน) โดยแตกต่างกันถึง 90% แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการของการฝึกที่ดีกว่าในเรื่องของระยะเวลาการในฝึก และความหนักโดยรวมทั้งหมด (630 กิโลจูล ในกลุ่มฝึกสลับช่วง และ 6,500 กิโลจูล ในกลุ่มฝึกความอดทน)

Norkowski and Hucinski (2007) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง ที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาผู้ชายที่ไม่เป็นนักกีฬา จำนวน 24 คน แบ่งเป็น กลุ่มทดลอง จำนวน 12 คน ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งไปกลับด้วยความเร็วสูงสุด จำนวน 24 รอบ ระยะทาง 25+25 เมตร รวมระยะทางประมาณ 1,200 เมตร ใช้เวลาประมาณ 8 – 10 วินาทีต่อรอบ ระยะเวลาในการพัก 30 วินาที ฝึก 4 ครั้งต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 6 สัปดาห์ โดยทำการฝึกบนสนามแฮนด์บอล ส่วนกลุ่มควบคุมจำนวน 12 คน ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ ผลจากการศึกษาพบว่า

1. ค่าเฉลี่ยของเวลารวมจากการวิ่งไปกลับ 25+25 เมตร มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในกลุ่มทดลอง โดยเกิดขึ้นหลังจากการฝึกไป 3 สัปดาห์

2. ค่าเฉลี่ยของงานที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีวินเกทในแต่ละสัปดาห์ของกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้น โดยแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 6

3. ค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุดของกลุ่มทดลองพัฒนาขึ้น โดยแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 6

4. ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ไปถึงพลังสูงสุดที่พัฒนาขึ้น ไม่มีความแตกต่างเกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

5. ค่าเฉลี่ยของเวลาที่รักษาระดับการปฏิบัติขณะระดับสูงสุด พัฒนาขึ้นโดยแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่ สัปดาห์ที่ 4 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 6

สรุปได้ว่า รูปแบบการฝึกแบบสลับช่วงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีผลในการพัฒนาทั้งพลังแบบแอนแอโรบิก และความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ยิ่งไปกว่านั้น สามารถนำโปรแกรมการฝึกนี้

ไปประยุกต์ใช้พัฒนาพลังแบบแอนแอโรบิก และความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ในการฝึกกีฬาที่มีความหนักสูงขณะแข่งขันได้

Burgomaster et al. (2008) ได้เปรียบเทียบความแตกต่างของการฝึกแบบสลับช่วงด้วยความเร็วสูงสุดที่ใช้ระยะเวลาในการฝึกสั้นๆ และการฝึกความอดทนแบบต่อเนื่อง ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบเมตาบอลิก คาร์โบไฮเดรตและไขมัน และการเผาพลาญพลังงานในขณะออกกำลังกาย กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชายและผู้หญิงสุขภาพดีที่ไม่ใช่นักกีฬา จำนวน 20 แบ่งเป็นกลุ่มที่ 1 จำนวน 10 คน ฝึกแบบสลับช่วงโดยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดที่ความหนักประมาณ 500 วัตต์ เป็นเวลา 30 วินาที ใช้เวลาในการพัก 4 นาที ฝึกซ้ำจำนวน 4 รอบ และเพิ่มจำนวนรอบในการฝึก 1 รอบทุกๆ การฝึก 2 ครั้ง จนถึงครั้งละ 6 รอบ จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ กลุ่มที่ 2 จำนวน 10 คน ฝึกความอดทนแบบต่อเนื่องด้วยการปั่นจักรยานที่ความหนัก 65 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (ประมาณ 150 วัตต์) เป็นเวลา 40 – 60 นาที ต่อครั้ง จำนวน 5 ครั้งต่อสัปดาห์ ทั้ง 2 กลุ่มฝึกทั้งหมดเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ทำการทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ไกลโคเจนและฟอสโฟครีเอทีนในกล้ามเนื้อ การทำงานของเอนไซม์ และการใช้พลังงานด้วยคาร์โบไฮเดรตและไขมันในขณะการออกกำลังกาย ผลจากการศึกษาพบว่า

1. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนระหว่างการปั่นจักรยานด้วยความหนักคงที่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในทั้ง 2 กลุ่ม แต่อัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการระบายอากาศมีการลดลง

2. การใช้พลังงานจากไขมันมีการเพิ่มขึ้น และการใช้พลังงานจากคาร์โบไฮเดรตมีการลดลง ในทั้ง 2 กลุ่ม โดยไม่มีความแตกต่างกันเกิดขึ้น

สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มฝึกสลับช่วงและกลุ่มฝึกความอดทน แต่มีความแตกต่างของปริมาณการฝึกที่ใช้ต่อสัปดาห์น้อยกว่า คือ 1.5 ชั่วโมงในกลุ่มกลุ่มฝึกสลับช่วง และ 4.5 ชั่วโมงกลุ่มฝึกความอดทน แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการของการฝึกที่ดีกว่าในเรื่องของระยะเวลาการในฝึก และความหนักโดยรวมทั้งหมดต่อสัปดาห์เป็น 225 กิโลจูล ในกลุ่มฝึกสลับช่วง และ 2,250 กิโลจูล ในกลุ่มฝึกความอดทน

Iaia et al. (2009) ได้ศึกษาผลของการฝึกความเร็วแบบอดทนต่อเนื่องซึ่งลดปริมาณการฝึกลงโดยใช้การฝึกแบบสลับช่วงแทนที่ ที่มีผลต่อการรักษาสมรรถภาพทางกายด้านต่างๆ ในระยะเวลา 4 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักวิ่งที่ฝึกความอดทนมาเป็นอย่างดี จำนวน 17 คน แบ่งเป็น กลุ่มทดลองที่ 1 จำนวน 9 คน ฝึกความเร็วแบบสลับช่วง โดยใช้การฝึกนี้แทนการฝึกเดิม

คือการฝึกความอดทนแบบต่อเนื่อง โดยให้วิ่งด้วยความเร็วสูงสุดประมาณ 22.4(0.4) กิโลเมตรต่อชั่วโมง คิดเป็น 93 (0.5) % ของความเร็วสูงสุดที่ทำได้จากการทดสอบวิ่ง 30 วินาที เป็นเวลา 30 วินาที สลับกับการพัก 3 นาที จำนวน 8 – 12 รอบ และทำการฝึก 3.4 (0.1) ครั้งต่อสัปดาห์ กลุ่มทดลองที่ 2 เป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 8 คน ฝึกตามปกติ คือ ฝึกแบบความอดทนแบบต่อเนื่อง (ระยะทางรวมประมาณ 45 กิโลเมตรต่อสัปดาห์) ความเร็ว 13.0 (0.4) กิโลเมตรต่อชั่วโมง ฝึก 4.0 (0.4) ครั้งต่อสัปดาห์ ทั้ง 2 กลุ่มฝึกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ บนสนามวิ่ง 400 เมตร ผลจากการศึกษาพบว่า

1. เวลาในการวิ่ง 10 กิโลเมตร ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากฝึกความเร็วแบบสลับช่วง

2. ความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากฝึกความเร็วแบบสลับช่วง

3. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากฝึกความเร็วแบบสลับช่วง

4. เอนไซม์ต่างๆ จากการวิเคราะห์เส้นใยกล้ามเนื้อ เช่น เอนไซม์ไมโทคอนเดรีย ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากฝึกความเร็วแบบสลับช่วง

5. การเปลี่ยนอัตราส่วนของหลอดเลือดฝอยต่อเส้นใยกล้ามเนื้อ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากฝึกความเร็วแบบสลับช่วง

6. การใช้พลังงานในขณะการออกกำลังกายด้วยความเข้มข้นต่ำกว่าความสามารถสูงสุดมีการพัฒนาที่ดีขึ้น หลังจากฝึกความเร็วแบบสลับช่วง

7. ปริมาณไมโทคอนเดรีย ยูพีซี 3 (Mitochondrial UCP3) มีค่าสูงขึ้นหลังจากฝึกความเร็วแบบสลับช่วง

สรุปได้ว่า นักกีฬาที่มีการฝึกความอดทนมาดีแล้ว การลดปริมาณการฝึก จากการฝึกความอดทนแบบต่อเนื่องมาเป็นฝึกความเร็วอดทนแบบสลับช่วง สามารถที่จะรักษาสมรรถภาพด้านต่างๆไว้ได้ดีคงเดิม หลังจากฝึกเป็นระยะเวลา 4 อาทิตย์

Hazell et al. (2010) ได้ศึกษาผลของฝึกแบบสลับช่วงที่ใช้ระยะเวลาในการฝึกและเวลาพักแตกต่างกัน ที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาและนักกีฬา จำนวน 48 คน ชาย 35 คน หญิง 13 คน แบ่งเป็น

กลุ่มทดลองที่ 1 จำนวน 12 คน ฝึก 30 วินาที โดยสลับกับการพัก 4 นาที (30 : 4)

กลุ่มทดลองที่ 2 จำนวน 12 คน ฝึก 10 วินาที โดยสลับกับการพัก 4 นาที (10 : 4)

กลุ่มทดลองที่ 3 จำนวน 12 คน ฝึก 10 วินาที โดยสลับกับการพัก 2 นาที (10 : 2)

กลุ่มที่ 4 จำนวน 12 คน เป็นกลุ่มควบคุม

กลุ่มทดลองทุกกลุ่มฝึกสัปดาห์ละ 3 ครั้ง เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยใช้การปั่นจักรยานวัดงานความหนัก 100 กรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักตัว) ด้วยความเร็วสูงสุด ฝึกซ้ำจำนวน 4 รอบ และเพิ่มความหนักการฝึกโดยเพิ่มจำนวนรอบการฝึกในครั้งต่อไปจำนวน 1 รอบทุกๆ การฝึก 2 ครั้ง จนถึงครั้งละ 6 รอบ ทำการทดสอบองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด พลังแบบแอนแอโรบิกด้วยวิธีวินเกทและเวลาในการปั่นจักรยาน 5 กิโลเมตร ผลจากการศึกษาพบว่า

1. หลังจากการฝึก เวลาที่ใช้ในการปั่นจักรยาน 5 กิโลเมตร ของกลุ่มต่างๆมีการพัฒนาดีขึ้น ดังนี้ กลุ่ม 30 : 4 (5.2%) กลุ่ม 10 : 4 (3.5%) และกลุ่ม10 : 2 (3.0%)

2. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เพิ่มขึ้นในกลุ่ม 30 : 4 (9.3%) และกลุ่ม 10 : 4 (9.2%) แต่ไม่มีการพัฒนาเกิดขึ้นในกลุ่ม 10 : 2

3. พลังแบบแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้น ดังนี้ กลุ่ม 30 : 4 (9.5%) กลุ่ม 10 : 4 (8.5%) และกลุ่ม 10 : 2 (4.2%)

4. ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้นดังนี้ กลุ่ม 30 : 4 (12.1%) กลุ่ม 10 : 4 (6.5%)

สรุปได้ว่าแบบฝึกโดยวิธีสลับช่วงกลุ่มทดลองทุกกลุ่ม มีผลต่อการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิก

Macpherson et al. (2011) ได้เปรียบเทียบผลของการฝึกแบบสลับช่วงโดยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดกับการฝึกวิ่งด้วยความอดทนแบบต่อเนื่องที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย เวลาในการวิ่ง 2,000 เมตร สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และปริมาณเลือดที่หัวใจสูบฉีดต่อนาที กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชายและผู้หญิงสุขภาพดีและบางคนเป็นนักกีฬา จำนวน 20 คน แบ่งเป็น กลุ่มทดลองที่ 1 จำนวน 10 คน ฝึกแบบสลับช่วงโดยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดบนลู่กล เป็นเวลา 30 วินาที สลับกับช่วงพัก 4 นาที ฝึกซ้ำจำนวน 4 รอบ และเพิ่มจำนวนรอบในการฝึก 1 รอบทุกๆ 2 สัปดาห์ จนถึงครั้งละ 6 รอบ และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกความอดทนด้วยการวิ่งที่ความหนัก 65 % ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 30 – 60 นาที ต่อครั้ง ทั้ง 2 กลุ่มฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลจากการศึกษาพบว่า

กลุ่มที่ 1 คือ ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง มีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นคือ

- มวลไขมัน (Fat mass) ลดลง 12.4 %

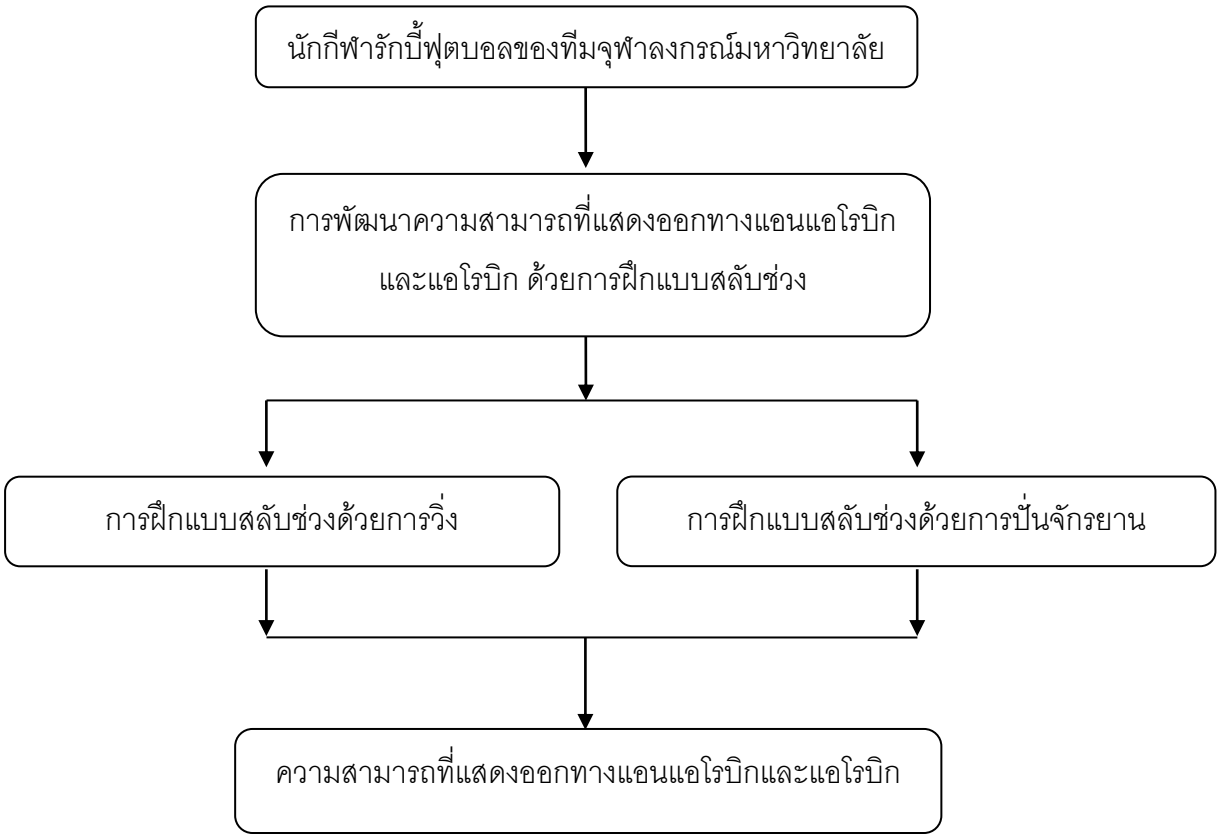
- มวลกล้ามเนื้อ (Lean mass) เพิ่มขึ้น 1 %
- เวลาในการวิ่งพัฒนาขึ้น 4.6 %
- สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น 11.5 %

กลุ่มที่ 2 คือ ฝึกความอดทนแบบต่อเนื่องด้วยการวิ่ง มีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นคือ

- มวลไขมัน (Fat mass) ลดลง 5.8 %
- มวลกล้ามเนื้อ (Lean mass) เพิ่มขึ้น 1 %
- เวลาในการวิ่งพัฒนาขึ้น 5.9 %
- สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด 12.5 %

เมื่อเปรียบเทียบการพัฒนาที่เกิดขึ้นทั้ง 2 กลุ่มไม่พบความแตกต่างกันเกิดขึ้น แต่ในปริมาณเลือดที่หัวใจสูบฉีดต่อนาที กลุ่มฝึกความอดทนแบบต่อเนื่องด้วยการวิ่งมีการพัฒนาเพิ่มขึ้น 9.5 % ส่วนกลุ่มฝึกสลับช่วงด้วยการวิ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงในด้านนี้ สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการฝึกความอดทนด้วยการวิ่งจะเกิดขึ้นในแกนกลางของร่างกายหรือระบบการสูบฉีดเลือด ส่วนการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในส่วนปลายหรือกล้ามเนื้อและการแลกเปลี่ยนแก๊ส

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยาน ที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนในการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มตัวอย่างและวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. รูปแบบของการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. ขั้นตอนการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

กลุ่มตัวอย่างและวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยครั้งที่ 39 ที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2554 อายุระหว่าง 18 – 22 ปี จำนวน 27 คน โดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) เข้าร่วมการวิจัย จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 9 คน ด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random samplimg) ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการฝึกปกติ

กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานและการฝึกปกติ

กลุ่มควบคุม ฝึกตามโปรแกรมปกติ

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1. นักกีฬารักบี้ฟุตบอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยครั้งที่ 39 ที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2554 อายุระหว่าง 18 – 22 ปี
2. กลุ่มตัวอย่างจะต้องมีสุขภาพแข็งแรงและมีความพร้อมที่จะออกกำลังกาย
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความสมัครใจในการเข้าร่วมงานวิจัยครั้งนี้

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากการเข้าร่วมงานวิจัย มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. กลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกไม่ถึง 90% ของโปรแกรมทั้งหมดหรือคิดเป็นเข้าร่วมการฝึกไม่ถึง 10 ครั้ง

3. กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยต่อไป

วิธีการพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้กำหนดให้กลุ่มตัวอย่างฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยาน โดยใช้ความหนักตามที่กำหนด ยกเว้นการทดสอบก่อนและหลังการทดลองที่จะต้องไปรับการทดสอบที่สนามหญ้าหน้าคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา และห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หากเกิดการบาดเจ็บจากการฝึกตามโปรแกรมของผู้วิจัยและการทดสอบผู้วิจัยจะรับผิดชอบในการรักษาพยาบาลทั้งหมด

รูปแบบของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยออกแบบการทดลองที่มีการจัดดำเนินการแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุมไว้สำหรับการเปรียบเทียบ (True - Experimental design)

กลุ่ม	ก่อนการทดลอง	สุ่ม	ฝึก 6 สัปดาห์	หลังการทดลอง
กลุ่มทดลองที่ 1 (วิ่ง)	O_1	R	X_1	O_2
กลุ่มทดลองที่ 2 (จักรยาน)	O_3	R	X_2	O_4
กลุ่มควบคุม	O_5	R	-	O_6

R	หมายถึง	แบ่งกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย
X_1	หมายถึง	การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง
X_2	หมายถึง	การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน
O_1,O_3,O_5	หมายถึง	การทดสอบก่อนการทดลอง
O_2,O_4,O_6	หมายถึง	การทดสอบหลังการทดลอง
กลุ่มทดลองที่ 1 (วิ่ง)		ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง
กลุ่มทดลองที่ 2 (จักรยาน)		ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน
กลุ่มควบคุม		ฝึกตามโปรแกรมปกติ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เครื่องมือสำหรับการฝึก

1.1 นาฬิกาจับเวลา

1.2 กรวย

1.3 จักรยาน ยี่ห้อ Lemond Rev Master

2. เครื่องมือสำหรับทดสอบ

2.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ In Body

2.2 เครื่องนิวเทสต์ เพาวเวอร์ไทมเมอร์ SW-300 พร้อมกับขาตั้งในการจับเวลา

2.3 ลู่วิ่ง ยี่ห้อ Landice L8 Executive

2.4 สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ Polar S710i

2.5 เครื่องวิเคราะห์แก๊ส ยี่ห้อ Cortex รุ่น Metamax 3X

3. วิธีการทดสอบตัวแปรต่างๆ

3.1 วิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (ภาคผนวก ง 1) ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองและหลังการทดลองของตัวแปรตามด้านความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก ประกอบด้วย

3.1.1 พลังแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Power) มีหน่วยเป็นวัตต์

3.1.2 ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Capacity) มีหน่วยเป็นวัตต์

3.1.3 ดัชนีความเหนื่อยล้า (Fatigue Index) มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อวินาที

3.1.4 ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า (% Fatigue Index) มีหน่วยเป็น %

3.1.5 เวลาที่ใช้ในการวิ่ง (Time) มีหน่วยเป็นวินาที

3.2 วิธีของบรูซ โดยวิธีวิเคราะห์แก๊สจากการเดินบนลู่กล (ภาคผนวก ง 2) ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองและหลังการทดลองของตัวแปรตาม ด้านความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก ประกอบด้วย

3.2.1 สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) มีหน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที

3.2.2 เวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ มีหน่วยเป็นนาที

ขั้นตอนการวิจัย

แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

1. ก่อนการทดลอง

1.1 ศึกษาโปรแกรมการฝึกจากหลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในเรื่องการฝึกแบบสลับช่วงที่ใช้การวิ่งและการปั่นจักรยาน

1.2 โปรแกรมการฝึก

1.2.1 โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง ประกอบด้วยการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด บนพื้นสนามหญ้า โดยให้วิ่งเป็นเส้นตรงระยะทาง 35 เมตรไปกลับ จนกว่าจะครบ 30 วินาที สลับกับการพัก 3 นาที ด้วยการเดินหรือหยุด มีการฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน คือ อังคารและพฤหัสบดี โดยทำการฝึกให้เสร็จสิ้นก่อนการฝึกตามปกติ (ภาคผนวก ข 1)

ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง	ระยะเวลาฝึก	ระยะเวลาพัก	จำนวนรอบที่ใช้ฝึกต่อวัน	สัปดาห์ของการฝึก
วิ่งด้วยความเร็วสูงสุด (ไป – กลับ ระยะทาง 35 เมตร)	30 วินาที	3 นาที	4 รอบ	สัปดาห์ที่ 1
				สัปดาห์ที่ 2
			5 รอบ	สัปดาห์ที่ 3
				สัปดาห์ที่ 4
			6 นาที	สัปดาห์ที่ 5
				สัปดาห์ที่ 6

1.2.2 โปรแกรมการการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน ประกอบด้วยการปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด (มากกว่า 90 รอบต่อนาที) โดยปรับความฝืดของจักรยานในระดับปานกลางซึ่งจะอยู่ในช่วง 12- 14 รอบ จากการคลายความฝืดหลังจากการหมุนไปให้สุด ปั่นเป็นเวลา 30 วินาที สลับกับการพัก 3 นาทีด้วยการปั่นช้าๆ แบบไม่มีแรงต้าน มีการฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน คือ อังคารและพฤหัสบดี โดยทำการฝึกให้เสร็จสิ้นก่อนการฝึกตามปกติ (ภาคผนวก ข 2)

ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน	ระยะเวลาฝึก	ระยะเวลาพัก	จำนวนรอบที่ใช้ฝึกต่อวัน	สัปดาห์ของการฝึก
ปั่นด้วยความเร็วสูงสุด (ความเร็ว 90 รอบต่อนาทีขึ้นไป) ใช้แรงต้านปานกลาง	30 วินาที	3 นาที	4 รอบ	สัปดาห์ที่ 1
				สัปดาห์ที่ 2
			5 รอบ	สัปดาห์ที่ 3
				สัปดาห์ที่ 4
			6 นาที	สัปดาห์ที่ 5
				สัปดาห์ที่ 6

1.3 นำแบบประเมินเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น คือ โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน ให้ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่าน ตรวจพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ของแบบประเมิน โดยการตรวจสอบค่าความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินใช้เกณฑ์ในการตัดสินคือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of congruence : IOC) โดยกำหนดคะแนนไว้ดังนี้

ถ้าระบุว่าเห็นด้วยหรือสอดคล้อง ให้คะแนน +1

ถ้าระบุไม่แน่ใจ ให้คะแนน 0

ถ้าระบุว่าไม่เห็นด้วยหรือไม่สอดคล้อง ให้คะแนน -1

นำคำตอบของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่านมารวมกันเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้สูตรของ Revinelli and Hambleton, 1977

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC = ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ = ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N = จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

การกำหนดความสอดคล้อง ที่ค่าดัชนีความสอดคล้องที่คำนวณได้ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป หรือร้อยละ 60 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ ถ้าในข้อใดมีค่าน้อยกว่าอาจตัดทิ้งหรือปรับปรุงตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (ภาคผนวก ค)

1.4 นำโปรแกรมการฝึกเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนที่จะส่งต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรม

1.5 ขั้นตอนการศึกษาวิจัยได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมโดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบันชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สามารถนำโปรแกรมการฝึกที่ผ่านการตรวจสอบแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้

1.6 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการใช้เครื่องมือ การเก็บรวบรวมข้อมูล และสถานที่ที่ใช้ในงานวิจัย

1.7 ขอความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ขณะทำการทดลอง

2.1 จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ ใบบันทึกผล เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2 เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) และทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนด

2.3 ผู้วิจัยได้มีการอธิบายวัตถุประสงค์และประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย รวมถึงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำวิจัย และเมื่อกลุ่มตัวอย่างยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยจึงได้ให้กลุ่มตัวอย่างลงนามในหนังสือยินยอมเข้าร่วมวิจัย

2.4 ดำเนินการทดสอบและเก็บข้อมูลก่อนการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

2.5 ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 9 คน ด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random samplimg)

2.6 กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ทำการฝึกแบบสลับช่วงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ๆ ละ 2 วัน โดยที่

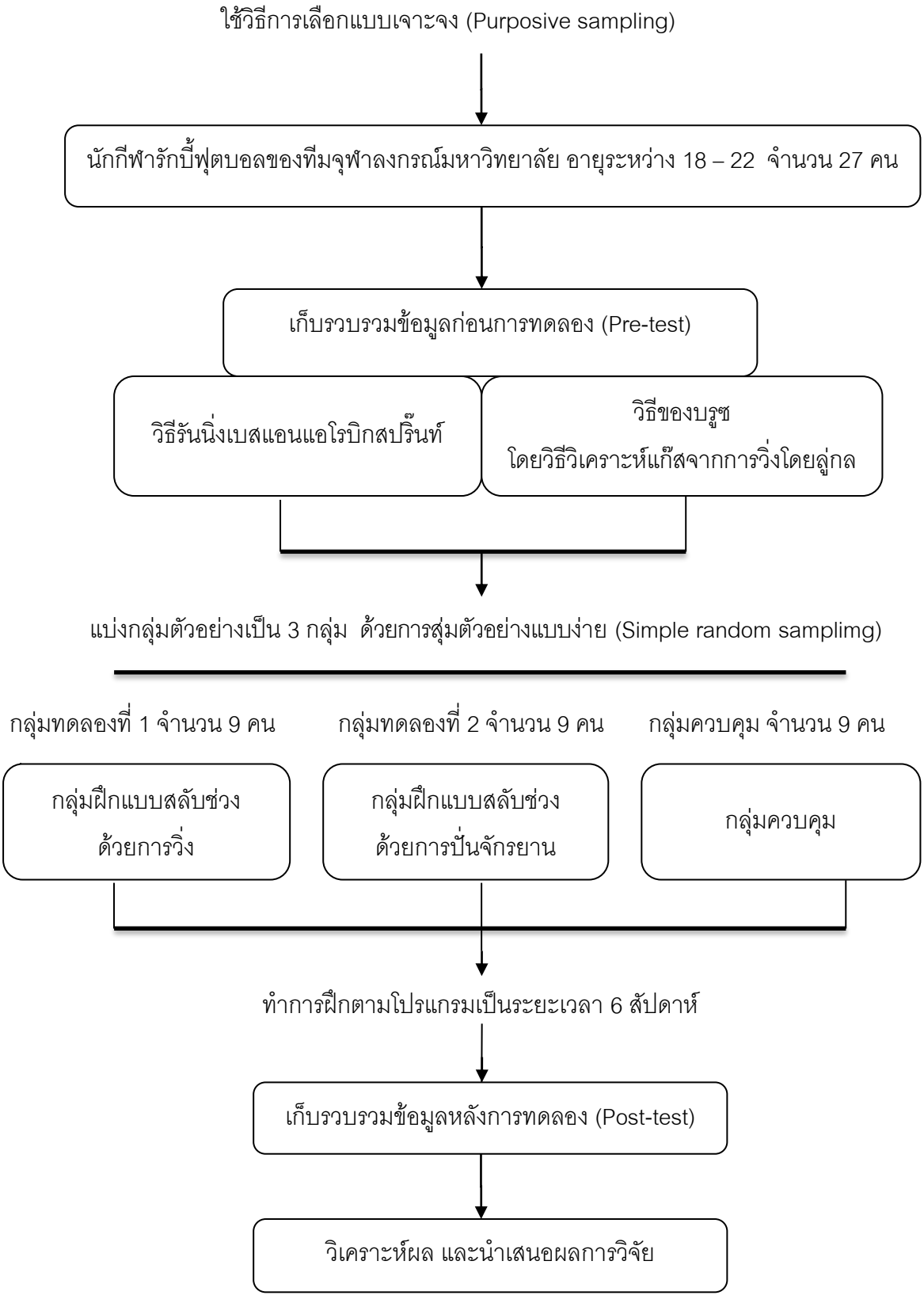
กลุ่มทดลองที่ 1 ทำการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง

กลุ่มทดลองที่ 2 ทำการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน

2.7 ดำเนินการทดสอบและเก็บข้อมูลหลังการทดลองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.8 วิเคราะห์ผล และนำเสนอผลการทดลอง

ขั้นตอนการทำวิจัย



การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทดสอบครั้งที่ 1 เป็นการทดสอบก่อนการทดลอง ประกอบด้วย 2 วิธี
   - วิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์
   - วิธีของบรูซโดยวิธีวิเคราะห์แก๊สจากการวิ่งโดยลู่กล
2. ทดสอบครั้งที่ 2 เป็นการทดสอบหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ประกอบด้วย
   - วิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์
   - วิธีของบรูซโดยวิธีวิเคราะห์แก๊สจากการวิ่งโดยลู่กล

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการทดสอบของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาค่าต่างๆ ดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และร้อยละการเปลี่ยนแปลง (Percent change) ของพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ของแต่ละกลุ่ม

2. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในกลุ่ม ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของแต่ละกลุ่ม โดยการทดสอบค่าที แบบรายคู่ (Paired t-test)

3. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม ทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – way Analysis of Variance) และทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีของแอลเอสดี (LSD)

4. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ผลของการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยาน ที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มาวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอส เวอร์ชั่น 17.0 (SPSS 17.0 : Statistical Package for the Social Science 17.0) และนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลเสนอในรูปตารางประกอบความเรียง ดังนี้

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเอฟจากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของข้อมูลทั่วไปก่อนการทดลอง ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลองที่ 1 (n = 9)		กลุ่มทดลองที่ 2 (n = 9)		กลุ่มควบคุม (n = 9)		F	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
1. อายุ (ปี)	19.44	1.667	18.78	1.302	19.44	1.590	0.571	0.572
2. น้ำหนัก (กิโลกรัม)	76.57	11.66	77.67	14.58	81.00	16.36	0.234	0.793
3. ส่วนสูง (เซนติเมตร)	174.44	4.59	176.33	5.95	174.11	6.51	0.392	0.680

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่า ก่อนการทดลอง ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง เท่ากับ 19.44 ปี ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน เท่ากับ 18.78 ปี กลุ่มควบคุม เท่ากับ 19.44 ปี ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง เท่ากับ 76.57 กิโลกรัม กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน เท่ากับ 77.67 กิโลกรัม กลุ่มควบคุม เท่ากับ 81.00 กิโลกรัม ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยของส่วนสูงของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง เท่ากับ 174.44 เซนติเมตร กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน เท่ากับ 176.33 เซนติเมตร กลุ่มควบคุม เท่ากับ 174.11 เซนติเมตร ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของค่าเฉลี่ยอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเอฟจากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลองที่ 1 (n = 9)		กลุ่มทดลองที่ 2 (n = 9)		กลุ่มควบคุม (n = 9)		F	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
1. พลังแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)	571.22	135.81	585.06	88.88	568.63	127.31	.049	.952
2. ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)	478.68	142.85	500.31	95.97	441.81	80.85	.653	.529
3. ดัชนีความเหนื่อยล้า (วัตต์/วินาที)	5.43	2.14	4.55	2.74	6.37	3.76	.847	.441
4. ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า (%)	35.00	15.73	27.12	15.89	38.28	16.36	1.157	.331
5. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	42.56	8.79	48.89	6.57	42.33	8.500	1.942	.165
6. เวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ (นาที)	9.20	1.50	10.64	2.79	9.68	1.99	1.031	.372

จากตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่า ก่อนการทดลอง ค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิกของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง เท่ากับ 571.22 วัตต์ กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน เท่ากับ 585.06 วัตต์ และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 568.63 วัตต์ ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง เท่ากับ 478.68 วัตต์ กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน เท่ากับ 500.31 วัตต์ และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 441.81 วัตต์ ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยดัชนีความเหนื่อยล้าของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง เท่ากับ 5.43 วัตต์ต่อวินาที กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน เท่ากับ 4.55 วัตต์ต่อวินาที และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 6.37 วัตต์/วินาที ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้าของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง เท่ากับ 35.00 % กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน เท่ากับ 27.12 % และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 38.28 % ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง เท่ากับ 42.56 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน เท่ากับ 48.89 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 42.33 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง เท่ากับ 9.20 นาที กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน เท่ากับ 10.64 นาที และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 9.68 นาที ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเอฟจากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มทดลองที่ 1 (n = 9)		กลุ่มทดลองที่ 2 (n = 9)		กลุ่มควบคุม (n = 9)		F	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
1. พลังแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)	777.73	140.08	856.67	254.60	570.60	125.62	5.880	.008*
2. ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)	649.77	162.98	794.30	241.98	459.97	72.66	8.398	.002*
3. ดัชนีความเหนื่อยล้า (วัตต์/วินาที)	7.42	2.78	5.44	3.19	5.33	3.35	1.276	.297
4. ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า (%)	32.00	14.11	19.21	9.89	31.24	15.58	2.578	.097
5. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	43.67	7.4	49.56	6.30	42.78	7.345	2.459	.107
6. เวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ (นาที)	13.31	1.97	14.55	2.24	11.22	1.58	6.705	.005*

*$p \leq .05$

จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิกของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง เท่ากับ 777.73 วัตต์ กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน เท่ากับ 856.67 วัตต์ และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 570.60 วัตต์ ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง เท่ากับ 649.77 วัตต์ กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน เท่ากับ 794.30 วัตต์ และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 459.97 วัตต์ ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยดัชนีความเหนื่อยล้าของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง เท่ากับ 7.42 วัตต์ต่อวินาที กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน เท่ากับ 5.44 วัตต์ต่อวินาที และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 5.33 วัตต์ต่อวินาที ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้าของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง เท่ากับ 32.00 % กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน เท่ากับ 19.21 % และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 31.24 % ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง เท่ากับ 43.67 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน เท่ากับ 49.56 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 42.78 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง เท่ากับ 13.31 นาที กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน เท่ากับ 14.55 นาที และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 11.22 นาที ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวของค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม พบว่า ค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยวิธีของแอลเอสดี ดังแสดงผลในตารางที่ 14, 15, และ 16

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก โดยวิธีของแอลเอสดี หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) (วัตต์)	กลุ่มทดลองที่ 1 777.73	กลุ่มทดลองที่ 2 856.67	กลุ่มควบคุม 570.60
กลุ่มทดลองที่ 1	777.73	-	-78.94 (P = .369)	207.13* (P = .024)
กลุ่มทดลองที่ 2	856.67		-	286.07* (P = .003)
กลุ่มควบคุม	570.60			-

*p $\leq$ .05

จากตารางที่ 14 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิกของกลุ่มทดลองที่ 1 ($\bar{x}$ = 777.73 วัตต์) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{x}$ = 570.60 วัตต์) ซึ่งแตกต่างกัน 207.13 วัตต์ และค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิกของกลุ่มทดลองที่ 2 ($\bar{x}$ = 856.67 วัตต์) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแตกต่างกัน 286.07 วัตต์

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกโดยวิธีของแอลเอสดี หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) (วัตต์)	กลุ่มทดลองที่ 1 649.77	กลุ่มทดลองที่ 2 794.30	กลุ่มควบคุม 459.97
กลุ่มทดลองที่ 1	649.77	-	-144.54 (P = .090)	189.80* (P = .029)
กลุ่มทดลองที่ 2	794.30		-	334.34* (P = .000)
กลุ่มควบคุม	459.97			-

*p $\leq$ .05

จากตารางที่ 15 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยค่าเฉลี่ยความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ของกลุ่มทดลองที่ 1 ($\bar{x}$ = 649.77 วัตต์) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{x}$ = 459.97 วัตต์) ซึ่งแตกต่างกัน 189.80 วัตต์ และค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิกของกลุ่มทดลองที่ 2 ($\bar{x}$ = 794.30 วัตต์) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแตกต่างกัน 334.34 วัตต์

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ โดยวิธีของแอลเอสดี หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) นาที	กลุ่มทดลองที่ 1 13.31	กลุ่มทดลองที่ 2 14.55	กลุ่มควบคุม 11.22
กลุ่มทดลองที่ 1	13.31	-	-1.24 (P = .190)	2.09* (P = .032)
กลุ่มทดลองที่ 2	14.55		-	3.33* (P = .001)
กลุ่มควบคุม	11.22			-

*p $\leq$ .05

จากตารางที่ 16 แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ($\bar{x}$ = 13.31 นาที) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($\bar{x}$ = 11.22 นาที) ซึ่งแตกต่างกัน 2.09 นาที และค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซของกลุ่มทดลองที่ 2 ($\bar{x}$ = 14.55 นาที) สูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งแตกต่างกัน 3.33 นาที

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง 6 สัปดาห์		t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
1. พลังแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)	571.22	135.81	777.73	140.08	-4.539	.002*
2. ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)	478.68	142.85	649.77	162.98	-3.459	.009*
3. ดัชนีความเหนื่อยล้า (วัตต์/วินาที)	5.43	2.14	7.42	2.78	-2.656	.029*
4. ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า (%)	35.00	15.73	32.00	14.11	.675	.519
5. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	42.56	8.79	43.67	7.4	-1.644	.139
6. เวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ (นาที)	9.20	1.50	13.31	1.97	-8.691	.000*

*$p \leq .05$

จากตารางที่ 17 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่งมีค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิกก่อนการทดลอง เท่ากับ 571.22 วัตต์ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 777.73 วัตต์ ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกก่อนการทดลอง เท่ากับ 478.68 วัตต์ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 649.77 วัตต์ ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยดัชนีความเหนื่อยล้าก่อนการทดลอง เท่ากับ 5.43 วัตต์ต่อวินาที หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 7.42 วัตต์ต่อวินาที ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้าก่อนการทดลอง เท่ากับ 35.00 % หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 32.00 % ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของก่อนการทดลอง เท่ากับ 43.67 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 42.56 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซของก่อนการทดลอง เท่ากับ 9.20 นาที หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 13.31 นาที ตามลำดับ

ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่งโดยการทดสอบค่าที (t-test) พบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการปั่นจักรยาน

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง 6 สัปดาห์		t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
1. พลังแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)	585.06	88.88	856.67	254.60	-3.374	.010*
2. ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)	500.31	95.97	794.30	241.98	-4.073	.004*
3. ดัชนีความเหนื่อยล้า (วัตต์/วินาที)	4.55	2.74	5.44	3.19	-.579	.578
4. ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า (%)	27.12	15.89	19.21	9.89	1.278	.237
5. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	48.89	6.57	49.56	6.30	-1.414	.195
6. เวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ (นาที)	10.64	2.79	14.55	2.24	-3.606	.007*

*$p \leq .05$

จากตารางที่ 18 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการปั่นจักรยาน มีค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิกก่อนการทดลอง เท่ากับ 585.06 วัตต์ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 856.67 วัตต์ ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกก่อนการทดลอง เท่ากับ 500.31 วัตต์ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 794.30 วัตต์ ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยดัชนีความเหนื่อยล้าก่อนการทดลอง เท่ากับ 4.55 วัตต์ต่อวินาที หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 5.44 วัตต์ต่อวินาที ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้าก่อนการทดลอง เท่ากับ 27.12 % หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 19.21 % ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดก่อนการทดลอง เท่ากับ 48.89 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 49.56 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซก่อนการทดลอง เท่ากับ 10.64 นาที หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 14.55 นาที ตามลำดับ

ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ของกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการปั่นจักรยาน โดยการทดสอบค่าที (t-test) พบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ มากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าทีจากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง 6 สัปดาห์		t	P
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
1. พลังแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)	568.63	127.31	570.60	125.62	-.105	.919
2. ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)	441.81	80.85	459.97	72.66	-1.554	.159
3. ดัชนีความเหนื่อยล้า (วัตต์/วินาที)	6.37	3.76	5.33	3.35	2.095	.069
4. ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า (%)	38.28	16.36	31.24	15.58	3.870	.005*
5. สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	42.33	8.50	42.78	7.34	-.580	.578
6. เวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ (นาที)	9.68	1.99	11.22	1.58	-5.168	.001*

*$p \leq .05$

จากตารางที่ 19 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิกก่อนการทดลองเท่ากับ 568.63 วัตต์ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 570.60 วัตต์ ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกก่อนการทดลอง เท่ากับ 441.81 วัตต์ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 459.97 วัตต์ ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยดัชนีความเหนื่อยล้าก่อนการทดลอง เท่ากับ 6.37 วัตต์ต่อวินาที หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 5.33 วัตต์ต่อวินาที ตามลำดับ

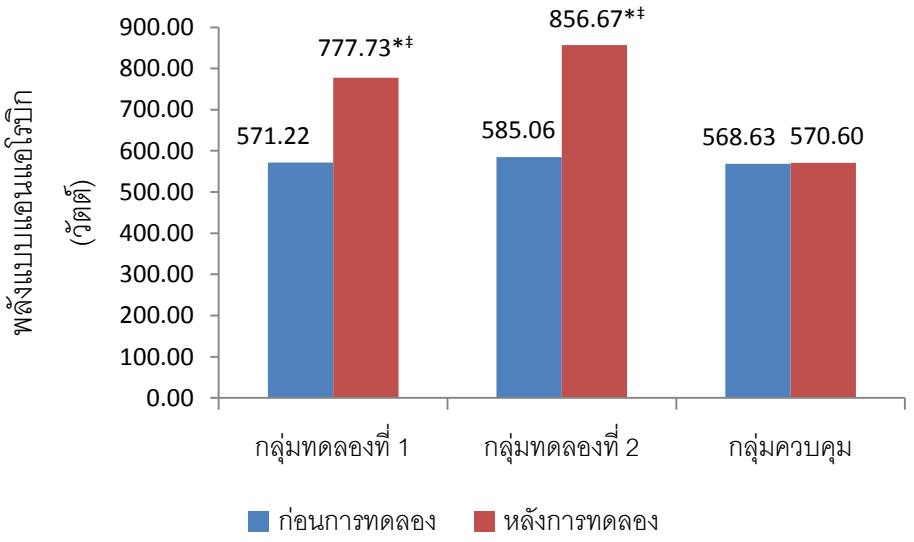
ค่าเฉลี่ยร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้าก่อนการทดลอง เท่ากับ 38.28 % หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 31.24 % ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของก่อนการทดลอง เท่ากับ 42.33 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 42.78 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซของก่อนการทดลอง เท่ากับ 10.64 นาที หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ เท่ากับ 14.55 นาที ตามลำดับ

ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซของกลุ่มควบคุม โดยการทดสอบค่าที (t-test) พบว่า หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า น้อยกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ มากกกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

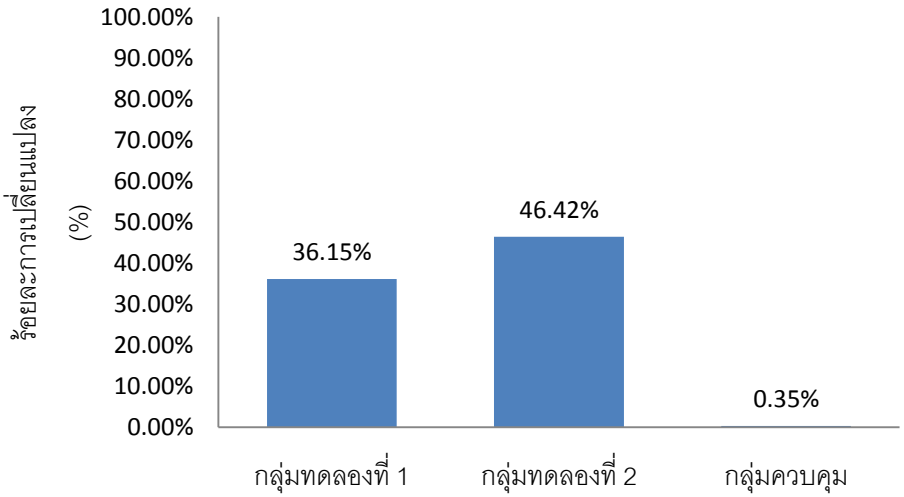
แผนภูมิที่ 1 ค่าเฉลี่ยของพลังแบบแอนแอโรบิก ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม



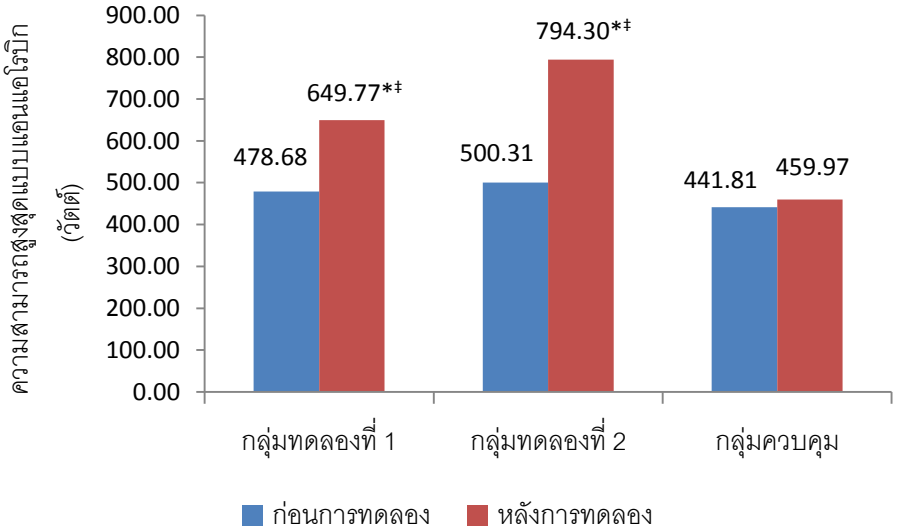
*p<.05 แตกต่างกับกลุ่มควบคุม

‡p<.05 แตกต่างกับก่อนการทดลอง

แผนภูมิที่ 2 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม



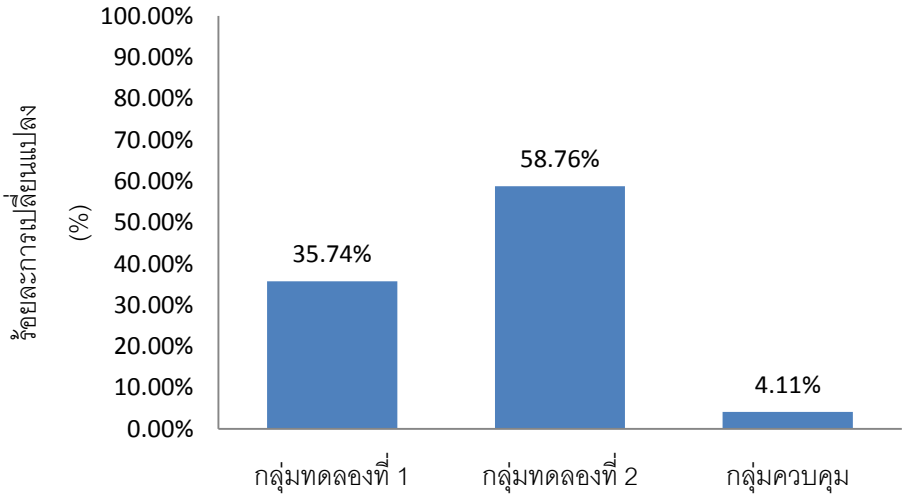
แผนภูมิที่ 3 ค่าเฉลี่ยของความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม



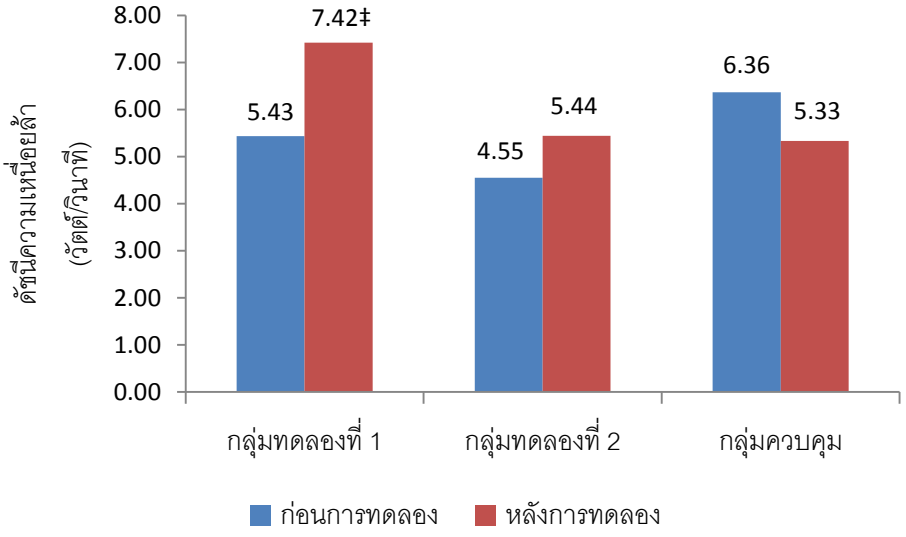
*p<.05 แตกต่างกับกลุ่มควบคุม

‡p<.05 แตกต่างกับก่อนการทดลอง

แผนภูมิที่ 4 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม

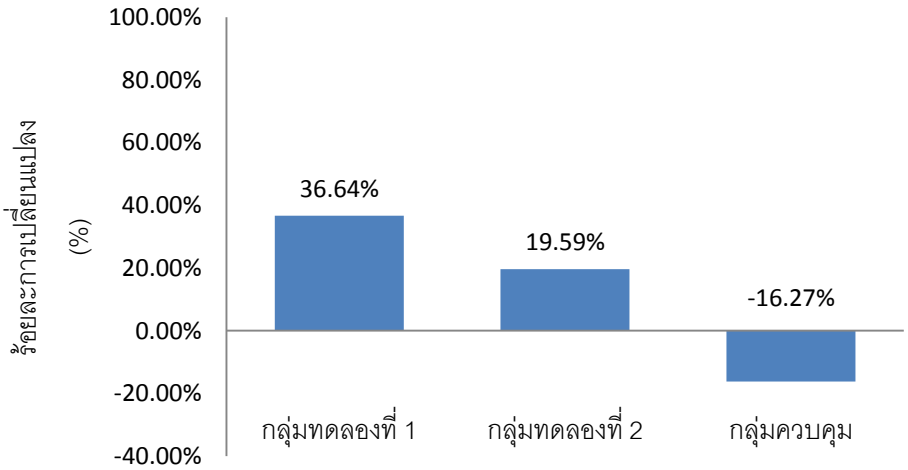


แผนภูมิที่ 5 ค่าเฉลี่ยของดัชนีความเหนื่อยล้า ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม

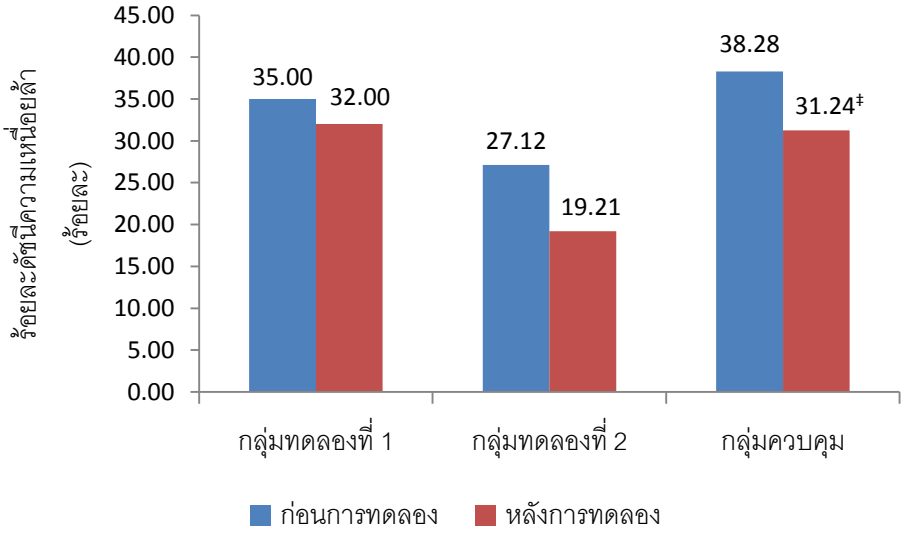


‡p<.05 แตกต่างกับก่อนการทดลอง

แผนภูมิที่ 6 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยดัชนีความเหนื่อยล้า ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม

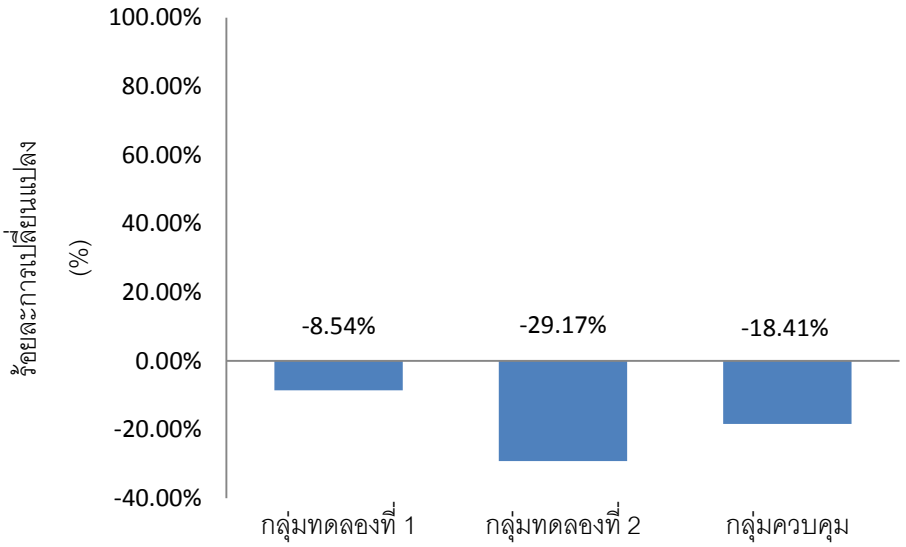


แผนภูมิที่ 7 ค่าเฉลี่ยของร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม

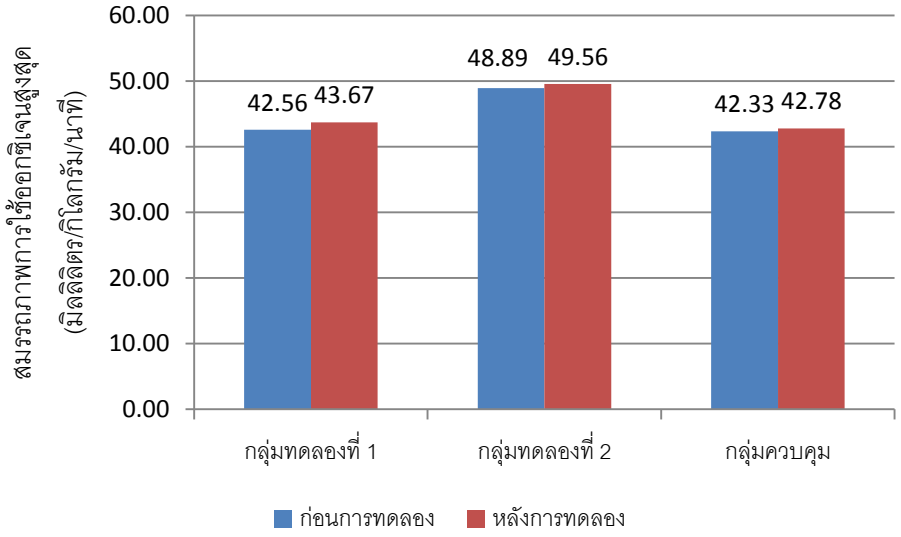


‡p<.05 แตกต่างกับก่อนการทดลอง

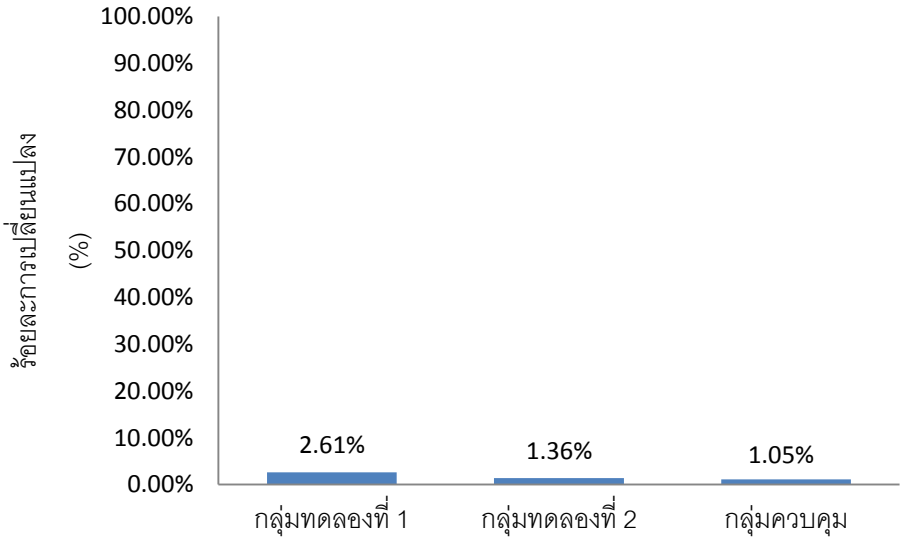
แผนภูมิที่ 8 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม



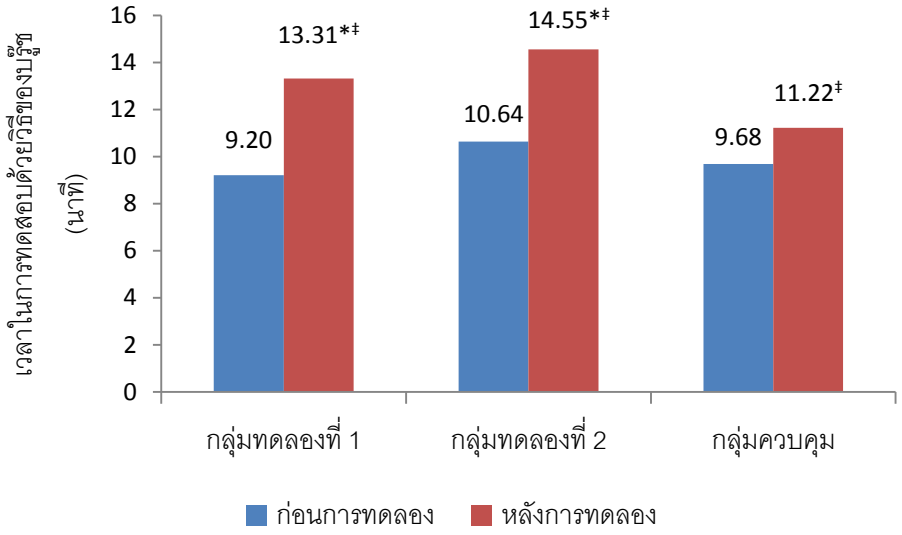
แผนภูมิที่ 9 ค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม



แผนภูมิที่ 10 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม



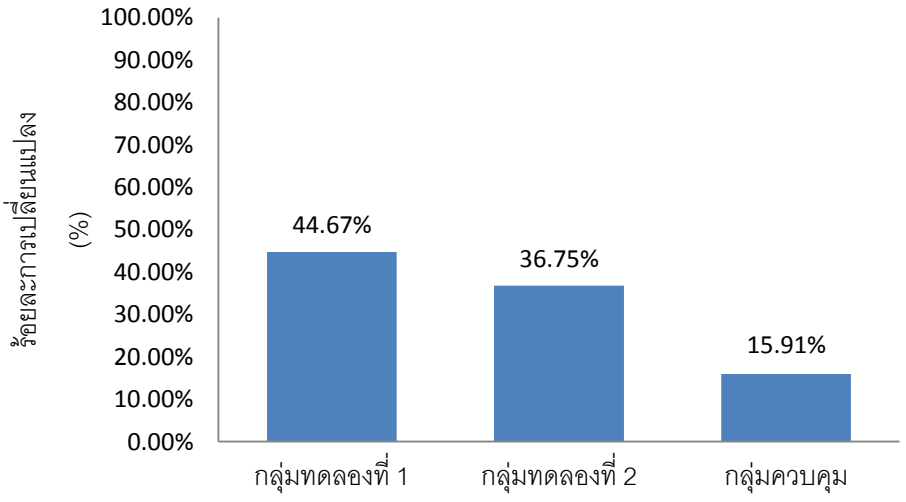
แผนภูมิที่ 11 ค่าเฉลี่ยของเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ระหว่างหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม



*p<.05 แตกต่างกับกลุ่มควบคุม

‡p<.05 แตกต่างกับก่อนการทดลอง

แผนภูมิที่ 12 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ระหว่างก่อนการทดลอ และหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน และกลุ่มควบคุม



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน ที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิก กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลของทีมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยครั้งที่ 39 ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2554 อายุระหว่าง 18 – 22 ปี จำนวน 27 คน โดยการเลือกแบบแบบเจาะจงเข้าร่วมการวิจัย (Purposive sampling) จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 9 คน ด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random samplimg) เพื่อเลือกรูปแบบการฝึก โดยกำหนดดังนี้ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการฝึกปกติ กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกเสริมด้วยโปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานและการฝึกปกติ และกลุ่มควบคุม ฝึกตามโปรแกรมซ้อมปกติ กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ทำการฝึกแบบสลับช่วงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ๆ ละ 2 วัน ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ทดสอบความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกในด้านพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า และความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิกในด้านสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ

นำผลที่ได้มาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในกลุ่ม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ โดยการทดสอบค่าที แบบรายคู่ (Paired t-test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way analysis of variance) ระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการทดลอง และหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ตามวิธีของแอลเอสดี ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

ผลการวิจัยพบว่า

1. หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่ค่าเฉลี่ยดัชนีความเหนื่อยล้า ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า และสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม

2. หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน สูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่ค่าเฉลี่ยดัชนีความเหนื่อยล้า มีเพียงกลุ่มทดลองที่ 1 ที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนค่าเฉลี่ยร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้ามีเพียงกลุ่มควบคุมที่มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เพียงกลุ่มเดียว และค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทั้ง 3 กลุ่ม

อภิปรายผลการวิจัย

จากสมมติฐานการวิจัยที่ว่า การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานเพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล จะมีการพัฒนาที่เกิดขึ้นในทั้ง 2 โปรแกรมการฝึก ทั้ง 2 ด้าน ซึ่งมีผลการวิจัยเป็นดังนี้

1. ความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก

หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การฝึกเสริมด้วยการฝึกแบบสลับช่วงทั้ง 2 วิธี คือ การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานที่ใช้ในงานวิจัยนี้ สามารถที่จะพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกในด้านพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชายได้ ถึงแม้จะมีความแตกต่างกันในด้านชนิดของกิจกรรมที่ใช้ในการฝึก แต่การเคลื่อนไหวของทั้ง 2 แบบฝึกก็มีการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อช่วงล่างของร่างกายที่คล้ายคลึงกัน คือ กลุ่มกล้ามเนื้อควอดไดร์เซ็ปส์ กลูเตียล แฮมสตริง และแกสตรอคนีเมียส (Li and Caldwell, 1998., ; Sloniger et al., 1997)

จากการใช้รูปแบบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยระยะเวลา 30 วินาที สลับกับการพัก 3 นาที (อัตราส่วนระหว่างเวลาการฝึก : เวลาในการพัก เท่ากับ 1 : 6) ปฏิบัติ 4 – 6 รอบ ในงานวิจัยครั้งนี้ ทำให้มีการพัฒนาด้านค่าเฉลี่ยพลังแบบแอนแอโรบิกในกลุ่มฝึกด้วยการวิ่งสูงขึ้น เท่ากับ 36.15 % และกลุ่มฝึกด้วยจักรยาน เท่ากับ 46.42 % ส่วนด้านค่าเฉลี่ยความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ในกลุ่มฝึกด้วยการวิ่งมีการพัฒนาขึ้น เท่ากับ 35.74 % และกลุ่มฝึกด้วยจักรยานพัฒนาขึ้น เท่ากับ 58.76 % จึงสอดคล้องกับ Baechle, Earle and Wathen (2000) ที่เสนอแนะว่า การออกกำลังกาย ที่มีความหนักสูงเป็นเวลา 30 วินาทีนั้น ร่างกายจะใช้พลังงานจากทั้งระบบเอทีพี ซีพี (แอนแอโรบิก อแลคติก) และระบบแอนแอโรบิก ไกลโคไลซิส (แอนแอโรบิกแลคติก) ควบคู่กัน โดยใช้พลังงาน จากระบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิสเป็นหลัก จึงสอดคล้องกับผลการพัฒนาในด้านพลังแบบแอน แอโรบิกที่ขึ้นกับระบบพลังงานเอทีพี ซีพี และความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกที่ขึ้นกับระบบ พลังงานแบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส

ถึงแม้กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มจะมีผลการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่มีการ พัฒนาพลังแบบแอนแอโรบิก เท่ากับ 0.35 % และความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก เท่ากับ 4.11 % แต่จากผลการวิจัยที่เกิดขึ้นแสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ฝึกด้วยการปั่นจักรยานมีการเปลี่ยนแปลง ที่มากกว่ากลุ่มที่ฝึกด้วยการวิ่งในทั้ง 2 ตัวแปร สาเหตุอาจเนื่องมาจากชนิดของกิจกรรมที่ใช้ในการฝึก เพราะในการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ฝึกโดยวิ่งไปกลับในระยะทาง 35 เมตรด้วยความเร็วสูงสุด ภายในระยะเวลาการฝึกที่กำหนด คือ 30 วินาที ซึ่งค่าเฉลี่ยจากการวิ่งใน แต่ละครั้งของการฝึกจะใช้เวลาประมาณ 5 วินาทีในการวิ่งระยะทาง 35 เมตร ซึ่งในเวลา 30 วินาที จะสามารถวิ่งไปกลับได้เต็มที่ประมาณ 2 รอบครึ่ง (รวมระยะทางฝึกได้ประมาณ 175 เมตร) ซึ่ง การวิ่งแต่ละครั้งจะต้องมีช่วงชะลอเพื่อวิ่งกลับตัว ทำให้กิจกรรมที่ฝึกด้วยการวิ่งแบบไปกลับนี้ ไม่ต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 30 วินาที และไม่สามารถที่จะเพิ่มความหนักในการฝึกให้มากกว่านี้ได้ (ในการฝึกด้วยระยะเวลา 30 วินาที) นอกจากการเพิ่มจำนวนรอบของการฝึกให้มากขึ้น ต่างจากการ ฝึกของกลุ่มที่ฝึกด้วยการปั่นจักรยานที่กิจกรรมการฝึกมีความต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 30 วินาที และสามารถเพิ่มความหนักในการฝึกได้โดยการปรับความฝืดให้สูงขึ้น โดยให้ใช้ความเร็วรอบใน การปั่นที่สูง(สูงกว่า 90 รอบต่อนาที) เหมือนเดิม เปรียบเทียบได้กับผลจากงานวิจัยของ Üçok, Gökbel and Okudan (2005) ที่พบว่า การใช้แรงต้านในการทดสอบด้วยวิธีวินเกทแอนแอโรบิก เทสต์ที่สูง (0.95 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว) จะทำให้ค่าพลังแบบแอนแอโรบิกที่ได้จากการทดสอบ มากกว่า เมื่อเทียบกับการทดสอบที่ใช้แรงต้านน้อยกว่า (0.75 กิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว) และแม้ งานวิจัยครั้งนี้จะเปลี่ยนอุปกรณ์การฝึกจากจักรยานวัดงานมาเป็นจักรยานฟิตเนสที่สามารถปรับแรง

ต้านได้ ซึ่งหาได้ง่าย มีจำนวนมากกว่า และเหมาะที่จะนำมาใช้ฝึกนักกีฬาครั้งละจำนวนมากๆ อย่างเช่นนักกีฬาประเภททีม เป็นต้น แต่ก็สามารถที่จะพัฒนาตัวแปรด้านพลังแบบแอนแอโรบิก และความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกได้เช่นเดียวกับจักรยานวัดงาน

ส่วนวิธีการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ยังไม่เคยมีการศึกษาวิจัยใดที่ใช้โปรแกรมการฝึกรูปแบบนี้มาก่อน แต่มีการศึกษาที่คล้ายคลึงกันของ Norkowski and Hucinski (2007) ที่ให้กลุ่มตัวอย่างฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งไปกลับระยะทาง 25 เมตร (รอบละ 8 – 10 วินาที) จำนวน 24 รอบ พักระหว่างรอบ 30 วินาที ฝึก 4 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยสามารถพัฒนาพลังแบบแอนแอโรบิกและระยะเวลาในการรักษาการทำงานในระดับพลังสูงสุด จากการทดสอบด้วยวิธีวินเกทแอนแอโรบิกเทสต์ได้ ดังนั้น ผลที่ได้จากฝึกแบบสลับช่วงโดยการวิ่งไปกลับ 35 เมตรในงานวิจัยครั้งนี้ จึงเป็นข้อมูลเพิ่มเติมของรูปแบบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งที่สามารถจะพัฒนาความสามารถที่แสดงทางแอนแอโรบิกได้เช่นเดียวกัน

นอกจากนั้น การพัฒนาพลังแบบแอนแอโรบิกและความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกที่เกิดขึ้น อาจจะมาจากการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการสังเคราะห์พลังงานแบบแอนแอโรบิก โดย Parra et al. (2000) ได้ศึกษาผลของระยะเวลาในการพักระหว่างรอบ ความถี่ของวันฝึก และความนานของโปรแกรมการฝึก ที่แตกต่างกันของการฝึกแบบสลับช่วงด้วยความหนักสูง ที่มีต่อประสิทธิภาพการปรับตัวในการใช้พลังงานของกล้ามเนื้อ แบ่งเป็น กลุ่มฝึกทุกวันเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ พักระหว่างรอบ 45 วินาที และกลุ่มฝึกทุกๆ 2 วันเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พักระหว่างรอบ 12 นาที ทั้ง 2 กลุ่มฝึกเป็นจำนวน 4 รอบ ในช่วงสัปดาห์แรก ไปจนถึง 10 รอบ โดยการฝึกทั้ง 2 รูปแบบ ต่างก็มีผลการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในด้านความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก โดยประเมินจากการวิเคราะห์เส้นใยกล้ามเนื้อวาสตัสแลทเทอราลิส ก่อนและหลังการทดสอบด้วยวิธีวินเกทแอนแอโรบิกเทสต์ ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการไกลโคไลซิส คือ Phosphofructokinase ของกลุ่มฝึก 2 สัปดาห์เพิ่มขึ้น 107 % กลุ่มฝึก 6 สัปดาห์เพิ่มขึ้น 68 % ส่วนเอนไซม์ Aldolase ของกลุ่มฝึก 2 สัปดาห์เพิ่มขึ้น 46 % กลุ่มฝึก 6 สัปดาห์เพิ่มขึ้น 28 % นอกจากนั้น พลังแบบแอนแอโรบิกและความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกของกลุ่มที่ฝึก 6 สัปดาห์ ยังมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (พัฒนาขึ้น 20 % และ 14 %ตามลำดับ)

สรุปได้ว่า ผลการเปลี่ยนแปลงของพลังแบบแอนแอโรบิกและความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกจากการฝึกแบบสลับช่วง อาจจะมาจากการพัฒนาความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง ทำให้ความสามารถในการสังเคราะห์เอทีพีขึ้นมาใหม่เร็วขึ้น การสะสมของ

แลคติกระหว่างกิจกรรมการออกกำลังกายด้วยความสามารถสูงสุดมีการลดลง เพิ่มความสามารถในการกำจัดแลคเตทในเลือดและการควบคุมสมดุลแร่ธาตุในร่างกาย กระบวนการไกลโคเจโนไลสิส (Glycogenolysis) ในกล้ามเนื้อมีการลดลง ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมีการสะสมเพิ่มมากขึ้น (Burgomaster et al. 2005, 2006, 2008 ; Gibala et al. 2006 ; Harmer et al. 2000 ; MacDougall et al. 1998 ; Stathis et al. 1994).

ด้านค่าเฉลี่ยดัชนีความเหนื่อยล้าของแต่ละกลุ่ม มีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยดัชนีความเหนื่อยล้าหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ($\bar{x}$ = 7.32 วัตต์ต่อวินาที) สูงกว่าก่อนการทดลอง ($\bar{x}$ = 5.43 วัตต์ต่อวินาที) และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยดัชนีความเหนื่อยล้าหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ($\bar{x}$ = 5.44 วัตต์ต่อวินาที) สูงกว่าก่อนการทดลอง ($\bar{x}$ = 4.55 วัตต์ต่อวินาที) แต่ในตัวแปรค่าเฉลี่ยร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า แต่ละกลุ่มมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้าหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ($\bar{x}$ = 32.00 %) น้อยกว่าก่อนการทดลอง ($\bar{x}$ = 35.00 %) และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้าหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ($\bar{x}$ = 19.21 %) น้อยกว่าก่อนการทดลอง ($\bar{x}$ = 27.12 %)

จากผลการวิจัยกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในตัวแปรดัชนีความเหนื่อยล้าของทั้ง 2 กลุ่มทดลอง ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เพราะจุดประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ ต้องการที่จะให้มีผลการลดลงในค่าดัชนีความเหนื่อยล้าและร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า ซึ่งเป็นตัวแปรที่แสดงถึงอัตราการลดลงของพลังแบบแอนแอโรบิก มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อวินาที โดยหากค่าที่ได้จากการทดสอบมีค่าสูง แสดงว่าผู้ทดสอบมีความสามารถในการรักษาระดับของการปฏิบัติงานที่ไม่ดี

ทั้งที่ค่าเฉลี่ยของพลังแบบแอนแอโรบิกและความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกมีการพัฒนาเพิ่มสูงขึ้นในทั้ง 2 กลุ่มทดลองหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ แต่ค่าเฉลี่ยของดัชนีความเหนื่อยล้ากลับเพิ่มสูงตาม สาเหตุน่าจะมาจากวิธีในการคำนวณค่าดัชนีความเหนื่อยล้าของวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ โดยสูตรสำหรับคำนวณหาค่าดัชนีความเหนื่อยล้าสำหรับการทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ คือ

(ค่าพลังที่ทำได้สูงสุด – ค่าพลังที่ได้น้อยที่สุด) ÷ ผลรวมเวลาทั้งหมด 6 รอบ

จะเห็นได้ว่าตัวแปรที่มีผลต่อค่าดัชนีความเหนื่อยล้า คือ ความแตกต่างของค่าพลังที่ทำได้สูงสุดกับค่าพลังที่ทำได้ต่ำสุด และผลรวมของเวลาทั้งหมดของการวิ่ง 6 รอบ โดยเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของพลังแบบแอนแอโรบิกที่ทำได้จากการทดสอบ ผลก็คือ ความแตกต่างของค่าพลังที่ทำได้สูงสุดกับค่าพลังที่ทำได้ต่ำสุดอาจจะมีค่าที่แตกต่างกันมากขึ้น (เมื่อเทียบกับก่อนการทดลองที่มีความแตกต่างอาจจะน้อยกว่า) ทำให้เมื่อตัวตั้งมีค่าสูงขึ้น ค่าที่คำนวณออกมาได้ก็จะมีค่ามากตามไปด้วย ส่งผลให้ค่าดัชนีความเหนื่อยล้ามีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง ทั้งที่มีการพัฒนาในทั้งด้านพลังแบบแอนแอโรบิกและความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกสูงสุด

ในทางเดียวกัน หากพลังแบบแอนแอโรบิกและความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกของนักกีฬาพัฒนาขึ้น ผลรวมของเวลาทั้งหมดของการวิ่ง 6 รอบที่เป็นตัวหาร ต้องมีการลดลง เป็นผลให้เมื่อตัวหารมีค่าน้อยลง (เมื่อความแตกต่างของพลังสูงสุดและพลังต่ำสุดเท่าเดิมระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์) จะทำให้ค่าที่ได้ออกมามากกว่าเดิม จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าดัชนีความเหนื่อยล้าหลังการทดลองเพิ่มสูงขึ้น โดยจากการศึกษาของ Burgomaster (2005) ที่ใช้การทดสอบด้วยวิธีวินเกทแอนแอโรบิกเทสต์ ก็แสดงให้เห็นว่า ถึงแม้ค่าพลังแบบแอนแอโรบิกจากการทดสอบด้วยวิธีวินเกทแอนแอโรบิกเทสต์ติดต่อกัน 4 ครั้ง จะมีค่าสูงขึ้นในหลังการทดลองจากการฝึกแบบสลับช่วง 6 สัปดาห์ แต่ค่าเฉลี่ยของดัชนีความเหนื่อยล้าก็มีค่าสูงขึ้นด้วย

และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีวินเกทแอนแอโรบิกเทสต์ ซึ่งเป็นวิธีที่ถูกนำมาดัดแปลงเป็นวิธีทดสอบรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ Zagatto, Beck and Gobatto (2009) พบว่า เวลาที่ใช้ในการทดสอบด้วยวิธีวินเกทจะคงที่ที่ 30 วินาที ต่างจากการทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ ที่มีค่าเฉลี่ยของเวลาการทดสอบที่ประมาณ 32 วินาที ซึ่งเวลาที่ได้จากการทดสอบนั้น ก็ขึ้นอยู่ความสามารถของแต่ละบุคคล จึงอาจไม่เท่าเดิมเมื่อมีการทดสอบซ้ำ นอกจากนั้น การควบคุมให้ผู้ทดสอบปฏิบัติอย่างเต็มความสามารถก็มีความสำคัญเช่นกัน เพราะการจะให้ค่าที่ได้จากการทดสอบมีความน่าเชื่อถือ จะต้องให้การวิ่งแต่ละเที่ยวเกิดจากความพยายามสูงสุด และการพักระหว่างรอบต้องกำหนดเวลาชัดเจนที่ 10 วินาที ดังนั้น เวลาจากการวิ่งก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เพราะเกิดความเหนื่อยล้าขึ้น แต่จากการสังเกตการทดสอบในงานวิจัยครั้งนี้ เวลาที่ใช้ในการวิ่งจะแตกต่างกันไป โดยการวิ่งรอบแรกอาจไม่เป็นรอบที่เร็วที่สุดอย่างที่คาดไว้ แต่อาจเกิดขึ้นในรอบอื่นแทน เป็นผลให้ไม่สามารถวัดค่าดัชนีความเหนื่อยล้าที่เกิดขึ้นจริงได้

ดังนั้น หากจะใช้ค่าดัชนีความเหนื่อยล้าและร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้าที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์เพื่อประเมินความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกของนักกีฬา จะต้องพิจาณาจากค่าพลังแบบแอนแอโรบิกและความสามารถสูงสุด

แบบแอนแอโรบิกประกอบ และต้องควบคุมการทดสอบให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยให้การวิ่งแต่ละเที่ยวเป็นความความพยามยามสูงสุดของผู้ทดสอบให้ได้

2. ความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก

การเปลี่ยนแปลงความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิกในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการฝึกแบบสลับช่วง จะประเมินจากการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์พลังงานแบบแอโรบิก หรือเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมที่ใช้ระบบพลังงานแบบแอโรบิกเป็นหลักได้ยาวนานขึ้นหรือสามารถปฏิบัติงานตามระยะทางที่กำหนดได้เร็วขึ้น สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ใช้การประเมินจากตัวแปรสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และเวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ

ผลการวิจัยหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของตัวแปรสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด แสดงให้เห็นว่า การฝึกเสริมด้วยการฝึกแบบสลับช่วงทั้ง 2 วิธี คือ การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของตัวแปรสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในทั้ง 3 กลุ่ม และเมื่อเปรียบกับก่อนการทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทั้ง 3 กลุ่ม โดยมีรายละเอียดดังนี้ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง มีการพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น คิดเป็น 2.61 % กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน มีการพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น คิดเป็น 1.36 % และกลุ่มควบคุมมีการพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น คิดเป็น 1.05 % ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ส่วนเวลาที่ใช้ในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ พบว่า ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ทั้ง 3 กลุ่ม มีการพัฒนาเวลาที่ใช้ในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่ม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ โดยมีรายละเอียดดังนี้ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง มีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ เพิ่มขึ้น คิดเป็น 44.67 % กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน มีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ เพิ่มขึ้น คิดเป็น

36.75 % และกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ เพิ่มขึ้น คิดเป็น 15.91 %

จากการศึกษาในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการฝึกแบบสลับช่วงเพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก ก็พบทั้งงานวิจัยที่มีผลการเปลี่ยนแปลงด้านสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในทางที่ดีขึ้น และงานวิจัยที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งสาเหตุอาจมาจากปัจจัยต่างๆ ประกอบกัน เช่น ความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมงานวิจัย ระยะเวลาในการฝึก ระยะเวลาในการพัก ความถี่ในการฝึก ความหนักในการฝึก อัตราการเพิ่มความหนักของการฝึก และกิจกรรมที่ใช้ในการฝึก เป็นต้น

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอล ซึ่งต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมาที่มักจะใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นบุคคลที่ไม่ใช่นักกีฬา (MacDougall et al. 1998 ; Macpherson et al. 2011 ; Ziemann et al. 2011) จึงอาจจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนได้ยากหากใช้จำนวนรอบในการฝึกที่น้อย

อีกสาเหตุหนึ่งที่น่าจะมีสำคัญก็คือ ความถี่ในการฝึกที่น้อยเกินไป (2 วันต่อสัปดาห์) โดยเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของงานวิจัยอื่นๆ ที่มีการพัฒนาในสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด จะใช้ความถี่ในการฝึกตั้งแต่ 3 วันต่อสัปดาห์ (Burgomaster et al. 2008 ; Gibala et al. 2006 ; MacDougall et al. 1998 ; Macpherson et al. 2011 ; Hazell et al. 2010 ; Ziemann et al. 2011) ไปจนถึงฝึกทุกวัน (Parra et al. 2000) และแม้บางงานวิจัยจะใช้ระยะเวลาในช่วงสั้นๆ เช่น 2 สัปดาห์ (Mckay, Paterson and Kowalchuk, et al. 2009 ; Parra et al. 2000) แต่มีการฝึกอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ก็สามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้

นอกจากนั้น ระยะเวลาในการฝึกที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้อาจจะสั้นเกินไป (30 วินาที) ที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพราะการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการให้ปฏิบัติแบบเต็มความสามารถในระยะเวลา 30 วินาที ร่างกายจะมีการใช้พลังงานหลักจากระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิกในทั้ง 2 ระบบ มากกว่าระบบพลังงานแบบแอโรบิก โดยใน 30 วินาที การปั่นจักรยานวัดงานแบบเต็มความสามารถจะใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิก 72 % และระบบแอโรบิก 28 % ส่วนการวิ่งแบบเต็มความสามารถจะใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิก 81 % และจากระบบแอโรบิก 29 % (Whyte, 2006) เพราะฉะนั้น หากยืดเวลาในการออกกำลังกายด้วยความเร็วสูงสุดนี้ออกไปให้นานกว่า 30 วินาที ร่างกายก็จะมีการใช้พลังงานจากระบบแอโรบิกในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น เช่น ตัวอย่างจากงานวิจัยของ Helgerud et al. (2001) ที่ให้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นเยาวชน ฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งที่ความหนัก 90 – 95 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด 4 นาที

สลับกับการพัก 3 นาที จำนวน 4 รอบ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่า สามารถที่จะพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ 10.8 % สอดคล้องกับ Bravo et al. (2008) ที่ใช้โปรแกรมการฝึกเดียวกัน ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาระดับอาชีพ ผลการวิจัยพบว่าสามารถที่จะพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ 6.6 %

ด้านระยะเวลาในการพัก Barnett et al. (2004) กล่าวว่า ยิ่งระยะเวลาในช่วงพักน้อย จะยิ่งมีผลต่อการพัฒนาความสามารถด้านระบบพลังงานแบบแอโรบิกของกล้ามเนื้อ เพราะเมื่อมีการปฏิบัติซ้ำโดยระยะเวลาในการพักไม่เพียงพอที่จะทำให้ร่างกายได้ฟื้นฟูเอทีพี ซีพีอย่างเต็มที่เพื่อใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมรอบต่อไป ร่างกายก็จะสังเคราะห์พลังงานแบบแอโรบิกในอัตราส่วนที่สูงขึ้นในช่วงพัก เพื่อชดเชยการเป็นหนี้ออกซิเจนที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงการฝึกที่สะสมเพิ่มสูงขึ้น แต่ระยะเวลาในช่วงพักก็ควรจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาในช่วงฝึกด้วยเช่นกัน โดย Ziemann et al. (2011) เสนอว่า อัตราส่วนระหว่างช่วงฝึกและช่วงพักที่เท่ากับ 1 : 2 จะมีประสิทธิภาพสำหรับการฝึกแบบสลับช่วงเพื่อพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก เช่น ฝึก 90 วินาที พัก 180 วินาที เป็นต้น

ถึงแม้งานวิจัยครั้งนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้านสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง และระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม แต่ก็มีผลการเปลี่ยนแปลงด้านเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความสามารถสูงสุดของการใช้ระบบพลังงานแบบแอโรบิกเป็นหลักได้ดีขึ้น คือ เวลาในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ โดยเฉพาะกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยวิธีการวิ่ง และกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน ที่สามารถพัฒนาเวลาในการทดสอบได้นานขึ้น 44.67 % และ 36.75 % ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่พัฒนาเพียง 15.91 % สอดคล้องกับงานวิจัยของ Burgomaster et al. (2006) ที่ใช้การฝึกสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานวัดงาน 30 วินาที สลับกับการพัก 4 นาที จำนวน 4 - 7 รอบ ฝึกทั้งหมด 2 สัปดาห์ๆ ละ 3 วัน ผลการวิจัยไม่พบการพัฒนาของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด แต่มีการพัฒนาในด้านเวลาที่ใช้การปั่นจักรยานระยะทาง 10 กิโลเมตร ที่ลดลง 9.6 % นอกจากนั้นยังมีงานวิจัยที่ใช้การฝึกแบบสลับช่วง แล้วมีผลการพัฒนาความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ได้ดีขึ้น เช่น การศึกษาของ Mckay et al. (2009) ที่กลุ่มตัวอย่างมีผลการพัฒนาเวลาในการปั่นจักรยานที่เพิ่มความหนักขึ้นเรื่อยๆ ได้นานขึ้น จากการฝึกแบบสลับช่วงด้วยระยะเวลา 60 วินาที สลับกับ พัก 1 นาที จำนวน 8 -12 รอบ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Bravo et al. (2008) ที่กลุ่มตัวอย่างที่ฝึกแบบสลับช่วงมีระยะทางในการทดสอบด้วยวิธีโยโย่ อินเตอร์มิทเทนท์เทส เพิ่มขึ้น คิดเป็น 12.5 % หลังจากการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งไปกลับแบบซ้ำๆ 3 เซตๆ ละ 6 เที่ยว ในระยะทาง 40 เมตร

ผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในด้านความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก อาจจะมาจากการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการสังเคราะห์พลังงานแบบแอโรบิก โดย Parra et al. (2000) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาพลาญพลังงานแบบแอโรบิก โดยประเมินจากการวิเคราะห์เส้นใยกล้ามเนื้อวาสตัส แลทเทอราลิส ก่อนและหลังการทดสอบด้วยวิธีวินเกทแอนแอโรบิกเทสต์ ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกซิเดทีพ คือ Citrate synthase ของกลุ่มฝึก 2 สัปดาห์เพิ่มขึ้น 38 % กลุ่มฝึก 6 สัปดาห์เพิ่มขึ้น 28.4 % และ 3-hydroxyacyl-CoA Dehydrogenase ของกลุ่มฝึก 2 สัปดาห์เพิ่มขึ้น 60 % และกลุ่มฝึก 6 สัปดาห์เพิ่มขึ้น 38.4 %

สรุปได้ว่า ผลการเปลี่ยนแปลงของความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิก จากการฝึกแบบสลับช่วง อาจจะมาจากการพัฒนาหรือการเปลี่ยนแปลงของสรีรวิทยาในหลายด้าน เช่น ระบบหัวใจหลอดเลือด โดยการฝึกแบบสลับช่วงจะมีผลต่อการช่วยกระตุ้นและพัฒนาการทำงานของหัวใจและระบบไหลเวียนเลือด โดยเฉพาะช่วง 10 วินาทีแรกของการฝึก และในช่วง 10 วินาทีแรกหลังเสร็จสิ้นการฝึก ซึ่งในแต่ละครั้ง หัวใจจะเต้นเร็วและแรง ผนังของหัวใจขยายตัวมากกว่าปกติ เลือดไหลเวียนไปสู่ช่องหัวใจเพิ่มขึ้นเพื่อสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายมากขึ้นกว่าปกติ ทำให้ระบบการทำงานของหัวใจและระบบไหลเวียนเลือดทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถนำออกซิเจนมาชดเชยให้กับร่างกายที่เป็นหนี้ออกซิเจนในขณะพักหลังจากปฏิบัติกิจกรรมที่มีความหนักสูงได้รวดเร็วขึ้น ช่วยในการฟื้นฟูร่างกายอย่างรวดเร็วระหว่างการแข่งขันและระหว่างการฝึกซ้อม ช่วยพัฒนาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด การทำหน้าที่ในระบบหายใจ การแลกเปลี่ยนแก๊สให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนั้นยังช่วยในการทำงานของระบบประสาทและการควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย (Burgomaster et al., 2005 ; Daussin et al. 2007 ; Gibala et al., 2006)

สรุปได้ว่า การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ สามารถที่จะพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิก ในด้านพลังแบบแอนแอโรบิกและความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิกในด้าน เวลาที่ใช้ในการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ ในนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชายได้

ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้

1. การฝึกแบบสลับช่วงในงานวิจัยครั้งนี้ได้รับการศึกษามาแล้วว่าสามารถที่จะพัฒนาความสามารถที่แสดงออกด้านแอนแอโรบิกและแอโรบิกได้จริง ดังนั้น จึงสามารถนำโปรแกรมการฝึกรูปแบบนี้ไปใช้ประยุกต์ในการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬาในชนิดต่างๆ ได้

2. การฝึกแบบสลับช่วงมีความหลากหลายทั้งในด้านชนิดของกิจกรรมที่ใช้ในการฝึก ระยะเวลาฝึก ระยะเวลาที่ใช้ในการพัก ความหนักในการฝึก ตลอดจนความถี่ที่ใช้ในฝึกแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเป้าหมายที่ต้องการพัฒนา ดังนั้น การนำไปใช้จึงต้องพิจารณาถึงความจำเป็นในแต่ละชนิดกีฬาว่าต้องการที่จะพัฒนาระบบพลังงานด้านใด เพื่อจะได้กำหนดโปรแกรมการฝึกให้มีความเหมาะสมในการพัฒนาระบบพลังงานในด้านนั้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในตัวแปรด้านอื่นๆ ที่มีการพัฒนาจากการฝึกแบบสลับช่วง

2. ใช้ระยะเวลาของการฝึกแบบสลับช่วงให้นานขึ้น เช่น 8 สัปดาห์ หรือ 10 สัปดาห์ หรืออาจใช้ความถี่ในการฝึกให้มากขึ้น เช่น 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เพื่อให้มีผลการเปลี่ยนแปลงในด้านความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิกได้ชัดเจนขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เจริญ กระบวนรัตน์. **เทคนิคการฝึกความเร็ว**. กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2538.

เจริญ กระบวนรัตน์. **หลักและเทคนิคการฝึกกรีฑา**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2545.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์. **สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: ธรรกมลการพิมพ์, 2536.

ณรงค์พันธ์ เนตรเจริญ. **ผลของการฝึกโดยการลากเลื่อนถ่วงน้ำหนักและการฝึกแบบหนักสลับเบาต่อกำลังกล้ามเนื้อในนักกีฬาไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2552.

ดุสิต พรหมอ่อน. **ความสัมพันธ์ของพลังอนากาศนิยมสมรรถภาพอนากาศนิยมปริมาณกรดแลคติกและอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการทดสอบด้วยวิธีวินเกทและวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปรินท์ในนักกีฬาฟุตบอล**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549.

ดุษดี คงเคชประทีป. **ผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อเวลาในการขี่จักรยานเดี่ยวเปอร์ซูท 4,000 เมตร**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2547.

ธำรงค์ บุญพรหม. **ผลของการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกพลังกล้ามเนื้อขาที่มีต่อสมรรถภาพอนากาศนิยมในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะวิทยาศาตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

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

ประโยค สุทธิสง่า. **ทักษะกีฬายอดนิยม**. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิชม, 2542.

วรรณี เจิมสุรวงศ์. **ผลของการเต้นแอโรบิคแบบแรงกระแทกต่ำและสเต็ปแอโรบิคต่อสมรรถภาพ การจับออกซิเจนสูงสุดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2549.

ไวพจน์ จันทร์เสม. **การพัฒนาโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาพลังความอดทนของกล้ามเนื้อขามโนทัศน์ในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, ภาควิชาพลศึกษา สาขาวิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

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

สุเทพ ชานุ. **ความสัมพันธ์ระหว่างการจับออกซิเจนสูงสุดโดยวิธีจักรยานของออสตรานด์กับดรรชนีการวัดค่าการทำงานของหัวใจโดยวิธีการใช้เครื่องวัดค่าความแปรผันของอัตราการเต้นของหัวใจ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

อภิลักษณ์ เทียนทอง. **การทดสอบพลังอนากาศนิยมและสมรรถภาพอนากาศนิยม**. เอกสารประกอบการเรียนวิชาการทดสอบสมรรถภาพและการฝึกทางกายภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 2546

ภาษาอังกฤษ

ACSM. **ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription.** 7th ed. USA: Lippinkott Williams and Wilkins, 2006.

Adams, K., O'shea, J., O'shea, K., and Climstein, M. The Effect of Six weeks of Squat, Plyometric and Squat-plyometrics on Power Production. **Journal of Applied Sport Science Research.** 1992 : 52-58.

Allen, G.D. Physiological and Metabolic Changes with Six Weeks Detraining. **Australian Journal of Science and Medicine in Sport.** 21(1989) : 4–9.

Astrand, P. and Rodahl, K. **Textbook of work physiology.** 3rd ed. New York : McGraw-Hill, 1986.

Aziz, A.R., Chia, M., and Teh, K.C. The Relationship between Maximal Oxygen Uptake and Repeated Sprint Performance Indices in Fieldhockey and Soccer Players. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.** 40(2000) : 195–200.

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

Baechle, T.R., Earle, R.W. and Wathen, D. **Essentials of Strength Training and Conditioning.** 2nd ed. Champaign, Illinois : Human Kinetics, 2000.

Bailey, S.J., Wilkerson, D.P., DiMenna, F.J., and Jones, A.M. Influence of Repeated Sprint Training on Pulmonary O2 Uptake and Muscle Deoxygenation Kinetics in Humans. **Journal of Applied Physiology**. 106(2009) : 1875–1887.

Baker, D., and Nance, S. The Relation between Running Speed and Measures of Strength and Power in Professional Rugby League Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 13(1999) : 230-235.

Baker, D., Nance, S., and Moore, M. The Load that Maximizes the Average Mechanical Power Output during Explosive Bench Press Throws in Highly Trained Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 15(2001a) : 20 – 24.

Baker, D., Nance, S., and Moore, M. The Load that Maximizes the Average Mechanical Power Output during Jump Squats in Power-trained Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research.** 15(2001b) : 92–97.

Baker, D. The Effects of Systematic Strength and Power Training during the Formative Training Years: A Comparison between Younger and Older Professional Rugby League Players. **Strength and Conditioning Coach**. 11(2003) : 9–11.

Barnett, C., Carey, M., Proietto, J., Cerin, E., Febbraio, M.A. and Jenkins, D. Muscle Metabolism during Sprint Exercise in Man : Influence of Sprint Training. **Journal of Science and Medicine in Sport**. 7,3(September 2004) : 314-322.

Billat, V.L. Interval Training for Performance: A Scientific and Empirical Practice Special Recommendations for Middle-and Long-Distance Running. Part I: Aerobic Interval Training. **Sports Medicine**. 31,1(2001) : 13-31.

Billat, V.L., Siverent, P., Py, G., Korallsztein, J.P., and Mercier, J. The Concept of Maximal Lactate Steady State : A Bridge Between Biochemistry, Physiology and Sport Science. **Sports Medicine**. 33(2003) : 407-426.

Bouchard, C., Shephard, R.J. and Stephens, T. **Physical Activity, Fitness, and Health : International Proceedings and Consensus Statement**. . Champaign, Illinois : Human Kinetics,1994.

Bravo, F.D., Impellizzeri, F.M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D. and Wisloff, U. Sprint vs. Interval Training in Football. **International Journal of Sports Medicine**. 29,3(2008) : 668–674.

Brewer, J., Davis, J., and Kear, J. A Comparison of The Physiological Characteristics of Rugby League Forwards and Backs. **Journal of Sports Sciences**. 12(1994) : 158.

Burgomaster, K.A., Cermak, N.M., Phillips, S.M., Benton, C.R., Bonen, A., and Gibala, M.J. Divergent Response of Metabolite Transport Proteins in Human Skeletal Muscle after Sprint Interval Training and Detraining. **American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**. 292(2007) : R1970–R1976.

Burgomaster, K.A., Heigenhauser, G.J.F., and Gibala, M.J. Effect of Short-term Sprint Interval Training on Human Skeletal Muscle Carbohydrate Metabolism during Exercise and Time-trial Performance. **Journal of Applied Physiology**. 100,6(2006) : 2041-2047.

Burgomaster, K.A., et al. Similar Metabolic Adaptations during Exercise after Low Volume Sprint Interval and Traditional Endurance Training in Humans. **Journal of Physiology**. 586,1(2008) : 151–160.

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. **Journal of Applied Physiology**. 98(2005) : 1985–1990.

Burke, J., Thayer, R., and Belcamino, M. Comparison of Effects of Two Interval-training Programmes on Lactate and Ventilatory Thresholds. **British Journal of Sports Medicine**. 28,1(1994) : 18 – 21.

Childs, G.V. **The Actin Cytoskeleton** [online]. University of Arkansas for Medical Sciences, 2001. Available from : http://www.cytochemistry.net/cell-biology/actin_filaments.htm [2011,July 7]

Clark, L. A Comparison of The Speed Characteristics of Elite Rugby League Players by Grade and Position. **Strength and Conditioning Coach**. 10(2002) : 2-12.

Coutts, A., Reaburn, P., and Abt, G. Heart Rate, Blood Lactate Concentration and Estimated Energy Expenditure in a Semi-Professional Rugby League Team during a Match: A Case Study. **Journal of Sports Sciences**. 21(2003) : 97-103.

Dalgleish, J., and Dollery, S. **The Health and Fitness Handbook**. Edinburgh, Scotland : Pearson Education, 2001.

Denis, C., et al. Power and Metabolic Responses during Supramaximal Exercise in 100-m and 800-m runners. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**. 2(1992) : 62-69.

Daussin, F.N., et al. Improvement of VO_2max by Cardiac Output and Oxygen Extraction Adaptation during Intermittent versus Continuous Endurance Training. **European Journal of Applied Physiology**. 101(2007) : 377–83.

Deutsch, M.U., Maw, G.J., Jenkins, D., and Reaburn, P. Heart rate, Blood Lactate and Kinematic Data of Elite Colts (Under-19) Rugby Union Players During Competition. **Journal of Sports Sciences** 16(1998) : 561-570.

Donatelle, R., Snow, C., and Wilcox, A. **Wellness, Choices For Health And Fitness**. Ontario, Scarborough : Wadsworth Publishing Company, 1999: 12-14.

Doutreloux, J.P. **CRESS Conference** [online]. 2004. Available from : http://www.frederickclaro.com/Anaerobic_Training_for_Rugby.pdf [2011,July 7]

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**. 97(1997) : 3-5.

Duthie, G.M. **Descriptive Analysis of Sprint Patterns in Super 12 Rugby**. In: Victorian Institute of Sport : International Science and Football Symposium. 2005.

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

Ericson, M.O., Bratt, A., Nisell, R., Arborelius, U.P. and Ekholm, J. Power Output and Work in Different Muscle Groups during Ergometer Cycling. **European Journal of Applied Physiology**. 55(1986) : 229–235.

Froese, E.A. and Houston, M.E. Performance during the Wingate Anaerobic Test and Muscle Morphology in Males and Females. **International Journal of Sports Medicine**. 8(1987) : 35-39.

Gabbett, T.J. Physiological and Anthropometric Characteristics of Amateur Rugby League Players. **British Journal of Sports Medicine**. 34(2000), 303 – 307.

Gabbett, T.J. Influence of Physiological Characteristics on Selection in a Semi-Professional Rugby League Team : A Case Study. **Journal of Sports Sciences**. 20(2002) : 399–405.

Gabbett, T.J. Do skill-based Conditioning Games Simulate the Physiological Demands of Competition? **Rugby League Coaching Manuals**. 32(2003) : 27–31.

Gabbett, T.J., and Herzig, P.J. Physiological Characteristics of Junior Elite and Sub-elite Rugby League Players. **Strength and Conditioning Coach**. 12(2004), 19–24.

Gibala, M.J., et al. Short-term Sprint Interval versus Traditional Endurance Training : Similar Initial Adaptations in Human Skeletal Muscle and Exercise Performance. **Journal of Physiology**. 575,3(2006) : 901–911.

Harman, E.A. **The Measurment of Human Mechanical Power. In: Physiological Assessment of Human Fitness** . (87-113). Champaign, Illinois : Human Kinetics,1995

Harmer, A.R., et al. Skeletal Muscle Metabolic and Ionic Adaptations during Intense Exercise following Sprint Training in Humans. **Journal of Applied Physiology.** 89(2000) : 1793–1803.

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 Aaerobic Performance. **European Journal of Applied Physiology.** 110(2010) : 153–160.

Helgerud, J., Engen, L.C., Wisloff, U. and Hoff, J. Aerobic Endurance Training Improves Soccer Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise.** 33,11(2001) :1925–1931.

Hill, D.W., and Smith, J.C. Calculation of Aerobic Contribution During Hihg Intensity Exercise. **Research Quarterly for Exercise and Sport.** 63,1(1992) : 85-88.

Hodgson-Phillips, L., Standen, P.J., and Batt, M.E. Effects of Seasonal Change in Rugby League on the Incidence of Injury. **British Journal of Sports Medicine.** 32(1998) : 144 – 148.

Iaia, F.M., Hellsten, Y., Nielsen, J.J., Fernstrom, M., Sahlin, K. and Bangsbo, J. Four Weeks of Speed Endurance Training Reduces Energy Expenditure during Exercise and Maintains Muscle Oxidative Capacity despite a Reduction in Training Volume. **Journal of Applied Physiology**. 106(2009) : 73–80.

Inbar, O., Kaiser, P. and Tesch, P. Relationships between Leg Fiber Type Distribution and Leg Exercise Performance. **International Journal of Sports Medicine.** 2(1981) : 154—159.

Lahart, I. **A Fitness Assessment Protocol for Rugby Union** [online]. 2007. Available from http://www.rfu.com/TakingPart/Coach/CoachResourceArchive/TechnicalJournalArchive/~/media/Files/2009/Coaching/Articles/TechnicalJournal/2007/4thQuarter/1020Ian20Lahartfitnesse.ashx. [2011,July 7]

Larder, P. **The Rugby League Coaching Manual**. 2nd ed. London : Kingswood Press, 1992.

Leyland, R. **Chapter 3 : Muscular Strength and Endurance** [online]. Available from: http://www.sfu.ca/~leyland/Kin143%20Files/3%20-%20Muscular%20Strength%20and%20Endurance.pdf [p.5] [2011,July 7]

Leyland, R. **Chapter 5 : Energy Systems** [online]. Available from : http://www.sfu.ca/~leyland/Kin143%20Files/5%20-%20Energy%20Systems.pdf [p.3-8] [2011,July 7]

Leyland, R. **Chapter 8 : High Intensity and Sport Specific Training Methods** [online]. Available from : http://www.sfu.ca/~leyland/Kin143%20Files/8%20%20HI%20and%20SS%20Training.pdf [p.9 -11] [2011,July 7]

Li, L. and Caldwell, G.E. Muscle Coordination in Cycling: Effect of Surface Incline and Posture. **Journal of Applied Physiology**. 85(1998) : 927-934.

Lumb, D.R. **Physiology of exercise**. New york : Macmilan publishing company, 1984.

MacDougall, J.D., Hicks, A.L., MacDonald, J.R., McKelvie, R.S., Green, H.J., and Smith, K.M. Muscle Performance and Enzymatic Adaptations to Sprint Interval Training. **Journal of Applied Physiology**. 84(1998) : 2138-2142.

Mackenzie, B. **Bruce Treadmill Test** [online]. 2002. Available from : http://www.brianmac.co.uk/bruce.htm [2011,July 7]

Macpherson, R.E.K., Hazell, T.J., Olver, T.D., Paterson, D.H. and LemonRun, P.W.R. Sprint Interval Training Improves Aerobic Performance but Not Maximal Cardiac Output. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. 43,1(2011) : 115–122.

McKay, B.R., Paterson, D.H. and Kowalchuk, J.M. Effect of Short-term High-intensity Interval Training vs. Continuous Training on O2 Uptake Kinetics, Muscle Deoxygenation and Exercise Performance. **Journal of Applied Physiology**.107 (2009) : 128 – 138.

McArdle, W.D., Katch , F.I. and Katch, V.L. **Exercise Physiology : Energy, Nutrition, and Human Performance.** 6th ed : Lippincott Williams & Wilkins, 2007.

Medbo, J.I. and Burgers, S. Effect of Training on The Anaerobic Capacity. Med. Sci. Sports Exerc. 22,4(1990) : 501 - 507.

Meir, R., Arthur, D., and Forrest, M. Time and Motion Analysis of Professional Rugby League: A Case Study. **Strength and Conditioning Coach**. 1(1993) : 24 – 29.

Meir, R., Colla, P., and Milligan, C. Impact of the 10-Meter Rule Change on Professional Rugby League: Implications for Training. **Strength and Conditioning Journal**. 23(2001a) : 42 - 46.

Meir, R., Newton, R., Curtis, E., Fardell, M., and Butler, B. Physical Fitness Qualities of Professional Rugby League Football Players : Determination of Positional Differences. **Journal of Strength and Conditioning Research.** 15(2001b) : 450-458.

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'Connor, D. Fitness Profile of Professional Rugby League Players. **Journal of Sports Sciences**. 13(1995) : 505.

O'Connor, D. Physiological Characteristics of Professional Rugby League Players. **Strength and Conditioning Coach.** 4(1996) : 21–26.

O'Connor, D. Blood Lactate Concentrations Measured during Competitive Games throughout a Professional Rugby League Season. **Journal of Sports Sciences**. 22(2004) : 556 – 557.

Parra, J., Cadefau, J.A., Rodas, G., Amigó, N. and Cussó, R. The Distribution of Rest Periods Affects Performance and Adaptations of Energy Metabolism Induced by High-intensity Training in Human Muscle. **Acta Physiologica Scandinavica.** 169,2 (January2000) : 157-165.

Plowman, S.A., and Smith, D.L. **Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance.** 2nd ed : San Francisco, CA : Benjamin Cummings, 2003.

Power, S.K., and Dodd, S.L. **The Essential of Total Fitness.** Boston : Allyn and Bacon, 1997.

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

Powers, S.K. and Howley, E.T. **Student Study Guide to Accompany Exercise Physiology : Theory And Application To Fitness And Performance.** 3rd ed : William C. Brown, 1996.

Quinn, E. **The Bruce Treadmill Test Protocol : A Fitness Evaluation Used to Measure VO2 Max** [online]. 2008. Available from http://sportsmedicine.about.com/od/fitnessevalandassessment/a/Bruce_Protocol.htm [2011,July 7]

Revinelli, R.J. and Hambleton, R.K. On the Use of Content Specialists in the Assessment of Criterion Referenced Test Item Validity. **Dutch Journal of Educational Research.** 2(1977) : 49-60.

Sharkey, B.J. and Gaskill, S.E. **Sport Psychology for Coaches.** Champaign, Illinois : Human Kinetics, 2006.

Slichter, P. **Energy and Chemical Reactions In Cells #1** [online]. Available from http://science.halleyhosting.com/sci/soph/energy/cellenergy.htm [2011,July 7]

Stephenson, S., Gissane, C., and Jennings, D. Injury in Rugby League : A Four year Prospective Study. **British Journal of Sports Medicine.** 30(1996) : 331–334.

Sloniger, M.A., Cureton, K.J., Prior, B.M. and Evans, E.M. Lower Extremity Muscle Activation during Horizontal and Uphill Running. **Journal of Applied Physiology**. 83(1997) : 2073-2079.

Stathis, C.G., Febbraio, M.A., Carey, M.F. and Snow, R.J. Influence of Sprint Training on Human Skeletal Muscle Purine Nucleotide Metabolism. **Journal of Applied Physiology**. 76(1994) : 1802–1809.

Tomlin, D. and Wenger, H. The Relationship between Aerobic Fitness and Recovery from High Intensity Exercise. **Sports Medicine.** 31,1(2001) :1-11.

Üçok, K., Gökbel, H., and Okudan, N. The Load for The Wingate test : According to the Body Weight or Lean Body Mass. **European Journal of General Medicine.** 2,1(2005) : 10-13.

Wathen, D. and Roll, F. Training Method and Modes. In Essentials of Strength Training and Conditionning. (403 – 415). Champaign, Illinois : Human Kinetics, 1994.

Whiting, W.C. and Rugg, S. **Dynatomy : Dynamic Human Anatomy**. (161-165). Champaign, Illinois : Human Kinetics, 2006.

Wilmore, J.H. and Costill, D.L. **Training for Sport and Activity : The Physiology Basic of The Condition Process**. 3rd ed. Dubuque, IA : William C. Brown, 1988.

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

Wilmore, J.H. and Costill, D.L. **Physiology of Sport and Exercise**. 3rd ed. Champaign, Illinois : Human Kinetics, 2005.

Zacharogiannis, E., Paradisis, G. and Tziortzis, S. An Evaluation of Tests of Anaerobic Power and Capacity. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. 36,5 (2004) : 116.

Zagatto, A.M., Beck, W.R. and Gobatto, C.A. Validity of the Running Anaerobic Sprint Test for Assessing Anaerobic Power and Predicting Short-distance Performances. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 23,6(September2009) : 1820-1827.

Ziemann, E., Grzywacz, T., Luszczyk, M., Laskowski, R., Olek, R.A. and Gibson, A.L. Aerobic and Anaerobic Changes with High-Intensity Interval Training in Active College-Aged Men. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 25,4(April2011) : 1104-1123.

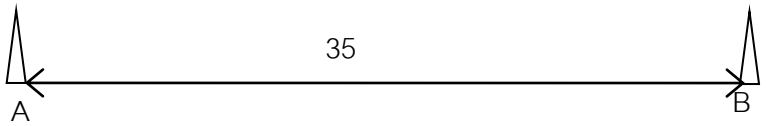
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
โปรแกรมที่ใช้ในการฝึก

1. โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง

รูปแบบของการฝึก	ฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด บนพื้นสนามหญ้า โดยให้วิ่งเป็นเส้นตรงในระยะทาง 35 เมตร แบบไปกลับจนกว่าจะครบตามเวลาการฝึกที่กำหนด	
กิจกรรมที่ใช้ในขณะพัก	การเดิน	
ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก	30	วินาที
ระยะเวลาที่ใช้ในการพัก	3	นาที
จำนวนรอบที่ใช้ในการฝึก	4 – 6	รอบต่อวัน (เพิ่ม 1 รอบ ทุกๆ 2 สัปดาห์)
ความถี่ของการฝึก	2	ครั้งต่อสัปดาห์
ระยะเวลาของการฝึก	6	สัปดาห์

ลักษณะการเคลื่อนไหวการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง



วิ่งไปกลับจากจุด A ไปจุด B ด้วยความเร็วสูงสุด จนกว่าจะครบตามเวลาการฝึกที่กำหนด คือ 30 วินาที โดยเมื่อวิ่งไปกลับจนครบ 30 วินาที จะถือว่าฝึกไปแล้ว 1 รอบ โดยสัปดาห์ที่ 1 – 2 ฝึกทั้งหมด 4 รอบต่อวัน สัปดาห์ที่ 3 – 4 ฝึกทั้งหมด 5 รอบต่อวัน สัปดาห์ที่ 5 – 6 ฝึกทั้งหมด 6 รอบต่อวัน ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการพักระหว่างรอบ คือ 3 นาที ด้วยกิจกรรมการเดิน แต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 20 – 30 นาที

การควบคุมความหนักของฝึกหรือความเร็วในการวิ่ง ที่กำหนดโดยให้วิ่งด้วยความเร็วสูงสุดนั้น จะกำหนดด้วยเวลาในการวิ่ง 35 เมตร ซึ่งค่าเฉลี่ยของการวิ่ง 35 เมตรจากการบันทึกเวลาจากการทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปรินท์จะอยู่ที่ประมาณ 5 วินาที ดังนั้น

ในขณะฝึก ก็จะใช้การจับเวลาในการวิ่งแต่ละ 35 เมตร ให้อยู่ในช่วง 5 วินาที โดยถ้าหากเวลาเพิ่มขึ้นในรอบหลังๆ ก็จะมีการกระตุ้นให้วิ่งเร็วขึ้น เพื่อไม่ให้ความเร็วในการวิ่งลดลงมากเกินไป

นอกจากนั้น การฝึกยังให้วิ่งพร้อมกันเป็นกลุ่มหน้ากระดาน ประมาณ 4 – 5 คน เพื่อให้มีการกระตุ้นซึ่งกันและกัน และเกิดการแข่งขันกันขึ้นในการฝึก ทำให้ไม่เกิดความเบื่อหน่ายและมีแรงจูงใจในการฝึก

2. โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน

รูปแบบของการฝึก	ฝึกปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด (สูงกว่า 90 รอบต่อนาที) ที่แรงต้านระดับปานกลางโดยใช้ความหนักจากการคลายตัวปรับความฝืดที่การหมุนในช่วง12– 14 รอบจากการหมุนไปให้สุดของจักรยานฟิตเนสยี่ห้อ Lemond Rev Master จนกว่าจะครบตามเวลาการฝึกที่กำหนด	
กิจกรรมที่ใช้ในขณะพัก	การปั่นช้าๆ แบบไม่มีแรงต้าน	
ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก	30	วินาที
ระยะเวลาที่ใช้ในการพัก	3	นาที
จำนวนรอบที่ใช้ในการฝึก	4 – 6	รอบต่อวัน (เพิ่ม1 รอบ ทุกๆ 2 สัปดาห์)
ความถี่ของการฝึก	2	ครั้งต่อสัปดาห์
ระยะเวลาของการฝึก	6	สัปดาห์

ลักษณะการเคลื่อนไหวการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน

จักรยานฟิตเนสยี่ห้อ LemondRev Master

ปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด (สูงกว่า 90 รอบต่อนาที โดยดูจากหน้าจอแสดงผล) ที่แรงต้านระดับปานกลางโดยใช้ความหนักจากการคลายตัวปรับความฝืดที่การหมุนในช่วง 12 – 14 รอบจากการหมุนไปให้สุด จนกว่าจะครบตามเวลาการฝึกที่กำหนด คือ 30 วินาที โดยเมื่อปั่นจนครบ 30 วินาที จะถือว่าฝึกไปแล้ว 1 รอบ โดยสัปดาห์ที่ 1 – 2 ฝึกทั้งหมด 4 รอบต่อวัน สัปดาห์ที่ 3 – 4 ฝึกทั้งหมด 5 รอบต่อวัน สัปดาห์ที่ 5 – 6 ฝึกทั้งหมด 6 รอบต่อวัน ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการพัก

ระหว่างรอบ คือ 3 นาที ด้วยกิจกรรมการปั่นแบบช้าๆ โดยไม่มีแรงต้าน แต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 20 – 30 นาที การฝึกยังให้ปั่นจักรยานพร้อมกันเป็นกลุ่ม ประมารณ 4 – 5 คน เพื่อให้มีการกระตุ้นซึ่งกันและกัน และเกิดการแข่งขันกันขึ้นในการฝึก ทำให้ไม่เกิดความเบื่อหน่ายและมีแรงจูงใจในการฝึก

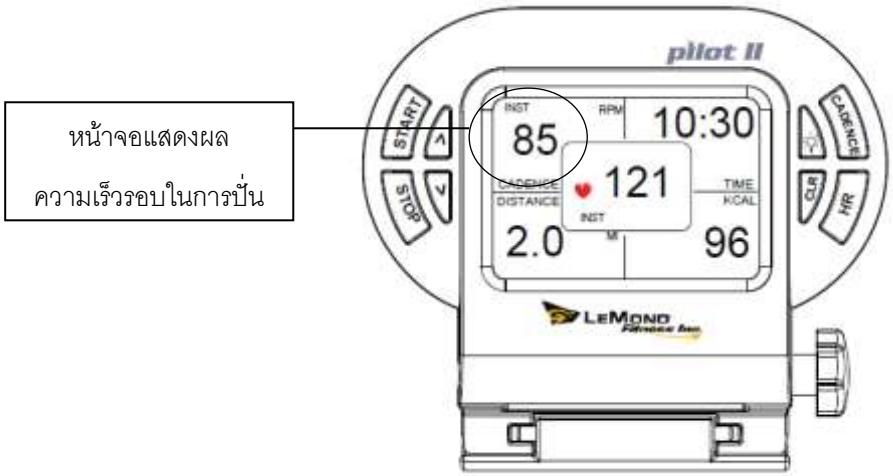
การควบคุมความหนักของการปั่นจักรยาน จะกำหนดจาก 2 ด้าน ซึ่งต้องมีความสัมพันธ์กันระหว่าง แรงต้านจากการหมุนตัวปรับความฝืด และความเร็วรอบในการปั่นจักรยาน

โดยการปรับแรงต้านจากตัวปรับความฝืด มีวิธีการดังนี้

1. หมุนตัวปรับความฝืดไปให้สุดจนมีเสียงดัง “ แกร๊ก ”

2. จากนั้น ให้หมุนคลายตัวปรับความฝืดออกมา 12 รอบ

3. ใช้แรงต้านนี้ในการเริ่มฝึก โดยหากความเร็วในการปั่นตกลงมาต่ำกว่า 90 รอบต่อนาที ในขณะ 30 วินาทีที่ฝึก ก็ให้คลายตัวปรับความฝืดออกมา 1 - 2 รอบ (คิดเป็น คลาย 13 – 14 รอบ จากการหมุนไปให้สุด) เพื่อให้ความเร็วในการปั่นสูงกว่า 90 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วที่กำหนดไว้ให้เป็นความเร็วสูงสุด



หมายเหตุ : ระดับการปรับแรงต้าน โดยคลายตัวปรับแรงต้านที่ 12 – 14 รอบจากการหมุนไปให้สุด ได้มาจากการศึกษาก่อนการทดลอง โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 5 คน ปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุดใน 30 วินาที โดยหาแรงต้านที่เหมาะสมที่ปั่นแล้วความเร็วรอบในการปั่นไม่ต่ำกว่า 90 รอบต่อนาที โดยได้มาจากการหมุนคลายทีละรอบจากการปรับไปให้สุด ซึ่งหากหมุนคลายตัวปรับความฝืดออกมาเพียง 1- 11 รอบ จะมีแรงต้านที่สูงมากเกินไป ทำให้ปั่นได้ความเร็วรอบไม่สูงกว่า 90 รอบต่อนาที (ความเร็วของการปั่น ดูจากบทที่ 2 หน้า 64)

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงรายละเอียดของกิจกรรมการฝึก

1. โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง

มีการฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน คือ อังคาร และ พฤหัสบดี โดยทำการฝึกให้เสร็จสิ้นก่อนการฝึกตามปกติในแต่ละวัน (ฝึกทั้งหมด 6 สัปดาห์)

โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งในสัปดาห์ที่ 1 – 2

วันที่ฝึก	กิจกรรม	รายละเอียดของกิจกรรม	ระยะเวลา
อังคาร และ พฤหัสบดี	1. การอบอุ่นร่างกาย	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และการวิ่งเหยาะ	10 นาที
	2. การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง	วิ่งด้วยความเร็วสูงสุด ไป – กลับ ในระยะทาง 35 เมตร จนกว่าจะครบ 30 วินาที ฝึกซ้ำทั้งหมด 4 รอบต่อวัน ระยะเวลาที่ใช้ในการพักระหว่างรอบ คือ 3 นาที	11 นาที
	ทำการฝึกซ้อมรักบี้ฟุตบอลตามโปรแกรมปกติ		

โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งในสัปดาห์ที่ 3 – 4

วันที่ฝึก	กิจกรรม	รายละเอียดของกิจกรรม	ระยะเวลา
อังคาร และ พฤหัสบดี	1. การอบอุ่นร่างกาย	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และการวิ่งเหยาะ	10 นาที
	2. การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง	วิ่งด้วยความเร็วสูงสุด ไป – กลับ ในระยะทาง 35 เมตร จนกว่าจะครบ 30 วินาที ฝึกซ้ำทั้งหมด 5 รอบต่อวัน ระยะเวลาที่ใช้ในการพักระหว่างรอบ คือ 3 นาที	14 นาที 30 วินาที
	ทำการฝึกซ้อมรักบี้ฟุตบอลตามโปรแกรมปกติ		

โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งในสัปดาห์ที่ 5 – 6

วันที่ฝึก	กิจกรรม	รายละเอียดของกิจกรรม	ระยะเวลา
อังคาร และ พฤหัสบดี	1. การอบอุ่นร่างกาย	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และการวิ่งเหยาะ	10 นาที
	2. การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง	วิ่งด้วยความเร็วสูงสุด ไป – กลับ ในระยะทาง 35 เมตร จนกว่าจะครบ 30 วินาที ฝึกซ้ำทั้งหมด 6 รอบต่อวัน ระยะเวลาที่ใช้ในการพักระหว่างรอบ คือ 3 นาที	18 นาที
	ทำการฝึกซ้อมรักบี้ฟุตบอลตามโปรแกรมปกติ (ฝึกด้วยน้ำหนัก)		

2. โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน

มีการฝึกสัปดาห์ละ 2 วัน คือ จันทร์ และพฤหัสบดี โดยทำการฝึกให้เสร็จสิ้นก่อนการฝึกตามปกติในแต่ละวัน (ฝึกทั้งหมด 6 สัปดาห์)

โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานในสัปดาห์ที่ 1 – 2

วันที่ฝึก	กิจกรรม	รายละเอียดของกิจกรรม	ระยะเวลา
อังคาร และ พฤหัสบดี	1. การอบอุ่นร่างกาย	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และ การปั่นแบบช้าๆ โดยไม่มีแรงต้าน	10 นาที
	2. การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน	ปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด ความเร็ว 90 รอบต่อนาทีขึ้นไป แรงต้านปานกลาง (ความฝืดการหมุนในช่วง 12 – 14 รอบ จากการคลายความฝืดหลังจากการหมุนไปให้สุด) ฝึกซ้ำทั้งหมด 4 รอบต่อวัน ระยะเวลาที่ใช้ในการพักระหว่างรอบ คือ 3 นาที	11 นาที
	ทำการฝึกซ้อมรักบี้ฟุตบอลตามโปรแกรมปกติ (ฝึกด้วยน้ำหนัก)		

โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานในสัปดาห์ที่ 3 – 4

วันที่ฝึก	กิจกรรม	รายละเอียดของกิจกรรม	ระยะเวลา
อังคาร และ พฤหัสบดี	1. การอบอุ่นร่างกาย	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และ การปั่นแบบช้าๆ โดยไม่มีแรงต้าน	10 นาที
	2. การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน	ปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด ความเร็ว 90 รอบต่อนาทีขึ้นไป แรงต้านปานกลาง (ความฝืดการหมุนในช่วง 12 – 14 รอบ จากการคลายความฝืดหลังจากการหมุนไปให้สุด) ฝึกซ้ำทั้งหมด 5 รอบต่อวัน ระยะเวลาที่ใช้ในการพักระหว่างรอบ คือ 3 นาที	14 นาที 30 วินาที
	ทำการฝึกซ้อมรักบี้ฟุตบอลตามโปรแกรมปกติ (ฝึกด้วยน้ำหนัก)		

โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยานในสัปดาห์ที่ 5 – 6

วันที่ฝึก	กิจกรรม	รายละเอียดของกิจกรรม	ระยะเวลา
อังคาร และ พฤหัสบดี	1. การอบอุ่นร่างกาย	การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และ การปั่นแบบช้าๆ โดยไม่มีแรงต้าน	10 นาที
	2. การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน	ปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด ความเร็ว 90 รอบต่อนาทีขึ้นไป แรงต้านปานกลาง (ความฝืดการหมุนในช่วง 12 – 14 รอบ จากการคลายความฝืดหลังจากการหมุนไปให้สุด) ฝึกซ้ำทั้งหมด 6 รอบต่อวัน ระยะเวลาที่ใช้ในการพักระหว่างรอบ คือ 3 นาที	18 นาที
	ทำการฝึกซ้อมรักบี้ฟุตบอลตามโปรแกรมปกติ (ฝึกด้วยน้ำหนัก)		

3. โปรแกรมการฝึกซ้อมรักบี้ฟุตบอลตามโปรแกรมปกติ

สำหรับการฝึกซ้อมรักบี้ฟุตบอลตามปกติในวันจันทร์ พุธ และศุกร์ จะประกอบด้วยการฝึกต่างๆ ดังนี้สลับกันไป คือ

- วิ่งเพื่อทำการอบอุ่นร่างกาย พร้อมทั้งยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เป็นเวลา 10 – 15 นาที
- ฝึกซ้อมทักษะพื้นฐานต่างๆ เช่น การส่ง – รับลูกรักบี้ การเข้าทำสกรัม รวมถึงรูปแบบและแผนการเล่น
- ฝึกความอดทนของกล้ามเนื้อและระบบไหลเวียนเลือด โดยการวิ่ง 800 เมตร 4 ครั้ง และ 400 เมตร 4 ครั้ง และวิ่งระยะสั้นเพื่อเพิ่มความเร็ว 50 เมตร 5 ครั้ง
- ทำการฝึกซ้อมแผนการเล่นเป็นทีม
- ทำการคลายอุ่นกล้ามเนื้อ เป็นเวลา 10 – 15 นาที

สำหรับการฝึกซ้อมรักบี้ฟุตบอลในวันที่มีการฝึกแบบสลับช่วง คือ วันอังคาร และพฤหัสบดี จะฝึกด้วยน้ำหนักหลังจากการฝึกแบบสลับช่วง โดยในกลุ่มควบคุมจะฝึกด้ยน้ำหนักเพียงอย่างเดียว

ภาคผนวก ค

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบโปรแกรมการฝึก

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถาวร กมุทศรี	อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล
2. ดร. ไวพจน์ จันทร์เสม	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ สถาบันการพลศึกษา
3. อ.นพ. อี๊ด ลอประยูร	อาจารย์ประจำคณะแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. นายสุรศักดิ์ เกิดจันทึก	หัวหน้างานทดสอบและส่งเสริมสมรรถภาพการกีฬาแห่งประเทศไทย
5. นายภัคพงศ์ จักษุรักษ์	ผู้ฝึกสอนและควบคุมทีมรักบี้ฟุตบอล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการตรวจสอบเชิงเนื้อหาโดยการวิเคราะค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) **ของโปรแกรมการฝึก**

เนื้อหา	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ	
	IOC	ข้อเสนอแนะ
1. โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง		
1.1 รูปแบบของการฝึก	0.60	
1.2 กิจกรรมที่ใช้ในขณะพัก	1.00	
1.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก	1.00	
1.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการพัก	0.60	
1.5 จำนวนชุด (หนักสลับเบา)	0.60	
1.6 ความถี่ของการฝึก	1.00	
1.7 ระยะเวลาของการฝึก	1.00	
รวมค่า IOC	**0.80**	

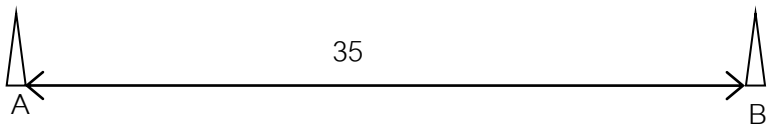
เนื้อหา	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ	
	IOC	ข้อเสนอแนะ
2. โปรแกรมการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน		
2.1 รูปแบบของการฝึก	1.00	
2.2 กิจกรรมที่ใช้ในขณะพัก	0.80	
2.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก	1.00	
2.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการพัก	0.60	
2.5 จำนวนชุด (หนักสลับเบา)	0.80	
2.6 ความถี่ของการฝึก	1.00	
2.7 ระยะเวลาของการฝึก	1.00	
รวมค่า IOC	**0.88**	

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยา

1. การทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (Running-based Anaerobic Sprint Test) (Draper and Whyte, 1997)

วัตถุประสงค์ เพื่อประเมินพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า และร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า



อุปกรณ์

1. ลู่วิ่ง หรือ สนามที่มีระยะทางยาว 35 เมตร เป็นเส้นตรง
2. นาฬิกาจับเวลา หรือ เครื่องนิวเทสต์ เพาวเวอร์ไทมเมอร์ SW-300 พร้อมกับขาตั้งในการจับเวลา
3. กรวย 2 อัน ใช้สำหรับจุดเริ่มต้นวิ่งและจุดสิ้นสุด ระยะห่าง 35 เมตร
4. นกหวีด 1 ตัว
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก

วิธีการทดสอบ

1. ชั่งน้ำหนักของผู้ทดสอบก่อนการทดสอบและอธิบายวิธีการทดสอบ
2. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่ง เพื่อทำการอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
3. ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งโดยใช้ความเร็วสูงสุดเหมือนการทดสอบจริง 1 เที่ยว หลังการอบอุ่นร่างกายให้พัก 5 นาที ก่อนเริ่มการทดสอบ
4. ให้นักกีฬาที่เข้ารับการทดสอบเตรียมตัวที่จุด A เมื่อได้รับสัญญาณให้นักกีฬาวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด จากจุด A ไปยังจุด (35 เมตร) เป็นจำนวน 6 เที่ยว โดยในแต่ละเที่ยวจะมีเวลาพักระหว่างเที่ยว 10 วินาที โดยให้ผู้เข้ารับการทดสอบพักที่เส้น 35 เมตร (ไม่ต้องกลับมายังจุดเริ่มต้น)

เมื่อครบตามจำนวนถือว่าสิ้นสุดการทดสอบ ผู้ทดสอบเริ่มวิ่งจากท่ายืนหรือย่อตัวก็ได้ และในการวิ่งทุกเที่ยวผู้ทดสอบจำเป็นที่จะต้องวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดตลอดทั้งระยะทาง 35 เมตร

5. บันทึกผลเวลาที่วิ่งในแต่ละ 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว นำผลที่ได้ไปคำนวณหาค่าพลังแบบแอนแอโรบิก ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ดัชนีความเหนื่อยล้า และร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า

การคำนวณ

พลังแบบแอนแอโรบิกของการวิ่งแต่ละเที่ยวคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

พลัง (Power) = น้ำหนักตัว (Weight) × ระยะทาง^2 (Distance) ÷ เวลา^3 (Time)

โดยที่

พลัง มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt)
น้ำหนักตัว (กก.) คือ น้ำหนักตัวของผู้เข้ารับการทดสอบ
ระยะทาง (เมตร) คือ ระยะทางในการทดสอบ คือ 35 เมตร
เวลา (วินาที) คือ เวลาที่ทำได้ในการวิ่ง 35 เมตร

จากการวิ่ง 6 ครั้ง สามารถคำนวณพลังในแต่ละครั้ง และสามารถหาค่าต่อไปนี้ได้ คือ

- พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) ได้จาก ค่าที่ได้สูงสุดจาก 6 ครั้ง
- พลังต่ำสุดแบบแอนแอโรบิก ได้จาก ค่าที่ได้น้อยที่สุดจาก 6 ครั้ง
- ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)
  ได้จาก ผลรวมจากพลังทั้งหมด 6 ครั้ง ÷ 6
- ค่าดัชนีความเหนื่อยล้า (Fatigue index)
  ได้จาก (ค่าที่ได้สูงสุด – ค่าที่ได้น้อยที่สุด) ÷ ผลรวมเวลาทั้งหมด 6 รอบ
- ค่าร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า (% Fatigue index)
  ได้จาก (ค่าที่ได้สูงสุด – ค่าที่ได้น้อยที่สุด) x 100 ÷ ค่าที่ได้สูงสุด

เครื่องนิวเทสต์ เพาวเวอร์ไทมเมอร์ SW-300 พร้อมกับขาตั้งในการจับเวลา

(Newtest Powertimer SW-300)

2. การทดสอบด้วยวิธีของบรูซ โดยวิธีวิเคราะห์แก๊สจากการวิ่งโดยลู่กล
(Bruce Incremental Treadmill Protocol with Respiratory Gas Analysis)
(Wilmore and Costill ,2005)

วัตถุประสงค์ เพื่อประเมินสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

อุปกรณ์

1. ลู่วิ่งกล (Treadmill)
2. เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Portable cardiopulmonary gas exchange system) ยี่ห้อ Cortex รุ่น Metamax 3B
3. สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจ โพลาร์ รุ่น เอส710 ไอ (Polar S710i)
4. ผู้ช่วยทดสอบ

วิธีการทดสอบ

1. ติดเครื่องวิเคราะห์แก๊สให้กับผู้เข้ารับการทดสอบ
2. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบทำการอบอุ่นร่างกาย โดยการเดินช้าๆ บนลู่วิ่งกล
3. ผู้ช่วยทดสอบตั้งค่าลู่วิ่งกลที่ความเร็ว 2.74 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และความชันที่ 10 % (ระดับที่ 1) โดยออกคำสั่งว่า “เริ่ม” พร้อมกับเริ่มจับเวลา
4. จากนั้นทุกๆ 3 นาที ปรับความเร็วและความชัน ตามตารางต่อนี้

Stage	Speed (km/hr)	Speed (mph)	Gradient (%)
1	2.74	1.7	10
2	4.02	2.5	12
3	5.47	3.4	14
4	6.76	4.2	16
5	8.05	5.0	18
6	8.85	5.5	20
7	9.65	6.0	22
8	10.46	6.5	24
9	11.26	7.0	26
10	12.07	7.5	28

5. หยุดจับเวลาเมื่อผู้รับการทดสอบไม่สามารถปฏิบัติกิจกรรมต่อไปได้ โดยพิจารณาจาก

5.1 ผู้ทดสอบปฏิบัติถึงระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุด (ไม่มีเปลี่ยนแปลงของการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นกว่าระดับนั้นแม้จะปฏิบัติต่อไปได้อีก)

5.2 เมื่อปฏิบัติจนระดับการเต้นของหัวใจถึงอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด

5.3 อัตราการแลกเปลี่ยนแก๊ส (Respiratory Exchange Ratio) เท่ากับหรือสูงกว่า 1.15

5.4 ค่าความเข้มข้นของแลคแตทในเลือดสูงกว่า 8 มิลลิโมลต่อลิตร

5.5 อาการสั่นทั้งตัวขณะปฏิบัติ

โดยจะพิจารณาเมื่อถึงตามเกณฑ์ที่กำหนด 3 ใน 5 เกณฑ์จากนั้นจึงบันทึกเวลาที่ทำได้และค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดจากโปรแกรมวิเคราะห์แก๊ส

เครื่องวิเคราะห์แก๊ส
(Portable cardiopulmonary gas exchange system)

ลู่วิ่งกล (Treadmill)
ยี่ห้อ Cortex รุ่น Metamax 3B

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างแบบบันทึกผลการทดสอบ

ชื่อ-นามสกุล ผู้เข้ารับการทดสอบ…….....

ข้อมูลการทดสอบ

ความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกด้วยวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นท์

การทดสอบครั้งที่……..วัน/เดือน/ปี ที่ทำการทดสอบ……..…...

เวลาที่เริ่มทำการทดสอบ……น้ำหนักตัวก่อนทำการทดสอบ……..กิโลกรัม

ระยะทางในการทดสอบ คือ 35 เมตร

เวลาในการวิ่งแต่ละเที่ยว (วินาที)	พลัง (วัตต์)
	น้ำหนักตัว × ระยะทาง^2 ÷ เวลา^3
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	

ตัวแปร	ค่าที่ได้ (หน่วย)
พลังแบบแอนแอโรบิก	……..……..วัตต์
ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก	……..……..วัตต์
ดัชนีความเหนื่อยล้า	……..……..วัตต์/วินาที
ร้อยละดัชนีความเหนื่อยล้า	……..……..ร้อยละ

ข้อมูลการทดสอบ

ความสามารถที่แสดงออกทางแอโรบิกด้วยวิธีการทดสอบด้วยวิธีของบรูซ

(Bruce Incremental Treadmill Protocol) **โดยเครื่องวิเคราะห์แก๊สจากการวิ่งโดยลู่กล**

การทดสอบครั้งที่……..วัน/เดือน/ปี ที่ทำการทดสอบ……...

เวลาที่เริ่มทำการทดสอบ……

ระดับ	ความเร็ว (km/hr)	ความเร็ว (mph)	ความชัน (%)	เวลา (นาที)	เวลาที่ทำได้
1	2.74	1.7	10	3	……..นาที……..วินาที
2	4.02	2.5	12	6	……..นาที……..วินาที
3	5.47	3.4	14	9	……..นาที……..วินาที
4	6.76	4.2	16	12	……..นาที……..วินาที
5	8.05	5.0	18	15	……..นาที……..วินาที
6	8.85	5.5	20	18	……..นาที……..วินาที
7	9.65	6.0	22	21	……..นาที……..วินาที
8	10.46	6.5	24	24	……..นาที……..วินาที
9	11.26	7.0	26	27	……..นาที……..วินาที
10	12.07	7.5	28	30	……..นาที……..วินาที

ระดับที่ทำได้……

เวลาที่ทำได้ ……..……นาที……..……วินาที

อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก……....ครั้งต่อนาที

อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด……....ครั้งต่อนาที

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยวิธีวิเคราะห์แก๊ส…….มิลลิลิตร ต่อ กิโลกรัม ต่อ นาที

ภาคผนวก ฉ

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย	การเปรียบเทียบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล
ชื่อผู้วิจัย	นายฐาปนวัฒน์ สุขปาละ
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
โทรศัพท์	02-2181010
โทรศัพท์มือถือ	089-7939192 E-mail: tawan_jil@hotmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยเป็นการศึกษาวิธีการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกด้วยการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานที่เหมาะสมกับนักกีฬารักบี้ฟุตบอล ซึ่งการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานเป็นการฝึกแบบสลับช่วงรูปแบบหนึ่งและเป็นวิธีการที่นิยมนำมาใช้พัฒนาด้านความสามารถของระบบพลังงาน โดยที่ใช้เวลาในการฝึกแต่ละครั้งไม่มากและมีประโยชน์มากต่อการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิก ซึ่งความสามารถทางด้านนี้เป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ระหว่างการแข่งขันกีฬารักบี้ฟุตบอล ทำให้นักกีฬาแสดงความสามารถทางกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นในขณะทำการแข่งขัน

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบผลการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยาน ที่มีต่อการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล ว่ามีผลต่อการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอลแตกต่างกันหรือไม่? อย่างไร?

4. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่กำลังฝึกซ้อม เพื่อเข้าร่วมการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยครั้งที่ 39 ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2554 อายุระหว่าง 18 – 22 ปี จำนวน 27 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง และสมัครใจเข้าร่วมในการวิจัย ทั้งนี้ได้รับความยินยอมจากผู้ฝึกสอนแล้ว

<u>เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย</u>

1.) ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักกีฬารักบี้ฟุตบอลชายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่กำลังฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยครั้งที่ 39 ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ในปีการศึกษา 2554 อายุระหว่าง 18 – 22 ปี

2.) ผู้เข้าร่วมวิจัยมีสุขภาพแข็งแรงและมีความพร้อมที่จะออกกำลังกาย

<u>เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย</u>

1.) เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการบาดเจ็บจากการเข้าร่วมงานวิจัย มีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2.) เข้าร่วมโปรแกรมการฝึกไม่ถึง 85% ของโปรแกรมทั้งหมดหรือคิดเป็นเข้าร่วมการฝึกไม่ถึง 10 ครั้ง

3.) ไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยต่อไป

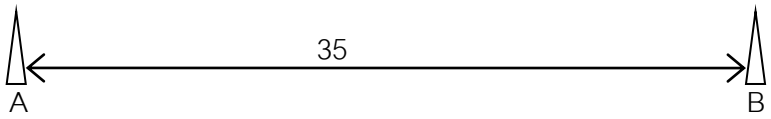
5. กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้วิจัยจะทำการแบ่งผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทั้ง 27 คน ออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 10 ด้วยวิธีการด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย เพื่อเลือกกลุ่มและรูปแบบการฝึก กลุ่มฝึกแบบสลับช่วงทั้ง 2 กลุ่ม ทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ คือวันอังคารและวันพฤหัสบดี ตามโปรแกรมของแต่ละกลุ่ม ใช้เวลาในการฝึกแต่ละครั้งประมาณ 30 – 40 นาที ก่อนการฝึกซ้อมรักบี้ฟุตบอลตามปกติ โดยทำการฝึกทั้งหมดเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทั้งนี้กิจกรรมการฝึกซ้อมของแต่ละกลุ่มในแต่ละวันมีดังนี้

กลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง

1. อบอุ่นร่างกาย ทำการวิ่งเหยาะและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ใช้เวลาประมาณ 10 นาที
2. ช่วงฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง ฝึกระหว่างเวลา 17.00 – 17.30 น. ณ สนามกีฬารักบี้

ลักษณะการเคลื่อนไหวการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่ง

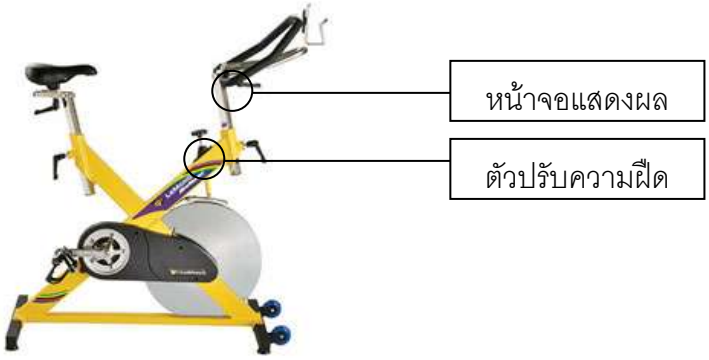


วิ่งไปกลับจากจุด A ไปจุด B ด้วยความเร็วสูงสุด จนกว่าจะครบตามเวลาการฝึกที่กำหนด คือ 30 วินาที โดยเมื่อวิ่งไปกลับจนครบ 30 วินาที จะถือว่าฝึกไปแล้ว 1 รอบ โดยสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ฝึกทั้งหมด 4 รอบต่อวัน สัปดาห์ที่ 3 และ 4 ฝึกทั้งหมด 5 รอบต่อวัน สัปดาห์ที่ 5 และ 6 ฝึกทั้งหมด 6 รอบต่อวัน ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการพักระหว่างรอบ คือ 3 นาที ด้วยกิจกรรมการเดินแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 20 – 30 นาที

กลุ่มฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน

1. อบอุ่นร่างกาย โดยยืดเหยียดกล้ามเนื้อและการปั่นแบบช้าๆ โดยไม่มีแรงต้าน ใช้เวลาประมาณ 10 นาที
2. ช่วงฝึกแบบสลับช่วงด้วยด้วยการปั่นจักรยาน ฝึกระหว่างเวลา 17.00 – 17.30 น. ณ โรงยิม คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะการเคลื่อนไหวการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน



ปั่นจักรยานด้วยความเร็วสูงสุด (สูงกว่า 90 รอบต่อนาที โดยดูจากหน้าจอแสดงผล) ที่แรงต้านระดับปานกลางโดยใช้ความหนักจากการคลายตัวปรับความฝืดที่การหมุนในช่วง 12 – 14 รอบจากการหมุนไปให้สุด จนกว่าจะครบตามเวลาการฝึกที่กำหนด คือ 30 วินาที โดยเมื่อปั่นจนครบ 30 วินาที จะถือว่าฝึกไปแล้ว 1 รอบ โดยสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ฝึกทั้งหมด 4 รอบต่อวัน สัปดาห์ที่

3 และ 4 ฝึกทั้งหมด 5 รอบต่อวัน สัปดาห์ที่ 5 และ 6 ฝึกทั้งหมด 6 รอบต่อวัน ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการพักระหว่างรอบ คือ 3 นาที ด้วยกิจกรรมการปั่นแบบช้าๆโดยไม่มีแรงต้าน แต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 20 – 30 นาที

นอกจากนั้นผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทั้ง 30 คน จะได้รับการทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาจำนวน 2 ครั้ง คือ ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ซึ่งการทดสอบในแต่ละครั้งประกอบด้วย

1.) ทดสอบด้วยวิธีทดสอบรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปรินท์ ใช้เวลาทดสอบครั้งละประมาณ 10 นาที
2.) การทดสอบด้วยวิธีของบรูซ โดยวิธีวิเคราะห์แก๊สจากการวิ่งโดยลู่กล ใช้เวลาทดสอบครั้งละประมาณ 30 นาที

6. ผู้วิจัยจะเป็นผู้ชี้แจงและทำความเข้าใจถึงข้อมูลในส่วนต่างๆ แก่กลุ่มตัวอย่างด้วยตนเอง นอกจากนั้นผู้วิจัยจะควบคุมดูแลการทดสอบและการฝึกซ้อมทั้งหมดด้วยตนเองและมีผู้ช่วยวิจัยจำนวน 3 คน โดยมีผู้ฝึกสอนของทีมคอยควบคุมดูแลร่วมด้วย

7. ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดเพื่อความปลอดภัยในขณะทำการทดสอบ และทำการฝึก มีการให้คำแนะนำ ให้ความรู้และวิธีการปฏิบัติทั้งก่อนและหลังจากทำการทดสอบและทำการฝึก เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากโปรแกรมการฝึก รวมถึงการทดสอบทุกครั้ง ผู้วิจัยจะมีการให้คำแนะนำและดูแลอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา ทั้งนี้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย อาจจะมีความรู้สึกเมื่อยล้าบ้างจากการฝึกตามโปรแกรมในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 เนื่องจากรูปแบบการฝึกของโปรแกรมไม่เหมือนกับการฝึกซ้อมตามปกติ และหากมีกรณีที่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้รับบาดเจ็บจากการวิจัยเกิดขึ้น ผู้วิจัยจะมีการดูแลโดยการรักษาปฐมพยาบาลเบื้องต้นและหากอาการบาดเจ็บเกิดอย่างรุนแรงก็จะนำส่งต่อไปพบแพทย์ในโรงพยาบาลใกล้เคียงกับสถานที่ฝึกซ้อม โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบในการรักษาพยาบาลทั้งหมด

8. ผลการวิจัยครั้งนี้จะทำให้ทราบว่า นักกีฬารักบี้ฟุตบอลมีผลการพัฒนาจากการใช้วิธีการฝึกแบบสลับช่วงแบบใดจึงจะเกิดประโยชน์สูงสุดต่อการพัฒนาความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิก ซึ่งทำให้แสดงความสามารถทางกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพในขณะทำการแข่งขัน และเมื่อทราบผลของการวิจัยอย่างไร ผู้วิจัยจะมีการชี้แจงให้ผู้ฝึกสอนตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายได้ทราบถึงผลดีของการวิจัยที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งปรึกษาและประสานงานกับผู้ฝึกสอนเพื่อที่จะนำผลการวิจัยที่ได้ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรมการฝึกปกติของนักกีฬาเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

9. เพื่อเป็นการป้องกันการปนเปื้อนระหว่างแต่ละกลุ่มการฝึก ผู้วิจัยจึงขอร้องให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกคนไม่ให้ฝึกเพิ่มเติมนอกเหนือไปจากโปรแกรมการฝึกดังกล่าวที่ผู้วิจัยกำหนดให้ และโปรแกรมการฝึกซ้อมรักบี้ฟุตบอลตามปกติของทางทีมรักบี้ฟุตบอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

11. ผู้วิจัยจะมอบค่าเสียเวลา สำหรับการเดินทางมาทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทั้ง 2 ครั้ง ครั้งละ 250 บาท เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบหลังการทดลอง

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…….
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต คนึงสุขเกษม)
อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงชื่อ…….
(นายฐาปนวัฒน์ สุขปาละ)
ผู้วิจัยหลัก

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่……

วันที่……เดือน……..พ.ศ. ……...

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย……...

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย	การเปรียบเทียบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งระยะสั้นและการปั่นจักรยานที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล
ชื่อผู้วิจัย	นายฐาปนวัฒน์ สุขปาละ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. วิชิต คนึงสุขเกษม
ที่อยู่ที่ติดต่อ	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
โทรศัพท์	02-2181010
โทรศัพท์มือถือ	089-7939192

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

ข้าพเจ้าจึง**สมัครใจ**เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย **ทุกขั้นตอน** ได้แก่ การฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งหรือการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการปั่นจักรยาน ที่มีการฝึกสัปดาห์ละ 2 วันๆ ละประมาณ 30 – 40 นาที (วันอังคารและวันพฤหัสบดี) เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ และการทดสอบความสามารถทางสรีรวิทยาจำนวน 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ก่อนการทดลอง และครั้งที่ 2 หลังการทดลอง ครั้งละ 2 วัน วันละ 10 -30 นาที

ข้าพเจ้ามีสิทธิ**ถอนตัว**ออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ **โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล** ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับทราบจากผู้วิจัยว่า หากข้าพเจ้าได้รับบาดเจ็บเนื่องจากการวิจัย ข้าพเจ้าจะต้องแจ้งให้ผู้วิจัยทราบทันที ซึ่งจะได้รับความช่วยเหลือเบื้องต้น เช่น ให้คำแนะนำโดยให้หยุด

พักสังเกตอาการหรือปฐมพยาบาลเบื้องต้นและจะนำส่งไปยังโรงพยาบาล โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้ดูแลรับผิดชอบให้ข้าพเจ้าได้รับการดูแลรักษาอย่างเหมาะสม

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยและข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะ**เก็บรักษาเป็นความลับ** โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

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

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยและสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ…… ลงชื่อ……..

(นายฐาปนวัฒน์ สุขปาละ) (……..……)

ผู้วิจัยหลัก ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ……..

(……..……)

พยาน

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. 159/2554

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 155.1/54	:	การเปรียบเทียบการฝึกแบบสลับช่วงด้วยการวิ่งและการปั่นจักรยานที่มีต่อความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกและแอโรบิกของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล
ผู้วิจัยหลัก	:	นายฐาปนวัฒน์ สุขปาละ
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 : 12 พฤศจิกายน 2554 **วันหมดอายุ** : 11 พฤศจิกายน 2555

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1) โครงการวิจัย
2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย

155.1/54
12 พย. 2554
11 พย. 2555

เงื่อนไข

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

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ	:	นายฐาปนวัฒน์ สุขปาละ
วันเดือนปีเกิด	:	29 กรกฎาคม พ.ศ. 2530
สถานที่เกิด	:	อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	:	บ้านเลขที่ 69 หมู่ 1 ตำบลทับช้าง อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา
ประวัติการศึกษา	:	- สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2552 - เข้าศึกษาต่อปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา แขนงวิชาสรีรวิทยาการกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2553