ผลของการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ที่มีต่อตัวแปรเชิงแอนแอโรบิก แอโรบิก และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

อภิรมย์ จามพฤกษ์

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกาย และการกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา
มิถุนายน 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์ และคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ได้พิจารณาดุษฎีนิพนธ์ของ อภิรมย์ จามพฤกษ์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกาย และการกีฬา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง)

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์กฤษฎา บานชื่น)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)

.....กรรมการ

(ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิดา จุลวนิชย์พงษ์)

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาอนุมัติให้รับดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกาย และการกีฬา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

(ดร.ศักดิ์ชาย พิทักษ์วงศ์)

วันที่ 16 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ ด้วยความกรุณา จากรองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่คอยให้คำปรึกษา และแนะนำ ให้แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จนทำให้ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้แล้วเสร็จสมบูรณ์ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ.กฤษฎา บานชื่น ที่ได้กรุณามาเป็นประธานในการสอบปากเปล่า ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิดา จุลวนิชย์พงษ์ ที่กรุณามาเป็นกรรมการในการสอบครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.นิรอมลี มะกะเจ ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษาแก้ไข และวิจารณ์ผลงาน ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ท่านคณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ดร.ศักดิ์ชาย พิทักษ์วงศ์ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และสถานที่ ขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัย ผู้เข้าร่วมวิจัย ผู้อำนวยการโรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ลำพูน รวมทั้งพี่ ๆ น้อง ๆ เพื่อนร่วมรุ่นที่ศึกษาในสาขาสรีรวิทยาการออกกำลังกาย และกีฬามหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นการวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้ ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สนธยา สีละมาด คณบดีพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ถาวร กมุทศรี มหาวิทยาลัยมหิดล ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์เพิ่มศักดิ์ สุริยจันทร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ พลตำรวจตรีสุรพงษ์ อาริยะมงคล เลขาสหพันธ์กรีฑานานาชาติ และพลตำรวจตรีสุภวณัฏฐ์ อาริยะมงคล ประธานผู้ฝึกสอนกรีฑาทีมชาติไทย

ขอขอบคุณ ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา ภาค 5 สนามกีฬา 700 ปี จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูล และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ พยาบาลวิชาชีพ โรงพยาบาลลำพูน ที่ช่วยเก็บ และวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่างเลือด

คุณค่า และประโยชน์ที่พึงได้จากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอน้อมถวายเป็นพุทธบูชา และบูชาคุณบุพการี คุณพ่อสิงห์คำ จามพฤกษ์ คุณแม่เครือวัลย์ จามพฤกษ์ ครู-อาจารย์ ตลอดจนพี่-น้อง และเพื่อน ๆ ทุกคน โดยเฉพาะอาจารย์เกียรติศักดิ์ พยัคฆันทร์ ที่ให้การสนับสนุน และคอยเป็นกำลังใจด้วยดีเสมอมา จนทำให้ดุษฎีนิพนธ์เล่มนี้สำเร็จด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

อภิรมย์ จามพฤกษ์

54810019: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์การออกกำลังกาย และการกีฬา;
ปร.ด. (วิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา)
คำสำคัญ: การฝึกแบบอินเทอร์วาล/ ความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้/ สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก/ แอนแอโรบิกเทรชโฮล/ กรดแลคติกในเลือด/ ความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร
อภิรมย์ จามพฤกษ์: ผลของการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสานที่มีต่อตัวแปรเชิงแอนแอโรบิก แอโรบิก และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (EFFECTS OF ANAEROBIC, AEROBIC AND COMBINATION INTERVAL TRAINING ON ANAEROBIC, AEROBIC PARAMETERS AND 400 METERS RUNNING PERFORMANCE) คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์: ประทุม ม่วงมี, Ph.D., เสกสรรค์ ทองคำบรรจง, วท.ด. 168 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ระยะเวลาการฝึก 8 สัปดาห์ ที่มีต่อตัวแปรความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ แอนแอโรบิกเทรชโฮล สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก กรดแลคติกในเลือด และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร และเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรดังกล่าว ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึกกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชาย อายุ 15 ปี ของโรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ลำพูน ได้มาแบบเจาะจง และถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 10 คน กลุ่มที่ 1 ฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก กลุ่มที่ 2 ฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก และกลุ่มที่ 3 ฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน แล้วนำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยค่าสถิติพื้นฐาน วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (ANOVA with repeated measures) นัยสำคัญทางสถิติถูกกำหนดไว้ที่ระดับ .05

ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ทั้ง 3 กลุ่ม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือกลุ่มที่ 1 จาก 34.170 ± 6.062 เป็น 36.900 ± 6.772 มล./กก./นาที, กลุ่มที่ 2 จาก 35.100 ± 7.314 เป็น 39.040 ± 6.871 มล./กก./นาที และกลุ่มที่ 3 จาก 34.210 ± 5.956 เป็น 39.580 ± 6.245 มล./กก./นาที, จุดที่ถือเป็นแอนแอโรบิกเทรชโฮลทั้ง 3 กลุ่ม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือกลุ่มที่ 1 จาก 9.000 ± 1.000 เป็น 10.550 ± 0.896 กม./ชม., กลุ่มที่ 2 จาก 9.300 ± 1.206 เป็น 11.100 ± 0.966 กม./ชม. และกลุ่มที่ 3 จาก 9.350 ± 1.107 เป็น 10.950 ± 0.956 กม./ชม., สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ได้แก่ พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ทั้ง 3 กลุ่ม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กลุ่มที่ 1 จาก 9.998 ± 0.544 เป็น 10.509 ± 0.571 วัตต์/กก., กลุ่มที่ 2 จาก 9.823 ± 0.998 เป็น 10.288 ± 0.788 วัตต์/กก. และกลุ่มที่ 3 จาก 10.267 ± 0.972 เป็น 10.900 ± 0.892 วัตต์/กก., ความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกทั้ง 3 กลุ่ม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กลุ่มที่ 1 จาก 7.636 ± 0.433 เป็น 7.943 ± 0.454 วัตต์/กก., กลุ่มที่ 2 จาก 7.326 ± 0.709 เป็น 7.602 ± 0.898 วัตต์/กก. และกลุ่มที่ 3 จาก 7.673 ± 0.554 เป็น 8.006 ± 0.517 วัตต์/กก., กรดแลคติกในเลือด ในกลุ่มที่ 2 มีเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น (ลดลง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพียงกลุ่มเดียว คือ จาก 12.390 ± 2.939 เป็น 10.900 ± 2.495 มิลลิโมล/ลิตร, ความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ทั้ง 3 กลุ่ม มีการพัฒนาดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ กลุ่มที่ 1 จาก 83.610 ± 9.356 เป็น 75.945 ± 7.707 วินาที, กลุ่มที่ 2 จาก 82.079 ± 8.856 เป็น 74.574 ± 5.148 วินาที และกลุ่มที่ 3 จาก 83.308 ± 9.501 เป็น 76.149 ± 8.904 วินาที และ 2) ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม พบว่า ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ .05

54810019: MAJOR: EXERCISE AND SPORT SCIENCE;
Ph.D. (EXERCISE AND SPORT SCIENCE)
KEYWORDS: INTERVAL TRAINING/ VO_2max/ ANAEROBIC PERFORMANCE/
ANAEROBIC THRESHOLD/ 400 METERS RUNNING/ BLOOD LACTIC ACID

APHIROM CHAMPHUEK: EFFECTS OF ANAEROBIC, AEROBIC AND COMBINATION INTERVAL TRAINING 0N ANAEROBIC, AEROBIC PARAMETERS AND 400 METERS RUNNING PERFORMANCE. ADVISORY COMMITTEE: PRATOOM MUONGMEE, Ph.D., SAKESAN TONGKHAMBANCHONG, Ph.D. 168 P. 2017.

The purposes of this research were 1) to study the effects of 8-week long anaerobic interval training, aerobic interval training, and combination interval training on maximum oxygen uptake, anaerobic thresholds, anaerobic capacity, blood lactate, and the 400 meter running performance and (2) to compare the differences of the parameters before, during and after training. Samples, derived from purposive sampling, were 15 years old male students at SuanBoonyopatham School in Lamphun province. They were divided into three groups of 10. Group 1 was trained with anaerobic interval training. Group 2 was trained with aerobic interval training. Group 3 was trained with combination interval training. Data were analyzed using basic statistical tests, and the ANOVA with repeated measures was used to compare the differences among groups. Significance level was set at .05.

Results showed, 1) values of pre-test, and post-test, that VO_2max improved statistical significantly in all groups. Group 1 increased from 34.170 ± 6.062 to 36.900 ± 6.772 ml./kg.$^{-1}$/min.$^{-1}$, group 2 from 35.100 ± 7.314 to 39.040 ± 6.871 ml./kg.$^{-1}$/min.$^{-1}$, and group 3 from 34.210 ± 5.956 to 39.580 ± 6.245 ml./kg.$^{-1}$/min.$^{-1}$. Anaerobic thresholds also improved in all groups. Group 1 from 9.000 ± 1.000 to 10.550 ± 0.896 km./hr., group 2 from 9.300 ± 1.206 to 11.100 ± 0.966 km./hr., and group 3 from 9.350 ± 1.107 to 10.950 ± 0.956 km./hr. Anaerobic power improved in all groups. Group 1 from 9.998 ± 0.544 to 10.509 ± 0.571 watt./kg., group 2 from 9.823 ± 0.998 to 10.288 ± 0.788 watt./kg., and group 3 from 10.267 ± 0.972 to 10.900 ± 0.892 watt./kg. Anaerobic capacity showed improvement in all groups. Group 1 from 7.636 ± 0.433 to 7.943 ± 0.454 watt./kg., group 2 from 7.326 ± 0.709 to 7.602 ± 0.898 watt./ kg., and group 3 from 7.673 ± 0.554 to 8.006 ± 0.517 watt./kg. Blood lactate of group 2 showed significant decrease from 12.390 ± 2.939 to 10.900 ± 2.495 mmol./L. The 400-meter running performance improved in all groups. Group 1 from 83.610 ± 9.356 to 75.945 ± 7.707 sec., group 2 from 82.079 ± 8.856 to 74.574 ± 5.148 sec., group 3 from 83.308 ± 9.501 to 76.149 ± 8.904 sec. 2) The comparison between parameters; before, during and after were not statistically significant differences at .05.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

คำถามการวิจัย..... 4

วัตถุประสงค์การวิจัย..... 4

สมมุติฐานการวิจัย..... 5

ประโยชน์ของการวิจัย..... 5

ขอบเขตของการวิจัย..... 5

ข้อจำกัดของการวิจัย..... 7

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 7

กรอบแนวคิดการวิจัย..... 10

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 11

เป้าหมายของการฝึกซ้อม..... 11

การฝึกแบบอินเทอร์วาล..... 12

ตัวแปรเชิงแอนแอโรบิก..... 23

แอนแอโรบิกเทรชโฮล..... 25

กรดแลคติกในเลือด..... 29

ตัวแปรเชิงแอโรบิก..... 34

ความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร..... 42

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 51

ประชากร และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา..... 51

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	52
	แบบแผนการทดลอง	54
	วิธีการดำเนินการทดลอง	54
	ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการเก็บรวบรวมข้อมูล	56
	ขั้นตอน และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	56
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	66
	สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์และแปลผล	66
	ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มทดลอง	67
	การนำเสนอข้อมูล	68
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	69
5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ…	112
	สรุปผลการค้นพบ	112
	อภิปรายผล	112
	สรุปผลการการวิจัย	118
	ข้อเสนอแนะ	119
บรรณานุกรม		120
ภาคผนวก		125
ภาคผนวก ก		126
ภาคผนวก ข		139
ภาคผนวก ค		147
ภาคผนวก ง		150
ภาคผนวก จ		152
ภาคผนวก ฉ		158
ภาคผนวก ช		160
ประวัติย่อของผู้วิจัย		168

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ค่า VO_2max ของนักกรีฑาทีมชาติไทย และคนทั่วไป	36
2-2	การเปรียบเทียบความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ของบุคคลทั่วไป ในนักกีฬาเพศชาย และเพศหญิงแต่ละชนิดกีฬา	39
2-3	ความแตกต่างทางภายวิภาค และสรีรวิทยาระหว่างผู้หญิงกับผู้ชายทั่วไป ภายหลังเข้าสู่วัยรุ่น	40
3-1	แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองแบบวัดซ้ำ 3 ช่วงเวลา	54
4-1	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง	68
4-2	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที	70
4-3	การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry ของความแปรปรวนด้วย Mauchly's test of sphericity	71
4-4	วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที	71
4-5	วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบของปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที	72
4-6	เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยทดสอบแบบ Paired samples t-test	75
4-7	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แอนแอโรบิกเทรชโฮล	77
4-8	การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry ของความแปรปรวนด้วย Mauchly's test of sphericity	78
4-9	วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของแอนแอโรบิกเทรชโฮล	78
4-10	วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบของแอนแอโรบิกเทรชโฮล	79
4-11	เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยทดสอบแบบ Paired samples t-test	82
4-12	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-13 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry ของความแปรปรวน ด้วย Mauchly's test of sphericity…. 85

4-14 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก 85

4-15 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก 86

4-16 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยทดสอบแบบ Paired samples t-test 89

4-17 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก 91

4-18 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry ของความแปรปรวน ด้วย Mauchly's test of sphericity 92

4-19 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของสมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก 92

4-20 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบของสมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก 93

4-21 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยทดสอบแบบ Paired samples t-test 96

4-22 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน กรดแลคติกในเลือด 98

4-23 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry ของความแปรปรวน ด้วย Mauchly's test of sphericity 99

4-24 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของกรดแลคติกในเลือด 99

4-25 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบของกรดแลคติกในเลือด 100

4-26 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยทดสอบแบบ Paired samples t-test 103

4-27 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร 105

4-28 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry ของความแปรปรวน ด้วย Mauchly's test of sphericity 106

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-29 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร 106

4-30 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบของความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร 107

4-31 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยทดสอบแบบ Paired samples t-test 110

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	กรอบแนวคิดในการวิจัย	10
2-1	จุดแลคเตทเทรธโฮล ของผู้ที่ฝึก และไม่ได้รับการฝึก	26
2-2	ค่า VO_2 เพิ่มขึ้นขณะพักผ่อนอย่างรวดเร็วในระยะ 1-2 นาทีแรก ของการออกกำลังกาย หลังจากนั้นจะรักษาระดับให้คงที่ไว้ จนกระทั่งการออกกำลังกายได้สิ้นสุดลง VO_2 จึงค่อย ๆ ลดปริมาณลงสู่ระดับพักผ่อน ปริมาณออกซิเจนที่ขาดไปก่อนที่จะถึงระดับคงที่เรียกว่า O_2 Deficit ซึ่งต้องมีการจ่ายคืนภายหลังที่การออกกำลัง กายได้สิ้นสุดลง เราเรียกออกซิเจนจำนวนนี้ว่า O_2 Debt	28
2-3	ความสัมพันธ์ระหว่างระดับของสมรรถภาพทางกาย และปริมาณกรดแลคติกภายหลังการออกกำลังกาย ผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายสูงมีกรดแลคติกในเลือดต่ำ	30
2-4	การลดปริมาณของกรดแลคติกในเลือด ภายหลังการฝึกวิ่งบนทางเลื่อนกลด้วยความเร็ว 11.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุกวัน วันละ 20 นาที เป็นเวลา 20 วัน และด้วยความเร็ว 13.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุกวัน วันละ 20 นาที	32
3-1	ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง	55
3-2	แบบแผนการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง	58
4-1	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปริมาณสูงสุดของออกซิเจน ที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที จากผลของการฝึกอินเทอร์วาล 3 แบบ ในระยะการฝึก 3 ระยะ	70
4-2	การเปรียบเทียบ VO_2max ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก	73
4-3	การเปรียบเทียบ VO_2max ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก	73
4-4	การเปรียบเทียบ VO_2max ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน	74
4-5	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แอนแอโรบิกเทรชโฮล จากผลการฝึกอินเทอร์วาล 3 แบบ ในระยะการฝึก 3 ระยะ	77
4-6	การเปรียบเทียบ ATH ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก	80

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-7	การเปรียบเทียบ ATH ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก	80
4-8	การเปรียบเทียบ ATH ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน	81
4-9	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก จากผลการฝึกอินเทอร์วาล 3 แบบ ในระยะการฝึก 3 ระยะ	84
4-10	การเปรียบเทียบ POW ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก	87
4-11	การเปรียบเทียบ POW ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก	87
4-12	การเปรียบเทียบ POW ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน	88
4-13	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก จากผลการฝึกอินเทอร์วาล 3 แบบ ในระยะการฝึก 3 ระยะ	91
4-14	การเปรียบเทียบ CAP ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก	93
4-15	การเปรียบเทียบ CAP ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก…	94
4-16	การเปรียบเทียบ CAP ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน…	95
4-17	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน กรดแลคติกในเลือด จากผลการฝึกอินเทอร์วาล 3 แบบ ในระยะการฝึก 3 ระยะ	98
4-18	การเปรียบเทียบ BL ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก	101
4-19	การเปรียบเทียบ BL ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก	101

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-20 การเปรียบเทียบ BL ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน 102

4-21 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร จากผลการฝึกอินเทอร์วาล 3 แบบ ในระยะการฝึก 3 ระยะ 105

4-22 การเปรียบเทียบ TIME ในระยะก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก 108

4-23 การเปรียบเทียบ TIME ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก 108

4-24 การเปรียบเทียบ TIME ก่อนการฝึก ระหว่างการฝึก และหลังการฝึก จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน 109

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

การแข่งขันกรีฑามีจุดมุ่งหมายของชัยชนะอยู่ที่ เร็วที่สุด ไกลที่สุด และสูงที่สุด โดยเฉพาะการแข่งขันกรีฑาประเภทลู่ มีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ ความเร็ว จะต้องไปให้ถึงเป้าหมายปลายทาง คือ เส้นชัยก่อนคนอื่น ในการวิ่งในระยะสั้น เช่น 100 เมตร, 200 เมตร และ 400 เมตร การใช้ความเร็วจะขึ้นอยู่กับสมรรถภาพทางด้านความแข็งแรง พลัง ระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) เป็นส่วนประกอบ ส่วนในการวิ่งระยะกลาง และระยะไกล เช่น การวิ่งตั้งแต่ 800 เมตรขึ้นไป การใช้ความเร็วในการวิ่งจะขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของความอดทน ระบบพลังงานที่ใช้ก็จะเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) และใช้ออกซิเจน (Aerobic) เป็นส่วนสำคัญ โดยเฉพาะการวิ่งระยะไกล เช่น การวิ่งมาราธอน ความเร็วของการวิ่งจะขึ้นอยู่กับความอดทน และระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic) มากกว่าระยะใด และเมื่อเพิ่มอัตราเร่งก่อนจะถึงเส้นชัยก็จะนำเอาพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) เข้ามาช่วย (พิชิต ภูติจันทร์, 2535)

การใช้พลังงานแบบออกซิเจน (Aerobic) และความอดทน รวมถึงความเร็วของการวิ่งระยะทางไกล ๆ เช่น การวิ่งมาราธอน ถ้าวิ่งครบตามระยะทางในการแข่งขัน ถือว่าเป็นความสามารถในการเคลื่อนไหวของร่างกายอย่างมีประสิทธิภาพอย่างแท้จริง แต่ทั้งนี้ ประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวก็อาจจะลดลงเรื่อย ๆ ตามระยะทาง หรือระยะเวลาการใช้งานของร่างกายที่ยาวนาน ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเคมีภายในร่างกายขึ้น คือ ความเมื่อย (Fatigue) ของกล้ามเนื้อ ทำให้การวิ่ง หรือการเคลื่อนไหวโดยรวมของร่างกายช้าลงในช่วงสุดท้ายก่อนเข้าเส้นชัย

ในขณะแข่งขันกีฬา หรือในการฝึกซ้อมกีฬา ความเมื่อยล้า (Fatigue) ที่เกิดขึ้นกับนักกีฬาจะเป็นขีดจำกัด ในการแสดงความสามารถของนักกีฬา (Charoonsrisawad, 2007)

ประทุม ม่วงมี (2527) กล่าวว่า ความเมื่อย (Fatigue) หมายถึง ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อ หรือกำลังในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าลดลง เนื่องจากการฝึกซ้อมกีฬา หรือการแข่งขันกีฬาที่มีความเข้มข้นสูงอย่างเต็มกำลัง

สำหรับกรีฑาประเภทลู่ที่อยู่ในระบบการใช้พลังงานแบบ ATP-PC และระบบกรดแลคติก คือ การวิ่งระยะ 400 เมตร เป็นการวิ่งที่ใช้ระยะเวลาไม่เกิน 1 นาที ในนักกรีฑาที่ถูกฝึกมาดีแล้ว หรือนักกรีฑาที่เริ่มวิ่งใหม่ ๆ แต่ไม่ว่าจะถูกฝึกมาดี อย่างไรก็ตาม โดยเฉพาะนักวิ่ง 400 เมตร ที่เริ่มต้นวิ่งใหม่ ๆ ปัญหาที่มักพบ ก็คือ การเกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะกลุ่ม นักกรีฑา

เยาวชน เมื่อวิ่งไปได้ประมาณ 300-350 เมตร จะสังเกตเห็นอาการของนักกรีฑาได้อย่างชัดเจน เช่น อัตราความเร็วลดลง การหายใจเร็วแรงขึ้น การเคลื่อนไหวแขนขาช้าลง ทั้งนี้ ก็เกิดจากการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อที่มีมากขึ้น และปริมาณของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อได้ลดน้อยลง นอกจากนั้น ความเมื่อยยังคงเนื่องมาจากการมีโลหิตไปหล่อเลี้ยงกล้ามเนื้อนั้นไม่เพียงพอ ทำให้ปริมาณของออกซิเจนที่ถูกนำไปน้อยตามไปด้วย ออกซิเจนจึงไม่สามารถป้องกันการสะสมของกรดแลคติกด้วยการนำเอากรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อได้ จึงไม่สามารถตอบสนองต่อระยะทางที่เหลือของการวิ่ง 400 เมตร ทำให้ประสิทธิภาพในการวิ่ง 400 เมตร ลดลง ตรงกับสนธยา สีละมาด (2548) ที่กล่าวว่า การทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนแต่ผลิตกรดแลคติก เมื่อมีการทำงานโดยที่กล้ามเนื้อได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอจะทำให้ร่างกายเข้าสู่สภาพของการเป็นหนี้ออกซิเจน (O_2Debt) และการสำรองพลังงานเพื่อให้นักกีฬา ทำงานต่อไปจะทำให้มีการผลิตกรดแลคติกขึ้น และเมื่ออัตราการผลิตมีมากกว่าอัตราการกำจัด จะทำให้กรดแลคติกมีการสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อมากขึ้น การประกอบกิจกรรมก็จะต้องหยุดลงพร้อมกับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ และการประกอบกิจกรรมในเที่ยวต่อไป จะไม่สามารถกระทำได้เหมือนเดิมจนกว่ากรดแลคติกจะถูกกำจัด และมีการใช้หนี้ออกซิเจนอย่างเพียงพอ จึงไม่ง่ายนัก และไม่ค่อยพบเห็นการวิ่งแข่งขัน 400 เมตร ได้สร้างสถิติใหม่ ๆ ขึ้นมาหรือทำลายสถิติเดิม ที่มีอยู่เหมือนกับการวิ่งระยะอื่น ๆ การที่สมรรถภาพของนักวิ่งระยะ 400 เมตร ลดถอยลง ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการวิ่งลดลง จึงเป็นปัญหาหลักที่จะทำการแข่งขันทั้งรอบคัดเลือก รอบรองชนะเลิศ และรอบชิงชนะเลิศได้ ดังนั้น ถ้าสามารถคงสมรรถภาพให้อยู่ได้ตลอดระยะทาง และด้วยหลักการฝึกทางวิทยาศาสตร์การกีฬา อีกทั้ง องค์ประกอบหลาย ๆ อย่าง รวมถึงการมีแผนการฝึกที่ดี และถูกต้องก็จะทำให้นักกรีฑามีสมรรถภาพร่างกายที่ดี มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ทั้งในเรื่องการฝึกซ้อม รวมถึงการแข่งขันด้วย

ในการฝึกซ้อมที่ถูกต้องตามหลักการฝึกซ้อมทางวิทยาศาสตร์การกีฬา เมื่อนักกีฬาทำการฝึกซ้อมก็จะมีความสามารถที่ใกล้เคียงกัน หรือเท่าเทียมกันได้เสมอ นักกรีฑาทุกคนสามารถที่จะพัฒนาทักษะ และเทคนิคให้อยู่ในระดับเดียวกันได้ และฝึกฝนตนเองให้มีความสามารถที่จะทำการแข่งขันอยู่ในระดับเดียวกันได้กับคนอื่น แต่สำหรับนักกรีฑาที่ได้รับการฝึกฝนที่ดีกว่า ก็จะได้เปรียบในการแข่งขันมากกว่า หรือเป็นผู้ที่มีโอกาสชนะมากกว่า ซึ่งทั้งนี้ ผู้ฝึกสอนจะต้องใช้ความรู้และความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา รวมถึงเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าขึ้น เพื่อที่จะได้ออกแบบ และสร้างโปรแกรมการฝึกซ้อมอย่างถูกต้อง เช่น การฝึกแบบฟาร์ทเลค หรือสปีดเพลย์ (Fartlek training) เป็นการวิ่งด้วยความเร็ว และระยะทางไม่คงที่ ในสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ใช้สำหรับฝึกความอดทน และเสริมสร้างสมรรถภาพ, การฝึกแบบวงจร (Circuit training) เป็นการฝึกประสานกันระหว่างประสาทกับกล้ามเนื้อ และฝึกความอดทน โดยจัดเป็นสถานี (Station)

ในแต่ละสถานีอาจมีกิจกรรมต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์, การฝึกแบบมาราธอน (Marathon training) จะเน้นปริมาณของการฝึกให้มีระยะทางยิ่งมากยิ่งเป็นสิ่งที่ดี, การฝึกสปรินท์ (Sprint training) เป็นการฝึกที่ความเข้มข้นสูงสุด ความเร็วสูงสุด รวมไปถึงการฝึกด้วยน้ำหนัก (Weight training) เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะของร่างกายนักกีฬาให้มีความพร้อม และสมบูรณ์มากที่สุดในการแข่งขัน และนอกจากนี้ ยังมีการฝึกแบบอินเทอร์วาล (Interval training) ซึ่งเป็นการฝึกแบบกำหนดความหนักของงานจากระยะทาง มีการวิ่งซ้ำ ๆ หลาย ๆ รอบ มีช่วงพัก และมีกิจกรรมระหว่างการพัก ซึ่งเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน อีกทั้งมีการทดลอง และวิจัยกันอย่างมากมาย เพราะเชื่อกันว่าการฝึกแบบอินเทอร์วาล จะส่งผลดีต่อการทำงานของร่างกายนักกีฬา

ประทุม ม่วงมี (2532) กล่าวว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลมีข้อได้เปรียบจากการฝึกหลายประการเมื่อเทียบกับการฝึกแบบอื่น ๆ คือ การฝึกแบบอินเทอร์วาลทำให้สภาพร่างกายได้มีโอกาสพัฒนาระบบการสร้าง และการใช้พลังงานที่เหมาะสมกับประเภทกีฬานั้น ๆ หรือเฉพาะกีฬานั้น ๆ ได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ รูปแบบการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่มีช่วงการพัก ยังทำให้ร่างกายได้พักการใช้งาน ส่งผลให้มีการเพิ่มเติมพลังงาน และขจัดของเสีย คือ กรดแลคติกในกล้ามเนื้อ ตลอดจนความร้อนที่เกิดจากกิจกรรมในการฝึก หรือการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเข้าสู่การไหลเวียนของโลหิต เป็นการลดความเหนื่อย และการชะลอจุดแห่งความล้า ทำให้ร่างกายของนักกีฬา หรือผู้ที่ออกกำลังกายทำงานได้มากขึ้น มีความอดทนมากขึ้น การฝึกแบบอินเทอร์วาลจึงมีข้อดีหลาย ๆ ประการเมื่อเทียบกับการฝึกแบบอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งก็สอดคล้องกับเจริญ กระบวนรัตน์ (2545) ที่กล่าวว่า การฝึกแบบหนักสลับเบา (Interval training) เป็นระบบการฝึกอีกรูปแบบหนึ่งที่มีส่วนช่วยในการพัฒนาเสริมสร้างกำลัง ความอดทน และความเร็วให้คงสภาพ และมีการต่อเนื่องได้นานกว่าปกติ รวมถึงมีการวิจัยมากมาย ทั้งในประเทศ และต่างประเทศที่ค้นพบถึงประโยชน์ของการฝึกอินเทอร์วาล เช่น งานวิจัยของ Burgomaster, Hughes, Heigenhauser, Bradwell and Gibala (2005) พบว่า การฝึกอินเทอร์วาลด้วยความเร็วในระยะสั้น (ประมาณ 15 นาที ของความเข้มข้นในการฝึกมากกว่า 2 สัปดาห์) ทำให้ศักยภาพการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นของกล้ามเนื้อ และความอดทนมีมากขึ้นเนื่องด้วยความสามารถในการใช้ออกซิเจนมีประสิทธิภาพมากขึ้น หรืองานวิจัยของ Macpherson and Weston (2014) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเร็วปริมาณต่ำ ที่มีต่อการพัฒนา และการรักษาความสมบูรณ์ของสมรรถภาพระบบแอโรบิก ในนักกีฬาฟุตบอล ซึ่งก็พบว่าการฝึกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเร็วปริมาณต่ำจากสองสัปดาห์ ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max) เล็กน้อยในนักกีฬาฟุตบอล แต่ถ้าหากมีการฝึกแบบอินเทอร์วาลอย่างสม่ำเสมอก็ทำให้มีการเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนา และการรักษาสมรรถภาพที่ตามมาภายหลังของระบบพลังงานแบบแอโรบิก ในนักกีฬาฟุตบอล เป็นต้น

จากข้อมูลที่ดังกล่าวมาข้างต้น ทำให้เห็นข้อดี และความสำคัญของการฝึกแบบอินเทอร์วาล ที่จะช่วยพัฒนาระบบการสร้าง รวมถึงการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะในทางสรีรวิทยาการเพิ่มขึ้นของพลังงานแบบแอโรบิก คือ ทำให้การนำเอากรดแลคติกที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อออกจากร่างกายได้มากขึ้น การยืนระยะในการฝึกซ้อม หรือแข่งขันจึงมีความอดทนมากขึ้น และนอกจากนี้ การฝึกอินเทอร์วาลยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพลังงานแบบแอนแอโรบิกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อที่ดีขึ้น สามารถรักษาระดับความหนักของการฝึกซ้อม หรือแข่งขัน ภายใต้สภาพความเป็นกรดสูงได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งก็จะสามารถพัฒนาประสิทธิภาพในการฝึก หรือแข่งขันในระยะทาง 400 เมตร ได้ แต่ทั้งนี้ การฝึกทั้งสองรูปแบบมีความแตกต่างกัน ผลที่ได้แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษารูปแบบการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก และแบบแอโรบิก โดยนำเอาการฝึกทั้งสองรูปแบบมาผสมผสาน มาเปรียบเทียบกันว่าจะส่งผลอย่างไรต่อตัวแปรเชิงแอนแอโรบิก แอนแอโรบิกเทรชโฮล ความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไป กรดแลคติกในเลือด และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

คำถามการวิจัย

เมื่อทำการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน จะส่งผลต่อตัวแปรความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ แอนแอโรบิกเทรชโฮล สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก กรดแลคติกในเลือด และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร หรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ในระยะเวลา 8 สัปดาห์ ที่มีต่อตัวแปรความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ แอนแอโรบิกเทรชโฮล สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก กรดแลคติกในเลือด และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test)

2. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ แอนแอโรบิกเทรชโฮล สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก กรดแลคติกในเลือด และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ในระยะเวลาการฝึก 8 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test)

สมมุติฐานการวิจัย

1. การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน ส่งผลให้ระดับความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ แอนแอโรบิกเทรชโฮล สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก กรดแลคติกในเลือด และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร สูงกว่าการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก และการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก ในระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test)

2. การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ส่งผลให้ระดับความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ แอนแอโรบิกเทรชโฮล สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก กรดแลคติกในเลือด และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น ทั้งในระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test)

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงผลของการฝึกโปรแกรมทั้ง 3 รูปแบบ ที่มีต่อสมรรถภาพทางกายของนักกรีฑาในตัวแปรทั้ง 5 ตัวแปร คือ ระดับความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ แอนแอโรบิกเทรชโฮล สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก กรดแลคติกในเลือด และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ในแต่ละช่วงเวลาของการฝึก

2. ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้สำหรับการออกแบบโปรแกรมการฝึกในรูปแบบอินเทอร์วาล ที่มีประสิทธิภาพ สำหรับการพัฒนาสมรรถภาพทางกายในการฝึกซ้อมของนักกรีฑาระยะทาง 400 เมตร

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

นักเรียนชายทั้งหมด 340 คน ที่มีอายุ 15 ปี ของโรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ลำพูน ในจำนวนนี้จะทำการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยวิธีการคัดเลือก และอาสาสมัครทำการคัดเลือกตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยเกณฑ์ในการคัดเลือก คือ เป็นผู้ที่มีสุขภาพร่างกายสมบูรณ์ผ่านการตรวจโดยแพทย์ พร้อมทั้งมีใบรับรองแพทย์, ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บใด ๆ ที่จะเป็นอุปสรรคในการทำวิจัย, ไม่มีโรคประจำตัว, ได้รับอนุญาตจากผู้ปกครองในการเข้าร่วมการวิจัยเป็นลายลักษณ์อักษร, ยินยอมให้ทำการเจาะเลือดบริเวณหูด้วยความลึก 0.1 มิลลิเมตร, ไม่อยู่ในช่วงทำการฝึกซ้อม และแข่งขันกีฬาใด ๆ เมื่อทำการคัดเลือกแล้วมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ก็จะเป็นจำนวนประชากรในการวิจัยครั้งนี้ จำนวนที่สุ่มได้มานี้ จะถูกทดสอบโดยให้วิ่งในระยะทาง 400 เมตร โดยใช้กฎกติกาการจับเวลาในข้อที่ 18 ของสหพันธ์กรีฑานานาชาติ (IAAF) คือ เมื่อทำการ

จับเวลาด้วยนาฬิกาที่ใช้มือจับ ให้ใช้นาฬิกาจำนวน 3 เรือน โดยกติการะบุไว้ คือ ถ้านาฬิกา 2 ใน 3 เรือน ตรงกัน เรือนที่ 3 ไม่ตรง เวลาที่ได้จากนาฬิกาที่ตรงกันทั้ง 2 เรือน จะถือว่าเป็นเวลาอย่างเป็นทางการ ถ้านาฬิกาทั้ง 3 เรือน ไม่ตรงกันเลย เวลากลางจะเป็นเวลาอย่างเป็นทางการ เป็นสถิติที่ใช้บันทึกผลการทดสอบในการวิจัยครั้งนี้ จากนั้นจะทำการคัดเลือกผู้ที่ทำสถิติในการวิ่งดีที่สุด 30 คนแรก มาเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ ขั้นต่อไปทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้วิธีเรียงลำดับแบบจัดเข้ากลุ่ม (Randomly assignment) ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม A ประกอบด้วย ผู้มีสถิติในการวิ่งลำดับที่ 1, 6, 7, 12, 13, 18, 19, 24, 25, และ 30

กลุ่ม B ประกอบด้วย ผู้มีสถิติในการวิ่งลำดับที่ 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, และ 29

กลุ่ม C ประกอบด้วย ผู้มีสถิติในการวิ่งลำดับที่ 3, 4, 9, 10, 15, 16, 21, 22, 27, และ 28

ต่อจากนั้น ทำการจับฉลาก (Random treatments) อีกครั้ง เพื่อเข้ากลุ่มฝึกทั้งสามกลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic interval training)

กลุ่มที่ 2 ฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก (Aerobic interval training)

กลุ่มที่ 3 ฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน (Combination interval training)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 การหาค่าความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max) ด้วยการใช้แบบทดสอบ Multistage fitness test or beep test ในการทดสอบ

2.2 การหาค่าสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ใช้แบบทดสอบของวินเกท (Wingate anaerobic test) ด้วยจักรยานวัดงานโมนาร์ค 828 อี ผลิตโดยประเทศสวีเดน

2.3 การหาค่าแอนแอโรบิกเทรชโฮล ใช้แบบทดสอบของคอนโคนี (Conconi test) ด้วยเครื่องมือลู่วิ่งกล (Treadmill) ยี่ห้อ H/P Cosmos ผลิตโดยประเทศอิตาลี

2.4 การหาความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ใช้นาฬิกาจับเวลา Casio Stopwatch รุ่น HS-80TW จำนวน 3 เรือน ตามกฎกติกากรีฑา ข้อที่ 18 ว่าด้วยการจับเวลา

2.5 การหากรดแลคติกในเลือด ใช้เครื่องวิเคราะห์แลคเตทในเลือด (Blood lactate analyzer) รุ่น Lactate Scout และแผ่นตรวจวัดแลคเตท (Lactate strip) ผลิตโดยประเทศเยอรมัน

2.6 ใช้เครื่องมือวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย ยี่ห้อ Polar รุ่น FT 4 M ผลิตโดยประเทศฟินแลนด์

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรทดลอง คือ รูปแบบการฝึกแบบอินเทอร์วาล 3 รูปแบบ ได้แก่

3.1.1 โปรแกรมการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic interval training) ทำการฝึกในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ โดยฝึกบนลู่วิ่งยางสังเคราะห์

3.1.2 โปรแกรมการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก (Aerobic interval training) ทำการฝึกในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ โดยฝึกบนลู่วิ่งยางสังเคราะห์

3.1.3 โปรแกรมการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน (Combination interval training) ทำการฝึกในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ โดยฝึกบนลู่วิ่งยางสังเคราะห์

3.2 ตัวแปรตาม ประกอบด้วย 5 ตัวแปร ได้แก่

3.2.1 ความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max)

3.2.2 แอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold)

3.2.3 สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic performance)

3.2.4 กรดแลคติกในเลือด (Blood lactate)

3.2.5 ความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

ข้อจำกัดของการวิจัย

ในการวิจัย ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมเรื่องของการพักผ่อนนอนหลับ การรับประทานอาหาร การใช้ยาขณะเจ็บป่วย แต่ผู้วิจัยได้ชี้แจง และขอความร่วมมือกับกลุ่มตัวอย่างในการปฏิบัติตนให้เป็นไปตามธรรมชาติมากที่สุด และเข้าใจตรงกันระหว่างที่เข้าร่วมการทดลอง อย่างถูกต้องตามการวิจัยที่กำหนด

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การฝึกแบบอินเทอร์วาล (ซึ่งบางครั้งก็เรียกว่า Interval work หรือ Interval exercise) หมายถึง การฝึกเพื่อพัฒนาความอดทนของระบบหัวใจ และการไหลเวียนโลหิต โดยกำหนดความหนักของงานจากระยะทาง มีการวิ่งซ้ำ ๆ หลาย ๆ รอบ มีช่วงพัก และมีกิจกรรมระหว่างการพักด้วยการเดิน ออกกำลังกายเบา ๆ หรือจ๊อกเบา ๆ (ประทุม ม่วงมี, 2532)

2. การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic interval training program) หมายถึง โปรแกรมที่ใช้ฝึกในการวิจัยครั้งนี้ โดยประยุกต์ใช้จากตารางแนวการสร้างโปรแกรมการฝึกแบบอินเทอร์วาล พิจารณาจากระยะทางการฝึกเป็นหลัก ของ Fox and Mathews (1981 อ้างถึงในประทุม ม่วงมี, 2527) มาเขียนเป็นโปรแกรมในการฝึกซ้อม ซึ่งใช้ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก คือใช้เวลาในการออกกำลังกายมากกว่า 15 วินาที แต่ไม่เกิน 2 นาที กำหนดระยะทาง เวลาในการฝึก เวลาในการพัก และกิจกรรมระหว่างพักที่แตกต่างกัน โดยโปรแกรมนี้ได้ผ่านการทดลองใช้ในการฝึก และผ่านการรับรองจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

3. การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก (Aerobic interval training) หมายถึง โปรแกรมที่ใช้ฝึกในการวิจัยครั้งนี้ โดยประยุกต์ใช้จากตารางแนวการสร้างโปรแกรมการฝึกแบบอินเทอร์วาล พิจารณาจากระยะทางการฝึกเป็นหลักของ Fox and Mathews (1981 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี, 2527) มาเขียนเป็นโปรแกรมในการฝึกซ้อม ซึ่งใช้ระบบพลังงานแบบแอโรบิก คือ ใช้เวลาในการออกกำลังกายมากกว่า 2 นาที ขึ้นไป กำหนดระยะทาง เวลาในการฝึก เวลาในการพัก และกิจกรรมระหว่างพักที่แตกต่างกัน โดยโปรแกรมนี้ได้ผ่านการทดลองใช้ในการฝึก และผ่านการรับรองจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

4. การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสานกัน หมายถึง โปรแกรมที่ใช้ฝึกในการวิจัยครั้งนี้ โดยประยุกต์ใช้จากตารางแนวการสร้างโปรแกรมการฝึกแบบอินเทอร์วาล พิจารณาจากระยะทางการฝึกเป็นหลักของ Fox and Mathews (1981 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี, 2527) มาเขียนเป็นโปรแกรมในการฝึกซ้อม ใช้ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก กับแบบแอโรบิก มาผสมผสานกัน กำหนดระยะทาง เวลาในการฝึก เวลาในการพัก และกิจกรรมระหว่างพักที่แตกต่างกัน โดยโปรแกรมนี้ได้ผ่านการทดลองใช้ในการฝึก และผ่านการรับรองจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

5. ความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max) หมายถึง ปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที มีหน่วยเป็น ml/ kg^{-1}/ min^{-1} ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ Multistage fitness test ในการทดสอบ

6. แอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold) หมายถึง จุดซึ่งพลังงานที่ได้มาโดยทาง Aerobic นั้นไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกายจำเป็นต้องสร้างพลังงานแบบ Anaerobic เข้าเสริมซึ่งจะทำให้ปริมาณของกรดแลคติกเพิ่มสูงขึ้น หรือจุดที่ระดับความหนักในการออกกำลังกายทำให้ปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนสำหรับการสร้างพลังงานแบบแอโรบิก มีมากกว่าปริมาณที่ร่างกายได้รับ ร่างกายจึงต้องใช้กลไกการสร้างพลังงานเชิงแอนแอโรบิกมาช่วยเสริม เป็นเหตุให้มีการสะสมกรดแลคติกภายในร่างกาย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้การทดสอบของคอนโคนี (Conconi test) ด้วยเครื่องมือลู่วิ่งกล (Treadmill) ยี่ห้อ H/P Cosmos ผลิตโดยประเทศอิตาลี

7. สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic performance) หมายถึง สมรรถภาพในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะ ในขบวนการที่เรียกว่าเมตตาบอลิซึมในกล้ามเนื้อ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การทดสอบของวินเกต (Wingate anaerobic test) เพื่อหาค่าของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Power) และสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

8. กรดแลคติก หมายถึง ของเสียที่เกิดจากขบวนการ Anaerobic metabolism หรือการหายใจ (การเผาผลาญพลังงาน) ที่ไม่ใช้ออกซิเจน เช่น การออกกำลังกาย หรือทำงานหนัก จะทำให้

เกิดกรดแลคติก ซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อล้า แต่เมื่อพัก กรดแลคติกจะถูกเผาผลาญให้พลังงานต่ออีกด้วยขบวนการ Aerobic metabolism หรือการใช้ออกซิเจนเหมือนในภาวะปกตินั่นเอง เมื่อกล้ามเนื้อได้พักจะเมื่อยล้าลดลง เล่นต่อไปได้อีก (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์, 2536)

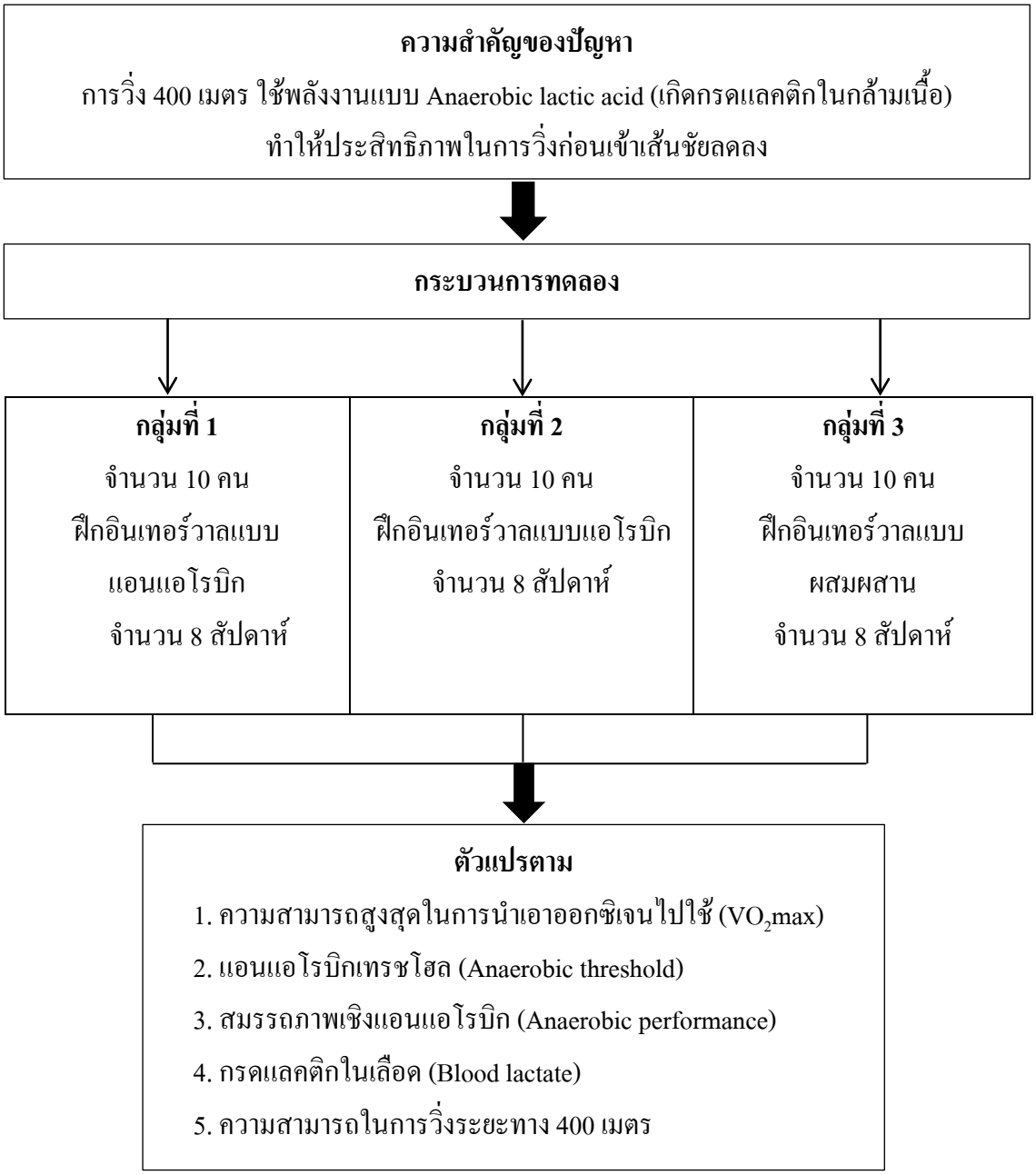
ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือด (Blood lactate analyzer) รุ่น Lactate Scout และแผ่นตรวจวัดแลคเตท (Lactate strip) ในการหาค่ากรดแลคติกในเลือด

9. การวิ่งระยะทาง 400 เมตร หมายถึง การวิ่งที่ต้องใช้ความรุนแรงในการวิ่งอย่างเต็มที่ตลอดระยะทาง 400 เมตร ซึ่งใช้เวลา ไม่เกิน 1-2 นาที ในทางสรีรวิทยา การวิ่งด้วยความเร็วเต็มที่ไม่เกิน 1-2 นาที นี้ จะก่อให้เกิดการเผาผลาญพลังงานที่ไม่สมบูรณ์ เป็นพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีในการสันดาปสารอาหารโดยไม่ใช้ออกซิเจน จะเกิดกรดแลคติก (Lactic acid) ในกล้ามเนื้อและในเลือด ซึ่งงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำเอาการวิ่ง 400 เมตร มาใช้เป็นเครื่องมือในการทดสอบ เพราะการวิจัยในครั้งนี้ กิจกรรมของโปรแกรมการฝึกอินเทอร์วาลเป็นแบบ ATP-PC ร่วมกับ Lactic acid system อยู่ในโซนที่ 2 เวลาที่ใช้ในการประกอบกิจกรรม 30-90 วินาที ซึ่งเหมือนกับกิจกรรมการว่ายน้ำ 50 เมตร, 100 เมตร และจักรยาน 1,000 เมตร (ประทุม ม่วงมี, 2527)

10. นาฬิกาจับเวลา Casio Stopwatch รุ่น HS-80TW หมายถึง อุปกรณ์จับเวลา ใช้สำหรับจับเวลานักกรีฑา เริ่มจากการปล่อยตัวออกสตาร์ทด้วยการยิงปืน เมื่อแสงออกจากปลายปืน ผู้จับเวลาก็ทำการกดปุ่ม Start ให้เวลาเดินตามระบบเพื่อทำการจับเวลา และเมื่อนักกรีฑาวิ่งผ่านเส้นชัย ผู้จับเวลาก็จะกดปุ่ม Stop เพื่อหยุดเวลา โดยยึดเอาตำแหน่งหน้าอกของนักกรีฑา ที่เข้าเส้นชัยตามกติกาเป็นหลัก และประมวลผลในกติกากรีฑาข้อที่ 18 ระบุไว้ว่าเมื่อทำการจับเวลาด้วยนาฬิกาที่ใช้มือจับ ให้ใช้นาฬิกาจำนวน 3 เรือน โดยกติกาแจ้งไว้ดังนี้ ถ้านาฬิกา 2 ใน 3 เรือน ตรงกัน เรือนที่ 3 ไม่ตรง เวลาที่ได้จากนาฬิกาที่ตรงกันทั้ง 2 เรือน จะถือว่าเป็นเวลาอย่างเป็นทางการ ถ้านาฬิกาทั้ง 3 เรือน ไม่ตรงกันเลย เวลากลางจะเป็นเวลาอย่างเป็นทางการ เป็นสถิติที่ใช้บันทึกผลการทดสอบในการวิจัยครั้งนี้ (กฎกติกาการแข่งขันกรีฑา, ม.ป.ป.)

11. กลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัยครั้งนี้ หมายถึง นักเรียนชายโรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ ลำพูน ที่มีสุขภาพดี (ผ่านการตรวจร่างกายโดยแพทย์) ไม่อยู่ในระหว่างการฝึกซ้อม หรือแข่งขันกีฬาชนิดใด อายุระหว่าง 15 ปี เพศชาย จำนวน 30 คน ลักษณะกลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ทำการวิจัยนี้สะดวกในการเก็บข้อมูล อีกทั้ง มีกลุ่มตัวอย่างที่มากเพียงพอ กับการเก็บข้อมูลในการวิจัย เนื่องด้วยเพราะผู้วิจัยได้ทำงานเป็นครูสอนประจำอยู่โรงเรียนแห่งนี้

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2
เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การฝึกอินเทอร์วาล (Interval training)
   1.1 แบบแอนแอโรบิก (Anaerobic training)
   1.2 แบบแอโรบิก (Aerobic training)
   1.3 แบบผสมผสาน (Combination training)
2. ตัวแปรเชิงแอนแอโรบิก
   2.1 สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic performance)
3. แอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold)
4. กรดแลคติกในเลือด (Blood lactate)
5. ตัวแปรเชิงแอโรบิก ได้แก่ความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max)
6. ความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

เป้าหมายของการฝึกซ้อม (Targeted training)

ระบบพลังงานที่ใช้ในการฝึกซ้อม และทำการแข่งขัน หรือการออกกำลังกาย มีอยู่ด้วยกัน 3 ระบบ คือ ระบบ ATP-PC หรือระบบฟอสเฟส (Phosphate) ระบบแลคติก (Lactic) และระบบออกซิเจน (Oxygen) การที่ผู้ฝึกสอน และนักกรีฑามีความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของระบบพลังงานในร่างกาย และสามารถประยุกต์ใช้ในการวางแผนฝึกซ้อมได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพจะช่วยส่งผลให้การฝึกซ้อม และการแข่งขันมีโอกาสประสบผลสำเร็จสูง ในการฝึกซ้อมกรีฑายังมีวิธีการฝึกซ้อมที่เฉพาะเจาะจง (Specific training) อีก เช่น การฝึกซ้อมแบบวิ่งมาราธอนจะแตกต่างจากกับนักวิ่งระยะสั้น การวางแผนฝึกซ้อมสำหรับการวิ่งมาราธอนจึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน ส่วนนักวิ่งระยะสั้นจะวางแผนพัฒนาระบบ ATP-PC หรือระบบฟอสเฟส (Phosphate) เพื่อเพิ่มปริมาณฟอสเฟส (Phosphate) ในกล้ามเนื้อของนักกรีฑา ขณะที่นักวิ่งระยะกลาง จะต้องวางแผนพัฒนาระบบพลังงานทั้ง 3 ระบบ และต้องเรียนรู้การลดกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ รวมถึงความล้าที่เกิดขึ้นจากการฝึกซ้อม นักวิ่ง 400 เมตร 800 เมตร และ 1,500 เมตร

จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาความสามารถในการทำงาน ทั้งระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic) และระบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) อย่างเต็มที่ (Sharkey & Gaskill, 2006)

การฝึกแบบอินเทอร์วาล (Interval training)

จากการแข่งขันกีฬาในรายการต่าง ๆ สถิติจากรายการแข่งขันได้ถูกทำลายลงหลาย ๆ รายการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกีฬาที่อาศัยความเร็วเป็นเกณฑ์ในการตัดสิน มีการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้กันอย่างจริงจัง รวมทั้งด้านสรีรวิทยาที่ต้องใช้สัดส่วนของร่างกายที่เหมาะสมกับประเภทของกีฬา นำหลักทางวิทยาศาสตร์ของการเคลื่อนไหวมาใช้ในการฝึก เพื่อให้เคลื่อนไหวในรูปแบบที่เรียกว่าการได้เปรียบเชิงกล คือมีทักษะสูง มีสมรรถภาพร่างกายพร้อมที่จะทำการแข่งขันมากที่สุด รูปแบบในการฝึกมีหลากหลายด้วยกัน ในการวิจัยนี้การฝึกแบบอินเทอร์วาล ก็เป็นอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งในปัจจุบันนี้มีการนำไปประยุกต์ใช้กันมากทั่วโลก เพื่อที่จะพัฒนาร่างกายของนักกีฬาให้มีสมรรถภาพร่างกายพร้อมที่สุดในการแข่งขัน

ประทุม ม่วงมี (2527) กล่าวว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลเป็นระบบของการพัฒนา หรือรักษาสมรรถภาพ (Conditioning) และการฝึก (Training) ที่ประกอบด้วยการฝึกที่เป็นชุด (ยก) สลับกับช่วงเวลาของการพัก ซึ่งช่วงเวลาของการพักมักมีการออกกำลังกายแบบเบา ๆ เช่น การเดิน หรือการจ๊อกเบา ๆ นอกจากนี้ Dr. James Counsilman ศาสตราจารย์สาขาวิชาพลศึกษา และโค้ชว่ายน้ำทีมมหาวิทยาลัย อินเดียน่า ผู้ซึ่งเป็นที่รู้จักกันกว้างขวางในหมู่คนว่ายน้ำทั่วโลก ได้เขียนประวัติของการฝึกแบบอินเทอร์วาลไว้ในหนังสือ “The science swimming” มีใจความพอสรุปได้ว่านักกีฬาคนแรกที่ใช้การฝึกซ้อมแบบอินเทอร์วาล จนทำให้เขาประสบความสำเร็จสูงสุด คือ Rudolf Harbig ซึ่งได้สร้างสถิติโลกของการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ด้วยเวลา 0:46 วินาที (ซึ่งในขณะนั้น ค.ศ. 1939 สมัย ก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 เป็นเวลาที่เหมือนกับเป็นความฝัน) ผู้ที่ค้นคิดวิธีการฝึกแบบนั้นให้กับ Rudolf Harbig ได้แก่ โค้ชของเขาชื่อ Woldemar Gerschler โดย Gerschler เรียกการฝึกแบบนี้ (ซึ่งพัฒนามาเป็นการฝึกแบบอินเทอร์วาลในปัจจุบัน) ว่า “Controlled interval method” โดยสิ่งที่มีการ “Controlled” หรือ “ถูกกำหนด” ในการฝึกคือระยะทาง (Distance) ช่วงเวลา (Interval) จำนวนเที่ยว (Repetition) จำนวนรอบ (Time) หรือปัจจุบันนิยมเรียกว่าจำนวนยก (Set) ซึ่งเขียนเป็นคำย่อว่า “DIRT” อย่างไรก็ดี วิธีการฝึกแบบนี้ไม่สู้จะแพร่หลายนักในระยะแรก จนกระทั่งเวลาผ่านมาอีก 13 ปี หลังจากนั้น และด้วยวิธีการฝึกแบบเดิมศิษย์เอกของ Gerschler อีกคนหนึ่ง คือ Josey Barthel ก็คว้าเหรียญทอง ในการวิ่งระยะทางที่เชื่อกันว่า “วิ่งยากที่สุด” คือ 1,500 เมตร ในกีฬาโอลิมปิกเมื่อปี ค.ศ. 1952 ที่เฮลซิงกิ ด้วยความสำเร็จที่เกิดขึ้นซ้ำอีกเช่นนี้ ทำให้โค้ชกรีฑาทั่วโลกหันมาสนใจการฝึกแบบนี้กันมาก จากนั้นเป็นต้นมาโลกก็มีนักกรีฑาเด่น ๆ ขึ้นมาอีกหลายคน สถิติ

ต่าง ๆ ก็ถูกทำลายเรื่อยมา การฝึกในรูปแบบอินเทอร์วาลนี้ จึงกลายมาเป็นสิ่งที่อาจจะต้องเรียกว่า “ต้องมี” ในการฝึกนักกรีฑาทั่วโลก และในปัจจุบันการฝึกแบบอินเทอร์วาล ไม่ได้ถูกนำไปใช้ ในการฝึกซ้อมแต่เพียงกรีฑาเท่านั้น แต่สามารถใช้ได้ในนักกีฬาเกือบทุกประเภท

การฝึก Interval training ในอดีตสามารถพัฒนาการวิ่ง ระยะทาง 1 ไมล์ (1,600 เมตร) ได้ ซึ่งลบคำพูดที่บอกว่ามนุษย์ไม่สามารถวิ่งได้ด้วยเวลาต่ำกว่า 4 นาที และถ้าหากมีใครทำได้ก็คงจะมี ชื่อเสียงไปทั่วโลก ซึ่ง Roger Bannister จากอังกฤษก็สามารถวิ่งระยะทาง 1 ไมล์ ด้วยเวลา 4 นาที ได้เป็นคนแรกของโลกด้วย นอกจากนั้น วิธีการฝึกของยอดนักวิ่งระยะทางกลางของโลก 2 คน ซึ่ง อยู่คนละทวีป คือ Peter Snell แห่งนิวซีแลนด์ และ Jim Pyan แห่งสหรัฐได้พิสูจน์ให้เห็นว่าการฝึก หนักที่มีแบบแผนจะนำนักกีฬาเข้าสู่เส้นชัย ด้วยสถิติที่ใกล้เคียง หรือทำลายสถิติโลกได้

การฝึกแบบอินเทอร์วาล (Interval training) นับเป็นระบบการฝึกอีกรูปแบบหนึ่งที่มี ส่วนช่วยในการพัฒนาเสริมสร้างกำลัง ความอดทน และความเร็วให้คงสภาพอย่างต่อเนื่องได้นาน กว่าปกติ หรือในอีกความหมายหนึ่งอาจจะเรียกระบบการฝึกนี้ว่าการฝึกแบบกระทำซ้ำ (Repetition training) ซึ่งมีรูปแบบการฝึกไม่แตกต่างกันนัก ขึ้นอยู่กับการเน้นจุดมุ่งหมาย และความหนักเบาของ การฝึกซ้อมที่ผู้ฝึกสอนกีฬาต้องการมุ่งเน้นให้เกิดการพัฒนาการทางด้านใดแก่นักกีฬามากน้อย เพียงใด หากเป็นการฝึกสำหรับนักกรีฑาระยะสั้น ระยะทางที่ใช้ในการฝึกซ้อมอาจเริ่มจากระยะ 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120 และ 150 เมตร ซึ่งเป็นการฝึกที่มุ่งเน้นความเร็ว และในบางครั้ง จำเป็น ต้องฝึกความเร็วแบบอดทนโดยใช้ระยะทาง 200, 250, 300, 350, 400, 450 และ 500 เมตร รวมอยู่บ้างเป็นครั้งคราว สำหรับนักวิ่งระยะกลาง และระยะไกล การกำหนดระยะทางในการฝึก อาจเริ่มจากระยะ 100, 200, 300, 400, 600 และ 800 เมตร เพื่อมุ่งเน้นความเร็วแบบอดทน และ ในบางโอกาสอาจจะต้องเพิ่มระยะทางการฝึกขึ้นไปถึงระยะ 1,000-1,200 เมตร เพื่อฝึกเน้นด้าน ความอดทนเฉพาะประเภทกีฬาให้กับนักกีฬา นอกเหนือไปจากการวิ่งทางไกลที่ฝึกซ้อมเพื่อสร้าง พื้นฐานความอดทนอยู่เป็นประจำ และในกรณีที่นักกีฬาบางคนขาดความเร็วต้น หรือความเร็วช่วง สุดท้ายไม่ดี ควรมีการฝึกเพิ่มเติมในระยะทางสั้น ๆ เช่น 30, 40, 50, 60, และ 80 เมตร เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การกำหนด หรือการจัดเตรียมโปรแกรมการฝึกซ้อมเพื่อให้บังเกิดผลดีนั้น จะต้อง พิจารณาให้เหมาะสมกับสภาพร่างกาย และความพร้อมของนักกีฬาเป็นสำคัญ (เจริญ กระบวนรัตน์, 2545)

การฝึกแบบอินเทอร์วาล มีข้อได้เปรียบการฝึกแบบติดต่อกัน หรือดีกว่าการฝึกแบบอื่น ๆ ตรงที่ว่าการฝึกแบบอินเทอร์วาล ทำให้ร่างกายได้มีโอกาสพัฒนาระบบการสร้าง และใช้พลังงาน ที่เหมาะสมกับประเภทกีฬาได้อย่างเต็มที่ นอกจากนั้น การฝึกแบบอินเทอร์วาลยังให้โอกาสร่างกาย ได้พักเพื่อเติมพลัง และขจัดของเสีย ตลอดจนความร้อนออกจากกล้ามเนื้อเข้าสู่ระบบการไหลเวียน

เป็นการลดความเมื่อย ชะลอจุดแห่งความล้า และผลก็คือทำให้ร่างกายทำงานได้มากขึ้น ทนขึ้น เช่น งานวิจัยของ Dalleck, Bushman, Crain, Gajda, Koger and Derksen (2010) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การตอบสนองความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ในการฝึกแบบอินเทอร์วาล และความสำคัญในการปรับปรุงให้ดีขึ้นของจุดเริ่มกรดแลคติก ผลการวิจัยพบว่า ในการฝึกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเข้มข้นสูงสามารถปรับปรุงจุดเริ่มต้นขบวนการเผาผลาญ และตอบสนองระหว่างความถี่ของช่วงเวลาการฝึก และการปรับปรุงจุดเริ่มกรดแลคติกที่ดีขึ้น ผลก็คือทำให้ร่างกายทำงานได้อดทนมากขึ้น และในการฝึกแต่ละครั้งนักกีฬาคนใดก็ตาม ที่ได้ฝึกร่างกายจนถึงขั้นที่ว่าร่างกายมีสมรรถนะในการทำงานได้มาก และยาวนาน ตลอดจนสร้างพลังงานสูงเหมาะกับประเภทกีฬาที่เราจะลงแข่งขันแล้ว ในเชิงสรีรวิทยาของการออกกำลังกายถือว่านักกีฬาคนดังกล่าวอยู่ในฐานะ “ได้เปรียบ”

การฝึกแบบอินเทอร์วาล จึงเป็นการฝึกที่สนับสนุนหลักการทางสรีรวิทยาเป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องการกับศึกษาของ Chalouppa (1972 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี, 2532) ที่กล่าวว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาล เป็นวิธีฝึกที่จะทำให้สมรรถนะการทำงาน และการสร้างพลังงานของร่างกายไม่ว่าจะเป็นเชิงแอโรบิก หรือแอนแอโรบิกดียิ่งขึ้น โดยใช้ระยะเวลาไม่นาน (ในช่วง 6-8 สัปดาห์) หากใช้วิธีการฝึกแบบอื่น ๆ และจะให้ได้ผลที่พอ ๆ กัน อาจต้องใช้เวลานานกว่า ซึ่งในปัจจุบันก็ได้มีการศึกษา และวิจัยกันมากมายที่บ่งบอกว่าการฝึกแบบอินเทอร์วาลก่อให้เกิดผลดี ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Siahkouhian, Khodadadi and Shahmoradi (2013) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเข้มข้นสูง ที่มีต่อดัชนีพลังงานแบบแอโรบิก และแอนแอโรบิกโดยเปรียบเทียบกับร่างกายที่ใช้งาน และร่างกายที่ไม่ได้ใช้งานในผู้ชาย มีวัตถุประสงค์ในการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเข้มข้นสูง ต่อความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2max), First ventilatory threshold (VT1) and second (VT2), เวลาในการวิ่ง 3,000 เมตร (3000-m RT), พลังสูงสุด Peak Power Output (PPO) และค่าเฉลี่ยของพลังสูงสุด ในผู้ชายที่ร่างกายใช้งาน และที่ร่างกายไม่ได้ใช้งาน ผลการศึกษาพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นในกลุ่มตัวอย่างที่ร่างกายไม่ได้ใช้งาน อย่างไรก็ตาม มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณที่มากในกลุ่มที่มีการใช้งานร่างกาย จึงเป็นข้อบ่งชี้ได้ว่าการฝึกซ้อมแบบอินเทอร์วาลก่อให้เกิดผลดีในการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Billat (2001) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการฝึกแบบอินเทอร์วาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย ซึ่งพบว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลทำให้ประสิทธิภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เพิ่มมากขึ้น ยังไปสอดคล้องกับงานวิจัยของมณินทร รักษ์บำรุง (2546) ที่พบว่า การฝึกแบบต่อเนื่องสลับกับการฝึกแบบอินเทอร์วาลควบคู่กัน นอกจากจะช่วยให้ค่า

ของการจับออกซิเจนสูงสุดของร่างกายก่อนการสะสมของกรดแลคติก (AT) และความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2max) เพิ่มขึ้นแล้วยังอาจจะช่วยลดการบาดเจ็บได้ด้วย

การฝึกในรูปแบบอินเทอร์วาล จะส่งผลต่อสรีรวิทยาหลายประการ ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) กล่าวว่า เกี่ยวกับความจำเพาะในการพัฒนาระบบพลังงานนั้น การออกกำลังกายแบบอินเทอร์วาล จะทำให้ได้ผลต่อเอทีพี และพีซี ที่ได้เก็บสะสมไว้ ถูกนำมาใช้อีก จึงเป็นตัวกระตุ้นที่เพียงพอที่จะช่วยเร่งความสามารถของระบบนี้ และจะช่วยประวิงเวลาการเมื่อยล้า โดยไม่ทำให้มีการสลายกลัยโคเจนแบบแอนแอโรบิกเกินไป อีกทั้ง เมื่อมีการปรับปรุงช่วงเวลา และชนิดของช่วงพัก จะทำให้การสลายกลัยโคเจนแบบแอนแอโรบิก เป็นไปได้เต็มที่ จึงสามารถได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น และการกำหนดให้ช่วงออกกำลังกายยาวขึ้น ให้กระทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง แต่ให้ช่วงพักนั้นสั้นลง จะเป็นการกระตุ้นระบบการขนส่งออกซิเจน จึงเป็นการช่วยพัฒนาระบบพลังงานแบบแอโรบิก ซึ่งตรงกับงานวิจัยของวิรัตน์ สนธิ์จันทร์ และประทุม ม่วงมี (2556) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่องผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลในระดับความหนักและระยะ เวลาต่างกันที่มีต่อความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ปริมาณฮีโมโกลบิน สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก และแอนแอโรบิกเทรชโฮล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก และระยะเวลาต่างกัน ที่มีต่อความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ปริมาณฮีโมโกลบิน สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก และแอนแอโรบิกเทรชโฮล ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 80-85 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 3 นาที สลับกับช่วงพัก 3 นาที สามารถพัฒนาค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ และค่าแอนแอโรบิกเทรชโฮลให้เพิ่มสูงขึ้นได้ และการฝึกแบบอินเทอร์วาลทั้ง 3 รูปแบบ ไม่ทำให้ค่าปริมาณฮีโมโกลบิน และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกเปลี่ยนแปลง จึงอาจเป็นแนวทางในการเลือกใช้รูป แบบการฝึกแบบอินเทอร์วาลในการพัฒนาสมรรถภาพด้านความอดทนที่เหมาะสมได้ นั่นก็หมายความว่าการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 80-85 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดสามารถพัฒนาค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ทำให้ออกซิเจนมีมากขึ้นในเลือด ซึ่งออกซิเจนก็ได้ทำหน้าที่ในการพาเอากรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อได้มากยิ่งขึ้น ปริมาณกรดแลคติกลดลง อัตราความเมื่อยล้าก็บรรเทาลง เนื่องด้วยการฝึกแบบอินเทอร์วาลทำให้ร่างกายได้มีโอกาสพัฒนาระบบการสร้าง และใช้พลังงานที่เหมาะสมกับประเภทกีฬาได้อย่างเต็มที่ ทั้งยังให้โอกาสร่างกายได้พักเพื่อเติมพลัง และขจัดของเสียนำเอาความร้อนออกจากกล้ามเนื้อเข้าสู่ระบบการไหลเวียน เป็นการลดความเมื่อย ชะลอจุดแห่งความล้า และผลก็คือ ทำให้ร่างกายทำงานได้อดทนมากขึ้น เช่น การศึกษาของ กิตตินนท์ จรูญศรีสวัสดิ์ (2543) ซึ่งได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการพัฒนาโปรแกรมการฝึกที่มีต่อจุดเริ่มล้าในนักกีฬาเซปักตะกร้อ

ประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลการพัฒนาโปรแกรมการฝึกที่มีต่อจุดเริ่มล้าด้วยการเปรียบ เทียบผลก่อน และหลังการฝึก โปรแกรมการฝึกจุดเริ่มล้าในนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทหญิงคู่ทีมชาติไทย ผลการวิจัยพบว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาล หรือการฝึกหนักสลับเบาส่งผลทำให้เกิดความล้าลดลง เนื่องด้วยเพราะปริมาณสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น ซึ่งในทางสรีรวิทยาเมื่อประสิทธิภาพของออกซิเจนมีมากขึ้นก็จะสามารถไปขจัดกรดแลคติกที่เป็นสาเหตุของความเมื่อยล้าได้ดีขึ้น หรือมากยิ่งขึ้นทำให้นักกีฬาสามารถฝึกซ้อมตระกร้อ หรือแข่งขันตระกร้อได้นานยิ่งขึ้นไปอีก นอกจากนี้ ยังมีการวิจัยนี้ที่คล้าย ๆ กัน คือ ผลของการพัฒนาโปรแกรมการฝึกที่มีต่อจุดเริ่มล้าในนักกีฬาเทนนิสชาย โดยการทำวิจัยของธัชนิติ วีระศิริวัฒน์ และเฉลิมชัย วัชราภรณ์ (2555) ได้นำเอาหลักการฝึกแบบอินเทอร์วาล หรือการฝึกแบบหนักสลับเบาไปใช้ในการวิจัย ซึ่งผลการวิจัยหลังเข้ารับการฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า จุดเริ่มล้ามีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจ ที่จุดเริ่มล้ามีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 16.09 เปอร์เซ็นต์ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 69.80 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่าผลการจากวิจัยด้วยการฝึกโปรแกรมแบบหนักสลับเบา หรือการฝึกแบบอินเทอร์วาล (Interval training) นี้ สามารถเพิ่มระดับความ สามารถของจุดเริ่มล้าในนักกีฬาเทนนิสชายมากขึ้น ทำให้ร่างกายเกิดความอ่อนล้าได้ช้า จึงเป็นข้อได้เปรียบในการฝึกซ้อม และการแข่งขันเทนนิส เนื่องด้วยเพราะกีฬาเทนนิสเป็นกีฬาที่ใช้ระยะเวลาในการแข่งขันนาน ๆ

1. การฝึกแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic raining)

การฝึกแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic training) คือการฝึกที่ทำแบบเต็มที่รุนแรงรวดเร็ว เช่น การวิ่งเร็ว 100 เมตร การยกน้ำหนัก การออกกำลังกายชนิดนี้จะทำได้ไม่นาน เพราะจะทำให้เกิดกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ ซึ่งทำให้เกิดการเมื่อยล้า การออกกำลังกายชนิดนี้มักใช้แป้งเท่านั้นเป็นพลังงาน ไม่ใช้ไขมัน การออกกำลังกายประเภทนี้ไม่ใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญพลังงาน

สนธยา สีละละมาด (2548) กล่าวว่า แอนแอโรบิก หมายถึง ปราศจากออกซิเจน การทำงาน หรือออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิก เป็นการทำงานที่ระดับความต้องการใช้ออกซิเจน และสารอาหารของร่างกายมีมากกว่าอัตราการสำรอง และที่ร่างกายมีเก็บสะสมไว้ การทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน สามารถแบ่งได้สองลักษณะ คือ 1) การสำรองพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนไม่เกิดกรดแลคติก (Alactic anaerobic pathway) เป็นการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนแต่ปราศจากการผลิตกรดแลคติก แต่ก็สามารถสำรองพลังงานที่ความพยายามสูงสุดได้นานเพียงเท่ากับปริมาณสารอาหารที่มีเก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อ คือ ประมาณ 6-8 วินาที และ 2) การสำรองพลังงานแบบ

ไม่ใช้ออกซิเจนเกิดกรดแลคติก (Lactic anaerobic pathway) เป็นการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่ผลิตกรดแลคติก เมื่อมีการทำงานโดยที่กล้ามเนื้อได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอจะทำให้ร่างกายเข้าสู่สภาพของการเป็นหนี้ออกซิเจน (O_2Debt) และการสำรองพลังงานเพื่อให้นักกีฬา ทำงานต่อไปจะทำให้มีการผลิตกรดแลคติกขึ้น และเมื่ออัตราการผลิตมีมากกว่าอัตราการกำจัดจะทำให้กรดแลคติกมีการสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ และการประกอบกิจกรรมก็จะต้องหยุดลงพร้อมกับความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ การประกอบกิจกรรมในเที่ยวต่อไปจะไม่สามารถกระทำได้เหมือนเดิมจนกว่ากรดแลคติกจะถูกกำจัด และมีการใช้หนี้ออกซิเจนอย่างเพียงพอ

ความอดทนแบบไม่ใช้ออกซิเจน ไม่ได้ขึ้นอยู่กับระบบที่ทำหน้าที่ขนส่งอาหาร และเคลื่อนย้ายของเสียโดยตรง แต่ขึ้นอยู่กับความสามารถของกล้ามเนื้อเป็นสำคัญ ในการที่จะหดตัวทำงานต้านกับแรงต้านทาน และความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้น ความอดทนแบบไม่ใช้ออกซิเจนสามารถแบ่งย่อยได้ดังต่อไปนี้

ไม่ใช้ออกซิเจนระยะสั้น (Short anaerobic) น้อยกว่า 25 วินาที

ไม่ใช้ออกซิเจนระยะกลาง (Medium anaerobic) 25-60 วินาที

ไม่ใช้ออกซิเจนระยะยาว (Long anaerobic) 60-120 วินาที

เจริญ กระบวนรัตน์ (2557) กล่าวว่า การฝึกแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic training) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ด้วยกัน คือ

1. การฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มกำลังความเร็ว เป็นการฝึก หรือการออกกำลังกายที่ใช้เวลา และระยะทางช่วงสั้น ๆ เช่น วิ่งระยะทาง 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 150 และ 200 เมตร เป็นต้น

2. การฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มศักยภาพความเร็วแบบอดทน เป็นการออกกำลังกายที่เกี่ยวข้องกับการฝึกความเร็วอดทนที่จำเป็นต้องใช้ในช่วงสุดท้ายของการแข่งขัน เช่น การเร่งความเร็วสู่เส้นชัยในช่วงสุดท้ายของการแข่งขันวิ่ง 400, 800, 1,500, 5,000 และ 10,000 เมตร การวิ่งมาราธอน หรือการใช้ความเร็วซ้ำ ๆ กันได้หลายเที่ยวมากขึ้นในการแข่งขันกีฬาประเภททีม หรือบุคคล ซึ่งระยะทางที่นิยมใช้ในการฝึกความเร็วอดทนได้แก่ ระยะทาง 120, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 และ 600 เมตร เป็นต้น

ในการฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มกำลังความเร็ว เป็นการออกกำลังกายโดยใช้ระยะทางช่วงสั้น ๆ ลักษณะรูปแบบของการออกกำลังกาย จะต้องพยายามใช้แรงของกล้ามเนื้อ หรือความหนักสูงสุดในช่วงเวลา 5-10 วินาที และมีช่วงพักสลับประมาณ 15-30 วินาที จากนั้นจึงฝึกต่อไปอีก 5-10 วินาที โดยมีช่วงพักสลับต่อเนื่องในลักษณะดังกล่าวไปเรื่อย ๆ จนครบตามตารางที่กำหนด ส่วนจำนวนครั้ง หรือจำนวนเที่ยวของการฝึกในแต่ละวันขึ้นอยู่กับสภาพร่างกายของนักกีฬา และจุดมุ่งหมายของการฝึกในแต่ละประเภทกีฬาเป็นสำคัญ

ส่วนการฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มศักยภาพความเร็วอดทน เป็นการออกกำลังกายที่ต้องใช้เวลายาวนานพอสมควร และมีหลักวิธีการคล้ายคลึงกับการฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มกำลังความเร็ว จะต่างกันก็แต่เพียงช่วงเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกายแต่ละครั้ง หรือแต่ละช่วงต้องมากกว่า 20 วินาที ขึ้นไป โดยปกติถ้าหากช่วงเวลาของการฝึกนาน ช่วงเวลาของการพักก็จะเพิ่มขึ้นตามความเหมาะสม เช่น ถ้าหากใช้เวลาในการฝึกซ้อมแต่ละช่วงประมาณ 25-30 วินาที ควรมีช่วงเวลาในการหยุดพักประมาณ 1-2 นาที แต่ถ้าใช้เวลาในการฝึกซ้อมประมาณ 1-2 นาที ควรมีช่วงเวลาหยุดพักประมาณ 2-15 นาที ขึ้นอยู่กับการเน้นปริมาณ และความหนักเบาตลอดจนจุดมุ่งหมายในการฝึกซ้อมด้วย การฝึกซ้อมความอดทนแบบไม่ใช้ออกซิเจน

การทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) เป็นการทำงานที่ร่างกายไม่ได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอกับความต้องการใช้ในการผลิตพลังงานของร่างกาย ดังนั้น ร่างกาย จึงใช้พลังงานจากการสำรองแบบไม่ใช้ออกซิเจน ไม่เกิดกรดแลคติก (Alactic anaerobic pathway) และการสำรองพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนเกิดกรดแลคติก (Lactic anaerobic pathway) เพราะฉะนั้น ความอดทนในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนจึงถูกจำกัดโดยปัจจัยทางด้านปริมาณเชื้อเพลิงที่ร่างกายเก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อ และความอดทนต่อกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเผาผลาญอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้น ถ้าต้องการพัฒนาความสามารถในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนให้สูงขึ้น โปรแกรมการฝึกซ้อมจะต้องสนับสนุน ให้มีการเก็บสะสมปริมาณเชื้อเพลิงไว้ในกล้ามเนื้อให้เพิ่มขึ้น และเพิ่มความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อให้มีความอดทนต่อสภาพความเป็นกรดของร่างกายให้สูงขึ้นกว่าเดิม (สนธยา สีละมาด, 2548)

วิธีการฝึกซ้อมความอดทนแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ด้วยวิธีการฝึกแบบอินเทอร์วาล (Interval training) วิธีนี้เป็นการเปิดโอกาสให้มีการหยุดพักขณะออกกำลังกาย หรือการทำงานของกล้ามเนื้อเป็นระยะเวลานานที่ระดับความหนักสูงกว่าระดับเทรชโฮล (Threshold) ซึ่งสำคัญมาก การฝึกซ้อมแบบอินเทอร์วาล จึงเป็นชุดของการทำงานสลับด้วยการผ่อนคลาย โดยช่วงการทำงาน (Work interval) เป็นช่วงที่มีการออกกำลังกาย หรือการฝึกซ้อมที่มีความหนักสูง (High-intensity) และช่วงผ่อนคลาย (Relief interval) เป็นช่วงเวลาพักระหว่างช่วงการทำงาน ช่วงการผ่อนคลายอาจจะประกอบไปด้วย การเดิน การจ๊อกเบา ๆ ออกกำลังกายเบา ๆ ดังนั้น การฝึกแบบอินเทอร์วาลจึงช่วยพัฒนาระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนเป็นอย่างดี ตัวอย่าง เช่น การศึกษาวิจัยของ Kim et al. (2011) ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับ ผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่มีต่อนักยูโดระดับสูง ผลปรากฏว่า จากการฝึกโปรแกรมอินเทอร์วาลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) นอกจากนี้ Ziemann, Grzywacz, Luszczyk, Laskowski, Olek and Gibson (2011) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงแอโรบิก และแอนแอโรบิก ด้วยการฝึกแบบ

อินเทอร์วาลในระดับความเข้มข้นสูงในผู้ชายสูงอายุ ที่ทำงานในวิทยาลัย ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ มีการเปลี่ยนแปลงในการปรับตัวดีขึ้นของประสิทธิภาพการทำงานแบบใช้ออกซิเจน และไม่ใช้ออกซิเจน อย่างมีนัยสำคัญ

จากงานวิจัยที่กล่าวมาการฝึกแบบอินเทอร์วาลส่งผลต่อการพัฒนาต่อพลังงานแบบแอนแอโรบิก สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ซึ่งก็จะเป็นผลดีต่อร่างกายของนักกีฬาในการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬา

2. การฝึกแบบแอโรบิก (Aerobic training)

การออกกำลังกาย หรือการฝึกซ้อมเป็นประจำในรูปแบบแอโรบิก จะทำให้ร่างกายมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดดีขึ้น และจะทำให้สามารถชะลอการลดลงของค่าความสามารถในการจับออกซิเจนสูงสุดได้ ตรงกันข้ามถ้าหากว่าไม่ได้ออกกำลังกาย หรือฝึกซ้อมเป็นประจำสมรรถภาพก็จะลดลงเช่นกัน (Wessel & Huss, 1984 อ้างถึงใน จรวยพร ธรณินทร์, 2529)

การฝึกแบบแอโรบิก หมายถึง การเคลื่อนไหวที่ต้องการใช้ออกซิเจนจำนวนมาก โดยใช้เวลานาน เพื่อให้ร่างกายสามารถนำออกซิเจนไปใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยทั่วไปจะหมายถึงการฝึกความอดทน (Endurance) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อ หรือกลุ่มกล้ามเนื้อในการออกแรงเกือบสูงสุด เพื่อการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง หรือการปฏิบัติงานซ้ำ ๆ ได้เป็นเวลายาว นาน (Martens, 2012 ; National Association for Sport and Physical Education [NASPE], 2011) ซึ่งเป็นการฝึกที่ต้องใช้ระยะเวลาในการฝึกที่ยาวนานกว่า การฝึกความอดทนของระบบการไหลเวียนของโลหิต และระบบการหายใจ

สิ่งนี้อาจเป็นเป้าหมายสำคัญที่สุดของการฝึกร่างกาย เพราะหากร่างกายของใครก็ตามที่มีอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบนี้ เช่น ปอด หัวใจ หลอดโลหิตชนิดต่าง ๆ ถ้าไม่มีความแข็งแรง และไม่อดทน คน ๆ นั้น จะมีชีวิตอยู่อย่างเป็นสุขไม่ได้

การฝึกออกกำลังกายทำให้มีความอดทนได้ ก็อาจเป็นเพราะสิ่งต่าง ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น

1. กล้ามเนื้อหัวใจขยายใหญ่ขึ้น (Cardiac hypertrophy)
2. ปริมาณของเลือดที่หัวใจปั๊มออกไปเลี้ยงร่างกายครั้งหนึ่ง ๆ (Stroke volume) มีมากกว่า
3. อัตราการเต้นของหัวใจไม่จำเป็นต้องสูงในการทำงานที่มีความเข้มข้นเท่ากัน
4. หลอดโลหิตมีความยืดหยุ่นดีขึ้น และปริมาณของเส้นโลหิตฝอยที่จะเปิดเป็นทางผ่านของโลหิตก็มากขึ้น (Increase vascularization) ทำให้มีโลหิตไปสู่กล้ามเนื้อต่าง ๆ ที่อยู่ไกล ๆ ออกไป (Peripheral circulation) มีมากขึ้น Karpovich and Sinnig (1971) พบว่า ปริมาณของเส้นโลหิตฝอยที่

เปิดเป็นทางเดินของโลหิตในหนูที่ได้รับการฝึกอย่างดี มีมากกว่าหนูที่ไม่ได้รับการฝึกระหว่าง 40-45 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้น ภายหลังของการฝึกจะพบว่า ปริมาณของเม็ดโลหิตแดงก็มีมากขึ้น และฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) มากขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์ต่อการจับออกซิเจน เพื่อนำไปแจกจ่ายยังกล้ามเนื้อทำให้การสร้างพลังงานแบบแอโรบิกดำเนินไปด้วยดี ส่งผลให้อัตราการสร้างกรดแลคติกลดน้อยลง อันจะทำให้การออกกำลังกายแบบแอโรบิกดำเนินไปด้วยดีขึ้น ดังงานวิจัยของ Cantrell, Schilling, Paquette and Murlasits (2014) ได้ศึกษาเรื่อง ความแข็งแรงสูงสุด, พลัง และการปรับตัวของความอดทนแบบแอโรบิก เพื่อความแข็งแรง และความเร็วในการฝึกแบบอินเทอร์วาล ผลการศึกษาพบว่า การฝึกด้วยความเร็ว และความแข็งแรงแบบอินเทอร์วาล มีการตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรง เมื่อเปรียบเทียบการฝึกความแข็งแรงอย่างเดียว ในขณะที่ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของปริมาณแอโรบิก เช่น VO_2max ในเวลาเดียวกัน หรืองานวิจัยของ Gist, Fedewa, Dishman and Cureton (2014) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการฝึกความเร็วแบบอินเทอร์วาล ที่มีต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจน ซึ่งพบว่า การฝึกความเร็วแบบอินเทอร์วาลช่วยเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนดีขึ้นในวัยรุ่น เมื่อเทียบกับการฝึกซ้อมความอดทนอย่างต่อเนื่องในระดับความหนักปานกลาง และการฝึกความเร็วแบบอินเทอร์วาล จะมีประสิทธิภาพที่เท่ากันในการฝึกที่น้อยกว่า

5. เมื่อการไหลเวียนของโลหิตดีขึ้น ทำให้การขนส่งเชื้อเพลิงที่จะนำมาใช้ในการสร้างพลังงานในระยะยาว คือ กรดไขมัน (Free fatty acids) เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การสร้างพลังงานแบบแอโรบิกดำเนินไปได้ด้วยดี นอกจากนั้นยังทำให้การขนถ่ายของเสียจากกระบวนการเมตตาโบลิซึ่มดำเนินไปได้ด้วยดีอีกด้วย ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nalcakan (2014) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเร็ว กับการฝึกความอดทนแบบต่อเนื่องที่มีต่อสรีรวิทยาและการปรับตัวของกระบวนการเผาผลาญในวัยรุ่นที่มีสุขภาพดี ผลจากการวิจัยพบว่า มีการปรับตัวพัฒนาดีขึ้นของกระบวนการเผาผลาญ ในระบบพลังงานแบบแอโรบิก และแบบแอนแอโรบิก

6. การฝึกทำให้กล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจมีความอดทน-ยืดตัวได้มากขึ้น เป็นผลทำให้เราสามารถสูดเอาออกซิเจนเข้าไปได้มาก (ขณะหายใจเข้า) และส่งคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาได้มาก (ขณะหายใจออก)

ประทุม ม่วงมี (2527) กล่าวว่า วิธีการฝึกเพื่อพัฒนาความอดทนของกล้ามเนื้อนั้น เราจะต้องพยายามฝึกให้มันสร้างพลังงานแบบแอโรบิกให้มาก นั่นคือ มุ่งฝึกให้ระบบการไหลเวียนของโลหิต และระบบหายใจ ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ให้นักกีฬามีความรู้สึกว่าตัวเองอดทน ต่อความเมื่อยล้าได้มากที่สุด การฝึกเพื่อความอดทนจะทำให้ระบบที่มีหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของร่างกายมีการระบายความร้อนที่สร้างขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ในการฝึกเพื่อ

ความอดทนควรคำนึงถึงอาหารการกินด้วย ต้องให้แน่ใจว่าร่างกายได้รับอาหารที่ให้เชื้อเพลิงมีปริมาณเพียงพอ ไขมันอาจเป็นแหล่งเชื้อเพลิงหลักของการออกกำลังกายที่ต้องใช้ความอดทน แต่การมีไขมันมากเกินไป ก็ไม่เกิดประโยชน์ และจะทำให้ประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวลดลง ทำให้พอสรุปถึงแนวคิด และวิธีการฝึกเพื่อพัฒนาความอดทน ดังนี้

1. การฝึกเพื่อความอดทนก็คล้ายกับการฝึกเพื่อความแข็งแรง และอื่น ๆ ที่ว่าต้องเป็นไปโดยสม่ำเสมอยึด Overload principle เป็นแนวทาง การฝึกต้องมีความเข้มข้น ระยะเวลา และความบ่อยเพียงพอ ความเข้มข้นที่เพียงพอ คือความเข้มข้นที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 70 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นสูงสุดแต่ละช่วงอายุ ระยะเวลาที่จะกระตุ้นให้เกิดความอดทน คือ ระยะเวลาอย่างน้อย 30 นาที ของการฝึกแต่ละครั้ง ความบ่อยที่เพียงพอต้องอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ และควรฝึกวันเว้นวัน หรือฝึกแบบวันหนักสลับวันเบาก็ได้ ซึ่งการฝึกที่เหมาะสมจะช่วยก่อให้เกิดการพัฒนาสมรรถภาพได้ เช่น งานวิจัยของ Baquet, Gamelin, Mucci, Thévenet, Van Praagh and Berthoin (2010) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การฝึกแอโรบิกอย่างต่อเนื่องแบบอินเทอร์วาล ในเด็กอายุ 8-11 ปี ผลจากการวิจัยพบว่า การให้เด็ก ๆ ออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นเพียงพอกับระยะเวลาที่เหมาะสม จะเป็นผลดี สามารถนำมา ใช้ฝึกเพื่อเพิ่มการออกกำลังกายแบบแอโรบิกได้

2. หากจะมีการฝึกโดยใช้น้ำหนักบ้างก็ควรเป็นน้ำหนักเบา หรือปานกลาง แต่จำนวนเที่ยวที่จะยกน้ำหนักต้องมีมาก

3. ในการฝึกเพื่อความอดทน ต้องแน่ใจกล้ามเนื้อกลุ่มใหญ่ของร่างกาย เช่น ตามแขน ขา ลำตัว ได้รับการฝึกอย่างทั่วถึง

4. สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) กล่าวว่า อุณหภูมิกายของคนมีค่าคงที่ คือ ประมาณ 37 องศาเซลเซียส (°C) หรือ 98 องศาฟาเรนไฮน์ (°F) และอุณหภูมิจะถูกควบคุมให้คงที่อยู่เสมอภายในช่วง 1 องศาฟาเรนไฮน์ (°F) แม้อุณหภูมิภายนอกร่างกายจะเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้ เพราะร่างกายมีกลไกลควบคุมอุณหภูมิที่ดี และเมื่อมีการออกกำลังกายจะทำให้ร่างกายสร้างความร้อนเพิ่มขึ้น อุณหภูมิอาจจะเพิ่มขึ้นถึง 40 องศาเซลเซียส (°C) หรือ 107 องศาฟาเรนไฮน์ (°F) ร่างกายจึงต้องเพิ่มกลไกการขับความร้อนออกจากร่างกายด้วยการหลั่งเหงื่อเพื่อเป็นการระบายความร้อนของร่างกาย

สนธยา สีละมาด (2548) กล่าวว่า แอโรบิก หมายถึง “ด้วยออกซิเจน” การทำงานแบบแอโรบิกเป็นการทำงานที่ระดับความต้องการใช้ออกซิเจน และสารอาหารของร่างกายสามารถได้รับอย่างเพียงพอโดยการนำเข้าของร่างกาย (Body’s intake) และการผลิตของเสียจะมีแต่น้ำ (Water) และคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) ซึ่งจะถูกกำจัดออกทางเหงื่อ และการหายใจในอัตราส่วน

ที่สัมพันธ์กับการสร้างขึ้น ความอดทนแบบใช้ออกซิเจนขึ้นอยู่กับความสามารถของระบบหัวใจระบบการไหลเวียนเลือด (Cardiovascular system), ระบบหายใจ (Respiratory system) ที่ทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจน และสารอาหารที่จำเป็นต่อขบวนการสำรองพลังงาน และเคลื่อนย้ายของเสียออกจากเซลล์กล้ามเนื้อ และขึ้นอยู่กับความสามารถของระบบกล้ามเนื้อ (Muscular) ในการที่จะหดตัวเคลื่อนไหวร่างกายให้ได้อย่างต่อเนื่อง และยาวนาน สำหรับบุคคลที่ต้องการความสมบูรณ์ทางด้านความอดทนแบบใช้ออกซิเจนสูงสุด นักกีฬาจะต้องมีการพัฒนาทั้งความสามารถของระบบขนส่งและระบบกล้ามเนื้อ เนื่องจากการทำงานของทั้งสองระบบจะมีความสัมพันธ์กันในการเพิ่มความอดทนของร่างกาย

ความอดทนแบบใช้ออกซิเจนเป็นสมรรถภาพพื้นฐานของนักกีฬาทุกประเภท และเป็นพื้นฐานของการพัฒนาสมรรถภาพทางกายด้านอื่น ๆ ในการที่จะช่วยเพิ่มปริมาณของการฝึกซ้อม (Volume) ถ้านักกีฬามีระดับความอดทนแบบใช้ออกซิเจนสูงขณะออกกำลังกายร่างกายจะได้รับพลังงานส่วนใหญ่มาจากระบบแอโรบิก ซึ่งจะทำให้มีการสะสมของกรดแลคติกเกิดขึ้นน้อย จึงเป็นผลทำให้ชะลอการเกิดความเมื่อยล้า และช่วยให้นักกีฬาฟื้นสภาพได้อย่างรวดเร็วหลังการฝึกซ้อมและการแข่งขัน ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Czuba et al. (2013) ได้ศึกษาเรื่อง การฝึกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเข้มข้นสูงแบบแอโรบิกในนักกีฬาบาสเกตบอล ผลจากการศึกษา พบว่า หลังการฝึกแบบอินเทอร์วาลส่งผลให้ร่างกายนักกีฬาบาสเกตบอลมีการปรับตัวเพิ่มขึ้นในระบบพลังงานแบบแอโรบิก ซึ่งก็คล้ายกับงานวิจัยของ Bonato et al. (2014) ที่ได้ศึกษาวิจัยโปรแกรมการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของชีพจร และอัตราการใช้ออกซิเจน ในนักกีฬายูโดระดับอาชีพ ผลจากการวิจัยพบว่า สมรรถภาพทางกายแบบแอโรบิกของนักยูโดยระดับอาชีพเพิ่มมากขึ้น หรือในนักสกีการฝึกแบบอินเทอร์วาลยังช่วยเพิ่มสมรรถภาพแบบแอโรบิกได้ เช่น งานวิจัยของ Sandbakk, Ettema and Welde (2013) ได้ศึกษาวิจัยผลของความเข้มข้น และระยะเวลาในการฝึกแอโรบิกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเข้มข้นสูง ในการเล่นสกีข้ามทุ่งของเยาวชน ผลจากการวิจัยพบว่า เมื่อฝึกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเข้มข้นสูงในนักสกี สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของความอดทนมากขึ้น และมีการใช้ออกซิเจนมากขึ้น ซึ่งการฝึกแบบอินเทอร์วาลนับว่าเป็นรูปแบบการฝึกที่ช่วยในการพัฒนาร่างกาย สมรรถภาพของนักกีฬาให้เพิ่มขึ้นได้ ความอดทนแบบใช้ออกซิเจนสามารถแบ่งย่อยได้ ดังต่อไปนี้

ใช้ออกซิเจนระยะสั้น (Short aerobic) 2 นาที ถึง 8 นาที (แลคติก/ แอโรบิก)

ใช้ออกซิเจนระยะกลาง (Medium aerobic) 8 นาที ถึง 30 นาที (แอโรบิกเป็นหลัก)

ใช้ออกซิเจนระยะยาว (Long aerobic) 30 นาที ขึ้นไป (แอโรบิกเป็นหลัก)

3. การฝึกแบบผสมผสาน (Combination interval training)

เป็นการนำเอาการฝึกแบบระบบแอนแอโรบิก (Anaerobic training) และแบบระบบแอโรบิก (Aerobic training) มาผสมผสานในการฝึกร่วมกัน ซึ่ง มณินทร รักษ์บำรุง (2546) กล่าวว่า การออกกำลังกายทั้ง 2 แบบ ให้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน คือการออกกำลังกายแบบ Aerobic/ cardio exercise จะให้ประโยชน์แก่ระบบไหลเวียนโลหิต และระบบหายใจ (หัวใจและปอด) เป็นการสร้างความอดทน ให้แก่ร่างกาย (วิ่ง/ เดิน/ ทำงานได้นาน) ส่วนระบบ Anaerobic/ muscular exercise จะก่อประโยชน์ต่อระบบกล้ามเนื้อ เป็นการสร้างความแข็งแรง และพลังของกล้ามเนื้อ (ออกแรงได้มาก) ดังนั้น การออกกำลังกายเพื่อให้ร่างกายมีสุขภาพที่ดี จะต้องออกกำลังกายให้ผสมผสานกันทั้ง 2 แบบ อย่างพอดี จึงจะช่วยในการเพิ่มสมรรถภาพได้ ซึ่งก็ได้มีงานวิจัยมากมายที่เมื่อนำเอาการฝึกแบบอินเทอร์วาลไปวิจัยแล้วก่อให้เกิดผลในทางที่ดีขึ้นมากมายทั้งระบบพลังงานแบบแอโรบิก และระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก ดังตัวอย่างงานวิจัยของ Farzad et al. (2011) ได้ศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และประสิทธิภาพการทำงานจากการเพิ่มขึ้นของการฝึกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเร็วในการฝึกกีฬามวยปล้ำ ผลจากการวิจัยพบว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเร็วแบบพักสั้น ๆ ในการฝึกนักมวยปล้ำ สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพทั้งแบบแอโรบิก และแบบแอนแอโรบิกให้เพิ่มขึ้นจากเดิม นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Hazell , Macpherson, Gravelle, Lemon (2010) ที่ได้การฝึกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเร็วเต็มที่ 10 หรือ 30 วินาที เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทั้งแบบแอโรบิก และแบบแอนแอโรบิก ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเร็วเต็มที่ 10 วินาที (ร่วมกับการพัก 2 หรือ 4 นาที) และการฝึก 30 วินาที ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของแบบแอโรบิก และแบบแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้น

ตัวแปรเชิงแอนแอโรบิก

1. สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic performance)

สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก หรือที่เรียกกันว่าการเผาผลาญกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์ (Anaerobic glycolysis) กลูโคสจะถูกเปลี่ยนแปลงให้เป็นไกลโคเจน (ถ้าหากมีเกินความต้องการของร่างกาย) ไกลโคเจนจะถูกนำไปเก็บสงวนไว้ที่ตับ กล้ามเนื้อ และจะถูกเรียกคืนมาเป็นกลูโคสในยามที่ร่างกายต้องการ ดังนั้นไกลโคเจนก็คือโมเลกุลของกลูโคสหลาย ๆ โมเลกุลรวมกันนั่นเอง ไกลโคเจนที่ถูกเก็บไว้ที่ตับเท่านั้นจะเป็นของสาธารณะของร่างกาย แต่ส่วนที่นำไปเก็บที่กล้ามเนื้อถือว่าเป็นของส่วนตัวของกล้ามเนื้อ ไกลโคเจนจำนวนนี้ภายหลังจากถูกการเปลี่ยนแปลงให้เป็นกลูโคสแล้ว ก็จะใช้ในกิจกรรมของกล้ามเนื้อเท่านั้นมันจะไม่เคลื่อนที่เข้าสู่กระแสโลหิต เพื่อนำไปให้อวัยวะบริเวณอื่น ๆ ได้ใช้ Anaerobic glycolysis หรือ Embden-Meyerhoff pathway ถูกค้นพบ

ครั้งแรกโดยนักวิทยาศาสตร์ ชาวเยอรมัน 2 คน คือ Gustaf Embden และ Otto Meyerhoff กระบวนการนี้มีความสำคัญ คือมันสามารถสร้างพลังงาน ATP เพื่อใช้ชั่วคราวในสภาวะต่าง ๆ ที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ เช่น ขณะดำน้ำ หรือเข้าไปอยู่ในห้องที่มีควันไฟ และในกระบวนการนี้ ยังเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในการออกกำลังกายบางอย่าง เช่น ในการแข่งขันวิ่งระยะสั้นเพราะการแข่งขันประเภทนี้ต้องการพลังงานสูง แต่ระบบหายใจ และการไหลเวียนโลหิตไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ด้วยการขนส่งออกซิเจนให้เพียงพอกับความต้องการได้ (ประทุม ม่วงมี, 2527) สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ตัวแปร ได้แก่

1.1 พลังแอนแอโรบิก (Anaerobic power)

พลังแอนแอโรบิก (Anaerobic power) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะปล่อย พลังงานสูงสุด ในเวลาสั้นที่สุด ซึ่งเกิดจากการแตกตัวของฟอสฟาเจน ที่สูงมากในกล้ามเนื้อโดยใช้พลังงานแบบ ATP-PC

1.2 ความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

ความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) เป็นการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไม่ใช้ออกซิเจนในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ โดยใช้พลังงานที่เก็บสะสมในกล้ามเนื้อเป็นหลัก และเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่ทนต่อการทำงานต่อไปได้ในสภาวะที่กล้ามเนื้อไม่ได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ ความสามารถแบบไม่ใช้ออกซิเจนนี้เป็นองค์ประกอบสำคัญ และมีความจำเป็นอย่างยิ่งในกีฬาหลาย ๆ ประเภท โดยเฉพาะกีฬาที่มีการแข่งขันที่ใช้ความสามารถสูงสุดหรือกำลังความเร็วสูงสุดมีการทำงานซ้ำหลาย ๆ เที่ยวเป็นระยะเวลานาน เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล รักบี้ฟุตบอล เทนนิส ซึ่งการฝึกแบบอินเทอร์วาลส่งผลให้เกิดการพัฒนาได้เป็นอย่างดี เช่น งานวิจัยของวิรัตน์ สนธิ์จันทร์ และประทุม ม่วงมี (2556) ที่ได้ทำการวิจัยผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาล ในระดับความหนัก และระยะเวลาต่างกันที่มีต่อความสามารถสูงสุด ในการนำออกซิเจนไปใช้ ปริมาณฮีโมโกลบิน สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก และแอนแอโรบิกเทรชโฮล โดยในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก และระยะเวลาต่างกัน ที่มีต่อความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ปริมาณฮีโมโกลบิน สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก และแอนแอโรบิกเทรชโฮล จากผลการวิจัยพบว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 80-85 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 3 นาที สลับกับช่วงพัก 3 นาที สามารถพัฒนาค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ และค่าแอนแอโรบิกเทรชโฮลให้เพิ่มสูงขึ้นได้ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Rotstein, Dotan, Bar-Or and Tenenbaum (1986) ที่ได้ทำการวิจัยผลของการฝึกที่มีต่อการเสริมสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก พลังสูงสุดแบบแอโรบิก และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิกของยุวชนชาย ซึ่งพบว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลที่เหมาะสมจะ

สามารถพัฒนาพลังสูงสุดแบบแอโรบิก และความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ของยุวชนชายได้

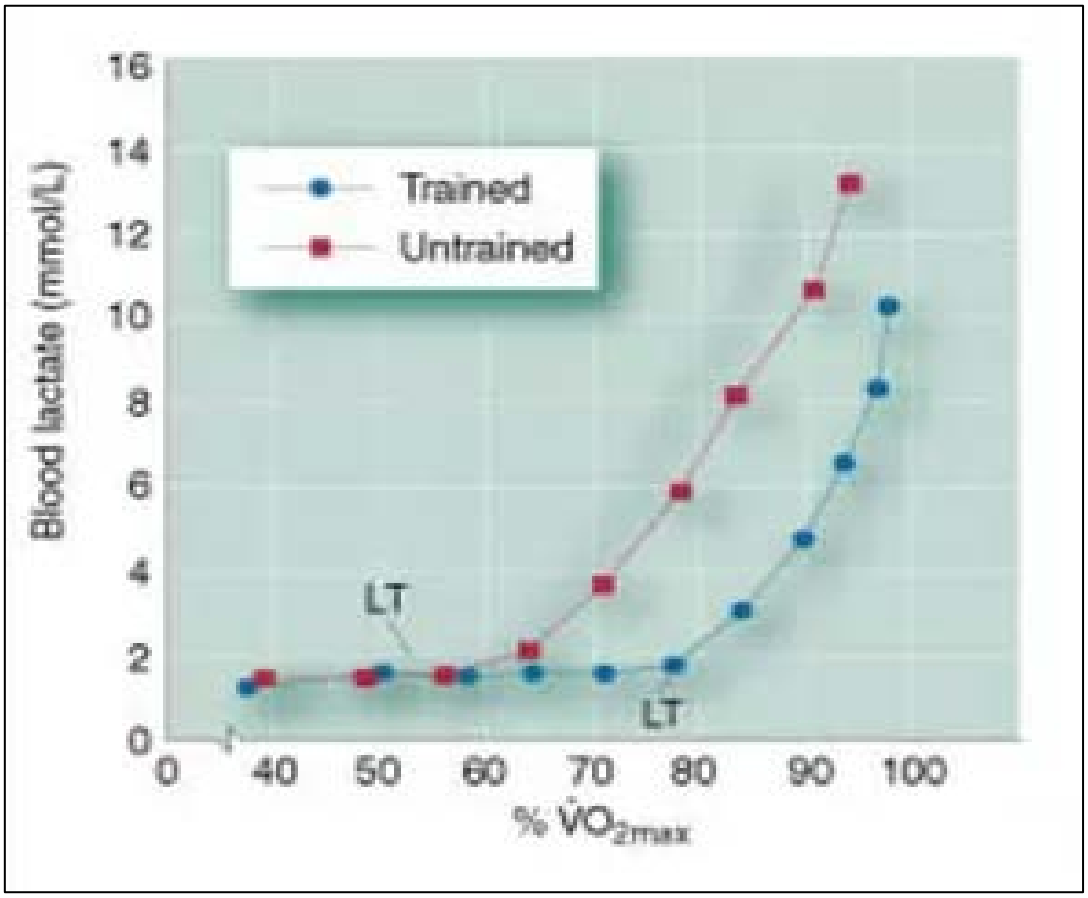
ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก เพื่อหาค่าของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) และความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) โดยใช้การทดสอบตามวิธีวินเกต ของสถาบันวินเกต (Wingate institute) ซึ่งเป็นสถาบันวิทยาศาสตร์ทางการกีฬาของประเทศอิสราเอล เป็นผู้คิดค้นวิธีการทดสอบนี้ขึ้น เพื่อวัดพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก โดยการใช้จักรยานทดสอบ ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

แอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold)

แอนแอโรบิกเทรชโฮล (AT) หมายถึง จุดซึ่งพลังงานที่ได้มาโดยทาง Aerobic นั้น ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย จำเป็นต้องสร้างพลังงานแบบ Anaerobic เข้าเสริม ซึ่งจะทำให้ปริมาณของกรดแลคติกเพิ่มสูงขึ้น (ประทุม ม่วงมี, 2527)

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) กล่าวว่า แอนแอโรบิกเธรชโฮล (Anaerobic threshold) หมายถึงระดับความหนักของการออกกำลังกาย หรือการใช้ก๊าซออกซิเจน ซึ่งมีการเพิ่มขบวนการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic metabolism) และเมื่อร่างกายมีขบวนการดังกล่าวเพิ่มขึ้นก็จะมีกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น จุดเริ่มล้าจึงเป็นระดับที่พบว่ามีกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้นในเลือด วิธีวัดค่าของจุดเริ่มล้าคือการเจาะเลือด เพื่อตรวจวัดระดับของกรดแลคติกเป็นระยะในขณะที่มีการออกกำลังกาย และเพิ่มความหนักขึ้น อย่างไรก็ดี เทคนิคการเจาะเลือดทำให้เกิดความเจ็บปวด และไม่สะดวก รวมทั้งต้องใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์กรดแลคติก วิธีที่รวดเร็วกว่า คือ วิธีการสังเกตปริมาณการหายใจในแต่ละนาที (Minute ventilation) รวมทั้งปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น โดยที่ข้อมูลนี้จะเพิ่มเป็นเส้นตรงกับความหนักของการออกกำลังกาย จนกระทั่งถึงจุดเริ่มล้าซึ่งมีปริมาณการหายใจในแต่ละนาที และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้นทันที ซึ่งสามารถสังเกตได้ในการตรวจวัดสัดส่วนในการหายใจ (Ventilation equivalent) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของปริมาณการหายใจในแต่ละนาทีกับปริมาณการใช้ออกซิเจน (Oxygen consumption) (VE/ Vo_2) พบว่า ในคนสภาวะปกติมีปริมาณ 25: 1 เมื่อมีการออกกำลังกายด้วยความหนัก 53 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen uptake) แต่ว่าในเด็กที่ความหนักระดับเดียวกัน จะมีปริมาณ 32: 1 อย่างไรก็ตาม ในการว่ายน้ำอาจจะมีสัดส่วนในการหายใจต่ำกว่านี้ เนื่องมาจากการหายใจถูกจำกัดด้วยการว่ายน้ำ ซึ่งอาจเป็นปัญหา ได้ว่าผู้ที่ว่ายน้ำ และผู้ที่ออกกำลังกายเต็มที่อาจได้ก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอ ในการ

ออกกำลังกายที่หนักมากขึ้นค่าของสัดส่วนในการหายใจอาจสูงถึง 35-40: 1 ส่วน Onset of Blood Lactate Accumulation (OBLA) เมื่อออกกำลังกายให้อยู่ในภาวะคงที่ (Steady-rate) จะทำให้มีก๊าซออกซิเจนเพียงพอกับระบบกล้ามเนื้อในการทำงาน จึงไม่มีการคั่งของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ



ภาพที่ 2-1 จุดแลคเตทเทรธโฮล (Anaerobic performance) ของผู้ที่ฝึก และไม่ได้รับการฝึก (Wilmore, Costill & Kenney, 2008)

ความสำคัญของแอนแอโรบิกเทรชโฮล (AT)

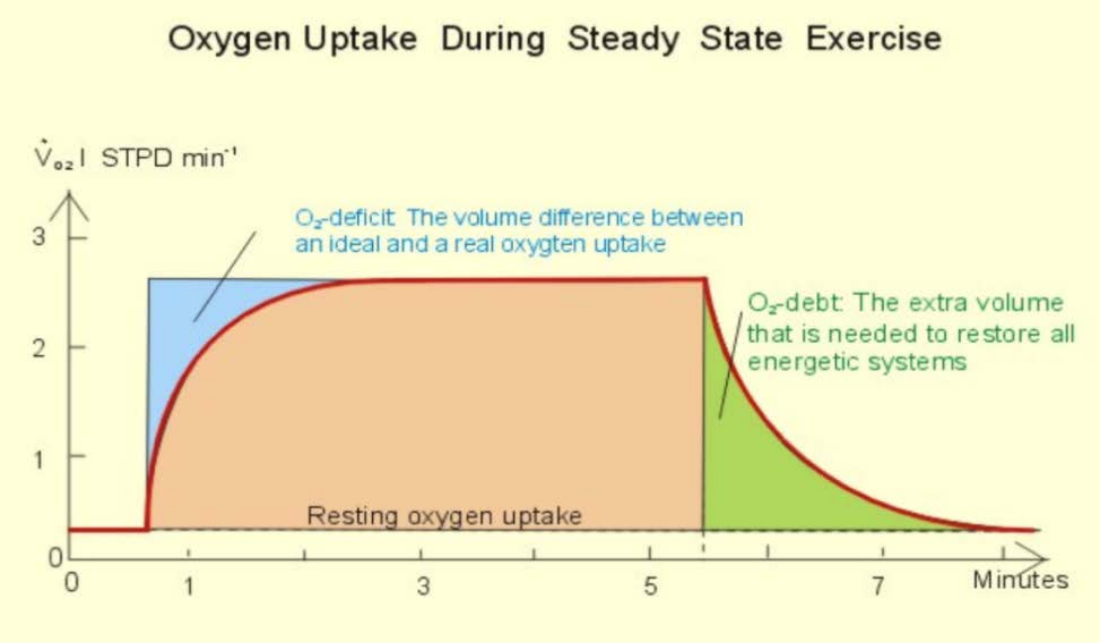
ค่าของแอนแอโรบิกเทรชโฮล (AT) ส่วนมากใช้ร้อยละของค่าความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max) หน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อ 1 นาที ($ml/ kg^{-1}/ min^{-1}$) ซึ่งค่าความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max) อาจจะไม่บอกความสำเร็จในการทำงานแบบแอโรบิกทั้งหมด แต่ความสามารถในการทำงานใกล้ค่า VO_2max ก็เป็นปัจจัยสำคัญ

กระบวนการพื้นฐานในการเกิดแอนแอโรบิกเทรชโฮล

ร่างกายเมื่อมีความต้องการใช้ออกซิเจนในการสร้างพลังงาน ขณะออกกำลังกายมีมากกว่าปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายสามารถขนส่งไปสู่กล้ามเนื้อ ในขณะที่การออกกำลังกาย หรือการทำงานยังคงเพิ่มมากขึ้น จะเกิดความไม่สมดุลระหว่างออกซิเจนที่ต้องการกับออกซิเจนที่ได้รับ ทำให้ร่างกายของเราต้องใช้การสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกเข้ามาช่วย โดยการเปลี่ยนแปลงไพรูเวตเป็นกรดแลคติก ซึ่งกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะถูกทำให้เป็นกลาง โดยไบคาร์บอเนต (HCO_3) ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้จะไปเพิ่มในลมหายใจที่ออกมามากขึ้นด้วย ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะไปรบกวนกระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซ ซึ่งเราสามารถตรวจวัดได้ทันที (Wasserman, 1984 อ้างถึงใน มณินทร รักษ์บำรุง, 2546)

ประทุม ม่วงมี (2527) กล่าวว่า เมื่อไรก็ตาม ที่ร่างกายเปลี่ยนสภาพจากพักผ่อนมาเป็นออกกำลังกาย VO_2 จะเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อย ๆ ถ้าหากการออกกำลังกายอยู่ในระดับปานกลาง และดำเนินไปอย่างเสมอต้นเสมอปลาย คือ ไม่มีการเพิ่ม หรือลดความเข้มข้นอย่างเฉียบพลัน ประมาณ 3 นาที VO_2 ก็จะขึ้นสูงถึงระดับหนึ่ง ระดับนี้จะถูกรักษาต่อไปจนกระทั่งการออกกำลังกายสิ้นสุดลงจึงจะมีการเปลี่ยนแปลง ในขณะที่ VO_2 รักษาระดับดังกล่าวอยู่นั้นสิ่งอื่น ๆ เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ (Ve), การผลิตกรดแลคติกก็จะรักษาระดับของมันไปด้วย ระยะที่ VO_2 และสิ่งอื่น ๆ ดังกล่าวรักษาระดับของมันไว้นี้ เราเรียกการออกกำลังกายในช่วงนี้ว่า การออกกำลังกายในระยะคงที่ (Steady state exercise) ระยะนี้ปริมาณของออกซิเจนที่เซลล์ต้องใช้เท่ากับปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายส่งไปให้เซลล์นั้น ๆ ใช้ แสดงว่าการสร้างพลังงานในขณะออกกำลังกายในระดับนี้เป็นไปในแบบแอโรบิก เมื่อไรก็ตามที่พลังงานซึ่งร่างกายต้องใช้ถูกสร้างขึ้นมาโดยทางแอโรบิก และสามารถรักษาระดับคงที่ได้ต่อไป เราเรียกการออกกำลังกายชนิดนี้ว่า อยู่ในความเข้มข้นปกติ (Normal load) การออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นสูงกว่านี้ คือ พลังงานที่ได้มาไม่ได้มาจากการสร้างแบบแอโรบิกอย่างเดียว จำเป็นต้องอาศัยการสร้างแบบแอนแอโรบิก ด้วยการออกกำลังกายในความเข้มข้นนี้ เรียกว่าอยู่ในระดับความเข้มข้นที่เกินปกติ “Overload” จุดที่ร่างกายเริ่มสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก (เพราะการสร้างแบบแอโรบิกอย่างเดียว ไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย) เรียกว่า แอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold) ไกลโคเจนเป็น Substrate ที่สำคัญที่สุดของการสร้างแบบแอนแอโรบิก ดังนั้น ในการเล่นกีฬา หลาย ๆ ครั้ง นักกีฬาต้องใช้ระบบการสร้างพลังงานทั้ง 2 แบบ เช่น การวิ่งระยะไกล การมีไกลโคเจนสะสมไว้ที่ตับ และกล้ามเนื้อปริมาณที่สูง ก่อนเริ่มแข่งขันจึงเป็นประโยชน์ สำหรับเรื่องการออกกำลังกายในความหนักที่เหมาะสม จึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนาของแอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold) มีงานวิจัยที่ได้ศึกษา

ระดับความหนักของการฝึกเพื่อพัฒนาแอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold) เช่น การศึกษาวิจัยของวิรัตน์ สนธิ์จันทร์ และประทุม ม่วงมี (2556) พบว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาล ที่ระดับความหนัก 80-85 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจ สามารถพัฒนาค่าของ VO_2max และค่าแอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold) ให้เพิ่มขึ้นได้



ภาพที่ 2-2 ค่า VO_2 เพิ่มขึ้นขณะพักผ่อนอย่างรวดเร็วในระยะ 1-2 นาทีแรก ของการออกกำลังกาย หลังจากนั้นจะรักษาระดับให้คงที่ไว้ (Steady state) จนกระทั่งการออกกำลังกายได้สิ้นสุดลง VO_2 จึงค่อย ๆ ลดปริมาณลงสู่ระดับพักผ่อน ปริมาณออกซิเจนที่ขาดไปก่อนที่จะถึงระดับคงที่เรียกว่า O_2 Deficit ซึ่งต้องมีการจ่ายคืนภายหลังที่การออกกำลังกายได้สิ้นสุดลง เราเรียกออกซิเจนจำนวนนี้ว่า O_2 Debt

ปัจจัยที่มีผลต่อแอนแอโรบิกเทรชโฮล

1. ขนาดของรูปร่าง และมวลกล้ามเนื้อ
2. เพศ
3. ลักษณะการออกกำลังกาย
4. ระดับสมรรถภาพร่างกาย ผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายที่ดีกว่า เช่น นักกีฬา หรือผู้ที่ออกกำลังกายอยู่ประจำ จะมีค่า AT สูงกว่าบุคคลทั่วไป

5. การสลายตัวของสารอาหาร ในระหว่างการออกกำลังกายนั้นพบว่า มีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ในเลือด ซึ่งจะลดการสะสมของกรดแลคติกในเลือดระหว่างการออกกำลังกาย และจากการศึกษาพบว่า ระยะเวลาก่อนการสะสมของกรดแลคติกจะมีมากขึ้นในผู้ที่ได้รับประทานอาหารประเภทไขมัน ซึ่งหมายความว่า ในผู้ที่มีร่างกายแข็งแรง จะมีสัดส่วนการใช้พลังงานจากไขมันได้ดีกว่าบุคคลทั่ว ๆ ไป ทำให้ค่า AT อยู่ในระดับสูง

6. การฝึกความอดทน ภายหลังจากการฝึกความอดทนของร่างกาย ทำให้การสะสมของกรดแลคติกในร่างกายลดลง และค่า AT สูงขึ้น

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทดสอบหาค่าแอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold) โดยใช้วิธีการทดสอบของ Conconi test

กรดแลคติกในเลือด (Blood lactate)

กรดแลคติกจะถูกสร้างขึ้นมาอย่างมากในช่วงเวลาของการสร้างพลังงานแบบ Anaerobic โดยที่ร่างกายได้รับออกซิเจน เข้าไปไม่เพียงพอ ทำให้ Pyruvate ทำหน้าที่รับเอาอะตอมของไฮโดรเจนไปเสียเองจนทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้น ปกติในโลหิตจะมีกรดแลคติกอยู่ 10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (mg %) ซึ่ง Karpovich กล่าวว่า ความสามารถสูงสุดของคนที่ฟิต ที่จะทนต่อการมีกรดแลคติกในเลือดได้คือ 130 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (mg %) (บางรายตัวเลขอาจสูงถึง 300 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (mg %)) ภายหลังการออกกำลังกายที่เข้มข้นรุนแรงได้เริ่มขึ้นกรดแลคติกจะถูกสร้างขึ้นมาในปริมาณที่มากขึ้นเรื่อย ๆ การสร้างกรดแลคติกจะมาก หรือน้อยย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจน และความเข้มข้นของการออกกำลังกาย Astrand and Rodahl (1971 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี, 2527) ได้สรุปไว้ว่า

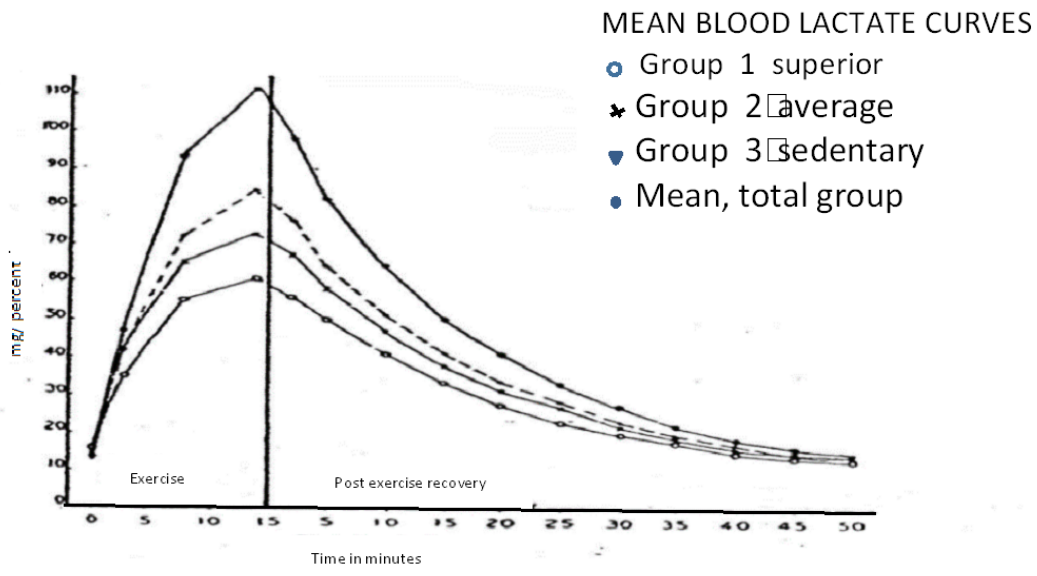
1. การออกกำลังกายชนิดเบา ๆ (Light exercise) มักไม่มีปัญหา เรื่องปริมาณของออกซิเจน เพราะออกซิเจนที่มีสะสมอยู่บ้างเล็กน้อยบวกกับออกซิเจนที่ระบบการหายใจ และระบบการไหลเวียน สามารถจะนำไปส่งยังกล้ามเนื้อ มีปริมาณเพียงพอกับความต้องการ กรดแลคติกจึงถูกสร้างขึ้นน้อยมาก

2. การออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นปานกลาง (Exercise of moderate intensity) ร่างกายสร้างพลังงานแบบ Anaerobic ในระยะต้นของการออกกำลังกายจนกระทั่งกระบวนการสร้างพลังงานแบบ Aerobic เข้ามามีบทบาทในการสร้างพลังงานแทน เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย กรดแลคติกที่ถูกสร้างขึ้นมาในระยะต้นของการออกกำลังกาย จะฟุ้งกระจายเข้าสู่กระแสโลหิต เมื่อการออกกำลังกายแบบนี้ดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ ปริมาณของกรดแลคติกจะลดน้อยลง

จนถึงระดับที่เท่ากับร่างกายในสภาวะพักผ่อน (Resting level) และการออกกำลังกาย ก็สามารถดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ เป็นชั่วโมง ๆ

3. ขณะออกกำลังกายที่หนัก (Heavy exercise) การออกกำลังกายแบบนี้เริ่มจะมีปัญหาเรื่องปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอกับความต้องการที่จะนำไปใช้ในการสร้างพลังงาน ทำให้กรดแลคติกถูกสร้างขึ้นมามากขึ้น และเป็นผลให้พบกรดชนิดนี้ในปริมาณที่สูงในกระแสโลหิต ปริมาณที่สูงนี้จะคงอยู่ต่อไปตลอดระยะเวลาของการออกกำลังกาย ผู้ที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย จะทนต่อการมีกรดแลคติกสูงได้ไม่ดี แต่สำหรับผู้ที่ออกกำลังกายเป็นประจำได้รับการฝึกร่างกายให้แข็งแรงอยู่เสมอ และผู้ที่มีแรงจูงใจสูงอาจออกกำลังกายลักษณะนี้ได้ถึง 30 นาที หรืออาจมากกว่านี้ก็ได้

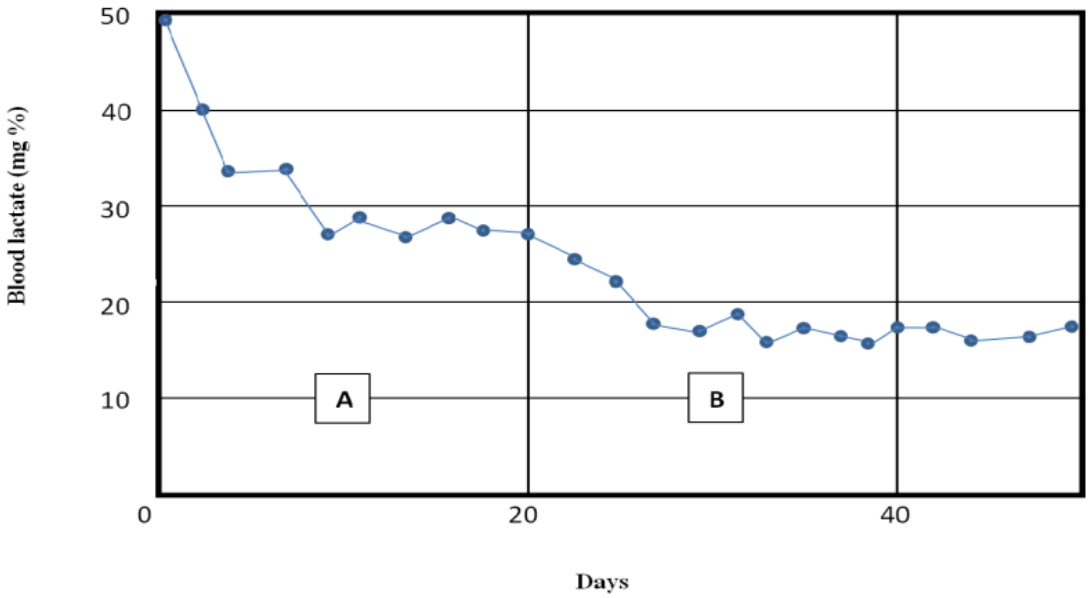
4. ขณะออกกำลังกายหนักมาก (Severe exercise) การออกกำลังกายเช่นนี้ มีปัญหามากขึ้นเพราะปริมาณของออกซิเจนที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการในการใช้งาน หรือปริมาณที่ขาดไป (Oxygen deficit) มีจำนวนมากขึ้น การออกกำลังกายเช่นนี้มักดำเนินต่อไปได้ไม่เกิน 2-3 นาที เพราะกล้ามเนื้อไม่สามารถทำหน้าที่ของมันต่อไปได้ (ตัวอย่างของการออกกำลังกายแบบนี้ ได้แก่ การแข่งขันวิ่งระยะทางสั้น เช่น การวิ่ง 400 เมตร)



ภาพที่ 2-3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับของสมรรถภาพทางกาย และปริมาณกรดแลคติก ภายหลังการออกกำลังกาย ผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายสูงมีกรดแลคติกในเลือดต่ำ (Crescitelli & Taylor, 1944)

กราฟข้างบนแสดงให้เห็นถึงปริมาณการเพิ่มของกรดแลคติกในเส้นโลหิตแดง ขณะและหลังออกกำลังกายหนัก ติดตามด้วยการลดปริมาณลงทีละน้อยสู่ระดับปกติกรดแลคติกถูกผลิตขึ้นมาขณะออกกำลังกายกำลังดำเนินอยู่ แต่ต้องใช้เวลาในการฟุ้งกระจายจากกล้ามเนื้อออกสู่กระแสโลหิต และเนื้อเยื่ออื่นภายในร่างกาย ดังนั้น เพื่อให้ได้ปริมาณสูงสุดที่แท้จริงของกรดชนิดนี้จำเป็นต้องนำตัวอย่างเลือดมาวิเคราะห์ปริมาณบ่อย ๆ ในช่วงเวลา 5-10 นาที ในช่วงเวลาหลังการออกกำลังกาย (Recovery period) นอกจากนั้น เราอาจสังเกตได้จากกราฟเดียวกันว่าปริมาณของกรดแลคติกที่ลดลงทีละน้อยนั้น ต้องใช้เวลาราว 1 ชั่วโมง หรือมากกว่าก่อนที่จะลดปริมาณลงสู่ระดับปกติ จากการค้นพบนี้ ทำให้ได้ข้อคิดว่าในการแข่งขันกีฬาที่ต้องมีรอบคัดเลือก เช่น การแข่งขันวิ่งระยะสั้น ที่มีนักกรีฑาเข้าร่วมการแข่งขันมากนั้น ช่วงเวลาของการวิ่งในแต่ละรอบสำหรับนักกีฬาคนหนึ่ง ๆ นั้นควรจะห่างอย่างน้อย 1 ชั่วโมง เพื่อให้เวลากรดแลคติกลดปริมาณลงสู่ระดับปกติเสียก่อน จากหลักการทางสรีรวิทยานี้ คณะกรรมการจัดการแข่งขันควรทราบ และนำไปจัดการเรื่องโปรแกรมการจัดการแข่งขันให้ถูกต้องต่อไป เพราะมิฉะนั้น จะเกิดการเสียเปรียบกันขึ้น

ปริมาณของกรดแลคติกในเลือดดูเหมือนว่าจะมีความสัมพันธ์ในทางลบกับระดับของสมรรถภาพของร่างกาย กล่าวคือ หากนำคนกลุ่มเดียวกันมาฝึกในความเข้มข้นระดับใดระดับหนึ่งภายหลังการฝึกไปสักระยะหนึ่งเพื่อให้ร่างกายมีสมรรถภาพสูงขึ้น การสะสมของกรดแลคติกจะค่อย ๆ ลดลง ถึงแม้ว่าจะทำงานที่มีความเข้มข้นเท่าเดิม การเปลี่ยนแปลงนี้อาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากร่างกายสร้าง ATP แบบแอโรบิกได้ดีขึ้น อันเนื่องมาจากการปรับตัวของระบบการไหลเวียนของโลหิต ระบบการหายใจ และปริมาณของเอ็นไซม์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ ATP โดยอาศัยกรดไขมัน และไกลโคเจนมากขึ้น จึงทำให้ร่างกายมีการเป็นหนี้ออกซิเจนน้อย ซึ่งจะส่งผลให้มีการสะสมของกรดแลคติกน้อยลงในที่สุด



ภาพที่ 2-4 การลดปริมาณของกรดแลคติกในเลือด ภายหลังการฝึกวิ่งบนทางเลื่อนกล ด้วยความเร็ว 11.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุกวัน วันละ 20 นาที เป็นเวลา 20 วัน (A) และ ด้วยความเร็ว 13.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทุกวัน วันละ 20 นาที (B) (Brouha, 1960)

การกระจาย และการสลายตัวของกรดแลคติก

ในระยะ 2-3 นาที ของการออกกำลังกายหนักนั้น กรดแลคติกอาจถูกผลิตขึ้นมาถึง 100 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (mg %) หรืออาจมากกว่าในผู้ที่มีร่างกายฟิต กรดแลคติกฟุ้งกระจายโดยเสรีสู่ของเหลวอื่น ๆ ของร่างกาย ในขณะพักผ่อน กรดแลคติกส่วนใหญ่ (ประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์) จะถูกเปลี่ยนแปลงโดยตับ ให้กลายเป็นไกลโคเจน (โดยที่ไตอาจช่วยตับทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงสิ่งดังกล่าวด้วย) และกลูโคส ได้อีก โดยวัฏจักรที่เรียกว่า Cori หรือ Lactic acid cycle เหตุที่ตับ และไตต้องมามีบทบาทในกระบวน การ Gluconeogenesis (การสังเคราะห์ไกลโคเจนจากแหล่งที่ไม่ใช่กลูโคส ซึ่งอาจสังเคราะห์จากกรดแลคติก ไขมัน หรือโปรตีน) ก็เพราะกระบวนการ Gluconeogenesis ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในกล้ามเนื้อของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ดังนั้น ตับ และไตจึงต้องทำหน้าที่นี้แทน นอกจากตับ และไตจะทำหน้าที่ลดกรดแลคติกด้วยวิธีดังกล่าวแล้ว บางส่วนของกรดแลคติกยังถูกใช้โดยกล้ามเนื้อหัวใจ และกล้ามเนื้อลายทั่ว ๆ ไป ดังนั้น การที่จะพูดอย่างลอย ๆ ว่ากรดแลคติกเป็นกรดที่ไม่มีประโยชน์นั้น เป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้องนักแต่เราควรพูดว่าการที่มีกรดแลคติกในเลือดมากเกินไป จะทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อดำเนินต่อไปไม่ได้ เพราะไปยับยั้งการเผาผลาญไกลโคเจน

และกรดไขมัน ซึ่งเป็นแหล่งที่ใช้สังเคราะห์ ATP และยังมีฤทธิ์ที่จะไปกระตุ้นศูนย์ควบคุมต่าง ๆ ในสมอง เช่น ศูนย์ควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย ศูนย์ควบคุมการหายใจ

นอกจากนั้น Newman et al. (1937 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี, 2527) ยังมีหลักฐาน ที่แสดงให้เห็นว่าปริมาณของกรดแลคติกจะลดลงเร็วยิ่งขึ้น หากนักกีฬาออกกำลังกายเบา ๆ ภายหลังการออกกำลังกายหนักได้สิ้นสุดลง การค้นพบนี้ก็น่าเชื่อตรงที่ว่าขณะออกกำลังกายเบา ๆ (ซึ่งร่างกายไม่สร้างกรดแลคติกเพิ่มขึ้น) กระแสโลหิตไหลเวียนเร็วกว่าขณะอยู่เฉย ๆ จึงมีออกซิเจนไปช่วยเผาผลาญกรดแลคติกมากขึ้น นอกจากนั้น ยังน่าจะทำให้กรดแลตติกถูกขนส่งไปยังตับ ไต หัวใจได้เร็วขึ้น ทำให้ปริมาณของกรดแลคติกในร่างกายลดลงสู่ปริมาณปกติเร็วขึ้น ซึ่งก็ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของวิรัตน์ สนธิ์จันทร์ และประทุม ม่วงมี (2556) ที่พบว่า การฝึกอินเทอร์วาลจำนวน 8 สัปดาห์ ที่ระดับความหนัก 80-85 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด สามารถพัฒนาค่า VO_2max ทำให้มีออกซิเจนมากขึ้นในเลือด ซึ่งออกซิเจนทำหน้าที่พาเอากรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อได้มากยิ่งขึ้น ทำให้ปริมาณกรดแลคติกลดลง อัตราความเมื่อยล้าก็ลดลงตามไปด้วย

ระบบกรดแลคติก (Lactic acid system)

ระบบกรดแลคติก (Lactic acid system) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “แอนแอโรบิกไกลโคไลซิส” (Anaerobic glycolysis) เป็นระบบสลายกลูโคสโดยไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งเป็นการเผาผลาญกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์ ดังนั้น ในขณะที่เซลมีออกซิเจนไม่เพียงพอ เซลล์ก็ยังผลิตพลังงาน เอ.ที.พี.จำนวนเล็กน้อยจากกระบวนการสลายกลูโคสขั้นที่ 1 มาใช้ โดยเกิดผลผลิตคือกรดแลคติกแทนกรดไพรูวิก เช่น ในเซลล์กล้ามเนื้อของเรา เมื่อออกกำลังกายอย่างหนัก กระแสเลือดไม่สามารถนำเอาออกซิเจนมาให้เพียงพอกับความต้องการของเซลล์ ในภาวะเช่นนี้เซลล์กล้ามเนื้อจึงต้องสร้างพลังงานโดยไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดกรดแลคติกสะสมอยู่ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการเมื่อยล้า (Muscular fatigue) (พิชิต ภูติจันทร์, 2535)

การกระจาย และการสลายตัวของกรดแลคติก ประทุม ม่วงมี (2527) กล่าวว่า ส่วนหนึ่งของกรดแลคติกที่สร้างขึ้น และกระจายออกสู่กระแสโลหิต จะถูกควบคุมปริมาณ (Buffer) โดยไบคาร์บอเนต ไอออนในโลหิต อย่างไรก็ดีการมีกรดชนิดนี้มากจะทำให้ค่าของ pH ในกระแสโลหิตลดต่ำลง (pH ของโลหิตอาจลดลงถึง 0.7 หรือในบางรายอาจถึง 6.8) นั่นคือ ก่อให้เกิดสภาวะแห่งความเป็นกรดในโลหิตมากขึ้น ดังนั้น การออกกำลังกายหนักจึงเป็นผลให้เกิดภาวะที่เรียกว่า Hyperpnoea (การเพิ่มปริมาณของอากาศที่หายใจ คิดในช่วงเวลา 1 นาที) และผลสุดท้ายก็เกิดภาวะ Dyspnea (ภาวะที่เราหายใจอย่างรวดเร็ว รุนแรง เพื่อให้มีอากาศผ่านเข้า และออกจากปอดมากขึ้น หรือการหายใจลำบาก) จึงทำให้เราหายใจหนักมากหลังการออกกำลังกายหนัก เพราะว่าภาวะของความมีกรดสูงในโลหิต และการที่มีกรดแลคติกในเลือดมากเกินไป

Anaerobic lactic acid system เมื่อผ่าน 10 วินาทีแรกไป กล้ามเนื้อจะเริ่มทำการสลาย Glycogen ที่สะสมอยู่ ให้กลายเป็น Glucose และจะทำการสลาย Glucose ให้กลายเป็น ATP โดยไม่มีการใช้ Oxygen มาเกี่ยวข้องด้วย โดยระบบนี้จะกลายเป็นแหล่งพลังงานหลักภายในเวลา 30 วินาที ผลของการสลาย Glucose โดยไม่ใช้ Oxygen นี้ นอกจากจะให้ ATP จำนวนไม่มากแล้ว (เมื่อเทียบกับการใช้ Oxygen) ยังทำให้เกิดกรดแลคติกจำนวนมากสะสมไว้ในกล้ามเนื้อแทน ซึ่งทำให้กล้าม เนื้อเกิดสภาวะกรดขึ้น และจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดอาการล้า จึงจำเป็นต้องกำจัดออกไปอย่างรวดเร็วด้วยการเพิ่มปริมาณเลือดมาเลี้ยงกล้ามเนื้อให้มากขึ้น โดยการเพิ่มการทำงานของหัวใจ พร้อมกับเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ, การที่กล้ามเนื้อจะล้าเร็ว หรือช้าเพียงใด จะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการสร้าง และการกำจัดกรดแลคติก ระบบพลังงานนี้จะดำเนินต่อเนื่องเป็นเวลาประมาณ 2-2.5 นาที จึงจะเริ่มเข้าสู่ระบบที่ 3 คือ ระบบออกซิเจน

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบหากรดแลคติกในเลือด (Blood lactate) ทันทีหลังจากการทดสอบหาความสามารถเชิงแอนแอโรบิก โดยใช้วิธีการทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือด (Blood lactate analyzer) รุ่น Lactate Scout และแผ่นตรวจวัดแลคเตท (Lactate strip) ทั้งนี้ ในการเจาะเลือดเพื่อหากรดแลคติกนี้ ได้กระทำการตามหลักทางการแพทย์ และเพื่อความปลอดภัยไม่เป็นอันตรายแก่กลุ่มตัวอย่าง จึงดำเนินการโดยพยาบาลวิชาชีพ จากโรงพยาบาลลำพูน

ตัวแปรเชิงแอโรบิก

ความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max)

ความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max) หมายถึง ปริมาณก๊าซออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายใช้ไปในเวลา 1 นาที เป็นตัวบ่งชี้ถึงขีดความสามารถสูงสุด หรือสมรรถนะของคนในการสร้างพลังงานแบบออกซิเจน (Maximum aerobic power หรือ Maximum aerobic capacity) ซึ่งเป็นความสามารถของร่างกายที่ออกซิเจนที่หายใจเข้าไปในปอด เข้าไปสร้างพลังงานในเซลล์ได้มากที่สุดในระหว่างที่ร่างกายออกกำลังกายอย่างเต็มที่ หน่วยที่ใช้วัดอัตราการใช้ออกซิเจน (VO_2) สามารถวัดออกมาได้ทั้งหน่วยที่เป็นค่าสมบูรณ์ (Absolute) คือ ลิตรต่อนาที ($L.min^{-1}$) หรือมิลลิลิตรต่อนาที ($ml./ min^{-1}$) และหน่วยที่เป็นค่าสัมพันธ์ (Relative) คือ มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม (ของน้ำหนักตัว) ต่อนาที ($ml.kg.^{-1}/ min^{-1}$) และหน่วยที่เป็นการเปรียบเทียบอัตราการใช้ออกซิเจนระหว่างบุคคล หน่วยที่ใช้จะเป็นค่าสัมพันธ์ ทั้งนี้ เนื่องจากอัตราการใช้ออกซิเจนจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดของร่างกายในส่วนของหน่วยปริมาณ การใช้ออกซิเจนอาจจะนำ

น้ำหนักที่ปราศจากไขมัน (Fat-free mass) มาใช้แทนก็ได้ ดังนั้นหน่วยที่ใช้ คือ มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว ของมวลกล้ามเนื้อที่ปราศจากไขมัน: กิโลกรัมต่อนาที (ml.kg: $FFM^{-1}.min^{-1}$)

โดยเฉลี่ยคนทั่วไปขณะพักในท่านั่ง อัตราการใช้ออกซิเจนจะมีค่าประมาณ 200-300 มิลลิลิตรต่อนาที หรือ 3.5 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ($ml.kg.^{-1}/ min^{-1}$) ค่าการใช้ออกซิเจน (VO_2) ขณะพักนี้เรียกว่า 1 metabolic equivalent หรือ MET

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะแตกต่างกันไปตามสถานะ ได้แก่ อายุ เพศ ขนาดรูปร่าง และสมรรถภาพทางกาย ซึ่งจะเพิ่มตามอายุ โดยจะสูงสุดเมื่ออายุ 20-25 ปี ในเพศหญิง และอายุ 25-30 ปี ในเพศชาย จากนั้นจะค่อย ๆ ลดต่ำลง (American College of Sports Medicine, 2000)

ค่า VO_2max เป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการวัดความสมบูรณ์ของระบบหัวใจไหลเวียนเลือด สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นสิ่งที่ได้จากปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกไปในเวลา 1 นาที (Cardiac Output: CO) มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที ซึ่งสามารถขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อมากขึ้นและความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนในเส้นเลือดแดงกับเส้นเลือดดำ ($a\text{-}VO_2$ Difference) จะขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนสูงสุดในเส้นเลือดแดงในการดึงเอาออกซิเจนออกจากเลือดของเซลล์กล้ามเนื้อที่กำลังทำงานอยู่ และปริมาณออกซิเจนน้อยสุด ในเส้นเลือดดำผู้ที่ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะเป็นผู้ที่มีความสามารถในการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ได้เป็นเวลานาน ไม่เหนื่อยง่าย เพราะมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนที่ดี เนื่องจากในร่างกายมีหัวใจ และหลอดเลือดที่แข็งแรง ปอดมีพื้นที่สำหรับแลกเปลี่ยนก๊าซมากขึ้นทำให้ มีประสิทธิภาพในการลำเลียงออกซิเจนสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งตรงกับงานวิจัยของ Matsuo et al. (2014) ได้ศึกษาวิจัยผลของการออกกำลังกายอินเทอร์วาลแบบแอโรบิกในระดับความเข้มข้นปริมาณต่ำที่มีต่อความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ และปริมาณการเต้นของหัวใจ พบว่าความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max) มีการปรับตัวดีขึ้น

ประทุม ม่วงมี (2527) กล่าวว่า ปัจจัยที่จะชี้ให้เห็นถึงปริมาณ VO_2 ออกซิเจนจะถูกส่งไปให้กล้ามเนื้อใช้ให้ได้มากน้อยเท่าไรขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักที่สำคัญ 4 อย่างคือ

1. ปริมาณของอากาศที่เข้าสู่ปอด (Minute ventilation) โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว การเพิ่มปริมาณงานที่ร่างกายต้องทำจะทำให้ปริมาณของอากาศที่เข้าสู่ปอดมีมากขึ้น ทำให้เกิดการหายใจลึก ซึ่งเป็นการเพิ่มความดันเฉพาะส่วนของออกซิเจน (Po_2) ในถุงลมของปอดมีหลักอยู่ว่า เมื่อไรก็ตามเมื่อความดันเฉพาะส่วนของออกซิเจน (Po_2) มีค่ามากขึ้น อัตราการฟุ้งกระจาย (Diffusion) และการขนส่ง (Transport) ไปให้เซลล์ โดยกระแสโลหิตจะมีมากขึ้นตามไปด้วย

2. ความสามารถของโลหิตที่จะรับออกซิเจนเข้าไปได้ ในโลหิตจะมีสารประกอบทางเคมีชื่อฮีโมโกลบิน ซึ่งจะทำหน้าที่ให้ออกซิเจนที่ฟุ้งกระจายเข้ามาสู่ปอดเกาะ เพื่อนำไปให้เซลล์ในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ปกติในเลือดของผู้ชาย และผู้หญิงไทยจะมีฮีโมโกลบินราว ๆ 13 และ 12 กรัม เปอร์เซ็นตามลำดับ (ในขณะที่ชาย และหญิงชาวอเมริกันจะมีประมาณ 15 และ13.5 กรัม เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) ดังนั้น หากเลือดมีฮีโมโกลบินมากก็ย่อมจะรับเอาออกซิเจนเข้าไปได้มาก

3. ความต้องการออกซิเจนของเนื้อเยื่อในพื้นที่ระดับน้ำทะเล เช่น ที่บางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี เลือด 100 มิลลิลิตร จะมีออกซิเจนอยู่ราว ๆ 20 มิลลิลิตร โดยทั่วไปขณะพักผ่อน เลือด 100 มิลลิลิตร จะปล่อยออกซิเจนให้กับเนื้อเยื่อประมาณ 4.5 มิลลิลิตร แต่ขณะออกกำลังกายหนักอัตราการปล่อยอาจเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่า ดังนั้น จึงทำให้ต้องมีการนำเอาออกซิเจน จากบรรยากาศมาทดแทนในส่วนที่เลือดได้สละให้กับเนื้อเยื่อมากขึ้น

4. ปริมาณของเลือดที่หัวใจฉีดออกสู่ Aorta ในช่วง 1 นาที (Cardiac output ใช้ตัวย่อ $Q^{\cdot}$) เมื่อไรก็ตามที่ $Q^{\cdot}$ มีปริมาณสูงขึ้น เช่น ขณะออกกำลังกาย VO_2 ก็จะสูงตามไปด้วย ดังนั้น คนที่มี $Q^{\cdot}$ สูง จึงสามารถรับเอาออกซิเจนเข้าไปได้มากกว่าผู้ที่มี $Q^{\cdot}$ ต่ำกว่า อาจนับได้ว่า $Q^{\cdot}$ เป็นสิ่งที่คอยกำหนดปริมาณ VO_2max สัญลักษณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งของนักกีฬาที่มีความอดทนสูง คือ การที่ $Q^{\cdot}$ สูง ซึ่งจะทำให้มี VO_2max สูงตามไปด้วย

ตารางที่ 2-1 ค่า VO_2max ของนักกรีฑาทีมชาติไทย และคนทั่วไป (รายงานเป็น มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที) (ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา องค์การส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทย, 2527)

ประเภท	ชาย	หญิง
คนทั่วไป	40-50	30-40
นักวิ่งระยะทางสั้น	50-60	40-50
นักวิ่งระยะทางกลาง	60-70	50-60
นักวิ่งระยะทางไกล	มากกว่า 70	มากกว่า 60

ความอดทนของระบบการไหลเวียนของโลหิต และระบบการหายใจ

สิ่งนี้อาจเป็นเป้าหมายสำคัญที่สุดของการฝึกร่างกาย เพราะหากร่างกายของใครก็ตามที่มีอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบนี้ เช่น หัวใจ หลอดโลหิตชนิดต่าง ๆ ปอดไม่แข็งแรงไม่อดทน คน ๆ นั้นจะมีชีวิตอยู่อย่างมีปัญหาในเรื่องสุขภาพ

การฝึกออกกำลังกายทำให้มีความอดทนได้ ก็อาจเป็นเพราะสิ่งต่าง ๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น

1. กล้ามเนื้อหัวใจขยายใหญ่ขึ้น (Cardiac hypertrophy)
2. ปริมาณของเลือดที่หัวใจปั๊มออกไปเลี้ยงร่างกายครั้งหนึ่ง ๆ (Stroke volume) มีมากกว่า
3. อัตราการเต้นของหัวใจไม่จำเป็นต้องสูงในการทำงานที่มีความเข้มข้นเท่ากัน
4. หลอดโลหิตมีความยืดหยุ่นดีขึ้น และปริมาณของเส้นโลหิตฝอยที่จะเปิดเป็นทางผ่านของโลหิตก็มากขึ้น (Increase vascularizaion) ทำให้มีโลหิตไปสู่กล้ามเนื้อต่าง ๆ ที่อยู่ไกล ๆ ออก ไป (Peripheral circulation) มีมากขึ้น Karpovich and Sinnig (1971) พบว่า ปริมาณของเส้นโลหิตฝอยที่เปิดเป็นทางเดินของโลหิตในหนูที่ได้รับการฝึกอย่างดี มีมากกว่าหนูที่ไม่ได้รับการฝึก, ระหว่าง 40-45 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้น ภายหลังของการฝึกจะพบว่า ปริมาณของเม็ดโลหิตแดงก็มีมากขึ้น และฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) มากขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นประโยชน์ต่อการจับออกซิเจนเพื่อนำไปแจกจ่ายยังกล้ามเนื้อทำให้การสร้างพลังงานแบบแอโรบิกดำเนินไปด้วยดี ส่งผลให้อัตราการสร้างกรดแลคติกลดน้อยลง อันจะทำให้การออกกำลังกายแบบแอโรบิกดำเนินไปด้วยดีขึ้น
5. เมื่อการไหลเวียนของโลหิตดีขึ้น ทำให้การขนส่งเชื้อเพลิงที่จะนำมาใช้ในการสร้างพลังงานในระยะยาวคือกรดไขมัน (Free fatty acids) เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การสร้างพลังงานแบบแอโรบิกดำเนินไปได้ด้วยดี นอกจากนั้นยังทำให้การขนถ่ายของเสียจากกระบวนการเมตตาโบลิซึ่มดำเนินไปได้ด้วยดีอีกด้วย
6. การฝึกทำให้กล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจมีความอดทน-ยืดตัวได้มากขึ้น เป็นผลทำให้เราสามารถสูดเอาออกซิเจนเข้าไปได้มาก (ขณะหายใจเข้า) และส่งคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาได้มาก (ขณะหายใจออก)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความอดทนของระบบไหลเวียน และหายใจ

1. อายุของมนุษย์ที่เกิดมา ประทุม ม่วงมี (2527) กล่าวว่า ก่อนที่คนเราจะมีอายุย่างเข้าสู่วัยรุ่น VO_2max ของเด็กชาย และเด็กหญิงจะไม่แตกต่างกัน แต่พอหลังจากนั้น VO_2max ของผู้หญิงจะอยู่ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ของผู้ชาย VO_2max ของทั้งสองเพศจะสูงสุดเมื่ออายุราว ๆ 18-20 ปี แล้วจะค่อย ๆ ลดลงโดยเฉลี่ยแล้วเมื่อถึงอายุ 60 ปี จะเหลือเพียง 70 เปอร์เซ็นต์ ของเมื่ออายุ 25 ปี นอกจากนั้น Astrand and Rodahl มีข้อมูลที่แสดงให้เห็นว่าชายอายุ 65 ปี กับหญิงอายุ 25 ปี จะมี VO_2max ที่ใกล้เคียงกันมาก อนึ่ง VO_2max อาจเพิ่มขึ้นระหว่าง 10-20 เปอร์เซ็นต์ หลังการฝึกอย่างเข้มข้นเป็นเวลานาน นอกจากนั้น การที่ปริมาณของออกซิเจนในบรรยากาศลดลง เมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้นในคน ๆ เดียวกันจะมี Cardiac output ที่ระดับน้ำทะเลมากกว่าพื้นที่ ที่มีความสูง 6,000 ฟุต ประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์

มีสิ่งที่ทำให้น่าคิดอยู่อย่างหนึ่งว่า ความสามารถในการทำงาน หรือออกกำลังกายที่ต้องใช้ความอดทนนั้นมักจะถึงขีดสุดเมื่อนักกีฬามีอายุใกล้ ๆ 30 ปี ทั้ง ๆ ที่ VO_2max ถึงขีดสูงสุดเมื่ออายุ 18-20 ปี ดังที่ได้มาแล้ว ในเรื่องนี้จะต้องมีการพิจารณากันใน 2 ประการ ประการที่หนึ่ง กิจกรรมทางกายของผู้ที่มีอายุต่ำกว่า 20 ปี มักมีมากกว่าผู้ที่มีอายุสูงกว่า โดยเฉพาะเมื่อพลศึกษาเป็นวิชาบังคับในโรงเรียนแล้ว ผลของการฝึกนี้บวกกับการฝึกอยู่อย่างสม่ำเสมออาจทำให้ VO_2max อยู่ในระดับสูงต่อไปอีกช่วง 10 ปี ก็เป็นได้ ประการที่สอง ความสามารถในการทำงานออกกำลังกายหรือแข่งขันยังขึ้นอยู่กับเทคนิค และวิธีการเล่น แรงจูงใจ การฝึกอย่างเข้มข้นถูกต้องตามแบบแผนตลอดจนประสบการณ์ อาจทำให้ขีดความสามารถสูงขึ้นในระยะอายุดังกล่าวได้

การลดลงของ VO_2max ตามอายุนั้นอาจเป็นเพราะการที่ค่าสูงสุดของอัตราการเต้นของหัวใจ (Maximum heart rate) ลดลงตามอายุจะเห็นว่าค่าสูงสุดของ อัตราการเต้นของหัวใจลดลงจาก 195 ครั้งต่อนาที เมื่ออายุ 25 ปี เหลือประมาณ 155 ครั้งต่อนาที เมื่ออายุ 60 ปี การที่มีค่าสูงสุดของอัตราการเต้นของหัวใจลดลงตามอายุเช่นนี้ก็ย่อมเป็นที่แน่นอนว่า ค่าสูงสุดของ Cardiac output จะลดลง ซึ่งเป็นผลทำให้ความสามารถของระบบการไหลเวียนของโลหิตที่ขนส่งออกซิเจนลดลงตามไปด้วย ดังนั้น VO_2max จึงต้องลดลงตามอายุ

2. เพศ กระบวนการทางสรีรวิทยาของผู้หญิง และผู้ชายก่อนเข้าสู่วัยรุ่นมีความเหมือนและคล้ายคลึงกันอยู่หลายอย่าง เช่น ความสามารถทางกายอาจจะมีความพอ ๆ กัน ในเด็กผู้หญิงและผู้หญิง ที่มีสุขภาพดีจะมีค่าความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ ต่ำกว่าเด็กผู้ชายและผู้ชาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ต่ำกว่าร้อยละ 20-25) สามารถแบ่งช่วงของความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ ตามอายุ เพศ และชนิดกีฬาได้ ดังในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การเปรียบเทียบความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ของบุคคลทั่วไป ในนักกีฬาเพศชาย และเพศหญิงแต่ละชนิดกีฬา (Wilmore et al., 2008)

Group	**Age**	**Males** **(ml/ kg^{-1}/ min^{-1})**	**Females** **(ml/ kg-^{1}/ min^{-1})**
No athletes	10-19	47-56	38-46
	20-29	43-52	33-42
	30-39	39-48	30-38
	40-49	36-44	26-35
	50-59	34-41	24-33
	60-69	31-38	22-30
	70-79	28-35	20-27
Baseball/ softball	18-32	48-56	52-57
Basketball	18-30	40-60	43-60
Bicycling	18-26	62-74	47-57
Canoeing	22-28	55-67	48-52
Football	20-36	42-60	-
Gymnastics	18-22	52-58	36-50
Ice hockey	10-30	50-63	-
Jockey	20-40	50-60	-
Orienteering	20-60	47-53	46-60
Racquetball	20-35	55-62	50-60
Rowing	20-35	60-72	58-65
Skiing, alpine	18-30	57-68	50-55
Skiing, nordic	20-28	65-94	60-75
Ski jumping	18-24	58-63	-
Soccer	22-28	54-64	50-60
Speed skating	18-24	56-73	44-55
Swimming	10-25	50-70	40-60

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

Group	**Age**	**Males** **(ml/ kg^{-1}/ min^{-1})**	**Females** **(ml/ kg-^{1}/ min^{-1})**
Track and field, discus	22-30	42-55	-
Track and field, running	18-39	60-85	50-75
	40-75	40-60	35-60
Track and field, shot put	22-30	40-46	-
Volleyball	18-22	-	40-56
Weightlifting	20-30	38-52	-
Wrestling	20-30	52-65	-

ตารางที่ 2-3 ความแตกต่างทางภายวิภาค และสรีรวิทยาระหว่างผู้หญิงกับผู้ชายทั่วไป ภายหลังเข้าสู่วัยรุ่น (ประทุม ม่วงมี, 2527)

รายการ	**หญิง**	**ชาย**
1. น้ำหนัก	น้อยกว่า	มากกว่า
2. ความสูง	น้อยกว่า	มากกว่า
3. ความกว้างของไหล่-ความยาวของแขนขา (เมื่อเทียบกับความยาวของลำตัว)	น้อยกว่า	มากกว่า
4. ความกว้างของกระดูกเชิงกราน	มากกว่า	น้อยกว่า
5. น้ำหนักของกระดูก	น้อยกว่า	มากกว่า
6. ความจุปอด	น้อยกว่า	มากกว่า
7. ความกว้างของผิวหน้าของถุงลมปอด (Alveolar surface area)	แคบกว่า	กว้างกว่า
8. มวล น้ำหนัก และขนาดของกล้ามเนื้อ	น้อยกว่า	มากกว่า
9. เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย	มากกว่า	น้อยกว่า

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

รายการ	หญิง	ชาย
10. $\dot{Q}$	น้อยกว่า	มากกว่า
11. Stroke volume	น้อยกว่า	มากกว่า
12. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักผ่อน	สูงกว่า	ต่ำกว่า
13. ความสามารถในการเต้นสูงสุดของหัวใจ	ต่ำกว่า (เล็กน้อย)	สูงกว่า (เล็กน้อย)
14. ขนาดของหัวใจ	เล็กกว่า	ใหญ่กว่า
15. ปริมาณของเม็ดเลือดในเลือด	น้อยกว่า	มากกว่า
16. ปริมาณของฮีโมโกบิ้นในเลือด	น้อยกว่า	มากกว่า
17. VO_2max	ต่ำกว่า	สูงกว่า
18. ความทนต่อการเป็นหนี้ออกซิเจน	น้อยกว่า	มากกว่า

3. การฝึกโดยทั่ว ๆ ไป ที่เป็นฐานของสมรรถภาพ คือ ความอดทนแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic endurance) เป็นสมรรถภาพพื้นฐานของนักกีฬาทุกประเภท เพราะจะทำให้สามารถทำการแข่งขันได้เป็นระยะเวลานานขึ้น เนื่องด้วยมีปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มมากขึ้น เช่น งานวิจัยของ Sloth, Sloth, Overgaard and Dalgas (2013) ได้ศึกษาผลของการฝึกความเร็วแบบอินเทอร์วาลที่มีต่อประสิทธิภาพการนำเอาออกซิเจนไปใช้สูงสุด (VO_2max) และประสิทธิภาพของการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ซึ่งผลการ ศึกษาพบว่า มีการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพในการออกกำลังกายแบบแอโรบิก และประสิทธิภาพความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max) ในกลุ่มที่ฝึกความเร็วแบบอินเทอร์วาลเพิ่มขึ้น ซึ่งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ McMillan, Helgerud, Macdonald and Hoff (2005) ที่ได้ศึกษาการปรับตัวทางสรีรวิทยาในการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่มีความเข้มข้นสูงจำนวน 10 สัปดาห์ ของนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนระดับอาชีพ ผลการวิจัยพบว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเข้มข้นสูงเป็นเวลา 4 นาที โดยการเลี้ยงลูกฟุตบอลอ้อมผ่านหลักที่ออกแบบ โดยเฉพาะร่วมกับการฝึกฟุตบอลตามปกติ ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นใน ประสิทธิภาพของ VO_2max ของผู้เล่นฟุตบอลดีขึ้น และไม่มีผลกระทบต่อ ความแข็งแรง, ความสามารถในการกระโดด และประสิทธิภาพการทำงานจากการวิ่ง นอกจากนี้ ยังทำให้มีประสิทธิภาพในการฟื้นสภาพร่างกาย หรือหายเหนื่อยได้อย่างรวดเร็ว โดยแหล่งพลังงานที่ใช้มาจากระบบแอโรบิก

(Aerobic system) และยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญสำหรับนักวิ่งระยะไกล เดินทน หรือมาราธอน อีกด้วย

4. สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) กล่าวว่า อุณหภูมิกายของคนมีค่าคงที่ คือ ประมาณ 37 องศาเซลเซียส (°C) หรือ 98 องศาฟาเรนไฮน์ (°F) และอุณหภูมิจะถูกควบคุมให้คงที่อยู่เสมอภายในช่วง 1 องศาฟาเรนไฮน์ (°F) แม้อุณหภูมิภายนอกร่างกายจะเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้ เพราะร่างกายมีกลไกลควบคุมอุณหภูมิที่ดี และเมื่อมีการออกกำลังกาย จะทำให้ร่างกายสร้างความร้อนเพิ่มขึ้น อุณหภูมิอาจจะเพิ่มขึ้นถึง 40 องศาเซลเซียส (°C) หรือ 107 องศาฟาเรนไฮน์ (°F) ร่างกายจึงต้องเพิ่มกลไกการขับความร้อนออกจากร่างกาย ด้วยการหลั่งเหงื่อเพื่อเป็นการระบายความร้อนของร่างกาย ซึ่งอุณหภูมิที่ร้อนจะส่งผลต่อการลดลงของประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกาย

ในการวิจัยครั้งนี้ ตัวแปรเชิงแอโรบิก คือความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max) ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max) โดยใช้ Multistage fitness test or beep test ในการทดสอบ

ความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

หลักแห่งความเฉพาะของการฝึก (Principles of specificity)

เป็นหลักการฝึกที่เกี่ยวกับการประกอบกิจกรรม จะมีผลเฉพาะตามชนิดของการกระตุ้น หรือชนิดของกิจกรรม ตามความต้องการที่จะพัฒนาส่วนต่าง ๆ ของร่างกายโดยอาศัยหลักการที่ว่าร่างกายของเราจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามรูปแบบของการฝึก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อ และระบบทุกระบบภายในร่างกาย เช่น ถ้าฝึกยกน้ำหนักในท่า Biceps curl (ต้นแขนด้านหน้า) ก็จะทำให้กล้ามเนื้อ Biceps ของเราแข็งแรงขึ้น แต่กล้ามเนื้อหน้าท้องของเราจะไม่มีการพัฒนาความแข็งแรงตามไปด้วย ถ้าฝึกวิ่งในที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลร่างกายของเราก็จะปรับ ตัวให้สามารถออกกำลังกายในที่บรรยากาศเบาบางได้ดี สำหรับในนักกีฬาการฝึกกีฬาประเภทต่าง ๆ จำเป็นต้องฝึกนักกีฬาให้ได้ตามลักษณะกีฬานั้น เช่น นักกรีฑาประเภททุ่ม พุ่ง ขว้าง จำเป็นจะต้องฝึกให้กล้ามเนื้อใหญ่ และมีความแข็งแรงมากกว่านักวิ่งระยะทางไกล สรุปเพื่อให้เข้าใจง่าย ๆ ก็คือ จะแข่งอย่างไรก็พยายามฝึกอย่างนั้น หรืออยากให้เกิดสมรรถนะร่างกายอย่างไรตอนแข่งขัน ตอนฝึกก็ควรต้องฝึกอย่างนั้น (McArdle, Katch & Katch, 2000)

หลักของโอเวอร์โหลด (Overload principles หรือ Principles of overload)

เป็นหลักที่ว่าด้วยการฝึกด้วยการเพิ่มความหนักของการฝึกมากขึ้นกว่าความหนักเดิมที่ร่างกายเคยทำได้ โดยอาศัยหลักที่ว่าระบบต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น จะต้องได้รับความตึงเครียดจาก

การฝึกซ้อม เช่น การที่จะเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมัดนั้น ๆ กล้ามเนื้อก็จะต้องได้รับการฝึกจากน้ำหนักที่มากกว่าปกติ การเพิ่มความอดทนของกล้ามเนื้อจะสามารถทำได้โดยการเพิ่มระยะเวลาของการฝึกให้นานขึ้น การเพิ่มความอ่อนตัวก็ทำได้โดยการยืดกล้ามเนื้อให้ได้มากขึ้น หรือยืดกล้ามเนื้อให้นานขึ้นกว่าปกติที่เคยทำ จากหลักการข้างต้นการพัฒนา หรือผลของการฝึกซ้อมจะเกิดขึ้นจากการที่ร่างกายทำงานเหนือกว่าระดับกิจกรรม หรือพฤติกรรมปกติในชีวิตประจำวัน ซึ่งความหนักจะเป็นการเพิ่มแรงต่อระบบการทำงานของร่างกายในจำนวนที่มากกว่าปกติ เช่น การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะต้องมีการทำงานแบบแรงต้าน หรือรับแรงต้านที่มากกว่าปกติ โดยกล้ามเนื้อสามารถรับน้ำหนักมากกว่าปกติจากการเพิ่มความหนักของการฝึก และมีการพบว่าในทางตรงกันข้ามถ้าร่างกายไม่ได้รับการฝึก หรือลดการใช้งานของกล้ามเนื้อลง มวลของกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงก็จะลดลงตามไปด้วย

การฝึกด้วยความหนักเกินกว่าปกติจะทำให้ร่างกายเกิดความเมื่อยล้า (Fatigue) ระดับความสามารถจะลดต่ำลงกว่าปกติ เมื่อการฝึกซ้อมจบลงระดับความสามารถจะมีการฟื้นสภาพ (Recovery) หลังจากนั้นระดับของสมรรถภาพของร่างกายจะเพิ่มสูงกว่าระดับเริ่มต้น ซึ่งเป็นผลจากการปรับชดเชยมากขึ้นกว่าปกติ (การปรับชดเชยมากกว่าปกติเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นกับร่างกายภายหลังจากร่างกายได้รับการกระตุ้นที่เหมาะสม) โดยการที่ร่างกายมีการปรับชดเชยขึ้นมามากกว่าปกตินั้นมาจากระดับความหนัก (Intensity) ของการฝึกซ้อมที่นำมาใช้ในการกระตุ้นจะเป็นตัวกำหนดระดับในการตอบสนองของร่างกาย แต่การฝึกโดยใช้หลักน้ำหนักเกินนี้จะต้องระวังให้มีระดับความหนัก (Intensity) ที่เหมาะสมไม่น้อย หรือมากเกินไปเพราะถ้าระดับความหนักน้อยเกินไปร่างกายก็จะไม่เกิดการพัฒนา แต่ถ้าระดับความหนักมากเกินไปก็จะเกิดภาวะฝึกเกิน Overtraining ซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดอาการบาดเจ็บ และอาจทำให้นักกีฬาท้อจนเลิกฝึกไป

หลักแห่งความค่อยเป็นค่อยไป (Principles of progressiveness)

หลักความก้าวหน้าของการฝึก คือ หลักการฝึกที่คำนึงถึงความก้าวหน้าของความหนักในการฝึกซ้อมที่ต้องมีความต่อเนื่อง และเพิ่มขึ้นเป็นลักษณะการฝึกซ้อมแบบระยะยาว ถ้าต้องการให้สมรรถภาพมีการปรับปรุงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จำนวนในการฝึกซ้อมจะสัมพันธ์กับพัฒนาการทางด้านความสามารถ และจะคู่ขนานกันตลอด ถ้าความหนักของการฝึกซ้อมคงไว้ที่ระดับเดียว อัตราการพัฒนาจะลดลง และสมรรถภาพจะเพิ่มขึ้นเพียงช่วงระยะเวลาหนึ่ง สิ่งสำคัญของการเพิ่มความหนักต้องไม่เพิ่มขึ้นช้า หรือเร็วจนเกินไป ถ้าสมรรถภาพมีการปรับปรุงอย่างเหมาะสม การเพิ่มขึ้นช้ามากจะเป็นผลในการจำกัดการปรับปรุงสมรรถภาพทางกาย ส่วนการเพิ่มขึ้นเร็วเกินไป จะส่งผลให้ร่างกายเกิดความเมื่อยล้า (Fatigue) และการบาดเจ็บจากการฝึกมากเกินไป (Overtraining)

ความก้าวหน้าในการฝึกความแข็งแรงด้วยการเพิ่มน้ำหนักอย่างค่อยเป็นค่อยไป ในนั้นเราเรียกว่า หลักการเพิ่มแรงต้านแบบก้าวหน้า Progressive Resistance Exercise (PRE) การเพิ่มความหนักของงานนั้นจะต้องไม่เพิ่มมากจนเกินไป ซึ่งอาจก่อให้เกิดอาการบาดเจ็บ หรือล้าเรื้อรัง และต้องไม่น้อยเกินไปจนไม่สามารถพัฒนาสมรรถภาพทางกายได้ตามที่ต้องการ ความเหมาะสมการเพิ่มความหนักของงานด้วยอัตราความก้าวหน้าอย่างปลอดภัยนั้น จะขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของนักกีฬาแต่ละคน ยังไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่ชัดแต่อาจจะใช้วิธีร้อยละ 10 คือ ความหนัก (เข้มข้น) และความนานของการฝึก จะต้องไม่เพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 10 ต่อสัปดาห์ เช่น นักวิ่งที่เคยฝึกวิ่งเป็นเวลา 20 นาทีต่อวัน จะสามารถเพิ่มเวลาให้นานออกไปเป็น 22 นาทีต่อวัน ในสัปดาห์ต่อไป และที่สำคัญเมื่อฝึกจนได้สมรรถภาพทางกายที่ต้องการแล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องเพิ่มความเข้มข้น และความนานของการฝึกแล้ว แต่ควรที่จะฝึกเพื่อที่จะรักษาสมรรถภาพที่ต้องการเอาไว้

หลักของการฝึกวันหนักสลับวันเบา (Principles of hard and easy day)

หลักการนี้เป็นการเข้าใจถึงร่างกาย เมื่อร่างกายได้ถูกใช้งานอย่างหนัก ในช่วงต่อไปร่างกายก็ต้องสลับด้วยการฝึกเบาลงในวัน หรือช่วงถัดไป ทั้งนี้เพื่อให้ร่างกายได้ฟื้นตัว ได้พักผ่อนและเติมแหล่งเชื้อเพลิงกลับคืน

หลักแห่งความแตกต่างของตัวนักกีฬา (Principles of individuality)

จากนักกีฬาแต่ละคนจะมีพื้นฐาน และศักยภาพที่แตกต่างกัน ดังนั้น การฝึกอย่างหนึ่งอาจจะได้ผลดีกับนักกีฬาคนหนึ่งแต่อาจจะไม่เหมาะสมในนักกีฬาอีกคน เช่น ในการฝึกยกน้ำหนักนักกีฬาแต่ละคนจะมีน้ำหนัก และท่ามาตรฐานที่ไม่เหมือนกัน จึงจำเป็นจะต้องปรับวิธีการต่าง ๆ ให้เหมาะสมในแต่ละคน ดังนั้น เมื่อมีการกำหนดเป้าหมายของการฝึกได้แล้ว จะต้องมีการประเมินสมรรถภาพของนักกีฬาเป็นรายคน เพื่อกำหนดวิธีการฝึกที่เหมาะสมกับแต่ละบุคคล

หลักแห่งการวกกลับของสมรรถนะร่างกาย (Principles of reversibility)

เมื่อร่างกายมีการหยุดฝึก หรือหยุดออกกำลักกาย สมรรถภาพต่าง ๆ จะมีค่าลดลงตามระยะเวลาที่หยุดการฝึก ความแข็งแรงจะลดลงร้อยละ 10 หากหยุดออกกำลังกายเป็นเวลา 2 เดือน ในขณะที่ความอดทนจะลดลงไปร้อยละ 30-40 หากหยุดฝึกเป็นเวลาเท่ากัน จากการศึกษาวิจัยในนักกีฬาที่เข้าร่วมการแข่งขันกีฬาโอลิมปิก พบว่า เมื่อนักกีฬาหยุดการฝึกซ้อมเป็นเวลา 8 สัปดาห์ จะทำให้การใช้ออกซิเจนสูงสุดลดลงร้อยละ 8 และเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 4 ภายหลังกลับมาฝึกซ้อมใหม่เป็นเวลา 8 สัปดาห์ (Godfrey, Ingham, Pedlar &Whyte, 2005) ดังนั้น การจะรักษาสมรรถภาพทางกายเอาไว้จะต้องมีการฝึกอย่างสม่ำเสมอ

การวิ่งระยะทาง 400 เมตร

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์ (2536) กล่าวว่า การออกกำลังกายระยะสั้น ในการวิ่ง ได้แก่ การวิ่งระยะ 100, 200 และ 400 เมตร เป็นต้น รวมทั้งการออกกำลังกายอย่างอื่นที่มีความหนัก และสามารถกระทำได้ไม่เกิน 2-3 นาที เท่านั้น ในการออกกำลังระยะนี้ต้องอาศัยเชื้อ เพลิงที่สำคัญ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต รองลงมา คือ ไขมัน ส่วนโปรตีนนั้นเกี่ยวข้องน้อยมาก และเป็นการใช้ระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก ทั้งนี้ เนื่องจากว่าระบบแอโรบิกแต่เพียงอย่างเดียวไม่สามารถป้อนพลังงานให้ได้เพียงพอ ซึ่งมีข้อจำกัดเหตุผล 2 ประการ ที่เกี่ยวข้องของระบบแอโรบิกในการออกกำลังกาย คือ หนึ่งบุคคลแต่ละคน จะมีเพดานสำหรับความสามารถทางด้านแอโรบิก หรือเรียกว่าเป็นความสามารถสูงสุดของการใช้ออกซิเจน (VO_2max) และสองจะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 2-3 นาที สำหรับการใช้ออกซิเจน ที่จะปรับตัวให้เพิ่มขึ้นจนถึงระดับสูงได้ ตัวอย่าง เช่น ผู้ที่ได้รับการฝึกดีแล้ว จะมีกำลังแอโรบิกสูงสุด (Maximum aerobic power) 3 และ 5 ลิตร ของออกซิเจนต่อนาที สำหรับหญิง และชายตามลำดับ แต่สำหรับผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก จะมีค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดประมาณ 2.2 ลิตรต่อนาที สำหรับหญิง และ 3.2 ลิตรต่อนาที สำหรับชาย ค่าของการใช้ออกซิเจนที่ระดับนี้นั้น ไม่เพียงพอที่จะป้อน เอ.ที.พี. ให้สำหรับการวิ่ง 100 เมตร ซึ่งต้องการถึง 45 ลิตรต่อนาที การวิ่ง 100 เมตรในเวลา 10 วินาทีนั้น ต้องจะต้องใช้ออกซิเจน ประมาณ 8 ลิตร ระยะ เวลาที่ซึ่งระดับของการใช้ออกซิเจนต่ำกว่าระดับความจำเป็นที่ต้องป้อนให้แก่ เอ.ที.พี.ที่ต้องการนั้นเรียกว่า การขาดออกซิเจน (Oxygen deficit) ดังนั้น ในระยะนี้จึงต้องการพลังงานจากระบบฟอสฟาเจน และการสลายกลัยโคเจนด้วยวิธีแอนแอโรบิก ซึ่งหมายความว่าในการออกกำลังกายอย่างหนักในระยะสั้นนั้น จะต้องมีการขาดออกซิเจนตลอดช่วงของการออกกำลังกาย และเข้าสู่กระบวน การสลายกลัยโคเจนชนิดแอนแอโรบิก ซึ่งจะทำให้กรดแลคติกคั่งมาก การหดตัวของกล้ามเนื้อก็จะถูกยับยั้งด้วย จึงทำให้เกิดการเมื่อยล้า กรดแลคติกที่คั่งอาจมีระดับสูงถึง 200 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ได้ ซึ่งมากกว่าระดับปกติถึง 20 เท่า

ลักษณะเฉพาะของการฝึกวิ่งระยะสั้น

ลักษณะเฉพาะของการฝึกวิ่งระยะสั้น มีเทคนิค และวิธีการฝึกมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันออกไปจากการฝึกซ้อมกรีฑาประเภทอื่น ต้องอาศัยหลักการทางทฤษฎี และความรู้เกี่ยวกับการทำหน้าที่ของอวัยวะระบบต่าง ๆ ในร่างกายขณะฝึกซ้อมออกกำลังกาย (Physiology of exercise) การวิเคราะห์องค์ประกอบที่สำคัญ และขีดความสามารถในการเคลื่อนไหว ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญของการฝึกวิ่งระยะสั้นดังต่อไปนี้

1. ความเร็ว (Speed)
2. ความอดทนพิเศษเฉพาะด้าน (Special endurance)

3. ความเร็วแบบอดทนต่อเนื่อง (Tempo endurance)
4. ความอดทนทั่วไป (General endurance)
5. ความแข็งแรง (Strength)
6. กำลังความเร็ว (Power speed)
7. กำลังความเร็วแบบผสม (Power speed-mixed)
8. ความแข็งแรงอดทน (Strength endurance)
9. ความแข็งแรงอดทนแบบผสม (Strength endurance-mixed)

ความเร็ว (Speed)

Martens (2012) กล่าวว่า ความเร็ว (Speed) คือ ความสามารถในการเคลื่อนไหวร่างกาย หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกาย จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งอย่างรวดเร็ว โดยใช้เวลาสั้นที่สุด ซึ่งก็หมายถึง ระยะทางที่เคลื่อนไหวหารด้วยเวลาเป็นอัตราความเร็ว

การฝึกความเร็ว จะได้ผลดีบังเกิดประสิทธิภาพเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับการกำหนดระยะทาง และการพิจารณาเลือกใช้รูปแบบวิธีการฝึกได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้ การฝึกวิ่งแต่ละเที่ยว ผู้ฝึกสอนกีฬาจะต้องเน้นให้นักกีฬาพยายามใช้ความเร็วในการวิ่งเต็มที่ทุกเที่ยว ระยะทางที่ใช้ในการฝึก ความเร็วที่ให้ผลอย่างแท้จริง คือ ระยะทางในช่วง 20-60 เมตร จำนวนเที่ยวที่ใช้ในการฝึก โดยเฉลี่ยประมาณ 6-8 เที่ยว สำหรับระยะทางฝึกที่ไม่เกิน 30 เมตร และประมาณ 4-6 เที่ยว สำหรับระยะทางฝึก 50-60 เมตร การกำหนดช่วงเวลาพักในการฝึกวิ่งแต่ละเที่ยวจะมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะทางที่ใช้ในการฝึกสั้น หรือยาว เช่น พัก 2-3 นาที พัก 3-5 นาที พัก 4-6 นาที เป็นต้น ที่สำคัญเวลาพักควรเพียงพอที่จะทำให้นักกีฬาหายเหนื่อย หรือสามารถใช้ความเร็วในการวิ่งเที่ยวต่อไปได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้ ยังขึ้นอยู่กับสมรรถภาพทางกาย และความพร้อมของนักกีฬาแต่ละคนด้วย อย่างไรก็ตาม ระยะทางที่ใช้ในการฝึก เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพความเร็วสูงสุดให้บังเกิดผลดีแก่นักกีฬาอย่างแท้จริง ควรใช้ระยะทางฝึกไม่เกิน 60 เมตร ส่วนรูปแบบวิธีการฝึกอาจจะทำได้หลายลักษณะ อาทิเช่น การตั้งต้นออกวิ่งจากท่ายืน (Standing start) การตั้งต้นออกวิ่งแบบผลัด (Relay starts) การตั้งต้นออกวิ่งจากท่านั่ง (Crouch starts) และการวิ่งผ่านเส้น (Flying start) เป็นต้น นอกจากนี้ ความสำคัญของการฝึก ยังขึ้นอยู่กับการกำหนดปริมาณ ความหนักเบา และรูปแบบที่ใช้ในการฝึกว่ามีความเหมาะสมเพียงใด โดยเฉพาะกับทีมนักวิ่งผลัด ซึ่งส่วนหนึ่งของการฝึกเทคนิคทักษะ มีรายละเอียดเฉพาะนอกเหนือจากการฝึกความเร็วทั่วไปที่ผู้ฝึกสอนกีฬาควรให้ความสำคัญในการฝึก องค์ประกอบสำคัญอีกประการหนึ่ง ที่จะช่วยให้การฝึกความเร็วของนักกีฬาวิ่งระยะสั้นประสบความสำเร็จได้อย่างรวดเร็วขึ้น ก็คือ การเน้นกายบริหารประเภทยืดกล้ามเนื้อ (Stretching exercise) และความอ่อนตัว (Flexibility exercise) รวมทั้งการเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

เฉพาะส่วนด้วยการฝึกยกน้ำหนัก (Weight training) และการสร้างสมาธิความมุ่งมั่น (Concentration) ในระหว่างการฝึกซ้อมให้เกิดขึ้นกับนักกีฬา (เจริญ กระบวนรัตน์, 2545)

ความอดทนพิเศษเฉพาะด้าน (Special endurance)

การฝึกความอดทนพิเศษเฉพาะด้าน สำหรับนักกีฬาประเภทวิ่งระยะสั้น เป็นพื้นฐานสำคัญที่จะช่วยให้นักกีฬาสามารถรักษาความเร็วสูงสุดให้คงสภาพอยู่ได้นานกว่าปกติ ระยะทางที่นิยมใช้ในการฝึกความอดทนพิเศษเฉพาะให้กับนักกีฬา ส่วนมากจะอยู่ในช่วง 150-300 เมตร และในบางครั้งอาจจะเพิ่มระยะทางขึ้นไปจนถึง 600 เมตร โดยปกติ ในการฝึกที่ใช้ระยะทางเกินกว่า 300 เมตร ขึ้นไป ไม่ควรให้นักกีฬาฝึกมากเกินกว่า 3 เที่ยว และในแต่ละเที่ยวของการฝึก จะต้องเน้นให้นักกีฬาใช้ความพยายามอย่างเต็มที่ (Maximum effort) โดยมีช่วงเวลาพักมากกว่า 10 นาที การกำหนดระยะทางในการฝึกซ้อม อาจแตกต่างออกไป จากระยะทางที่เคยใช้ทำการฝึกซ้อมอยู่เป็นประจำได้ โดยพิจารณาให้ความเหมาะสม กับสภาพความเป็นจริง และประโยชน์ ที่จะพึงได้รับหรือเกิดขึ้นในเวลาแข่งขันจริง เช่น ระยะทาง 80 เมตร, 110 เมตร, 120 เมตร, 150 เมตร, 175 เมตร, 350 เมตร หรือ 450 เมตร (เจริญ กระบวนรัตน์, 2545)

ความเร็วแบบอดทนต่อเนื่อง (Tempo endurance)

การฝึกความเร็วแบบอดทนต่อเนื่องนี้ จำเป็นสำหรับนักกีฬาวิ่งระยะสั้น วัตถุประสงค์หลักที่สำคัญของการฝึก เพื่อต้องการให้นักกีฬาสามารถควบคุมจังหวะ และความเร็วในการก้าวเท้าวิ่งให้คงที่สม่ำเสมอตลอดระยะทาง ด้วยเหตุนี้ การฝึกจึงมุ่งเน้นทางด้านปริมาณ (จำนวนเที่ยว/ระยะทาง) มากกว่าคุณภาพ (ความเร็ว) โดยที่นักกีฬาจะต้องพยายามวิ่งควบคุมความเร็วในระยะทางที่กำหนด ให้ได้จำนวนเที่ยวมากที่สุด หรือกระทั่งไม่สามารถควบคุมความเร็วในการวิ่งให้ใกล้เคียง หรืออยู่ในเวลาที่กำหนดได้จึงยุติการซ้อม ในการฝึกนี้ช่วงระยะเวลาพักระหว่างเที่ยวควรน้อยกว่า 10 นาที การฝึกลักษณะดังกล่าวนี้ ผู้ฝึกสอนกีฬาควรยุติการฝึกซ้อมทันทีที่นักกีฬาเกิดอาการเมื่อยล้า หรือปฏิบัติทักษะการเคลื่อนไหวผิดไปจากท่าทางที่ดีที่สุด ที่เคยปฏิบัติไว้ในตอนแรก และผู้ฝึกสอนกีฬาควรจัดโปรแกรมการบริหารร่างกายเสริมสร้างความอ่อนตัว และความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหวเพิ่มเติมให้กับนักกีฬาด้วย (เจริญ กระบวนรัตน์, 2545)

ความอดทนทั่วไป (General endurance)

ความอดทนทั่วไปนับเป็นหนึ่งในองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญ และจำเป็นสำหรับนักกีฬาทุกประเภท นักกีฬาประเภทวิ่งระยะสั้น ควรเสริมสร้างสมรรถภาพความอดทนทั่วไป ด้วยการวิ่งทางไกลระยะทางประมาณ 3-8 กิโลเมตร ความเร็วในการวิ่งโดยเฉลี่ย ประมาณกิโลเมตรละ 4-6 นาที รวมเวลาที่ใช้ในการฝึกแต่ละครั้งมากที่สุดไม่ควรเกิน 50 นาที โดยไม่ควรสร้างความวิตกกังวลกับการที่จะต้องทำเวลาในการวิ่งมากนัก (เจริญ กระบวนรัตน์, 2545)

ความแข็งแรง (Strength)

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อที่พยายามจะออกแรงให้ได้มากที่สุด เพื่อเอาชนะแรงต้านทาน หรือความต้านทาน (American College of Sport Medicine [ACSM], 2011)

ความแข็งแรง (Strength) คือ องค์ประกอบที่นับว่าเป็นหัวใจสำคัญอีกประการหนึ่งของนักกีฬาประเภทวิ่งระยะสั้น ผู้ฝึกสอนกีฬาควรมุ่งเน้น และจัดเตรียมโปรแกรมการฝึกซ้อมให้กับนักกีฬาอย่างต่อเนื่องรัดกุมเป็นระบบ ควบคู่ไปกับการฝึกซ้อมด้านเทคนิค ทักษะ และความเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้วยวิธีการฝึกยกน้ำหนัก ควรปรับระดับความหนักในการฝึกเพิ่มขึ้นตามลำดับในแต่ละช่วงของการฝึก จนกระทั่งสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวเล็กน้อย ที่ระดับความหนักดังกล่าว จำนวนครั้งที่ยกควรต่ำกว่า 5 ครั้ง นอกจากนี้ ผู้ฝึก สอนกีฬาควรพิจารณากำหนด ท่าฝึกยกน้ำหนักที่มีความสำคัญต่อการเสริมสร้างความแข็งแรง ให้กับกลุ่มกล้ามเนื้อที่จำเป็นต่อการเคลื่อนไหว พร้อมทั้งปรับปริมาณความหนักเบาในการฝึกให้เหมาะสมกับสภาพร่างกายของนักกีฬาแต่ละบุคคลเป็นสำคัญ (เจริญ กระบวนรัตน์, 2545)

กำลังความเร็ว (Power speed)

การฝึกกำลังความเร็วด้วยวิธีการยกน้ำหนัก เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ได้รับการยอมรับว่าได้ผลดี และช่วยให้นักกีฬามีพละกำลังในการเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น สิ่งที่ผู้ฝึกสอนกีฬาจะต้องย้ำเตือนเป็นพิเศษในระหว่างการฝึกซ้อม ก็คือ ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งนักกีฬาจะต้องพยายามออกแรงยก หรือปฏิบัติด้วยความเร็วทุกครั้ง ความหนักที่ใช้ในการฝึก ควรน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว จำนวนครั้งที่ยกในแต่ละเซต ควรต่ำกว่า 10 ครั้ง โดยใช้เวลายก ไม่เกิน 10 วินาที ในแต่ละเซต (เจริญ กระบวนรัตน์, 2545)

กำลังความเร็วแบบผสม (Power speed-mixed)

การฝึกกำลังความเร็วแบบผสม เป็นการฝึกที่รวมเอารูปแบบของการฝึกกำลังความแข็งแรงแบบต่าง ๆ มาผสมผสานกัน หรือเลือกใช้กิจกรรมการฝึกที่ให้ผลทั้งกำลังความแข็งแรงควบคู่กันไป โดยฝึกกับความต้านทานในลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น การวิ่งขึ้นเนินช่วงสั้น ๆ ระยะทางประมาณ 10-20 เมตร จำนวน 8 เที่ยว การใช้ถุงทรายถ่วงขา หรือวางพาดไว้บนบ่าในระหว่างที่ฝึกกระโดด หรือฝึกท่าทางการเคลื่อนไหวระยะทางประมาณ 10-15 เมตร จำนวน 4-6 เที่ยว หรือการให้นักกีฬาวิ่งลากยางระยะทาง 15-20 เมตร จำนวน 6-8 เที่ยว เป็นต้น การฝึกในลักษณะดังกล่าวนี้ล้วนแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านกำลังความเร็ว รวมทั้งความแข็งแรงให้กับนักกีฬาได้เป็นอย่างดี สำหรับความหนัก หรือความต้านทานที่ใช้ในการฝึก ประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ ของ

น้ำหนักตัว หรือควรน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว จำนวนเที่ยว หรือจำนวนครั้งของการปฏิบัติควรต่ำกว่า 10 ครั้ง และไม่ควรใช้เวลาเกินกว่า 10 วินาที ต่อการปฏิบัติครั้งหนึ่ง ๆ ระยะทางฝึกไม่ควรเกิน 20 เมตร ทั้งนี้ เพราะว่าช่วงระยะทางดังกล่าวเป็นช่วงพอเหมาะที่นักกีฬาสามารถจะใช้กำลังความเร็วได้อย่างเต็มที่มากที่สุด และไม่ทำให้เมื่อยล้า หรืออ่อนเพลียมากจนเกินไปสำหรับการฝึกแต่ละเที่ยว (เจริญ กระบวนรัตน์, 2545)

ความแข็งแรงอดทน (Strength endurance)

ความแข็งแรงแบบอดทน (Strength endurance) คือ ความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกแรง เพื่อการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ ในสภาวะที่มีความเมื่อยล้าเพิ่มขึ้น หรือความสามารถของกล้ามเนื้อ กลุ่มกล้ามเนื้อ ในการออกแรงเกือบสูงสุด ซ้ำ ๆ กัน ต่อเนื่องเป็นเวลานาน

ในกรณีที่ต้องการฝึกให้นักกีฬามีความแข็งแรงอดทน น้ำหนักที่ใช้ในการฝึกควรต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว จำนวนครั้งของการปฏิบัติควรมากกว่า 10 ครั้ง และควรใช้เวลามากกว่า 10 วินาที ขึ้นไป ในการปฏิบัติเซตหนึ่ง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการฝึกด้วยบาร์เบล-ดัมเบล หรือการฝึกโดยให้นักกีฬากระโดดในรูปแบบต่าง ๆ กันก็ตาม (เจริญ กระบวนรัตน์, 2545)

ความแข็งแรงอดทนแบบผสม (Strength endurance-mixed)

รูปแบบวิธีการฝึกคล้ายคลึงกับการฝึกความแข็งแรงอดทน จะแตกต่างกันก็พียงน้ำหนักหรือความต้านทานที่ใช้ในการฝึกเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งระยะทางที่ใช้ในการฝึกเที่ยวหนึ่ง ๆ มีความยาวมากกว่า 20 เมตร ในการฝึกความแข็งแรงอดทนแบบผสมนี้ กิจกรรมที่ใช้ในการฝึกกำลังความเร็วแบบผสมทั้งหมด จะถูกนำมารวบรวมเข้าไว้เป็นส่วนหนึ่งของการฝึกเสริมสร้างความแข็งแรงอดทนแบบผสมด้วย นอกจากนี้ นักกีฬาอาจได้รับการฝึกกับความต้านทานในลักษณะพิเศษที่แตกต่างไปจากการฝึกที่ได้เคยปฏิบัติมา เช่น วิ่งขึ้นเนินโดยใช้ถุงทรายพาดบ่า หรือถ่วงขา เป็นต้น ระยะ ทางที่ใช้ในการฝึกเพิ่มมากขึ้น การฝึกในลักษณะดังกล่าวนี้ ควรเน้นมากที่สุดในช่วงแรก และช่วงที่ 2 ของการฝึก ซึ่งเป็นช่วงการฝึกซ้อมเตรียมสมรรถภาพ ความพร้อมทางด้านร่างกายทั่วไป และสมรรถภาพทางกายเฉพาะประเภทกีฬา หลังจากนั้นจึงค่อย ๆ ปรับลดลงตามลำดับในช่วงที่ 3 และช่วงที่ 4 ของการฝึกซ้อม ปริมาณความหนัก และความต้านทานที่เคยใช้ในการฝึกครั้งละมาก ๆ ควรลดลงตามลำดับ โดยเปลี่ยนมาเน้นจังหวะความเร็ว และรูปแบบท่าทางการเคลื่อนไหวที่ถูกต้องในระยะทางฝึกช่วงสั้น ๆ แทน นอกจากนี้ ผู้ฝึกสอนกีฬาควรเน้นจังหวะการเคลื่อนไหวในขณะปฏิบัติกายบริหารให้เร็วขึ้นมากขึ้น สำหรับนักกีฬาประเภทวิ่ง 200 เมตร และ วิ่ง 400 เมตร (เจริญ กระบวนรัตน์, 2545)

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสามารถในการวิ่ง 400 เมตร จำนวน 1 รอบ ด้วยการจับเวลาในการวิ่ง ตามกติกากรีฑาข้อที่ 18 ว่าด้วยการจับเวลา ของสหพันธ์กรีฑานานาชาติ (IAAF)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) เพื่อเป็นการศึกษาผลของการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก และการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสานที่มีต่อตัวแปรเชิงแอนแอโรบิก แอโรบิก และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

ประชากร และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

นักเรียนชายทั้งหมด 340 คน ที่มีอายุ 15 ปี ของโรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ลำพูน ในจำนวนนี้จะทำการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยวิธีการคัดเลือก และอาสาสมัครทำการคัดเลือกตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ เป็นผู้ที่มีสุขภาพร่างกายสมบูรณ์ ผ่านการตรวจโดยแพทย์พร้อมทั้งมีใบรับรองแพทย์, ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บใด ๆ ที่จะเป็นอุปสรรคในการทำวิจัย, ไม่มีโรคประจำตัว, ได้รับอนุญาตจากผู้ปกครองในการเข้าร่วมการวิจัยเป็นลายลักษณ์อักษร, ยินยอมให้ทำการเจาะเลือดบริเวณหูด้วยความลึก 0.1 มิลลิเมตร, ไม่อยู่ในช่วงทำการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬาใด ๆ เมื่อทำการคัดเลือกแล้วมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ก็จะเป็นจำนวนประชากรในการวิจัยครั้งนี้ จำนวนที่สุ่มได้มานี้ จะถูกทดสอบโดยให้วิ่งในระยะทาง 400 เมตร โดยใช้กฎกติกาการจับเวลาในข้อที่ 18 ของสหพันธ์กรีฑานานาชาติ (IAAF) คือ เมื่อทำการจับเวลาด้วยนาฬิกาที่ใช้มือจับ ให้ใช้นาฬิกาจำนวน 3 เรือน โดยกติการะบุไว้คือถ้านาฬิกา 2 ใน 3 เรือนตรงกัน ใช้เวลาที่ได้จากนาฬิกาที่ตรงกัน ถ้านาฬิกาทั้ง 3 เรือน ไม่ตรงกันเลย เวลากลางจะเป็นเวลาอย่างเป็นทางการ เป็นสถิติที่ใช้บันทึกผลการทดสอบในการวิจัยครั้งนี้ จากนั้นจะทำการคัดเลือกผู้ที่ทำสถิติในการวิ่งดีที่สุด 30 คนแรก มาเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ ขั้นต่อไปทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้วิธีเรียงลำดับแบบจัดเข้ากลุ่ม (Randomly assignment) ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม A ประกอบด้วย ผู้มีสถิติในการวิ่งลำดับที่ 1, 6, 7, 12, 13, 18, 19, 24, 25, และ 30

กลุ่ม B ประกอบด้วย ผู้มีสถิติในการวิ่งลำดับที่ 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, และ 29

กลุ่ม C ประกอบด้วย ผู้มีสถิติในการวิ่งลำดับที่ 3, 4, 9, 10, 15, 16, 21, 22, 27, และ 28

จากนั้นทำการจับฉลาก (Random treatments) อีกครั้ง เพื่อเข้ากลุ่มฝึกทั้งสามกลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic interval training)

กลุ่มที่ 2 ฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก (Aerobic interval training)

กลุ่มที่ 3 ฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน (Combination interval training)

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างไว้สำรองเพิ่มเติม กลุ่มละ 2 คน ทำการทดลองเหมือนกับกลุ่มตัวอย่างหลักทุกประการ เพื่อรองรับการคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่าง ที่อาจจะเกิดขึ้นได้

เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบค่าต่าง ๆ ประกอบด้วย

1. การทดสอบความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max)ใช้ Multistage fitness test or beep test ในการทดสอบ

2. การทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic performance) ใช้แบบทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ของวินเกท (Wingate anaerobic test) ด้วยจักรยานวัดงานโมนาร์ค 828 อี ผลิตโดยประเทศสวีเดน เพื่อทดสอบหาค่าพลังแอนแอโรบิก (Anaerobic power) และความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

3. การทดสอบค่าแอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold) ใช้แบบทดสอบของคอนโคนี (Conconi test) ด้วยเครื่องมือลู่วิ่งกล (Treadmill) ยี่ห้อ H/P Cosmos ผลิตโดยประเทศอิตาลี และใช้เครื่องมือวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย ยี่ห้อ Polar รุ่น FT 4 M

4. การทดสอบหากรดแลคติกในเลือด ใช้เครื่องวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือด (Blood lactate analyzer) รุ่น Lactate Scout และแผ่นตรวจวัดแลคเตท (Lactate strip) ผลิตโดยประเทศเยอรมัน

5. การทดสอบความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ใช้อุปกรณ์ในการจับเวลา คือ นาฬิกาจับเวลา Casio Stop Watch รุ่น HS-80TW ผลิตโดยประเทศญี่ปุ่น ทั้งนี้ใช้กติกากรีฑาข้อที่ 18 ของสหพันธ์กรีฑานานาชาติ (IAAF)

6. โปรแกรมการฝึก McArdle, Katch and Katch (2000) กล่าวว่า การฝึกจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ และต่อเนื่องเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 6 สัปดาห์ จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพได้ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงใช้ระยะในการฝึก 8 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน คือ วันจันทร์, วันพุธ และวันศุกร์ เว้นระยะหนึ่งวัน เพื่อให้ร่างกายพื้นคืนสภาพมากที่สุด พร้อมที่จะทำการฝึกในวันต่อไป แบ่งออกเป็น 3 โปรแกรม คือ

6.1 โปรแกรมในการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก

6.2 โปรแกรมในการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก

6.3 โปรแกรมในการฝึกอินเทอร์วาลแบบแบบผสมผสาน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างโปรแกรมขึ้น โดยได้ประยุกต์ใช้จากตารางแนวการสร้างโปรแกรมการฝึกแบบอินเทอร์วาล พิจารณาจากระยะทางการฝึกเป็นหลัก ของ Fox and Mathews (1981 อ้างถึงใน ประทุม ม่วงมี, 2527) มาเขียนเป็นโปรแกรมในการฝึกซ้อม เพราะเป็นโปรแกรมที่มีทฤษฎีในการพัฒนาระบบพลังงานได้จริงตามหลักทางสรีรวิทยา อีกทั้ง ผู้วิจัยได้นำโปรแกรมการฝึกทั้งสามโปรแกรม ผ่านกระบวนการตรวจสอบ ด้วยการหาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content validity) ของโปรแกรมการฝึก จากการตรวจสอบของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน โดยมีคุณสมบัติดังนี้ 1) เป็นผู้เชี่ยวชาญ และผู้ฝึกสอนนักกรีฑาในระดับทีมชาติ มีความรู้เกี่ยวกับการฝึกซ้อมตามหลักการฝึกซ้อมทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา จำนวน 2 ท่าน และ 2) เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาการ โดยมีความรู้ และปฏิบัติหน้าที่การสอนในสายงานวิทยาศาสตร์การกีฬา หรือทำงานวิจัยเกี่ยวกับการฝึกซ้อมทางการกีฬาโดยตรง จากมหาวิทยาลัยจำนวน 3 ท่าน

7. แบบบันทึกผลการฝึก

8. สถานที่ทำการวิจัย

8.1 ห้องปฏิบัติการทดลองศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา สนามกีฬาสมโภชน์ 700 ปี จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อทดสอบหาค่าของ

8.1.1 การทดสอบความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max)

8.1.2 การทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic performance)

8.1.3 การทดสอบค่าแอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold)

8.2 สนามลู่ยางสังเคราะห์องค์การบริหารส่วนจังหวัดลำพูน เพื่อทดสอบหาความสามารถในการวิ่ง ระยะทาง 400 เมตร และการทดสอบหากรดแลคติกในเลือด (Blood lactate)

9. สถานที่ฝึกในการทำวิจัย สนามลู่ยางสังเคราะห์องค์การบริหารส่วนจังหวัดลำพูน

แบบแผนการทดลอง (Experimental design)

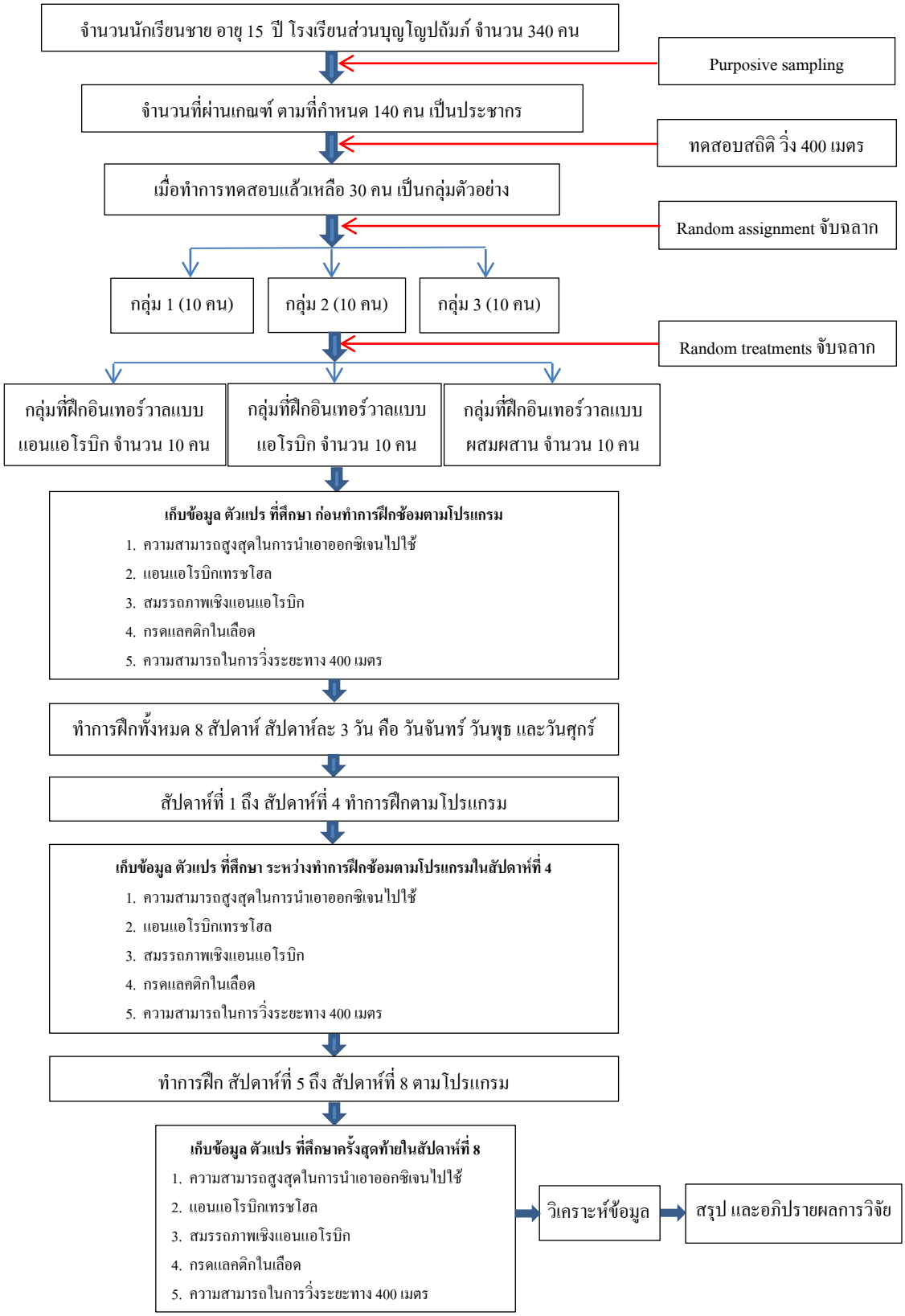
การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองแบบวัดซ้ำ 3 ช่วงเวลา (Repeated measured design) ดังนี้

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองแบบวัดซ้ำ 3 ช่วงเวลา (Repeated measured design)

รูปแบบการฝึก	Pre-test	Mid-test				Post-test			
		Wk1	Wk2	Wk3	Wk4	Wk5	Wk6	Wk7	Wk8
Anaerobic interval training	วัดผล 1	วัดผล 2				วัดผล 3			
Aerobic interval training	วัดผล 1	วัดผล 2				วัดผล 3			
Combination interval training	วัดผล 1	วัดผล 2				วัดผล 3			

วิธีการดำเนินการทดลอง

แสดงดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แจ้งวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ทำการวิจัยร่วมกัน และขอความร่วมมือจากกลุ่มตัวอย่าง ที่เข้าร่วมงานวิจัยจำนวน 30 คน ให้พยายามปฏิบัติตามเงื่อนไข และข้อตกลงในการวิจัย

2. กลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม ฝึกวิ่งตามโปรแกรม ในลู่วิ่งมาตรฐานยางสังเคราะห์ ระยะทาง 400 เมตร ณ สนามกีฬาองค์การบริหารส่วนจังหวัดลำพูน

3. ระหว่างทำการฝึกตามโปรแกรมการฝึก กลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม สามารถขาดการฝึกได้ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ของโปรแกรมการฝึก

4. ประสานงานกับโรงพยาบาลลำพูน เพื่อนัดหมายการตรวจสุขภาพก่อนการฝึก รวมถึงการเจาะเลือดเพื่อหากรดแลคติกในเลือด การมาดูแลประจำทุกวันตั้งแต่เริ่มการทดลองจนถึงเสร็จสิ้นการทดลองที่สนาม เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้น

5. ในระหว่างการทดลอง กลุ่มตัวอย่างอาจจะเกิดการสูญหาย และมีการถอนตัว ผู้วิจัยได้เตรียมการรองรับเพื่อไม่ได้เกิดผลกระทบกับการวิจัยครั้งนี้ โดยได้คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างสำรองไว้กลุ่มละ 2 คน จากสถิติลำดับที่ 31, 32, 33, 34, 35, และ 36 รวมทั้งหมดเป็น 36 คน ทั้งนี้ ทั้งหมดเข้าร่วมการทดลองเหมือน ๆ กัน ในแต่ละกลุ่ม (ถ้าหากว่าไม่มีใครถอนตัว หรือออกจากการวิจัย ในครั้งนี้ ก็ใช้จำนวนเต็มตามระบุไว้เบื้องต้นในการวิเคราะห์ข้อมูล หรือผู้วิจัยสามารถใช้กลุ่มตัวอย่างสำรอง ทั้ง 6 คน มาทำการวิเคราะห์รวมกับกลุ่มตัวอย่างจริง ได้เลยเช่นกัน ซึ่งจะทำให้ความเชื่อมั่นในเชิงสถิติสูงขึ้น)

ขั้นตอน และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีดำเนินการจัดนักเรียนเข้ากลุ่มตัวอย่าง

จำนวนนักเรียนชายโรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ลำพูน ที่มีอายุ 15 ปี (ข้อมูลจากงานสถิติโรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ลำพูน ปี พ.ศ. 2558) มีด้วยกันทั้งหมด 340 คน

1. ทำการคัดเลือกตามเกณฑ์ คือ เป็นผู้ที่มีสุขภาพร่างกายสมบูรณ์ ผ่านการตรวจโดยแพทย์ พร้อมทั้งมีใบรับรองแพทย์, ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บใด ๆ ที่จะเป็นอุปสรรคในการทำวิจัย, ไม่มีโรคประจำตัว, ได้รับอนุญาตจากผู้ปกครองในการเข้าร่วมการวิจัยเป็นลายลักษณ์อักษร, ยินยอมให้ทำการเจาะเลือดบริเวณหูด้วยความลึก 0.1 มิลลิเมตร, ไม่อยู่ในช่วงทำการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬาใด ๆ ผ่านเกณฑ์เหลือจำนวน 140 คน เป็นประชากรของการวิจัยในครั้งนี้ ในจำนวนนี้จะทำการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยวิธีการคัดเลือก และอาสาสมัคร จำนวนที่สุ่มได้มานี้ จะถูกทดสอบโดยให้วิ่งเต็มความสามารถระยะทาง 400 เมตร

2. ทดสอบโดยให้วิ่งระยะทาง 400 เมตร เต็มความสามารถ โดยใช้กติกาการจับเวลา ในข้อที่ 18 ของสหพันธ์กรีฑานานาชาติ (IAAF) คือ เมื่อทำการจับเวลาด้วยนาฬิกาที่ใช้มือจับ ให้ใช้นาฬิกาจำนวน 3 เรือน โดยกติการะบุไว้คือ ถ้านาฬิกา 2 ใน 3 เรือน ตรงกัน เรือนที่ 3 ไม่ตรง เวลาที่ได้จากนาฬิกาที่ตรงกันทั้ง 2 เรือน จะถือว่าเป็นเวลาอย่างเป็นทางการ ถ้านาฬิกาทั้ง 3 เรือน ไม่ตรงกันเลย เวลากลางจะเป็นเวลาอย่างเป็นทางการ เป็นสถิติที่ใช้บันทึกผลการทดสอบในการวิจัยครั้งนี้ จากนั้นจะทำการคัดเลือกผู้ที่ทำสถิติในการวิ่งดีที่สุด 30 คนแรก มาเป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้วิธีเรียงลำดับแบบจัดเข้ากลุ่ม (Randomly assignment) ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม 1 ประกอบด้วย ผู้มีสถิติในการวิ่งลำดับที่ 1, 6, 7, 12, 13, 18, 19, 24, 25, และ 30

กลุ่ม 2 ประกอบด้วย ผู้มีสถิติในการวิ่งลำดับที่ 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, และ 29

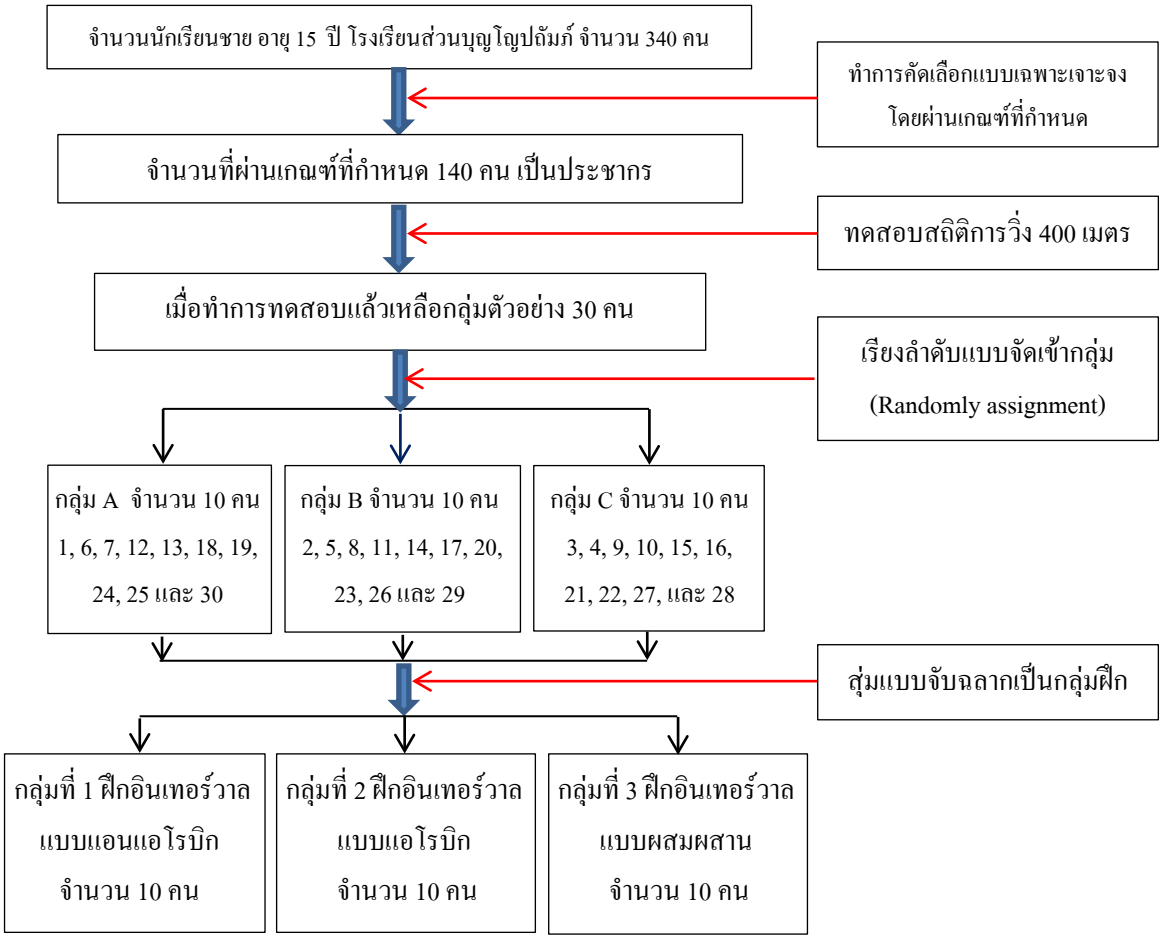
กลุ่ม 3 ประกอบด้วย ผู้มีสถิติในการวิ่งลำดับที่ 3, 4, 9, 10, 15, 16, 21, 22, 27, และ 28

3. นำกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ทำการสุ่มเข้ากลุ่มตัวอย่างโดย วิธี Random treatments คือ จับฉลาก หลังจากที่ได้จากการจัดเข้ากลุ่มด้วยวิธี Random assignment มาแล้ว โดยทำฉลากไว้จำนวน 3 ใบ และทำการจับฉลาก เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างตามการวิจัยที่กำหนดคือ

กลุ่มที่ 1 ทำการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก

กลุ่มที่ 2 ทำการฝึกด้วยโปรแกรม การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก

กลุ่มที่ 3 ทำการฝึกด้วยโปรแกรม การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน



ภาพที่ 3-2 แบบแผนการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

4. ก่อนการฝึกซ้อมตามโปรแกรม ให้ทำการทดสอบหาค่าต่าง ๆ ของตัวแปรทั้ง 5 ตัวแปร แล้วบันทึกเป็นข้อมูลก่อนการทดลอง การทดสอบตัวแปรประกอบไปด้วย การทดสอบความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max), การทดสอบแอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold), การทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic performance), การทดสอบกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate) และการทดสอบความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

5. เก็บข้อมูลตัวแปร ก่อนที่จะทำการศึกษาในการฝึกซ้อมตามโปรแกรม ดังนี้

ก. ทดสอบความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max)

ในการวิจัยครั้งนี้ ตัวแปรเชิงแอโรบิก คือ ความสามารถในการใช้ออกซิเจน (VO_2max) ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max) โดยใช้แบบ

ทดสอบ Multistage Fitness test or beep test โดยการวิ่งเพิ่มความเร็วขึ้นเรื่อย ๆ มีระยะทาง 20 เมตร ในการวิ่งไป-กลับ เริ่มต้นความเร็วที่ 8.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (20 เมตร ใช้เวลาประมาณ 8.47 วินาที ในระดับที่ 1) จากนั้นต้องเพิ่มความเร็วทุกระดับ ๆ ละ 0.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีทั้งหมด 23 ระดับ ในการทดสอบ มีขั้นตอนในการปฏิบัติ ดังนี้

เครื่องมือ และอุปกรณ์

สนามที่มีระยะทางในการวิ่งตรงไม่น้อยกว่า 20 เมตร กรวยวางระยะทาง เครื่องเล่นเทป เสียงของความเร็วในการวิ่งแต่ละระดับ และตารางบันทึกการวิ่ง

วิธีการ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อเสนอแนะของ Ellis et al. (2000)
เพื่อป้องกัน และควบ คุมความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่วัด ในข้อมูลที่ได้จาก Beep test มีดังนี้

- ทำการทดสอบทุกครั้ง ในสถานที่ เวลา สภาพห้องทดสอบเดียว
- อธิบายการทดสอบให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจอย่างชัดเจนละเอียด พร้อมสาธิตการปฏิบัติในการทดสอบจนเข้าใจ
- ดำเนินการทดสอบ ตามโปรโตคอล (Protocol) ของแบบทดสอบ อย่างเคร่งครัด ทั้งการอบอุ่นร่างกาย (Warm up), การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (Stretching muscle) ก่อนการทดสอบ และการผ่อนคลายกล้ามเนื้อจนเข้าสู่ภาวะปกติ (Cool down)

ขั้นตอนในการทดสอบ มีดังนี้

- ให้กลุ่มตัวอย่าง อบอุ่นร่างกายโดยการวิ่งเหยาะ และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
- ให้กลุ่มตัวอย่าง อยู่หลังจุดเริ่มแล้วเปิดเสียงเทป ให้สัญญาณเริ่มวิ่งไปที่กรวยระยะทาง 20 เมตร แล้ววิ่งไป-กลับเรื่อย ๆ เริ่มความเร็วระดับที่ 1 ความเร็วของการวิ่งเท่ากับ 8.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยจะมีเสียงสัญญาณที่กรวย 20 เมตรทุกครั้ง แต่ละระดับต้องใช้เวลาวิ่ง ระดับละ 1 นาที นักกีฬาต้องวิ่งตามความเร็วที่กำหนด
- ระดับความเร็วจะเพิ่มขึ้นระดับละ 0.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในทุก ๆ 1 นาที ซึ่งในแต่ละระดับสามารถคำนวณความเร็วในการวิ่ง 20 เมตร ดังนี้

$$20\ m.\ Time = 72/(((Level-1) \times 0.5) + 8.5)$$

เช่น เวลาของการวิ่ง 20 เมตร ในระดับ 11 เท่ากับ 5.33 วินาที ส่วนจำนวนเที่ยวของการ วิ่งในแต่ละระดับ ถ้าระดับต่ำ จำนวนเที่ยวจะน้อย แต่ถ้าระดับสูงขึ้น จำนวนเที่ยวของการวิ่งจะมากขึ้นเรื่อย ๆ จำนวนเที่ยวของการวิ่งแต่ละระดับสามารถคำนวณได้จาก

จำนวนเที่ยว = (((Level-1) x 0.5) + 8.5) x 0.838

เช่น นักกีฬาวิ่งที่ระดับ 17 จำนวนเที่ยวที่คำนวณได้เท่ากับ 13.82 แต่จะปัดขึ้นเป็น 14 เที่ยว ของการวิ่งในระดับนี้

- บันทึกระดับ และจำนวนเที่ยวของการวิ่งของนักกีฬาไปเรื่อย ๆ ถ้านักกีฬาคน ใดวิ่ง ไม่ทันเสียงที่กำหนดความเร็วประมาณ 2-3 เที่ยว ให้ยุติการทดสอบนักกีฬาคนนั้น แล้วบันทึกระดับจำนวนเที่ยว เพื่อหาค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (VO_2max) ไปเทียบกับตาราง แล้วบันทึกค่าที่ได้

ข. ทดสอบค่าแอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold) โดยใช้วิธีการทดสอบของ Conconi test ซึ่งมีอุปกรณ์การทดสอบ คือ

- ลู่วิ่งกล (Treadmill)
- เครื่องบันทึกอัตราการเต้นของชีพจร (Heart rate monitor)
- นาฬิกาจับเวลาความละเอียด 1/ 100 วินาที
- กระดาษกราฟ บันทึกผลที่อัตราความเร็วเมื่ออัตราการเต้นของหัวใจถึงร้อยละ 85 MHR (85 % MHR)

มีขั้นตอนการปฏิบัติในการทดสอบ มีดังนี้

- อบอุ่นร่างกาย 5-10 นาที
- ตั้งลู่วิ่งกล (Treadmill) ให้มีความชันขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์
- เริ่มต้นที่ความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (8 Km/ hr)
- ค่อย ๆ เพิ่มความเร็วทุก ๆ 200 เมตร โดยเพิ่มครั้งละ 0.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
- บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ และความเร็วทุก ๆ 200 เมตร
- วิ่งต่อไปจนถึงอัตราการเต้นของหัวใจที่ 85 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (85 % MHR)
- บันทึกผลที่อัตราความเร็วในการวิ่งเมื่ออัตราการต้นของหัวใจที่ร้อยละ 85 MHR (85 % MHR)
- คูลดาว (Cool down)

(Conconi, Ferrari, Ziglio, Droghetti, & Codeca, 1982)

ค. ทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก เพื่อหาค่าของพลังแอนแอโรบิก (Anaerobic power) และความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก เพื่อหาค่าของพลังแอนแอโรบิก และความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก โดยใช้การทดสอบตามวิธีของวินเกต ซึ่งสถาบันวินเกต

(Wingate institute) เป็นสถาบันวิทยาศาสตร์ทางการกีฬาของประเทศอิสราเอล เป็นผู้คิดค้นวิธีการทดสอบนี้ขึ้นเพื่อวัดพลัง และความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก โดยการใช้จักรยานทดสอบ ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยมีวิธี และขั้นตอนการในการทดสอบดังนี้

- ปรับระดับที่นั่งของจักรยานทดสอบให้พอเหมาะ โดยให้ผู้รับการทดสอบสามารถเหยียดขาได้สุดพอดีในขณะที่นั่ง

- ป้อนข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้แก่ ชื่อ เพศ น้ำหนักตัว และน้ำหนักถ่วงที่ใช้ทดสอบ (น้ำหนักตัว × 0.067)

- อบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 2 นาที โดยใช้งานระดับเบา แล้วเพิ่มความเร็วของการปั่นประมาณ 100 รอบต่อนาที

- บอก “เริ่ม” พร้อมกดสัญญาณที่แป้นพิมพ์ เพื่อเพิ่มน้ำหนักถ่วง และนับรอบจากการปั่น ขณะเดียวกันผู้เข้ารับการทดสอบต้องปั่นจักรยานอย่างเต็มที่ตลอดเวลา 30 วินาที

- เมื่อปั่นครบเวลาแล้วต้องรีบลดน้ำหนักถ่วง แล้วให้ผู้เข้ารับการทดสอบปั่นต่อช้า ๆ อีก 2 ถึง 3 นาที

- ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ จะขึ้นกราฟความเร็วของการปั่นตลอดเวลาการทดสอบ และค่าพลังแบบแอนแอโรบิก กับความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก

- ค่าของงานที่ทำได้สูงสุดของช่วงใดช่วงหนึ่ง คือ ค่าของพลังแบบแอนแอโรบิก

- ค่าของงานที่ทำได้ทั้งหมดในช่วง 30 วินาที คือ ค่าของสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก แล้วจึงนำค่าที่ได้มาเข้าสูตรการคำนวณตามวิธีของวินเกต ดังนี้

- ความสามารถในการออกแรงอย่างเร็วที่สุดในการปั่นจักรยานวัดงานในช่วง 5 วินาทีแรก Peak Power (PP) มีหน่วยเป็นวัตต์

- ความสามารถในการออกแรงอย่างเร็วที่สุดในการปั่นจักรยานวัดงานในช่วง 5 วินาทีแรก (Anaerobic power) (วัตต์/ กก.)

$$\text{Anaerobic Power} = \text{PP}/\text{Bodyweight}$$

- ค่าเฉลี่ยเพื่อคำนวณค่าสมรรถภาพการออกกำลังสูงสุดโดยไม่ใช้ออกซิเจน (ทำการทดสอบทั้งหมด 30 วินาที) Mean Power (MP) (วัตต์/ กก.)

- ความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) (วัตต์/ กก.)

Anaerobic Capacity = PM/Bodyweight

- ค่าความแตกต่าง ระหว่างค่าพลังสูงสุด (Peak power) กับพลังต่ำสุด (Lowest power) ค่าที่ออกมาจะเป็นเปอร์เซ็นต์ (Fatigue index)

$$\text{Fatigue Index (FI)} = \frac{(A-B)100}{A}$$

A = Peak power

B = Lowest power

ง. ทดสอบหากรดแลคติกในเลือด (Blood lactate) ทำการตรวจสอบหากรดแลคติกในเลือด เจาะเลือดที่ใบหูในนาทีที่ 3 หลังจากการทดสอบในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร เพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนของข้อมูล เนื่องด้วยกรดแลคติกในเลือดจะเกิดขึ้น ในเซลล์กล้ามเนื้อก่อนแล้วแพร่ กระจายออกมาสู่กระแสเลือดภายในระยะเวลาประมาณ 5 นาที แล้วเริ่มสลายตัวไป ตามกระบวนการสลายตัวของระบบพลังงาน (อำพร ศรียาภัย, 2544)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทดสอบหากรดแลคติกในเลือด หลังจากวิ่ง 400 เมตร เป็นรายบุคคล ภายหลังจากการวิ่งเข้าเส้นชัยแล้ว 3 นาที ในตำแหน่งของใบหู เพื่อไม่ให้เกิดการสลายตัวก่อนของกรดแลคติกเมื่อเข้าเส้นชัย โดยใช้วิธีการทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์แลคเตทในเลือด (Blood lactate analyzer) รุ่น Lactate Scout และแผ่นตรวจวัดแลคเตท (Lactate strip) ทั้งนี้ ในการเจาะเลือดเพื่อหากรดแลคติกนี้ ได้กระทำการตามหลักทางการแพทย์ และเพื่อความปลอดภัยไม่เป็นอันตรายแก่กลุ่มตัวอย่าง จึงดำเนินการโดยพยาบาลวิชาชีพ จากโรงพยาบาลลำพูน มีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังนี้

- ใช้แอลกอฮอล์เช็ดทำความสะอาดบริเวณติ่งหู
- เลือกตำแหน่งที่เจาะเลือด คือ บริเวณติ่งหู
- ใช้เข็มเจาะเลือด (Blood lancets) เจาะบริเวณติ่งหู ความลึกประมาณ 1 มิลลิเมตร
- บีบเลือดให้ไหลออกมาในปริมาณ 0.2 ไมโครลิตร หรือประมาณ 1 หยดเล็ก ๆ หยดลงบนแผ่นทดสอบ

การหาระดับกรดแลคติกในเลือด

- เปิดเครื่องวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด
- ใส่ CODE ของแผ่นทดสอบที่ใช้
- ใส่แผ่นทดสอบ (Strip test) ในช่องใส่แผ่นทดสอบ

- หยดเลือดลงบนแผ่นทดสอบ 1 หยดเล็ก ๆ (ปริมาณ 0.2 ไมโครลิตร) ใช้เวลาประมาณ 10-15 วินาที เครื่องจะอ่านค่าของระดับกรดแลคติกในเลือดโดยมีหน่วยเป็น มิลลิโมลต่อลิตร

- บันทึกค่าที่ได้

จ. ทดสอบความสามารถในการวิ่ง ด้วยการวิ่ง 400 เมตร จำนวน 1 รอบ ด้วยการจับเวลาในการวิ่ง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความสามารถในการวิ่ง 400 เมตร จำนวน 1 รอบ ด้วยการจับเวลาในการวิ่ง โดยมีขั้นตอนในการปฏิบัติ คือ

- ให้กลุ่มตัวอย่างวอร์มอัพ โดยการอบอุ่นร่างกายอย่างน้อย 5-10 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 เปอร์เซ็นต์ ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)

- ให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบในการวิ่ง 400 เมตร โดยเริ่มจากยืนเตรียมพร้อมรอฟังการปล่อยตัวออกสตาร์ทด้วยการยิงปืน เมื่อแสงออกจากปลายปืน ผู้จับเวลาก็ทำการกดปุ่ม Start เพื่อให้เวลาเดินตามระบบเพื่อทำการจับเวลา และเมื่อกลุ่มตัวอย่างวิ่งผ่านเส้นชัย ผู้จับเวลาก็จะกดปุ่ม Stop เพื่อหยุดเวลา โดยยึดเอาตำแหน่งหน้าอกของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าเส้นชัยตามกติกาเป็นหลัก และประมวลผล บันทึกผลการทดสอบ ในการทดสอบความสามารถในการวิ่ง 400 เมตร ครั้งนี้ ผู้วิจัย ยึดกติกากรีฑาข้อที่ 18 ของสหพันธ์กรีฑานานาชาติ (IAAF) เป็นหลัก โดยกติการะบุไว้ว่า เมื่อทำการจับเวลาด้วยนาฬิกาที่ใช้มือจับ ให้ใช้นาฬิกาจำนวน 3 เรือน โดยกติกาแจ้งไว้ ดังนี้ ถ้านาฬิกา 2 ใน 3 เรือนตรงกัน เรือนที่ 3 ไม่ตรง เวลาที่ได้จากนาฬิกาที่ตรงกันทั้ง 2 เรือน จะถือว่าเป็นเวลาอย่างเป็นทางการ ถ้านาฬิกาทั้ง 3 เรือน ไม่ตรงกันเลย เวลากลางจะเป็นเวลาอย่างเป็นทางการ เป็นสถิติที่ใช้บันทึกผลในวิจัยครั้งนี้ (กฎกติกาการแข่งขันกรีฑา, ม.ป.ป)

6. ฝึกตามโปรแกรมแต่ละกลุ่ม ด้วยระดับความหนัก 80-90 เปอร์เซ็นต์ ของ MHR จำนวน 8 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน คือ วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ เพราะหลังจากการฝึกประจำวันแล้ว เมื่อได้สลับการพักก็จะทำให้กล้ามเนื้อฟื้นคืนสภาพ พร้อมที่จะทำการทดสอบในวันต่อไป ก่อนฝึกซ้อมตามโปรแกรม ให้อบอุ่นร่างกายอย่างน้อย 5-10 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 เปอร์เซ็นต์ ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)

7. ระหว่างการฝึกตามโปรแกรม ในสัปดาห์ที่ 4 และในสัปดาห์สุดท้ายของการฝึกตามโปรแกรม ของสัปดาห์ที่ 8 ทำการทดสอบตัวแปรทั้ง 5 ตัวแปร ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม เพื่อเก็บข้อมูล

8. นำข้อมูลผลการทดสอบที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลตามขั้นตอนทางสถิติ

9. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะความคิดเห็นที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในแต่ละตัวแปรตาม (Dependent variables) โดยแบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สมรรถภาพเชิงแอโรบิก (Aerobic performance)

ตอนที่ 2 แอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold)

ตอนที่ 3 สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic performance)

ตอนที่ 3.1 พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power)

ตอนที่ 3.2 สมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

ตอนที่ 4 กรดแลคติกในเลือด (Blood lactate)

ตอนที่ 5 ความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (400 Meter performance)

ในแต่ละตอนจะใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) จากผลของการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic interval training) แบบแอโรบิก (Aerobic interval training) และแบบผสมผสาน (Combination interval training) ในระยะก่อนการฝึก (Pre-test) และระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test)

2. การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry หมายถึง ระดับความสัมพันธ์ของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดความสัมพันธ์เท่า ๆ กัน (Equal correlation) และความแปร ปรวนของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดเท่า ๆ กัน โดยใช้ Mauchly's test of sphericity พิจารณาค่านัยสำคัญของค่าสถิติ Mauchly's W และสถิติไคสแควร์ ซึ่งกำหนดสมมติฐานของการทดสอบ ดังนี้

H_0: ความแปรปรวนมีลักษณะเป็น Compound symmetry

H_1: ไม่เป็น Compound symmetry

หากความแปรปรวนมีลักษณะเป็น Compound symmetry จึงสามารถวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Repeated measurement ได้

3. วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Test of between-subject effects) เป็นการทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามในกลุ่มการฝึก 3 กลุ่ม 3 ช่วงเวลา ของการวัด โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated measures) กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบไว้ที่ระดับ .05 (α = .05) และถ้าพบความแตกต่างแล้วก็จะดำเนินการทดสอบความแตกต่างรายคู่เป็นลำดับถัดไป (Post hoc comparisons)

4. วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่ม (Test of within-subject effects) เป็นการทดสอบสมมติฐานเพื่อตรวจสอบนัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงของผลการวัดที่ได้จากการฝึกอินเทอร์วาล

ในแต่ละกลุ่มว่าแตกต่างกัน หรือไม่ มีพัฒนาการเป็นอย่างไร โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated measures) และตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของผลการวัดตัวแปรในแต่ละช่วงว่าแตกต่างกันอย่างไร และทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างครั้งที่ทดสอบและวิธีการฝึก โดยพิจารณาจากค่าสถิติต่าง ๆ ได้แก่ ค่าแลมด้า (Lambda: Λ) ค่าขนาดอิทธิพลของสิ่งทดลอง (Effect size: Partial η^2) และค่านัยสำคัญของการทดสอบ (p-value) และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยทดสอบแบบ Paired samples t-test

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และเปรียบเทียบผลของการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ในระยะเวลา 8 สัปดาห์ ที่มีต่อตัวแปรความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ แอนแอโรบิกเทรชโฮล สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก กรดแลคติกในเลือด และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ก่อน (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) โดยมีขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ในแต่ละตัวแปร ดังนี้

1. การนำเสนอสถิติพื้นฐาน
2. ทดสอบข้อตกลงเบื้องต้น
3. วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่ม
4. วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์และแปลผล

การวิเคราะห์ข้อมูล และแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยกำหนดสัญลักษณ์ และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	หมายถึง จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
$\overline{X}$	หมายถึง ค่าเฉลี่ย (Mean)
SD	หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)
F	หมายถึง ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณาการแจกแจงค่าเอฟ (F-distribution)
SS	หมายถึง ผลบวกของคะแนนเบี่ยงเบนแต่ละตัวยกกำลังสอง (Sum squares)
MS	หมายถึง ค่าความแปรปรวน (Mean squares)
df	หมายถึง องศาแห่งความเป็นอิสระ (Degrees of freedom)
Λ	หมายถึง ค่าสถิติ Wilks' Lambda
Partial η^2	หมายถึง ค่าขนาดอิทธิพลของการทดลอง (Effect size)
p	หมายถึง ค่าความน่าจะเป็นในการทดสอบสมมติฐาน (Probability)
*	หมายถึง การมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
Test	หมายถึง ครั้งที่ทดสอบ

Pre หมายถึง การทดสอบก่อนการฝึก

Mid หมายถึง การทดสอบระหว่างการฝึก

Post หมายถึง การทดสอบหลังการฝึก

Treatment หมายถึง วิธีการฝึก

Group 1 หมายถึง กลุ่มที่ฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic interval training)

Group 2 หมายถึง กลุ่มที่ฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก (Aerobic interval training)

Group 3 หมายถึง กลุ่มที่ฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน (Combination interval training)

Test*Treatment หมายถึง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครั้งที่ทดสอบและวิธีการฝึก

สัญลักษณ์แทนตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

VO_2max หมายถึง ปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที

ATH หมายถึง Anaerobic Threshold คือ จุดซึ่งพลังงานที่ได้มาโดยทาง Aerobic นั้นไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกายจำเป็นต้องสร้างพลังงานแบบ Anaerobic เข้าเสริม

POW หมายถึง พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Power)

CAP หมายถึง สมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก (Anaerobic Capacity)

BL หมายถึง Blood Lactate คือ ของเสียที่เกิดจากขบวนการ Anaerobic metabolism หรือการหายใจ (การเผาผลาญพลังงาน) ที่ไม่ใช้ออกซิเจน

TIME หมายถึง เวลาในการวิ่งที่ต้องใช้ความรุนแรงในการวิ่งอย่างเต็มที่ตลอดระยะทาง 400 เมตร (400 mater performance) ซึ่งใช้เวลาไม่เกิน 1-2 นาที

ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มทดลอง

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่มมีอายุเฉลี่ย 15 ปี ในกลุ่มที่ 1 ที่ฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก มีน้ำหนักเฉลี่ย 55.57 กิโลกรัม ส่วนสูง 166.81 เซนติเมตร, ในกลุ่มที่ 2 ที่ฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก มีน้ำหนักเฉลี่ย 53.56 กิโลกรัม ส่วนสูง 167.36 เซนติเมตร และในกลุ่มที่ 3 ที่ฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน มีน้ำหนักเฉลี่ย 52.20 กิโลกรัม ส่วนสูง 164.46 เซนติเมตร

ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง

Group	Age (year)			Weight (kg)			Height (cm)		
	$\overline{X}$		***SD***	$\overline{X}$		***SD***	$\overline{X}$		***SD***
	15.00	±	0.00	55.57	±	8.67	166.81	±	5.47
	15.00	±	0.00	53.56	±	11.63	167.36	±	6.09
	15.00	±	0.00	52.20	±	8.78	164.46	±	4.13

การนำเสนอข้อมูล

การวิเคราะห์ผลของการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ที่มีต่อตัวแปรเชิงแอนแอโรบิก แอโรบิก และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) จากผลของการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ในระยะก่อนการฝึก (Pre-test) และระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test)

2. การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry หมายถึง ระดับความสัมพันธ์ของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดความสัมพันธ์เท่า ๆ กัน (Equal correlation) และความแปรปรวนของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดเท่า ๆ กัน โดยใช้ Mauchly's test of sphericity พิจารณาค่านัยสำคัญของค่าสถิติ Mauchly's W และสถิติไคสแควร์ ซึ่งกำหนดสมมติฐานของการทดสอบ ดังนี้

H_0: ความแปรปรวนมีลักษณะเป็น Compound symmetry

H_1: ไม่เป็น Compound symmetry

หากความแปรปรวนมีลักษณะเป็น Compound symmetry จึงสามารถวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Repeated measurement ได้

3. วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Test of between-subject effects) เป็นการทดสอบสมมติฐานเพื่อตรวจสอบนัยสำคัญของความแตกต่างของผลการวัดระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกที่แตกต่างกัน 3 กลุ่ม ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หรือไม่ และถ้าพบความแตกต่างแล้วก็จะดำเนินการทดสอบความแตกต่างรายคู่เป็นลำดับถัดไป (Post hoc comparisons)

4. วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่ม (Test of within-subject effects) เป็นการทดสอบสมมติฐานเพื่อตรวจสอบนัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงของผลการวัดที่ได้จากการฝึกอินเทอร์วาลในแต่ละกลุ่มว่าแตกต่างกันหรือไม่ มีพัฒนาการเป็นอย่างไร โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน

แบบวัดซ้ำ (Repeated measures) และตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของผลการวัดตัวแปรในแต่ละช่วงว่าแตกต่างกันอย่างไร โดยพิจารณาจากค่าสถิติต่าง ๆ ได้แก่ ค่าแลมด้า (Lambda: Λ) ค่าขนาดอิทธิพลของสิ่งทดลอง (Effect size: Partial η^2) และค่านัยสำคัญของการทดสอบ (*p*-value) และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยทดสอบแบบ Paired samples t-test

ซึ่งการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในแต่ละตัวแปรตาม (Dependent variables) โดยแบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สมรรถภาพเชิงแอโรบิก (Aerobic performance)

ตอนที่ 2 แอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold)

ตอนที่ 3 สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic performance)

ตอนที่ 3.1 พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power)

ตอนที่ 3.2 สมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

ตอนที่ 4 กรดแลคติกในเลือด (Blood lactate)

ตอนที่ 5 ความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (400 meter performance)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 สมรรถภาพเชิงแอโรบิก (Aerobic performance)

ความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ (VO_2max)

การประเมินสมรรถภาพเชิงแอโรบิก ได้แก่ การวัดปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที (มีหน่วยเป็น ml/ kg^{-1}/ min^{-1}) จากผลของการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ในระยะก่อนการฝึก (Pre-test) และระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) ในตัวแปร VO_2max ดังนี้

1. วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที ในระยะก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า การฝึกอินเทอร์วาลด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน คือ 1) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก ปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที มีหน่วยเป็น ml/kg^{-1}/min^{-1} มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 34.170 (*SD* = 6.062) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 35.970 (*SD* = 5.922) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 36.900 (*SD* = 6.772) ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 2) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก ปริมาณสูงสุดของ

ออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 35.100 (*SD* = 7.314) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 34.940 (*SD* = 6.225) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 39.040 (*SD* = 6.871) และ 3) การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน ปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 34.210 (*SD* = 5.956) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 36.960 (*SD* = 6.616) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 39.580 (*SD* = 6.245) ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ปริมาณสูงสุดของออกซิเจน (VO_2max) ที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที

VO_2max ($ml/kg^{-1}/min^{-1}$)	**Pre-test**		**Mid-test**		**Post-test**	
	$\overline{X}$	**±*SD***	$\overline{X}$	**±*SD***	$\overline{X}$	**±*SD***
Group 1	34.170	6.062	35.970	5.922	36.900	6.772
Group 2	35.100	7.314	34.940	6.225	39.040	6.871
Group 3	34.210	5.956	36.960	6.616	39.580	6.245

ภาพที่ 4-1 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ปริมาณสูงสุดของออกซิเจน ที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที (VO_2max) จากผลของการฝึกอินเทอร์วาล 3 แบบในระยะการฝึก 3 ระยะ

2. ทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry

ผลการทดสอบ พบว่า ค่าสถิติ Mauchly's W มีค่าเท่ากับ 0.907 และสถิติไคสแควร์เท่ากับ 2.534 ค่า *p*-value เท่ากับ 0.282 ซึ่งผล คือ ยอมรับ H_0 หมายความว่า ความสัมพันธ์ของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดความสัมพันธ์เท่า ๆ กัน (Equal correlation) ความแปรปรวนของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดเท่า ๆ กัน และมีลักษณะเป็น Compound symmetry เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry ของความแปรปรวนด้วย Mauchly's test of sphericity

Within subjects effect	**Mauchly's W**	**Approx. Chi-square**	***df***	***p***
Test	0.907	2.534	2	0.282

3. วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Test of between-subject effects)

การเปรียบเทียบสมรรถภาพเชิงแอโรบิก โดยการวัดปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที (VO_2max) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกอินเทอร์วาล 3 กลุ่ม ได้แก่ แบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน พบว่า ไม่พบความแตกต่างระหว่างวิธีการฝึกทั้ง 3 แบบ ซึ่งค่า *p*-value เท่ากับ 0.902 และค่าขนาดอิทธิพลของวิธีการฝึก (Effect size: Partial η^2) เท่ากับ 0.008 ซึ่งมีค่าต่ำ

สรุปได้ว่า วิธีการฝึกไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที (VO_2max) ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Between-subject effects) ของปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที (VO_2max)

แหล่งความแปรปรวน	***SS***	***df***	***MS***	***F***	***P***	**partial η^2**
Between subjects						
Treatment	7.672	2	3.836	0.103	0.902	0.008
Error	1001.494	27	37.092			

4. วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่ม (Test of within-subject effects)

การเปรียบเทียบสมรรถภาพเชิงแอโรบิก โดยการวัดปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที (VO_2max) ก่อนการฝึก (Pre-test) และระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างน้อย 1 คู่ ของการทดสอบในระยะการฝึกทั้ง 3 ระยะ ($p < .001$) ($\Lambda = 0.350$) (Partial $\eta^2 = 0.398$) และพบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครั้งที่ทดสอบ และวิธีการฝึก ($p = 0.187$) ($\Lambda = 0.792$) (Partial $\eta^2 = 0.103$) สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบ (Within-subject effects) ของปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที (VO_2max)

แหล่งความแปรปรวน	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p*	partial η^2
Within subjects						
Test	247.507	2	123.753	17.866	0.000*	0.398
Test*treatment	43.096	4	10.774	1.555	0.187	0.103
Error (test)	374.037	54	6.927			

*$p < .05$

จากการทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบ (Within-subject effects) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงดำเนินการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของระยะการทดสอบปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที (VO_2max) ในแต่ละวิธีการฝึก โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Paired samples t-test พบว่า

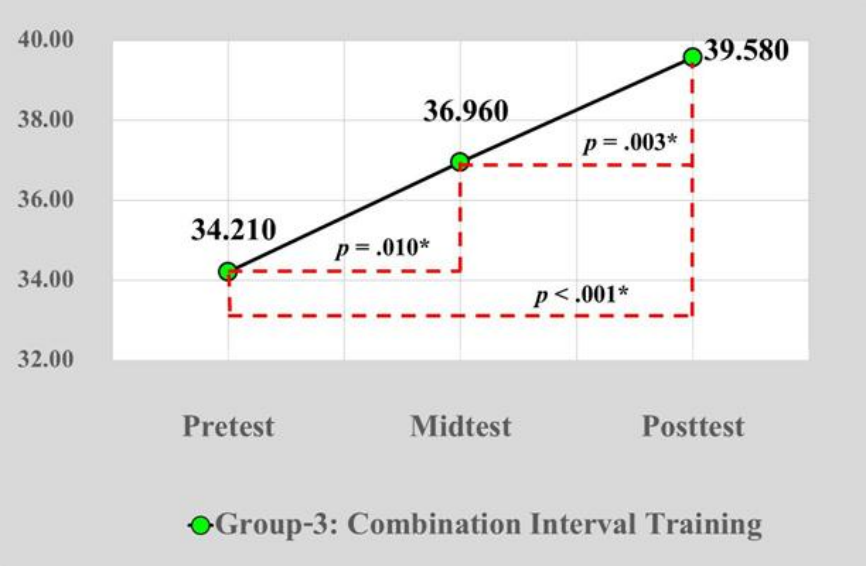
1. การฝึกแบบแอนแอโรบิก พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกัน 1 คู่ ได้แก่ ในระหว่างการฝึก (Mid-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังภาพที่ 4-2

ภาพที่ 4-2 การเปรียบเทียบ VO_2max ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก

2. การฝึกแบบแอโรบิก พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกัน 2 คู่ ได้แก่ ในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) และในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระหว่างการฝึก (Mid-test) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังภาพที่ 4-3

ภาพที่ 4-3 การเปรียบเทียบ VO_2max ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก

3. การฝึกแบบผสมผสาน พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกันทั้ง 3 คู่ ได้แก่ 1) ในระหว่างการฝึก (Mid-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) 2) ระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) และ 3) ระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระหว่างการฝึก (Mid-test) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังภาพที่ 4-4



ภาพที่ 4-4 การเปรียบเทียบ VO_2max ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน

สามารถแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของระยะการทดสอบปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที (VO_2max) ในแต่ละวิธีการฝึก โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Paired samples t-test ได้ดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยทดสอบแบบ Paired samples t-test

VO_2max	**Mean**						**Paired samples test**			**Between group**	**Post-pre**	***p-value***
	Pretest	**± *SD***	**Midtest**	**± *SD***	**Posttest**	**± *SD***	**Post-pre**					
($ml/kg^{-1}/min^{-1}$)							**Mean diff**	***t***	***p-value***	***F***	1.608	0.219
Group 1	34.170	6.062	35.970	5.922	36.900	6.772	2.730	2.869	0.019	Mean Diff 2-1	1.210	0.717
Group 2	35.100	7.314	34.940	6.225	39.040	6.871	3.940	3.166	0.011	Mean Diff 3-2	1.430	0.630
Group 3	34.210	5.956	36.960	6.616	39.580	6.245	5.370	5.987	0.000	Mean Diff 3-1	2.640	0.220

จากตารางการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของระยะการทดสอบปริมาณสูงสุดของออกซิเจนที่ร่างกายสามารถรับเข้าไปใช้ได้ในช่วง 1 นาที (VO_2max) ในแต่ละวิธีการฝึก พบว่า ในกลุ่มที่ 1 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย 2.730 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พบว่าในกลุ่มที่ 2 การฝึกการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย 3.940 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พบว่าในกลุ่มที่ 3 การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย 5.370 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ตอนที่ 2 แอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold)

แอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold) คือ จุดซึ่งพลังงานที่ได้มาโดยทาง Aerobic นั้นไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกายจำเป็นต้องสร้างพลังงานแบบ Anaerobic เข้าเสริมซึ่งจะทำให้ปริมาณของกรดแลคติคเพิ่มสูงขึ้น หรือจุดที่ระดับความหนักในการออกกำลังกายทำให้ปริมาณความต้องการใช้ออกซิเจนสำหรับการสร้างพลังงานแบบแอโรบิก มีมากกว่าปริมาณที่ร่างกายได้รับ ร่างกายจึงต้องใช้กลไกการสร้างพลังงานเชิงแอนแอโรบิกมาช่วยเสริม เป็นเหตุให้มีการสะสมกรดแลคติกภายในร่างกาย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้การทดสอบของคอนโคนี (Conconi test) ด้วยเครื่องมือลู่วิ่งกล (Treadmill) ยี่ห้อ H/P Cosmos ผลิตโดยประเทศอิตาลี

ผลการทดสอบแอนแอโรบิกเทรชโฮล จากการฝึกอินเทอร์วาลทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ก่อนการฝึก (Pre-test) และระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) ในตัวแปร ATH สามารถแสดงผลได้ดังนี้

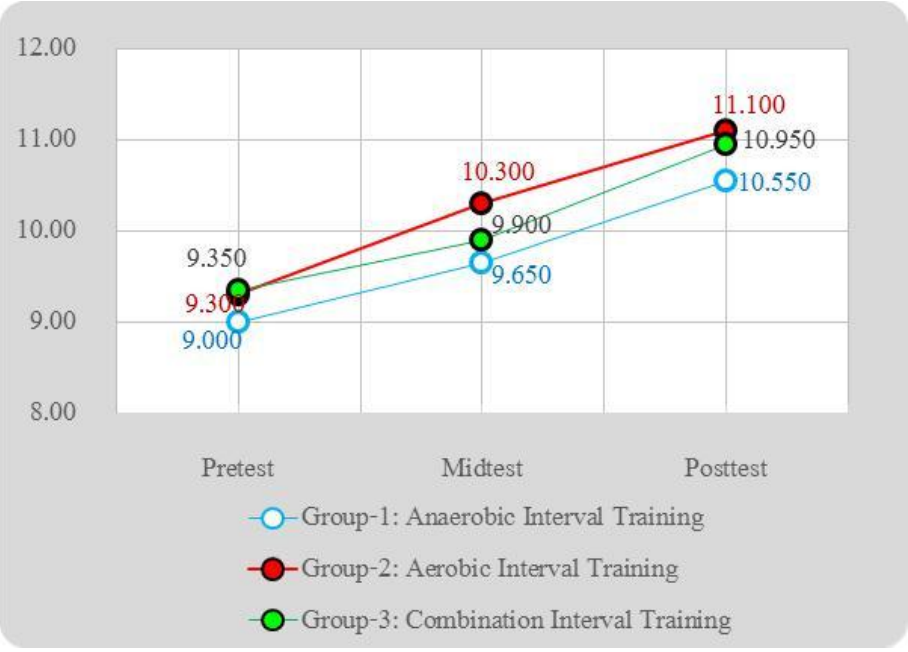
1. วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของปริมาณสูงสุดของแอนแอโรบิกเทรชโฮล ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า การฝึกอินเทอร์วาลด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน คือ 1) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แอนแอโรบิกเทรชโฮล มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 9.000 (*SD* = 1.000) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 9.650 (*SD* = 1.107) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 10.550 (*SD* = 0.896) 2) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก แอนแอโรบิกเทรชโฮล มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 9.300 (*SD* = 1.206) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 10.300

(*SD* = 0.949) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 11.100 (*SD* = 0.966) และ 3) การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน แอนแอโรบิกเทรชโฮล มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 9.350 (*SD* = 1.107) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 9.900 (*SD* = 0.738) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 10.950 (*SD* = 0.956) ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกแบบการฝึก สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) แอนแอโรบิกเทรชโฮล (ATH)

ATH	**Pre-test**		**Mid-test**		**Post-test**	
(km/hr)	$\overline{X}$	$\pm SD$	$\overline{X}$	$\pm SD$	$\overline{X}$	$\pm SD$
Group 1	9.000	1.000	9.650	1.107	10.550	0.896
Group 2	9.300	1.206	10.300	0.949	11.100	0.966
Group 3	9.350	1.107	9.900	0.738	10.950	0.956



ภาพที่ 4-5 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) แอนแอโรบิกเทรชโฮล (ATH) จากผลการฝึกอินเทอร์วาล 3 แบบ ในระยะการฝึก 3 ระยะ

2. ทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry

ผลการทดสอบ พบว่า ค่าสถิติ Mauchly's W มีค่าเท่ากับ 0.755 และสถิติไคสแควร์เท่ากับ 5.407 ค่า *p*-value เท่ากับ 0.051 ซึ่งผลคือยอมรับ H_0 หมายความว่า ความสัมพันธ์ของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดความสัมพันธ์เท่า ๆ กัน (Equal correlation) ความแปรปรวนของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดเท่า ๆ กัน และมีลักษณะเป็น Compound symmetry เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น สามารถแสดงผลได้ดังตาราง 4-8

ตารางที่ 4-8 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry ของความแปรปรวนด้วย Mauchly's test of sphericity

Within subjects effect	**Mauchly's W**	**Approx. Chi-square**	***df***	***p***
Test	0.755	5.407	2	0.051

3. วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Test of between-subject effects)

การเปรียบเทียบแอนแอโรบิกเทรชโฮล (ATH) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกอินเทอร์วาล 3 กลุ่ม ได้แก่ แบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน พบว่า ไม่พบความแตกต่างระหว่างวิธีการฝึกทั้ง 3 แบบ ซึ่งค่า *p*-value เท่ากับ 0.450 และค่าขนาดอิทธิพลของวิธีการฝึก (Effect size: Partial η^2) เท่ากับ 0.057 ซึ่งมีค่าต่ำ

สรุปได้ว่า วิธีการฝึกไม่มีอิทธิพลต่อแอนแอโรบิกเทรชโฮล (ATH) ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Between-subject effects) ของแอนแอโรบิกเทรชโฮล (ATH)

แหล่งความแปรปรวน	***SS***	***df***	***MS***	***F***	***p***	**partial η^2**
Between subjects						
Treatment	1.296	2.000	0.648	0.823	0.450	0.057
Error	21.256	27.000	0.787			

4. วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่ม (Test of within-subject effects)

การเปรียบเทียบแอนแอโรบิกเทรชโฮล (ATH) ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างน้อย 1 คู่ ของการทดสอบในระยะการฝึกทั้ง 3 ระยะ ($p < .001$) ($\Lambda = 0.259$) (Partial $\eta^2 = 0.704$) และพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครั้งที่ทดสอบ และวิธีการฝึก ($p = 0.761$) ($\Lambda = 0.859$) (Partial $\eta^2 = 0.033$) สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-10

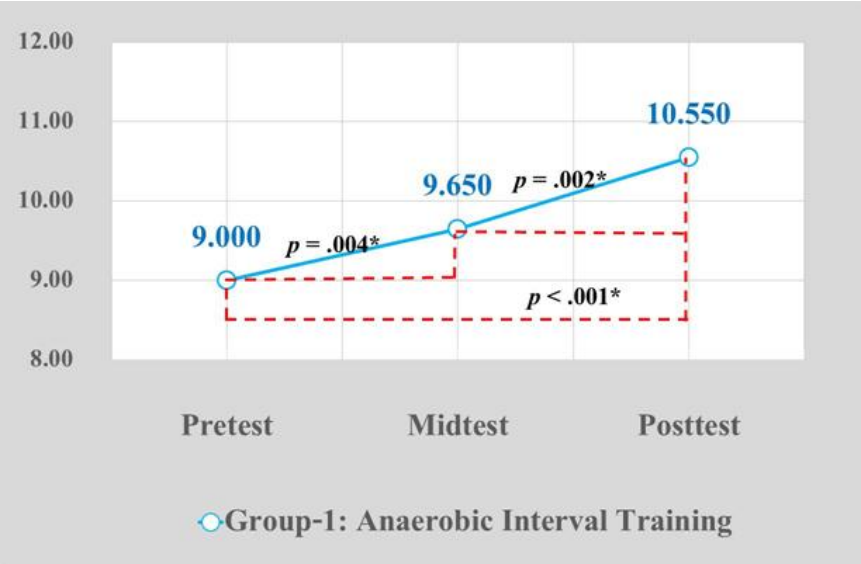
ตารางที่ 4-10 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบ (Within-subject effects) ของแอนแอโรบิกเทรชโฮล (ATH)

แหล่งความแปรปรวน	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p*	partial η^2
Within subjects						
Test	41.006	2.000	20.503	64.245	0.000*	0.704
Test*treatment	0.594	4.000	0.149	0.466	0.761	0.033
Error (test)	17.233	54.000	0.319			

*$p < .05$

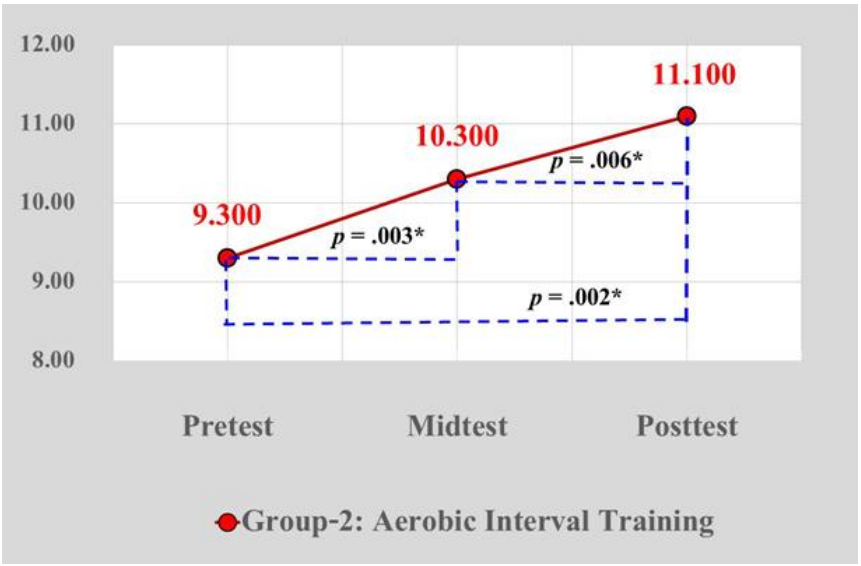
จากการทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบ (Within-subject effects) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงดำเนินการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของระยะการทดสอบแอนแอโรบิกเทรชโฮล (ATH) ในแต่ละวิธีการฝึก โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Paired samples t-test พบว่า

1. การฝึกแบบแอนแอโรบิก พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้ง 3 คู่ คือ ในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระหว่างการฝึก (Mid-test) และสูงกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-6



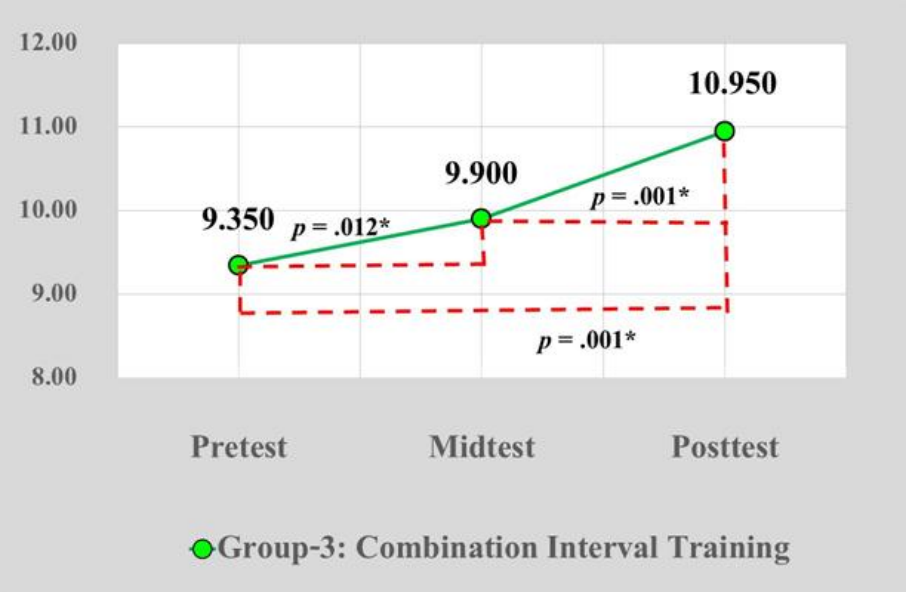
ภาพที่ 4-6 การเปรียบเทียบ ATH ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก

2. การฝึกแบบแอโรบิก พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้ง 3 คู่ คือ ในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระหว่างการฝึก (Mid-test) และสูงกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-7



ภาพที่ 4-7 การเปรียบเทียบ ATH ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก

3. การฝึกแบบผสมผสาน พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้ง 3 คู่ คือ ในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระหว่างการฝึก (Mid-test) และสูงกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-8



ภาพที่ 4-8 การเปรียบเทียบ ATH ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน

สามารถแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของระยะการทดสอบแอนแอโรบิกเทรชโฮล (ATH) ในแต่ละวิธีการฝึก โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Paired samples t-test ได้ดังตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยทดสอบแบบ Paired samples t-test

Threshold	**Mean**						**Paired samples test**			**Between group**	**Post-pre**	***p-value***
	Pretest	**±*SD***	**Midtest**	**±*SD***	**Posttest**	**±*SD***	**Post-pre**					
(km/ hr)							**Mean diff**	***t***	***p-value***	***F***	0.164	0.849
Group 1	9.000	1.000	9.650	1.107	10.550	0.896	1.550	7.619	0.000	Mean Diff 3-1	0.050	0.994
Group 2	9.300	1.206	10.300	0.949	11.100	0.966	1.800	4.256	0.002	Mean Diff 2-3	0.200	0.911
Group 3	9.350	1.107	9.900	0.738	10.950	0.956	1.600	5.088	0.001	Mean Diff 2-1	0.250	0.864

จากตารางการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของปริมาณสูงสุดของแอนแอโรบิกเทรชโฮล ในแต่ละวิธีการฝึก พบว่าในกลุ่มที่ 1 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย 1.550 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พบว่า ในกลุ่มที่ 2 การฝึกการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย 1.800 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พบว่า ในกลุ่มที่ 3 การฝึกการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย 1.600 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ตอนที่ 3 สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic performance)

สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic performance) หมายถึง สมรรถภาพในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะในขบวนการที่เรียกว่าเมตตาบอลิซึมในกล้ามเนื้อ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การทดสอบของวินเกต (Wingate anaerobic test) เพื่อหาค่าของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) และสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

ตอนที่ 3.1 พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power)

ผลการทดสอบพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก จากการฝึกอินเทอร์วาลทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) ในตัวแปร POW สามารถแสดงผลได้ดังนี้

1. วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของปริมาณสูงสุดของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าการฝึกอินเทอร์วาลด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน คือ 1) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 9.998 (*SD* = 0.544) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 10.374 (*SD* = 0.606) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 10.509 (*SD* = 0.571), 2) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 9.823 (*SD* = 0.998) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ10.124 (*SD* = 0.843) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 10.288 (*SD* = 0.788) และ 3) การฝึกอินเทอร์วาล แบบผสมผสาน พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ

10.267 (*SD* = 0.972) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 10.480 (*SD* = 1.035) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 10.900 (*SD* = 0.892) ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกแบบการฝึก สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (POW)

ATH	**Pre-test**		**Mid-test**		**Post-test**	
(Watt/kg)	$\overline{X}$	**±*SD***	$\overline{X}$	**±*SD***	$\overline{X}$	**±*SD***
Group 1	9.998	0.544	10.374	0.606	10.509	0.571
Group 2	9.823	0.998	10.124	0.843	10.288	0.788
Group 3	10.267	0.972	10.480	1.035	10.900	0.892

ภาพที่ 4-9 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (POW) จากผล

การฝึกอินเทอร์วาล 3 แบบ ในระยะการฝึก 3 ระยะ

2. ทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry

ผลการทดสอบ พบว่า ค่าสถิติ Mauchly's W มีค่าเท่ากับ 0.917 และสถิติไคสแควร์เท่ากับ 2.246 ค่า *p*-value เท่ากับ 0.325 ซึ่งผลคือยอมรับ H_0 หมายความว่า ความสัมพันธ์ของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดความสัมพันธ์เท่า ๆ กัน (Equal correlation) ความแปรปรวนของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดเท่า ๆ กัน และมีลักษณะเป็น Compound symmetry เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น สามารถแสดงผลได้ดังตาราง 4-13

ตารางที่ 4-13 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry ของความแปรปรวนด้วย Mauchly's test of sphericity

Within subjects effect	**Mauchly's W**	**Approx. Chi-square**	***df***	***p***
Test	0.917	2.246	2	0.325

3. วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Test of between-subject effects)

การเปรียบเทียบพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (POW) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกอินเทอร์วาล 3 กลุ่ม ได้แก่ แบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน พบว่าไม่พบความแตกต่างระหว่างวิธีการฝึกทั้ง 3 แบบ ซึ่งค่า *p*-value เท่ากับ 0.428 และค่าขนาดอิทธิพลของวิธีการฝึก (Effect size: Partial η^2) เท่ากับ 0.061 ซึ่งมีค่าต่ำ

สรุปได้ว่า วิธีการฝึกไม่มีอิทธิพลต่อพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (POW) ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-14 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Between-subject effects) ของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (POW)

แหล่งความแปรปรวน	***SS***	***df***	***MS***	***F***	***p***	**partial η^2**
Between subjects						
Treatment	1.110	2.000	0.555	0.875	0.428	0.061
Error	17.122	27.000	0.634			

4. วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่ม (Test of within-subject effects)

การเปรียบเทียบพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (POW) ก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างน้อย 1 คู่ ของการทดสอบในระยะการฝึกทั้ง 3 ระยะ ($p < .001$) ($\Lambda = 0.350$) (Partial $\eta^2 = 0.534$) และพบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครั้งที่ทดสอบและวิธีการฝึก ($p = 0.457$) ($\Lambda = 0.845$) (Partial $\eta^2 = 0.064$) สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบ (Within-subject effects) ของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (POW)

แหล่งความแปรปรวน	***SS***	***df***	***MS***	***F***	***p***	**partial η^2**
Within subjects						
Test	4.331	2.000	2.166	30.932	0.000*	0.534
Test*treatment	0.259	4.000	0.065	0.924	0.457	0.064
Error (test)	3.780	54.000	0.070			

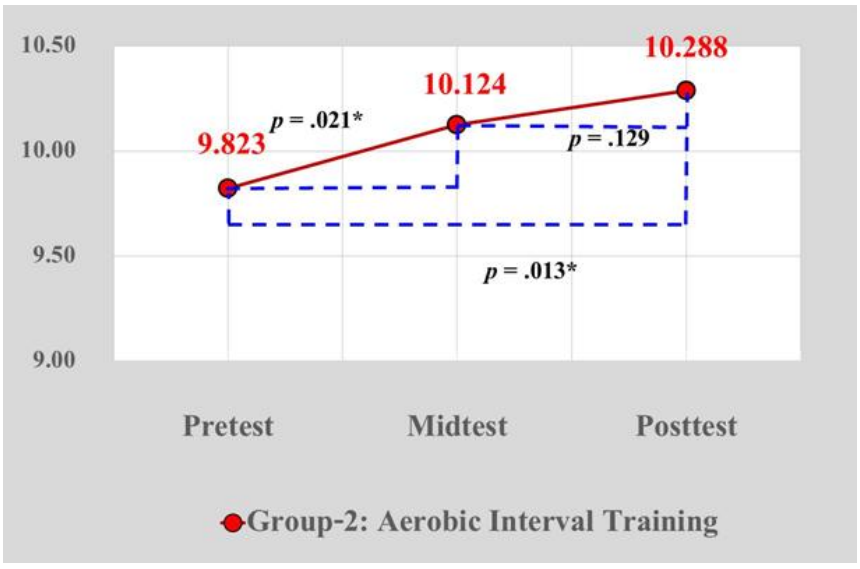
*$p < .05$

จากการทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบ (Within-subject effects) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงดำเนินการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของระยะการทดสอบพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (POW) ในแต่ละวิธีการฝึก โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Paired samples t-test พบว่า

1. การฝึกแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic interval training) พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้ง 3 คู่ คือ ในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระหว่างการฝึก (Mid-test) และสูงกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-10

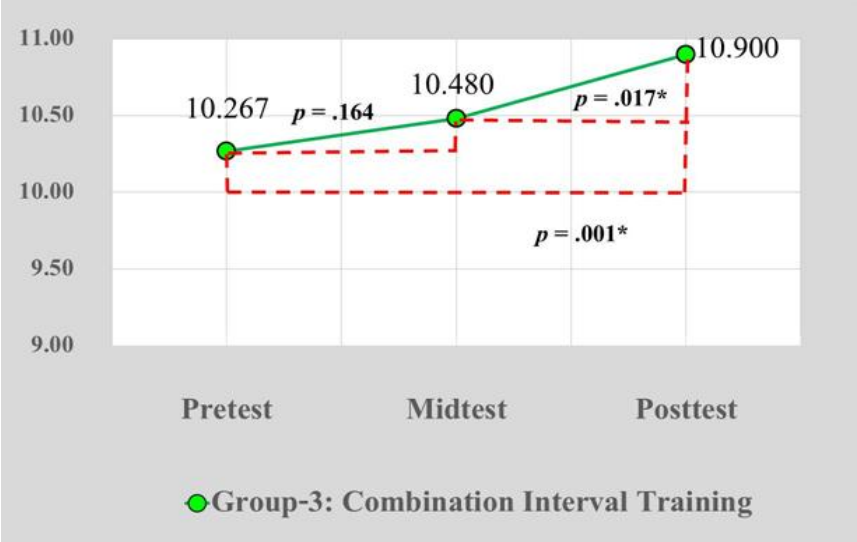
ภาพที่ 4-10 การเปรียบเทียบ POW ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก

2. การฝึกแบบแอโรบิก พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 2 คู่ ได้แก่ ในระหว่างการฝึก (Mid-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) และในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) ดังภาพที่ 4-11



ภาพที่ 4-11 การเปรียบเทียบ POW ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก

3. การฝึกแบบผสมผสาน พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 2 คู่ ได้แก่ ในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) และในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระหว่างการฝึก (Mid-test) ดังภาพที่ 4-12



ภาพที่ 4-12 การเปรียบเทียบ POW ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน

สามารถแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของระยะการทดสอบพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (POW) ในแต่ละวิธีการฝึก โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Paired samples t-test ได้ดังตารางที่ 4-16

ตารางที่ 4-16 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยทดสอบแบบ Paired samples t-test

Anaerobic performance: power	**Mean**						**Paired samples test**			**Between group**	**Post-pre**	***p-value***
	Pretest	**±*SD***	**Midtest**	**±*SD***	**Posttest**	**±*SD***	**Post-pre**					
(Watt/ kg)							**Mean diff**	***t***	***p-value***	***F***	0.434	0.652
Group 1	9.998	0.544	10.374	0.606	10.509	0.571	0.511	4.703	0.001	Mean Diff 1-2	0.046	0.970
Group 2	9.823	0.998	10.124	0.843	10.288	0.788	0.465	3.074	0.013	Mean Diff 3-1	0.122	0.808
Group 3	10.267	0.972	10.480	1.035	10.900	0.892	0.633	4.798	0.001	Mean Diff 3-2	0.168	0.670

จากตารางการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของปริมาณสูงสุดของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power)ในแต่ละวิธีการฝึก พบว่า ในกลุ่มที่ 1 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย 0.511 วัตต์ต่อกิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พบว่า ในกลุ่มที่ 2 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย 0.465 วัตต์ต่อกิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พบว่า ในกลุ่มที่ 3 การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย 0.633 วัตต์ต่อกิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ตอนที่ 3.2 สมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

สมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) จากการฝึกอินเทอร์วาลทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) ในตัวแปร CAP สามารถแสดงผลได้ ดังนี้

1. วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของระยะแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) ก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า การฝึกอินเทอร์วาลด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน คือ 1) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก สมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 7.636 (*SD* = 0.433) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 7.834 (*SD* = 0.410) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 7.943 (*SD* = 0.454) 2) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก สมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 7.326 (*SD* = 0.709) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 7.482 (*SD* = 0.636) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 7.602 (*SD* = 0.898) และ 3) การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน สมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 7.673 (*SD* = 0.554) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 7.809 (*SD* = 0.452) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 8.006 (*SD* = 0.517) ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกแบบการฝึกสามารถ แสดงผลได้ดังตารางที่ 4-17

ตารางที่ 4-17 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) สมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก (CAP)

CAP (Watt/kg)	Pre-test		Mid-test		Post-test	
	$\overline{X}$	±*SD*	$\overline{X}$	±*SD*	$\overline{X}$	±*SD*
Group 1	7.636	0.433	7.834	0.410	7.943	0.454
Group 2	7.326	0.709	7.482	0.636	7.602	0.898
Group 3	7.673	0.554	7.809	0.452	8.006	0.517

ภาพที่ 4-13 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) สมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก (CAP) จากผลการฝึกอินเทอร์วาล 3 แบบ ในระยะการฝึก 3 ระยะ

2. ทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry

ผลการทดสอบ พบว่า ค่าสถิติ Mauchly's W มีค่าเท่ากับ 0.995 และสถิติไคสแควร์เท่ากับ 0.143 ค่า *p*-value เท่ากับ 0.931 ซึ่งผล คือ ยอมรับ H_0 หมายความว่า ความสัมพันธ์ของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดความสัมพันธ์เท่า ๆ กัน (Equal correlation) ความแปรปรวนของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดเท่า ๆ กัน และมีลักษณะเป็น Compound symmetry เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-18

ตารางที่ 4-18 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry ของความแปรปรวน ด้วย Mauchly's test of sphericity

Within subjects effect	**Mauchly's W**	**Approx. Chi-square**	***df***	***p***
Test	0.995	0.143	2	0.931

3. วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Test of between-subject effects)

การเปรียบเทียบสมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก (CAP) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกอินเทอร์วาล 3 กลุ่ม ได้แก่ แบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน พบว่า ไม่พบความแตกต่างระหว่างวิธีการฝึกทั้ง 3 แบบ ซึ่งค่า *p*-value เท่ากับ 0.292 และค่าขนาดอิทธิพลของวิธีการฝึก (Effect size: Partial η^2) เท่ากับ 0.087 ซึ่งมีค่าต่ำ

สรุปได้ว่า วิธีการฝึกไม่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก (CAP) ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4-19 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Between-subject) ของสมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก (CAP)

แหล่งความแปรปรวน	***SS***	***df***	***MS***	***F***	***p***	**partial** η^2
Between subjects						
Treatment	0.805	2.000	0.403	1.291	0.292	0.087
Error	8.421	27.000	0.312			

4. วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่ม (Test of within-subject effects)

การเปรียบเทียบสมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก (CAP) ก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างน้อย 1 คู่ ของการทดสอบในระยะการฝึกทั้ง 3 ระยะ ($p < .001$) ($\Lambda = 0.461$) (Partial $\eta^2 = 0.385$) และพบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครั้งที่ทดสอบ และวิธีการฝึก ($p = 0.955$) ($\Lambda = 0.975$) (Partial $\eta^2 = 0.012$) สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-20

ตารางที่ 4-20 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบ (Within-subject effects) ของสมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก (CAP)

แหล่งความแปรปรวน	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p*	partial η^2
Within subjects						
Test	1.401	2.000	0.700	16.928	0.000*	0.385
Test*treatment	0.027	4.000	0.007	0.166	0.955	0.012
Error (test)	2.234	54.000	0.041			

*$p < .05$

จากการทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบ (Within-subject effects) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงดำเนินการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของระยะการทดสอบสมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก (CAP) ในแต่ละวิธีการฝึก โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Paired samples t-test พบว่า

1. การฝึกแบบแอนแอโรบิก พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้ง 3 คู่ คือ ในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระหว่างการฝึก (Mid-test) และสูงกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-14

ภาพที่ 4-14 การเปรียบเทียบ CAP ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก

2. การฝึกแบบแอโรบิก พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 1 คู่ ได้แก่ ในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) ดังภาพที่ 4-15

ภาพที่ 4-15 การเปรียบเทียบ CAP ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก

3. การฝึกแบบผสมผสาน พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 2 คู่ ได้แก่ ในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) และในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระหว่างการฝึก (Mid-test) ดังภาพที่ 4-16

ภาพที่ 4-16 การเปรียบเทียบ CAP ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน

สามารถแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของระยะการทดสอบสมรรถนะในการยืนระยะแอนแอโรบิก (CAP) ในแต่ละวิธีการฝึก โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Paired samples t-test ได้ดังตารางที่ 4-21

ตารางที่ 4-21 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยทดสอบแบบ Paired samples t-test

Anaerobic performance: capacity	**Mean**						**Paired samples test**			**Between group**	**Post-pre**	***p-value***
	Pretest	**±*SD***	**Midtest**	**±*SD***	**Posttest**	**±*SD***	**Post-pre**					
(Watt/ kg)							**Mean diff**	***t***	***p-value***	***F***	0.092	0.913
Group 1	7.636	0.433	7.834	0.410	7.943	0.454	0.307	8.493	0.000	Mean Diff 3-1	0.026	0.981
Group 2	7.326	0.709	7.482	0.636	7.602	0.898	0.276	2.432	0.038	Mean Diff 1-2	0.031	0.973
Group 3	7.673	0.554	7.809	0.452	8.006	0.517	0.333	2.982	0.015	Mean Diff 3-2	0.057	0.913

จากตารางการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ในแต่ละวิธีการฝึก พบว่า ในกลุ่มที่ 1 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย 0.307 วัตต์ต่อกิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พบว่า ในกลุ่มที่ 2 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย 0.276 วัตต์ต่อกิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พบว่า ในกลุ่มที่ 3 การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย 0.333 วัตต์ต่อกิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ตอนที่ 4 กรดแลคติกในเลือด (Blood lactate)

กรดแลคติก หมายถึง ของเสียที่เกิดจากขบวนการ Anaerobic metabolism หรือ การหายใจ (การเผาผลาญพลังงาน) ที่ไม่ใช้ออกซิเจน เช่น การออกกำลังกาย หรือทำงานหนักจะทำให้เกิดกรดแลคติก ซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อล้า แต่เมื่อพัก กรดแลคติกจะถูกเผาผลาญให้พลังงานต่ออีกด้วยขบวนการ Aerobic metabolism หรือการใช้ออกซิเจนเหมือนในภาวะปกติ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือด (Blood lactate analyzer) รุ่น Lactate Scout และแผ่นตรวจวัดแลคเตท (Lactate strip) ในการหาค่ากรดแลคติกในเลือดจากการฝึกอินเทอร์วาล ทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) ในตัวแปร CAP สามารถแสดงผลได้ดังนี้

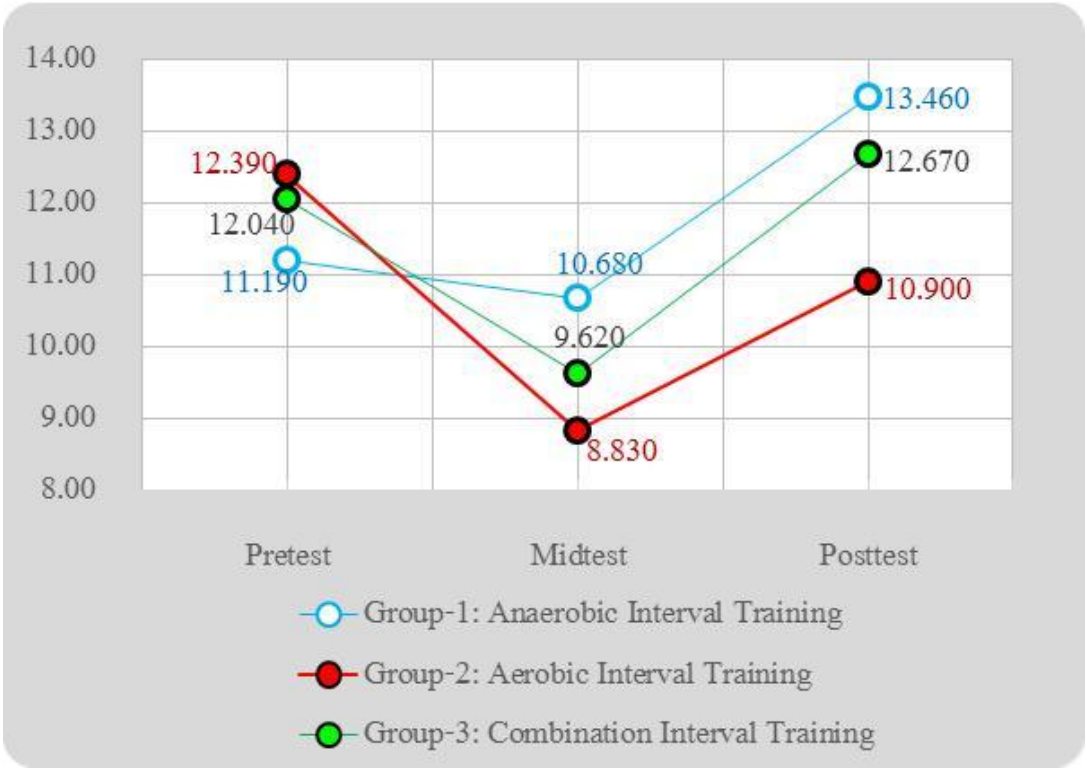
1. วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate) ก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าการฝึกอินเทอร์วาลด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน คือ 1) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก ปริมาณกรดแลคติกในเลือดมีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 11.190 (*SD* = 3.102) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 10.680 (*SD* = 1.075) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 13.460 (*SD* = 2.415) 2) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก ปริมาณกรดแลคติกในเลือดมีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 12.390 (*SD* = 2.939) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 8.830 (*SD* = 2.529) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 10.900 (*SD* = 2.495) และ 3) การฝึก

อินเทอร์วาลแบบผสมผสาน ปริมาณกรดแลคติกในเลือด มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 12.040 (*SD* = 3.002) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 9.620 (*SD* = 1.854) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 12.670 (*SD* = 2.094) สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-22

ตารางที่ 4-22 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) กรดแลคติกในเลือด (BL)

BL	**Pre-test**		**Mid-test**		**Post-test**	
(mmol/L)	$\overline{X}$	**±SD**	$\overline{X}$	**±SD**	$\overline{X}$	**±SD**
Group 1	11.190	3.102	10.680	1.075	13.460	2.415
Group 2	12.390	2.939	8.830	2.529	10.900	2.495
Group 3	12.040	3.002	9.620	1.854	12.670	2.094



ภาพที่ 4-17 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) กรดแลคติกในเลือด (BL) จากผลการฝึกอินเทอร์วาล 3 แบบ ในระยะการฝึก 3 ระยะ

2. ทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry

ผลการทดสอบ พบว่าค่าสถิติ Mauchly's W มีค่าเท่ากับ 0.803 และสถิติไคสแควร์เท่ากับ 5.717 ค่า *p*-value เท่ากับ 0.057 ซึ่งผลคือยอมรับ H_0 หมายความว่า ความสัมพันธ์ของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดความสัมพันธ์เท่า ๆ กัน (Equal correlation) ความแปรปรวนของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดเท่า ๆ กัน และมีลักษณะเป็น Compound symmetry เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-23

ตารางที่ 4-23 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry ของความแปรปรวนด้วย Mauchly's test of sphericity

Within subjects effect	**Mauchly's W**	**Approx. Chi-square**	***df***	***p***
Test	0.803	5.717	2	0.057

3. วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Test of between-subject effects)

การเปรียบเทียบกรดแลคติกในเลือด (BL) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกอินเทอร์วาล 3 กลุ่ม ได้แก่ แบบแอนแอโรบิก (Anaerobic interval training) แบบแอโรบิก (Aerobic interval training) และแบบผสมผสาน (Combination interval training) พบว่า ไม่พบความแตกต่างระหว่างวิธีการฝึกทั้ง 3 แบบ ซึ่งค่า *p*-value เท่ากับ 0.310 และค่าขนาดอิทธิพลของวิธีการฝึก (Effect size: Partial η^2) เท่ากับ 0.083 ซึ่งมีค่าต่ำ

สรุปได้ว่า วิธีการฝึกไม่มีอิทธิพลต่อกรดแลคติกในเลือด (BL) ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-24

ตารางที่ 4-24 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Between-subject effects) ของกรดแลคติกในเลือด (BL)

แหล่งความแปรปรวน	***SS***	***df***	***MS***	***F***	***p***	**partial η^2**
Between subjects						
Treatment	5.996	2.000	2.998	1.223	0.310	0.083
Error	66.204	27.000	2.452			

4. วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่ม (Test of within-subject effects)

การเปรียบเทียบกรดแลคติกในเลือด (BL) ก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างน้อย 1 คู่ ของการทดสอบในระยะการฝึกทั้ง 3 ระยะ ($p < .001$) ($\Lambda = 0.422$) (Partial $\eta^2 = 0.287$) และพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครั้งที่ทดสอบ และวิธีการฝึก ($p = 0.125$) ($\Lambda = 0.825$) (Partial $\eta^2 = 0.123$) สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-25

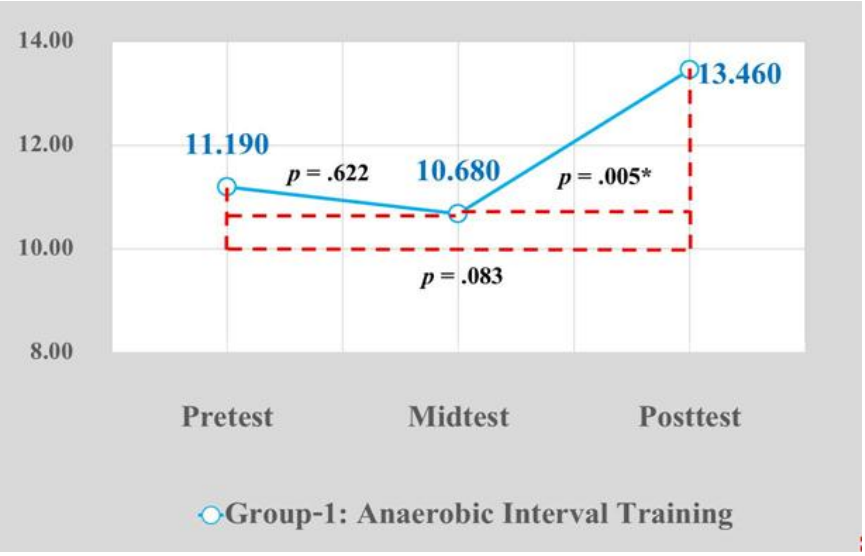
ตารางที่ 4-25 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบ (Within-subject effects) ของกรดแลคติกในเลือด (BL)

แหล่งความแปรปรวน	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P*	partial η^2
Within subjects						
Test	118.354	2.000	59.177	10.880	0.000*	0.287
Test*treatment	41.232	4.000	10.308	1.895	0.125	0.123
Error (test)	293.707	54.000	5.439			

*$p < .05$

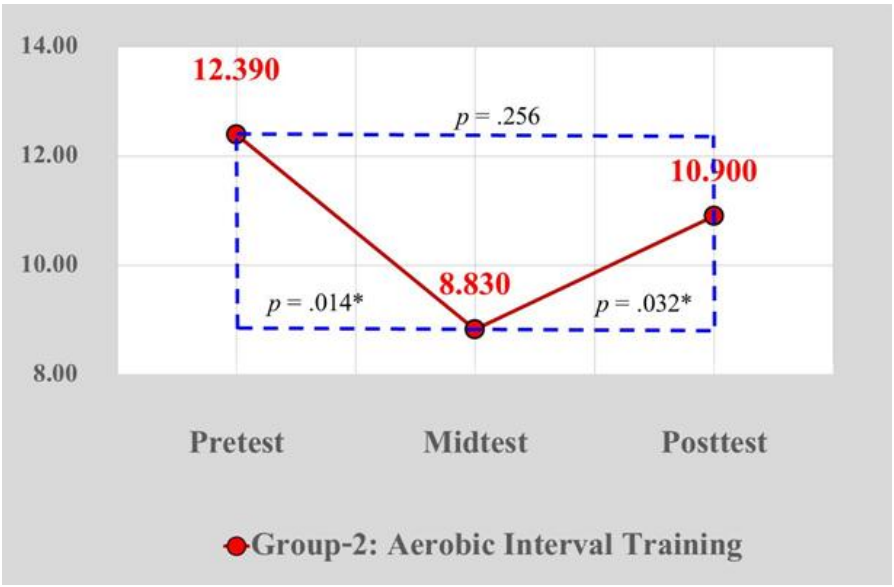
จากการทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบ (Within-subject effects) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงดำเนินการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของระยะการทดสอบกรดแลคติกในเลือด (BL) ในแต่ละวิธีการฝึก โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Paired samples t-test พบว่า

1. การฝึกแบบแอนแอโรบิก พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกัน 1 คู่ ได้แก่ ในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระหว่างการฝึก (Mid-test) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังภาพที่ 4-18



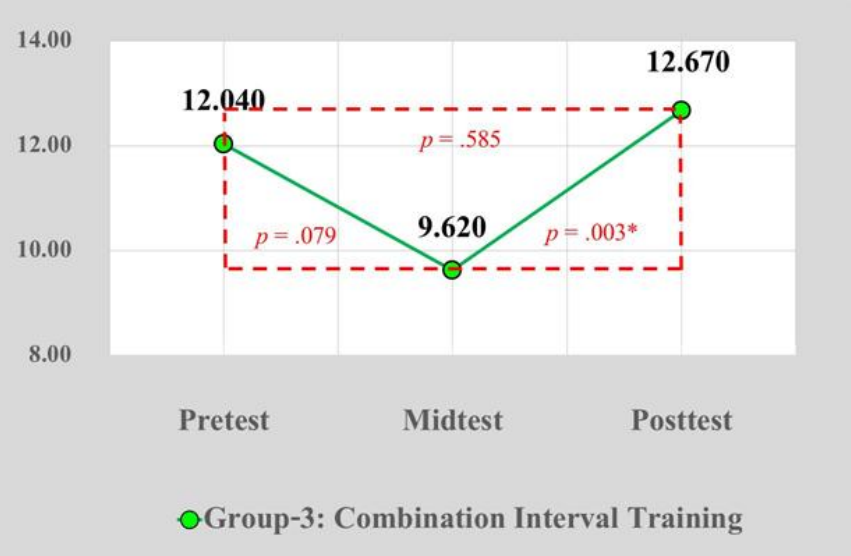
ภาพที่ 4-18 การเปรียบเทียบ BL ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก

2. การฝึกแบบแอโรบิก พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 2 คู่ ได้แก่ ในระหว่างการฝึก (Mid-test) มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) และระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระหว่างการฝึก (Mid-test) ดังภาพที่ 4-19



ภาพที่ 4-19 การเปรียบเทียบ BL ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก

3. การฝึกแบบผสมผสาน พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกัน 1 คู่ ได้แก่ ในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระหว่างการฝึก (Mid-test) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังภาพที่ 4-20



ภาพที่ 4-20 การเปรียบเทียบ BL ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน

สามารถแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของระยะการทดสอบกรดแลคติกในเลือด (BL) ในแต่ละวิธีการฝึก โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Paired samples t-test ได้ดังตารางที่ 4-26

ตารางที่ 4-26 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยทดสอบแบบ Paired samples t-test

Blood lactic	**Mean**						**Paired Samples Test**			**Between group**	**Post-pre**	***p-value***
	Pretest	**±*SD***	**Midtest**	**±*SD***	**Posttest**	**±*SD***	**Post-Pre**					
(mmol/L)							**Mean diff**	***t***	***p-value***	***F***	2.596	0.093
Group 1	11.190	3.102	10.680	1.075	13.460	2.415	2.270	1.947	0.083	Mean Diff 3-1	-1.640	0.617
Group 2	12.390	2.939	8.830	2.529	10.900	2.495	-1.490	-1.213	0.256	Mean Diff 2-3	-2.120	0.451
Group 3	12.040	3.002	9.620	1.854	12.670	2.094	0.630	0.567	0.585	Mean Diff 2-1	-3.760	0.094

จากตารางการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate) ในแต่ละวิธีการฝึก พบว่าในกลุ่มที่ 1 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย 2.270 มิลลิโมลต่อลิตร พบว่า ในกลุ่มที่ 2 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย -1.490 มิลลิโมลต่อลิตร พบว่า ในกลุ่มที่ 3 การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย 0.630 มิลลิโมลต่อลิตร และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ตอนที่ 5 ความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (400 meter performance: TIME)

การวิ่งระยะทาง 400 เมตร หมายถึง การวิ่งที่ต้องใช้ความรุนแรงในการวิ่งอย่างเต็มที่ตลอดระยะทาง 400 เมตร ซึ่งใช้เวลาไม่เกิน 1-2 นาที ในทางสรีรวิทยาการวิ่งด้วยความเร็วเต็มที่ไม่เกิน 1-2 นาที นี้ จะก่อให้เกิดการเผาผลาญพลังงานที่ไม่สมบูรณ์ เป็นพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีในการสันดาปสารอาหารโดยไม่ใช้ออกซิเจน และเกิดกรดแลคติก (Lactic acid) ในกล้ามเนื้อและในเลือด ซึ่งงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำเอาการวิ่ง 400 เมตร มาใช้เป็นเครื่องมือในการทดสอบ เพราะการวิจัยในครั้งนี้ กิจกรรมของโปรแกรมการฝึกอินเทอร์วาลเป็นแบบ ATP-PC ร่วมกับ Lactic acid system อยู่ในโซนที่ 2 เวลาที่ใช้ในการประกอบกิจกรรม 30-90 วินาที เช่น กิจกรรมการวิ่ง 200 เมตร, 400 เมตร ว่ายน้ำ 50 เมตร, 100 เมตร, จักรยาน 1,000 เมตร หรือน้อยกว่า (ประทุม ม่วงมี, 2527) ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้นาฬิกาจับเวลา Casio Stopwatch รุ่น HS-80 TW จำนวน 3 เรือน ตามกติกากรีฑา (IAAF) ข้อที่ 18 ว่าด้วยการจับเวลา

ในการทดสอบความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตรจากการฝึกอินเทอร์วาล ทั้ง 3 แบบ ได้แก่ แบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) ในตัวแปร TIME สามารถแสดงผลได้ดังนี้

1. วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (TIME) ก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า การฝึกอินเทอร์วาลด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน คือ 1) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก ความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 83.610 (*SD* = 9.356) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 78.497 (*SD* = 7.600) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 75.945 (*SD* = 7.707) 2) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก ความ

สามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 82.079 (*SD* = 8.856) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 77.067 (*SD* = 5.048) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 74.574 (*SD* = 5.148) และ 3) การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน ความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 83.308 (*SD* = 9.501) ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 78.981 (*SD* = 8.804) และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 76.149 (*SD* = 8.904) ซึ่งพบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร น้อยลง นั่นคือ กลุ่มตัวอย่างมีความ สามารถในการวิ่งมากขึ้น ตามลำดับ ในทุก ๆ วิธีการฝึก สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-27

ตารางที่ 4-27 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ของความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (TIME)

TIME	**Pre-test**		**Mid-test**		**Post-test**	
(sec)	$\overline{X}$	**±*SD***	$\overline{X}$	**±*SD***	$\overline{X}$	**±*SD***
Group 1	83.610	9.356	78.497	7.600	75.945	7.707
Group 2	82.079	8.856	77.067	5.048	74.574	5.148
Group 3	83.308	9.501	78.981	8.804	76.149	8.904

ภาพที่ 4-21 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) ความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (TIME) จากผลการฝึกอินเทอร์วาล 3 แบบ ในระยะการฝึก 3 ระยะ

2. ทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry

ผลการทดสอบ พบว่า ค่าสถิติ Mauchly's W มีค่าเท่ากับ 0.848 และสถิติไคสแควร์เท่ากับ 4.829 ค่า *p*-value เท่ากับ 0.052 ซึ่งผล คือ ยอมรับ H_0 หมายความว่า ความสัมพันธ์ของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดความสัมพันธ์เท่า ๆ กัน (Equal correlation) ความแปรปรวนของการวัดแต่ละครั้งมีขนาดเท่า ๆ กัน และมีลักษณะเป็น Compound symmetry เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-28

ตารางที่ 4-28 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับ Compound symmetry ของความแปรปรวนด้วย Mauchly's test of sphericity

Within subjects effect	**Mauchly's W**	**Approx. Chi-square**	***df***	***p***
Test	0.848	4.829	2.000	0.052

3. วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Test of between-subject effects)

การเปรียบเทียบความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (TIME) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการฝึกอินเทอร์วาล 3 กลุ่ม ได้แก่ แบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน พบว่า ไม่พบความแตกต่างระหว่างวิธีการฝึกทั้ง 3 แบบ ซึ่งค่า *p*-value เท่ากับ 0.881 และค่าขนาดอิทธิพลของวิธีการฝึก (Effect size: Partial η^2) เท่ากับ 0.009 ซึ่งมีค่าต่ำ

สรุปได้ว่า วิธีการฝึกไม่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (TIME) ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-29

ตารางที่ 4-29 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Between-subject effects) ของความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (TIME)

แหล่งความแปรปรวน	***SS***	***df***	***MS***	***F***	***p***	**partial η^2**
Between subjects						
Treatment	15.250	2	7.625	0.128	0.881	0.009
Error	1612.781	27	59.733			

4. วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่ม (Test of within-subject effects)

การเปรียบเทียบความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (TIME) ก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างน้อย 1 คู่ ของการทดสอบในระยะการฝึกทั้ง 3 ระยะ ($p < .001$) ($\Lambda = 0.267$) (Partial $\eta^2 = 0.681$) และพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครั้งที่ทดสอบและวิธีการฝึก ($p = 0.992$) ($\Lambda = 0.982$) (Partial $\eta^2 = 0.005$) สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-30

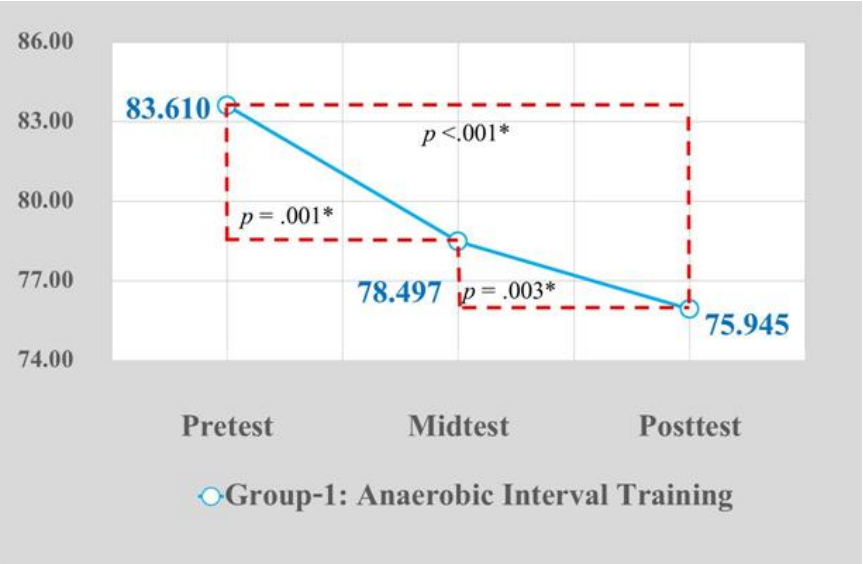
ตารางที่ 4-30 วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบ (Within-subject effects) ของความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (TIME)

แหล่งความแปรปรวน	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p*	partial η^2
Within subjects						
Test	854.991	2.000	427.495	57.532	0.000*	0.681
Test*treatment	1.884	4.000	0.471	0.063	0.992	0.005
Error (test)	401.254	54.000	7.431			

*$p < .05$

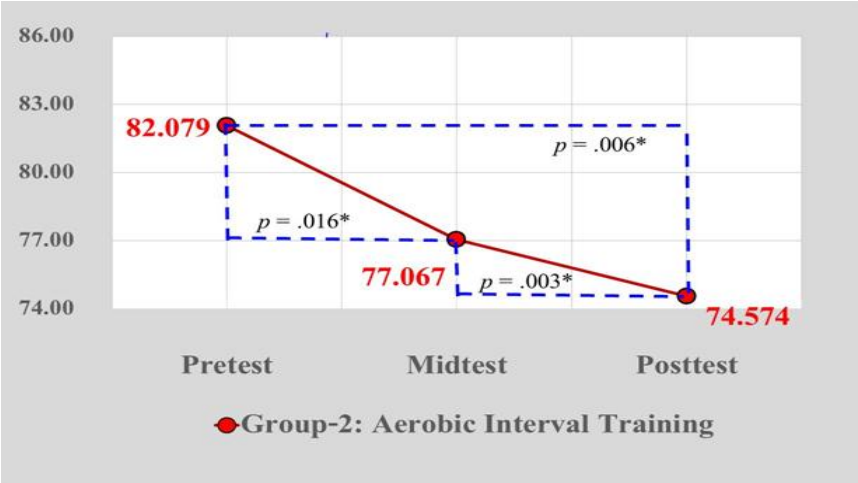
จากการทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มของระยะการทดสอบ (Within-subject effects) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงดำเนินการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของระยะการทดสอบความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (TIME) ในแต่ละวิธีการฝึก โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Paired samples t-test พบว่า

1. การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก พบว่าการทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้ง 3 คู่ คือ ในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยของเวลาที่วิ่งต่ำกว่าระหว่างการฝึก (Mid-test) และต่ำกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) ตามลำดับ นั่นคือกลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร มากขึ้น ตามลำดับ ดังภาพที่ 4-22



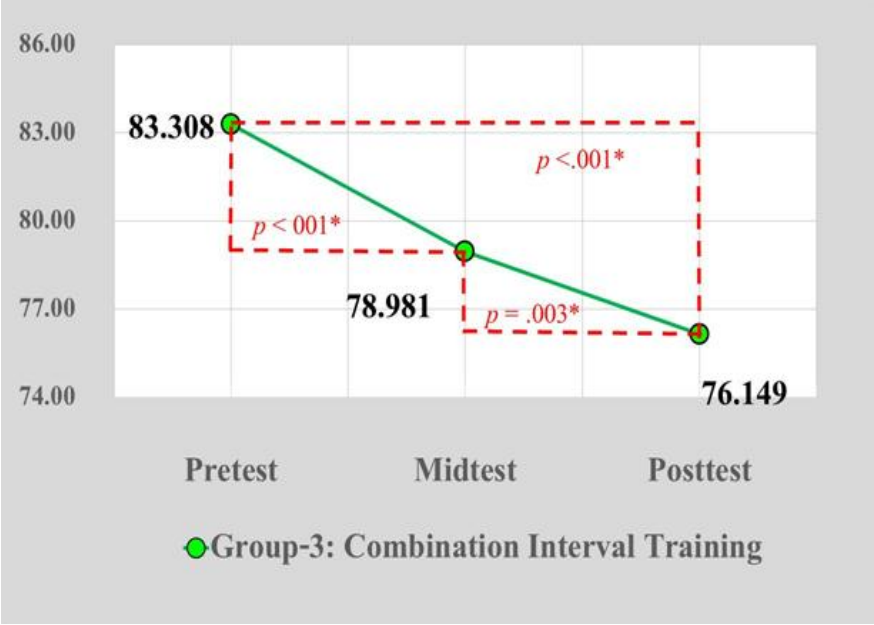
ภาพที่ 4-22 การเปรียบเทียบ TIME ในระยะก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก

2. การฝึกแบบแอโรบิก (Aerobic interval training) พบว่าการทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้ง 3 คู่ คือ ในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยของเวลาที่วิ่งต่ำกว่าระหว่างการฝึก (Mid-test) และต่ำกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) ตามลำดับ นั่นคือ กลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร มากขึ้นตามลำดับ ดังภาพที่ 4-23



ภาพที่ 4-23 การเปรียบเทียบ TIME ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก

3. การฝึกแบบผสมผสาน (Combination interval training) พบว่า การทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้ง 3 คู่ คือ ในระยะหลังการฝึก (Post-test) มีค่าเฉลี่ยของเวลาที่วิ่งต่ำกว่าระหว่างการฝึก (Mid-test) และต่ำกว่าก่อนการฝึก (Pre-test) ตามลำดับ นั่นคือ กลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร มากขึ้นตามลำดับ ดังภาพที่ 4-24



ภาพที่ 4-24 การเปรียบเทียบ TIME ก่อนการฝึก (Pre-test) ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) จากการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน

สามารถแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของระยะการทดสอบความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (TIME) ในแต่ละวิธีการฝึก โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Paired samples t-test ได้ดังตารางที่ 4-31

ตารางที่ 4-31 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยทดสอบแบบ Paired samples t-test

Time 400 m.	**Mean**						**Paired Samples Test**			**Between group**	**Post-pre**	***p-value***
	Pretest	**±*SD***	**Midtest**	**±*SD***	**Posttest**	**±*SD***	**Post-Pre**					
(sec)							**Mean diff**	***t***	***p-value***	***F***	0.027	0.973
Group 1	83.610	9.356	78.497	7.600	75.945	7.707	-7.665	-6.274	0.000	Mean diff 1-2	-0.160	0.997
Group 2	82.079	8.856	77.067	5.048	74.574	5.148	-7.505	-3.615	0.006	Mean diff 2-3	-0.346	0.988
Group 3	83.308	9.501	78.981	8.804	76.149	8.904	-7.159	-5.852	0.000	Mean diff 1-3	-0.506	0.974

จากตารางการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ภายในกลุ่มของความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร (TIME) ในแต่ละวิธีการฝึก พบว่า ในกลุ่มที่ 1 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย -7.665 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พบว่า ในกลุ่มที่ 2 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย -7.505 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 พบว่า ในกลุ่มที่ 3 การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน มีความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบหลังจากผ่านโปรแกรมฝึกเทียบกับก่อนการผ่านโปรแกรมฝึก มีค่าเฉลี่ย -7.159 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และเปรียบเทียบผลของการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ในระยะเวลา 8 สัปดาห์ ที่มีต่อตัวแปรความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ แอนแอโรบิกเทรชโฮล สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก กรดแลคติกในเลือด และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชาย 30 คน มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์ สมรรถภาพทางกายพร้อมที่จะทำการทดลอง โดยผ่านการตรวจสุขภาพมีเอกสารรับรองเป็นลายลักษณ์อักษรลงนามจากแพทย์ที่ทำการตรวจ และนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Repeated measure ANOVA และนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยมีความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ หรือค่านัยสำคัญทางสถิติที่ .05

สรุปผลการค้นพบ

จากข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำให้สรุปได้ว่า เมื่อนำผลทดสอบหลังการฝึกมาเทียบผลการทดสอบก่อนการฝึก พบว่า ความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ทั้ง 3 กลุ่ม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, จุดที่ถือเป็นแอนแอโรบิกเทรชโฮล ทั้ง 3 กลุ่ม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ได้แก่ พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ทั้ง 3 กลุ่ม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ทั้ง 3 กลุ่ม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ทั้ง 3 กลุ่ม มีการพัฒนาที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกรดแลคติกในเลือด ในกลุ่มที่ 2 มีเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นเพียงกลุ่มเดียว

อภิปรายผล

จากผลสรุปการค้นพบของการวิจัย สามารถอภิปรายผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยได้ดังนี้

1. ความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้

ในการวิจัยครั้งนี้พบว่า หลังจากการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 80-90 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน ความสามารถ

สูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นทั้ง 3 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 โดยกลุ่มที่มีค่าเพิ่มมากที่สุด คือ กลุ่มที่ 3 การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสานจาก 34.210 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที เป็น 39.580 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที กลุ่มที่ 2 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก จาก 35.100 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที เป็น 39.040 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที และกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยเพิ่มน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่ 1 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก จาก 34.170 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที เป็น 36.900 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) ของทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

สาเหตุที่ทำให้ความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ มีการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้อาจจะเป็นผลมาจากการฝึกของกลุ่มทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยงานที่หนักเกือบสูงสุด (Submaximal) ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในการเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ทำให้เกิดการพัฒนาความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ดังตัวอย่างจากการศึกษาของ Wessel and Huss (1984 อ้างถึงใน จรวยพร ธรณินทร์, 2529) ที่กล่าวว่า การออกกำลังกายเป็นประจำสามารถชะลอการลดลงของสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ได้ เช่นเดียวกับ Matsuo et al. (2014) ที่ศึกษาผลของการออกกำลังกายอินเทอร์วาลแบบแอโรบิกในระดับความเข้มข้นปริมาณต่ำที่มีต่อความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ และปริมาณการเต้นของหัวใจ ซึ่งพบว่าความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้มีการปรับตัวดีขึ้น และนอกจากนี้ยังมีการวิจัยของ Cantrell et al. (2014) ได้ศึกษาเรื่อง ความแข็งแรงสูงสุด, พลัง และการปรับตัวของความอดทนแบบแอโรบิกในการฝึกรูปแบบอินเทอร์วาล ผลการศึกษา พบว่า การฝึกด้วยความเร็ว และความแข็งแรงแบบอินเทอร์วาล มีการตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรง เมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว และยังช่วยเพิ่มในด้านประสิทธิภาพการทำงานแบบแอโรบิกขึ้นด้วยในเวลาเดียวกัน หรืองานวิจัยของ Gist et al. (2014) ได้ศึกษาผลของการฝึกความเร็วแบบอินเทอร์วาลที่มีต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจน ผลการศึกษาพบว่า การฝึกความเร็วแบบอินเทอร์วาลช่วยเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนมากขึ้นในวัยรุ่น เมื่อเทียบกับการฝึกซ้อมความอดทนอย่างต่อเนื่องที่ระดับความหนักปานกลางเพียงอย่างเดียว

2. แอนแอโรบิกเทรชโฮล (Anaerobic threshold)

ในการวิจัยครั้งนี้พบว่าหลังจากการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 80-90 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน อัตราความเร็วในการวิ่ง ณ จุดที่เป็นแอนแอโรบิกเทรชโฮล มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นทั้ง 3 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

.05 โดยกลุ่มที่มีค่าเพิ่มมากที่สุด คือ กลุ่มที่ 2 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก จาก 9.300 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็น 11.100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กลุ่มที่ 1 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก จาก 9.000 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็น 10.550 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยเพิ่มน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่ 3 การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน จาก 9.350 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็น 10.950 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของอัตราความเร็วในการวิ่ง ณ จุดที่เป็นแอนแอโรบิกเทรชโฮลไปวิเคราะห์ความแปรปรวนก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) ของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

อัตราความเร็วในการวิ่ง ณ จุดที่เป็นแอนแอโรบิกเทรชโฮล คือ จุดที่ร่างกายเริ่มจะมีการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก เพราะร่างกายไม่สามารถสร้างพลังงานแบบแอโรบิกได้ทันเมื่อร่างกายถึงจุดที่เป็นแอนแอโรบิกเทรชโฮลเร็ว ร่างกายก็จะมีการสะสมกรดแลคติกขึ้น ดังนั้น ถ้าหากกล้ามเนื้อเริ่มต้นสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกช้า ก็จะทำให้ความสามารถในการทำงานของร่าง กายในการฝึกซ้อม และการออกกำลังกายได้นานมากขึ้น จากการฝึกอินเทอร์วาลทั้ง 3 รูปแบบด้วยงานที่หนักเกือบสูงสุดนี้ ส่งผลให้ค่าอัตราความเร็วในการวิ่ง ณ จุดที่เป็นแอนแอโรบิกเทรชโฮลมีการพัฒนาขึ้น ดังตัวอย่างจากการศึกษาของวิรัตน์ สนธิ์จันทร์ และประทุม ม่วงมี (2556) ที่ได้ทำการวิจัยผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาล ในระดับความหนัก และระยะเวลาต่างกันที่มีต่อความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ปริมาณฮีโมโกลบิน สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก และแอนแอโรบิกเทรชโฮล โดยในการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก และระยะเวลาต่างกัน ที่มีต่อความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ปริมาณฮีโมโกลบิน สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก และแอนแอโรบิกเทรชโฮล จากผลการวิจัยพบว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 80-85 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 3 นาที สลับกับช่วงพัก 3 นาที สามารถพัฒนาค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ และค่าแอนแอโรบิกเทรชโฮลให้เพิ่มสูงขึ้นได้

3. สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic performance)

พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) และความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

ในการวิจัยครั้งนี้พบว่า หลังจากการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 80-90 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นทั้ง 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่มีค่าเพิ่มมากที่สุด คือ กลุ่มที่ 3 การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสม ผสาน จาก 10.267 วัตต์ต่อกิโลกรัม เป็น 10.900 วัตต์ต่อกิโลกรัม กลุ่มที่ 1 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก จาก 9.998 วัตต์ต่อกิโลกรัม เป็น 10.509 วัตต์ต่อกิโลกรัม

และกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยเพิ่มน้อยที่สุด คือ กลุ่มที่ 2 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก จาก 9.823 วัตต์ต่อกิโลกรัม เป็น 10.288 วัตต์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นทั้ง 3 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 โดยกลุ่มที่มีค่าเพิ่มมากที่สุด คือ กลุ่มที่ 3 การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน จาก 7.673 วัตต์ต่อกิโลกรัม เป็น 8.006 วัตต์ต่อกิโลกรัม กลุ่มที่ 1 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก จาก 7.636 วัตต์ต่อกิโลกรัม เป็น 7.943 วัตต์ต่อกิโลกรัม และกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยเพิ่มน้อยที่สุดคือ กลุ่มที่ 2 การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก จาก 7.326 วัตต์ต่อกิโลกรัม เป็น 7.602 วัตต์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) ของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ทั้งนี้ อาจจะเป็นผลมาจากการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก ซึ่งเป็นการฝึกที่ทำแบบเต็มที่รุนแรงรวดเร็ว จะทำให้เกิดแลคติกในกล้ามเนื้อ ซึ่งทำให้เหนื่อย เมื่อยล้า ใช้คาร์โบไฮเดรทเท่านั้นเป็นพลังงาน ไม่ใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญพลังงาน โปรแกรมการฝึกซ้อมนี้ จึงทำให้มีการเก็บสะสมปริมาณเชื้อเพลิงไว้ในกล้ามเนื้อให้เพิ่มขึ้น และเพิ่มความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อให้มีความอดทนต่อสภาพความเป็นกรดของร่างกายให้สูงขึ้นกว่าเดิม ส่งผลให้เกิดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขึ้น (สนธยา สีละมาด, 2548) และนอกจากนี้ กลุ่มตัวอย่างยังฝึกด้วยงานที่หนักเกือบสูงสุด (Submaximal) จึงส่งผลให้ค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก มีค่าเพิ่มสูงขึ้น แสดงว่าการฝึกอินเทอร์วาลนี้สามารถพัฒนาพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกได้ ซึ่งจากการศึกษาของ Kim et al. (2011) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่มีต่อนักยูโดระดับสูง ผลปรากฏว่า จากการฝึกโปรแกรมอินเทอร์วาลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกอย่างมีนัยสำคัญ และนอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยของ Ziemann et al. (2011) ที่ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงแอโรบิก และแอนแอโรบิก ด้วยการฝึกแบบอินเทอร์วาลในระดับความเข้มข้นสูงในผู้ชายมีอายุที่ทำงานในวิทยาลัย ผลจากการศึกษา พบว่า เมื่อฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ มีการเปลี่ยนแปลง และปรับตัวดีขึ้นของประสิทธิภาพการทำงานแบบแอโรบิก และแบบแอนแอโรบิกอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาของ Rotstein et al. (1986) ที่ได้ทำการวิจัยผลของการฝึกที่มีต่อการเสริมสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ของยุวชนชาย ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลที่เหมาะสมสามารถพัฒนาพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และความสามารถในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ของยุวชนชายให้เพิ่มขึ้นได้

4. กรดแลคติกในเลือด (Blood lactate)

หลังจากการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 80-90 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วันในการวิจัยครั้งนี้ พบว่ากลุ่มที่ 1) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก กรดแลคติกในเลือดมีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 11.190 มิลลิโมลต่อ ลิตร ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 10.680 มิลลิโมลต่อลิตร และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 13.460 มิลลิโมลต่อลิตร กลุ่มที่ 2) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 12.390 มิลลิโมลต่อลิตร ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 8.830 มิลลิโมลต่อลิตร และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 10.900 มิลลิโมลต่อลิตร และกลุ่มที่ 3) การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน มีค่าเฉลี่ยก่อนการฝึก (Pre-test) เท่ากับ 12.040 มิลลิโมลต่อลิตร ระหว่างการฝึก (Mid-test) เท่ากับ 9.620 มิลลิโมลต่อลิตร และหลังการฝึก (Post-test) เท่ากับ 12.670 มิลลิโมลต่อลิตร ทั้งนี้ จากผลการวิจัยมีค่าเฉลี่ยระหว่างการฝึก (Mid-test) ลดลงก่อนการฝึก (Pre-test) ทั้ง 3 กลุ่ม อาจเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่นักกีฬา กรีฑา ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนมาก่อนทั้ง 3 กลุ่ม เมื่อได้รับการฝึกตามโปรแกรมการวิจัย ด้วยความหนักเกือบสูงสุดของอัตราการเต้นของหัวใจแล้ว จึงส่งผลทำให้สมรรถภาพดีขึ้น ทำให้ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงเกิดการพัฒนาที่ดีขึ้น สอดคล้องกับ Wilmore et al (2008) ที่กล่าวว่า สมรรถภาพทางกายเมื่อได้รับการฝึกฝนก็จะพัฒนาขึ้น แต่ถ้าหยุดการฝึกสมรรถภาพร่างกายก็จะลดลงเช่นกัน และเมื่อเปรียบเทียบก่อนการฝึก (Pre-test) กับหลังการฝึก (Post-test) ของทั้ง 3 กลุ่มแล้ว พบว่าในกลุ่มที่ 2) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก มีค่าเฉลี่ยที่ดีกว่ากลุ่มอื่น ๆ เพราะจำนวนกรดแลคติกในเลือดลดน้อยลง อาจเป็นเพราะรูปแบบการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก มีช่วงของการฝึกอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีช่วงเวลาที่ระดับความหนักของงานต่อเนื่อง ส่งผลทำให้ร่างกาย ได้ทำงานที่ระดับความหนักของงานสูง ๆ เป็นเวลานาน ๆ อย่างต่อเนื่อง จึงทำให้เกิดการพัฒนาในระบบพลังงานแบบแอโรบิก ซึ่งทำให้มีปริมาณออกซิเจนมากขึ้นในเลือด และเมื่อปริมาณออกซิเจนมากขึ้นก็สามารถไปจับกรดแลคติกที่เกิดขึ้นในเลือดให้ลดน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Siahkouhian et al. (2013) ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเข้มข้นสูงที่มีต่อพลังงานแบบแอโรบิก และแอนแอโรบิก พบว่า ทำให้การเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นของความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ส่งผลให้มีการพัฒนาระบบพลังงานแบบแอโรบิกที่มากขึ้น ส่วนกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 ที่หลังการฝึก (Post-test) มีค่าของกรด แลคติกเพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงนั้น ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะมีตัวแปรอื่น ๆ ที่ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมได้ เช่น การรับประทานอาหารก่อนการทดสอบ การใช้ยาขณะเจ็บป่วย หรือการนอนหลับพักผ่อนที่ไม่เพียงพอเป็นต้น และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของค่ากรดแลคติกในเลือดไป

วิเคราะห์ความแปรปรวนก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) ของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ซึ่งในการฝึกซ้อมแบบอินเทอร์วาล จะทำให้กระแสโลหิตไหลเวียนเร็วกว่าขณะอยู่เฉย ๆ จึงมีออกซิเจนไปช่วยจับกรดแลคติกมากขึ้น ถูกขนส่งไปยังตับ ไต หัวใจได้เร็วขึ้น ทำให้ปริมาณของกรดแลคติกในร่างกายลดลงสู่ปริมาณปกติเร็วขึ้น ซึ่งก็ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของวิรัตน์ สนธิ์จันทร์ และประทุม ม่วงมี (2556) ที่พบว่า การฝึกอินเทอร์วาล จำนวน 8 สัปดาห์ ที่ระดับความหนัก 80-85 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด สามารถพัฒนาค่า VO_2max ทำให้มีออกซิเจนมากขึ้นในเลือด ซึ่งออกซิเจนทำหน้าที่พาเอากรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อได้มากยิ่งขึ้น ทำให้ปริมาณกรดแลคติกลดลง อัตราความเมื่อยล้าก็ลดลง และนอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยของ Dalleck et al. (2010) ที่ได้ทำการวิจัยเรื่องการตอบสนองความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ในการฝึกแบบอินเทอร์วาล และความสำคัญในการปรับปรุงให้ดีขึ้นของจุดเริ่มกรดแลคติกผลการวิจัยพบว่า ในการฝึกแบบอินเทอร์วาลด้วยความเข้มข้นสูงสามารถพัฒนาจุดเริ่มต้นขบวนการเผาผลาญ และตอบสนองระหว่างความ ถี่ของช่วงเวลาการฝึก และพัฒนาจุดเริ่มเกิดกรดแลคติกที่ดีขึ้น ผลก็คือ ทำให้ร่างกายทำงานได้ อดทนมากขึ้น

5. ความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

ในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า หลังจากการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 80-90 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วันช่วยพัฒนาความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร โดยมีค่าเฉลี่ยที่ดีขึ้นทั้ง 3 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 โดยกลุ่มที่สถิติในการวิ่งลดลงเฉลี่ยมากที่สุด คือ กลุ่มที่ 1) กลุ่มที่ฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก จาก 83.610 วินาที ลดลงเป็น 75.945 วินาที, กลุ่มที่ 2) การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก จาก 82.079 วินาที ลดลงเป็น 74.574 วินาที และ 3) แบบผสมผสาน จาก 83.308 วินาที ลดลงเป็น 76.149 วินาที ตามลำดับ และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าก่อนการฝึก (Pre-test), ระหว่างการฝึก (Mid-test) และหลังการฝึก (Post-test) ของทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ทั้งนี้อาจจะเป็นผลมาจากกลุ่มตัวอย่างที่ทำการฝึกในรูปอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก ทำการฝึกด้วยงานที่หนักเกือบสูงสุด (Submaximal) ในรูปแบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก ซึ่งเป็นการฝึกที่ทำแบบเต็มที่รุนแรงรวดเร็ว จะทำให้เกิดแลคติกในกล้ามเนื้อ ซึ่งทำให้เหนื่อย เมื่อยล้า ไม่ใช้ออกซิเจนในการเผาผลาญพลังงาน โปรแกรมการฝึกซ้อมนี้ ทำให้มีการเก็บสะสมปริมาณเชื้อเพลิงไว้ในกล้าม เนื้อให้เพิ่มขึ้น และเพิ่มความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อให้มีความอดทนต่อสภาพความเป็นกรดของร่างกายให้สูงขึ้นกว่าเดิม และส่งผลให้เกิดความอดทนของกล้ามเนื้อขึ้น

(สนธยา สีละมาด, 2548) จึงทำให้ค่าความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร มีค่าลดลง แสดงว่าการฝึกแบบอินเทอร์วาลนี้สามารถพัฒนาความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ได้ เช่น การศึกษาของกิตตินนท์ จรูญศรีสวัสดิ์ (2543) ซึ่งได้ทำการวิจัยผลการพัฒนาโปรแกรมการฝึกที่มีต่อจุดเริ่มล้าในนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิงทีมชาติไทย โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการพัฒนาโปรแกรมการฝึกที่มีต่อจุดเริ่มล้าด้วยการเปรียบเทียบผลก่อน และหลังเข้ารับการฝึกโปรแกรมการฝึกจุดเริ่มล้าในนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิง ทีมชาติไทย ผลการวิจัยพบว่าการฝึกแบบอินเทอร์วาลส่งผลทำให้เกิดความล้าลดลง เนื่องด้วยเพราะปริมาณสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น ซึ่งในทางสรีรวิทยาเมื่อประสิทธิภาพของออกซิเจนมีมากขึ้นก็จะสามารถไปขจัดกรดแลคติกที่เป็นสาเหตุของความเมื่อยล้าได้ดีขึ้น หรือมากยิ่งขึ้นทำให้นักกีฬาสามารถฝึกซ้อมตระกร้อ หรือแข่งขันได้นานยิ่งขึ้นไปอีก นอกจากนี้ ยังมีการวิจัยนี้ที่คล้าย ๆ กัน คือ ผลของการพัฒนาโปรแกรมการฝึกที่มีต่อจุดเริ่มล้าในนักกีฬาเทนนิสชาย โดยการทำวิจัยของธัชนิติ วีระศิริวัฒน์ และเฉลิมชัย วัชราภรณ์ (2555) ได้นำเอาหลักการฝึกแบบอินเทอร์วาลไปใช้ในการวิจัย ซึ่งผลการวิจัยหลังเข้ารับการฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า จุดเริ่มล้ามีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อัตราการเต้นของหัวใจที่จุดเริ่มล้ามีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีการเปลี่ยนแปลง เพิ่มขึ้น 16.09 เปอร์เซ็นต์ สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 69.80 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่าผลการจากการฝึกแบบอินเทอร์วาลนี้ สามารถเพิ่มระดับความสามารถของจุดเริ่มล้าในนักกีฬาเทนนิสชายมากขึ้น ทำให้ร่างกายเกิดความอ่อนล้าได้ช้า จึงเป็นข้อได้เปรียบในการฝึกซ้อมและการแข่งขันเทนนิส เนื่องด้วยเพราะกีฬาเทนนิสเป็นกีฬาที่ใช้ระยะเวลาในการแข่งขันนาน ๆ

สรุปผลการการวิจัย

จากข้อมูลที่ปรากฏ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า วิธีการฝึกทั้ง 3 แบบ ส่งผลดีไม่ต่างกัน ในการพัฒนาความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร อย่างไรก็ดี การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก ช่วยลดปริมาณกรดแลคติกในเลือดได้ดีกว่าวิธีการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก หรือการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน

ข้อเสนอแนะ

สำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

จากข้อมูลที่เก็บได้ และนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ ในกลุ่มที่ 3 การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นหลาย ๆ ตัวแปร เช่น ความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ แอนแอโรบิกเทรชโฮล สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก หรือความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ก็มีการพัฒนาที่ดีขึ้น สำหรับกรดแลคติกในเลือด ในกลุ่มที่ 2 มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นเพียงกลุ่มเดียวเมื่อเปรียบเทียบก่อนฝึกกับหลังการฝึก ส่วนกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 ในตอนต้นมีค่าเฉลี่ยที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบก่อนการฝึกกับระหว่างการฝึก แต่เมื่อทดสอบหลังการฝึกกลับมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยที่มากขึ้นกว่าก่อนการฝึก และระหว่างการฝึก ซึ่งอาจจะเกิดจากตัวแปรแทรกซ้อนภายนอก ดังที่ ผู้วิจัยได้กล่าวไปข้างต้น คือ เรื่องของการรับประทานอาหาร การใช้ยาขณะเจ็บป่วย หรือการนอนหลับพักผ่อน ซึ่งผู้วิจัยขอเสนอแนะว่าควรทำการศึกษาในเรื่องผลที่เกิดขึ้นของกรดแลคติกนี้ต่อไปอีก อย่างไรก็ตาม จากผลที่ได้ส่วนใหญ่ในหลาย ๆ ตัวแปรส่งผลที่ดี สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อฝึกซ้อม และพัฒนาสมรรถภาพให้ดีขึ้นในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร และกีฬาชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ระบบพลังงานเหมือนกัน หรือคล้ายคลึงกันได้

สำหรับโปรแกรมการฝึกทั้ง 3 โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมการฝึกที่เหมาะสำหรับนักกีฬาที่แข็งแรง ส่วนในผู้สูงอายุ หรือผู้ที่มีร่างกายที่ไม่แข็งแรง ควรระมัดระวังในการนำไปใช้

สำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาการฝึกแบบอินเทอร์วาล ที่ความหนักที่แตกต่างกัน
2. ควรทำการศึกษาการฝึกแบบอินเทอร์วาลในชนิดกีฬาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
3. ควรทำการศึกษาการฝึกแบบอินเทอร์วาลทั้งสามโปรแกรม ในระยะเวลาของการฝึกที่มากกว่า 8 สัปดาห์

บรรณานุกรม

กฎกติกาการแข่งขันกรีฑา. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก http://www.aat.or.th/home/

การกีฬาแห่งประเทศไทย ภาค 5 เชียงใหม่. (ม.ป.ป.). *สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน จากการทดสอบวิ่งเพิ่มระยะความเร็ว*. เข้าถึงได้จาก www.cmsat5.com

กิตตินนท์ จรูญศรีสวัสดิ์. (2543). *ผลการพัฒนาโปรแกรมการฝึกที่มีต่อจุดเริ่มล้าในนักกีฬาเซปักตะกร้อประเภทคู่หญิง ทีมชาติไทย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสรีรวิทยาทางการกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

งานสมรรถภาพกีฬา กองวิทยาศาสตร์การกีฬา ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย. (2542). *การทดสอบความสมบูรณ์ทางกายนักกีฬา*. กรุงเทพฯ: นิวไทยมิตรการพิมพ์.

จรวยพร ธรณินทร์. (2529). *กายวิภาคและสรีรวิทยาการออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ: โอเรียนสโตร์.

เจริญ กระบวนรัตน์. (2545). *หลักการและเทคนิคการฝึกกรีฑา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เจริญ กระบวนรัตน์. (2557). *วิทยาศาสตร์การฝึกสอนกีฬา*. กรุงเทพฯ: สินธนา ก๊อปปี้เซ็นเตอร์.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และกันยา ปาละวิวัธน์. (2536). *สรีรวิทยาการออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ: ธรรกมลการพิมพ์.

ธัชนิติ วีระศิริวัฒน์ และเฉลิมชัย วัชราภรณ์. (2555). *ผลของการพัฒนาโปรแกรมการฝึกที่มีต่อจุดเริ่มล้าในนักกีฬาเทนนิสชาย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประทุม ม่วงมี. (2527). *รากฐานทางสรีรวิทยาของการ ออกกำลังกายและพลศึกษา*. กรุงเทพฯ: บูรพาสาส์น.

ประทุม ม่วงมี. (2532). *อินเทอร์วาลเทนนิ่ง คู่มือการฝึกกีฬา*. กรุงเทพฯ: อมรการพิมพ์.

พิชิต ภูติจันทร์. (2535). *สรีรวิทยาการออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ: โอ.เอส พริ้นติ้งเฮ้าส์.

มณินทร รักษ์บำรุง. (2546). *ผลการฝึกวิ่งแบบต่อเนื่องควบคู่กับการฝึกวิ่งแบบอินเทอร์วาลที่มีต่อแอนแอโรบิกเทรชโฮล ปริมาณฮีมาโตคริต และความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

วิรัตน์ สนธิ์จันทร์ และประทุม ม่วงมี. (2556). *ผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาล ในระดับความหนักและระยะเวลาต่างกัน ที่มีต่อความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ปริมาณฮีโมโกลบินสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก และแอนแอโรบิกเทรชโฮล*. ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการออกกำลังกายและกีฬา, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สนธยา สีละมาด. (2548). ผลของการออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนที่มีต่อจุดเริ่มล้าของนักกีฬา. ใน *รายงานการวิจัย คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ.

อำพร ศรียาภัย. (2544). *ผลของการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และการซาวน่าที่มีผลต่อระดับกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจ*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

American College of Sport medicine. (2011). *ACSM's complete guide to fitness & health.* Champaign, IL: Human Kinetics.

American College of Sport medicine. (2000). *ACSM's guideliness for exercise testing and prescription* (6th ed.) Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Baquet, G., Gamelin, F. X., Mucci, P., Thévenet, D., Van Praagh, E., & Berthoin, S. (2010). *Continuous vs. interval aerobic training in 8- to 11-year-old children.* Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20440122

Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: A scientific and empirical practice. In *Special recommendations for middle-and long-distance running part II: Anaerobic interval training.* Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11227980

Bishop, D. (2003). Warm up: Performance change following allowing active warm up and how to structure the warm up. *Sport Medicine, 33*(7), 483-498.

Bizley, K. et al. (2010). *BTEC first sport level 2*. Retrieved from https://www.brianmac.co.uk/beep.htm

Bonato, M., Rampichini, S., Ferrara, M., Benedini, S., Sbriccoli, P., Merati, G., Franchini, E., & La Torre, A. (2014). Aerobic training program for the enhancements of HR and VO_2 off-kinetics in elite judo athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 55*(11), 1277-1284. Retrieved form http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25359131

Brouha, L. (1960). *Physiology in industry*. New York: Pergamon.

Burgomaster, K. A., Hughes, S. C., Heigenhauser, G. J., Bradwell, S. N., & Gibala, M. J. (2005). *Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans*. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15705728

Cantrell, G. S., Schilling, B. K., Paquette, M. R., & Murlasits, Z. (2014). *Maximal strength, power, and aerobic endurance adaptations to concurrent strength and sprint interval training.* Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24390691

Charoonsrisawad, K. (2007). The effect of training program development on anaerobic threshold in Thai female national double event sepaktakraw athletes. *Journal of Sports Science and Health, 9*(2), 25-35.

Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P. G., Droghetti, P., & Codeca, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a non-invasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology, 52,* 869-873.

Crescitelli, F., & Taylor, C. (1944). The lactate response to exercise and its relationship to physical fitness. *American Journal of Physiology, 141*, 630-640.

Czuba, M., Zajac, A., Maszczyk, A., Roczniok, R., Poprzecki, S., Garbaciak, W., & Zajac, T. (2013). *The effects of high intensity interval training in normobaric hypoxia on aerobic capacity in basketball players.* Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24511346

Dalleck, L., Bushman, T. T., Crain, R. D., Gajda, M. M., Koger, E. M., & Derksen, L. A. (2010). *Dose-response relationship between interval training frequency and magnitude of improvement in lactate threshold.* Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20535658

Ekfdiagnostic for life: Lactate scout+lactate analyzer. (n.d.). Retrieved from https://www.ekfdiagnostics.com/lactate-scout.html

Ellis, L. et al. (2000). *Protocols for the physiological assessment of team sport players.* In C. J. Gore (Ed.), *Physiological tests for elite athletes.* Lower Mitcham, Australia: Human Kinetics.

Farzad, B., Gharakhanlou, R., Agha-Alinejad, H., Curby, D. G., Bayati, M., Bahraminejad, M., & Maestu, J. (2011). *Physiological and performance changes from the addition of a sprint interval program to wrestling training.* Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21849912

Gist, N. H., Fedewa, M. V., Dishman, R. K., & Cureton, K. J. (2014). *Sprint interval training effects on aerobic capacity: A systematic review and meta-analysis.* Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24129784

Godfrey R. J., Ingham, S. A., Pedlar, C. R., & Whyte, G. P. (2005) The detraining and retraining of an elite rower: A case study. *Journal of Science and Medicine in Sport, 8*(3), 314-320.

Hazell, T. J., Macpherson, R. E., Gravelle, B. M., & Lemon, P. W. (2010). *10 or 30-s sprint interval training bouts enhance both aerobic and anaerobic performance.* Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20424855

Karpovich, P. V., & Sinning, W. E. (1971). *Physiology of muscula activity* (7th ed.). Philadelphia: W.B. Saunders.

Kim, J., Lee, N., Trilk, J., Kim, E. J., Kim, S. Y., Lee, M., & Cho, H. C. (2011). *Effects of sprint interval training on elite Judoists.* Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22052030

Macpherson, T. W., & Weston, M. (2014). The effect of low-volume sprint interval training (SIT) on the development and subsequent maintenance of aerobic fitness in soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 10*(3), 332-338. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25203817

Martens, R. (2012). *Successful coaching.* Champaign, IL: Human Kinetics.

Matsuo, T., Saotome, K., Seino, S., Shimojo, N., Matsushita, A., Iemitsu, M., Ohshima, H., Tanaka, K., & Mukai C. (2014). *Effects of a low-volume aerobic-type interval exercise on VO_2max and cardiac mass.* Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23846165

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2000). *Essential of exercise physiology* (2nd ed.). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins

McMillan, K., Helgerud, J., Macdonald, R., & Hoff, J. (2005). *Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players.* Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15849290

Nalcakan, G. R. (2014). *The effects of sprint interval vs. continuous endurance training on physiological and metabolic adaptations in young healthy adults.* Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25713670

National Association for Sport and Physical Education. (2011). *Physical education for lifelong fitness: The physical best teacher's guide.* Champaign, IL: Human Kinetics.

Rotstein, A., Dotan, R., Bar-Or, O., & Tenenbaum, G. (1986). *Effect of training on anaerobic threshold, maximal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys.* Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3793338

Sandbakk, S. B., Ettema, G., & Welde, B. (2013). *Effects of intensity and duration in aerobic high-intensity interval training in highly trained junior cross-country skiers. Journal of Strength & Conditioning Research, 27(7), 1974-1980*. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23037620

Sharkey, B. J., & Gaskill, S. E. (2006). *Sport physiology for coachers.* Champaign, IL: Human Kinetics.

Siahkouhian, M., Khodadadi, D., & Shahmoradi, K. (2013). Effects of high-intensity interval training on aerobic and anaerobic indices: Comparison of physically active and inactive men. *Science & Sports, 28*(5), 119-125. Retrieved from http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0765159712001931

Sloth, M., Sloth, D., Overgaard, K., & Dalgas, U. (2013). *Effects of sprint interval training on VO_2max and aerobic exercise performance: A systematic review and meta-analysis.* Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23889316

Wilmore, J., Costill, D., & Kenney, L. (2008). *Physiology of sport and exercise* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Ziemann, E., Grzywacz, T., Luszczyk, M., Laskowski, R., Olek, R. A., Gibson, A. L. (2011). *Aerobic and anaerobic changes with high-intensity interval training in active college-aged men.* Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20661160

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

โปรแกรมการฝึก

1. การฝึกอินเทอร์วาลแบบ แอนแอโรบิก
2. การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก
3. การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน

กลุ่มตัวอย่างที่ 1

การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก สัปดาห์ที่ 1 ถึง สัปดาห์ที่ 4

การฝึกซ้อม ทำการฝึกซ้อมตามโปรแกรมในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์

ระยะการฝึก จำนวน 8 สัปดาห์

ขั้นตอนการฝึกโปรแกรม

วัน	ขั้นตอน	การปฏิบัติ	หมายเหตุ
จันทร์ เวลา 16.00 น. ถึง 17.30 น.	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย 10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือ การอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย
	2. ขั้นฝึกซ้อม	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 200 เมตร จำนวน 5 เที่ยว โดยจะต้องให้ชีพจรถึงเป้าหมายของความหนัก 80-90 % MHR (ความเร็วเต็มที่ 200 เมตร และพักระหว่างเที่ยวตามกิจกรรมที่กำหนด แล้ววิ่งต่อจนครบ 5 เที่ยว)	พักด้วยการเดินเร็ว หรือจ๊อก (ชีพจรอยู่ในช่วง 40-50 % ของชีพจรสูงสุด) แล้วฝึกเที่ยวต่อไป
	3. ขั้นคูล ดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
พุธ เวลา 16.00 น. ถึง 17.30 น.	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย 10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย

วัน	ขั้นตอน	การปฏิบัติ	หมายเหตุ
พุธ **เวลา** **16.00 น.** **ถึง** **17.30 น.**	**2. ขั้นฝึกซ้อม**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 400 เมตร จำนวน 3 เที่ยว โดยจะต้องให้ชีพจรถึงเป้าหมายของความหนัก 80-90 % MHR (ความเร็วเต็มที่ 400 เมตร และพักระหว่างเที่ยวตามกิจกรรมที่กำหนด แล้ววิ่งต่อจนครบ 3 เที่ยว)	พักด้วยการเดินเร็ว หรือจ๊อก (ชีพจรอยู่ในช่วง 40-50 % ของชีพจรสูงสุด) แล้วฝึกเที่ยวต่อไป
	3. ขั้นคูล ดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
ศุกร์ **เวลา** **16.00 น.** **ถึง** **17.30 น.**	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย 10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกายอย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย
	2. ขั้นฝึกซ้อม	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 600 เมตร จำนวน 2 เที่ยว โดยจะต้องให้ชีพจรถึงเป้าหมายของความหนัก 80-90 % MHR (ความเร็วเต็มที่ 600 เมตร และพักระหว่างเที่ยวตามกิจกรรมที่กำหนด แล้ววิ่งต่อจนครบ 2 เที่ยว)	พักด้วยการเดิน (ชีพจรอยู่ในช่วง 40-50 % ของชีพจรสูงสุด) แล้วฝึกเที่ยวต่อไป
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
ทดสอบหาค่าของตัวแปรทั้ง 5 หลังสัปดาห์การฝึกที่ 4 และเพิ่มงานในสัปดาห์ที่ 5-8			

กลุ่มตัวอย่างที่ 1

การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก สัปดาห์ที่ 5 ถึง สัปดาห์ที่ 8

การฝึกซ้อม ทำการฝึกซ้อมตามโปรแกรมในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์

ระยะการฝึก จำนวน 8 สัปดาห์

ขั้นตอนการฝึกโปรแกรม

วัน	ขั้นตอน	การปฏิบัติ	หมายเหตุ
จันทร์ เวลา 16.00 น. ถึง 17.30 น.	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย 10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย
	2. ขั้นฝึกซ้อม	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 200 เมตร จำนวน 6 เที่ยว โดยจะต้องให้ชีพจรถึงเป้าหมายของความหนัก 80-90 % MHR (ความเร็วเต็มที่ 200 เมตร และพักระหว่างเที่ยวตามกิจกรรมที่กำหนด แล้ววิ่งต่อจนครบ 6 เที่ยว)	พักด้วยการเดินเร็วหรือจ๊อก (ชีพจรอยู่ในช่วง 40-50 % ของชีพจรสูงสุด) แล้วฝึกเที่ยวต่อไป
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
พุธ เวลา 16.00 น. ถึง 17.30 น.	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย 10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือ การอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย

วัน	ขั้นตอน	การปฏิบัติ	หมายเหตุ
พุธ **เวลา** **16.00 น.** **ถึง** **17.30 น.**	**2. ขั้นฝึกซ้อม**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 400 เมตร จำนวน 4 เที่ยว โดยจะต้องให้ชีพจรถึงเป้าหมายของความหนัก 80-90 % MHR (ความเร็วเต็มที่ 400 เมตร และพักระหว่างเที่ยวตามกิจกรรมที่กำหนด แล้ววิ่งต่อจนครบ 4 เที่ยว)	พักด้วยการเดินเร็ว หรือจ๊อก (ชีพจรอยู่ในช่วง 40-50 % ของชีพจรสูงสุด) แล้วฝึกเที่ยวต่อไป
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
ศุกร์ **เวลา** **16.00 น.** **ถึง** **17.30 น.**	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย 10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย
	2. ขั้นฝึกซ้อม	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 600 เมตร จำนวน 3 เที่ยว โดยจะต้องให้ชีพจรถึงเป้าหมายของความหนัก 80-90 % MHR (ความเร็วเต็มที่ 600 เมตร และพักระหว่างเที่ยวตามกิจกรรมที่กำหนด แล้ววิ่งต่อจนครบ 3 เที่ยว)	พักด้วยการเดินระยะทาง (ชีพจรอยู่ในช่วง 40-50 % ของชีพจรสูงสุด) แล้วฝึกเที่ยวต่อไป
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

กลุ่มตัวอย่างที่ 2

การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก สัปดาห์ที่ 1 ถึง สัปดาห์ที่ 4

การฝึกซ้อม ทำการฝึกซ้อมตามโปรแกรมในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์

ระยะการฝึก จำนวน 8 สัปดาห์

ขั้นตอนการฝึกโปรแกรม

วัน	ขั้นตอน	การปฏิบัติ	หมายเหตุ
จันทร์ **เวลา** **16.00 น.** **ถึง** **17.30 น.**	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย** **10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย
	2. ขั้นฝึกซ้อม	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 1000 เมตร โดยวิ่งแบบต่อเนื่อง จำนวน 1 เที่ยว (วิ่ง 200 เมตรแรก ด้วยความหนัก 80-90 % MHR และผ่อน 200 เมตรถัดไป ด้วยการวิ่งจ๊อกเร็ว แล้วเริ่มวิ่ง 200 เมตรต่อด้วยความหนัก 80-90 % MHR สลับกันไปจนครบ 1000 เมตร)	วิ่งแบบต่อเนื่อง จนครบตามระยะทางที่กำหนดโดยไม่มีการพัก
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
พุธ **เวลา** **16.00 น.** **ถึง** **17.30 น.**	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย** **10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย

วัน	ขั้นตอน	การปฏิบัติ	หมายเหตุ
พุธ **เวลา** **16.00 น.** **ถึง** **17.30 น.**	**2. ขั้นฝึกซ้อม**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 1200 เมตร โดยวิ่งแบบต่อเนื่อง จำนวน 1 เที่ยว (วิ่ง 200 เมตรแรก ด้วยความหนัก 80-90 % MHR และผ่อน 200 เมตรถัดไป ด้วยการวิ่งจ๊อกเร็ว แล้วเริ่มวิ่ง 200 เมตรต่อด้วยความหนัก 80-90 % MHR สลับกันไปจนครบ 1200 เมตร)	วิ่งแบบต่อเนื่อง จนครบตามระยะทางที่กำหนดโดยไม่มีการพัก
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
ศุกร์ **เวลา** **16.00 น.** **ถึง** **17.30 น.**	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย 10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย
	2. ขั้นฝึกซ้อม	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 1400 เมตร โดยวิ่งแบบต่อเนื่อง จำนวน 1 เที่ยว (วิ่ง 200 เมตรแรก ด้วยความหนัก 80-90 % MHR และผ่อน 200 เมตรถัดไป ด้วยการวิ่งจ๊อกเร็ว แล้วเริ่มวิ่ง 200 เมตรต่อด้วยความหนัก 80-90 % MHR สลับกันไปจนครบ 1400 เมตร)	วิ่งแบบต่อเนื่อง จนครบตามระยะทางที่กำหนดโดยไม่มีการพัก
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
ทดสอบหาค่าของตัวแปรทั้ง 5 หลังสัปดาห์การฝึกที่ 4 และเพิ่มงานในสัปดาห์ที่ 5-8			

กลุ่มตัวอย่างที่ 2

การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก สัปดาห์ที่ 5 ถึง สัปดาห์ที่ 8

การฝึกซ้อม ทำการฝึกซ้อมตามโปรแกรมในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์

ระยะการฝึก จำนวน 8 สัปดาห์

ขั้นตอนการฝึกโปรแกรม

วัน	ขั้นตอน	การปฏิบัติ	หมายเหตุ
จันทร์ เวลา 16.00 น. ถึง 17.30 น.	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย 10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย
	2. ขั้นฝึกซ้อม	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 1200 เมตร โดยวิ่งแบบต่อเนื่อง จำนวน 1 เที่ยว (วิ่ง 200 เมตรแรก ด้วยความหนัก 80-90 % MHR และผ่อน 200 เมตรถัดไป ด้วยการวิ่งจ๊อกเร็ว แล้วเริ่มวิ่ง 200 เมตรต่อด้วยความหนัก 80-90 % MHR สลับกันไปจนครบ 1200 เมตร)	วิ่งแบบต่อเนื่อง จนครบตามระยะทางที่กำหนดโดยไม่มีการพัก
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
พุธ เวลา 16.00 น. ถึง 17.30 น.	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย 10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกายอย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย

วัน	ขั้นตอน	การปฏิบัติ	หมายเหตุ
พุธ เวลา 16.00 น. ถึง 17.30 น.	**2. ขั้นฝึกซ้อม**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 1400 เมตร โดยวิ่งแบบต่อเนื่อง จำนวน 1 เที่ยว (วิ่ง 200 เมตรแรก ด้วยความหนัก 80-90 % MHR และผ่อน 200 เมตรถัดไป ด้วยการวิ่งจ๊อกเร็ว แล้วเริ่มวิ่ง 200 เมตรต่อด้วยความหนัก 80-90 % MHR สลับกันไปจนครบ 1400 เมตร)	วิ่งแบบต่อเนื่อง จนครบตามระยะทางที่กำหนดโดยไม่มีการพัก
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
ศุกร์ เวลา 16.00 น. ถึง 17.30 น.	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย 10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย
	2. ขั้นฝึกซ้อม	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 1800 เมตร โดยวิ่งแบบต่อเนื่อง จำนวน 1 เที่ยว (วิ่ง 200 เมตรแรก ด้วยความหนัก 80-90 % MHR และผ่อน 200 เมตรถัดไป ด้วยการวิ่งจ๊อกเร็ว แล้วเริ่มวิ่ง 200 เมตรต่อด้วยความหนัก 80-90 % MHR สลับกันไปจนครบ 1800 เมตร)	วิ่งแบบต่อเนื่อง จนครบตามระยะทางที่กำหนดโดยไม่มีการพัก
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

กลุ่มตัวอย่างที่ 3

การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน สัปดาห์ที่ 1 ถึง สัปดาห์ที่ 4

การฝึกซ้อม ทำการฝึกซ้อมตามโปรแกรมในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์

ระยะการฝึก จำนวน 8 สัปดาห์

ขั้นตอนการฝึกโปรแกรม

วัน	ขั้นตอน	การปฏิบัติ	หมายเหตุ
จันทร์ **เวลา** **16.00 น.** **ถึง** **17.30 น.**	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย** **10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย
	2. ขั้นฝึกซ้อม	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 200 เมตร จำนวน 4 เที่ยว โดยจะต้องให้ชีพจรถึงเป้าหมายของความหนัก 80-90 % MHR (ความเร็วเต็มที่ 200 เมตร และพักระหว่างเที่ยวตามกิจกรรมที่กำหนด แล้ววิ่งต่อจนครบ 4 เที่ยว)	พักด้วยการเดินเร็วหรือจ๊อก (ชีพจรอยู่ในช่วง 40-50 % ของชีพจรสูงสุด) แล้วฝึกเที่ยวต่อไป
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
พุธ **เวลา** **16.00 น.** **ถึง** **17.30 น.**	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย** **10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย

วัน	ขั้นตอน	การปฏิบัติ	หมายเหตุ
พุธ **เวลา** **16.00 น.** **ถึง** **17.30 น.**	**2. ขั้นฝึกซ้อม**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 400 เมตร จำนวน 3 เที่ยว โดยจะต้องให้ชีพจรถึงเป้าหมายของความหนัก 80-90 % MHR (ความเร็วเต็มที่ 400 เมตร และพักระหว่างเที่ยวตามกิจกรรมที่กำหนด แล้ววิ่งต่อจนครบ 3 เที่ยว)	พักด้วยการเดินเร็วหรือจ๊อก (ชีพจรอยู่ในช่วง 40-50 % ของชีพจรสูงสุด) แล้วฝึกเที่ยวต่อไป
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
ศุกร์ **เวลา** **16.00 น.** **ถึง** **17.30 น.**	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย 10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย
	2. ขั้นฝึกซ้อม	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง **1800** เมตร โดยวิ่งแบบต่อเนื่อง จำนวน **1** เที่ยว (วิ่ง 200 เมตรแรก ด้วยความหนัก 80-90 % MHR และผ่อน 200 เมตรถัดไป ด้วยการวิ่งจ๊อกเร็ว แล้วเริ่มวิ่ง 200 เมตรต่อด้วยความหนัก 80-90 % MHR สลับกันไปจนครบ 1800 เมตร)	วิ่งแบบต่อเนื่อง จนครบตามระยะทางที่กำหนดโดยไม่มีการพัก
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
ทดสอบหาค่าของตัวแปรทั้ง 5 หลังสัปดาห์การฝึกที่ 4 และเพิ่มงานในสัปดาห์ที่ 5-8			

กลุ่มตัวอย่างที่ 3

การฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน สัปดาห์ที่ 5 ถึง สัปดาห์ที่ 8

การฝึกซ้อม ทำการฝึกซ้อมตามโปรแกรมในวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์

ระยะการฝึก จำนวน 8 สัปดาห์

ขั้นตอนการฝึกโปรแกรม

วัน	ขั้นตอน	การปฏิบัติ	หมายเหตุ
จันทร์ **เวลา 16.00 น. ถึง 17.30 น.**	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย 10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย
	2. ขั้นฝึกซ้อม	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 200 เมตร จำนวน 6 เที่ยว โดยจะต้องให้ชีพจรถึงเป้าหมายของความหนัก 80-90 % MHR (ความเร็วเต็มที่ 200 เมตร และพักระหว่างเที่ยวตามกิจกรรมที่กำหนด แล้ววิ่งต่อจนครบ 6 เที่ยว)	พักด้วยการเดินเร็วหรือจ๊อก (ชีพจรอยู่ในช่วง 40-50 % ของชีพจรสูงสุด) แล้วฝึกเที่ยวต่อไป
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
พุธ **เวลา 16.00 น. ถึง 17.30 น.**	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย 10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์ม อัพ หรือการอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย

วัน	ขั้นตอน	การปฏิบัติ	หมายเหตุ
พุธ **เวลา** **16.00 น.** **ถึง** **17.30 น.**	**2. ขั้นฝึกซ้อม**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 400 เมตร จำนวน 3 เที่ยว โดยจะต้องให้ชีพจรถึงเป้าหมายของความหนัก 80-90 % MHR (ความเร็วเต็มที่ 400 เมตร และพักระหว่างเที่ยวตามกิจกรรมที่กำหนด แล้ววิ่งต่อจนครบ 3 เที่ยว)	พักด้วยการเดินเร็วหรือจ๊อก (ชีพจรอยู่ในช่วง 40-50 % ของชีพจรสูงสุด) แล้วฝึกเที่ยวต่อไป
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
ศุกร์ **เวลา** **16.00 น.** **ถึง** **17.30 น.**	**1. ขั้นอบอุ่นร่างกาย 10-20 นาที**	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนสนามลู่ยางสังเคราะห์ โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 10-20 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)	ให้กลุ่มตัวอย่างสวมอุปกรณ์เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย
	2. ขั้นฝึกซ้อม	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่ง ระยะทาง 1800 เมตร โดยวิ่งแบบต่อเนื่อง จำนวน 1 เที่ยว (วิ่ง 200 เมตรแรก ด้วยความหนัก 80-90 % MHR และผ่อน 200 เมตรถัดไป ด้วยการวิ่งจ๊อกเร็ว แล้วเริ่มวิ่ง 200 เมตรต่อด้วยความหนัก 80-90 % MHR สลับกันไปจนครบ 1800 เมตร)	วิ่งแบบต่อเนื่อง จนครบตามระยะทางที่กำหนดโดยไม่มีการพัก
	3. ขั้นคูลดาวน์	ให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งสบาย ๆ บนสนามลู่ยางสังเคราะห์ 10-20 นาที (Bishop, 2003)	ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

ภาคผนวก ข

ทดสอบวิ่งเพิ่มระยะความเร็ว (Multistage fitness or beep test)

ทดสอบวิ่งเพิ่มระยะความเร็ว (Multistage fitness or beep test)

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบความอดทนของระบบแอโรบิกเพื่อหาสมรรถภาพ การใช้ออกซิเจน โดยการวิ่งเพิ่มความเร็วขึ้นเรื่อย ๆ มีระยะทาง 20 เมตร ในการวิ่งไป-กลับ เริ่มต้นความเร็วที่ 8.50 กม./ ชม. (20 เมตร ใช้เวลาประมาณ 8.47 วินาทีในระดับที่ 1) จากนั้นต้องเพิ่มความเร็วทุกระดับ ๆ ละ 0.5 กม./ ชม. มีทั้งหมด 23 ระดับ

เครื่องมือและอุปกรณ์

สนามที่มีระยะทางในการวิ่งตรงไม่น้อยกว่า 20 เมตร กรวยวางระยะทาง เครื่องเล่นเทปเสียงของความเร็วในการวิ่งแต่ละระดับ และตารางบันทึกการวิ่ง

วิธีการ

1. ให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายโดยการวิ่งเหยาะ และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ
2. ให้กลุ่มตัวอย่างอยู่หลังจุดเริ่มแล้วเปิดเสียงเทปให้สัญญาณเริ่มวิ่งไปที่กรวย 20 เมตร แล้ววิ่งไป-กลับเรื่อย ๆ เริ่มความเร็วระดับที่ 1 ความเร็วของการวิ่งเท่ากับ 8.50 กม./ ชม. โดยจะมีเสียงสัญญาณที่กรวย 20 เมตรทุกครั้ง แต่ละระดับต้องใช้เวลาวิ่ง ระดับละ 1 นาที กลุ่มตัวอย่างต้องวิ่งตามความเร็วที่กำหนด
3. ระดับความเร็วจะเพิ่มขึ้นระดับละ 0.5 กม./ ชม. ในทุก ๆ 1 นาที ซึ่งในแต่ละระดับสามารถคำนวณความเร็วในการวิ่ง 20 เมตร ดังนี้

$$\text{20 m. Time} = 72 / (((\text{Level}-1) \times 0.5) + 8.50)$$

เช่น เวลาของการวิ่ง 20 เมตร ในระดับ 11 เท่ากับ 5.33 วินาที ส่วนจำนวนเที่ยวของการวิ่งในแต่ละระดับ ถ้าระดับต่ำ จำนวนเที่ยวจะน้อย แต่ถ้าระดับสูงขึ้น จำนวนเที่ยวของการวิ่งจะมากขึ้นเรื่อย ๆ จำนวนเที่ยวของการวิ่งแต่ละระดับสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{จำนวนเที่ยว} = (((\text{Level}-1) \times 0.5) + 8.50) \times 0.838$$

เช่น กลุ่มตัวอย่างวิ่งที่ระดับ 17 จำนวนเที่ยวที่คำนวณได้เท่ากับ 13.82 แต่จะปัดขึ้นเป็น 14 เที่ยวของการวิ่งในระดับนี้

4. บันทึกระดับ และจำนวนเที่ยวของการวิ่งของกลุ่มตัวอย่างไปเรื่อย ๆ ถ้ากลุ่มตัวอย่างคนใดวิ่งไม่ทันเสียงที่กำหนดความเร็วประมาณ 2-3 เที่ยว ให้ยุติการทดสอบกลุ่มตัวอย่างคนนั้น แล้วบันทึกระดับจำนวนเที่ยว เพื่อหาค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (VO_2max)

ตารางค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน จากการทดสอบวิ่งเพิ่มระยะความเร็ว

(Multistage fitness or beep test)

(การกีฬาแห่งประเทศไทย ภาค 5 เชียงใหม่, ม.ป.ป.)

Level	Speed	Speed	VO_2max ($ml/kg^{-1}/min^{-1}$)															
	(Km/h)	(sec)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	8.50	9.07	21.3	21.7	22.1	22.4	22.8	23.1	23.5	140m								
2	9.00	8.32	21.3	21.7	22.1	22.4	22.8	23.1	23.5	23.9	300m							
3	9.50	7.52	24.2	24.6	24.9	25.3	25.6	26.0	26.3	26.7	460m							
4	10.00	7.17	27.0	27.4	27.8	28.1	28.4	28.8	29.1	29.5	29.8	640m						
5	10.50	6.75	30.2	30.5	30.9	31.2	31.6	31.9	32.2	32.6	32.9	820m						
6	11.00	6.18	33.3	33.6	33.9	34.3	34.6	34.9	35.5	35.6	36.0	1000m						
7	11.50	6.08	36.6	36.9	37.3	37.6	37.9	38.3	38.6	38.9	39.2	39.6	1200m					
8	12.00	5.93	39.9	40.2	40.5	40.9	41.2	41.5	41.8	42.2	42.5	42.8	1400m					
9	12.50	5.75	43.4	43.8	44.1	44.4	44.7	45.0	45.3	45.6	45.9	46.3	46.6	1620m				
10	13.00	5.57	46.9	47.2	47.5	47.8	48.1	48.4	48.7	49.0	49.3	49.6	49.9	1840m				
11	13.50	5.03	50.2	50.5	50.8	51.1	51.4	51.7	52.0	52.3	52.6	52.9	53.2	53.5	2080m			
12	14.00	4.98	53.8	54.1	54.4	54.7	55.0	55.3	55.6	55.9	56.1	56.4	56.7	57.0	2320m			

Level	Speed (Km/h)	Speed (sec)	VO_2max ($ml/kg^{-1}/min^{-1}$)															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
13	14.50	4.48	57.3	57.6	57.9	58.1	58.4	58.7	59.0	59.3	59.5	59.8	60.1	60.4	60.7	2580m		
14	15.00	4.63	60.9	61.2	61.5	61.8	62.0	62.3	62.6	62.9	63.1	63.4	63.7	63.9	64.2	2840m		
15	15.50	4.55	64.5	64.7	65.0	65.3	65.5	65.8	66.1	66.3	66.6	66.8	67.1	67.4	67.6	3100m		
16	16.00	4.37	67.9	68.1	68.4	68.7	68.9	69.2	69.4	69.7	69.9	70.2	70.4	70.7	70.9	71.2	3380m	
17	16.50	4.26	71.4	71.7	71.9	72.2	72.4	72.7	72.9	73.1	73.4	73.6	73.9	74.1	74.4	74.6	3660m	
18	17.00	4.13	74.8	75.1	75.3	75.5	75.8	76.0	76.2	76.5	76.6	76.9	77.2	77.4	77.6	77.9	78.1	3960m
19	17.50	4.02	78.3	78.6	78.8	79.0	79.2	79.5	79.7	79.9	80.1	80.3	80.6	80.8	81.0	81.2	81.4	4260m
20	18.00	3.76	81.7	81.9	82.1	82.3	82.5	82.7	83.0	83.2	83.4	83.6	83.8	84.0	84.2	84.4	84.6	84.9
21	18.50	3.65	85.1	85.3	85.5	85.7	85.9	86.1	86.3	86.5	86.7	86.9	87.1	87.3	87.5	87.7	87.9	88.1

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจน (VO_2max) ช่วงอายุ ระหว่างเพศชาย และเพศหญิง

(Bizley et al., 2010)

Male

Age	**Excellent**	**Above average**	**Average**	**Below average**	**Poor**
14-16	L12 S7	L11 S2	L8 S9	L7 S1	< L6 S6
17-20	L12 S12	L11 S6	L9 S2	L7 S6	< L7 S3
21-30	L12 S12	L11 S7	L9 S3	L7 S8	< L7 S5
31-40	L11 S7	L10 S4	L6 S10	L6 S7	< L6 S4
41-50	L10 S4	L9 S4	L6 S9	L5 S9	< L5 S2

Female

Age	**Excellent**	**Above average**	**Average**	**Below average**	**Poor**
14-16	L10 S9	L9 S1	L6 S7	L5 S1	< L4 S7
17-20	L10 S11	L9 S3	L6 S8	L5 S2	< L4 S9
21-30	L10 S8	L9 S2	L6 S6	L5 S1	< L4 S9
31-40	L10 S4	L8 S7	L6 S3	L4 S6	< L4 S5
41-50	L9 S9	L7 S2	L5 S7	L4 S2	< L4 S1

อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล

การทดสอบหาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน โดยใช้วิธี Multistage fitness or beep test ใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้

1. คอมพิวเตอร์ ลำโพงกระจายเสียง โปรแกรมการให้จังหวะ

2. กรวยสีส้ม แสดงระยะห่าง 20 เมตร

3. เทปวัดระยะทาง ที่มีความยาวมากกว่า 20 เมตร

ภาคผนวก ค

การทดสอบตามวิธีของวินเกต (Wingate)

การทดสอบตามวิธีของวินเกต (Wingate)

สถาบันวินเกต (Wingate Institute) เป็นสถาบันวิทยาศาสตร์ทางการกีฬาของประเทศอิสราเอล เป็นผู้คิดค้นวิธีการทดสอบนี้ขึ้น เพื่อวัดพลัง และสมรรถภาพ แบบแอนแอโรบิก โดยการใช้จักรยานทดสอบ ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย มีวิธีและขั้นตอนการในการทดสอบดังนี้

1. ปรับระดับที่นั่งของจักรยานทดสอบให้พอเหมาะ โดยให้กลุ่มตัวอย่างสามารถเหยียดขาได้สุดพอดีในขณะที่นั่ง

2. ป้อนข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้แก่ ชื่อ เพศ น้ำหนักตัว และน้ำหนักถ่วงที่ใช้ทดสอบ (น้ำหนักตัว × 0.067)

3. อบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 2 นาที โดยใช้งานระดับเบา แล้วเพิ่มความเร็วของการปั่นประมาณ 100 รอบต่อนาที

4. บอก “เริ่ม” พร้อมกดสัญญาณที่แป้นพิมพ์ เพื่อเพิ่มน้ำหนักถ่วง และนับรอบจากการปั่น ขณะเดียวกันกลุ่มตัวอย่างต้องปั่นจักรยานอย่างเต็มที่ตลอดเวลา 30 วินาที

5. เมื่อปั่นครบเวลาแล้วต้องรีบลดน้ำหนักถ่วง แล้วให้กลุ่มตัวอย่างปั่นต่อช้า ๆ อีก 2 ถึง 3 นาที

6. ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ จะขึ้นกราฟความเร็วของการปั่นตลอดเวลาการทดสอบ และค่าพลังแบบแอนแอโรบิก กับสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก (งานสมรรถภาพกีฬา กองวิทยาศาสตร์การกีฬา ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย, 2542)

7. ค่าของงานที่ทำได้สูงสุดของช่วงใดช่วงหนึ่ง คือ ค่าของพลังแบบแอนแอโรบิก

8. ค่าของงานที่ทำได้ทั้งหมดในช่วง 30 วินาที คือ ค่าของสมรรถภาพการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกแล้วจึงนำค่าที่ได้มาเข้าสูตรการคำนวนตามวิธีของวินเกต ดังนี้

   8.1 ความสามารถในการออกแรงอย่างเร็วที่สุดในการปั่นจักรยานวัดงานในช่วง 5 วินาทีแรก Peak Power (PP) มีหน่วยเป็นวัตต์

   8.2 ความสามารถในการออกแรงอย่างเร็วที่สุดในการปั่นจักรยานวัดงานในช่วง 5 วินาทีแรก (Anaerobic power) (วัตต์/ กก.)

Anaerobic power = PP/Bodyweight

8.3 ค่าเฉลี่ยเพื่อคำนวณค่าสมรรถภาพการออกกำลังสูงสุดโดยไม่ใช้ออกซิเจน (ทำการทดสอบทั้งหมด 30 วินาที) Mean Power (MP) (วัตต์/ กก.)

8.4 สมรรถภาพการออกกำลังสูงสุดโดยไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic capacity) (วัตต์/ กก.)

Anaerobic capacity = PM/Bodyweight

8.5 ค่าความแตกต่าง ระหว่างค่าพลังสูงสุด (Peak power) กับพลังต่ำสุด (Lowest power) ค่าที่ออกมาจะเป็น % (Fatigue index)

$$\text{Fatigue Index (FI)} = \frac{(A-B)100}{A}$$

A = Peak Power

B = Lowest Power

ภาคผนวก ง

การทดสอบวัดแอนแอโรบิกเทรชโฮล ด้วยวิธี Conconi

Conconi test

(Conconi et al., 1982)

อุปกรณ์การทดสอบ

1. ลู่วิ่งกล (Treadmill)
2. เครื่องบันทึกอัตราการเต้นของชีพจร (Heart Rate Monitor)
3. นาฬิกาจับเวลาความละเอียด 1/ 100 วินาที
4. กระดาษกราฟและใบบันทึกผลที่อัตราความเร็วเมื่ออัตราการเต้นของหัวใจถึง 85% MHR (Ref: Conconi Test: Brian MAC Spots Coach, 2001)

ขั้นตอนการปฏิบัติในการทดสอบ

1. อบอุ่นร่างกาย 5-10 นาที
2. ตั้งลู่วิ่งกล (Treadmill) ให้มีความชันขึ้น 1 %
3. เริ่มต้นที่ความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (8 Km/ hr)
4. ค่อย ๆ เพิ่มความเร็วทุก ๆ 200 เมตร โดยเพิ่มครั้งละ 0.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
5. บันทึกอัตราการเต้นของหัวใจและความเร็วทุก ๆ 200 เมตร
6. วิ่งต่อไปจนถึงอัตราการเต้นของหัวใจที่ 85 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (85 % MHR)
7. บันทึกผลที่อัตราความเร็วในการวิ่งเมื่ออัตราการต้นของหัวใจที่ 85 % MHR
8. คูลดาว (Cool down)

ภาคผนวก จ

การทดสอบหากรดแลคติกในเลือด (Blood lactate)

การทดสอบหากรดแลคติกในเลือด (Blood lactate)

ในการทดสอบหาระดับของกรดแลคติกในเลือด ทำการตรวจสอบหากรดแลคติกในเลือด เจาะเลือดที่ใบหู ในนาทีที่ 3 หลังจากการทดสอบในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร เพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนของข้อมูล เนื่องด้วยกรดแลคติกในเลือดจะเกิดขึ้น ในเซลล์กล้ามเนื้อก่อนแล้วแพร่กระจายออกมาสู่กระแสเลือดภายในระยะเวลาประมาณ 5 นาที แล้วจะเริ่มสลายตัวไปตามกระบวนการสลายตัวของระบบพลังงาน (อำพร ศรียาภัย, 2544) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทดสอบหากรดแลคติกในเลือด หลังจากวิ่ง 400 เมตร เป็นรายบุคคล ภายหลังจากการวิ่งเข้าเส้นชัยแล้ว 3 นาที ในตำแหน่งของใบหู เพื่อไม่ให้เกิดการสลายตัวก่อนของกรดแลคติก

การหากรดแลคติกในเลือด ใช้เครื่องวิเคราะห์แลคเตทในเลือด (Blood lactate analyzer) รุ่น Lactate Scout และแผ่นตรวจวัดแลคเตท (Lactate strip)

1. เครื่องวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ยี่ห้อ Lactate SCOUT (Ekfdiagnostic for life: Lactate scout+lactate analyzer, n.d.)

2. แผ่นวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ยี่ห้อ Lactate SCOUT

3. เข็มเจาะเลือด (Blood lancets)

4. สำลีสะอาด

5. แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์

6. ถุงมือยาง

การกระทำดังกล่าวทำตามหลักและวิธีทางการแพทย์โดยพยาบาลวิชาชีพโรงพยาบาลลำพูน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ใช้แอลกอฮอล์เช็ดทำความสะอาดบริเวณติ่งหู

2. เลือกตำแหน่งที่เจาะเลือด คือ บริเวณติ่งหู

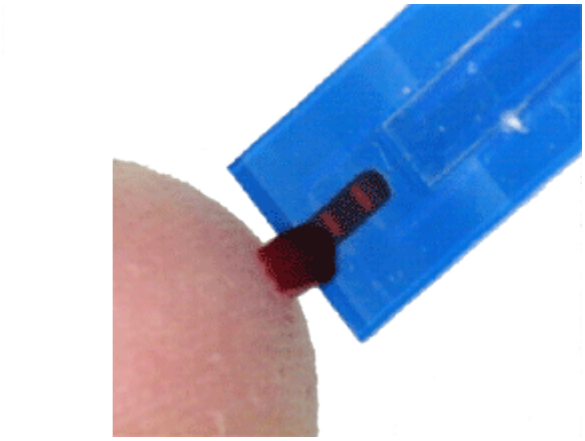
3. ใช้เข็มเจาะเลือด (Blood lancets) เจาะบริเวณติ่งหู ความลึกประมาณ 1 มิลลิเมตร

4. บีบเลือดให้ไหลออกมาในปริมาณ 0.2 ไมโครลิตร หรือประมาณ 1 หยดเล็ก ๆ หยดลงบนแผ่นทดสอบ

การหาระดับกรดแลคติกในเลือด

1. เปิดเครื่องวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด
2. ใส่ CODE ของแผ่นทดสอบที่ใช้
3. ใส่แผ่นทดสอบ (Strip test) ในช่องใส่แผ่นทดสอบ

4. หยดเลือดลงบนแผ่นทดสอบ 1 หยดเล็ก ๆ (ปริมาณ 0.2 ไมโครลิตร)



5. ใช้เวลาประมาณ 10-15 วินาที เครื่องจะอ่านค่าของระดับกรดแลคติกในเลือด โดยมีหน่วยเป็นมิลลิโมล/ลิตร (mmol/ L)

6. บันทึกค่าที่ได้

ภาคผนวก ฉ

การทดสอบความสามารถในการวิ่ง 400 เมตร

การทดสอบความสามารถในการวิ่ง 400 เมตร

ขั้นตอนในการปฏิบัติ

1. การอบอุ่นร่างกาย และคูลดาวน์ ให้กลุ่มตัวอย่างฝึกวิ่งในลู่วิ่งมาตรฐานยางสังเคราะห์ ระยะทาง 400 เมตร โดยวอร์มอัพ หรือการอบอุ่นร่างกาย อย่างน้อย 5-10 นาที หรือเมื่อชีพจรสูงขึ้นเป็น 40-60 % ของชีพจรสูงสุด (Bishop, 2003)

2. ให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบในการวิ่ง 400 เมตร โดยเริ่มจากยืนเตรียมพร้อมรอฟังการปล่อยตัวออกสตาร์ทด้วยการยิงปืน เมื่อแสงออกจากปลายปืน ผู้จับเวลาก็ทำการกดปุ่มStart เพื่อให้เวลาเดินตามระบบเพื่อทำการจับเวลา และเมื่อกลุ่มตัวอย่างวิ่งผ่านเส้นชัย ผู้จับเวลา ก็จะกดปุ่ม Stop เพื่อหยุดเวลา โดยยึดเอาตำแหน่งหน้าอกของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าเส้นชัยตามกติกาเป็นหลัก และประมวลผล บันทึกผลการทดสอบ ในการทดสอบความสามารถในการวิ่ง 400 เมตร ครั้งนี้ ผู้วิจัย ยึดกติกากรีฑาข้อที่ 18 เป็นหลัก โดยกติการะบุไว้ว่าเมื่อทำการจับเวลาด้วยนาฬิกาที่ใช้มือจับ ให้ใช้นาฬิกาจำนวน 3 เรือน โดยกติกาแจ้งไว้ดังนี้ ถ้านาฬิกา 2 ใน 3 เรือน ตรงกัน เรือนที่ 3 ไม่ตรง เวลาที่ได้จากนาฬิกาที่ตรงกันทั้ง 2 เรือน จะถือว่าเป็นเวลาอย่างเป็นทางการ ถ้านาฬิกาทั้ง 3 เรือน ไม่ตรงกันเลย เวลากลางจะเป็นเวลาอย่างเป็นทางการ เป็นสถิติที่ใช้บันทึกผลการทดสอบในการวิจัยครั้งนี้ (กฎกติกาการแข่งขันกรีฑา, ม.ป.ป.)

ภาคผนวก ช

1. ใบสมัครเข้าร่วมการวิจัย
2. หนังสือขออนุญาตเข้าร่วมการวิจัย
3. ใบบันทึกผลการทดลอง (Modified from EIM (PAR-Q) © 2002)
4. แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย
5. ข้อมูลสำหรับกลุ่มตัวอย่าง

ลำดับที่.....

ใบสมัครเข้าร่วมการวิจัย

ชื่อ.....นามสกุล.....อายุ.....ปี

วัน/เดือน/ปีเกิด.....น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร

ที่อยู่(ตามบัตรประชาชน)บ้านเลขที่.....หมู่.....ถนน.....

ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....

หมายเลขโทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้.....

E-mail address.....ID: LINE.....

มีความประสงค์ที่จะเข้าร่วมในการทำวิจัยในครั้งนี้

ลงนาม.....

(.....)

วันที่ ...../...../.....

ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เรื่อง ผลของการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ที่มีต่อตัวแปรเชิงแอนแอโรบิก แอโรบิก และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

วันให้คำยินยอม วันที่..... เดือน..... พ.ศ. .....

ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด และมีความเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และข้าพเจ้ามีสิทธิจะบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อข้าพเจ้า

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบัง หรือซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ ข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าจะถูกเก็บเป็นความลับ และจะเปิดเผยในภาพรวมที่เป็นการสรุปผลการวิจัย

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว มีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม.....ผู้ยินยอม
(.....)

ลงนาม.....ผู้ปกครอง/ผู้แทนโดยชอบด้วยกฎหมาย
(.....)

ลงนาม.....พยาน
(.....)

ลงนาม.....ผู้วิจัย
(ว่าที่ ร.ต.อภิรมย์ จามพฤกษ์)

ลำดับที่.....

ใบบันทึกผลการทดลอง

เก็บข้อมูลทดสอบครั้งที่.....

1. ข้อมูลเบื้องต้น

ชื่อกลุ่มตัวอย่าง (ใช้รหัส/ สัญลักษณ์/ หรือหมายเลขแทน).....

อายุ.....ปี น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร

ความดันโลหิต...../..... อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (RHR) ..... ครั้ง/นาที

2. กลุ่มที่ได้รับการทดลอง (ให้ทำเครื่องหมาย ☑หน้ากลุ่มของตนเอง)

☐ กลุ่มที่ 1 โปรแกรมฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก

☐ กลุ่มที่ 2 โปรแกรมฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก

☐ กลุ่มที่ 3 โปรแกรมฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสานกัน

3. ผลก่อนการทดลอง

3.1 ผลทดสอบหาค่า VO_2max ด้วยวิธีของ Multistage fitness test or Beep test

Level ที่.....Speed.....(Km/h) Speed.....(sec)

ค่า VO_{2max}..... ml/ kg^{-1}/min^{-1}

3.2 ทดสอบหาค่า Anaerobic power และ Anaerobic capacity ด้วยวิธีของ Wingate anaerobic test

ค่า Anaerobic power.....watt/kg^{-1}

ค่า Anaerobic capacity..... watt/kg^{-1}

3.3 ทดสอบหาค่า Anaerobic threshold

ค่า Anaerobic threshold.....ml/kg^{-1}/min^{-1}

3.4 ทดสอบความสามารถในการวิ่งระยะ 400 เมตร

เวลาที่ทดสอบได้.....นาที.....วินาที

3.5 ทดสอบหากรดแลคติกในเลือด

ปริมาณกรดแลคติกในเลือด.....มิลลิโมล/ลิตร

แบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย

(Modified from EIM (PAR-Q) © 2002)

ชื่อ-นามสกุล.....

ชีพจร.....ครั้ง/นาที ความดันโลหิต..... /..... มม.ปรอท

โปรดตอบคำถามดังต่อไปนี้ (ถ้าเว้นไว้ไม่ตอบ จะถือว่าท่านไม่เคย)	**ไม่เคย/ไม่มี**	**เคย/มี**
1. แพทย์ที่ตรวจรักษาเคยบอกหรือไม่ว่าท่านมีภาวะหัวใจขาดเลือดหรือภาวะผิดปกติของหัวใจ		
2. ท่านเคยรู้สึกจุกแน่นบริเวณหน้าอกขณะที่ออกกำลังกายหรือมีกิจกรรมทางกายหรือไม่		
3. ใน 1 เดือนที่ผ่านมา ท่านเคยรู้สึกจุกแน่นบริเวณหน้าอกแม้ในขณะพักหรือไม่		
4. ท่านเคยเสียการทรงตัว (ยืนหรือเดินเซ) เนื่องจากวิงเวียนศีรษะหรือท่านเคยหมดสติ หรือไม่		
5. ท่านมีปัญหาของกระดูกหรือข้อต่อ (เช่น หลัง เข่า สะโพก) กำเริบภายหลังการปรับเปลี่ยนกิจกรรมทางกาย หรือไม่		
6. ขณะนี้ท่านรับประทานยาควบคุมความดันโลหิตหรือรักษาโรคหัวใจหรือไม่		
7. ท่านมีเหตุผลอื่น ๆ หรือไม่ ที่ไม่ควรออกกำลังกายหรือมีกิจกรรมทางกาย (หากมีให้ระบุ_____)		

คำแนะนำ

☐ มีหรือเคย เพียงข้อหนึ่งข้อใด

ขอให้ท่านปรึกษากับแพทย์ก่อนที่ท่านจะเริ่มออกกำลัง หรือก่อนเข้าร่วมการทดสอบสมรรถภาพทางกาย มีข้อแนะนำ

ท่านอาจทำกิจกรรมใดตามที่ต้องการ ตราบเท่าที่ท่านเริ่มต้นทำอย่างช้า ๆ และค่อย ๆ เพิ่มเวลาหรือความหนักขึ้น หรือเลือกทำเฉพาะ กิจกรรมออกกำลังกายที่ปลอดภัยสำหรับตนเอง ปรึกษาและปฏิบัติตามคำแนะนำของแพทย์เกี่ยวกับชนิดของการออกกำลังกายที่ท่านอยากเข้าร่วม

หรือ

☐ ไม่มี/ไม่เคยทุกข้อ

ถ้าคำตอบของท่าน คือ ไม่มี/ไม่เคยทุกข้อ ด้วยความสัตย์จริง ค่อนข้างมั่นใจว่าท่านสามารถทำ:

- เข้าร่วมออกกำลังได้ โดยเริ่มต้นทำอย่างช้า ๆ และค่อย ๆ เพิ่มเวลา หรือความหนักขึ้น นี่เป็นวิธีการที่ปลอดภัย และง่ายที่สุดสำหรับท่าน
- เข้าร่วมการทดสอบสมรรถภาพทางกายได้ ซึ่งจะทำให้ท่านทราบระดับสมรรถภาพพื้นฐาน และวางแผน
  การใช้ชีวิตที่กระฉับกระเฉงเหมาะกับตนเอง แต่มีข้อ เสนอแนะว่าท่านควรตรวจวัดความดันโลหิตก่อน
  ถ้าความดันโลหิตมากกว่า 140/ 90 มิลลิเมตรปรอท ท่านควรจะปรึกษาแพทย์ ก่อนที่จะเริ่มออกกำลังกาย

ถ้าท่านยังมีข้อสงสัยหลังตอบแบบประเมินแล้ว โปรดปรึกษาแพทย์ก่อนการออกกำลังกาย

ข้าพเจ้าได้อ่านทำความเข้าใจและตอบคำถามอย่างสมบูรณ์ ด้วยความพึงพอใจยิ่ง

ลงชื่อ …… ผู้ตอบแบบประเมิน

ลงชื่อ …… พยาน

หมายเหตุ: กรุณาหยุดพัก หรือเลื่อนการออกกำลังกายไปก่อน

• ถ้าท่านรู้สึกไม่ค่อยสบาย ครั่นเนื้อครั่นตัว เช่น เป็นหวัดหรือมีไข้ ควรหยุดพักผ่อนจนกระทั่งรู้สึกดีขึ้น หรือ

• ถ้าท่านกำลังตั้งครรภ์ หรืออาจจะตั้งครรภ์ โปรดปรึกษาแพทย์ก่อนที่ท่านจะเข้าร่วมกิจกรรมการออกกำลังกาย

สำหรับกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย
เรียน ผู้เข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้
สิ่งที่แนบมาด้วย ขั้นตอนและกระบวนการที่กลุ่มตัวอย่างต้องปฏิบัติในการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสานที่มีต่อตัวแปรเชิงแอนแอโรบิก แอโรบิก และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อจะเก็บข้อมูลจากผลการทดสอบของผู้เข้าร่วมวิจัยไปเปรียบเทียบเมื่อทำการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก และแบบผสมผสาน ซึ่งมีระยะเวลาในการฝึกจำนวน 8 สัปดาห์ โดยทำการฝึกในวันจันทร์, วันพุธ และวันศุกร์ ว่าจะส่งผลต่อตัวแปรความสามารถสูงสุดในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ แอนแอโรบิกเทรชโฮล สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก กรดแลคติกในเลือด และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตรหรือไม่ อย่างไร ซึ่งจะมีการรายงานให้ทราบพร้อมทั้งอธิบายและแปลผลโดยละเอียดหากท่านต้องการ และข้อมูลที่ได้รับจากท่านจะถูกนำไปใช้เพื่อรายงานผลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้น สำหรับประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นกับผู้เข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ ในด้านส่วนตัว คือ ทำให้สุขภาพร่างกายแข็งแรง อันเกิดจากการฝึกตามโปรแกรม, รู้จักกระบวนการในการทำวิจัย, มีเพื่อนใหม่จากมนุษยสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบ, การฝึกตามโปรแกรม, และในด้านส่วนรวมท่านเป็นผู้ที่ร่วมในการวิจัย ทำให้กระบวนการทางการวิจัยสัมฤทธิ์ผล เกิดประโยชน์แก่สังคม, และเกิดประโยชน์ในด้านการวิจัยตามที่ระบุไว้ในเอกสารการวิจัย กล่าว คือ

1. ทำให้ทราบถึงผลของการใช้โปรแกรมการฝึกทั้ง 3 รูปแบบที่มีต่อสมรรถภาพทางกายของนักกรีฑาในตัวแปรทั้ง 5 ตัวแปร คือ ระดับความสามารถสูงสุด ในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ แอนแอโรบิกเทรชโฮล สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก กรดแลคติกในเลือด และความสามารถในการวิ่งระยะทาง 400 เมตร ในแต่ละช่วงเวลาของการฝึก และ

2. ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้สำหรับการออกแบบโปรแกรมการฝึกอินเทอร์วาลแบบแอนแอโรบิก การฝึกอินเทอร์วาลแบบแอโรบิก และการฝึกอินเทอร์วาลแบบผสมผสาน ที่มีประสิทธิภาพ สำหรับการพัฒนาสมรรถภาพทางกายในการฝึกซ้อมของนักกรีฑาระยะทาง 400 เมตร

เนื่องจากท่านเป็นนักเรียนชายโรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ลำพูน ช่วงอายุ 15 ปี เป็นบุคคลหนึ่งที่ได้รับการเลือกให้เข้าร่วมการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ โดยวิธีการอาสาสมัครและคัดเลือก ตาม

คุณสมบัติและเกณฑ์ในการคัดเลือกเข้าการเป็นกลุ่มตัวอย่าง คือ 1. เป็นผู้ที่มีสุขภาพร่างกายสมบูรณ์ผ่านการตรวจโดยแพทย์ พร้อมทั้งมีใบรับรองแพทย์, 2. ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บใด ๆ ที่จะเป็นอุปสรรคในการทำวิจัย, 3. ไม่มีโรคประจำตัว, 4. ได้รับอนุญาตจากผู้ปกครองในการเข้าร่วมการวิจัยเป็นลายลักษณ์อักษร, 5. ยินยอมให้ทำการเจาะเลือดบริเวณหูด้วยความลึก 0.1 มิลลิเมตร, 6. ไม่อยู่ในช่วงทำการฝึกซ้อมและแข่งขันกีฬาใด ๆ และ 7. ผ่านการคัดกรองจากแบบสอบถาม (PAR-Q)

และยินยอมที่จะปฏิบัติตามเงื่อนไขในการวิจัยนี้ ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใด ๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากผู้ทำวิจัยซึ่งจะเป็นผู้สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมการวิจัยนี้จากครอบครัว เพื่อน หรือแพทย์ประจำตัวของท่านได้ ท่านมีเวลาอย่างเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของการวิจัยนี้

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น โดยที่ท่านไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ และในการวิจัยครั้งนี้ ท่านสามารถขอถอนตัวจากการวิจัยนี้ได้ตลอดเวลา ทุกขั้นตอนหรือในช่วงใด ๆ ของการทดลองก็ได้ สามารถแจ้งให้ผู้วิจัยทราบได้ตลอดเวลา ในการถอนตัวจะไม่ส่งผลกระทบใด ๆ ต่อตัวท่าน และไม่ส่งผลกระทบต่อทางด้านการเรียนการศึกษาใด ๆ ทั้งสิ้นของท่านเอง

อนึ่ง ในช่วงการเก็บข้อมูลการวิจัยและทำการทดสอบ อยู่ระหว่าง เดือนมีนาคม ถึง เมษายน ซึ่งเป็นช่วงประเพณีสงกรานต์ของประเทศไทยทั่วทุกภาค ในขั้นต้นก่อนการทดสอบและทำการฝึกตามโปรแกรม ผู้วิจัยได้อธิบาย หลักการ, เหตุผล, ความสำคัญในการทดสอบและการฝึกตามโปรแกรม ให้กลุ่มตัวอย่างได้ทราบและเข้าใจเป็นอย่างดี พร้อมทั้งได้ขอความอนุเคราะห์และขอความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้ ให้เสร็จลุล่วงไปตามกระบวนการวิจัยที่กำหนดไว้

หากท่านมีปัญหาหรือข้อสงสัยประการใด สามารถสอบถามได้โดยตรงจากผู้วิจัย เบอร์ติดต่อ 08-98543-709 ที่อยู่ 214/ 3 พญาอินทร์ซอย 9 ถนนลำพูน-ป่าซาง ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน 51000

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างยิ่ง ในความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้

ว่าที่ ร.ต.อภิรมย์ จามพฤกษ์

ผู้วิจัย