ความสัมพันธ์ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว

จิรวัฒน์ ทองเอี่ยม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา
ธันวาคม 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ จิรวัฒน์ ทองเอี่ยม ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร. สมพร ส่งตระกูล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร. วิรัตน์ สนธิจันทร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

(ดร.นิรอมลี มะกาเจ)

.....กรรมการ

(ดร. สมพร ส่งตระกูล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนิดา จุลวนิชย์พงษ์)

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

(ดร.ศักดิ์ชาย พิทักษ์วงศ์)

วันที่ 29 เดือน สิหาคม พ.ศ. 2558

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ดร.สมพร ส่งตระกูล อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่คอยให้คำปรึกษา และแนะนำให้แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดี ขอขอบคุณ ดร.วิรัตน์ สนธิ์จันทร์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีพร อนุศาสนนันท์ ที่ให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ตลอดจนสิ้นสุดการวิจัย ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตรวจแก้ไข ทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัยและกลุ่มตัวอย่างทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล

ขอบขอบพระคุณ คุณพ่อไมตรี คุณแม่สะอาด ทองเอี่ยม คุณอิสริยา ทองห่อ คุณสุพัตรา ศรีอาจ คุณพรีส รักษาสมัย รวมถึงพี่ ๆ น้อง ๆ นิสิตปริญญาโทและเอก คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนและช่วยเหลือมาโดยตลอดจนประสบผลสำเร็จ

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ได้อบรม เลี้ยงดู ส่งเสริมประสิทธิประสาทวิชาความรู้ และปรารถนาดีต่อผู้วิจัยเสมอมา

จิรวัฒน์ ทองเอี่ยม

53910973: สาขาวิชา: วิทยาศาสตรการออกกำลังกายและการกีฬา;
วท.ม. (วิทยาศาสตรการออกกำลังกายและการกีฬา)
คำสำคัญ: สมรรถภาพทางกายเชิงแอนแอโรบิก/ การทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก/ การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์/ การทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา จำนวน 4 เที่ยว

จิรวัฒน์ ทองเอี่ยม: ความสัมพันธ์ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (RELATIONSHIP OF ANAEROBIC PERFORMANCE AMONG MEASURED WITH WINGATE ANAEROBIC TEST, RUNNING BASE ANAEROBIC SPRINT TEST AND FOUR 40 YARDS SPRINT TEST) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สมพร ส่งตระกูล, ปร.ด., สุรีพร อนุศาสนนันท์, ค.ด., วิรัตน์ สนธิ์จันทร์, ปร.ด. 102 หน้า. ปี พ.ศ. 2558.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกที่ทดสอบโดยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาเชิงแอนแอโรบิก มหาวิทยาลัยบูรพา อายุ 19.83 ± 1.36 ปี จำนวน 40 คน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) ทำการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว เพื่อหาพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย โดยระยะเวลาการทดสอบห่างกัน 1 สัปดาห์ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยวิธีการของเพียร์สัน (Pearson's product-moment correlation coefficient) กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยพบว่า ความสัมพันธ์ของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง ($r = .679$, $p < .05$) และระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง ($r = .751$, $p < .05$) ความสัมพันธ์ของสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิก สปริ๊นท์ มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก ($r = .901$, $p < .05$) และระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก ($r = .938$, $p < .05$) ความสัมพันธ์ของร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ ($r = .340$, $p < .05$) และระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว ไม่มีความสัมพันธ์กัน ($r = -.061$)

จากข้อมูลที่ปรากฏสามารถสรุปได้ว่าการทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์สามารถเลือกใช้ทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ในส่วนของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก และการทดสอบด้วยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยวสามารถเลือกใช้ทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในส่วนของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก

53910973: MAJOR: EXERCISE AND SPORT SCIENCE;
M.Sc. (EXERCISE AND SPORT SCIENCE)
KEYWORDS: ANAEROBIC PERFORMANCE/ WINGATE ANAEROBIC TEST/ RUNNING BASE ANAEROBIC SPRINT TEST/ FOUR 40 YARDS SPRINT TEST

JIRAWAT THONG-EAM: RELATIONSHIP OF ANAEROBIC PERFORMANCE AMONG MEASURED WITH WINGATE ANAEROBIC TEST, RUNNING BASE AN AEROBIC SPRINT TEST AND FOUR 40 YARDS SPRINT TEST. ADVISORY COMMITTEE: SOMPORN SONGTRAKUL, Ph.D., SUREEPORN ANUSASANAN, Ph.D., WIRAT SONCHAN, Ph.D. 102 P. 2015.

This research aimed to study the relationship between anaerobic performance and wingate anaerobic test, running base anaerobic sprint test and four 40 yards sprint test. Forty undergraduate are Burapha University anaerobic athletes students with an age mean of 19.83 year old (SD = 1.36). A simple random sampling method was used for randomization purpose. Testing of wingate anaerobic power, anaerobic capacity and % Fatigue Index were performance twice with a week apart. Pearson's Product-Moment Correlation Coefficient method was used to examine if any relationship existed. Statistical significance was set at .05. Results showed significant relationships between wingate anaerobic test and running base anaerobic sprint test at medium level in anaerobic power ($r = .679$, $p < .05$). There was a relationship between wingate anaerobic test and four 40 yards sprint test at high level in anaerobic power ($r = .751$, $p < .05$). There was relationships between wingate anaerobic test and running base anaerobic sprint test at very high level in anaerobic capacity ($r = .901$, $p < .05$). There was a relationship between wingate anaerobic test and four 40 yards sprint test at very high level in anaerobic capacity ($r = .938$, $p < .05$). There was a relationship between wingate anaerobic test and running base anaerobic sprint test at low level in % Fatigue Index ($r = .340$, $p < .05$). There was no significance relationship between wingate anaerobic test and four 40 yards sprint test in % Fatigue Index ($r = -.061$).

In conclusion, the running base anaerobic sprint test can be used for wingate anaerobic test in anaerobic power, anaerobic capacity and % Fatigue Index and showed highest relationship. The four 40 yards sprint test can only be used for wingate anaerobic test in anaerobic power and anaerobic capacity.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

คำถามการวิจัย..... 4

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 4

สมมติฐานการวิจัย..... 5

ประโยชน์ของการวิจัย..... 5

ขอบเขตของการวิจัย..... 5

ข้อตกลงเบื้องต้น..... 6

ข้อจำกัดของการวิจัย..... 6

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 7

กรอบแนวคิดการวิจัย..... 8

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 9

พลังงานสำหรับการออกกำลังกาย..... 9

สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก..... 18

ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ..... 23

การทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก..... 31

การทดสอบแบบวินเกต แอนแอโรบิก..... 32

การทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์..... 34

การทดสอบแบบวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว..... 36

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย	39
กลุ่มตัวอย่าง	39
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	40
วิธีการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล	40
ขั้นตอนการวิจัย	43
การวิเคราะห์ข้อมูล	44
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	45
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	45
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	45
5 อภิปรายผล และสรุปผล	50
อภิปรายผล	50
สรุปผลการวิจัย	54
ข้อเสนอแนะ	54
บรรณานุกรม	56
ภาคผนวก	60
ภาคผนวก ก	61
ภาคผนวก ข	70
ภาคผนวก ค	76
ภาคผนวก ง	78
ภาคผนวก จ	84
ภาคผนวก ฉ	87
ภาคผนวก ช	93
ประวัติย่อของผู้วิจัย	102

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 การสร้างพลังงานในร่างกายขณะออกกำลังกาย..... 12

4-1 ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง..... 46

4-2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรที่ศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง..... 46

4-3 ความสัมพันธ์ของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกต แอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว ของกลุ่มตัวอย่าง..... 47

4-4 ความสัมพันธ์ของสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกต แอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว..... 48

4-5 ความสัมพันธ์ของร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกต แอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว ของกลุ่มตัวอย่าง..... 49

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	กรอบแนวคิดการวิจัย	8
2-1	การสร้างพลังงานในระบบฟอสฟาเจน หรือระบบ ATP-PC	10
2-2	การสร้างพลังงานแบบแอโรบิก หรือแอโรบิกไกลโคไลซิส	11
2-3	ชนิดของการสร้างพลังงานที่ต้องใช้ในการออกกำลังกายประเภทต่าง ๆ	13
2-4	การสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกในระบบ ATP-PC	14
2-5	การสร้างพลังงานแบบแอนโรบิกในระบบ Lactic acid	15
2-6	เส้นทางการสร้างพลังงานแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก	16
2-7	การเกิด Lactate ในกล้ามเนื้อ ซึ่งเปลี่ยนจาก Pyruvate เป็น Lactate โดยเอนไซม์ Lactate dehydrogenase	17
2-8	วัฏจักร Cori cycle โดยตับจะทำหน้าที่เปลี่ยนจาก Lactate ไปเป็นกลูโคสหรือไกลโคเจนเพื่อให้กล้ามเนื้อและตับได้ใช้ในการทำงานต่อไป	18
2-9	ความสัมพันธ์ระหว่างระดับของสมรรถภาพทางกาย และปริมาณกรดแลคติกภายหลังการออกกำลังกาย ผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายสูงมีกรดแลคติกในเลือดต่ำ	22
2-10	เครื่องมือทดสอบความเจ็บปวดแบบ Visual numerical rating scale	27
2-11	เครื่องมือทดสอบความเจ็บปวดแบบ Visual analogue scale	28
2-12	เครื่องมือทดสอบความเจ็บปวดแบบ Colored analogue scale	28
2-13	เครื่องมือทดสอบความเจ็บปวดแบบ Wong-baker face pain rating scale	29
3-1	ขั้นตอนการวิจัย	43

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันกีฬาทุกประเภทมีการแข่งขันกันมากขึ้น ซึ่งนักกีฬาทุกคนล้วนต้องการประสบความสำเร็จในการแข่งขันทุก ๆ รายการที่เข้าร่วมทำการแข่งขันตั้งแต่ระดับโรงเรียน ระดับอำเภอ ระดับจังหวัด ระดับเขต ระดับประเทศ และในระดับโลก แต่กว่านักกีฬาคนใดคนหนึ่งหรือทีมใดทีมหนึ่งจะประสบความสำเร็จได้นั้น ต้องมีองค์ประกอบมากมาย ประกอบด้วยปัจจัยภายใน อันได้แก่ อายุ เพศ โครงสร้าง สัดส่วนและขนาดของร่างกายที่เหมาะสมในแต่ละชนิดกีฬา จิตใจ และสมรรถภาพทางกายของนักกีฬา เป็นต้น ปัจจัยภายนอก ได้แก่ ภูมิอากาศ สภาพแวดล้อม อาหาร การแต่งกาย อุปกรณ์การแข่งขัน และอุปกรณ์ป้องกัน ฯลฯ ปัจจัยอื่น ๆ เช่น ผู้ฝึกสอนหรือโค้ช ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญในแต่ละชนิดกีฬา และหนึ่งในองค์ประกอบที่สำคัญของการประสบความสำเร็จคือการฝึกซ้อม เพราะเมื่อนักกีฬาสามารถที่จะพัฒนาเทคนิคและวิธีการเล่นให้อยู่ในระดับเดียวกันได้แล้วนั้น นักกีฬาที่ได้รับการฝึกที่ดีที่สุดเท่านั้นคือผู้ที่จะได้รับชัยชนะ (วิรัตน์ สนธิ์จันทร์, 2555) เพราะการฝึกที่ดีย่อมส่งผลให้สมรรถภาพทางกายดีขึ้นด้วย

องค์การอนามัยโลก ได้ให้ความหมายของสมรรถภาพทางกายไว้ว่า เป็นความสามารถหรือประสิทธิภาพการแสดงออกทางร่างกายสูงสุด (พิชิต ภูติจันทร์, 2547) ประกอบด้วย สามารถออกกำลังกายอย่างหนักได้ มีความแข็งแรงและความอดทนของกล้ามเนื้อสูงสุด มีความสัมพันธ์ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อเป็นอย่างดี มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และมีความอดทนต่อการไม่ใช้ออกซิเจนเพื่อการออกกำลังกายได้นาน ซึ่งกิจกรรมที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการแข่งขันกีฬา โดยทั่วไปมักจะเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับพลังระเบิด (Power) หรือแรงระเบิดในการวิ่ง (Short bursts of speed) โดยใช้ระยะเวลาสั้น ๆ น้อยกว่า 1 วินาที ไปจนถึงหลายวินาที (Powers & Howley, 1997 cited in Luebbers, 2001) เช่น การวิ่งระยะสั้น 100 เมตร ยกน้ำหนัก กระโดดสูง และว่ายน้ำ 50 เมตร เป็นต้น (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์, 2554) โดยได้รับพลังงานจากเอทีพี-พีซี (ATP-PC) เกิดจากการรวมตัวของเอดีพีกับพีซี เกิดเป็น เอทีพี ซึ่งให้พลังงานสูงแต่มีอยู่ในกล้ามเนื้อปริมาณจำกัด จึงเป็นไปได้ ในช่วงเวลาสั้น ๆ (ประมาณ 10-15 วินาที) เท่านั้น และอีกทางหนึ่งจากระบบแลคติก (Lactic acid system) ในการออกกำลังกายเต็มที่นานกว่า 15 วินาที แต่ไม่เกิน 2 นาที เช่น วิ่งระยะทาง 200, 400 และ 800 เมตร ยิมนาสติก ว่ายน้ำ 100-200 เมตร (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์, 2554) โดยการสลายกลูโคสและไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ ซึ่ง

จะได้พลังงาน ในการสังเคราะห์พีซีและเอทีพี ขึ้นมาใหม่ แต่ก่อให้เกิดกรดแลคติก (Lactic acid) ซึ่งจะสะสมอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อและเลือด เป็นสาเหตุของความเมื่อยล้า (หนึ่งฤทัย สระทองเวียน, 2541 อ้างถึงใน วิรัตน์ สนธิ์จันทร์, 2555) ดังนั้น การที่นักกีฬาคนใดมีความทนทานต่อการไม่ใช้ออกซิเจนเป็นเวลานานกว่าย่อมได้เปรียบ

แต่เราจะรู้ได้อย่างไรว่านักกีฬามีสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกอยู่ในระดับใด การวัดและประเมินสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกเป็นจึงมีส่วนสำคัญที่จะสามารถบอกได้ถึงสมรรถภาพของนักกีฬา ซึ่งรูปแบบของการทดสอบความสามารถในการสังเคราะห์พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีอยู่ 3 รูปแบบ คือ การทดสอบความสามารถทางด้านแอนแอโรบิกระยะสั้น ใช้ระยะเวลาในการทดสอบอยู่ในช่วงไม่เกิน 10 วินาที การทดสอบความสามารถทางด้านแอนแอโรบิกระยะกลาง ใช้ระยะเวลาในการทดสอบอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10 ถึง 30 วินาที และการทดสอบความสามารถทางด้านแอนแอโรบิกระยะยาว ใช้ระยะเวลาในการทดสอบอยู่ในช่วงตั้งแต่ 30 วินาที ถึง 90 วินาที การทดสอบเหล่านี้เป็นการประเมินความสามารถในการสังเคราะห์พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ดังนั้นการที่จะนำไปใช้ก็ควรพิจารณาให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการทดสอบ (Duncan et al., 1991 อ้างถึงใน ดุสิต พรหมอ่อน, 2549)

การทดสอบพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) และสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) เป็นสิ่งจำเป็นในกีฬาที่มีการใช้พลังงานเชิงแอนแอโรบิก เช่น การวิ่งระยะสั้น 100 เมตร ยกน้ำหนัก กระโดดสูง และว่ายน้ำ 50 เมตร วิ่งระยะทาง 200, 400 และ 800 เมตร ยิมนาสติก ว่ายน้ำ 100 และ 200 เมตร เป็นต้น (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์, 2554) การทดสอบโดยการจับเวลา (Time trials) หรือการทดสอบโดยใช้ความสามารถสูงสุดในหนึ่งรอบ (One-rep maximal efforts) เป็นสิ่งบ่งชี้ที่ดีถึงระดับสมรรถภาพของนักกีฬา วิธีการฝึก การพัฒนา และยังสามารถนำไปใช้เพื่อเปรียบเทียบกับนักกีฬาคนอื่น ๆ ในทีม ดังนั้น โค้ชและนักกีฬาจำเป็นต้องมีการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกเพื่อพัฒนาโปรแกรมการฝึกและพัฒนาประสิทธิภาพของนักกีฬา โดยการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกนั้นสามารถทำได้ 2 ทาง ได้แก่ การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory) เป็นวิธีการทดสอบที่ให้ผลแม่นยำ เที่ยงตรงและมีความน่าเชื่อถือ แต่การทดสอบในห้องปฏิบัติการนี้ใช้เวลานาน ต้องใช้ความเชี่ยวชาญทางเทคนิคมากและมีค่าใช้จ่ายสูง (Heyward, 2010) เช่น การตรวจหาจำนวนความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักหรือการคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขณะทำการออกกำลังกายเพื่อคำนวณหาค่ากรดแลคติก การทดสอบด้วยจักรยานวัดงาน การทดสอบด้วยลู่วิ่งกลหรือการทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ เป็นต้น ซึ่งการทดสอบโดยแบบทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) เป็นที่นิยมอย่างมากในช่วงปลายปี ค.ศ. 1970 ซึ่งเป็น

วิธีการที่มีความเป็นมาตรฐานและใช้กันอย่างแพร่หลาย รวมทั้งเป็นแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงและความน่าเชื่อถือสูงในการวัดการทดสอบการใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนในการทดสอบพลังแขนและพลังขา แต่ที่ใช้กันมากที่สุด คือการทดสอบการทดสอบขา การทดสอบนี้เป็นการทดสอบพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) และสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) ความแตกต่างของค่าทั้งสองขึ้นอยู่กับเวลาที่ทดสอบทั้งสองช่วง พลังงานสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) คือ ค่าพลังงานสูงสุดใน 5 วินาทีแรกของการทดสอบ ในขณะที่สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) หมายถึงพลังงานในช่วงทั้ง 30 วินาทีของการทดสอบ (Abbasian, Golzar, Onvani & Sargazi, 2012) การทดสอบด้วยแบบทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) ใช้จักรยานวัดงานคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการทดสอบ ส่วนใหญ่ทำในห้องปฏิบัติการ เพราะไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้าย จึงจำเป็นต้องมีเจ้าหน้าที่และอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการโดยเฉพาะ อีกทั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ มีราคาแพง

ด้วยข้อจำกัดดังกล่าวทำให้นักวิทยาศาสตร์การกีฬาคิดค้นวิธีการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกที่ใช้การทดสอบภาคสนาม (Field test) ขึ้นอย่างมากมาย เช่น รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The Running based Anaerobic Sprint Test: RAST) ได้ถูกพัฒนาขึ้นที่มหาวิทยาลัยวูฟส์แฮมตัน ประเทศอังกฤษ โดย Draper and Whyte ในปี ค.ศ. 1997 (Luebbers, 2001) เพื่อประเมินความสามารถในการสังเคราะห์พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนของนักกีฬาเป็นการทดสอบที่เหมาะสำหรับการทดสอบในภาคสนาม เพราะไม่ต้องใช้อุปกรณ์ ไม่จำเป็นต้องใช้จักรยานวัดงาน ใช้เพียงแต่นาฬิกาจับเวลาก็สามารถทดสอบได้ (ดุสิต พรหมอ่อน, 2549) และการทดสอบภาคสนาม อีกรูปแบบหนึ่งคือการทดสอบด้วยการวิ่งเร็ว 40 หลา (The 40 yards dash) ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างมากในการทดสอบพลังงานสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) ในนักอเมริกันฟุตบอล โดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 2-3 เที่ยว (Powers & Howley, 2009) ต่อมา Johnson (2007) ได้ทำการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test) กับการทดสอบแบบวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) ซึ่งผลการทดลองด้วยการทดสอบทั้งสองวิธีการพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น การทดสอบภาคสนามจึงเป็นการทดสอบที่ใช้อุปกรณ์ในการทดสอบน้อย เป็นการทดสอบที่ไม่ยุ่งยาก มีความเที่ยงตรงใกล้เคียงกับการทดสอบในห้องปฏิบัติการและประหยัดค่าใช้จ่าย ผู้ฝึกสอนหรือโค้ชหลายคนจึงใช้การทดสอบภาคสนามแทนการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงความสัมพันธ์ของแบบทดสอบ

สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ระหว่างวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว เพราะการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว มีรูปแบบการทดสอบที่ใกล้เคียงกัน แตกต่างกันเพียงระยะทาง และระยะเวลาในการพัก ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่ได้ข้อสรุปที่แน่ชัดถึงความสัมพันธ์ของการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว กับการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ เพื่อนำผลการวิจัยครั้งนี้ไปใช้ทดแทนการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ในห้องปฏิบัติการได้อย่างเหมาะสม

คำถามการวิจัย

สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกจากการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running based anaerobic sprint test) และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test) มีความสัมพันธ์กันหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาความสัมพันธ์ของพลังงานสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running based anaerobic sprint test) และการทดสอบวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test)

2. เพื่อหาความสัมพันธ์ของสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running based anaerobic sprint test) และการทดสอบวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test)

3. เพื่อหาความสัมพันธ์ของร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running based anaerobic sprint test) และการทดสอบวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test)

สมมติฐานการวิจัย

1. พลังงานสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power)

1.1 ระหว่างการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) กับการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running based anaerobic sprint test) มีความสัมพันธ์กัน

1.2 ระหว่างการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) กับการทดสอบวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test) มีความสัมพันธ์กัน

2. สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

2.1 ระหว่างการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) กับการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running based anaerobic sprint test) มีความสัมพันธ์กัน

2.2 ระหว่างการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) กับการทดสอบวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test) มีความสัมพันธ์กัน

3. ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index)

3.1 ระหว่างการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) กับการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running based anaerobic sprint test) มีความสัมพันธ์กัน

3.2 ระหว่างการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) กับการทดสอบวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test) มีความสัมพันธ์กัน

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ทราบถึงวิธีการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกที่เหมาะสมและให้ค่าใกล้เคียงกับการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิกมากที่สุด ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกในการนำไปใช้ทดสอบภาคสนาม

2. สามารถเลือกวิธีการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกได้เหมาะสม

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักกีฬาเชิงแอนแอโรบิก (ฟุตบอล บาสเกตบอล วอลเลย์บอล และกรีฑา) มหาวิทยาลัยบูรพา อายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 40 คน (ชาย 20 คน หญิง 20 คน) ที่ได้มาจากการคัดเลือกและการอาสาสมัคร ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือก คือเป็นผู้มีสุขภาพ

สมบูรณ์แข็งแรงไม่มีปัญหาการบาดเจ็บของเอ็น กล้ามเนื้อ และข้อต่อที่เป็นอุปสรรคในการเข้าร่วมการวิจัย ผ่านการประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR-Q) และทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) โดยผ่านการตรวจสุขภาพจากแพทย์และยินยอมให้ความร่วมมือตลอดจนสิ้นสุดการทำวิจัย

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย

2.1 แบบทดสอบสมรรถภาพ ได้แก่

2.1.1 การทดสอบแบบวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test)

2.1.2 การทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (Running based anaerobic sprint test)

2.1.3 การทดสอบวิ่งเร็ว 40 หลา จำนวน 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test)

2.2 พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power)

2.3 สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

2.4 ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index)

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ก่อนทำการทดลองให้กลุ่มตัวอย่างงดการออกกำลังกายหรือการแข่งขันกีฬาทุกประเภท 1 วัน เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้พักผ่อนเต็มที่

2. ให้กลุ่มตัวอย่างงดแอลกอฮอล์ บุหรี่ และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน ก่อนเข้ารับการทดลองเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และงดบริโภคอาหารอย่างน้อย 3 ชั่วโมง ก่อนการทดลอง

3. กลุ่มตัวอย่างที่ถูกคัดเลือกจะต้องมีสุขภาพร่างกายสมบูรณ์แข็งแรง ไม่มีการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ เอ็นและข้อต่อที่เป็นอุปสรรคต่อการวิจัย

4. กลุ่มตัวอย่างทดสอบเต็มความสามารถ

ข้อจำกัดของการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมเรื่องการพักผ่อน การรับประทานอาหาร การใช้ยา การปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวันของกลุ่มตัวอย่าง และการเรียนรู้ทักษะทางกลไกในระหว่างการทดสอบ ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ อาจส่งผลต่อการทดสอบตัวแปรที่ศึกษาได้ และอาจทำให้งานวิจัยนี้ไม่สมบูรณ์ แต่ผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือกับกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการวิจัยตามข้อตกลงเบื้องต้นในการเข้าร่วมการวิจัยแล้ว

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (Anaerobic performance) หมายถึง สมรรถภาพในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะขบวนการเมตาบอลิซึมในกล้ามเนื้อโดยการวิจัยครั้งนี้ใช้การทดสอบของวินเกตแอนแอโรบิก การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา จำนวน 4 เที่ยว

2. พลังงานสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) หมายถึง ความสามารถสูงสุดที่กลามเนื้อทำงานโดยใชระบบพลังงานแบบฉับพลัน (Immediate energy system) เปนหลักหรือเปนคาปริมาณงานสูงสุดที่ทำไดในช่วง 3-5 วินาทีแรกของการทดสอบเรียกวา Peak power output มีหน่วยเป็นวัตต (Watts) (Inbar, Bar-Or & Skinner, 1996 อ้างถึงใน วิรัตน์ สนธิ์จันทร์, 2555)

3. สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ทนต่อการทำงานต่อไปได้ในสภาวะที่กล้ามเนื้อไม่ได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ (ทั้งการปั่นจักรยาน การวิ่งเร็วจำนวน 6 เที่ยว และ 4 เที่ยว) ใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส ก่อให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว

4. ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) หมายถึง เปอร์เซ็นต์ของการลดลงของกำลังงานในระหว่างการทดสอบ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

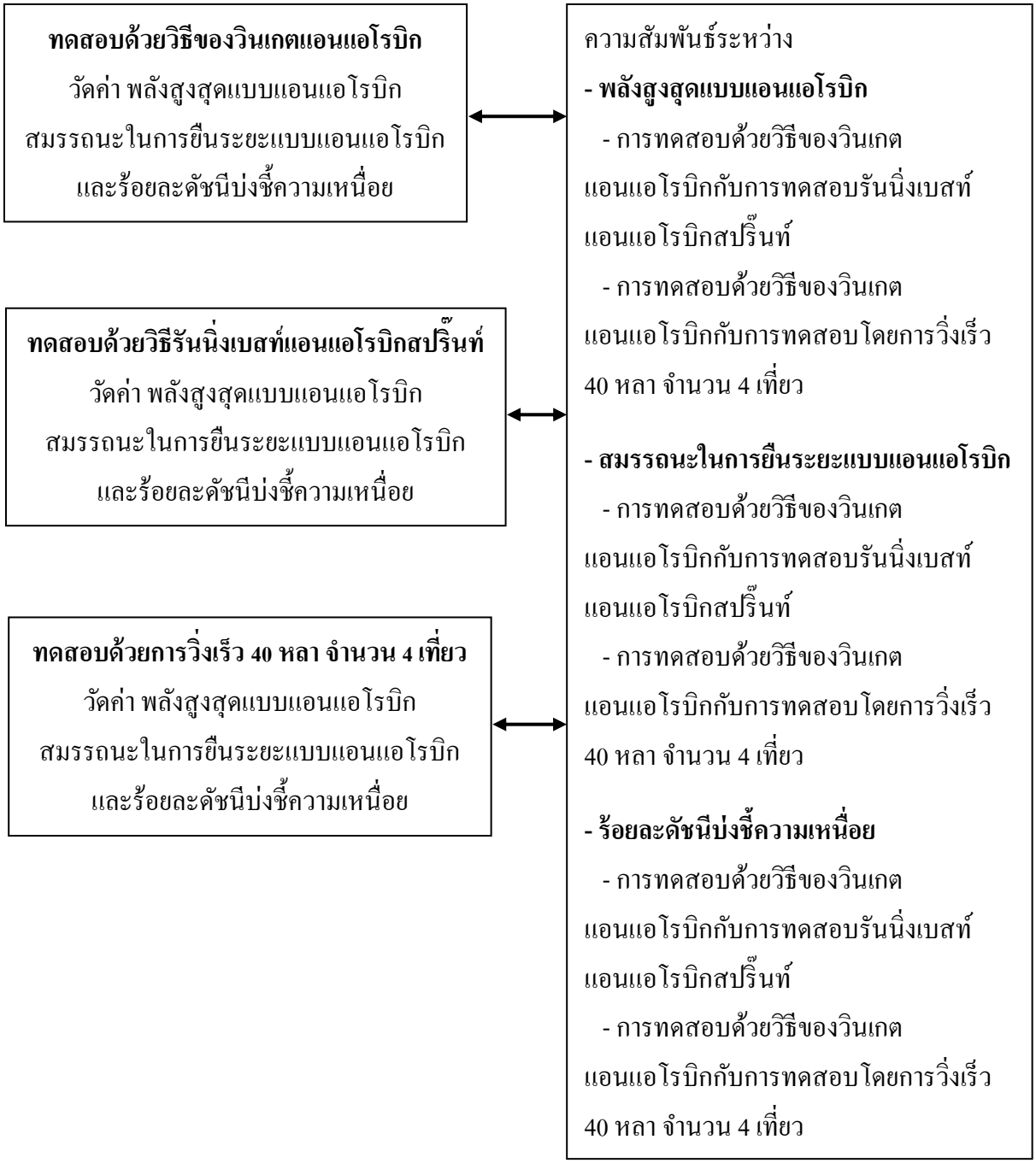
5. การทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) หมายถึง การทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ด้วยการปั่นจักรยานวัดงานด้วยความสามารถสูงสุดภายในเวลา 30 วินาที ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ (Inbar, Bar-Or & Skinner, 1996 อ้างถึงใน วิรัตน์ สนธิ์จันทร์, 2555)

น้ำหนักถ่วงในการทดสอบ = น้ำหนักตัว x 0.067

6. การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running based anaerobic sprint test) หมายถึง การทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ด้วยการวิ่งเร็วระยะทาง 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว แต่ละเที่ยวพัก 10 วินาที (Draper & Whyte, 1997 cited in Luebbers, 2001)

7. การทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา จำนวน 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test) หมายถึง การทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก โดยการวิ่งเร็วระยะทาง 40 หลา จำนวน 4 เที่ยว แต่ละเที่ยวพัก 15 วินาที (Johnson, 2007)

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ระบบพลังงาน
2. สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก
3. ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ
4. แบบทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก
5. การทดสอบแบบวินเกต (Wingate anaerobic test)
6. การทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running based anaerobic sprint test)
7. การทดสอบแบบวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test)

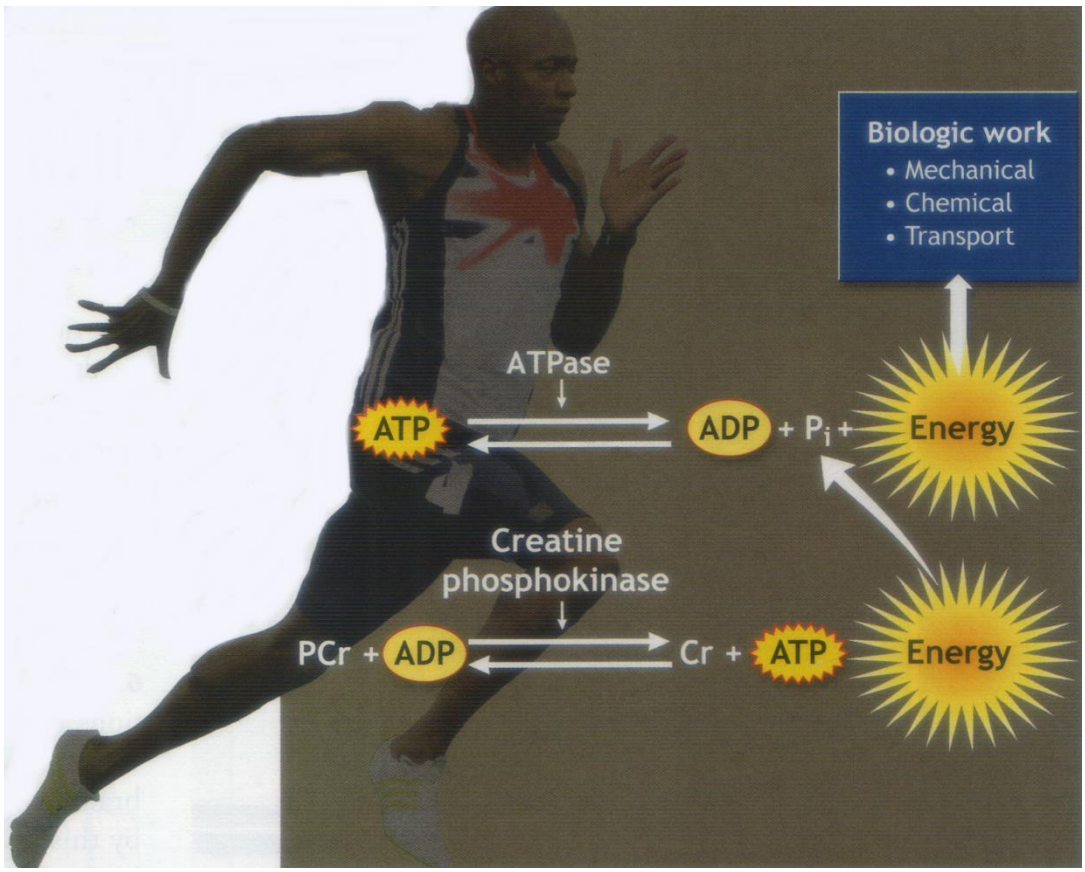
พลังงานสำหรับการออกกำลังกาย

ในการออกกำลังกายนั้น กล้ามเนื้อจะใช้พลังงานจากสารชนิดหนึ่ง คือ เอทีพี (ATP: Adenosine Triphosphate) ซึ่งเป็นสารที่ให้พลังงานสำหรับกล้ามเนื้อ โดยในกล้ามเนื้อนั้นมีประมาณเอทีพี (ATP) อยู่เพียงเล็กน้อย พอที่จะใช้ได้ประมาณ 3-15 วินาที เท่านั้น ดังนั้น ถ้าต้องการให้กล้ามเนื้อทำงานต่อไปเรื่อย ๆ ต้องมีการสร้างเอทีพี (ATP) ขึ้นมาใหม่ โดยอาศัยสารพลังงานและปฏิกิริยาอื่น ๆ (Wilmore & Costill, 2008) ดังนี้

แหล่งพลังงานขณะออกกำลังกายนั้น กล้ามเนื้อมีแหล่งพลังงานอยู่ 3 ระบบ (พิชิต ภูติจันทร์, 2535) คือ

1. ระบบฟอสฟาเจน (Phosphagen system หรือ ATP-PC)

ในระบบฟอสฟาเจนนี้ พลังงานที่ใช้ในการสังเคราะห์เอทีพีมาจากการแตกตัวของสารประกอบฟอสโฟครีเอทีน (Phosphocreatine: PC) ฟอสโฟครีเอทีนมีความคล้ายคลึงกับเอทีพีมาก เพราะต่างก็ประกอบด้วยหมู่ฟอสเฟสและอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อเหมือนกัน เมื่อฟอสโฟครีเอทีนแตกตัว ผลผลิตที่ได้ก็คือ ฟอสเฟสอนินทรีย์ ครีเอทีน และให้พลังงานทันที พลังงานที่เกิดขึ้นนี้ถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์เอทีพีขึ้นมาใหม่ (ดังภาพที่ 2-1)



ภาพที่ 2-1 การสร้างพลังงานในระบบฟอสฟาเจน หรือระบบ ATP-PC (McArdle, Katch & Katch, 2015)

ดังนั้น ระบบพลังงานนี้ใช้ในกิจกรรมที่ต้องใช้พลังงานและความเร็วสูง ในเวลาที่สั้นมาก ประมาณไม่เกิน 30 วินาที และกล้ามเนื้อไม่ต้องใช้ออกซิเจน เช่น การวิ่งระยะสั้น 100 เมตร ยกน้ำหนัก กระโดดสูง และว่ายน้ำ 50 เมตร เป็นต้น (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์, 2554)

2. ระบบกรดแลคติก (Lactic acid system) หรือ แอนแอโรบิก ไกลโคไลซิส (Anaerobic glycolysis)

ในระบบนี้เป็นการสลายกลูโคสโดยไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งเป็นการเผาผลาญกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์ กลูโคส (มีคาร์บอน 6 อะตอม) แต่ละโมเลกุลจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดไพรูวิก (มีคาร์บอน 3 อะตอม) ได้ 2 โมเลกุล

$$\underset{\text{(กลูโคส)}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{(กรดไพรูวิก)}}{2C_3H_4O_3}$$

เมื่อกลูโคสเปลี่ยนเป็นไพรูวิกแล้ว กรดไพรูวิกจะเปลี่ยนเป็นกรดแลคติกอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในกระบวนการนี้จะก่อให้เกิดพลังงานและของเสีย คือ กรดแลคติกและคาร์บอนไดออกไซด์

$$2C_3H_4O_3 \longrightarrow H + La + K + HCO_3 \longrightarrow H_2O + CO_2 + K + La$$

ดังนั้น ระบบพลังงานที่ต้องใช้ในกิจกรรมที่ต้องใช้แรงมาก ๆ ในระยะเวลาสั้นหรือในเวลา 1-3 นาทีแรกของการออกกำลังกาย เช่น วิ่งระยะทาง 200, 400 และ 800 เมตร ยิมนาสติก ว่ายน้ำ 100-200 เมตร เป็นต้น

3. ระบบออกซิเจน (Oxygen system) หรือ แอโรบิกไกลโคไลซิส (Aerobic glycolysis)

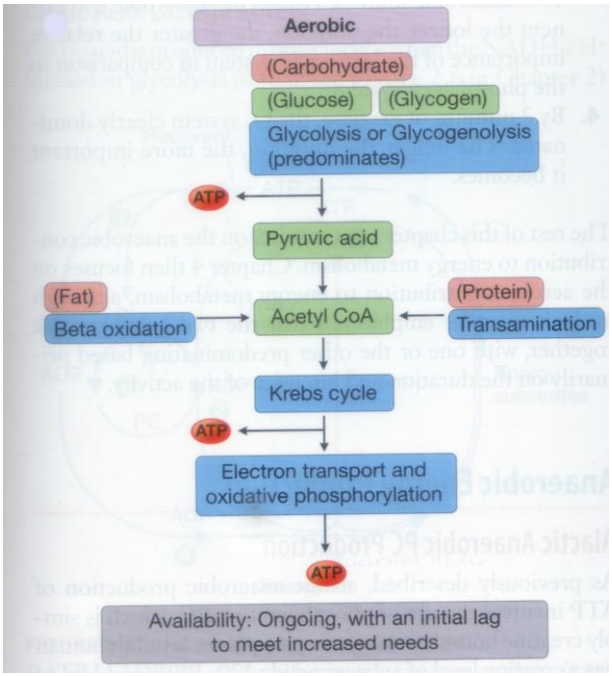
การสลายกลูโคสโดยใช้ออกซิเจน (Aerobic glycolysis) แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน ดังนี้ (ดังภาพที่ 2-2)

3.1 เปลี่ยนกลูโคสเป็นไพรูวิก

3.2 เปลี่ยนไพรูวิกเป็นอิซิทิล โคเอ

3.3 อิซิทิล โคเอเข้าวัฏจักรเครปส์

3.4 ระบบขนส่งอิเล็กตรอน



ภาพที่ 2-2 การสร้างพลังงานแบบแอโรบิก หรือแอโรบิกไกลโคไลซิส (Aerobic glycolysis) (Plowman & Smith, 2014)

ตารางที่ 2-1 การสร้างพลังงานในร่างกายขณะออกกำลังกาย (ประทุม ม่วงมี, 2527)

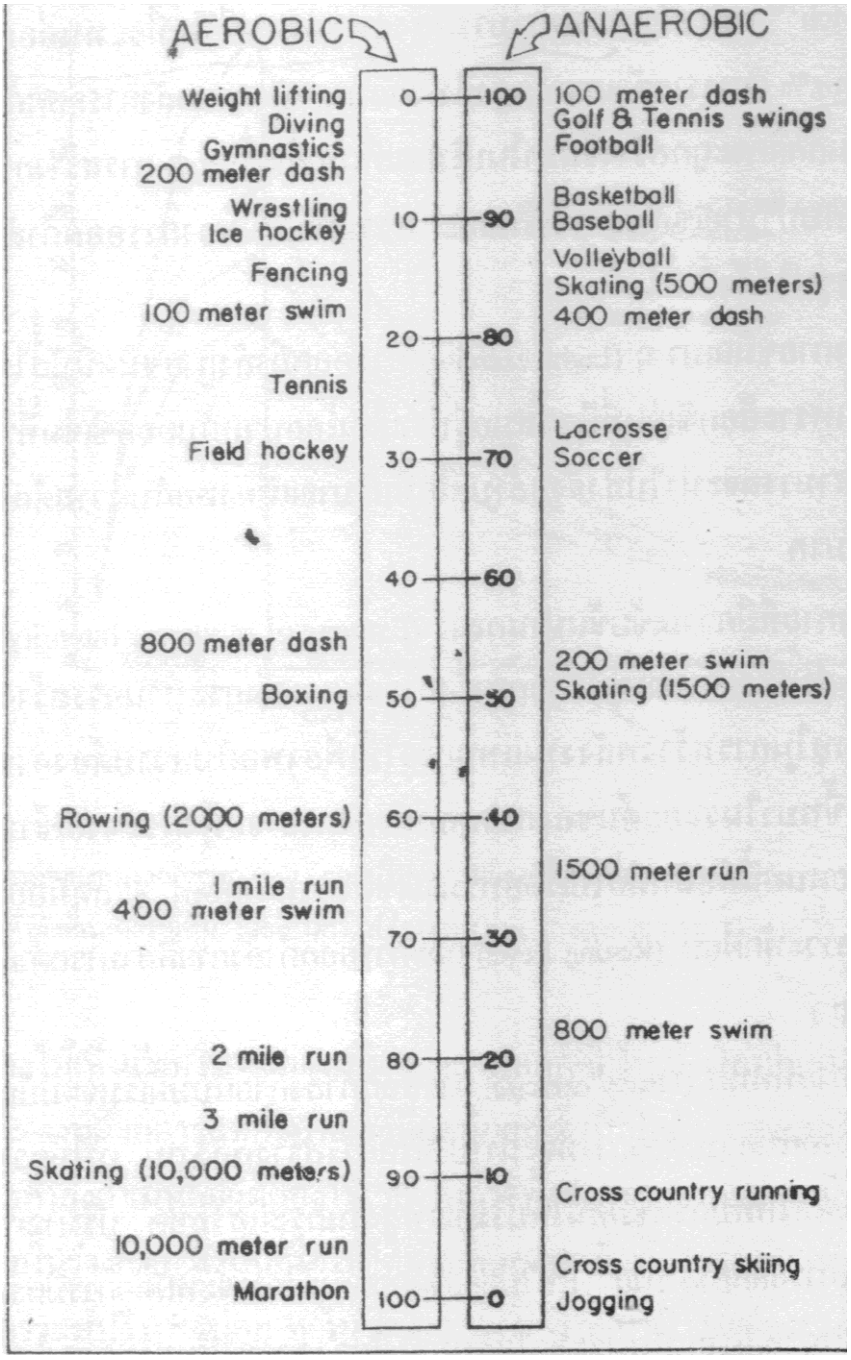
สิ่งเปรียบเทียบ	Anaerobic		Aerobic
	ATP-PC system	Lactic acid system	Oxygen system
1. ตัวอย่างการออกกำลังกายที่อาศัยระบบการสร้างพลังงานนั้น ๆ เป็นหลัก	วิ่ง 100 เมตร ยกน้ำหนัก	วิ่ง 400-800 เมตร	วิ่งมาราธอน
2. Substrate หลัก	Phosphocreatine	Glucose และ Glycogen	Fatty acid, Glucose และ Glycogen
3. ขีดจำกัดเวลา	ประมาณ 15 วินาที	ประมาณ 2 นาที	ไม่มีขีดจำกัดเรื่องเวลาหากมี Substrate และออกซิเจนเพียงพอ

ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล (2552) กล่าวว่า ในการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันกีฬาแต่ละประเภทนั้น มีความต้องการพลังงานที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับรูปแบบของการออกกำลังกายหรือการแข่งขันกีฬา ซึ่งการออกกำลังกายและกีฬาบางประเภทอาจต้องใช้ระบบพลังงานทั้ง 3 ระบบ ตามกิจกรรมการเคลื่อนไหว ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. การออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิก ได้แก่ วิ่งระยะสั้น ระยะกลาง และกีฬาประเภททุ่ม พุ่ง ขว้าง เป็นต้น แหล่งพลังงานที่สำคัญคือ คาร์โบไฮเดรต รองลงมาคือ ไขมัน ส่วนโปรตีนนั้นเกี่ยวข้องน้อยมาก ดังนั้น การสร้างพลังงานในระบบเอทีพี พีซี (ATP-PC) และระบบกรดแลคติก (Lactic acid system) จึงปราศจากการใช้ออกซิเจนตลอดช่วงของการออกกำลังกาย ทำให้มีกรดแลคติกสะสมมาก

2. การออกกำลังกายแบบแอโรบิก ได้แก่วิ่งระยะไกล ฟุตบอล บาสเกตบอล เป็นต้น แหล่งพลังงานที่สำคัญคือ คาร์โบไฮเดรตและไขมัน ในระยะแรกของการออกกำลังกาย พลังงานที่สำคัญได้มาจากการสลายไกลโคเจน แต่ในตอนท้ายร่างกายจะใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงานหลัก เนื่องจากไกลโคเจนที่เก็บสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อและตับถูกใช้หมดไป ดังนั้น การออกกำลังกายประเภทนี้ เอทีพี พีซี (ATP-PC) ส่วนใหญ่จะได้มาจากระบบออกซิเจน (Oxygen system) และการสร้างในระบบเอทีพี พีซี (ATP-PC) และระบบกรดแลคติก (Lactic acid system) จะเกี่ยวข้อง

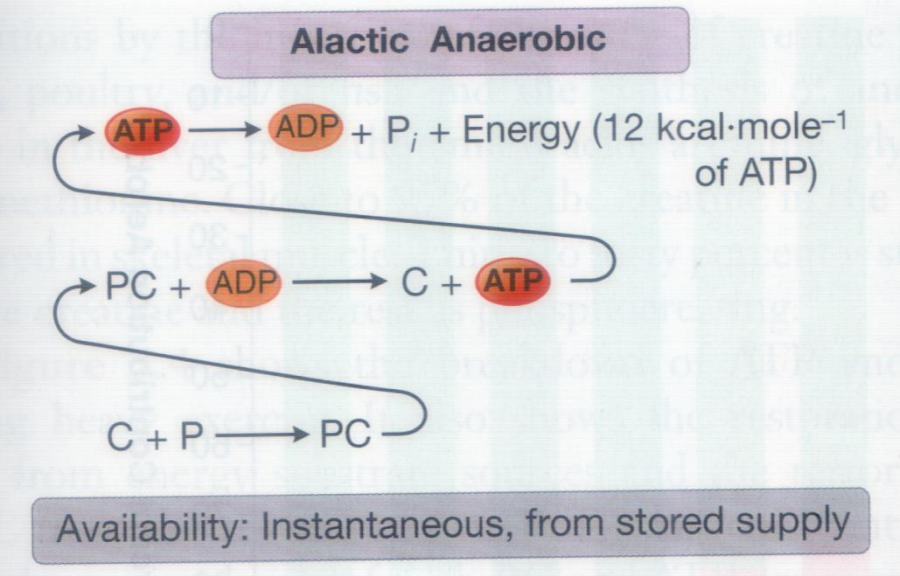
เพียงในระยะเริ่มต้นของการออกกำลังกายเท่านั้น ทำให้กรดแลคติกไม่มีการสะสมและเพิ่มปริมาณสูงขึ้น



ภาพที่ 2-3 ชนิดของการสร้างพลังงานที่ต้องใช้ในการออกกำลังกายประเภทต่าง ๆ (ประทุม ม่วงมี, 2527)

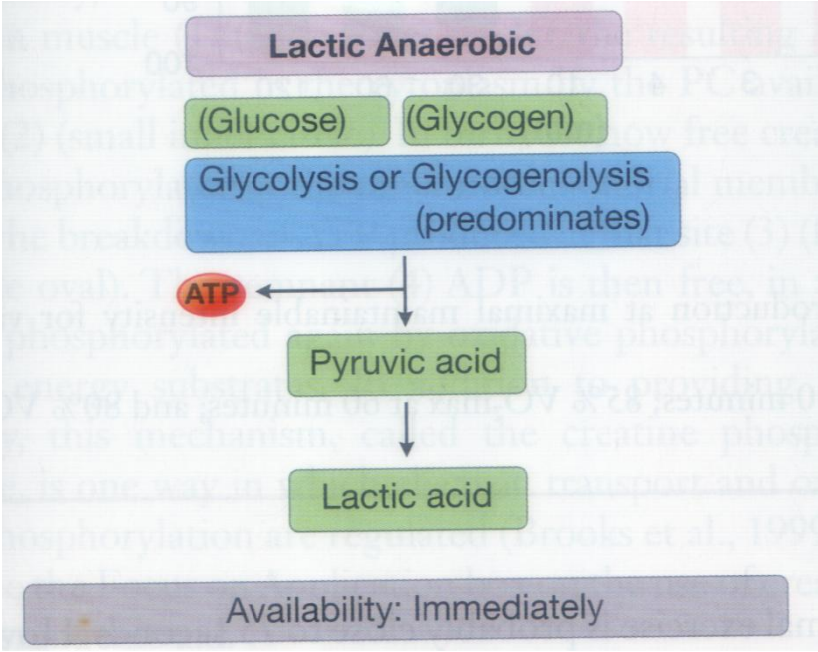
แหล่งพลังงานทางแอนแอโรบิกขณะออกกำลังกาย แหล่งพลังงานทางแอนแอโรบิกขณะออกกำลังกายได้พลังงานมาใน 2 ลักษณะ คือ

1. ATP-PC (Alactic anaerobic) การสร้างพลังงานเช่นนี้ เกิดจากการรวมตัวของเอดีพีกับ พีซี เกิดเป็นเอทีพี ให้พลังงานสูงแต่มีอยู่ในกล้ามเนื้อปริมาณจำกัด พลังงานในระบบนี้จึงเป็นไปได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ (ประมาณ 10-15 วินาที) เท่านั้น



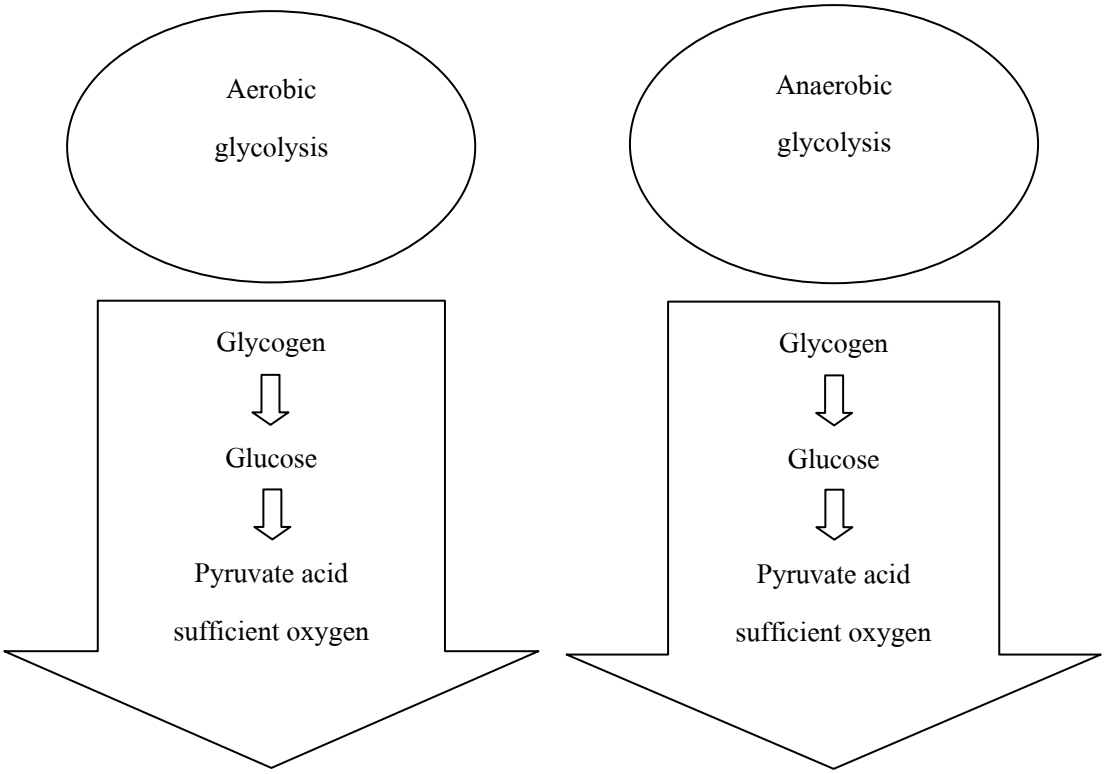
ภาพที่ 2-4 การสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิกในระบบ ATP-PC (Plowman & Smith, 2014)

2. Lactic acid system ในการออกกำลังกายเต็มที่นานกว่า 15 วินาที แต่ไม่เกิน 2 นาที การสร้างพลังงานในรูปแบบแรกจะไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ จึงต้องมีการสร้างพลังงานในอีกระบบหนึ่ง โดยอาศัยการสลายกลูโคส และไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ ซึ่งจะได้พลังงานในการสังเคราะห์ พีซี และเอทีพี ขึ้นใหม่ แต่ผลจากการสลายนี้จะก่อให้เกิดกรดแลคติก (Lactic acid) ซึ่งเป็นของเสียจะสะสมอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อและเลือด เป็นสาเหตุของความเมื่อยล้า (หนึ่งฤทัย สระทองเวียน, 2541 อ้างถึงใน วิรัตน์ สนธิ์จันทร์, 2555)



ภาพที่ 2-5 การสร้างพลังงานแบบแอนโรบิกในระบบ Lactic acid (Plowman & Smith, 2014)

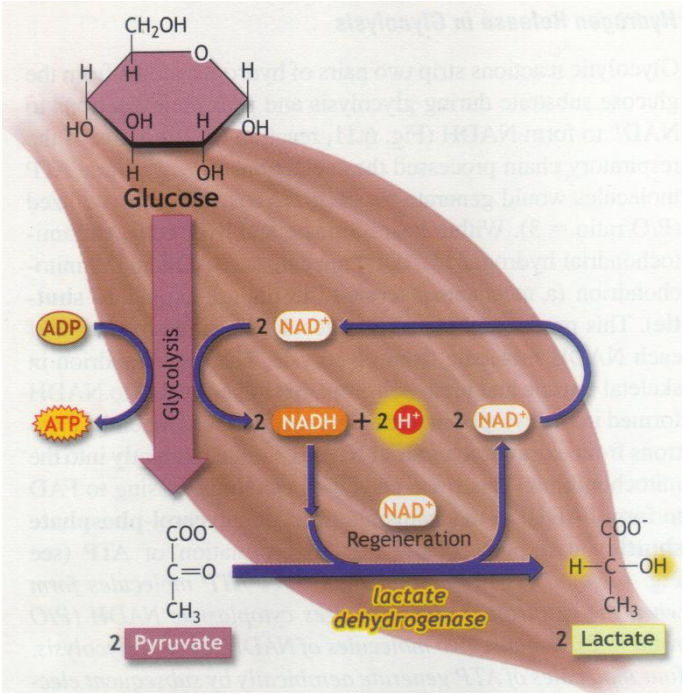
Katch, McArdle and Katch (2011) กล่าวว่า การสลายกลูโคสเพื่อให้ได้พลังงานโดยกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) ผลสุดท้ายที่ได้เป็นไพรูเวท (Piruvate) เอทีพี (ATP) และ NADH โดย NADH จะต้องส่งอิเล็กตรอนผ่านไมโตคอนเดรียลเมมเบรนด์ (Mitochondrial membrane) เข้าไปในไมโตคอนเดรียล แมทริก (Mitochondrial matrix) เพื่อให้ได้พลังงาน ส่วนไพรูเวท (Piruvate) จะเข้าสู่วัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle) เพื่อให้ได้พลังงานออกมาในรูปของ ATP, NADH และ FADH หลังจากนั้น NADH และ FADH ที่ได้จากไมโตคอนเดรียล (Mitochondrial) รวมทั้ง NADH ที่ได้จากกระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) จะผ่านเข้าสู่ขบวนการออกซิเดทีฟฟอสโฟไรเลชั่น (Oxidative phosphorylation) เพื่อเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่มีพลังงานสูง คือ ATP (Adenosine triphosphate)



ภาพที่ 2-6 เส้นทางการสร้างพลังงานแบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก (Fox & Mathews, 1981)

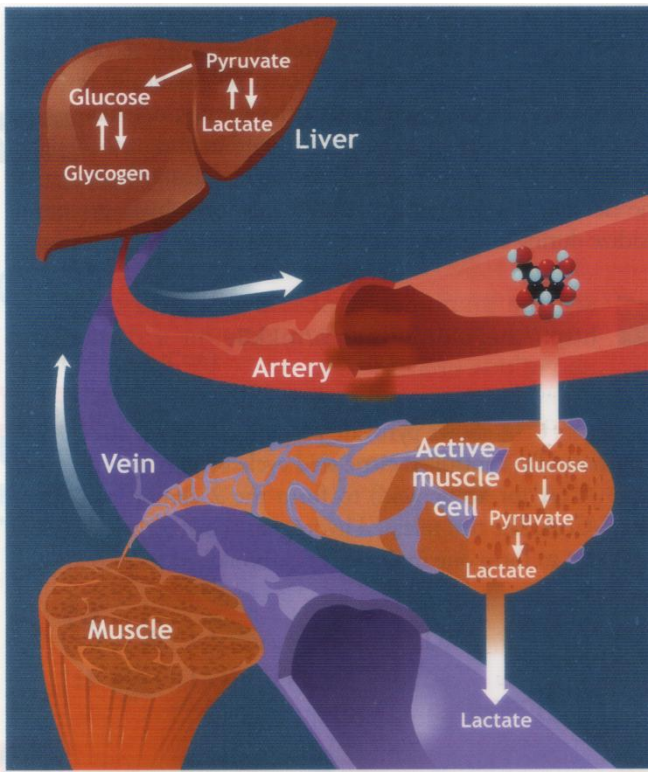
ขบวนการ Oxidative phosphorylation จะเกิดขึ้นได้สมบูรณ์ต้องมีออกซิเจนเป็นตัวรับส่งอิเล็กตรอนในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการ ดังนั้น ในภาวะที่ร่างกายขาดออกซิเจนไม่ว่าเพราะสาเหตุก็ตามจะทำให้กระบวนการ Oxidative phosphorylation หยุดลง โดยมีสาร NADH และ FADH ค้างอยู่ในไมโตคอนเดรียล แมทริก (Mitochondrial matrix) ซึ่งเป็นผลให้การทำงานของวัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle) หยุดลง ไพรูเวท (Piruvate) ไม่สามารถเข้าสู่วัฏจักรเครบส์ได้ จึงถูกเปลี่ยนเป็นแลคเตท (Lactate) โดยเอนไซม์ Lactate dehydrogenese จึงจะสามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นกลูโคสได้ โดยเข้าสู่กระบวนการกลูโคนีโอจีนีซิส (Gluconeogenesis) ซึ่งแลคเตทจะเปลี่ยนเป็นไพรูเวท โดยเอนไซม์ Lactate dehydrogenese ดังสมการ

$$\text{Pyruvate} + NAD^{+} \underset{\text{(Lactate dehydrogenese)}}{\rightleftharpoons} \text{Lactate} + NADH + H^{+}$$



ภาพที่ 2-7 การเกิด Lactate ในกล้ามเนื้อ ซึ่งเปลี่ยนจาก Pyruvate เป็น Lactate โดยเอนไซม์ Lactate dehydrogenase (McArdle, Katch & Katch, 2007)

แหล่งที่เกิดแลคเตท (Lactate) คือ กล้ามเนื้อและเม็ดเลือดแดง ซึ่งในกล้ามเนื้อและเม็ดเลือดแดงนั้นไม่สามารถเปลี่ยนแลคเตทเป็นไพรูเวทได้เอง จึงต้องส่งแลคเตทเข้าสู่กระแสเลือดไปยังตับ ดังนั้นตับจึงทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นกลูโคสโดยผ่านกระบวนการการกลูโคนีโอจีนีซิส (Gluconeogenesis) แล้วจึงส่งกลูโคสเข้าสู่กระแสเลือดไปให้กล้ามเนื้อและเม็ดเลือดแดงใช้ต่อไป และเก็บสะสมในรูปของกลูโคสในตับและไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ ซึ่งเรียกวัฏจักรนี้ว่า โคริไซเคิล (Cori cycle)



ภาพที่ 2-8 วัฏจักร Cori cycle โดยตับจะทำหน้าที่เปลี่ยนจาก Lactate ไปเป็นกลูโคสหรือไกลโคเจน เพื่อให้กล้ามเนื้อและตับได้ใช้ในการทำงานต่อไป (McArdle et al., 2015)

สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก

การเผาผลาญกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์ กลูโคสถูกเปลี่ยนให้เป็นไกลโคเจน (หากมีเกินความต้องการของร่างกาย) เพื่อเก็บไว้ที่ตับและกล้ามเนื้อและจะถูกเรียกคืนมาเป็นกลูโคสในยามที่ร่างกายต้องการ โดยไกลโคเจนที่ถูกเก็บไว้ที่ตับเท่านั้นจะเป็นพลังงานสาธารณะของร่างกาย แต่ส่วนที่นำไปเก็บที่กล้ามเนื้อถือว่าเป็นของส่วนตัวของกล้ามเนื้อ ไกลโคเจนจำนวนนี้ภายหลังจากถูกเปลี่ยนแปลงให้เป็นกลูโคสแล้วก็จะใช้ในกิจกรรมของกล้ามเนื้อเท่านั้น จะไม่เคลื่อนที่เข้าสู่กระแสโลหิตเพื่อนำไปให้อวัยวะบริเวณอื่น ๆ ได้ใช้การเผาผลาญกลูโคสที่ไม่สมบูรณ์ ก็คือ กระบวนการสร้างเอทีพี (ATP) โดยการแยกกลูโคสที่ปราศจากออกซิเจน เรียกว่า แอนแอโรบิกไกลโคไลซิส (Anaerobic glycolysis) โดยกระบวนการนี้สามารถสร้างพลังงานเอทีพี เพื่อใช้ชั่วคราวในสภาวะต่าง ๆ ที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ และยังเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในการออกกำลังกายบางอย่าง เช่นในการแข่งขันวิ่งเร็วระยะทางสั้น เพราะการแข่งขันประเภทนี้ต้องการพลังงานสูง แต่ระบบการหายใจและการไหลเวียนโลหิตไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ด้วยการขนส่งออกซิเจนให้เพียงพอกับความต้องการได้ (ประทุม ม่วงมี, 2527)

สมรรถภาพในการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน

Inbar, Bar-Or and Skinner (1996 อ้างถึงใน วิรัตน์ สนธิ์จันทร์, 2555) ได้ระบุไว้ว่า ความสามารถในการทำงานเชิงแอนแอโรบิกมีองคประกอบ 2 สวน คือ

1. พลังงานสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) หมายถึงความสามารถสูงสุดที่กลามเนื้อทำงานโดยใชระบบพลังงานแบบฉับพลัน (Immediate energy system) เปนหลักหรือเปนคาปริมาณงานสูงสุดที่ทำไดในช่วง 3-5 วินาทีแรกของการทดสอบเรียกวา Peak power output มีหน่วยเป็นวัตต (Watts)

2. สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) หมายถึง ปริมาณงานสูงสุดในการที่จะรักษาระดับการทำงานของกลามเนื้อใหคงอยูเปนการทำงานของกลามเนื้อที่ไม่ใช้ออกซิเจนไดสูงสุดโดยใชระบบพลังงานแบบฉับพลัน (Immediate energy system) และใชพลังงานแบบระยะสั้น (Short term energy system) ที่เก็บสะสมไวในกล้ามเนื้อ (ไกลโคเจน) เปนหลักขณะที่ปราศจากการใชออกซิเจนมีหนวยเป็นวัตต์ (Watts) ซึ่งมีความจำเป็นและสำคัญอยางยิ่งในเกือบทุกประเภทกีฬาโดยเฉพาะกีฬาที่ตองใชความเร็วสูงสุดซ้ำ ๆ เปนระยะเวลานาน ๆ เชน บาสเกตบอล เทนนิส รักบี้ฟุตบอลและฟุตบอล เปนตน นอกจากนี้สมรรถภาพในการทำงานแบบแอนแอโรบิกขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของกลามเนื้อ

โดยเฉพาะขบวนการเมตาบอลิซึมในกลามเนื้อ สามารถประเมินได้โดยใช้การทดสอบของวินเกตแอนแอโรบิก แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่ทนต่อการทำงานต่อไปได้ในสภาวะที่กล้ามเนื้อไม่ได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ ใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส ก่อให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว McArdle, Katch and Katch (2001) กล่าวว่า สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกนี้เป็นองค์ประกอบสำคัญในกีฬาหลาย ๆ ประเภท โดยเฉพาะกีฬาที่มีการแข่งขันที่ใช้ความสามารถสูงสุด หรือกำลังความเร็วสูงสุดมีการทำงานซ้ำหลาย ๆ เที่ยวเป็นระยะเวลานาน เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล รักบี้ฟุตบอล เทนนิส เป็นต้น

2. พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะปล่อยพลังงานสูงสุด ในเวลาสั้นที่สุด เกิดการแตกตัวของฟอสฟาเจนที่สูงมากในกล้ามเนื้อใช้พลังงานแบบ ATP-PC

เอทีพี พีซีและกรดแลคติกในกล้ามเนื้อมีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง ในการสร้างพลังงานเชิงแอนแอโรบิก จอร์เฟลด์ท (Jorefeldt, 1970 อ้างถึงใน ภราดร มีรักษ์, 2555) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสลายตัวของฟอสฟาเจน (ATP + PC) และการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อ ใน

การออกกำลังกายสูงสุด และเกือบสูงสุด โดยให้ผู้เข้ารับการทดลองที่ได้รับการฝึกออกกำลังกาย 13 คน และผู้ที่ไม่ได้รับการฝึก 15 คน พบว่า มีการสลายตัวของครีเอทีนฟอสเฟสในการออกกำลังกายเกือบจะสูงสุดทั้งสองกลุ่ม การสะสมของกรดแลคติกจะเริ่มขึ้นเมื่อมีการออกกำลังกายที่ระดับร้อยละ 50-65 ของสมรรถภาพในการรับออกซิเจนสูงสุดของแต่ละคน และพบว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกจะมีการสะสมของกรดแลคติกสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึก และในกลุ่มที่ได้รับการฝึกจะมีการสร้างเอทีพีและพีซีขึ้นทดแทนได้เร็วกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก และยังมีงานวิจัยที่ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก โดย Zacharogiannis (2003 อ้างถึงใน ภราดร มีรักษ์, 2555) ได้ศึกษาถึงผลของการฝึกแบบต่อเนื่อง การฝึกอินเทอร์วาล และการฝึกความเร็วที่มีผลต่อความสามารถเชิงแอนแอโรบิก โดยกลุ่มฝึกแบบต่อเนื่องฝึกที่ความหนักร้อยละ 70 ของความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ กลุ่มฝึกอินเทอร์วาล ฝึกที่ความหนักร้อยละ 85-100 ของความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ และกลุ่มที่ฝึกความเร็ว ฝึกวิ่งเร็วตามความสามารถ 20-25 เมตร พบว่า กลุ่มที่ฝึกความเร็วจะมีความสามารถในการทนต่อภาวะเป็นหนี้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นกลุ่มที่ฝึกอินเทอร์วาล พบว่า ค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (VO_2 max) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการฝึก

กรดแลคติก

ประทุม ม่วงมี (2527) กล่าวว่า กรดแลคติก ถูกสร้างขึ้นอย่างมากในช่วงเวลาของการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic) โดยที่ร่างกายได้รับออกซิเจนเข้าไปไม่เพียงพอทำให้ไพรูเวททำหน้าที่รับเอาอะตอมของไฮโดรเจนไปเสียเองจนทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้น โดยปกติในเลือดจะมีกรดแลคติกอยู่ 10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (mg%) โดยความสามารถสูงสุดของผู้ที่มีสมรรถภาพที่ดี ที่จะสามารถทนต่อการมีกรดแลคติกในเลือดได้คือ 130 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (mg%) (บางรายอาจสูงถึง 300 mg %) เมื่อการออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นรุนแรงเริ่มขึ้น กรดแลคติกจะถูกสร้างในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การสร้างกรดแลคติกจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจนและความเข้มข้นของการออกกำลังกายโดยสรุปไว้ ดังนี้

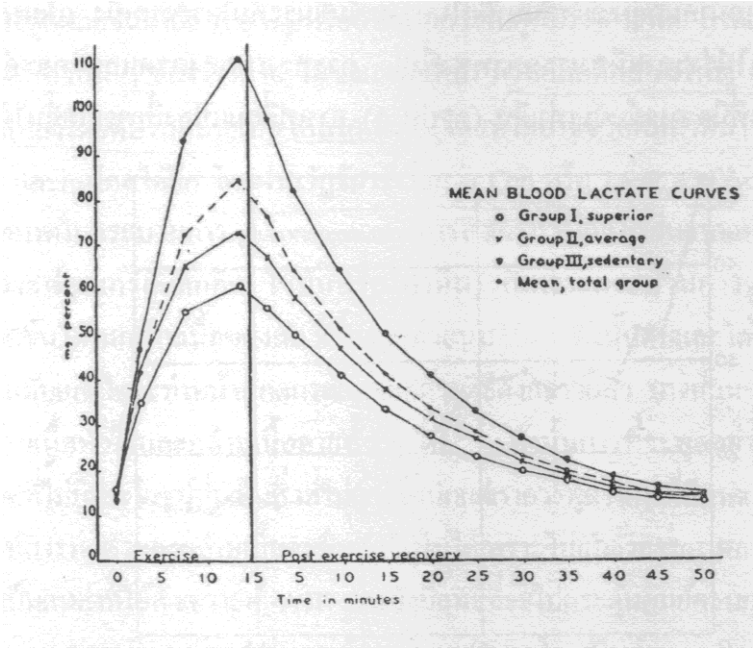
1. ขณะออกกำลังกายชนิดเบา ๆ (Light exercise) การออกกำลังกายชนิดนี้มักไม่มีปัญหาในเรื่องของปริมาณออกซิเจน เพราะมีออกซิเจนที่สะสมอยู่บ้างเล็กน้อย อีกทั้งออกซิเจนที่ระบบการหายใจและระบบไหลเวียนสามารถส่งไปยังกล้ามเนื้อในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ กรดแลคติกจึงถูกสร้างน้อยมาก

2. ขณะออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นปานกลาง (Exercise of moderate intensity) ร่างกายสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก ในระยะเริ่มต้นของการออกกำลังกายจนกระทั่งกระบวนการสร้างพลังงานแบบแอโรบิก เข้ามามีบทบาทในการสร้างพลังงานแทนเพื่อให้เพียงพอต่อความ

ต้องการของร่างกาย กรดแลคติกที่ถูกสร้างขึ้นมาในระยะเริ่มต้นของการออกกำลังกายจะฟุ้งกระจายเข้าสู่กระแสเลือด เมื่อการออกกำลังกายในลักษณะนี้ดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ ปริมาณของกรดแลคติกจะลดน้อยลงจนถึงระดับที่เท่ากับร่างกายที่อยู่ในสภาวะพักผ่อน (Resting level) และการออกกำลังกายจะสามารถดำเนินต่อไปได้เรื่อย ๆ

3. ขณะออกกำลังกายที่หนัก (Heavy exercise) ในการออกกำลังกายในลักษณะนี้ร่างกายจะเริ่มมีปัญหาในเรื่องของปริมาณออกซิเจนที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการที่จะนำไปใช้ในการสร้างพลังงาน ทำให้กรดแลคติกถูกสร้างขึ้นมามากขึ้น และเป็นผลให้พบกรดแลคติกในเลือดและกล้ามเนื้อในปริมาณที่สูง และปริมาณของกรดแลคติกที่สูงนี้จะคงอยู่ต่อไปตลอดระยะเวลาของการออกกำลังกาย

4. ขณะออกกำลังกายหนักมาก (Severe exercise) ในการออกกำลังกายในลักษณะนี้ร่างกายจะมีปัญหามากขึ้นเพราะปริมาณของออกซิเจนที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการหรือปริมาณที่ขาดหายไป (Oxygen deficit) มีจำนวนมากขึ้น การออกกำลังกายลักษณะนี้มักดำเนินต่อไปได้ไม่เกิน 2-3 นาที เพราะกล้ามเนื้อไม่สามารถทำหน้าที่ต่อไปได้ สอดคล้องกับ Powers and Howley (2009) กล่าวว่า เมื่อมีกรดแลคติกเกิดขึ้นในเซลล์กล้ามเนื้อ ภายในเซลล์จะมีสภาวะเป็นกรดมากขึ้น ทำให้การปล่อยแคลเซียม (Ca^{++}) จาก Sarcoplasmic reticulum ลดลง และจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Phosphofructokinase ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญของกระบวนการแอนแอโรบิก ไกลโคไลซิส (Anaerobic glycolysis) รบกวนการจับของแคลเซียม (Ca^{++} Troponin binding) ขัดขวางการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งทำให้แอคติน (Actin) กับไมโอซิน (Myosin) จับตัวกันได้ยากและกล้ามเนื้อหดตัวได้ช้า ก่อให้เกิดการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ กรดแลคติกที่สะสมในปริมาณมากยังส่งผลต่อเลือดให้มีค่า pH ลดต่ำลง มีสภาพของความเป็นกรดมากขึ้น ทำให้มีสภาวะการหายใจที่ตื้นและถี่ผิดปกติ ทำให้หายใจลำบาก ซึ่งเป็นผลจากการมีออกซิเจนต่ำ ทำให้สมองส่วนของพอนด์ (Pons) ถูกกระตุ้นส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจ และความดันโลหิตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการออกกำลังกาย



ภาพที่ 2-9 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับของสมรรถภาพทางกาย และปริมาณกรดแลคติกภายหลังการออกกำลังกาย ผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายสูงมีกรดแลคติกในเลือดต่ำ (ประทุม ม่วงมี, 2527)

จากภาพที่ 2-9 แสดงให้เห็นถึงปริมาณการเพิ่มของกรดแลคติกในเส้นเลือดแดง ขณะและหลังการออกกำลังกายอย่างหนัก และปริมาณที่ลดลงทีละน้อยจนถึงระดับปกติ กรดแลคติกที่ถูกสร้างขึ้นมาขณะการออกกำลังกายดำเนินอยู่แต่ต้องใช้เวลาในการฟุ้งกระจายจากกล้ามเนื้อออกสู่เส้นเลือดและเนื้อเยื่ออื่นภายในร่างกาย ปริมาณของกรดแลคติกที่ลดลงทีละน้อยนั้นต้องใช้เวลาราว 1 ชั่วโมง หรือมากกว่านั้นก่อนที่ปริมาณจะลดลงสู่ระดับปกติ

การกระจายและการสลายตัวของกรดแลคติก

ส่วนหนึ่งของกรดแลคติกที่สร้างขึ้นและกระจายออกสู่เส้นเลือด จะถูกควบคุมปริมาณ (Buffer) โดยไบคาร์บอเนตไอออนในเลือด การมีกรดชนิดนี้มากจะทำให้ค่า pH ในเลือดลดต่ำลง (pH ในเลือดอาจลดลงถึง 7.0 หรือในบางรายอาจถึง 6.8) ซึ่งก่อให้เกิดสภาวะความเป็นกรดในเลือดมากขึ้น จึงเป็นผลให้เกิดภาวะที่เรียกว่า Hyperpnia และเป็น Dyspnea (ภาวะที่หายใจถี่และลึก) ในที่สุด จึงสรุปได้ว่าเครื่องกระตุ้นอย่างหนึ่งที่ทำให้เราหายใจหนักมากหลังการออกกำลังกายหนัก คือ ภาวะของการมีกรดในเลือดสูงการมีกรดแลคติกในเลือดมากเกินไปจะทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อดำเนินต่อไปไม่ได้ เพราะไปยับยั้งการเผาผลาญไกลโคเจนและกรดไขมันซึ่งเป็นแหล่งในการสังเคราะห์เอทีพี

ดังนั้น สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการออกกำลังกาย หรือการแข่งขันที่ใช้ความสามารถสูงสุดหรือความเร็วสูงสุด ที่ใช้ระยะเวลาสั้น ๆ (ไม่เกิน 2 นาที) ซึ่งทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติก แต่ผู้ที่มีสมรรถภาพดีจะมีการสะสมของกรดแลคติกต่ำกว่า

ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

ประทุม ม่วงมี (2527) ได้ให้ความหมายไว้ว่า

ความเมื่อย (Fatigue) หมายถึง การที่ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อ (กำลังในการหดตัวเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้า) ลดลงอันเป็นผลมาจากงานที่ทำ การแสดงออกเพื่อตอบสนองต่อความเมื่อยของแต่ละคนอาจแตกต่างกันออกไป และจุดที่เริ่มมีความเมื่อยก็แตกต่างกันในแต่ละคน โดยคนที่มีสมรรถภาพที่ดีมักมีจุดเริ่มต้นของความเมื่อยช้ากว่า

ความล้า (Exhaustion) เป็นภาวะที่เมื่อยอย่างถึงที่สุด (Complete fatigue) โดยที่กล้ามเนื้อไม่ยอมตอบสนองต่อสิ่งเร้าใด ๆ เช่น หากคนที่วิ่งอยู่ก็จะต้องหยุดวิ่ง คนที่กำลังว่ายน้ำอยู่จะต้องเกาะขอบสระ คนที่กำลังขี่จักรยานอยู่ต้องหยุดขี่จักรยาน

ความระบม (Soreness) เป็นช่วงเวลาที่ร่างกายมีอาการต่าง ๆ ภายหลังจากที่ร่างกายเกิดความเมื่อยและล้า อาการอ่อนเพลีย ปวดบวม แข็ง เจ็บระบม ตามบริเวณกล้ามเนื้อข้อต่อ และบางครั้งอาจทั้งร่างกาย อาการดังกล่าวอาจเกิดขึ้นขณะออกกำลังกาย แต่ตามปกติจะเกิดขึ้นภายหลังการออกกำลังกายได้สิ้นสุดลงและจะค่อย ๆ หายไปในระยะเวลา 2-3 วัน (บางคนใช้เวลาเป็นสัปดาห์) สอดคล้องกับเจริญ กระบวนรัตน์ (2557)

อาการของความเมื่อยและล้า อาจสังเกตได้จากสิ่งต่าง ๆ เช่น

1. ความสามารถในการทำงานลดลง
2. ความรู้สึกอ่อนเพลียโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณกล้ามเนื้อที่ถูกใช้ให้ทำงาน
3. ความรู้สึกง่วงนอนขณะออกกำลังกาย
4. ความรู้สึกมึนศีรษะและเจ็บบริเวณท้ายทอย
5. ความรู้สึกไม่คล่องแคล่วตามบริเวณข้อต่อต่าง ๆ

อาการที่เห็นว่าจะถึงจุดแห่งความล้านั้นอาจสังเกตได้โดย

1. ความดันโลหิตตอนสูงสุด (Systolic pressure) จะลดต่ำลง
2. มีอัตราการหายใจที่เร็วขึ้น
3. R.Q. (Respiratory quotient) สูงขึ้น
4. อุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้น ซึ่งแสดงว่าการระบายความร้อนของร่างกายเริ่มขาดประสิทธิภาพ

5. อัตราการเต้นของหัวใจสูง

6. ขาดความละเอียดอ่อนหรือราบรื่นขณะเคลื่อนไหว

7. ขาดความแม่นยำ

นอกจากนั้น อาการที่มักพบ คือ อาการอ่อนเพลียอย่างมาก เหงื่อออกมาก สายตาพร่ามัว ปวดศีรษะ ง่วงนอนมาก คลื่นไส้ และอาจถึงอาเจียน ซึ่งอาการต่าง ๆ ดังกล่าวจะค่อย ๆ หายไป ภายหลังจากที่นักกีฬาได้พัก โดยที่ไม่เป็นผลร้ายต่อร่างกายในระยะยาว

สาเหตุของความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

สาเหตุของความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ ประทุม ม่วงมี (2527) และพิชิต ภูติจันทร์ (2535) ได้กล่าวไว้ สรุปได้ดังนี้

1. เกิดจากความเมื่อยล้าตรงรอยต่อระหว่างประสาทและกล้ามเนื้อ ซึ่งเรียกว่า มอร์เตอร์ เอนเพลทหรือไมโอนิวรัล จังชัน (Myoneural junction) หรือนิวโรมัสคูลาร์ จังชัน (Neuromuscular junction) โดยจะมีเส้นประสาทไปควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อทั้งเส้นใยกล้ามเนื้อขาวและแดง และที่ปลายประสาทนี้จะมีการปล่อยสารที่เรียกว่าอะซิทิลโคลีน ซึ่งมีผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อ

2. เกิดจากการที่ร่างกายมีการสะสมกรดแลคติกมากเกินไป กรดแลคติกนี้อาจเรียกว่าเป็นสารที่ทำให้เมื่อย (Fatigue substance)

3. วัตถุดิบที่ใช้ในการสร้างพลังงาน (ATP) ลดน้อยลง โดยเฉพาะไกลโคเจน ซึ่งอาจทำให้เกิดภาวะมีน้ำตาลในเลือดต่ำ (Hypoglycemia) หรือผลิตได้ไม่พอใช้ (มีแหล่งพลังงานแต่ไม่สามารถผลิตได้ทันความต้องการ ซึ่งเป็นลักษณะของการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิกทั้งหลาย)

4. แหล่งเก็บไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลดน้อยลง โดยเฉพาะการออกกำลังกายช่วงยาว ๆ (30 นาที ถึง 4 ชั่วโมง) เป็นผลให้แหล่งเก็บไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลดลง ซึ่งเป็นสาเหตุของความเมื่อยล้า

5. การที่ร่างกายสะสมความร้อนจากกระบวนการเผาผลาญเพิ่มมากขึ้นซึ่งไม่สามารถระบายออกสู่ภายนอกได้ทัน ภาวะที่เรียกว่า ไฮเพอร์เทอร์เมีย (Hyperthermia) ซึ่งภาวะดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นได้ง่ายในผู้ที่ออกกำลังกายในสภาพอากาศที่ร้อน

6. การที่ร่างกายประสบกับภาวการณ์เป็นหนี้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น

7. การที่ร่างกายสูญเสียน้ำมากเกินไป

8. การที่ร่างกายสูญเสียอิเล็กโทรไลต์มากเกินไป เช่น โซเดียมไอออน โพแทสเซียมไอออน

9. ระบบไหลเวียนขาดประสิทธิภาพในการทำงาน สังเกตได้จากการมีอัตราการเต้นของหัวใจที่สูง อันมีผลทำให้ดุลยภาพเสียไป

10. ความเมื่อยล้าทางสมอง ทำให้การสั่งการไปสู่กล้ามเนื้อลดประสิทธิภาพลง

ชนิดของความเมื่อย

ความเมื่อยแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. ความเมื่อยทางจิตใจ (Mental fatigue) เป็นความเมื่อยที่เกิดจากการทำงานของจิตใจ

2. ความเมื่อยทางกาย (Physical fatigue) คือ ความเมื่อยที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับระบบการสั่งงานให้กล้ามเนื้อทำงาน คือ ประสาท และกล้ามเนื้อ ซึ่งความเมื่อยชนิดนี้แบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ คือ

2.1 ความเมื่อยในระดับเบื้องบน (ระบบควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ ได้แก่ ประสาท อาจเรียกว่า Central or motor area fatigue) ความเมื่อยในระดับนี้ มักเกิดขึ้นก่อน แม้ว่าจะมีแหล่งพลังงานอยู่พร้อม อุณหภูมิร่างกายปกติ ยังไม่มีการสะสมของกรดแลคติกมากเท่าไรนัก ความเมื่อยระดับนี้อาจเกิดขึ้นที่ปลายประสาทรับความรู้สึก ใยประสาทบงการ ช่องว่างระหว่างปลายประสาท (Synapse) รับความรู้สึกและประสาทสั่งการ ในตัวของเซลล์ประสาทเอง หรือที่บริเวณปลายประสาทไปสัมผัสกับกล้ามเนื้อ (Moter end plate) ซึ่งอาจมีการติดขัดในการปล่อยสารเคมีที่จะนำคำสั่งของประสาทเข้าสู่กล้ามเนื้อ (Acetylcholine) ก็เป็นได้ โดยถนอมวงษ์ กฤษณ์เพ็ชร์ (2554) ได้กล่าวว่า สาเหตุของกความเมื่อล้าที่ระบบประสาทนี้อาจเกิดขึ้นได้จาก

2.1.1 ความล้าส่วนกลาง (Central fatigue) เป็นความบกพร่องของระบบประสาทที่ไม่สามารถคงสภาพส่งกระแสประสาทในระดับคงที่เพื่อการหดตัวของกล้ามเนื้อได้ อาจมีสาเหตุมาจากการทำหน้าที่บกพร่องของเซลล์ประสาทในระบบประสาทส่วนกลาง

2.1.2 ความล้าส่วนปลาย (Peripheral fatigue) เป็นการบกพร่องในการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ไม่สามารถคงสภาพอยู่ในระดับเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของกระแสประสาทได้ อาจมีสาเหตุมาจากการทำหน้าที่บกพร่องของระบบประสาทส่วนปลายหรือกล้ามเนื้อที่ทำงานเอง ความล้าส่วนปลายอาจเกิดจากสาเหตุอื่นได้อีก ซึ่งอาจกเกี่ยวข้องเพียงประการเดียวหรือมากกว่าก็ได้ ดังนี้

2.1.2.1 สารสื่อประสาท (Acetylcholine) ไม่สามารถข้ามจุดประสานประสาทกล้ามเนื้อได้

2.1.2.2 อะเซทิลโคลีนเอสเทอเรส (Acetylcholinesterase) เป็นน้ำย่อยที่ทำให้อะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) แตกตัว ทำให้เกิดการชะลอการส่งกระแสประสาท

2.1.2.3 ผนังเซลล์ใยกล้ามเนื้ออาจพัฒนาระดับกั้นสูงกว่าสิ่งกระตุ้นโดยประสาทมอเตอร์

2.1.2.4 การปล่อยหรือการรวมของแคลเซียมไอออนในกระบวนการควบคู่ของการกระตุ้นและการหดตัวบกพร่อง

2.1.2.5 ความสามารถของใยแอคติน (Actin) และไมโอซิน (Myosin) บกพร่อง

2.2 ความเมื่อยในระดับกล้ามเนื้อ (Local หรือ Muscular fatigue) ความเมื่อยในระดับนี้ อาจเนื่องมาจากสาเหตุที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าดังที่กล่าวมาแล้ว

ดังนั้น ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้ออาจเกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง

การรับรู้ความเจ็บปวด

เจือกุล อโนธารมณ์ (2547) กล่าวว่า ความเจ็บปวดเป็นอาการแสดงอย่างหนึ่งที่เตือนว่าร่างกายอยู่ในภาวะอันตรายหรืออาจก่อให้เกิดอันตราย ดังนั้น สัญชาตญาณการป้องกันตัวเองของมนุษย์จึงต้องหาวิธีสื่อสารเพื่อขอความช่วยเหลือ หรือแสดงให้ผู้อื่นรับรู้ว่าตนเองกำลังประสบภาวะทุกข์ทรมาน สอดคล้องกับ Anand and Craig (1996) ซึ่งได้ให้คำจำกัดความของความเจ็บปวด (Pain) ว่า เป็นสัญญาณบ่งบอกว่ามีการทำลายของเนื้อเยื่อ สัญญาณดังกล่าวได้แก่ การตอบสองทางพฤติกรรม (Behavioral response) และทางสรีรวิทยา (Physiological response) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงความเจ็บปวดที่ผู้อื่นสามารถรับรู้ได้ อาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ ความเจ็บปวดแบบเฉียบพลัน (Acute pain) เป็นความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นทันที เมื่อเนื้อเยื่อหรือเส้นประสาทถูกทำลาย และความเจ็บปวดแบบเรื้อรัง (Chronic pain) เป็นความเจ็บปวดที่เกิดจากการไม่ได้รับการรักษานานมากกว่า 12 สัปดาห์ จึงพัฒนากลายเป็นความเจ็บปวดแบบเรื้อรัง อย่างไรก็ตาม ความเจ็บปวดนั้นเกิดจากประสบการณ์ที่ซับซ้อนของแต่ละบุคคล ซึ่งประกอบจาก กายวิภาคศาสตร์ สารเคมีในร่างกาย ประสบการณ์ที่เคยได้รับ สภาพจิตใจ และสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งก่อให้เกิดเป็นความรู้สึกเฉพาะของแต่ละบุคคล ดังนั้น ความรุนแรงของความเจ็บปวดของแต่ละบุคคล อาจแสดงออกมากน้อยต่างกัน จึงจำเป็นที่ต้องมีการประเมินความเจ็บปวด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสาเหตุของความเจ็บปวด สังเกตความรุนแรง และใช้สำหรับติดตามผลการรักษา โดยวิธีการประเมินความเจ็บปวด สามารถทำได้ 4 วิธี ดังต่อไปนี้ (วิมลรัตน์ กฤษณะประกรกิจ, 2544)

1. การประเมินทางสรีรวิทยา (Physiological assessment) เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาจากการตอบสนองของร่างกายต่อความเจ็บปวด เช่น ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ และการหายใจ แต่เนื่องจากมีปัจจัยอื่น ๆ อีกมากที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ เช่น ความกลัว ความวิตกกังวล ความเครียด เป็นต้น

2. การประเมินทางพฤติกรรม (Behavioral assessment) เป็นการสังเกตพฤติกรรมและกำหนดระดับ หรือวัดเป็นตัวเลข เพื่อประเมินระดับความรุนแรง พฤติกรรมที่สังเกต ได้แก่

การแสดงสีหน้า (Facial expression) การส่งเสียง (Vocalization) การเคลื่อนไหวร่างกาย (Body movement) และพฤติกรรมต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ความอยากอาหาร เป็นต้น วิธีการนี้จะใช้เมื่อผู้ป่วยไม่สามารถบอกความเจ็บปวดของตัวเองได้

3. การประเมินจากคำบอกเล่าของผู้ป่วย (Self-report assessment) เป็นวิธีที่ดีที่สุด เนื่องจากความปวดเป็นความรู้สึกเฉพาะของแต่ละบุคคล ซึ่งวิธีนี้จะใช้ได้ผลดีในผู้ที่เข้าใจลำดับขั้นหรือตัวเลขเท่านั้น จึงจะสามารถบอกระดับความเจ็บปวดได้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

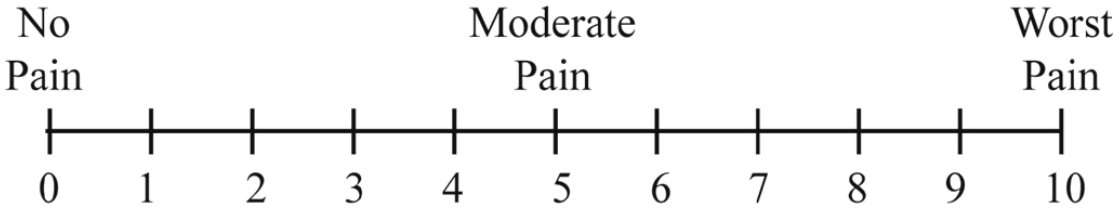
3.1 ไม่ต้องใช้เครื่องมือในการวัด

3.1.1 Simple descriptive scale เป็นการบอกความรู้สึกด้วยคำง่าย ๆ โดยการถามว่าปวดหรือไม่ ถ้าตอบว่าปวดจะถามต่อว่า ปวดน้อย ปวดพอทน ปวดมาก หรือมากที่สุด ไม่ควรแบ่งลำดับขั้นให้ละเอียดมากเพราะอาจทำให้เลือกไม่ถูก

3.1.2 Numerical rating scale เป็นการถามระดับความปวดเป็นตัวเลข โดยเลข 0 หมายถึง ไม่ปวดเลย โดยตัวเลขจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น 1-2-3 แปลว่า เริ่มมีความปวดมากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงเลข 10 หมายถึง ปวดมากที่สุด

3.2 ใช้เครื่องมือในการวัด

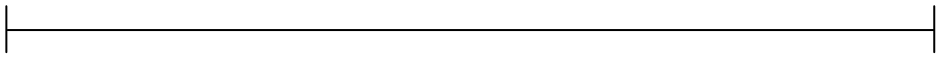
3.2.1 Visual Numerical Rating Scale (VNRS) เป็นเครื่องมือที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง ยาว 10 เซนติเมตร โดยแบ่งเป็น 10 ช่อง ๆ ละ 1 เซนติเมตร มีตัวเลขกำกับแต่ละช่อง ปลายข้างหนึ่งแทนด้วยเลข 0 หมายถึง ไม่ปวดเลย ส่วนปลายอีกข้างแทนด้วยเลข 10 หมายถึง ปวดมากที่สุด โดยให้ชี้หรือทำเครื่องหมายตรงตัวเลขที่คิดว่าปวด ซึ่งหมายถึงระดับความรุนแรงของความเจ็บปวดขณะนั้น



ภาพที่ 2-10 เครื่องมือทดสอบความเจ็บปวดแบบ Visual Numerical Rating Scale (VNRS)

3.2.2 Visual Analogue Scale (VAS) เป็นการวัดโดยใช้เส้นตรง ยาว 10 เซนติเมตร ปลายข้างหนึ่งแทนค่าด้วยเลข 0 หมายถึง ไม่ปวด ปลายอีกข้างแทนค่าด้วยเลข 10

หมายถึง ปวดมาก วิธีการวัดกระทำโดยการทำเครื่องหมายบนเส้นตรงนี้ เพื่อแสดงความรุนแรงของความปวด แล้วนำค่าที่ได้มาวัดเป็นเซนติเมตร



No pain Pain as bad as it could possibly be

ภาพที่ 2-11 เครื่องมือทดสอบความเจ็บปวดแบบ Visual Analogue Scale (VAS)

โดยการแทนค่าจะเหมือนการให้คะแนนความเจ็บปวด (Pain score) ซึ่งมีคะแนนตั้งแต่ 0 ถึง 10 ดังนี้

คะแนน	0	แทนความรู้สึก	ไม่ปวดเลย
คะแนน	1-4	แทนความรู้สึก	ปวดเล็กน้อย
คะแนน	5-6	แทนความรู้สึก	ปวดปานกลาง
คะแนน	7-10	แทนความรู้สึก	ปวดมาก

3.2.3 Colored analogue scale เหมาะสำหรับเด็กอายุ 5 ขวบ ขึ้นไป มีลักษณะเป็นแถบสีไล่ระดับ ตั้งแต่อ่อน หมายถึง ไม่ปวดเลย ไปจนถึงสีเข้ม หมายถึง ปวดมากที่สุด (นิยมใช้สีชมพูซีดถึงแดงเข้ม)

ภาพที่ 2-12 เครื่องมือทดสอบความเจ็บปวดแบบ Colored analogue scale

3.2.4 Wong-baker face pain rating scale เหมาะสำหรับเด็กอายุ 3 ขวบขึ้นไป ประกอบด้วยใบหน้าที่แสดงอาการต่าง ๆ 6 หน้า เริ่มจากหน้าที่ยิ้มอย่างมีความสุข แทนความรู้สึกไม่ปวดเลย ไปจนถึงหน้าหน้าร้องไห้ แทนความรู้สึก ปวดมากที่สุด ซึ่งสามารถแทนค่าความเจ็บปวด ตั้งแต่ 0 ถึง 5 ดังนี้

หมายเลข 0 หมายถึง ไม่มีอาการปวด

หมายเลข 1 หมายถึง มีอาการปวดเล็กน้อย ไม่มีความรู้สึกทุกข์ทรมานแต่อย่างใด

หมายเลข 2 หมายถึง มีอาการปวดเล็กน้อย แต่เริ่มรู้สึกทุกข์ทรมานจากอาการปวดพอสมควร มีความรู้สึกกังวลไม่มากนัก ยังมีความรู้สึกว่าสามารถทนได้

หมายเลข 3 หมายถึง มีอาการปวดปานกลาง รู้สึกทุกข์ทรมานจากอาการปวดพอสมควร มีความกังวลมากขึ้น พักผ่อนได้ไม่เพียงพอ เริ่มมีความรู้สึกว่าไม่สามารถทนได้

หมายเลข 4 หมายถึง มีอาการปวดมาก รู้สึกทุกข์ทรมานจากอาการปวดมาก ทำให้เกิดความกังวลมาก และไม่สามารถนอนหลับพักผ่อนได้

หมายเลข 5 หมายถึง มีอาการปวดรุนแรงจนไม่สามารถทนได้

ภาพที่ 2-13 เครื่องมือทดสอบความเจ็บปวดแบบ Wong-baker face pain rating scale

4. การประเมินโดยใช้หลายวิธีร่วมกัน (Multidimensional pain assessment) เป็นวิธีที่จะให้ผลแม่นยำกว่าการใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง เช่น ในเด็กจะใช้การประเมินทางสรีรวิทยาร่วมกับการประเมินทางพฤติกรรม ส่วนผู้ใหญ่นิยมใช้การประเมินแบบบอกเล่าร่วมกับการประเมินทางพฤติกรรม อย่างไรก็ตามการประเมินโดยใช้หลายวิธีร่วมกัน ไม่นิยมใช้ในทางปฏิบัติเนื่องจากใช้เวลามาก

จากการศึกษาของพรพิมล เหมือนใจ (2553) พบว่า ได้มีการนำแบบทดสอบระดับการรับรู้ความเจ็บปวด (Soreness sensation) โดยใช้เครื่องมือในการวัดความเจ็บปวดแบบ Visual Analogue Scale (VAS) สามารถประเมินความเจ็บปวดได้ง่าย สะดวกรวดเร็ว มีความน่าเชื่อถือและได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย

อัตราการเต้นของหัวใจกับการออกกำลังกาย

เจริญ กระบวนรัตน์ (2557) กล่าวว่า อัตราการเต้นของหัวใจ เป็นค่าพื้นฐานที่สามารถใช้บ่งชี้ความหนักของการฝึกซ้อมหรือการออกกำลังกายได้ สอดคล้องกับประทุม ม่วงมี (2527) ที่กล่าวว่าอัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นและปริมาณงานที่ทำ

เช่นเดียวกับการศึกษาของ Gür (2012) ได้ศึกษาถึงผลของความแตกต่างของความหนักในการทดสอบพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ที่มีผลต่อกรดแลคติกในเลือด และอัตราการเต้นของ

หัวใจ โดยให้กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาคณะพลศึกษาและวิทยาศาสตร์การกีฬา ใน Firat University ทดสอบโดยใช้แบบทดสอบของวินเกต (Wingate anaerobic test) โดยการปั่นจักรยานวัดงานเต็มความสามารถ 40 วินาที ที่ความหนัก 75, 85 และ 95 กรัมต่อน้ำหนักตัว พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 ในความหนักที่แตกต่างกัน แต่ระดับกรดแลคติกในเลือดไม่มีความแตกต่างกัน

อัตราการเต้นของหัวใจและความหนักในการฝึกซ้อม (Heart rate and training intensity)

คาร์โวเน (Karvonen) ได้พัฒนาวิธีการคำนวณหาค่าความหนักในการออกกำลังกายด้วยอัตราการเต้นของหัวใจ ดังนี้ (NASPE, 2011; Swain & Leutholtz, 2007; Kraemer, 2002; Janssen, 2001 อ้างถึงใน เจริญ กระบวนรัตน์, 2557)

การคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจสำรอง (HR reserve)

อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง คือ ค่าความต่างระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดกับอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Swain & Leutholtz, 2007; Wilmore & Costill, 2004 อ้างถึงใน เจริญ กระบวนรัตน์, 2557) มีสูตรดังนี้

อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง = อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด – อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก

(HR reserve = HR max – HR rest)

การใช้อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดกำหนดความหนักของการออกกำลังกายสามารถทำได้ง่ายแต่มีความแม่นยำน้อย การใช้อัตราการเต้นของหัวใจสำรอง กำหนดความหนักของการออกกำลังกายจะมีความแม่นยำและตรงกับความสามารถของแต่ละบุคคลมากกว่า

การใช้สูตรในการคำนวณหาอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดสูตรเดิม คือ 220 – อายุ เป็นสูตรที่ง่ายต่อการคำนวณ แต่ผลที่ได้จะมีค่าเกินความเป็นจริง ในกรณีที่นำมาใช้กับผู้ที่มีอายุระหว่าง 20-40 ปี และจำต่ำกว่าความเป็นจริงในกรณีที่นำมาใช้ประเมินผู้ที่มีอายุมากกว่า 40 ปี ขึ้นไป Gellish et al. (2007 อ้างถึงใน เจริญ กระบวนรัตน์, 2557) มีการเปลี่ยนแปลงสูตรเป็น 207 – (0.7 x อายุ) โดยได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการจาก American college of sport medicine ดังนั้น การคำนวณค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (HR max หรือ MHR) มีสูตรดังนี้

HR max = 207 – (0.7 x อายุ)

ตัวอย่างเช่น นักกีฬามีอายุ 25 ปี จะมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเท่าไร สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{HR max} = 207 - (0.7 \times 25)$$
$$= 207 - 17.5$$

ดังนั้น อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด = 189.5 หรือ 190 ครั้งต่อนาที

สรุปได้ว่า อัตราการเต้นของหัวใจเป็นค่าพื้นฐานที่สามารถใช้บ่งชี้ความหนักของการออกกำลังกายได้ เพราะอัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นและปริมาณงานที่ทำ

การทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก

ในการประเมินความสามารถในการสังเคราะห์พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน เพื่อทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก มีอยู่หลายวิธี แต่ในการทดสอบเราควรคำนึงความเหมาะสมกับประเภทกีฬา และทราบถึงความสามารถของร่างกายในการสังเคราะห์พลังงานเป็นแบบใด จะช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกายและการฝึกซ้อมนักกีฬา ได้ทราบจุดเด่นจุดด้อย เพื่อจะนำไปเป็นข้อมูลในการวางแผนการฝึกซ้อมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (อภิลักษณ์ เทียนทอง, 2546 อ้างถึงใน ดุสิต พรหมอ่อน, 2549) ซึ่งโดยปกติแล้วการประเมินสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกนั้นเพื่อเป็นการประเมินพลังงานที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังสูงสุดของนักกีฬา (Duncan et al., 1991 อ้างถึงใน ดุสิต พรหมอ่อน, 2549) โดยแบบทดสอบความสามารถในการสังเคราะห์พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีอยู่ 3 รูปแบบ คือ

1. แบบทดสอบระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนระยะสั้น หมายถึง การทดสอบพลังที่แสดงออกมาในขณะออกกำลังกายที่มีความหนักสูงสุดในช่วงเวลา 10 วินาที เป็นการวัดระบบพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจนและไม่เกิดกรดแลคติก (Anaerobic alactic system) เป็นการประเมิน ATP ที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ รวมทั้งระบบพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจนและเกิดกรดแลคติก (Anaerobic lactic system) เป็นการทดสอบพลังงานความสามารถสูงสุดที่แสดงออกมาในช่วงแรกของการออกกำลังกาย

2. แบบทดสอบระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนระยะกลาง หมายถึง การทดสอบพลังที่แสดงออกมาในขณะออกกำลังกายที่มีความหนักสูงสุดในช่วงเวลา 30 วินาที ซึ่งพิจารณาจากความหนักและระยะเวลาของงานที่ทำ โดยจะเป็นการทำงานของระบบพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจนและเกิดกรดแลคติก (Anaerobic lactic system) ประมาณร้อยละ 70 ระบบพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจน

และไม่เกิดกรดแลคติก (Anaerobic alactic system) ประมาณร้อยละ 15 และระบบพลังงานที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic system) ประมาณร้อยละ 15 เป็นการประเมินความสามารถของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกที่แสดงออกมา

3. แบบทดสอบระบบพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนระยะยาว หมายถึง การทดสอบพลังที่แสดงออกมาในขณะออกกำลังกายที่มีความหนักสูงสุดในช่วงเวลา 90 วินาที โดยใช้พลังงานในระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน

การทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกนั้นสามารถทำได้ 2 ทาง ได้แก่ การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory) และการทดสอบภาคสนาม (Field test)

การทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Laboratory) เป็นวิธีการทดสอบที่ให้ผลแม่นยำ เที่ยงตรงและมีความน่าเชื่อถือ แต่การทดสอบในห้องปฏิบัติการนี้มีค่าใช้จ่ายสูง ใช้เวลานานและต้องใช้ความเชี่ยวชาญทางเทคนิคมาก (Heyward, 2010) เช่น การตรวจหาจำนวนความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักหรือการคำนวณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขณะทำการออกกำลังกายเพื่อคำนวณหาค่ากรดแลคติก การทดสอบด้วยจักรยานวัดงาน การทดสอบด้วยลู่วิ่งกลหรือการทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ เป็นต้น ซึ่งการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกที่นิยมใช้กันคือ การทดสอบแบบวินเกตแอนแอโรบิก

การทดสอบแบบวินเกต แอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test)

สถาบันวินเกต (Wingate institute) เป็นสถาบันวิทยาศาสตร์ทางการกีฬาของประเทศอิสราเอล เป็นผู้คิดค้นวิธีการทดสอบนี้ขึ้นเพื่อวัดพลัง และสมรรถภาพแบบแอนแอโรบิก โดยการใช้จักรยานทดสอบ ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย หลักของการทดสอบการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก คือ การให้ผู้ถูกทดสอบออกกำลังกายด้วยความหนักสูง วิธีการทดสอบจะให้ผู้ถูกทดสอบปั่นจักรยานอบอุ่นร่างกายประมาณ 3-5 นาที ด้วยความเร็วสูงโดยไม่มีแรงต้าน หลังจากนั้นจะปรับแรงต้านเพิ่มขึ้น (0.067 x น้ำหนักตัว) ให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงปั่นให้เร็วที่สุด พร้อมกับการนับจำนวนรอบปั่นทุก ๆ 5 วินาที จนครบ 30 วินาที แล้วจึงนำค่าที่ได้มาเข้าสูตรการคำนวณตามวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก การทดสอบนี้มีความเที่ยงตรง สามารถนำไปทำนายพลังและสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก เพราะมีความสัมพันธ์กันระหว่างพลังสูงสุด (Power) และการยืนระยะ (Capacity) ของ เอทีพี และระบบไกลโคไลซิส (Glycolysis system) ในกล้ามเนื้อ โดยจะสามารถวัดค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้ (Inbar, Bar-Or & Skinner, 1996 อ้างถึงใน วิรัตน์ สนธิ์จันทร์, 2555)

1. ค่าของงานที่ทำได้สูงสุด (Peak Power Output: PP) เป็นค่าของพลังสูงสุดที่วัดจากช่วง 5 วินาทีของการออกกำลังกาย บ่งชี้ถึงความสามารถในการสร้างกำลังงานของระบบพลังงานแบบฉับพลัน โดยคำนวณได้ตามสูตร ดังนี้

$$\text{Peak Power Output} = \frac{\text{แรง x ระยะทาง (จำนวนรอบ + 6 เมตร)}}{\text{เวลาเป็นนาที (5 วินาที = 0.0833 นาที)}}$$

2. ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) เป็นค่าของงานที่ทำได้สำเร็จในระยะเวลา 30 วินาที คำนวณได้ตามสูตร ดังนี้

$$\text{Anaerobic capacity} = \text{แรง x ระยะทางรวมทั้งหมด 30 วินาที}$$

3. ค่าความสัมพันธ์ของสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกต่อมวลของร่างกาย (Relative anaerobic capacity) คำนวณจากสูตร

$$\text{Relative anaerobic capacity} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของกำลังงานที่ทำได้ใน 30 วินาที}}{\text{มวลของร่างกาย (กิโลกรัม)}}$$

4. ความสัมพันธ์ของกำลังงานที่ทำได้สูงสุดต่อมวลของร่างกาย (Relative Peak Power Output: RPP) คำนวณจากสูตร

$$\text{Relative Peak Power Output} = \frac{\text{กำลังงานที่ทำได้สูงสุด}}{\text{มวลของร่างกาย (กิโลกรัม)}}$$

5. ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) คือ เปอร์เซ็นต์ของการลดลงของกำลังงานในระหว่างการทดสอบ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ คำนวณจากสูตร

$$\text{\% Fatigue index} = \frac{\text{(กำลังงานสูงสุด – กำลังงานต่ำสุด) x 100}}{\text{กำลังงานสูงสุด}}$$

การทดสอบภาคสนาม (Field test) เป็นการทดสอบที่ประหยัดค่าใช้จ่าย ใช้อุปกรณ์ในการทดสอบน้อย เป็นการทดสอบที่ไม่ยุ่งยาก มีความเที่ยงตรงใกล้เคียงกับการทดสอบในห้องปฏิบัติการและสามารถทดสอบกลุ่มใหญ่พร้อมกันได้ ผู้ฝึกสอนหรือโค้ชหลายคนจึงใช้

การทดสอบภาคสนามนี้แทนการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Hoffman, Epstein, & Weinstein, 2006) เช่น การทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว

การทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The Running Base Anaerobic Sprint Test: RAST)

The Running Based Anaerobic Sprint Test (RAST) ได้ถูกพัฒนาขึ้นที่มหาวิทยาลัยวูฟส์แฮมตัน โดย Draper and Whyte (1997 cited in Luebbers, 2001) ในการทดสอบในนักกีฬาบางประเภท ที่ใช้พลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งคล้ายกับการทดสอบแบบวินเกตแอนแอโรบิก ในการวัดค่าของงานที่ทำได้สูงสุด (Peak Power Output: PP), ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) โดยการวิ่งเร็วสูงสุด 35 เมตร วิธีการทดสอบจะให้ผู้ถูกทดสอบอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ หลังจากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเป็นระยะทาง 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว โดยแต่ละเที่ยวจะมีเวลาพัก 10 วินาที นำผลที่ได้จากการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดในแต่ละเที่ยวไปคำนวณหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index)

การคำนวณหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) และค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) จากการทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running-based anaerobic sprint test) (อภิลักษณ์ เทียนทอง, 2546 อ้างถึงใน ดุสิต พรหมอ่อน, 2549) ดังนี้

1. พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power)

จากสูตร กำลัง (วัตต์) = น้ำหนักตัว (กก.) × ระยะทาง^2 (เมตร)/ เวลา^3 (วินาที)

โดยที่

น้ำหนักตัว คือ น้ำหนักตัวของผู้เข้ารับการทดสอบ

ระยะทาง คือ ระยะทางในการทดสอบ คือ 35 เมตร

เวลา คือ เวลาที่ทำได้ในการวิ่ง 35 เมตร

2. ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

$$\text{จากสูตร กำลัง(วัตต์)} = \frac{\text{ผลรวมของค่ากำลังทั้ง 6 ค่าที่ได้}}{6}$$

3. ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) คือเปอร์เซ็นต์ของการลดลงของกำลังงานในระหว่างการทดสอบ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ คำนวณจากสูตร (Inbar, Bar-Or & Skinner, 1996 อ้างถึงใน วิรัตน์ สนธิ์จันทร์, 2555)

$$\%\ \text{Fatigue index} = \frac{(\text{กำลังงานสูงสุด} - \text{กำลังงานต่ำสุด}) \times 100}{\text{กำลังงานสูงสุด}}$$

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของการทดสอบของวินเกตแอนแอโรบิกและการทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ ที่ผ่านมา พบว่า มีความสัมพันธ์กันในส่วนของพลังงานสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) และค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) โดยในปี ค.ศ. 2011 Adamczyk ได้ทำการศึกษาการประเมินสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) โดยการทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกรีฑา จำนวน 37 คน (ชาย 25 คน หญิง 12 คน) โดยแบ่งเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่หนึ่ง เป็นนักวิ่งระยะสั้น คือ นักวิ่งระยะ 100 เมตร 200 เมตร ข้ามรั้ว 100 และข้ามรั้ว 110 เมตร กลุ่มที่สองเป็นนักวิ่งระยะกลาง คือ นักวิ่งระยะ 400 เมตร และข้ามรั้ว 400 เมตร พบว่า ในการทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ มีความสัมพันธ์กับการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 ในเรื่องของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกและค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก สอดคล้องกับ Bakhtiari and Rastegar (2012) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของการทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ การทดสอบกระโดด 30 ครั้ง การทดสอบวิ่งกลับตัว 300 หลา และการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬานักฟุตบอลในร่ม จำนวน 30 คน ทำการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก อบอุ่นร่างกายโดยปั่นที่ความเร็ว 60-70 รอบต่อนาที ประมาณ 5 นาที จากนั้นปั่นด้วยความเร็วสูงสุดที่ความหนัก 0.075 x น้ำหนักตัว เป็นเวลา 30 วินาที ต่อไปทำการทดสอบการกระโดด 30 ครั้ง ให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกาย 5-10 นาที จากนั้นให้ยืนบนพื้นยางที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ แล้วกระโดดตามจังหวะให้สูงที่สุดจำนวน 30 ครั้ง ต่อมาทำการทดสอบวิ่งกลับตัว 300 หลา และทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์ แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ โดยการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะทาง 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว แต่ละเที่ยวพัก 10 วินาที ผลการศึกษา พบว่า มีความสัมพันธ์กันระหว่างการทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิกของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกและค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และพลังต่ำสุด มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีความสัมพันธ์กันระหว่างการทดสอบกระโดด 30 ครั้ง กับการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ของพลังงานสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกกับพลังต่ำสุด แต่ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบวิ่งกลับตัว 300 หลา เช่นเดียวกับ Abbasian, Golzar, Onvani and Sargazi (2012) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของการทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์กับการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก ในนักกีฬาเยาวชนบาสเกตบอล โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักบาสเกตบอล จำนวน 45 คน ทำการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก 30 วินาที หลังการทดสอบทำการเจาะเลือดทันที จากนั้นพัก 6 วัน แล้วทำการทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ และเจาะเลือดหลังการทดสอบทันที ผลที่ได้พบว่า ค่าความเป็นกรดในเลือด พลังงานสูงสุดแบบแอนแอโรบิกและค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (วัตต์และวัตต์ต่อกิโลกรัม) มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 แต่พลังต่ำสุด ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย และกรดแลคติกในเลือดไม่มีความสัมพันธ์กัน

แต่อย่างไรก็ตาม มีการวิจัยที่ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา เช่น Queiroga (2013) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก ที่มีผลต่อพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ในนักกีฬาจักรยาน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาจักรยานเสือภูเขา จำนวน 10 คน จากประเทศบราซิล ทำการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิกโดยให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกาย 10 นาที จากนั้นปั่นด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 2 นาที ที่ความหนัก 30 kp แล้วทำการทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ โดยให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที ทำการทดสอบโดยให้วิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะทาง 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว แต่ละเที่ยวพัก 10 วินาที ผลการศึกษาพบว่า พลังงานสูงสุดแบบแอนแอโรบิกและค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (วัตต์และวัตต์ต่อกิโลกรัม) ระหว่างการทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การทดสอบแบบวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test)

การทดสอบด้วยการวิ่งเร็ว 40 หลา (The 40 yards dash) เป็นที่นิยมอย่างมากในการทดสอบพลังงานสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) ในนักอเมริกันฟุตบอล โดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 2-3 เที่ยว (Powers & Howley, 2009) ในปี ค.ศ. 2007 Johnson (2007) ได้พัฒนาการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test) ขึ้นเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) โดยการวิ่งเร็วสูงสุด 40 หลา (36.6 เมตร) วิธีการทดสอบจะให้ผู้ถูกทดสอบอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ หลังจากนั้นให้ผู้ถูกทดสอบวิ่งด้วย

ความเร็วสูงสุดเป็นระยะทาง 40 หลา จำนวน 4 เที่ยว โดยแต่ละเที่ยวจะมีเวลาพัก 15 วินาที นำผลที่ได้จากการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดในแต่ละเที่ยวไปคำนวณหาสมรรถนะใน การยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

การคำนวณหาค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) จากการทดสอบด้วยการวิ่งเร็ว 40 หลา (The 40 yards dash) ดังนี้

1. พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power)

$$\text{Anaerobic power} = \text{น้ำหนักตัว (กก.)} \times \text{ระยะทาง}^2 \text{ (เมตร)} / \text{เวลา}^3 \text{ (วินาที)}$$

2. ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) จากสูตร (อภิลักษณ์ เทียนทอง, 2546 อ้างถึงใน ดุสิต พรหมอ่อน, 2549)

$$\text{จากสูตร กำลัง (วัตต์)} = \frac{\text{ผลรวมของค่ากำลังทั้ง 4 ค่าที่ได้}}{4}$$

3. ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) คือ เปอร์เซ็นต์ของการลดลงของกำลังงานในระหว่างการทดสอบ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ คำนวณจากสูตร (Inbar, Bar-Or & Skinner, 1996 อ้างถึงใน วิรัตน์ สนธิ์จันทร์, 2555)

$$\text{\% Fatigue index} = \frac{(\text{กำลังงานสูงสุด} - \text{กำลังงานต่ำสุด}) \times 100}{\text{กำลังงานสูงสุด}}$$

Johnson (2007) ทำการศึกษาการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว เพื่อหาค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก โดยเปรียบเทียบกับการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชาย จำนวน 15 คน อายุ 18-24 ปี ทำการทดสอบวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว โดยทำการอบอุ่นร่างกาย 3 นาที จากนั้น วิ่งด้วยความเร็วสูงสุดระยะทาง 40 หลา (36.6 เมตร) จำนวน 4 เที่ยว แต่ละเที่ยวพัก 15 วินาที พัก 48 ชั่วโมง แล้วทำการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก โดยอบอุ่นร่างกาย 3 นาที จากนั้นปั่นด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาที ที่ความหนัก 0.075 x น้ำหนักตัว ผลการศึกษาพบว่า สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 แต่กรดแลคติกในเลือดไม่มีความแตกต่างกัน และไม่มีความสัมพันธ์กัน และต่อมา Meckel, Machnai and Ellakim (2009) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของการทดสอบวิ่งซ้ำ ต่อสมรรถภาพเชิงแอโรบิกและสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักฟุตบอลเยาวชน กลุ่มตัวอย่างเป็น

นักฟุตบอลเยาวชน จำนวน 33 คน อายุ 16-18 ปี ในอิสราเอลลีก (5 อันดับแรกในลีก) โดยทดสอบวิ่งกลับตัว 20 เมตร ทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก ทดสอบวิ่งซ้ำ (วิ่งเร็ว 40 เมตร 6 เที่ยว แต่ละเที่ยวพัก 30 วินาที และวิ่งเร็ว 20 เมตร 12 เที่ยว แต่ละเที่ยวพัก 20 วินาที) ทดสอบกรดแลคติกในเลือด (เจาะปลายนิ้วหลังทดสอบ 2 นาที) พบว่า เวลารวมในการวิ่งของการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิกและการวิ่งทั้งสองแบบมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เวลาวิ่งที่เร็วที่สุดแบบวิ่งเร็ว 40 เมตร 6 เที่ยว มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกรดแลคติกในเลือดไม่มีความแตกต่างกัน

จากข้อมูลที่ปรากฏเห็นได้ว่าแบบทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกแบบภาคสนามนั้นยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าแบบทดสอบใดที่ได้ผลใกล้เคียงและมีความน่าเชื่อถือที่สุด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลจากงานวิจัยเหล่านี้เป็นกรอบแนวความคิด และการปฏิบัติของงานวิจัย รวมถึงการนำไปใช้ในการสนับสนุนผลการวิจัยครั้งนี้ต่อไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกที่ทดสอบโดยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักกีฬาเชิงแอนแอโรบิก (ฟุตบอล บาสเกตบอล วอลเลย์บอล และกรีฑา) มหาวิทยาลัยบูรพา อายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 40 คน (ชาย 20 คน หญิง 20 คน) ที่ได้มาจากการคัดเลือกและการอาสาสมัคร ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือก คือ เป็นผู้มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรงไม่มีปัญหาการบาดเจ็บของเอ็น กล้ามเนื้อ และข้อต่อที่เป็นอุปสรรคในการเข้าร่วมการวิจัย ผ่านการประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR-Q) และทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) โดยผ่านการตรวจสุขภาพจากแพทย์และยินยอมให้ความร่วมมือตลอดจนสิ้นสุดการทำวิจัย

เกณฑ์การคัดเข้าของกลุ่มตัวอย่าง

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่มีสุขภาพดี ซึ่งได้มาจากการตอบแบบสอบถามและผ่านการตรวจสุขภาพจากแพทย์ว่ามีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง
2. กลุ่มตัวอย่างรับทราบวิธีการทดลอง และยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดออกของกลุ่มตัวอย่าง

1. กลุ่มตัวอย่างมีสิทธิ์ขอถอนตัวจากการทดลองได้ตลอดเวลา
2. กลุ่มตัวอย่างไม่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัย และ/ หรือในการทดลองทุกขั้นตอน ไม่กระทำอย่างเต็มความสามารถ หรือเกิดการบาดเจ็บทำให้ไม่สามารถทำการทดลองได้

เกณฑ์สำหรับแยกกลุ่มตัวอย่าง

ในช่วงของการทดลอง หากกลุ่มตัวอย่างเกิดความผิดปกติทางร่างกาย เช่น ไข้หวัด ท้องเสีย พักผ่อนไม่เพียงพอ เป็นต้น เมื่อหายเป็นปกติให้กลับมาทดลองให้ครบตามโปรแกรม

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. การทดสอบสมรรพภาพเชิงแอนแอโรบิกของวินเกต (Wingate anaerobic test)

1.1 จักรยานวัดงานยี่ห้อ Monark รุ่น 828E

1.2 โปรแกรมทดสอบ Wingate anaerobic test

2. การทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running based anaerobic sprint test) และการทดสอบวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test)

2.1 นาฬิกาจับเวลาจับเวลาที่อ่านได้ละเอียด 1/ 100 วินาที (Stopwatch) ยี่ห้อ CASIO รุ่น HS-30W

2.2 กรวย

2.3 นกหวีด ยี่ห้อ FOX รุ่น FOX 40

วิธีการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. รับสมัครกลุ่มตัวอย่างเพื่อเข้าร่วมงานวิจัยจำนวน 40 คน (ชาย 20 คน หญิง 20 คน) แจ้งวัตถุประสงค์ของการวิจัยและขอความร่วมมือจากกลุ่มตัวอย่างระหว่างที่เข้าร่วมการทดลอง

2. ผู้วิจัยทำหนังสือขอใช้สถานที่ ห้องปฏิบัติการทางสรีรวิทยาการออกกำลังกายและกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา และสนามกีฬาเชาว์ มณีวงษ์ มหาวิทยาลัยบูรพา

3. ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 ระยะก่อนการทดลอง

1. คัดเลือกและรับอาสาสมัครกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัยจำนวน 40 คน (ชาย 20 คน หญิง 20 คน)

2. ชี้แจงจุดประสงค์ของการวิจัยและขอความร่วมมือจากกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัย โดยมีข้อตกลงในการเตรียมความพร้อมของผู้ทดลอง

2.1 กลุ่มตัวอย่างงดการออกกำลังกาย หรือการแข่งขันกีฬาทุกประเภทอย่างน้อย 1 วัน

2.2 กลุ่มตัวอย่างงดแอลกอฮอล์ บุหรี่และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีนก่อนเข้ารับการทดลองเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

2.3 กลุ่มตัวอย่างงดการบริโภคอาหารอย่างน้อย 3 ชั่วโมง ก่อนการทดลอง

3. ทำการทดสอบแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR-Q)

4. ตรวจสุขภาพร่างกายจากแพทย์โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา

ขั้นตอนที่ 2 ระยะทดลอง

1. ก่อนการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกทุกครั้ง ต้องทดสอบหาระดับการรับรู้ความเจ็บปวดกล้ามเนื้อขา หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ดังนี้

1.1 สัปดาห์ที่ 1 ทดสอบหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) โดยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 18 นาที ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1.1 ปรับที่นั่งของจักรยานวัดงานให้เหมาะสม โดยให้ผู้รับการทดสอบสามารถเหยียดขาได้สุดพอดีในขณะนั่ง

1.1.2 ป้อนข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้แก่ ชื่อ เพศ น้ำหนักตัว และน้ำหนักถ่วงที่ใช้ทดสอบ (น้ำหนักตัว x 0.067)

1.1.3 ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่ง เพื่อทำการอบอุ่นร่างกายประมาณ 5 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที จากนั้นปั่นจักรยานโดยใช้งานระดับเบา ประมาณ 3 นาที แล้วเพิ่มความเร็วของการปั่นประมาณ 100 รอบต่อนาที

1.1.4 เมื่อให้สัญญาณบอก “เริ่ม” พร้อมกดสัญญาณที่แป้นพิมพ์ เพื่อเพิ่มน้ำหนักถ่วงและนับรอบจากการปั่น ขณะเดียวกันผู้เข้ารับการทดสอบต้องปั่นจักรยานอย่างเต็มที่ตลอดเวลา 30 วินาที

1.1.5 เมื่อปั่นครบเวลาแล้วต้องรีบลดน้ำหนักถ่วง แล้วให้ผู้เข้ารับการทดสอบปั่นต่อช้า ๆ อีก 3 นาที เพื่อทำการคลายอุ่นและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที

1.2 สัปดาห์ที่ 2 ทดสอบหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) โดยวิธีรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running based anaerobic sprint test) ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 16 นาที ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.2.1 ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่ง เพื่อทำการอบอุ่นร่างกายประมาณ 5 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที

1.2.2 ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว โดยในแต่ละเที่ยวจะมีเวลาพักระหว่างเที่ยว 10 วินาที

1.2.3 ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งประมาณ 3 นาที เพื่อทำการคลายอุ่นร่างกาย และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที

1.3 สัปดาห์ที่ 3 ทดสอบหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) โดยการวิ่งเร็ว 40 หลา จำนวนสี่เที่ยว (Four 40 yards sprint test) ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 16 นาที ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.3.1 ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่ง เพื่อทำการอบอุ่นร่างกายประมาณ 5 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที

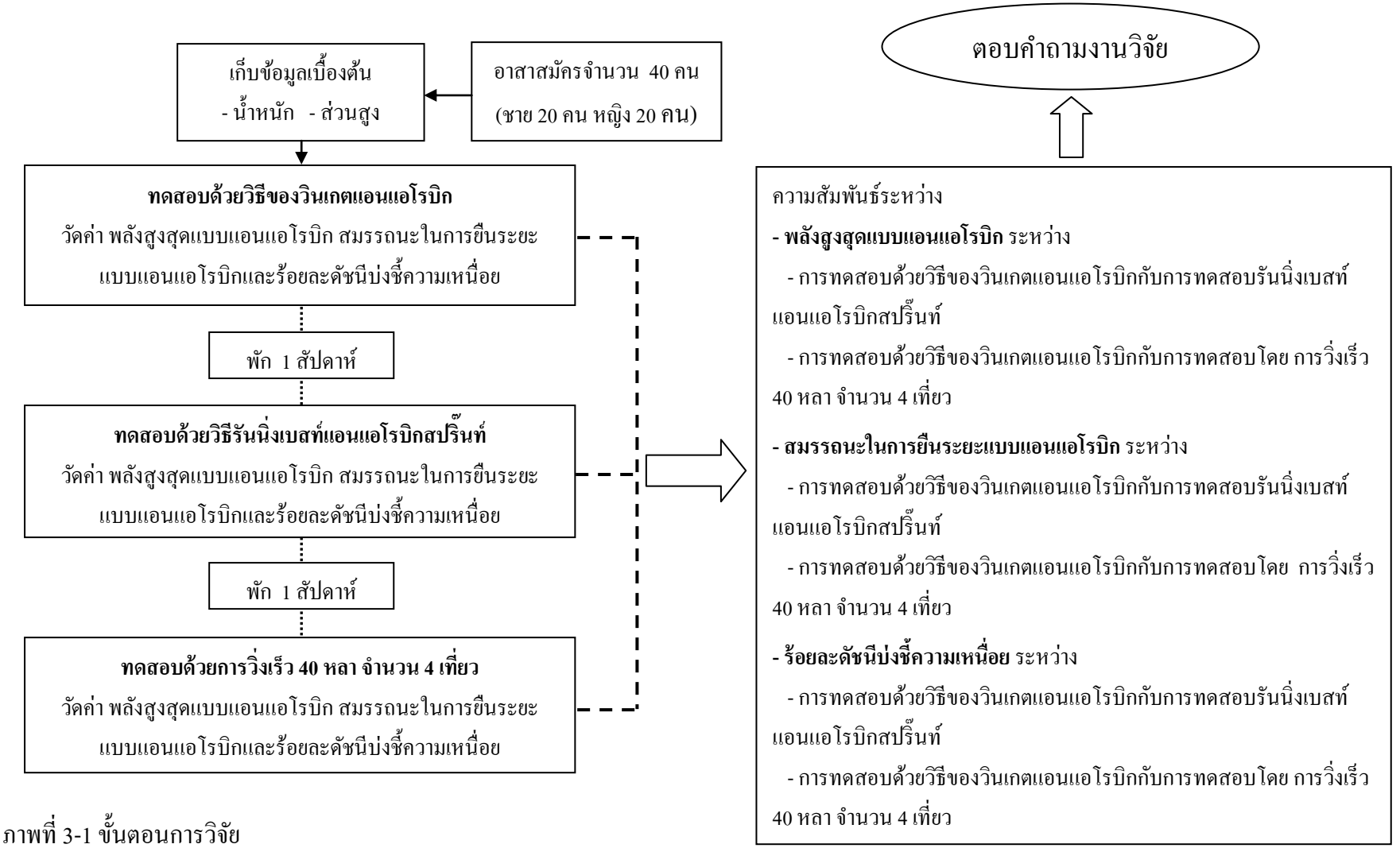
1.3.2 ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 40 หลา (36.6 เมตร) จำนวน 4 เที่ยว โดยในแต่ละเที่ยวจะมีเวลาพักระหว่างเที่ยว 15 วินาที

1.3.3 ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งประมาณ 3 นาที เพื่อทำการคลายอุ่นร่างกาย และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที

ขั้นตอนที่ 3 ระยะหลังการทดลอง

นำผลข้อมูลค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ขั้นตอนการวิจัย



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows (Statistical Package for the Social Science personal computer) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ทดสอบหาค่าสถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เพื่ออธิบายและสรุปข้อมูลของลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง

2. ทดสอบหาค่าความสัมพันธ์ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกจากการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running based anaerobic sprint test) และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test) โดยคำนวณหาค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยวิธีการของเพียร์สัน (Pearson's product-moment correlation coefficient) และกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ระดับของความสัมพันธ์พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้เกณฑ์ ดังนี้ (Hinkle, William & Stephen, 1998)

r = .90-1.00 มีระดับความสัมพันธ์กันสูงมาก

r = .70-.89 มีระดับความสัมพันธ์กันในระดับสูง

r = .50-.69 มีระดับความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง

r = .30-.49 มีระดับความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ

r = .00-.29 มีระดับความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของลักษณะทางกายภาพ (Characteristics)

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้ค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยกำหนดสัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อความเข้าใจในการแปลความหมายของผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

SD แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n แทน จำนวนในกลุ่มตัวอย่าง

p แทน ค่านัยสำคัญของการทดสอบ (Significance test)

r แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

r^2 แทน ค่าสัมประสิทธิ์ของการอธิบาย

* แทน การมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของข้อมูลลักษณะทางกายภาพ (Characteristics) พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย

โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาชนิดต่าง ๆ ดังนี้ ฟุตบอล 12 คน (ร้อยละ 30) บาสเกตบอล 10 คน (ร้อยละ 25) กรีฑาระยะสั้น 8 คน (ร้อยละ 20) วอลเลย์บอล 6 คน (ร้อยละ 15) และเรือพาย 4 คน (ร้อยละ 10)

ตารางที่ 4-1 ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง

	อายุ (ปี)	**น้ำหนัก (กิโลกรัม)**	**ส่วนสูง (เซนติเมตร)**
$\overline{X}$	19.83	61.70	170.30
SD	1.36	8.52	7.66

จากตารางที่ 4-1 พบว่า กลุ่มตัวอย่าง มีอายุเฉลี่ย 19.83 ± 1.36 ปี มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 61.70 ± 8.52 กิโลกรัม และมีส่วนสูงเฉลี่ย 170.30 ± 7.66 เซนติเมตร

ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรที่ศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง

การทดสอบ		**พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)**	**สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)**	**ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (เปอร์เซ็นต์)**
วินเกต	$\overline{X}$	628.70	478.70	38.12
แอนแอโรบิก	SD	126.78	104.70	13.41
รันนิ่งเบสท์	$\overline{X}$	449.50	346.65	40.06
แอนแอโรบิก	SD	202.33	144.07	13.16
การวิ่งเร็ว	$\overline{X}$	394.53	338.04	27.37
40 หลา 4 เที่ยว	SD	137.45	120.76	10.07

จากตารางที่ 4-2 พบว่า ในการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก มีค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก เฉลี่ย 628.70 ± 126.78 วัตต์ ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก เฉลี่ย 478.70 ± 104.70 วัตต์ และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย เฉลี่ย 38.12 ± 13.41 เปอร์เซ็นต์

ในการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกมีค่าพลังสูงสุดแบบแอนโรบิก เฉลี่ย 449.50 ± 202.33 วัตต์ ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก เฉลี่ย 346.65 ± 144.07 วัตต์ และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย เฉลี่ย 40.06 ± 13.16 เปอร์เซ็นต์

และในการทดสอบการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยวมีค่าพลังสูงสุดแบบแอนโรบิก เฉลี่ย 394.53 ± 137.45 วัตต์ ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก เฉลี่ย 338.04 ± 120.76 วัตต์ และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย เฉลี่ย 27.37 ± 10.07 เปอร์เซ็นต์

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว

ตารางที่ 4-3 ความสัมพันธ์ของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว ของกลุ่มตัวอย่าง (วัตต์)

การทดสอบ	**พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power)**		
	r	**r^2**	**p**
การทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก กับการทดสอบรันนิ่งเบสท์ แอนแอโรบิก สปริ๊นท์	.679*	0.461	.000
การทดสอบด้วยวิธีของวินเกต แอนแอโรบิกกับการทดสอบ โดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว	.751*	0.564	.000

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 4-3 พบว่า พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .679 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ซึ่งหมายถึง มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง โดยค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (r^2) เท่ากับ 0.46 ซึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลงค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ของการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก ทำให้ความ

แปรปรวนของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกของการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 46

ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .751 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ซึ่งหมายถึง มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง โดยค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (r^2) เท่ากับ 0.56 ซึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลงค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ของการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก ทำให้ความแปรปรวนของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกของการทดสอบ โดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 56

ตารางที่ 4-4 ความสัมพันธ์ของสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกต แอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว ของกลุ่มตัวอย่าง (วัตต์)

การทดสอบ	**สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)**		
	r	**r^2**	**p**
การทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก กับการทดสอบรันนิ่งเบสท์ แอนแอโรบิกสปริ๊นท์	.901*	0.812	.000
การทดสอบด้วยวิธีของวินเกต แอนแอโรบิกกับการทดสอบ โดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว	.938*	0.880	.000

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 4-4 พบว่า สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .901 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ซึ่งหมายถึง มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก โดยค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (r^2) เท่ากับ 0.81 ซึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลงค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ของการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก ทำให้ความแปรปรวนของสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกของการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 81

ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .938 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ซึ่งหมายถึง มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก โดยค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (r^2) เท่ากับ 0.88 ซึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลงค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ของการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก ทำให้ความแปรปรวนของค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ของการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 88

ตารางที่ 4-5 ความสัมพันธ์ของร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกต แอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว ของกลุ่มตัวอย่าง (เปอร์เซ็นต์)

การทดสอบ	**ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index)**		
	r	**r^2**	**p**
การทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก กับการทดสอบรันนิ่งเบสท์ แอนแอโรบิกสปริ๊นท์	.340*	0.116	.032
การทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับ การทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว	-.061	0.004	.710

* $p \leq .05$

จากตารางที่ 4-5 พบว่า ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) ระหว่าง การทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .340 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ซึ่งหมายถึง มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ โดยค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (r^2) เท่ากับ 0.12 ซึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย ของการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก ทำให้ความแปรปรวนของค่าร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย ของการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 12

และความสัมพันธ์ของร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว ไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ($r = -.061$)

บทที่ 5
อภิปรายผล และสรุปผล

อภิปรายผล

การวิจัยนี้ พบว่า

1. พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power)

พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อในการที่จะปล่อยพลังงานสูงสุด ในเวลาสั้นที่สุด เกิดการแตกตัวของฟอสฟาเจนที่สูงมากในกล้ามเนื้อใช้พลังงานแบบ ATP-PC ซึ่งเอทีพี พีซีและกรดแลคติกในกล้ามเนื้อมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างพลังงานเชิงแอนแอโรบิก

เมื่อพิจารณาจากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า

1.1 ความสัมพันธ์ของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .679 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งหมายถึง มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง โดยค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (r^2) เท่ากับ 0.46 ซึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลงค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ของการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก ทำให้ความแปรปรวนของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกของการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 46

1.2 ความสัมพันธ์ของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .751 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งหมายถึง มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง โดยค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (r^2) เท่ากับ 0.56 ซึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลงค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกของการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก ทำให้ความแปรปรวนของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกของการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 56

ซึ่งอาจเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างมีความเฉพาะเจาะจงแต่ละชนิดกีฬาที่มีกิจกรรมการเล่นและการแข่งขันที่คล้ายคลึงกับรูปแบบของการทดสอบแบบภาคสนามที่เป็นการวิ่ง เช่น บาสเกตบอล กรีฑา ฟุตบอล เป็นต้น ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Abbasian et al. (2012) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของการทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก ในนักกีฬาเยาวชนบาสเกตบอล โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักบาสเกตบอล จำนวน 45 คน พบว่า พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกและค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก

(วัตต์และวัตต์ต่อกิโลกรัม) มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .001 สอดคล้องกับ Meckel et al. (2009) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของการทดสอบวิ่งซ้ำ ต่อสมรรถภาพเชิงแอโรบิกและสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในนักฟุตบอลเยาวชน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักฟุตบอลเยาวชน จำนวน 33 คน อายุ 16-18 ปี ในอิสราเอลลึก โดยทดสอบวิ่งกลับตัว 20 เมตร ทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก ทดสอบวิ่งซ้ำ พบว่า พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

2.1 ความสัมพันธ์ของสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปรึ๊นท์ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .901 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งหมายถึง มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก โดยค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (r^2) เท่ากับ 0.81 ซึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลงค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ของการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก ทำให้ความแปรปรวนของสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกของการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปรึ๊นท์ เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 81

2.2 ความสัมพันธ์ของสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .938 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งหมายถึง มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก โดยค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (r^2) เท่ากับ 0.88 ซึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลงค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ของการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก ทำให้ความแปรปรวนของค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ของการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 88

สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) เป็นความสามารถของกล้ามเนื้อที่ทนต่อการทำงานต่อไปได้ในสภาวะที่กล้ามเนื้อไม่ได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอ ใช้พลังงานแบบแอนแอโรบิกไกลโคไลซิส ก่อให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว McArdle, Katch and Katch, (2001) กล่าวว่า สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกนี้ เป็นองค์ประกอบสำคัญในกีฬาหลาย ๆ ประเภท โดยเฉพาะกีฬาที่มีการแข่งขันที่ใช้ความสามารถสูงสุด หรือกำลังความเร็วสูงสุดมีการทำงานซ้ำหลาย ๆ เที่ยวเป็นระยะเวลานาน เช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล รักบี้ฟุตบอล เทนนิส เป็นต้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้รูปแบบการทดสอบภาคสนามนั้นเป็นการวิ่งระยะสั้นอย่างเต็มความสามารถ และมีเวลาในการพักในแต่ละรอบ ทำให้รูปแบบของการใช้พลังงานนั้นเป็นแบบผสมผสานระหว่าง ระบบ เอทีพี พีซีและระบบกรดแลคติก จึงทำให้เกิด

กรดแลคติกสะสม ดังทฤษฎีที่กล่าวข้างต้น เมื่อพิจารณาจากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก มีความสัมพันธ์กัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการสะสมของไกลโคเจนที่หมดไป การออกกำลังกายจะดำเนินต่อไปไม่ได้ หรือได้ก็ต้องมีความเข้มข้นน้อยลงมาก ดังนั้น ความสามารถในการทำงานหนักและนานได้นั้นมีความสัมพันธ์กันทางบวกกับปริมาณของไกลโคเจนที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อก่อนการทำงานหรือออกกำลังกาย และการสะสมของไกลโคเจนกลับคืนหลังการออกกำลังกาย (ประทุม ม่วงมี, 2527)

ดังนั้น สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกจึงขึ้นอยู่กับการลดลงของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ หากไกลโคเจนลดลงสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิกก็จะลดลงไปด้วย ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Shirazi, Hamid and Hamid (2010) ได้ทำการศึกษาผลของความสัมพันธ์ ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬา ฟุตซอลอาชีพ เพศชาย จำนวน 25 คน

ผลการศึกษาพบว่า สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับการศึกษาของ Bakhtiari et al. (2012) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของการทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิก สปริ๊นท์ การทดสอบกระโดด 30 ครั้ง การทดสอบวิ่งกลับตัว 300 หลา และการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก พบว่า มีความสัมพันธ์กันระหว่างการทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก ของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับการศึกษาของ Johnson (2007) ทำการศึกษาการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว เพื่อหาค่า สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก โดยเปรียบเทียบกับการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชาย จำนวน 15 คน อายุ 18-24 ปี ทำการทดสอบวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว ผลการศึกษาพบว่า สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

3. ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index)

3.1 ความสัมพันธ์ของร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .340 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งหมายถึง มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ โดยค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (r^2) เท่ากับ 0.12 ซึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย ของการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก ทำให้ความแปรปรวนของค่าร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย ของการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ เปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 12

ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Zagatto, Beck and Gobatto (2009) ได้ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกกับความสามารถในการวิ่งระยะสั้น ที่มีผลต่อสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก กลุ่มตัวอย่างเป็นทหาร เพศชาย จำนวน 40 คน อายุประมาณ 20 ปี โดยทำการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิก ทดสอบวิ่ง 35, 50, 100, 200 และ 400 เมตร เปรียบเทียบกับการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก ผลการศึกษาพบว่า การทดสอบทั้ง 3 รูปแบบ มีค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนโรบิก และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับ .05

3.2 ความสัมพันธ์ของร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว ไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ($r = -.061$)

ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) คือเปอร์เซ็นต์ของการลดลงของกำลังงานในระหว่างการทดสอบ เนื่องจากกำลังงานของกล้ามเนื้อเป็นความสามารถสูงสุดของกล้ามเนื้อในการที่จะปล่อยพลังงานสูงสุดในเวลาสั้นที่สุด ซึ่งเกิดจากการลดลงของแหล่งพลังงานหลัก (Phosphocreatine) โดยการสร้างพลังงานสำหรับใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยการเผาผลาญสารอาหารต่าง ๆ ที่ให้พลังงานได้การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารหรือเมตตาโบลิซึมของการออกกำลังกายโดยทั่ว ๆ ไปแล้วคือการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานทางเคมี (Chemical energy) มาเป็นพลังงานที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย (ประทุม ม่วงมี, 2527) คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีนเป็นสารอาหาร 3 ประเภทที่สามารถให้พลังงานแก่ร่างกายได้ สารอาหารทั้ง 3 ประเภท จะถูกใช้โดยเซลล์เพื่อสังเคราะห์ ATP (Adenosine triphosphate) เป็นจำนวนมาก ATP จึงนับได้ว่าเป็นตระกูลของพลังงานที่ร่างกายใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่ง คาร์โบไฮเดรตที่สะสมในตับและกล้ามเนื้อในรูปของไกลโคเจนนั้นจำกัดการให้พลังงานแก่ร่างกาย (Wilmore & Costill, 2008) ATP มีอยู่ทั่วไปใน Cytoplasm และ Nucleoplasm ของเซลล์ทั้งหลาย และกิจกรรมของเซลล์ทุกอย่างที่ต้องใช้พลังงานก็จะได้รับพลังงานโดยตรงจากการแตกตัวของ ATP ดังนั้น กล้ามเนื้อจะไม่สามารถหดตัวได้หากไม่มี ATP (ประทุม ม่วงมี, 2527)

สาเหตุของความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ สรุปได้ว่า เกิดจากความเมื่อยล้าตรงรอยต่อระหว่างประสาทและซึ่งมีผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อ และเกิดจากการที่ร่างกายมีการสะสมกรดแลคติกมากเกินไป กรดแลคติกนี้อาจเรียกว่า เป็นสารที่ทำให้เมื่อย (Fatigue substance) โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการสร้างพลังงาน (ATP) ลดน้อยลง โดยเฉพาะไกลโคเจน ซึ่งอาจทำให้เกิดภาวะมีน้ำตาลในเลือดต่ำ (Hypoglycemia) หรือผลิตได้ไม่พอใช้ (ประทุม ม่วงมี, 2527)

จากทฤษฎีและงานวิจัยที่กล่าวข้างต้นจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ความสัมพันธ์ของร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย ระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิกกับการทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว ไม่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Queiroga (2013) ที่ทำการศึกษาผลของความเที่ยงตรงของการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ เปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์กับการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก ในนักกีฬาจักรยาน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาจักรยานเสือภูเขาเพศชาย จำนวน 10 คน อายุเฉลี่ย 28 ปี ผลการศึกษาพบว่า ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อยไม่มีความสัมพันธ์กัน สอดคล้องกับ Adamczyk (2011) ได้ทำการศึกษาการประเมินสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) โดยการทดสอบแบบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกรีฑา จำนวน 37 คน พบว่า ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อยไม่มีความสัมพันธ์กัน

สรุปผลการวิจัย

จากข้อมูลที่ปรากฏทำให้สรุปได้ว่า การทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์เป็นการทดสอบภาคสนามที่สามารถเลือกใช้ทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ในส่วนของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก

การทดสอบด้วยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยวเป็นการทดสอบภาคสนามที่สามารถเลือกใช้ทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ในส่วนของพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก

ข้อเสนอแนะ

สำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

สามารถเลือกวิธีทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการทดสอบด้วยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว ในการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก เพื่อทดแทนการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกในห้องปฏิบัติการได้อย่างเหมาะสม ในเรื่องของ พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย

สำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาความสัมพันธ์ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกที่ทดสอบโดยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว ในนักกีฬา

แต่ละชนิด ทั้งเพศชายและเพศหญิง

2. ควรทำการศึกษาความสัมพันธ์ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกที่ทดสอบโดยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว โดยการวัดตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องร่วมด้วย เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ และกรดแลคติกในเลือด เป็นต้น

3. ควรทำการศึกษาวิธีทดสอบภาคสนามแบบอื่น ๆ ในการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก เพื่อหาความสัมพันธ์กับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

4. ควรทำการศึกษาวิธีทดสอบภาคสนาม ที่ระยะทาง และเวลาพักที่แตกต่างกัน เพื่อสร้างแบบทดสอบขึ้นใหม่ ที่มีความใกล้เคียงกับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

บรรณานุกรม

เจริญ กระบวนรัตน์. (2557). *วิทยาศาสตร์การฝึกสอนกีฬา*. กรุงเทพฯ: สินธนาก็อปปี้เซ็นเตอร์.

เจือกุล อโนธารมณ์. (2547, พฤษภาคม-สิงหาคม). การประเมินความปวดในเด็ก. *วารสารพยาบาลศาสตร์, 22*(2), 18-28.

ดุสิต พรหมอ่อน. (2549). *ความสัมพันธ์ของพลังอนากาศนิยม สมรรถภาพอนากาศนิยม ปริมาณกรดแลคติกและอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการทดสอบด้วยวิธีวินเกตและวิธีรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ในนักกีฬาฟุตบอล*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์. (2554). *สรีรวิทยาการออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ: ตีรณสาร.

ธีระศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล. (2552). *หลักวิทยาศาสตร์ในการฝึกกีฬา*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

พรพิมล เหมือนใจ. (2553). *ผลการรักษาด้วยความเย็นและการนวดต่ออาการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อเหยียดหลังเข่ากระตุ้นด้วยการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในชายไทย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเวชศาสตร์การกีฬา, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิชยา นพกาล. (2556). *การเปรียบเทียบผลของการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ระดับความหนักต่างกันระหว่างเซตและภายหลังการฝึกด้วยแรงต้าน*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา, มหาวิทยาลัยบูรพา.

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

พิชิต ภูติจันทร์. (2547). *วิทยาศาสตร์การกีฬา*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ภราดร มีรักษ์. (2555). *ผลของการฝึกในช่วงสิ้นสุดฤดูการแข่งขัน ด้วยความเข้มข้น ระยะเวลาและความบ่อยที่แตกต่างกันต่อการคงสมรรถภาพเชิงแอโรบิกและแอนแอโรบิกของนักกีฬาฟุตบอล*. ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา, มหาวิทยาลัยบูรพา.

วิมลรัตน์ กฤษณะประกรกิจ. (2544, กรกฎาคม-กันยายน). การประเมินและแนวทางการรักษาความปวดเฉียบพลัน. *วารสารชมรมการศึกษาความเจ็บปวดแห่งประเทศไทย, 51*(3), 2-3.

วิรัตน์ สนธิ์จันทร์. (2555). *ผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลในระดับความหนักและระยะเวลาต่างกันที่มีต่อความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ปริมาณฮีโมโกลบิน สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก และแอนแอโรบิกเทรชโฮล*. ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา, คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา, มหาวิทยาลัยบูรพา.

Abbasian, S., Gholamian, S., Attarzadeh, S. R., Khabazan, M. A., & Khodadadi, H. (2011). The validity of between Wingate test and Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST) in young elite basketball players. *International Journal of Health, Education and Computer Science in Sports, 4*, 68-70.

Abbasian, S., Golzar, S., Onvani, V., & Sargazi, L. (2012). The predict of RAST test from WANT test in elite athletes. *Research Journal of Recent Sciences, 1*(3), 72-75.

Adamczyk, J. G. (2011). The estimation of the RAST test usefulness in monitoring the anaerobic capacity of sprinters in athletics. *Journal Sport Tourism, 18*, 214-218.

Anand, K. J., & Craig, K. D. (1996). New perspective on the definition of pain. *Journal of Pain, 67*(1), 3-6.

Bakhtiari, A., & Rastegar, M. (2012). Correlation between Running-based Anaerobic Sprint Test (RAST) field tests, sargent jump and 300 yard shuttle run tests with laboratory anaerobic Wingate test in evaluation of indoor soccer player's anaerobic readiness. *Scholars Research Library, 3*(1), 377-384.

Fox, E. L., & Mathews, D. K. (1981). *Thephysiological basis of physical education athletic* (3rd ed.) Pholadelphia: Saunders College Publishing.

Gür, E. (2012). A comparison of blood lactate level and heart rate following a peak anaerobic power test in different exercise loads. *European Journal of Experimental Biology, 2*(5), 1854-1861.

Heyward, V. H. (2010). *Advanced fitness assessment and exercise prescription*. Champaign, Illinois: Human Kinetic.

Hinkle, D. E., William, W., & Stephen, G. J. (1998). *Applied statistics for the behavior sciences* (4th ed.). New York: Houghton Mifflin.

Hoffman, J., Epstein, S., & Weinstein, Y. (2006). A comparison between the Wingate anaerobic power test to both vertical jump and line drill tests in basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 14*(3), 261-264.

Johnson, P. C. (2007). *Comparison of a four 40-yard sprint test for anaerobic capacity in males vs. the Wingate anaerobic test*. Master's thesis, Science, Georgia Southern University, Statesboro, Georgia.

Katch, V. L., McArdle, W. D., & Katch, F. I. (2011). *Essentials of exercise physiology* (4th ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer/ Lippincott Williams & Wilkins.

Luebbers, P. E. (2001). *An examination of the relationship among three tests of anaerobic capacity.* Master's thesis, Science, Emporia State University.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2001). *Exercise physiology: Energy, nutrition, and human performance* (5th ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer/ Lippincott Williams & Wilkins.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2007). *Exercise physiology: Energy, nutrition, and human performance* (6th ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer/ Lippincott Williams & Wilkins.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). *Exercise physiology: Energy, nutrition, and human performance* (8th ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer/ Lippincott Williams & Wilkins.

Meckel, Y., Machnai, O., & Ellakim, A. (2009). Relationship among repeated sprint tests, aerobic fitness, and anaerobic fitness in elite adolescent soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 1*, 163-9.

Nelson, A. G., & Jouko, K. (2007). *Stretching anatomy.* Australia: Human Kinetics.

Plowman, S. A., & Smith, D. L. (2014). *Exercise physiology: For health, fitness, and performance* (4th ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer Business.

Powers, S. K., & Howley, E. T. (2009). *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance* (7th ed.). Boston: McGraw-Hill.

Queiroga, M. R. (2013). Validity of the RAST for evaluating anaerobic power performance as compared to Wingate test in cycling athletes. *Motriz, Rio Claro, 19*, 696-702.

Shirazi, A., Hamid, R., Hamid, A. A. (2010). Validity between physiological variables of RAST and Wingate test in elite futsal players. *Olympic Winter,* No.17, 41-53.

Wilmore, J., & Costill, D. (2008). *Physiology of sport and exercise* (4th ed.). Champaign, Illinois: Human Kinetic.

Zagatto, A. M., Beck, W. R., Gobatto, C. A. (2009). Validity of the running anaerobic sprint test for assessing anaerobic power and predicting short-distance performance. *The Journal Strength Conditioning Research, 6,* 1820-7.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก

การทดสอบโดยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test)

(Inbar, Bar-Or & Skinner, 1996 อ้างถึงใน วิรัตน์ สนธิ์จันทร์, 2555)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

จักรยานวัดงาน (Bicycle ergometer) ยี่ห้อโมนาร์ค (Monark) รุ่น 828E พร้อมติดตั้งโปรแกรม Wingate anaerobic test (http://www.nordicfitness.com)

วิธีทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกโดยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test)

1. ปรับที่นั่งของจักรยานวัดงานให้เหมาะสม โดยให้ผู้รับการทดสอบสามารถเหยียดขาได้สุดพอดีในขณะนั่ง

2. ป้อนข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้แก่ ชื่อ เพศ น้ำหนักตัว และน้ำหนักถ่วงที่ใช้ทดสอบ (น้ำหนักตัว x 0.067)

3. อบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 5 นาที โดยใช้งานระดับเบา แล้วเพิ่มความเร็วของการปั่นประมาณ 100 รอบต่อนาที

4. บอก “เริ่ม” พร้อมกดสัญญาณที่แป้นพิมพ์ เพื่อเพิ่มน้ำหนักถ่วงและนับรอบจากการปั่น ขณะเดียวกันผู้เข้ารับการทดสอบต้องปั่นจักรยานอย่างเต็มที่ตลอดเวลา 30 วินาที

5. เมื่อปั่นครบเวลาแล้วต้องรีบลดน้ำหนักถ่วง แล้วให้ผู้เข้ารับการทดสอบปั่นต่อช้า ๆ อีก 3 นาที

6. ที่หน้าจอคอมพิวเตอร์จะปรากฏกราฟความเร็วของการปั่นตลอดเวลาการทดสอบ และค่าสมรรถภาพทางกายเชิงแอนแอโรบิก คือ พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index)

การทดสอบโดยวิธีรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์

(The running based anaerobic sprint test)

(Draper & Whyte, 1997 อ้างถึงใน Luebbers, 2001)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. นาฬิกาจับเวลายี่ห้อ CASIO รุ่น HS-30W (http://officesmiles.nanasupplier.com)

2. กรวย (www.sahachai.com)

3. นกหวีด ยี่ห้อ FOX รุ่น FOX 40 (www.trekingthai.com)

วิธีการทดสอบ

1.ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่ง เพื่อทำการอบอุ่นร่างกายประมาณ 5 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที

2. ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว โดยในแต่ละเที่ยวจะมีเวลาพักระหว่างเที่ยว 10 วินาที

3. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งประมาณ 5 นาที เพื่อทำการคลายอุ่นร่างกาย และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที

วิธีการจับเวลา

1. เริ่มตนการทดสอบ ผูเขารับการทดสอบยืนตรงจุดเริ่มตน จากนั้นผู้ชวยคนที่ 1 จะเปนผูใหสัญญาณนกหวีด เมื่อไดยินสัญญาณนกหวีด ผูชวยคนที่ 2 จะเริ่มจับเวลาในการวิ่งเที่ยวที่ 1 และใหผูเขารับการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเทาที่ทำได เป็นระยะทาง 35 เมตร เมื่อครบระยะทาง 35 เมตร ผูชวยคนที่ 3 จะทำการจับเวลาพัก โดยใหผูเขารับการทดสอบพักที่ เสน 35 เมตร (ไมตองกลับมายังจุดเริ่มตน) ซึ่งใช้ระยะเวลาพักในแต่ละเที่ยว 10 วินาที

2. เมื่อครบ 10 วินาที ผูชวยคนที่ 3 จะเปนคนให้สัญญาณนกหวีด เมื่อได้ยินสัญญาณนกหวีด ผูชวยคนที่ 1 จะเริ่มจับเวลาในการวิ่งเที่ยวที่ 2 และใหผูเข้ารับการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่ทำได้มายังจุดเริ่มต้น เมื่อครบระยะทาง 35 เมตรผูชวยคนที่ 4 จะทำการจับเวลาพัก จากนั้นให้ปฏิบัติโดยวิธีการเดิม จนครบจำนวน 6 เที่ยว

การบันทึกผล

บันทึกผลเวลาที่วิ่งในแต่ละ 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว นำผลที่ได้ไปคำนวณหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index)

การคำนวณหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) จากการทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running-based anaerobic sprint test) (อภิลักษณ์ เทียนทอง, 2546 อ้างถึงใน ดุสิต พรหมอ่อน, 2549) ดังนี้

1. พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power)

จากสูตร กำลัง(วัตต์) = น้ำหนักตัว (กก.) × ระยะทาง^2 (เมตร)/ เวลา^3 (วินาที)

โดยที่

น้ำหนักตัว คือ น้ำหนักตัวของผู้เข้ารับการทดสอบ

ระยะทาง คือ ระยะทางในการทดสอบ คือ 35 เมตร

เวลา คือ เวลาที่ทำได้ในการวิ่ง 35 เมตร

2. ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

$$\text{จากสูตร กำลัง(วัตต์)} = \frac{\text{ผลรวมของค่ากำลังทั้ง 6 ค่าที่ได้}}{6}$$

3. ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) คือเปอร์เซ็นต์ของการลดลงของกำลังงานในระหว่างการทดสอบ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ คำนวณจากสูตร (Inbar, Bar-Or & Skinner, 1996 อ้างถึงใน วิรัตน์ สนธิ์จันทร์, 2555)

$$\text{\% Fatigue index} = \frac{\text{(กำลังงานสูงสุด – กำลังงานต่ำสุด) x 100}}{\text{กำลังงานสูงสุด}}$$

การทดสอบโดยการวิ่งเร็ว 40 หลา จำนวนสี่เที่ยว (Four 40 yards sprint test)

(Johnson, 2007)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. นาฬิกาจับเวลายี่ห้อ CASIO รุ่น HS-30W (http://officesmiles.nanasupplier.com)

2. กรวย (www.sahachai.com)

3. นกหวีด ยี่ห้อ FOX รุ่น FOX 40 (www.trekingthai.com)

วิธีการทดสอบ

1.ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งประมาณ 5 นาที เพื่อทำการอบอุ่นร่างกาย และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที

2. ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 40 หลา (36.6 เมตร) จำนวน 4 เที่ยว โดยในแต่ละเที่ยวจะมีเวลาพักระหว่างเที่ยว 15 วินาที

3. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งประมาณ 5 นาที เพื่อทำการคลายอุ่นร่างกาย และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที

วิธีการจับเวลา

1. เริ่มตนการทดสอบ ผูเขารับการทดสอบยืนตรงจุดเริ่มตน จากนั้นผู้ชวยคนที่ 1 จะเปนผูใหสัญญาณนกหวีด เมื่อไดยินสัญญาณนกหวีด ผูชวยคนที่ 2 จะเริ่มจับเวลาในการวิ่งเที่ยวที่ 1 และใหผูเขารับการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเทาที่ทำได้ เป็นระยะทาง 36.6 เมตร เมื่อครบระยะทาง 36.6 เมตร ผูชวยคนที่ 3 จะทำการจับเวลาพัก โดยใหผูเขารับการทดสอบพักที่เสน 36.6 เมตร (ไมตองกลับมายังจุดเริ่มตน) ซึ่งใช้ระยะเวลาพักในแต่ละเที่ยว 15 วินาที

2. เมื่อครบ 15 วินาที ผูชวยคนที่ 3 จะเปนคนให้สัญญาณนกหวีด เมื่อได้ยินสัญญาณนกหวีด ผูชวยคนที่ 1 จะเริ่มจับเวลาในการวิ่ งเที่ยวที่ 2 และใหผูเข้ารับการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่ทำได้มายังจุดเริ่มต้น เมื่อครบระยะทาง 36.6 เมตร ผูชวยคนที่ 4 จะทำการจับเวลาพัก จากนั้นให้ปฏิบัติโดยวิธีการเดิม จนครบจำนวน 4 เที่ยว

การบันทึกผล

บันทึกผลเวลาที่วิ่งในแต่ละเที่ยว (36.6 เมตร) จำนวน 4 เที่ยว นำผลที่ได้ไปคำนวณหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index)

การคำนวณหาค่าการคำนวณหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) จากการทดสอบด้วยการวิ่งเร็ว 40 หลา จำนวน 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test) ดังนี้ จากสูตร (อภิลักษณ์ เทียนทอง, 2546 อ้างถึงใน ดุสิต พรหมอ่อน, 2549)

1. พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power)

$$\text{Anaerobic power} = \text{น้ำหนักตัว (กก.)} \times \text{ระยะทาง}^2 \text{ (เมตร)} / \text{เวลา}^3 \text{ (วินาที)}$$

2. ค่าสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity)

$$\text{จากสูตร กำลัง (วัตต์)} = \frac{\text{ผลรวมของค่ากำลังทั้ง 4 ค่าที่ได้}}{4}$$

3. ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) คือ เปอร์เซ็นต์ของการลดลงของกำลังงานในระหว่างการทดสอบ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ คำนวณจากสูตร (Inbar, Bar-Or & Skinner, 1996 อ้างถึงใน วิรัตน์ สนธิ์จันทร์, 2555)

$$\%\ \text{Fatigue index} = \frac{(\text{กำลังงานสูงสุด} - \text{กำลังงานต่ำสุด}) \times 100}{\text{กำลังงานสูงสุด}}$$

ภาคผนวก ข

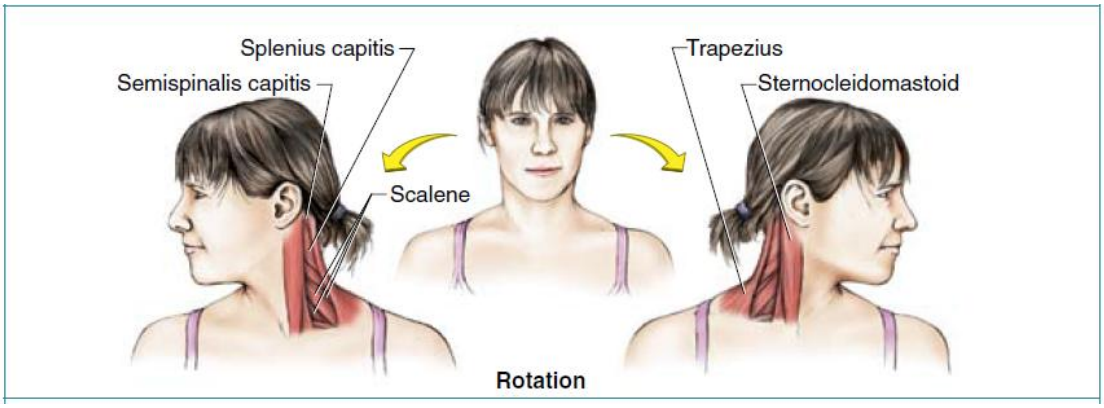
ขั้นตอนและท่าทางการยืดเหยียดกล้ามเนื้ออยู่กับที่

ขั้นตอนและท่าทางในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่

(Nelson & Kokkonen, 2007)

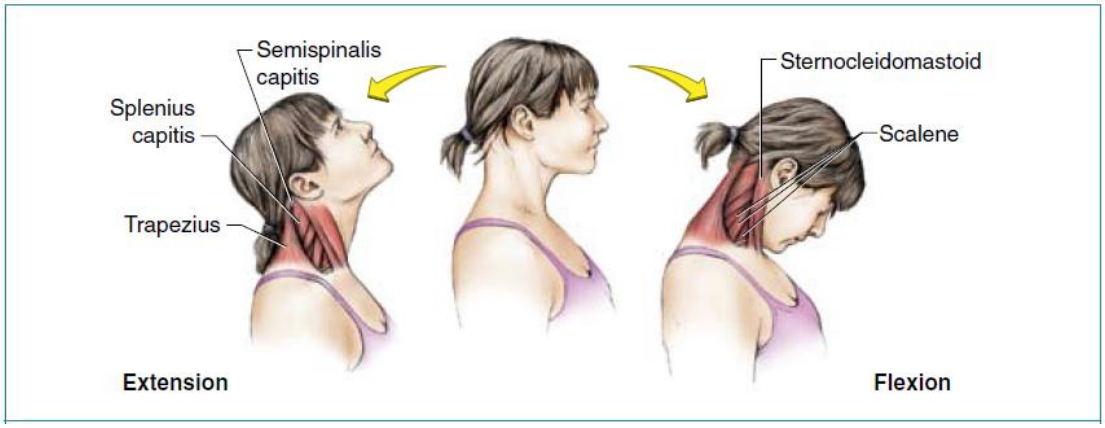
ทั้งหมด 9 ท่า ๆ ละ 20 วินาที รวมเวลาทั้งสิ้น 3 นาที ดังนี้

ท่าที่ 1 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอด้านข้าง (Neck stretch)



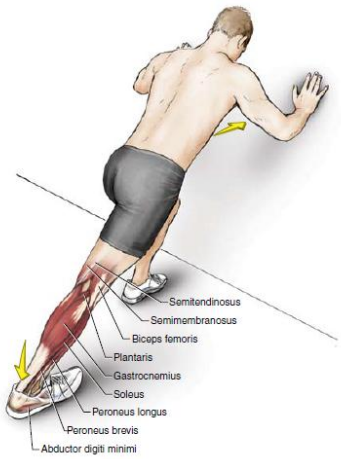
วิธีการปฏิบัติ เอียงศีรษะไปทางขวาใช้มือขวาสัมผัสข้างศีรษะด้านซ้ายออกแรงดึงศีรษะไปทางขวาให้มากที่สุดจนรู้สึกตึงที่กล้ามเนื้อคอด้านซ้ายแล้วหยุดนิ่งค้างไว้ 10 วินาที แล้วเปลี่ยนเป็นปฏิบัติ อีกข้าง

ท่าที่ 2 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อคอด้านหลัง (Neck stretch)



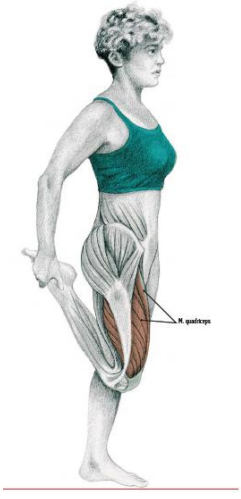
วิธีการปฏิบัติ ก้มศีรษะแล้วใช้มือทั้งสองข้างวางบนศีรษะด้านหลัง ออกแรงดึงศีรษะลงมาข้างหน้าให้มากที่สุดจนรู้สึกตึงที่กล้ามเนื้อคอด้านหลังแล้วหยุดนิ่งค้างไว้ 10 วินาที

ท่าที่ 3 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อน่อง (Calves)



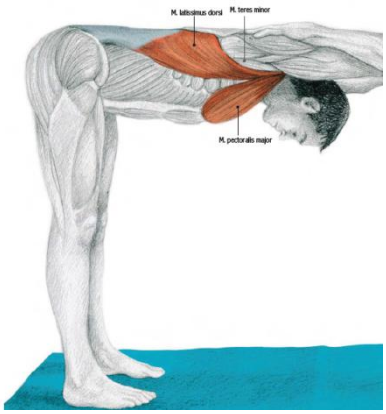
วิธีการปฏิบัติ ยืนหน้าผนังใช้ฝ่ามือดันผนังเท้าแยกหน้าหลังห่างกัน 1 ช่วงก้าว เข่าหน้างอเข่าหลังเหยียดตึง กดส้นเท้าหลังลงโน้มตัวไปข้างหน้าและงอเข่าหน้า เมื่อรู้สึกตึงให้หยุดนิ่งค้างไว้ 10 วินาที และเปลี่ยนไปปฏิบัติด้านตรงข้าม (กรณีที่จะให้ได้ในส่วนของน่อง-เอ็นร้อยหวาย ให้งอเข่าหลังและปฏิบัติเช่นเดียวกัน)

ท่าที่ 4 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาส่วนหน้า (Quadriceps stretch)



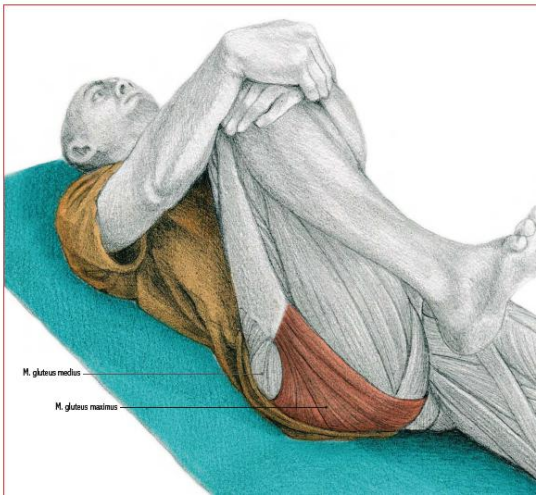
วิธีการปฏิบัติ ยืนตรงมือข้างหนึ่งอาจจับเก้าอี้เพื่อการทรงตัว มืออีกข้างจับที่ข้อเท้าและดึงมาด้านหลังจนรู้สึกตึงแล้วหยุดนิ่งค้างไว้ 10 วินาที และเปลี่ยนไปปฏิบัติอีกข้าง

ท่าที่ 5 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาส่วนหลัง (Hamstring stretch) และหน้าอก (Chest stretch)



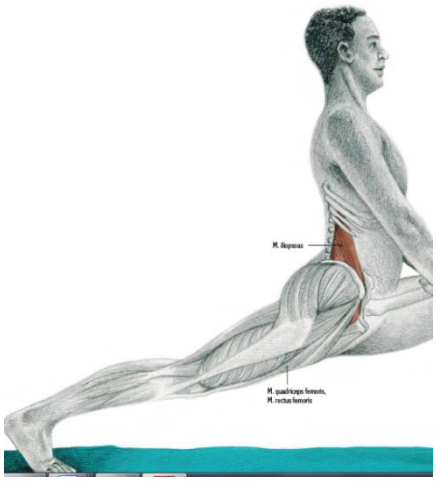
วิธีการปฏิบัติ ยืนหลังเก้าอี้โดยกะระยะให้ห่างจากเก้าอี้ประมาณปลายแขนขวาถึงไหล่ซ้าย และค่อย ๆ ก้มตัวลงมือจับเก้าอี้โดยให้สะโพก หลังและไหล่ตรง โดยหลังขนานกับพื้นค้างไว้ 10 วินาที

ท่าที่ 6 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อบริเวณสะโพก (Gluteus stretch)



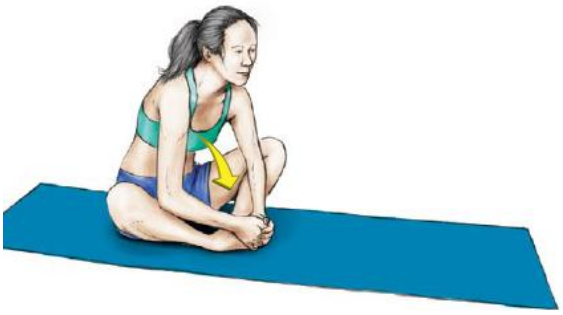
วิธีการปฏิบัติ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อบริเวณสะโพกส่วน ทำโดยนอนราบเท้าเหยียดตรง ยกเท้าข้างหนึ่งเอามือจับเข่าแล้วดึงเข้าหาหน้าอกจนกระทั่งกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังตึง แล้วหยุดนิ่งค้างไว้ 10 วินาที และเปลี่ยนไปปฏิบัติอีกข้าง

ท่าที่ 7 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อสะโพกด้านหลัง (Quadriceps, hips)



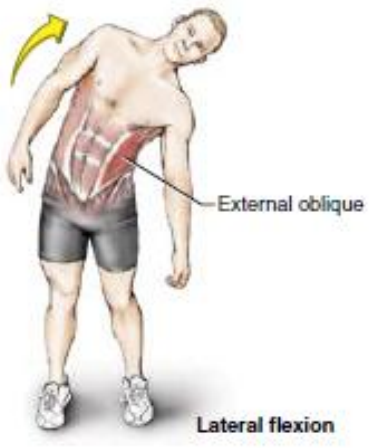
วิธีการปฏิบัติ ยืนแยกเท้าหน้าหลังให้มากที่สุดแล้วคุกเข่าให้เข่าหลังสัมผัสพื้น เข่าหน้างอตั้งฉากลำตัวตั้งตรงมือจับที่เอวหรือสะโพก ถ่ายน้ำหนักตัวไปข้างหน้าให้มากที่สุดจนรู้สึกตึง แล้วหยุดนิ่งค้างไว้ 10 วินาที และเปลี่ยนไปปฏิบัติอีกข้าง

ท่าที่ 8 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน (Seated hip adductor stretch)



วิธีการปฏิบัติ นั่งกับพื้นประกบฝ่าเท้าทั้งสองข้างเข้าหากัน มือจับที่ข้อเท้า ข้อศอกดันบริเวณหัวเข่า แล้วก้มตัวมาด้านหน้า ให้รู้สึกตึงบริเวณต้นขาด้านใน ค้างไว้ 10 วินาที

ท่าที่ 9 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อข้างลำตัว (External oblique stretch)



วิธีการปฏิบัติ ยืนตัวตรง เอียงตัวไปด้านข้าง ค้างไว้ 10 วินาที และเปลี่ยนไปปฏิบัติอีกข้าง

ภาคผนวก ค

การทดสอบหาระดับการรับรู้ความเจ็บปวดกล้ามเนื้อขา

การทดสอบหาระดับการรับรู้ความเจ็บปวดกล้ามเนื้อขา

(วิมลรัตน์ กฤษณะประกรกิจ, 2544)

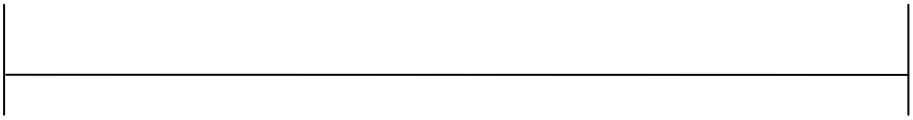
1. เครื่องทดสอบการรับรู้ความเจ็บปวดแบบ Visual Analogue Scale (VAS)

2. ทำการทดสอบโดยใช้เส้นตรงยาว 10 เซนติเมตร ให้ปลายข้างหนึ่งแทนค่าด้วยเลข 0 หมายถึง ไม่ปวด และปลายอีกข้างหนึ่งแทนค่าด้วยเลข 10 หมายถึง ปวดมาก

3. วิธีการทดสอบกระทำโดยการทำเครื่องหมายบนเส้นตรง เพื่อแสดงความรุนแรงของความปวด แล้วนำค่าที่ได้มาวัดเป็นเซนติเมตร โดยการแทนค่าความเจ็บปวดจะเหมือนการให้คะแนนความเจ็บปวด (Pain score) ซึ่งมีคะแนน ตั้งแต่ 0 ถึง 10 ดังนี้

คะแนน	0	แทนความรู้สึก	ไม่ปวดเลย
คะแนน	1-4	แทนความรู้สึก	ปวดเล็กน้อย
คะแนน	5-6	แทนความรู้สึก	ปวดปานกลาง
คะแนน	7-10	แทนความรู้สึก	ปวดมาก

Visual Analogue Scales (VAS)



No pain

Pain as bad as it could possibly be

ค่าเฉลี่ยการรับรู้ความเจ็บปวดกล้ามเนื้อขาด้วยวิธี Visual Analogue Scale (VAS) ก่อนการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก

	ก่อนการทดสอบครั้งที่ 1	ก่อนการทดสอบครั้งที่ 2	ก่อนการทดสอบครั้งที่ 3
คะแนนค่าความเจ็บปวด	0	0	0

จากตาราง พบว่า กลุ่มตัวอย่าง มีคะแนนค่าความเจ็บปวดกล้ามเนื้อขาก่อนทำการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก เฉลี่ย 0 คะแนน ซึ่งหมายถึง แทนความรู้สึก ไม่ปวดเลย

ภาคผนวก ง

1. ใบสมัครเข้าร่วมการวิจัย
2. ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
3. ใบบันทึกผลการทดลอง

ลำดับที่.....

ชื่อ-นามสกุล ..... อายุ ..... ปี
วัน/ เดือน/ ปีเกิด ..... น้ำหนัก ..... กิโลกรัม ส่วนสูง..... เซนติเมตร
บ้านเลขที่ ..... หมู่ ..... ถนน ..... ตำบล .....
อำเภอ .....จังหวัด .....
หมายเลขโทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้ .....

มีความประสงค์ที่จะเข้าร่วมในการทำวิจัยครั้งนี้

ลงนาม

.....

(.....)

วันที่ ...../ ...../ .....

ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เรื่อง ความสัมพันธ์ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปรินท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว

วันให้คำยินยอม วันที่ ..... เดือน ..... พ. ศ..... ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียดและมีความเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และข้าพเจ้ามีสิทธิจะบอกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อข้าพเจ้า

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจไม่ปิดบัง ซ่อนเร้น จนข้าพเจ้าพอใจ ข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าจะถูกเก็บเป็นความลับและจะเปิดเผยในภาพรวมที่เป็นการสรุปผลการวิจัย

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม ….....ผู้ยินยอม

(….....)

ลงนาม ….....ผู้ปกครอง/ ผู้แทนโดยชอบด้วยกฎหมาย

(.....)

ลงนาม ….....พยาน

(….....)

ลงนาม ….....ผู้วิจัย

(….....)

ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เรื่อง ความสัมพันธ์ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว

วันให้คำยินยอม วันที่ ..... เดือน ..... พ. ศ. ..... ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียดและมีความเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และข้าพเจ้ามีสิทธิจะบอกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อข้าพเจ้า

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจไม่ปิดบัง ซ่อนเร้น จนข้าพเจ้าพอใจ ข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าจะถูกเก็บเป็นความลับและจะเปิดเผยในภาพรวมที่เป็นการสรุปผลการวิจัย

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม ….....ผู้ยินยอม

(….....)

ลงนาม ….....พยาน

(….....)

ลงนาม ….....ผู้วิจัย

(….....)

ลำดับที่.....

ใบบันทึกผลการทดลอง

1. ข้อมูลเบื้องต้น

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

ความดันโลหิต……./ ……. อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ……. ครั้ง/ นาที

2. ทดสอบหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) และสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) โดยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test)

ระดับการรับรู้ความเจ็บปวดกล้ามเนื้อขา = ……..……

ค่า Anaerobic power = …….. ค่า Anaerobic capacity =……...……

ค่า % Fatigue index = ……...…….

3. ทดสอบหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) และสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) โดยแบบทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (Running base anaerobic sprint test)

การวิ่งเที่ยวที่	เวลา (วินาที)
1	
2	
3	
4	
5	
6	

ระดับการรับรู้ความเจ็บปวดกล้ามเนื้อขา = …….

ค่า Anaerobic power = …….. ค่า Anaerobic capacity = ……..……

ค่า % Fatigue index = ……..…….

4. ทดสอบหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) และสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) โดยแบบทดสอบการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (Four 40 yards sprint test)

การวิ่งเที่ยวที่	เวลา (วินาที)
1	
2	
3	
4	

ระดับการรับรู้ความเจ็บปวดกล้ามเนื้อขา = …….

ค่า Anaerobic power = ……...…….. ค่า Anaerobic capacity = ……..……

ค่า % Fatigue index = ……..……

ภาคผนวก จ

ใบบันทึกผลการตรวจสุขภาพ

ลำดับที่.....

ใบบันทึกผลการตรวจสุขภาพ

เรื่อง ความสัมพันธ์ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว

วันที่ได้รับการตรวจ วันที่ ……. เดือน ……..…… พ. ศ. ……..

ชื่อ-นามสกุล……อายุ…….……ปี เพศ…...……...

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

ความดันโลหิต……. /…….. มิลลิลิตรปรอท ชีพจรขณะพัก ……..…… ครั้ง/ นาที

ประวัติการเจ็บป่วย

การเจ็บป่วยในอดีตที่สำคัญ

……

……

โรคประจำตัว

……

……

ประวัติครอบครัว (โรคหัวใจ, อัมพฤกต์, อัมพาต)

……

……

……

……

ประวัติการใช้ยา

1. ยาที่ใช้เป็นประจำ

……

……

……

2. ยาที่มีประวัติการแพ้

……

……

……

Physical examination

General appearance

……

……

……

HEENT	☐	Normal	☐	Abnormal
Chest	☐	Normal	☐	Abnormal
Heart	☐	Normal	☐	Abnormal
Abdomen	☐	Normal	☐	Abnormal
Genitalia	☐	Normal	☐	Abnormal
Skin	☐	Normal	☐	Abnormal
Extremities	☐	Normal	☐	Abnormal
Neuro	☐	Normal	☐	Abnormal

Final impression

	☐	Normal	☐	Abnormal

Remark

……

……

แพทย์ผู้ตรวจ ……..……..

( )

ภาคผนวก ฉ

เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย

เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย

ชื่อเรื่อง ความสัมพันธ์ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกต แอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว

ชื่อผู้วิจัย นายจิรวัฒน์ ทองเอี่ยม รหัสนิสิต 53910973 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

เรียนผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกท่าน

การวิจัยครั้งนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกระหว่างการทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก รันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์และการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว เพื่อหาแบบทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกที่เหมาะสมและให้ค่าใกล้เคียงการทดสอบวินเกตแอนแอโรบิกมากที่สุด ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกในการนำไปใช้ทดสอบภาคสนาม

เมื่อท่านเข้าร่วมงานวิจัยแล้วสิ่งที่ท่านจะต้องปฏิบัติ คือ ท่านจะได้รับการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยโดยย่อ และการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ทั้งสิ้น เมื่อท่านตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย ท่านจะต้องลงนามยินยอมเข้าร่วมในการวิจัยโดยอิสระ และรับการตรวจร่างกายโดยแพทย์ หากท่านมีคุณสมบัติที่เหมาะสมและยินยอมที่จะเข้าร่วมการวิจัยนี้ท่านจะได้รับการทดสอบดังต่อไปนี้

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลโดยใช้ระยะเวลาในการวิจัยทั้งหมด 4 สัปดาห์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ระยะก่อนการทดลอง

1.1 คัดเลือกและรับอาสาสมัครกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัยจำนวน 40 คน (ชาย 20 คน หญิง 20 คน)

1.2 ชี้แจงจุดประสงค์ของการวิจัยและขอความร่วมมือจากกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัย โดยมีข้อตกลงในการเตรียมความพร้อมของผู้ทดลอง

1.2.1 กลุ่มตัวอย่างงดการออกกำลังกาย หรือการแข่งขันกีฬาทุกประเภท อย่างน้อย 1 วัน

1.2.2 กลุ่มตัวอย่างงดแอลกอฮอล์ บุหรี่และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน ก่อนเข้ารับการทดลองเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

1.2.3 กลุ่มตัวอย่างงดการบริโภคอาหารอย่างน้อย 3 ชั่วโมง ก่อนการทดลอง

1.3 ทำการทดสอบแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR-Q)

1.4 ตรวจสุขภาพร่างกายจากแพทย์โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา

ขั้นตอนที่ 2 ระยะทดลอง

2.1 ก่อนการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกทุกครั้ง ต้องทดสอบหาระดับการรับรู้ความเจ็บปวดกล้ามเนื้อขา หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ดังนี้

2.1.1 สัปดาห์ที่ 1 ทดสอบหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) โดยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก (Wingate anaerobic test) ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 18 นาที ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1.1.1 ปรับที่นั่งของจักรยานวัดงานให้เหมาะสม โดยให้ผู้รับการทดสอบสามารถเหยียดขาได้สุดพอดีในขณะนั่ง

2.1.1.2 ป้อนข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้แก่ ชื่อ เพศ น้ำหนักตัว และน้ำหนักถ่วงที่ใช้ทดสอบ (น้ำหนักตัว x 0.067)

2.1.1.3 ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่ง เพื่อทำการอบอุ่นร่างกายประมาณ 5 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที จากนั้นปั่นจักรยานโดยใช้งานระดับเบา ประมาณ 3 นาที แล้วเพิ่มความเร็วของการปั่นประมาณ 100 รอบต่อนาที

2.1.1.4 เมื่อให้สัญญาณบอก “เริ่ม” พร้อมกดสัญญาณที่แป้นพิมพ์ เพื่อเพิ่มน้ำหนักถ่วงและนับรอบจากการปั่น ขณะเดียวกันผู้เข้ารับการทดสอบต้องปั่นจักรยานอย่างเต็มที่ตลอดเวลา 30 วินาที

2.1.1.5 เมื่อปั่นครบเวลาแล้วต้องรีบลดน้ำหนักถ่วง แล้วให้ผู้เข้ารับการทดสอบปั่นต่อช้า ๆ อีก 3 นาที เพื่อทำการคลายอุ่นและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที

2.1.2 สัปดาห์ที่ 2 ทดสอบหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) โดยวิธีรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The running-based anaerobic sprint test) ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 16 นาที ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1.2.1 ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่ง เพื่อทำการอบอุ่นร่างกายประมาณ 5 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที

2.1.2.2 ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว โดยในแต่ละเที่ยวจะมีเวลาพักระหว่างเที่ยว 10 วินาที

2.1.2.3 ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งประมาณ 3 นาที เพื่อทำการคลายอุ่นร่างกาย และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที

2.1.3 สัปดาห์ที่ 3 ทดสอบหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic power) สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) โดยการวิ่งเร็ว 40 หลา จำนวนสี่เที่ยว (Four 40 yards sprint test) ในขั้นตอนนี้ใช้เวลาในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 16 นาที ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1.3.1 ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่ง เพื่อทำการอบอุ่นร่างกายประมาณ 5 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที

2.1.3.2 ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 40 หลา (36.6 เมตร) จำนวน 4 เที่ยว โดยในแต่ละเที่ยวจะมีเวลาพักระหว่างเที่ยว 15 วินาที

2.1.3.3 ให้ผู้เข้ารับการทดสอบวิ่งประมาณ 3 นาที เพื่อทำการคลายอุ่นร่างกาย และยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 3 นาที

ขั้นตอนที่ 3 ระยะหลังการทดลอง

นำผลข้อมูลค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก และร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ขั้นตอนการวิจัย

สัปดาห์ที่	การปฏิบัติ
1	- คัดเลือกและรับอาสาสมัครกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมงานวิจัยจำนวน 40 คน (ชาย 20 คน หญิง 20 คน) - ให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกาย (PAR-Q)
2	**วันที่ 1** นัดผู้เข้าร่วมวิจัยรายงานตัวที่ห้องปฏิบัติการเวลา 08.00 น. - อธิบายและชี้แจงรายละเอียด เพื่อเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ ลำดับขั้นตอน และวิธีดำเนินการวิจัย รวมไปถึงข้อตกลงต่าง ๆ ระหว่างการเข้าร่วมทำการวิจัยในครั้งนี้ และลงนามยินยอมเข้าร่วมการวิจัย **วันที่ 2** นัดผู้เข้าร่วมวิจัยรายงานตัวที่ห้องปฏิบัติการเวลา 08.00 น. - ตรวจสุขภาพร่างกายจากแพทย์โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา - เก็บข้อมูลเบื้องต้น ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก - ทดสอบระดับการรับรู้ความเจ็บปวดกล้ามเนื้อ - ทดสอบด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก ตามลำดับที่ ดังนี้ เวลา 9.00 น. ทำการทดสอบลำดับที่ 1-10 เวลา 10.00 น. ทำการทดสอบลำดับที่ 11-20 เวลา 11.00 น. ทำการทดสอบลำดับที่ 21-30 เวลา 12.00 น. ทำการทดสอบลำดับที่ 31-40
3	นัดผู้เข้าร่วมวิจัยรายงานตัวที่สนามเชาว์ มณีวงษ์ เวลา 07.00 น. - ทดสอบระดับการรับรู้ความเจ็บปวดกล้ามเนื้อ - ทดสอบด้วยวิธีรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปรึ๊นท์ ตามลำดับที่ ดังนี้ **วันที่ 1** เวลา 7.00 น. ทำการทดสอบลำดับที่ 1-10 เวลา 7.30 น. ทำการทดสอบลำดับที่ 11-20 **วันที่ 2** เวลา 7.00 น. ทำการทดสอบลำดับที่ 21-30 เวลา 7.30 น. ทำการทดสอบลำดับที่ 31-40

4	นัดผู้เข้าร่วมวิจัยรายงานตัวที่สนามเชาว์ มณีวงษ์ เวลา 07.00 น. - ทดสอบระดับการรับรู้ความเจ็บปวดกล้ามเนื้อ - ทดสอบด้วยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว ตามลำดับที่ ดังนี้ **วันที่ 1** เวลา 7.00 น. ทำการทดสอบลำดับที่ 1-10 เวลา 7.30 น. ทำการทดสอบลำดับที่ 11-20 **วันที่ 2** เวลา 7.00 น. ทำการทดสอบลำดับที่ 21-30 เวลา 7.30 น. ทำการทดสอบลำดับที่ 31-40

ผลของการศึกษานี้จะใช้สำหรับวัตถุประสงค์ทางวิชาการเท่านั้น โดยข้อมูลต่าง ๆ จะถูกเก็บไว้เป็นความลับ และไม่มีการแพร่งพรายสู่สาธารณชน ขอรับรองว่าจะไม่มีการเปิดเผยชื่อของท่านตามกฎหมายหลังจากเสร็จสิ้นการวิจัย และการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจเข้าร่วมการศึกษาวิจัยแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลาโดยไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น

หากท่านมีปัญหาหรือข้อสงสัยประการใด สามารถสอบถามได้โดยตรงจากผู้วิจัยในวันทำการรวบรวมข้อมูล หรือสามารถสอบถามเกี่ยวกับการวิจัยครั้งนี้ได้ตลอดเวลาที่ผู้วิจัย คือ นายจิรวัฒน์ ทองเอี่ยม หมายเลขโทรศัพท์ 088-525-3722 ซึ่งยินดีตอบคำถามทุกคำถาม

จึงเรียนมาเพื่อทราบและขอขอบคุณท่านเป็นอย่างยิ่ง ในการร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้

นายจิรวัฒน์ ทองเอี่ยม

ผู้วิจัย

ภาคผนวก ช

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลที่ได้จากทดสอบของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง

คนที่	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ส่วนสูง (เซนติเมตร)
1	20	73	182
2	18	83	189
3	18	72	177
4	18	59	174
5	19	68	185
6	21	63	172
7	19	67	176
8	20	67	164
9	18	65	172
10	18	65	182
11	18	60	172
12	19	63	173
13	18	71	181
14	20	60	169
15	22	68	178
16	19	60	174
17	21	73	174
18	21	57	169
19	23	73	175
20	19	55	167

ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

คนที่	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ส่วนสูง (เซนติเมตร)
21	21	58	175
22	21	51	164
23	21	57	164
24	21	55	158
25	19	53	160
26	21	51	163
27	22	58	167
28	21	64	165
29	21	60	165
30	20	52	158
31	18	63	171
32	19	64	175
33	19	72	173
34	20	74	165
35	21	56	169
36	21	53	160
37	18	40	163
38	20	48	167
39	20	57	156
40	20	60	169
$\bar{x}$	**19.83**	**61.79**	**170.30**
SD	**1.36**	**8.60**	**7.66**

ผลของการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก

คนที่	**พลังสูงสุดเชิงแอนแอโรบิก (วัตต์)**	**สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)**	**ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (เปอร์เซ็นต์)**
1	704.45	606.63	17.68
2	800.95	644.91	35.97
3	868.32	636.48	41.45
4	758.74	577.02	38.22
5	710.60	601.12	23.98
6	607.95	573.93	8.53
7	754.42	556.77	37.29
8	646.55	448.90	54.26
9	783.90	574.60	48.76
10	835.90	592.15	45.09
11	579.00	522.60	8.53
12	607.95	531.72	26.82
13	685.15	609.18	17.68
14	723.60	562.80	41.45
15	765.68	573.92	45.12
16	723.60	530.40	41.45
17	762.85	616.12	32.42
18	641.82	473.67	45.12
19	821.98	606.63	45.12
20	619.30	515.90	29.45

ผลของการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ด้วยวิธีของวินเกตแอนแอโรบิก (ต่อ)

คนที่	**พลังสูงสุดเชิงแอนแอโรบิก (วัตต์)**	**สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)**	**ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (เปอร์เซ็นต์)**
21	606.10	427.46	49.32
22	532.95	335.07	49.32
23	641.82	397.29	52.96
24	486.20	316.80	50.07
25	468.52	355.10	40.09
26	448.80	362.10	39.82
27	559.70	443.12	35.97
28	617.60	403.20	54.26
29	579.00	409.80	54.26
30	418.08	320.32	45.11
31	556.92	464.31	20.12
32	514.56	420.48	23.15
33	636.48	453.60	50.07
34	714.10	486.18	54.26
35	540.40	352.80	54.26
36	426.12	319.59	45.11
37	321.60	284.00	12.17
38	501.60	411.84	23.98
39	595.65	435.48	40.87
40	579.00	394.20	45.12
$\bar{x}$	**628.70**	**478.70**	**38.12**
SD	**126.77**	**140.70**	**13.41**

ผลของการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ด้วยวิธีรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์

คนที่	พลังสูงสุดเชิงแอนแอโรบิก (วัตต์)	สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)	ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (เปอร์เซ็นต์)
1	919.00	627.50	44.94
2	625.00	500.83	34.24
3	489.00	454.83	13.50
4	571.00	469.17	26.44
5	914.00	579.00	60.28
6	660.00	502.33	41.06
7	944.00	644.00	46.61
8	561.00	379.17	53.12
9	566.00	438.67	40.99
10	597.00	504.33	26.47
11	488.00	433.67	21.11
12	575.00	491.50	27.13
13	619.00	533.83	24.07
14	505.00	443.83	25.74
15	490.00	412.50	34.90
16	435.00	363.83	28.51
17	498.00	388.00	42.57
18	520.00	374.50	45.58
19	728.00	462.17	57.69
20	609.00	441.83	44.94

ผลของการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก ด้วยวิธีรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (ต่อ)

คนที่	**พลังสูงสุดเชิงแอนแอโรบิก (วัตต์)**	**สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)**	**ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (เปอร์เซ็นต์)**
21	346.00	333.33	51.07
22	224.00	169.00	32.37
23	287.00	205.67	43.75
24	165.00	97.67	45.64
25	223.00	187.17	72.73
26	336.00	255.33	29.60
27	313.00	269.50	47.02
28	296.00	244.33	23.96
29	300.00	208.50	38.85
30	248.00	169.50	59.67
31	290.00	265.17	54.44
32	349.00	291.00	17.93
33	354.00	230.00	35.53
34	339.00	260.83	53.67
35	252.00	188.67	40.41
36	263.00	185.83	44.05
37	171.00	134.50	57.03
38	278.00	231.17	45.03
39	362.00	281.17	28.06
40	271.00	212.17	41.44
$\bar{x}$	**449.50**	**346.65**	**40.06**
SD	**202.33**	**144.07**	**13.16**

ผลของการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก โดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว

คนที่	พลังสูงสุดเชิงแอนแอโรบิก (วัตต์)	สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)	ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (เปอร์เซ็นต์)
1	604.00	548.25	22.19
2	466.00	433.25	12.66
3	570.00	493.50	26.14
4	558.00	442.50	34.23
5	512.00	480.25	15.82
6	640.00	478.75	39.22
7	542.00	482.50	21.59
8	412.00	339.25	29.13
9	503.00	463.50	16.70
10	487.00	444.00	17.04
11	538.00	434.75	30.30
12	479.00	428.25	33.61
13	512.00	428.25	40.43
14	554.00	478.50	25.99
15	457.00	413.50	15.97
16	442.00	410.00	16.97
17	506.00	450.25	18.97
18	441.00	390.00	17.23
19	540.00	439.75	27.78
20	604.00	548.25	22.19

ผลของการทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก โดยการวิ่งเร็ว 40 หลา 4 เที่ยว (ต่อ)

คนที่	**พลังสูงสุดเชิงแอนแอโรบิก (วัตต์)**	**สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (วัตต์)**	**ร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (เปอร์เซ็นต์)**
21	517.00	437.75	37.14
22	304.00	310.25	0.99
23	182.00	164.00	18.13
24	340.00	278.25	34.71
25	158.00	117.25	39.87
26	224.00	176.25	33.93
27	417.00	296.25	47.72
28	344.00	312.50	22.38
29	299.00	268.00	20.40
30	244.00	213.25	30.74
31	176.00	153.75	24.43
32	312.00	255.00	34.94
33	285.00	238.00	27.02
34	320.00	268.00	36.25
35	343.00	277.25	40.82
36	198.00	171.75	28.79
37	236.00	190.00	33.05
38	162.00	141.00	19.75
39	272.00	241.50	20.96
40	363.00	286.00	34.71
$\bar{x}$	**394.53**	**338.04**	**27.37**
SD	**137.45**	**120.76**	**10.07**