613.7
อนุช
ร.ส

การตอบสนองทางสรีรวิทยาในการเล่นฟุตบอลเกมเล็กสามแบบ

ปริญญานิพนธ์
ของ
อนุชา มาคะวงค์

16 ส.ค. 2553

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
พฤษภาคม 2553
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การตอบสนองทางสรีรวิทยาในการเล่นฟุตบอลเกมเล็กสามแบบ

บทคัดย่อ

ของ

อนุชา มาคะวงค์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

พฤษภาคม 2553

อนุชา มาคะวงค์. (2553).*การตอบสนองทางสรีรวิทยาในการเล่นฟุตบอลเกมเล็กสามแบบ* ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์เสนาคำ, อาจารย์ ดร.อุษากร พันธุ์วานิช.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการตอบสนองทางสรีรวิทยาในการเล่นฟุตบอลเกมเล็กสามแบบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จำนวน 30 คนได้มาโดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) หลังจากนั้นแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มๆละ 10 คน และทำการเล่นตามโปรแกรมทั้ง 3 รูปแบบ คือ รูปแบบฟรีสไตล์ รูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะและรูปแบบจังหวะเดียวโดยทุกกลุ่มต้องได้รับการเล่นทั้งสามรูปแบบโดยให้สวมเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สายเพื่อทำการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจ ทดสอบกรดแลคติกในเลือด ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ในขณะการเล่นเป็นเวลา 40 นาที ข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจขณะเล่นจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจกับการใช้ออกซิเจนที่ได้จากการวัดในห้องทดลอง โดยสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (HR-VO_2 regression)ของแต่ละคนและนำไปคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานในขณะการเล่นทั้ง 3 รูปแบบ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำและทดสอบความแตกต่างรายคู่โดยวิธีของบอนเฟอโรนี กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยพบว่า การเล่นแบบฟรีสไตล์มีค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด(156±2.51) รองลงมาคือการเล่นรูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะ(151±1.87) และจังหวะเดียว (149±2.46)ในด้านกรดแลคติกพบว่าการเล่นแบบไม่เกิน 2 จังหวะมีค่าเฉลี่ยสูงสุด(5.504±1.161)รองลงมาคือแบบฟรีสไตล์ (5.393±1.280)และจังหวะเดียว(4.237±0.883) ในด้านค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์พบว่าแบบฟรีสไตล์มีค่าเฉลี่ยสูงสุด(11.25±3.49 รองลงมาคือแบบจังหวะเดียว(10.75±4.425)และไม่เกิน 2 จังหวะ (10.25±3.201) ในด้านการใช้พลังงานและระบบพลังงานพบว่า รูปแบบฟรีสไตล์มีอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย 156 ครั้ง/นาที เทียบได้ 84% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด(HRmax) อัตราการใช้พลังงานตลอดการเล่นเฉลี่ย 583 กิโลแคลอรีและระบบพลังงานที่ใช้ในขณะการเล่นคือ ระบบแอนแอโรบิก 42% ระบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก 25%และระบบแอโรบิก 36% รูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะมีอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย 151 ครั้ง/นาที เทียบได้ 82% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) อัตราการใช้พลังงานตลอดการเล่นเฉลี่ย 543 กิโลแคลอรีและระบบพลังงานที่ใช้ในขณะการเล่นคือ ระบบแอนแอโรบิก 32% ระบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก 27%และระบบแอโรบิก 44% และรูปแบบจังหวะเดียวมีอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย 149 ครั้ง/นาที เทียบได้ 81% ของอัตราการเต้น

หัวใจสูงสุด(HRmax) อัตราการใช้พลังงานตลอดการเล่น เฉลี่ย 541 กิโลแคลอรีและระบบพลังงานที่ใช้ในขณะการเล่นคือ ระบบแอนแอโรบิก 33% ระบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก 36%และระบบแอโรบิก 45% จากการศึกษาสรุปได้ว่า รูปแบบการเล่นแบบฟรีสไตล์มีค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจ กรดแลคติกในเลือด ค่าความเหนื่อยล้มพัทธ์และการใช้พลังงานสูงสุดและจากการวิจัยครั้งนี้หากผู้ฝึกสอนต้องการฝึกซ้อมหรือเล่นในระดับความหนักที่สูง (High Intensity) ควรเลือกการฝึกซ้อมแบบฟรีสไตล์ แบบไม่เกิน 2 จังหวะและแบบจังหวะเดียวตามลำดับ

PHYSIOLOGICAL RESPONSE ON THREE TYPES OF SMALL-SIDED SOCCER GAMES

AN ABSTRACT

BY

ANUCHA MAKAWONG

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Master of Science Degree in Sport Science

at Srinakharinwirot University

May 2010

Anucha Makawong. (2010). Physiological Response on Three Types of Small-Sided Games. Master thesis, M.Sc. (Exercise Science).Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr.Tanormsak Senakham, Dr. Usakorn Punvanich.

The purposes of this research were to study and compare the physiological response on three types of small-sided games. Thirty male football players of Srinakharinwirot University were selected by purposive sampling method. The selected players were divided into three groups. Each group played the game in three styles: freestyle, two-pass, and one-pass. Each group played in each style for 40 minutes while wearing the cordless pulse measurement to record the heart rate, the lactic acid level in the blood, and the tiredness. The heart rate would be compared with the graph of the laboratory heart rate and the oxygen usage by the HR-VO_2 regression of each player. Then the amount of the energy used in each style of playing would be calculated. The data were analyzed in terms of the variation and were tested by Bonferroni connection with the 0.5 statistic significance.

The research showed that the average of heart rate in freestyle playing was the highest at (156+2.51), the two-pass was at (151+1.87), and the one-pass was at (149+2.46). The average of the lactic acid level was the highest in the two-pass, (5.504+1.161), in the freestyle at (5.393+1.280), and in the one-pass was (4.237+0.883). The average of the tiredness level in the freestyle was the highest at (11.25+3.49), in the one-pass style at (10.75+4.425), and in the two-pass at (10.25+3.201). The heart rate in freestyle was 156 beats per minute (bpm) which was equivalent to 84% of the maximum heart rate (HRmax), and the average of the energy usage during the entire game was 583 kilocalories and the energy system used in the game was 42% anaerobic, 25% anaerobic-aerobic and 36% aerobic. In the two-pass, the heart rate was 151 beats per

minute (bpm) which was equivalent to 82% of the maximum heart rate (HRmax), and the average of the energy usage during the entire game was 543 kilocalories and the energy system used in the game was 32% anaerobic, 27% anaerobic-aerobic and 44% aerobic. In the one-pass, the heart rate was 149 beats per minute (bpm) which was equivalent to 81% of the maximum heart rate (HRmax), and the average of the energy usage during the entire game was 541 kilocalories and the energy system used in the game was 33% anaerobic, 36% anaerobic-aerobic and 45% aerobic.

According to the study, it could be concluded that the freestyle practice held the highest record of the heart rate, the lactic acid level in the blood, the tiredness, and the energy usage. Therefore, if instructors plan the practice according to the intensity, the first of the high intensity practice is freestyle practice, and then the two-pass, and the lowest intensity, among these three practice styles, will be the one-pass.

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
บัณฑิตวิทยาลัยและกองกิจการนิสิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การตอบสนองทางสรีรวิทยาในการเล่นฟุตบอลเกมเล็กสามแบบ

ของ

อนุชา มาคะวงค์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่ 27 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2553

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

..... ประธาน
(อาจารย์ ดร. ถนอมศักดิ์ เสนาคำ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.อุษากร พันธุ์วานิช)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มยุรี ศุภวิบูลย์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ เสนาคำ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.อุษากร พันธุ์วานิช)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี เพราะเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก อาจารย์ ดร.ถนอมศักดิ์ เสนาคำ ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.อุษากร พันธุ์วานิช กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และกรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติมทั้ง 2 ท่านได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มยุรี ศุภวิบูลย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ดรุณวรรณ สุขสม และผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านซึ่งได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์และมีคุณค่ามากขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ คอยอบรมสั่งสอนและให้คำแนะนำช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาการศึกษาและขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำในการทำวิจัย ขอขอบคุณ เพื่อนๆและน้องๆ ที่ให้ความร่วมมือเป็นผู้ช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลและขอบคุณนักกีฬาฟุตบอลของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่มาเป็นกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัยครั้งนี้และขอขอบพระคุณที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้ในที่นี้ที่มีส่วนทำให้ปริญญานิพนธ์นี้ลุล่วงได้ด้วยดี

ท้ายสุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อพรชัย มาคะวงค์ คุณแม่วาสนา มาคะวงค์ ผู้ที่ให้กำเนิด เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ให้เป็นคนดีและคอยให้ความสนับสนุนในการศึกษาและเป็นกำลังใจตลอดมาและครอบครัว ญาติ พี่ น้อง และเพื่อนๆทุกคน คุณค่า ประโยชน์ และคุณงามความดีใดๆที่เกิดขึ้นจากปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีระคุณทุกท่าน ที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด

อนุชา มาคะวงค์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
	ความสำคัญของการวิจัย	3
	ขอบเขตของการวิจัย	3
	ประชากรที่ใช้ในการวิจัย	3
	กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	3
	ตัวแปรที่ศึกษา	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	6
	สมมุติฐานการวิจัย	7
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	8
	การเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาของร่างกายขณะออกกำลังกาย	8
	สรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องในกีฬาฟุตบอล	22
	การผลิตพลังงานแบบแอโรบิค	23
	การผลิตพลังงานแบบแอนแอโรบิค	26
	การหมุนเวียนของพลังงานในกิจกรรมเฉพาะที่เกี่ยวกับการแข่งขัน	31
	การเผาผลาญอาหาร	32
	การเมื่อยหรือการอ่อนแรง	38
	เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	39
	งานวิจัยในต่างประเทศ	39
	งานวิจัยในประเทศ	43

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย	47
แหล่งข้อมูลและกลุ่มตัวอย่าง	47
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	47
วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล	49
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	50
4 การวิเคราะห์ข้อมูล	52
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	52
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	53
5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	99
บรรณานุกรม	110
ภาคผนวก	115
ภาคผนวก ก การทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน และอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด	116
ภาคผนวก ข ตารางการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก	118
ภาคผนวก ค วิธีการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก	120
ภาคผนวก ง ใบบันทึกการทดสอบ	124
ภาคผนวก จ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	126
ภาคผนวก ฉ หนังสือแสดงความยินยอม	130
ภาคผนวก ช หนังสือคณะกรรมการจริยธรรม	133

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

ภาคผนวก (ต่อ)

ภาคผนวก ช แสดงสมการที่นำมาใช้คำนวณการหาพลังงานในขณะการเล่น..... 135

ภาคผนวก ฌ แสดงการหาระบบพลังงานแอโรบิก (Aerobic System) หรือระบบแอนแอโรบิก (Anaerobic System) ที่ใช้ในขณะการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ..... 137

ภาคผนวก ญ รายนามผู้เชี่ยวชาญ..... 148

ประวัติย่อผู้วิจัย..... 142

บัญชีตาราง

ตาราง หน้า

1 แสดงระดับความเข้มข้นของแลคแตทในเลือด จากปลายนิ้วมือและเส้นเลือดดำที่แขนในระหว่างหรือหลังจากเกมการแข่งขันฟุตบอล..... 28

2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และ VO_2 max ของกลุ่มตัวอย่าง..... 53

3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 แบบ ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ครึ่งหลัง..... 54

4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างอัตราการเต้นของหัวใจระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบฟรีสไตล์..... 55

5 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างการทดสอบก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรกและครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก รูปแบบการเล่นแบบฟรีสไตล์..... 56

6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างอัตราการเต้นของหัวใจระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก และครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบไม่เกิน 2 จังหวะ..... 57

7 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างการทดสอบก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรกและครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก รูปการเล่นไม่เกิน 2 จังหวะ..... 58

8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก และครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบจังหวะเดียว..... 59

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

9 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจ ระหว่างการทดสอบก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรกและครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบจังหวะเดียว..... 60

10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของอัตราการเต้นหัวใจ ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ก่อนการเล่นครึ่งแรก..... 61

11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของ อัตราการเต้นหัวใจ ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งแรก.... 62

13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของอัตราการเต้นหัวใจระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งหลัง.... 63

14 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งหลัง..... 64

15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างอัตราอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบรวมครึ่งแรกและครึ่งหลัง..... 65

16 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบรวมครึ่งแรกและครึ่งหลัง..... 66

17 ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจรวมทั้งครึ่งแรกและครึ่งหลัง ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด(HRmax)..... 67

18 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกรดแลคติกในเลือดระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง ครึ่งหลัง..... 68

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียวเพื่อทดสอบความแตกต่างของกรดแลคติกในเลือดระหว่างการวัด ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบฟรีสไตล์..... 70

20 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยกรดแลคติกในเลือดระหว่างทดสอบ ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก แบบฟรีสไตล์..... 71

21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของกรดแลคติกในเลือดระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบไม่เกิน 2 จังหวะ..... 72

22 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยกรดแลคติกในเลือดระหว่างการทดสอบ ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปการเล่นแบบไม่เกิน 2 จังหวะ..... 73

23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของกรดแลคติกในเลือดระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลังและครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบจังหวะเดียว..... 74

24 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยกรดแลคติกในเลือดระหว่างการทดสอบก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก แบบจังหวะเดียว..... 75

25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่ากรดแลคติกในเลือดระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ก่อนการเล่นครึ่งแรก..... 76

26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่ากรดแลคติกในเลือดระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งแรก..... 77

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

27 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือด ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ทั้ง 3 รูปแบบของการครึ่งแรก..... 78

28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่ากรดแลคติกในเลือดระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบก่อนเริ่มครึ่งหลัง..... 79

29 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือด ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ทั้ง 3 รูปแบบ ก่อนเริ่มครึ่งหลัง..... 80

30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่ากรดแลคติกในเลือดระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบครึ่งหลัง..... 81

31 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 แบบ ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง ครึ่งหลัง..... 82

32 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ย ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่างการวัดก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก รูปแบบการเล่นแบบฟรีสไตล์..... 83

33 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ย ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่างการวัดก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก รูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะ..... 84

34 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ย ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่างการวัดก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก แบบจังหวะเดียว..... 85

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ก่อนการเล่นครึ่งแรก..... 86

36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งแรก..... 86

37 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งแรก..... 87

38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ก่อนเริ่มครึ่งหลัง..... 88

39 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ทั้ง 3 รูปแบบ ก่อนเริ่มครึ่งหลัง..... 88

40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งหลัง..... 89

41 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการใช้พลังงาน ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแ แบบ ระหว่างการเล่นครึ่งแรก และระหว่างการเล่นครึ่งหลัง..... 90

42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าการใช้พลังงานระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ในการเล่นครึ่งแรก..... 91

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าการใช้พลังงานระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ในการเล่นครึ่งหลัง..... 92

44 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงาน ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ทั้ง 3 รูปแบบ ในการเล่นครึ่งหลัง..... 93

45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าการใช้พลังงานระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งแรกและครึ่งหลัง..... 94

46 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงาน ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งแรกและครึ่งหลัง..... 94

47 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระบบพลังงานที่ใช้ครึ่งแรกและครึ่งหลังในการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ..... 95

48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าการใช้พลังงานระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ รวมครึ่งแรกและครึ่งหลัง..... 96

49 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงาน ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ทั้ง 3 รูปแบบ รวมครึ่งแรกและครึ่งหลัง..... 97

50 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระบบพลังงานที่ใช้รวมครึ่งแรกและครึ่งหลังในการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ..... 98

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1 แสดงการใช้ออกซิเจนในขณะพัก..... 10

2 กราฟแสดงความเข้มข้นของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อในระยะฟื้นตัว
จากการออกกำลังกายจนหมดแรง..... 11

3 กราฟแสดงความเข้มข้นของแลคติกในระยะฟื้นตัว 2 ประเภท คือ
การฟื้นตัวชนิดที่ให้พัก กับ การฟื้นตัวชนิดให้ออกกำลังกาย..... 12

4 แสดงจุดการเพิ่มของกรดแลคติค (OBLA)..... 20

5 แสดงการกำหนดจุด AerT (ดัดแปลงจาก Meyer at al.: 2005)..... 21

6 แสดงการกำหนดจุด AnT (ดัดแปลงจาก Meyer at al.: 2005)..... 22

7 แสดงระดับความเข้มข้นของ CP ที่วัดได้โดยใช้ Nuclear magnetic resonance
imaging (รูป a) และแรงกล้ามเนื้อแบบคงความยาว (Isometric force)..... 27

8 แสดงความเข้มข้นของแลคแตทในเลือด..... 30

9 แสดงระดับความเข้มข้นกลูโคส และอินซูลิน..... 33

10 แสดงความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอลในเลือด..... 35

11 แสดงระดับความเข้มข้นของอิพิเนฟรินและนอร์อิพิเนฟรินในเลือด..... 37

12 แสดงค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจของการเล่นฟุตเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ..... 104

13 แสดงค่าเฉลี่ยกรดแลคติกในเลือดของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ..... 105

14 แสดงค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพัทธ์ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ..... 106

15 แสดงค่าการใช้พลังงานในขณะการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ..... 107

16 แสดงค่าเฉลี่ยของระบบพลังงานของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ..... 108

17 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเจาะเลือด..... 127

18 แสดงสนามฟุตบอลเกมเล็กขนาดกว้าง-ยาว 50x40 เมตร..... 127

19 แสดงตารางวัดค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์..... 128

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
20 แสดงเครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas Analyzer)	128
21 แสดงเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย.....	129
22 แสดงการกำหนดจุด AerT (ดัดแปลงจาก Meyer at al.: 2005).....	138
23 แสดงการกำหนดจุด AnT (ดัดแปลงจาก Meyer at al.: 2005).....	138
25 ตารางแสดงการคำนวณระบบพลังโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%).....	139

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ในปัจจุบันกีฬาฟุตบอลเป็นกีฬาประเภทหนึ่งที่รู้จักกันดี ซึ่งได้รับความนิยมและเล่นกันอย่างแพร่หลายมากที่สุดในโลก อีกทั้งฟุตบอลเป็นที่ยอมรับกันว่าได้เริ่มต้นเล่นกันในประเทศอังกฤษในศตวรรษที่ 19 และได้มีการพัฒนาเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน ความก้าวหน้าของกีฬาฟุตบอลในประเทศต่างๆ ได้มีการรุดหน้าไปมากโดยเฉพาะในแถบยุโรป อเมริกาใต้ ตลอดจนแถบภูมิภาคเอเชีย จนเกิดเป็นฟุตบอลอาชีพขึ้นอย่างจริงจัง ซึ่งสามารถทำรายได้ให้นักกีฬาฟุตบอลเป็นอย่างมาก เช่น ในประเทศอังกฤษ เยอรมัน อิตาลี สเปน ฝรั่งเศส ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ เป็นต้น และการที่ทีมจะประสบผลสำเร็จนั้นย่อมขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้เล่น การประสานงานภายในทีมและการฝึกซ้อมที่ถูกต้องเหมาะสมเท่านั้น ปัจจุบันได้มีหลักการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาในหลายด้านเข้ามาประยุกษ์ใช้กับนักกีฬาฟุตบอล เช่น หลักทางชีวกลศาสตร์ สรีรวิทยาการกีฬา โภชนาการทางการกีฬา เวชศาสตร์การกีฬา รวมไปถึงจิตวิทยาการกีฬา

การที่นักกีฬาฟุตบอลหรือทีมฟุตบอลจะประสบผลสำเร็จได้นั้นต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความสามารถของนักกีฬา จะประกอบไปด้วย ทักษะและเทคนิคการเล่นฟุตบอลของนักกีฬา คือ ความสามารถพิเศษในการทำบางสิ่งบางอย่างในการฝึก โดยอาศัยการฝึกพื้นฐาน (Basic) มาประสานกลมกลืนกัน อาทิเช่น การโหม่งลูก การเลี้ยง การส่งลูก การยิ่งประตู เป็นต้น ชาญวิทย์ ผลชีวิน (2534: 85) นอกจากความสามารถทางด้านทักษะและเทคนิคฟุตบอลแล้ว สมรรถภาพทางกายที่สมบูรณ์ของนักกีฬายังมีส่วนสำคัญอย่างยิ่ง

สมรรถภาพในการเล่นฟุตบอล ความแข็งแรง ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไวในการเปลี่ยนทิศทางนั้นนับเป็นหัวใจสำคัญในความสำเร็จ นั่นหมายความว่า เมื่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาดีย่อมส่งผลดีต่อการฝึกซ้อมหรือการแข่งขัน ในทางกลับกันเมื่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาไม่ดีย่อมส่งผลเสียต่อการปฏิบัติทักษะ เทคนิคต่างๆ ในการเล่นฟุตบอล และอาจนำไปสู่การบาดเจ็บได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับ ชาญวิทย์ ผลชีวิน (2534 :96) ได้กล่าวถึง การฝึกซ้อมเพื่อเตรียมสมรรถภาพในการเล่นกีฬาฟุตบอล ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การสร้างสมรรถภาพทั่วไป เป็นการฝึกในลักษณะเตรียมความพร้อมทางด้านร่างกายทั่วๆไปเพื่อที่จะเป็นพื้นฐานในการฝึกขั้นสูง อีกประเภทหนึ่ง คือ การสร้างสมรรถภาพสำหรับนักฟุตบอล ฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีการเคลื่อนไหวในรูปแบบต่างๆมากมาย และใช้เวลาในการแข่งขันที่นานพอสมควร นักกีฬาจะต้องมีการฝึกซ้อมมาเป็นอย่างดี มีการนำหลักวิทยาศาสตร์การกีฬา

มาใช้ เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพให้กับนักกีฬาได้ฝึกอย่างถูกหลักและถูกวิธีของนักกีฬาแต่ละประเภทด้วย ดังนั้นการสร้างสมรรถภาพสำหรับนักกีฬาฟุตบอล จึงต้องอาศัยขั้นตอนและวิธีการที่ถูกวิธีการที่ถูกต้อง ในทางสรีรวิทยาได้กล่าวไว้ในระหว่างการแข่งขันเกมฟุตบอลผู้เล่นมักจะเคลื่อนที่รับและส่งลูกกันระหว่างเพื่อนร่วมทีมหรือแย่งชิงลูกบอลจากฝ่ายตรงข้ามโดยใช้เวลา 3 วินาทีในการวิ่งเร็วเข้าหาลูกบอล ดังนั้น ระบบพลังงานสำคัญที่ถูกนำไปใช้ในขณะแข่งขันฟุตบอลคือระบบพลังงานแอนแอโรบิกซึ่งสลายจากแหล่งพลังงานฟอสเฟตการใช้แหล่งพลังงานแอนแอโรบิกนี้เป็นการออกกำลังอย่างหนักในช่วงระยะเวลาอันสั้น ทำให้เกิดการสร้างกรดแลคติกเพิ่มมากขึ้น ด้วยกรดแลคติกในเลือดจึงเป็นตัวแสดงถึงความหนักในการทำงานของร่างกายในเกมการแข่งขันนั้น

การมีกรดแลคติกเกิดขึ้นขณะร่างกายทำงานหรือออกกำลังกายในปริมาณที่มากเกินกว่าภาวะปกติจะมีอิทธิพลต่อการทำงานของร่างกายซึ่งสามารถทราบภาวะของนักกีฬาแต่ละคนได้ โดยการศึกษาเพื่อหาค่ากรดแลคติกในร่างกายโดยวิธีการเจาะเลือดนอกจากมีความเสี่ยงจาการใช้เครื่องมือที่ใช้เจาะแล้วยังมีผลต่อสภาพจิตใจของผู้เข้ารับการทดสอบหรือนักกีฬา อันส่งผลถึงสมรรถภาพในการทำงานหรือการออกกำลังกายได้ (โรม วงศ์ประเสริฐ 2545) เช่นเดียวกัน การเล่นเฉพาะเจาะจงของกีฬาฟุตบอลก็คือการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก (small –side soccer game) ซึ่งมอร์โร และนาวาโร (Mallo; & Navarro: 2008) ได้กล่าวว่าการฝึกฟุตบอลเกมเล็กจะช่วยพัฒนาในด้านความอดทนของร่างกายในนักกีฬาฟุตบอล ซึ่งสอดคล้องกับ รัมปินีนี และคณะ (Rampinini et.al: 2007) ได้ทำการวิจัยเรื่อง อิทธิพลการตอบสนองด้านสรีรวิทยาของฟุตบอลเกมเล็ก ผลการทดลองระบุว่าการออกกำลังกายระหว่างฟุตบอลเกมเล็ก ขนาดสนามและการกระตุ้นของโค้ชมีผลต่อความหนักของการออกลังกาย และสามารถทำให้โค้ชปรับความหนักของการออกกำลังกายและควบคุมการฝึกได้ ซึ่งสอดคล้องกับ ฮิว-ฮาร์ทและคณะ (hill-hass et.al: 2009) กล่าวว่าผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบการเล่นแบบ 2 ต่อ 2 4 ต่อ 4 6 ต่อ 6 ผลมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเต้นของหัวใจ ความเข้มข้นของแลคติกในเลือดและค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผู้เล่นมีความเร็วในการวิ่ง 0-7 กม./ชม. ในรูปแบบ 4 ต่อ 4 2 ต่อ 2 ระยะทางรวมของการวิ่ง (1128 ม./วินาที และ 1176 ม./วินาที) และการความเร็วในการวิ่งอย่างน้อย 18 กม./ชม. จากความสำคัญของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กดังกล่าว จึงทำให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจที่จะศึกษาในเรื่อง การตอบสนองทางสรีรวิทยาในการเล่นฟุตบอลเกมเล็กสามแบบ (Physiological responses on three types of small- sided soccer games) เพื่อที่จะให้ผู้ฝึกสอนสามารถเลือกรูปแบบการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ให้มีความเหมาะสมกับนักกีฬาที่จะใช้ในการฝึกซ้อมเพื่อที่จะให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของร่างกายในการเล่นฟุตบอลเกมเล็กสามแบบ

2. เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการเล่นฟุตบอลเกมเล็กต่างกันที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาของร่างกาย

ความสำคัญของการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบถึงการตอบสนองอัตราการเต้นของหัวใจ, กรดแลกติกค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์และการใช้พลังงานในขณะการเล่นฟุตบอลเกมสามแบบ ซึ่งมีรูปแบบการเล่นแตกต่างกัน เพื่อที่จะนำผลที่ได้ไปใช้ในการกำหนดความหนักในการเล่นกีฬาฟุตบอล รวมทั้งเป็นประโยชน์และแนวทางในการศึกษาค้นคว้าครั้งต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่มีอายุระหว่าง 19 – 21 ปี จำนวน 40 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่มีอายุระหว่าง 19-21 ปี ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เป็นจำนวน 30 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ

1.1 โปรแกรมการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ซึ่งมีการเล่น 3 แบบ คือ

1.1.1 การเล่นแบบหลายจังหวะ (ฟรีสไตล์)

1.1.2 การเล่นแบบมีเงื่อนไขที่ 1 (เล่นบอลจังหวะเดียว)

1.1.3 การเล่นแบบมีเงื่อนไขที่ 2 (เล่นบอลไม่เกินสองจังหวะ)

2. ตัวแปรตาม

2.1 การตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาของร่างกาย

2.1.1 อัตราการเต้นของหัวใจ

2.1.2 กรดแลคติกในเลือด

2.1.3 ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์

2.1.4 ค่าการใช้พลังงาน

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลทีมมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. กลุ่มตัวอย่างงดดื่มแอลกอฮอล์อย่างน้อย 6 ชั่วโมงก่อนการเล่น
3. กลุ่มตัวอย่างต้องดื่มน้ำก่อนการเล่น 30 นาที
4. กลุ่มตัวอย่างต้องสวมใส่เสื้อผ้าชนิดเดียวกัน
5. เวลาของการเล่นแต่ละรูปแบบต้องใกล้เคียงกัน
6. ไม่มีอาการบาดเจ็บที่เป็นอุปสรรคต่อการทดลอง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การตอบสนองทางสรีรวิทยา (physiological respone) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงทางด้านร่ากายภายหลังการออกกำลังกายได้เสร็จสิ้นลง

2. อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) หมายถึง การเต้นของหัวใจนับเป็นครั้งต่อนาที โดยปกติชายมีอัตราการเต้นของหัวใจ 70 ครั้ง/นาที หญิง 75 ครั้ง/นาที อัตราการเต้นของหัวใจเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนักเบาของงาน

3. กรดแลคติกในเลือด (Lactic acid) หมายถึง ของเสียที่เกิดขึ้นในร่างกายหลังจากการออกกำลังกายทันที ซึ่งจะถูกสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อและในเลือด (ชูศักดิ์ เวชแพศย์. 2536) โดยในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะเจาะเลือดที่ปลายนิ้ว เพื่อตรวจดูระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด

4. ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ (Rating of perceived exertion) หมายถึง ค่าที่บอกถึงระดับความรู้สึกเหนื่อยของร่างกายโดยใช้ Borg Scale เป็นตัวชี้วัด

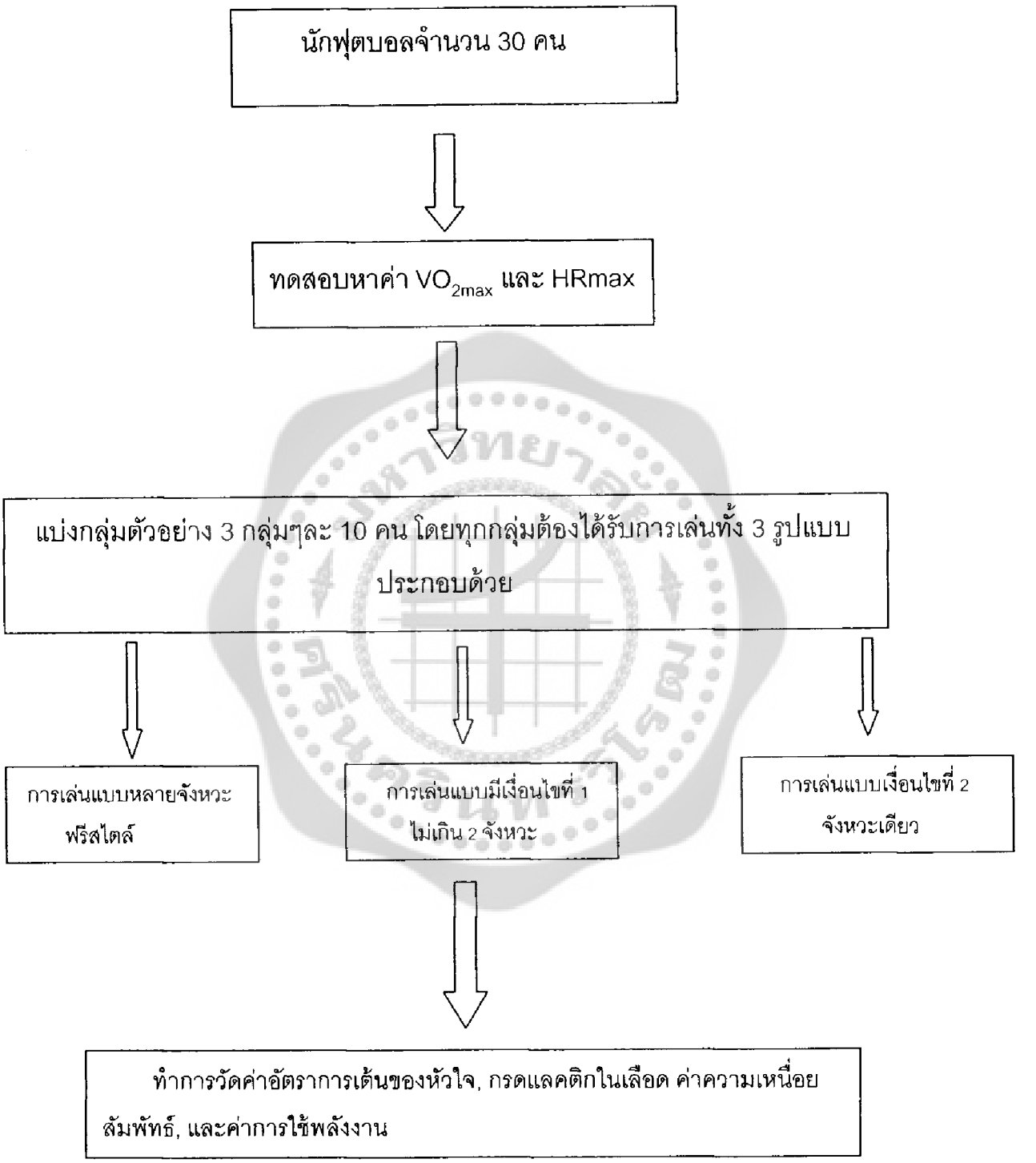
5. ฟุตบอลเกมเล็ก (Small sided soccer games) หมายถึง ฟุตบอลสนามเล็กที่มีจำนวนผู้เล่น 10 คนอยู่ในสนามโดยแบ่งข้างละ 5 คนและขนาดสนามเท่ากับ 50x40 เมตร

6. นักกีฬาฟุตบอล (soccer players) หมายถึง นักกีฬาฟุตบอลทีมมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

7. การใช้พลังงาน (energy expenditure) หมายถึง ปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละครั้งของการเคลื่อนไหวร่างกาย หรือออกกำลังกาย มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี (Kcal) ทั้งนี้ปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละครั้งจะขึ้นกับน้ำหนักตัว ระดับความหนักเบาและเวลาที่ใช้

8. รูปแบบการเล่นสามแบบ (Three-types) หมายถึง รูปแบบการเล่นทั้งสามแบบประกอบด้วย 1. รูปแบบฟรีสไตล์ 2.รูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะ 3.รูปแบบจังหวะเดียว

กรอบแนวคิดในการวิจัย



สมมุติฐานของการวิจัย

การเล่นฟุตบอลเกมเล็กที่มีลักษณะรูปแบบการเล่นต่างกันทำให้เกิดการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาของร่างกายแตกต่างกัน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาของร่างกายขณะออกกำลังกาย
2. สรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องในกีฬาฟุตบอล
   - 2.1 การผลิตพลังงานแบบแอโรบิค
   - 2.2 การผลิตพลังงานแบบแอนแอโรบิค
   - 2.3 การหมุนเวียนของพลังงานในกิจกรรมเฉพาะที่เกี่ยวกับการแข่งขัน
   - 2.4 การเผาผลาญอาหาร
   - 2.5 การเมื่อยหรือการอ่อนแรง
3. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - 3.1 งานวิจัยในต่างประเทศ
   - 3.2 งานวิจัยในประเทศ

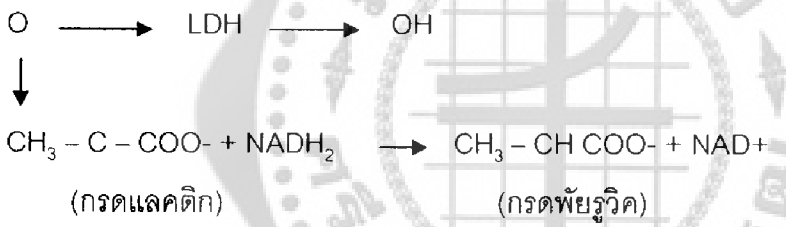
การเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาของร่างกายขณะออกกำลังกาย

การฝึกซ้อมและการออกกำลังกาย สิ่งที่สำคัญที่ผู้ฝึกสอนกีฬาต้องมีความรู้ความเข้าใจถึงบทบาทหน้าที่ของการทำงานของระบบพลังงานต่าง ๆ เพื่อที่จะได้ทำการฝึกซ้อมได้อย่างถูกต้องเหมาะสมและก่อให้เกิดประโยชน์อย่างแท้จริงกับนักกีฬา ในการฝึกซ้อมหรือออกกำลังกายนั้น เป็นการทำงานกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงต้องอาศัยขบวนการการเปลี่ยนแปลงพลังงานทางเคมีที่ได้จากสารอาหารให้เป็นพลังงานเพื่อใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ โดยแหล่งพลังงานที่ร่างกายต้องการนั้น คือ แหล่งพลังงานจากระบบ ATP-PC (Adenosine Triphosphate-Phosphocreatine) แหล่งพลังงานจากระบบไกลโคไลติก (Glycol tic System) และแหล่งพลังงานจากระบบแอโรบิค (Aerobic System)ล้วนแล้วแต่เป็นแหล่งพลังงานที่ร่างกายต้องการใช้ทั้งสิ้น แต่จะต้องขึ้นอยู่กับชนิดของกีฬานั้นด้วยในการฝึกซ้อมกีฬานั้น พลังงานที่ถูกนำมาใช้มากที่สุดคือ แหล่งพลังงานจากระบบไกลโคไลติก(Glycolytic System) เป็นระบบที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจนในการสำรองพลังงานเอทีพี แต่จะก่อให้เกิดกรดแลคติกขึ้นจึงเป็นระบบที่นำมาใช้ในกรณีฉุกเฉิน (Emergency System) เช่นการทำงานหนักอย่างรวดเร็วและยาวนานโดยเฉพาะการทำงานในช่วงเวลา 20 – 45 วินาที พลังงานสำรอง (ไกลโคเจน)จากระบบนี้จะถูกนำมาใช้มากที่สุด

(สนธยา สีละมาด. 2547: 63) สอดคล้องกับ แจค ; และ เดวิด (Jack ; & David. 2000) ได้กล่าวว่า พลังงานระบบนี้ได้มาจากการสลายสารอาหารประเภทไกลโคเจนซึ่งไม่ใช้ออกซิเจน พลังงานระบบนี้มีขีดความสามารถในการทำงานที่ระดับความหนักมาก ๆ ได้ ในช่วงระยะเวลา 30-90 วินาทีแต่เนื่องจากเป็นระบบพลังงานที่ก่อให้เกิดกรดแลคติกสะสมในกล้ามเนื้อและเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุของความเมื่อยล้า

กรดแลคติกกับการออกกำลังกาย

นิโลบล และ คณะ (2519: 1615-1616) ได้กล่าวถึงปริมาณของกรดแลคติกในขณะออกกำลังกาย ส่วนใหญ่ดำเนินไปโดยการสลายกลูโคสโดยไม่ใช้ออกซิเจนจากกระบวนการกลัยโคลัยซิสในช่วงแรก และจะได้พลังงานส่วนใหญ่จากวงจรเครบส์โดยใช้ออกซิเจนในช่วงหลังถ้าร่างกายได้รับออกซิเจนเพียงพอ กรดพัยรูวิคที่เกิดขึ้นในขบวนการกลัยโคลัยซิสจะถูกสลายต่อไปในวงจรเครปส์ ถึงจะขาดออกซิเจนก็ไม่ทำให้เกิดการคั่งของกรดพัยรูวิค เพราะจะถูกสลายต่อไปเป็น กรดแลคติกโดยเอ็มไซม์แลคเตตดีฮัยโตรจินิส (LDH) ซึ่งปฏิกิริยานี้สามารถกลับไป-มาได้ ดังนี้



ชูศักดิ์ และ กันยา (2536: 165-169) ได้กล่าวถึงรูปแบบในการออกกำลังกายไว้ดังต่อไปนี้

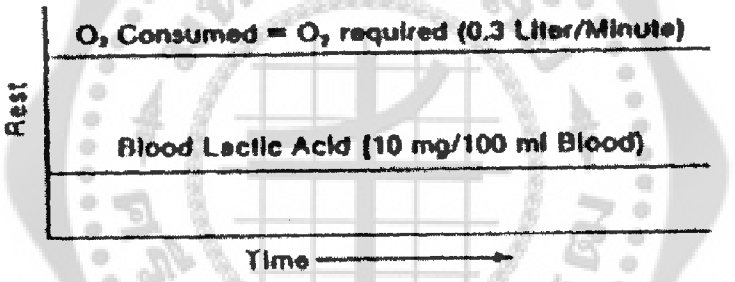
1. ในการออกกำลังกายอย่างเบา ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติก 2-4 มิลลิโมลต่อลิตร (40% - 49% ของ VO_{2max}) กล้ามเนื้อใช้ออกซิเจนที่เก็บไว้ในกล้ามเนื้อเองรวมถึงออกซิเจนที่ได้รับจากการหายใจ และการไหลเวียนเลือดก็เพียงพอกับความต้องการของกล้ามเนื้อ ภายหลังการออกกำลังกายประเภทนี้จึงไม่พบกรดแลคติกมากกว่าภาวะปกติ อาชีพที่ไม่ได้ใช้แรงงานมากคือ การทำงานธรรมดาประจำวันนั้นเป็นการใช้กำลังกายที่จัดอยู่ในพวกนี้

2. การออกกำลังกายปานกลางนั้น ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด 4 – 8 มิลลิโมลต่อลิตร (50%-74% ของ VO_{2max}) ในระยะต้นต้องใช้แอนแอโรบิคเมตะบอลิสมด้วยจนกว่าแอโรบิคเมตะบอลิสมจะปรับตัวมาทดแทนได้หมด กรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะแพร่กระจายเข้าไปในเลือดดำ และอาจ

ตรวจพบในเลือดแดงด้วยถ้าจำนวนกรดแลคติกที่เกิดขึ้นมากพอ เมื่อการออกกำลังกายดำเนินต่อไปกรดแลคติกจะลดลงสู่ระดับปกติ และทำให้ทำงานต่อไปได้หลายชั่วโมง

3. ในการออกกำลังกายอย่างหนัก ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด 8-12 มิลลิโมลขึ้นไป (75%-84% ของ VO_{2max}) กรดแลคติกในเลือดมีความเข้มข้นมากกว่า และยังคงสูงอยู่ตลอดระยะการทำงานแต่สามารถทำงานได้ถึง 30 นาที หรือนานกว่านั้น

4. ในการออกกำลังกายอย่างหนักมาก ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด 12 – 20 มิลลิโมลขึ้นไป (มากกว่า 80% ของ VO_{2max}) จำนวนออกซิเจนที่ขาดจะขาดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และกรดแลคติกในเลือดก็เพิ่มขึ้นมาก การออกกำลังกายชนิดนี้ไม่สามารถทำต่อไปได้เกิน2 - 3 นาทีในขณะพักร่างกายใช้ระบบแอโรบิกเพียงระบบเดียวในการให้พลังงานพบว่า มีกรดแลคติกเกิดขึ้นในเลือดเล็กน้อย และมีจำนวนคงที่คือ 10 มิลลิกรัม ต่อเลือด 100 มิลลิลิตร ปอดและหัวใจสามารถขนส่งออกซิเจนได้เพียงพอจึงไม่เกิดการคั่งของกรดแลคติก



ภาพประกอบ 1 แสดงการใช้ออกซิเจนในขณะพัก

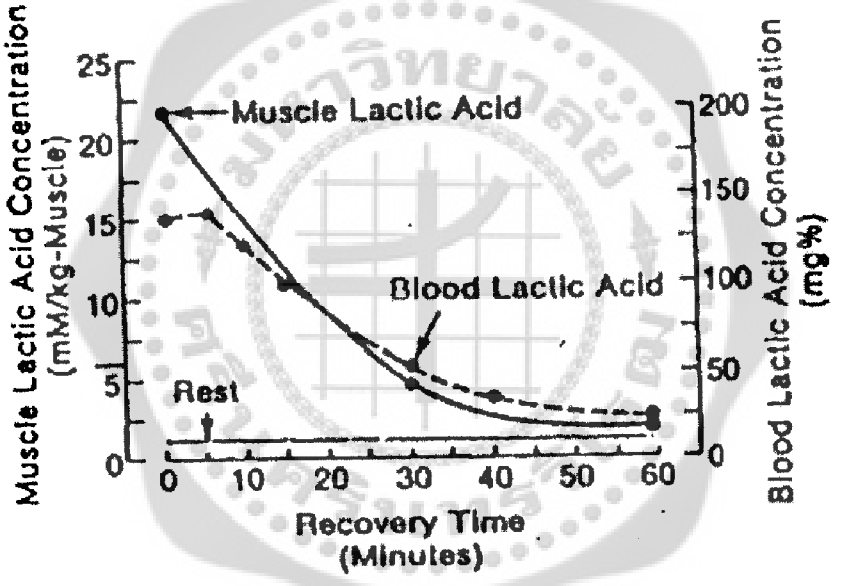
ที่มา: ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536: 150

ในขณะพักการใช้ออกซิเจน 0.3 ลิตรต่อนาที ซึ่งเป็นค่าคงที่และเพียงพอในการสังเคราะห์ ATP ทำให้กรดแลคติกในเลือดอยู่ในระดับปกติคือ 10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (10 มิลลิกรัมต่อเลือด100 มิลลิลิตร)

การเคลื่อนย้ายกรดแลคติก

ชูศักดิ์ และ กันยา (2536: 161-162) ได้กล่าวถึงการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนัก จะมีกรดแลคติกคั่งอยู่ในกล้ามเนื้อและในเลือดทำให้มีการเหนื่อยล้า การฟื้นตัวย่อมต้องการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกไปดังนี้

1. อัตราเร็วของการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือดและกล้ามเนื้อ โดยใช้จักรยานวัดงานเป็นเวลา 1 นาที และพัก 5 นาที ทำสลับกัน 5 ชุด และในขณะพักให้ผู้ถูกทดลองนั่งพักโดยไม่ทำอะไรเลย เรียกว่าการฟื้นตัวโดยการพัก (Rest recovery) สังเกตได้ว่าจะต้องการเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง เพื่อเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่คั่งอยู่ซึ่งโดยทั่วไปอาจกล่าวได้ว่าจะต้องการ15 เวลา 25 นาที สำหรับการฟื้นตัวโดยการพักภายหลังการออกกำลังกายอย่างเต็มที่เพื่อที่จะเคลื่อนย้ายกรดที่คั่งอยู่ให้ออกไปได้ครึ่งหนึ่ง



ภาพประกอบ 2 กราฟแสดงความเข้มข้นของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อในระยะฟื้นตัวจากการออกกำลังกายจนหมดแรง โดยทั่วไปจะต้องการระยะฟื้นตัวชนิดที่ให้พักเป็นเวลา 25 นาทีจึงจะเคลื่อนย้าย กรดแลคติกที่คั่งออกไปได้ครึ่งหนึ่ง

ที่มา: ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536: 160

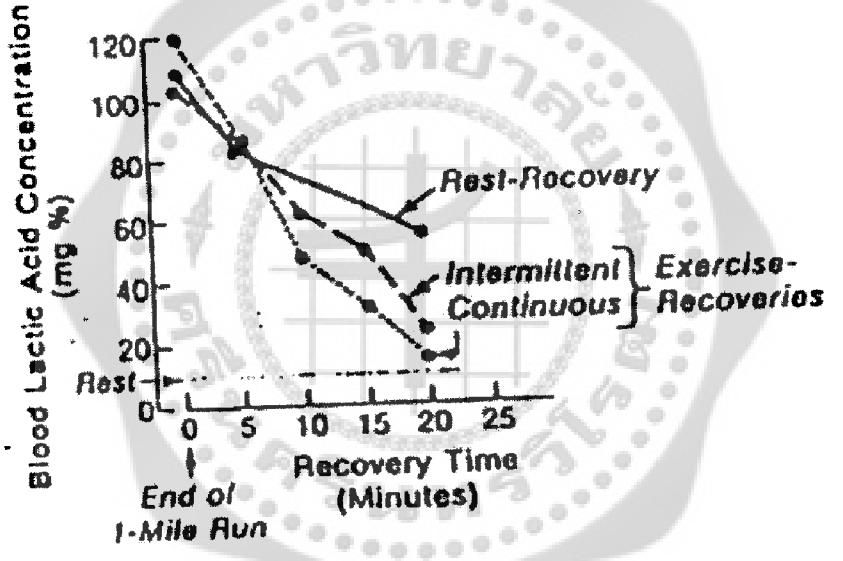
2. ผลของการออกกำลังกายในระยะฟื้นตัวต่ออัตราของการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในช่วงระหว่างการออกกำลังกายนั้น ได้มีการพบว่าถ้าให้ผู้ออกกำลังเบาๆ แทนที่จะให้อยู่เฉยๆจะทำให้การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจากเลือด และกล้ามเนื้อเกิดขึ้นได้เร็วกว่า ระยะการฟื้นตัวที่มีการออกกำลังกายเบาๆ นี้เรียกว่าการฟื้นตัวโดยการให้ออกกำลัง (Exercise recovery) โดยทดลองวิ่งระยะทาง 1 ไมล์ (วันเว้นวัน) และจัดให้มีการฟื้นตัวที่แตกต่างกันคือ

2.1 ให้นั่งพัก

2.2 ให้ออกกำลังกายติดต่อกันไปโดยให้วิ่งเหยาะๆ

2.3 ให้ออกกำลังเป็นพักๆ

พบว่าการออกกำลังกายในระยะฟื้นตัว ทำให้อัตราการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก ออกจากเลือดได้เร็วที่สุด



ภาพประกอบ 3 กราฟแสดงความเข้มข้นของแลคติกในระยะฟื้นตัว 2 ประเภท คือ การฟื้นตัวชนิดที่ให้พัก กับ การฟื้นตัวชนิดให้ออกกำลังกายจะเห็นว่า กรดแลคติกในเลือดถูกเคลื่อนย้ายไปได้เร็วกว่าเมื่อให้มีการออกกำลังภายในระยะฟื้นตัว

ที่มา: ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536: 160

2. **ครีเอทีนฟอสเฟต** เป็นต้นตอของพลังงานที่อยู่ในกล้ามเนื้อสามารถเก็บไว้ได้มากคือ

C.P. + A.D.P ⟶ creatine + A.T.P. ครีเอทีนฟอสเฟตจะถ่ายพลังงานให้กับ เอ.ดี.พี. เพื่อสร้าง เอ.ที.พี. ขึ้นใหม่ การถ่ายทอดนี้กระทำได้รวดเร็วพอสมควร

3. **กลัยโคเจน** เป็นต้นตอของพลังงานที่กล้ามเนื้อสะสมไว้ เปรียบเทียบได้กับวัตถุดิบที่ใช้เพื่อให้พลังงาน แต่กลัยโคเจนจะต้องสลายโดยผ่านขบวนการปฏิกิริยาเคมีหลายอย่าง จึงจะได้พลังงานออกมาใช้อาจกล่าวโดยย่อได้ดังนี้คือ การสลายกลัยโคเจนแบ่งได้เป็น 2 ขั้น ขั้นแรกกลัยโคเจนจะสลายเป็นกรดพัยรูวิค (Pyruvic Acid) ขบวนการนี้ไม่ใช้ออกซิเจน จึงเรียกว่าเป็นแอนแอโรบิคไกลโคไลซิส การเปลี่ยนแปลงต่อไปจากขั้นนี้อาจเป็นไปได้ 2 ทางคือ

1. เมื่อกล้ามเนื้อมีออกซิเจนใช้ กรดพัยรูวิคที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนต่อไปตามขบวนการเคมีทำให้พลังงานออกมาใช้ได้มากมาย จึงเรียกว่า เป็นแอโรบิคเมตะบอลิสม

2. ถ้ากล้ามเนื้อไม่มีออกซิเจนใช้ เมตะบอลิสมชนิดที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะดำเนินต่อไปและกรดพัยรูวิคเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติก และคั่งอยู่ในกล้ามเนื้อ กรดแลคติกนี้เองที่เป็นตัวขัดขวางไม่ให้กล้ามเนื้อทำงานต่อไปได้พลังงานที่ได้จากแอโรบิกเมตะบอลิสม และแอนแอโรบิกเมตะบอลิสมไม่เท่ากัน คือพลังงานจากกรรมวิธีแอนแอโรบิกจะได้พลังงานน้อยกว่า ในการสลายกลัยโคเจนเป็นแลคเตท เมื่อคิดพลังงานจากกูลโคส จะพบว่ากูลโคส 1 โมเลกุล ให้พลังงาน 55 กิโลแคลอรี (กลัยโคเจน 1 โมเลกุล ประกอบด้วย กูลโคสโมเลกุลมากมาย)ส่วนกรรมวิธีของแอโรบิกเมตะบอลิสมจะได้พลังงานมากกว่านี้คือ กลูโคส 1 โมเลกุล จะ ที.พี.ให้พลังงาน 8 แคลอรี จะเห็นได้ว่าพลังงานกว่าครึ่งเสียไปในรูปของความร้อน พลังความร้อนนี้ไม่สามารถนำไปใช้ทำงานได้ แต่นำมาใช้ในการรักษาอุณหภูมิภายในกายให้คงที่ที่อุณหภูมิพอเหมาะซึ่งเอนไซม์ต่าง ๆ จะทำงานได้ดี

ระบบพลังงาน (Energy System)

ระบบพลังงานฟอสฟาเจน (Phosphagen System /Immediate Energy System)

Creatine phosphate (CP) เป็นสารประกอบที่ให้พลังงานสูงอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับ ATP CP จะถูกเรียกอีกอย่างนี้ว่า Phosphagens เมื่อพันธะใน CPถูกทำให้แตกออก จะให้พลังงานซึ่งถูกนำไปใช้ในการสร้าง ATP จากผลผลิตของการแตกตัวของ ATP และ ADP และกลุ่มฟอสเฟต ดังสมการ

$$ATP \longrightarrow ADP+P+Energy$$

$$CP \longrightarrow C+P+Energy$$

ร่างกายจะสะสม CP มากกว่า ATP 3-5 เท่า ซึ่งปริมาณดังกล่าวเพียงพอที่จะให้พลังงานประมาณ 10 วินาที เมื่อ ATP ที่เดิมที่สะสมอยู่เดิมตามธรรมชาติร่วมกัน ATP ที่ถูกสร้างขึ้นใหม่จาก CP จะให้พลังงานในการทำกิจกรรมต่างๆ นาน 10 วินาที ระบบพลังงานนี้มีความจำเป็นสำหรับการเริ่มทำกิจกรรมต่างๆ ที่ต้องใช้พลังงานมาก เช่น การยกน้ำหนัก หรือการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วระบบพลังงานนี้ไม่ต้องการ ออกซิเจนในการทำปฏิกริยา

ระบบแอนแอโรบิค (The Anaerobic System หรือ Lactic acid System หรือ Anaerobic Glycolysis)

Glycolysis คือการแตกตัวของ Glucose หรือไกลโคเจน พลังงานที่ให้จะถูกนำไปใช้ในการสร้าง ATP ปฏิกิริยาการแตกตัว นี้จะเกิดขึ้นภายในเซลล์ เป็นระบบพลังงานที่ไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งระบบพลังงานนี้กล้ามเนื้อสร้างพลังงานจากกลูโคส (Glucose) และไกลโคเจน (Glycogen) จะทำให้เกิดกรดแลคติค (Lactic acid: LA) ระบบพลังงานชนิดนี้ไม่ใช่ระบบที่มีประสิทธิภาพที่สุดเนื่องจากกรดแลคติคยังคงประกอบด้วยพลังงานในปริมาณมาก

$$Glucose \longrightarrow 2ATP + 2LA + heat$$

$$Glycogen \longrightarrow 3ATP + 2LA + heat$$

พลังงานที่ได้จากการแตกตัวของ Glucose และ Glycogen สามารถนำไปใช้สร้าง ATP ให้ 2-3 ATP เป็นที่สังเกตว่าเราไม่สามารถใช้ไขมันและโปรตีนเพื่อให้พลังงานโดยผ่านกระบวนการนี้ ระบบพลังงานชนิดนี้จะให้พลังงานในปริมาณมากโดยไม่ต้องใช้ออกซิเจน (anaerobic process) แต่พลังงานที่ได้จะไม่สามารถคงการทำงานที่ใช้เวลานานๆ ได้

การออกกำลังกายอย่างหนักเป็นเวลานานโดยยังคงใช้ขบวนการ anaerobic จะทำให้เกิดการเป็นหนี้ออกซิเจน (oxygen debt) ซึ่งหมายถึงภาวะที่ร่างกายมีความต้องการพลังงานและออกซิเจนที่มากเกินกว่าที่ระบบพลังงานจะให้ได้การเป็นหนี้ดังกล่าวจำเป็นต้องมีการจ่ายคืนให้ภายหลังและทางที่สามารถทำให้คือการลดความหนักของการออกกำลังกายลงหรือเมื่อหยุดทำกิจกรรม

ปัจจัยที่เป็นตัวจำกัดในระบบ Anaerobic คือการสะสมของกรดแลคติค เมื่อกรดแลคติคถูกสร้างขึ้นในปริมาณที่มากเกินที่ระบบไหลเวียนโลหิตจะจำกัดออกได้ จะทำให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อ (Muscle fatigue) นั่นคือการรบกวนต่อกระบวนการในการหดตัวของกล้ามเนื้อระบบพลังงานดังกล่าว สามารถคงทำกิจกรรมให้ประมาณ 3 นาที

ระบบแอโรบิค(The Aerobic System หรือ Aerobic glycolysis)

ระบบพลังงานแอนแอบิค งานชนิดนี้จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในการทำปฏิกิริยาและมีความสามารถในการใช้สารเชื้อเพลิงทั้งหมดที่มี คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน พลังงานที่ได้จากการทำปฏิกิริยาจะสามารถคงการทำกิจกรรมที่ใช้ความหนักระดับต่ำถึงปานกลาง

$$C6H12O6+6O2 \longrightarrow 38ATP+6CO2+6H2O+heat\ (glucose)$$

$$Fatty\ acid + O2 \longrightarrow 129ATP + CO2+H2O + heat\ (fat)$$

ระบบแอโรบิคจะใช้เวลาประมาณ 2-3 นาทีที่จะเผาไหม้ให้ได้พลังงานสำหรับสร้าง ATP ขึ้นมาใหม่ โดยระบบหายใจและไหลเวียนเลือดจะต้องนำออกซิเจนไปสู่กล้ามเนื้ออย่างเพียงพอต่อการเผาผลาญสารอาหาร ในระบบพลังงานนี้การย่อยสลายไกลโคเจนและมีออกซิเจนอย่งเพียงพอจะทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติคในปริมาณน้อย ทำให้นักกีฬาสามารถออกกำลังกายได้ระยะเวลานาน ความสามารถในการออกกำลังกายที่ระดับความสูงได้นานจะขึ้นอยู่กับ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximal oxygen uptake) หรือที่เรียกว่า VO_{2max} และแอนแอโรบิคเทรคโฮล (Anaerobic threshold, AnT)

ระบบพลังงานในขณะทำกิจกรรมต่างๆ (Energy system in action)

โดยทั่วไปพลังงานทั้ง 3 ระบบจะถูกนำมาใช้เมื่อร่างกายมีการเคลื่อนไหว ถ้าเราตัดสินใจที่จะให้ร่างกายมีความต้องการเพิ่มขึ้น เช่นในขณะการออกกำลังกายธรรมชาติของกิจกรรมจะเป็นตัวกำหนดระบบพลังงานชนิดใดจะมีอิทธิพลเหนือกว่า

เมื่อร่างกายทำงานมากขึ้น เซลล์จำเป็นต้องได้พลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อให้แกร่างกายปริมาณที่ต้องการขณะออกกำลังกายจะเท่ากับปริมาณออกซิเจนที่เซลล์ใช้ การเปรียบเทียบออกซิเจนในบรรยากาศกับออกซิเจนที่เราหายใจออกขณะทำกิจกรรม จะแสดงให้เห็นว่าเราต้องการออกซิเจนปริมาณเท่าไรในการทำกิจกรรมนั้นๆ วิธีการนี้คือการวัดออกซิเจน ค่าสูงสุดที่วัดได้จากแต่ละบุคคลเรียกว่า Maximal oxygen uptake หรือ VO_{2max} ค่า VO_{2max} เป็นตัวบ่งชี้ถึงระบบ Aerobic fitness ของแต่ละบุคคล

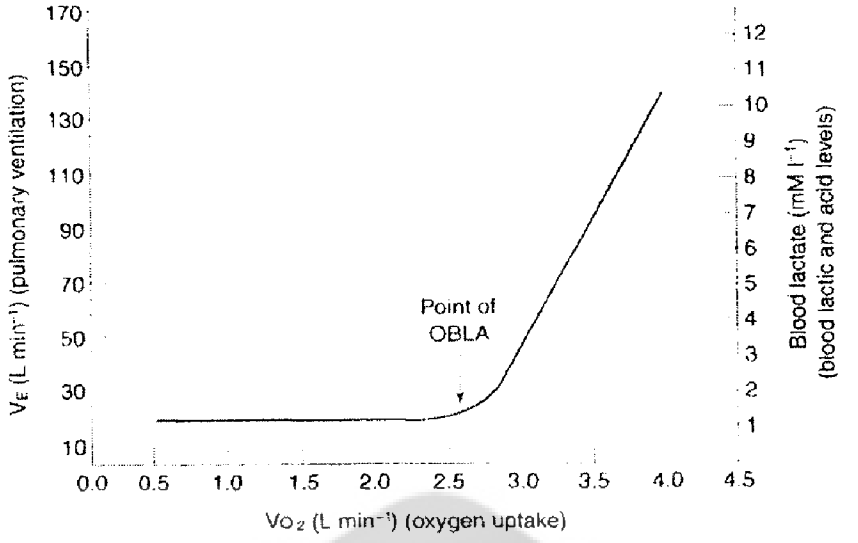
ขณะพัก (At rest)

ในขณะพักร่างกายจะได้พลังงานจากการย่อยสลายของ glucose และ fatty acid โดยผ่านกระบวนการใช้ออกซิเจน พลังงานที่ได้จะถูกนำไปใช้ในการทำหน้าที่พื้นฐานของเซลล์ซึ่งทำให้ร่างกายเรามีชีวิตอยู่ได้ ความเร็วของการใช้พลังงานและออกซิเจนจะคงที่ในขณะพัก ดังนั้นจึงมีเวลาที่ร่างกายจะใช้ไขมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขณะออกกำลังกาย (During exercise)

เมื่อระดับของการทำกิจกรรมเพิ่มขึ้น ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการจากกล้ามเนื้อที่ทำงานก็เพิ่มขึ้นด้วย ความต้องการออกซิเจนโดยทั่วไป 3-6 ลิตร ต่อนาที ส่วนในขณะพักประมาณ 0.3 ลิตร เมื่อความหนักของการออกกำลังกายเพิ่มขึ้นจะเป็นการยากที่จะให้ออกซิเจนได้เพียงพอกับความต้องการของกล้ามเนื้อ เมื่อความต้องการออกซิเจนมากเกินความสามารถที่จะให้ได้ ร่างกายจะเริ่มใช้พลังงานแบบ Aerobic และ Anaerobic ณ จุดที่ร่างกายเริ่มเปลี่ยนแปลงของระบบแอโรบิคนี้เรียกว่า Aerobic threshold (AerT) และเมื่อระดับความหนักการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น ออกซิเจนเริ่มไม่เพียงพอต่อความต้องการในการเผาผลาญเพื่อให้ได้พลังงานตามความต้องการของกล้ามเนื้อ ร่างกายเริ่มกลับไปใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิค ณ จุดที่ร่างกายเริ่มเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ระบบแอนแอโรบิคนี้เรียกว่า Anaerobic threshold (AnT)

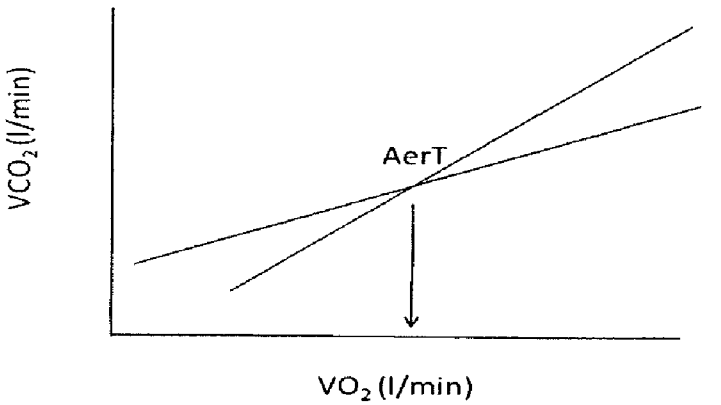
การใช้ระบบพลังงาน Anaerobic/lactic acid energy system ขณะออกกำลังกายอย่างหนักจะทำให้เกิดกรดแลคติคภายในกล้ามเนื้อที่ทำงานกรดแลคติคจะผ่านเข้าสู่กระแสเลือดและถูกขนส่งไปยังตับ ถ้าความหนักของการออกกำลังกายถูกลดลง กรดแลคติคจะสามารถนำกลับไปใช้ได้ ความเข้มข้นของกรดแลคติคในเลือดเป็นตัวแทนของ anaerobic threshold เรามักจะใช้ปริมาณแลคติคในเลือดเพื่อกำหนด an individual threshold เช่นเดียวกับค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (a percentage of maximal heart rate) การเก็บตัวอย่างกรดแลคติคในเลือดขณะออกกำลังกายจะทำให้เราเห็นจุดที่ความเข้มข้นของกรดเพิ่มขึ้นอย่างทันทีและรวดเร็ว เรียกว่า velocity of onset of blood lactic acid concentration (VOBLA) ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แสดงจุดการเพิ่มของกรดแลคติค (OBLA)

แอโรบิคเทรดโฮล (Aerobic Threshold; AerT)

ในขณะที่เรามีการเพิ่มงานในการออกกำลังกายสูงขึ้นเรื่อยๆ ปริมาณความเข้มข้นกรดแลคติคจะเริ่มเพิ่มขึ้นจากปริมาณปกติ ซึ่งตรงจุดนี้จะนำไปสู่การเพิ่มมากขึ้นของการขับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Excess CO_2) (Aderson.1991) ที่ซึ่งจะสัมพันธ์กับปริมาณการใช้ออกซิเจนเนื่องจากเป็นผลมาจากการบัฟเฟอร์ไบคาร์โบเนตของโปรตอน ที่มีผลจากการสลายกรดแลคติค (Wasserman.1973) ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดแรงดันบางส่วนคาร์บอนไดออกไซด์(PCO_2) เพิ่มขึ้น และการหายใจก็ถูกกระตุ้นให้ทำงานเพิ่มมากขึ้นเพื่อระบายอากาศ ดังนั้นปริมาณการระบายอากาศ (VE) ก็จะเพิ่มมากขึ้นเพื่อระบาย CO_2 โดยไม่เป็นสัดส่วนกับการเพิ่มขึ้นปริมาณการใช้ออกซิเจน ซึ่งเราเรียกการเปลี่ยนแปลง ณ จุดนี้ว่า เวนติลาทอรี่ เทรดโฮล (Ventilatory threshold) หรือ แอโรบิคเทรดโฮล (Aerobic Threshold; AerT) ในขณะที่ wasserman เรียกจุดเดียวกันนี้ว่าแอนแอโรบิคเทรดโฮล (Anaerobic threshold; AnT) (Wasserman. 1964,1973)

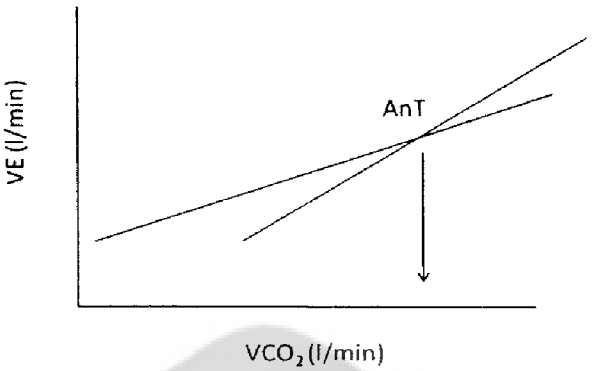


ภาพประกอบ 5 แสดงการกำหนดจุด AerT (ดัดแปลงจาก Meyer at al. : 2005)

การกำหนดหาจุด AerT จะคำนวณโดยวิธีที่เรียกว่า V-slope (Beaver& Wasserman.1986: S41) โดยให้ VCO_2 เป็นแกน y (y-axis) และ VO_2 อยู่ในแกน x (x-axis)
ดังภาพประกอบ 2 โดย ณ จุดตัดระหว่าง 2 เส้นคือ จุดที่เรียกว่า แอโรบิคเทรดโฮล (Aerobic threshold; AerT)

แอนแอโรบิคเทรดโฮล(Anaerobic threshold AnT)

แอนแอโรบิคเทรดโฮล(AnT) จะแสดงจุดเริ่มของการออกกำลังกายที่ทำให้เกิดการหายใจเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ โดยสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของอัตราการระบายอากาศ (VE) มากกว่าปริมาณการขับคาร์บอนไดออกไซด์ (VCO_2) (Beaver.1986, Reinhard.1979, Simon. 1983) ซึ่งก็คือจุดที่เราเรียกว่าจุดทดแทนการหายใจ (Respiratory compensation point; RPC) หรือที่เรียกว่าแอนแอโรบิคเทรดโฮล (Anaerobic threshold; AnT)



ภาพประกอบ 6 แสดงการกำหนดจุด AnT (ดัดแปลงจาก Meyer at al.: 2005)

การคำนวณหาจุด AnT จะคำนวณโดยวิธีเช่นเดียวกันกับการคำนวณหาจุด AerT ที่เรียกว่าวิธี V-slope แต่ปริมาณการใช้ระบายอากาศ (VE) จะอยู่บนแกน y และปริมาณการขับคาร์บอนไดออกไซด์ (VCO_2) อยู่บนแกน x ดังภาพประกอบ 3 ณ จุดนี้กรดแลคติคเริ่มไม่สมดุลคือการเกิดเริ่มมากกว่าการสลาย ซึ่งจะเป็นตัวขัดขวางการสลายไขมัน หรืออาจจะเรียกว่าเป็นจุดสูงสุดของระบบแอนแอโรบิค

สรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องในกีฬาฟุตบอล

ในระหว่างการออกกำลังกายกล้ามเนื้อมีการใช้พลังงาน ซึ่งมาจากกระบวนการแอโรบิคหรือแอนแอโรบิค พลังงานแอนแอโรบิคได้มาจากการแตกสลายของสารประกอบพลังงานสูงที่เรียกว่า ATP (Adenosine triphosphate) ซึ่งถูกเก็บสะสมไว้ภายในกล้ามเนื้อ หรืออาจเกิดจากการแตกตัวของ CP (Creatine phosphate) หรือจากการสลายคาร์โบไฮเดรตเปลี่ยนไปเป็นไพรูเวท ซึ่งสุดท้ายทำให้เกิดการสร้างแลคเตทนอกจากนี้ส่วนน้อยของกระบวนการแอนแอโรบิคเอง ยังเกิดการสลาย ADP ไปเป็น AMP, IMP และแอมโมเนีย ตามลำดับ ส่วนพลังงานแอโรบิคเกิดขึ้นที่ไมโตคอนเดรียของเซลล์กล้ามเนื้อโดยการใช้ออกซิเจนที่รับมาจากเลือด สารตั้งต้นสำหรับปฏิกิริยานี้มาจากขบวนการสลายคาร์โบไฮเดรตและไขมัน ส่วนน้อยมาจากโปรตีน อัตราการสร้าง ATP ระหว่างการออกกำลังกายและการใช้สารอาหาร ขึ้นอยู่กับความหนักของกิจกรรมการออกกำลังกาย ส่วนใหญ่กระบวนการแอนแอโรบิคจะเร็วมาก แต่ระบบแอโรบิค

จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อที่จะรักษาระดับของ ATP ให้อยู่ในระดับสูงตลอดเวลาระหว่างการออกกำลังกาย

ขบวนการสลายคาร์โบไฮเดรตที่เรียกว่า ไกลโคไลซิส (Glycolysis) เบื้องต้นเกิดจากไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อที่กำลังใช้งานและกลูโคสที่อยู่ในเลือด กลูโคสซึ่งมาจากตับ จะถูกนำเข้าสู่กระเพาะอาหารและถูกปล่อยเข้าสู่กระแสเลือด นำมาสร้างเป็นกลูโคสจากการสลายไกลโคเจน หรือจากสารตั้งต้นอื่นเช่นกลีเซอรอล ไพรูเวท แลคเตทและกรดอะมิโน ขบวนการสลายไขมันเกิดจากไตรกลีเซอรอลที่สะสมในกล้ามเนื้อและไขมันที่อยู่ในเลือด ส่วนใหญ่เป็นกรดอะมิโนอิสระที่มาจากเนื้อเยื่อไขมันและส่วนน้อยเป็นไตรกลีเซอรอล

ในกีฬาฟุตบอล ผู้เล่นจะมีรูปแบบการเล่นที่แตกต่างกันมากมาย และความหนักก็แตกต่างกันจากการยืนนิ่งจนถึงการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด ดังนั้นนอกจากจะมีความสามารถที่ดีในการใช้พลังงานสูงสุดแล้ว ผู้เล่นควรจะสามารถทำงานเป็นระยะเวลานานๆได้ สิ่งเหล่านี้ทำให้ฟุตบอลแตกต่างไปจากกีฬาประเภทอื่นที่เป็นการออกกำลังกายแบบต่อเนื่อง ซึ่งอาจเป็นประเภทความหนักมากหรือปานกลาง เช่น วิ่ง 400 เมตรและวิ่งมาราธอนตามลำดับ ในส่วนต่อไปจะกล่าวถึงพลังงานที่ใช้ในช่วงเกมการแข่งขันฟุตบอล

การผลิตพลังงานแบบแอโรบิก (Aerobic)

มีความพยายามหลายครั้งที่ต้องการจะชี้ให้เห็นถึงบทบาทของการสร้างพลังงานแบบแอโรบิคโดยการวัดปริมาณออกซิเจนที่ใช้ ในระหว่างเกมการแข่งขัน แต่ดูเหมือนไม่มีใครประสบผลสำเร็จในการได้ค่าที่เป็นจริง ปัญหาหลักคือการวัดการใช้ออกซิเจนจะขัดขวางการเล่นปกติ
และสามารถวิเคราะห์ได้เพียงส่วนน้อยของการแข่งขันเท่านั้น

อีกวิธีการหนึ่งที่ทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พลังงานแอโรบิคในระหว่างเกมฟุตบอล คือการวัดอัตราการเต้นของหัวใจอย่างต่อเนื่องระหว่างเกมการแข่งขัน และคำนวณหาการใช้พลังงานจากอัตราการเต้นหัวใจ เนื่องจากอัตราการเต้นของหัวใจสามารถวัดได้อย่างไม่มีข้อจำกัดในตัวผู้เล่นซึ่งอาจทำให้ได้ภาพที่ชัดเจนขึ้นว่าการสร้างพลังงานแบบแอโรบิคมีบทบาทมากน้อยเพียงไรในการเล่นฟุตบอล Seliger (1968) กล่าวว่า อัตราการเต้นของหัวใจขณะแข่งขันมีค่าเท่ากับ 165 ครั้ง/นาที หรือ คิดเป็น (80% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด) ในนักกีฬาฟุตบอลของเซลโกสโลวาเกียและต่อมา Agnevik (1970) มีการประเมินค่าเฉลี่ยของนักฟุตบอลสวีเดนขณะแข่งขันมีค่าเท่ากับ 175 ครั้ง/นาที หรือคิดเป็น (98% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด) ซึ่งสอดคล้องกับ Smodlaka (1978) ได้กล่าวว่าอัตราการเต้นของหัวใจของนักกีฬารัสเซียเท่ากับ 171 ครั้ง/นาที หรือคิดเป็น (80% ของอัคราการเต้นหัวใจสูงสุดในช่วง 57 % ของเวลาการแข่งขัน

และ Reilly (1986) กล่าวว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจเท่ากับ 157 ครั้ง/นาที ในลีกอังกฤษ และจากการบันทึกของมหาวิทยาลัยในประเทศเบลเยียมจากกลุ่มที่ไม่ได้มีการแข่งขันใน 2 ช่วง คือ ช่วงแรกและช่วงหลังมีค่าเท่ากับ 169 และ 165 ครั้ง/นาที ของแต่ละคน Vangool et al. (1988) มีการประเมินในขณะแข่งขันในลีกเดนมาร์คโดยประเมินจากผู้เล่น 6 คน พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจ มีค่าเท่ากับ 164 ครั้ง/นาที ในช่วงครึ่งแรกและลดลง 10 ครั้ง/นาทีในช่วงครึ่งหลัง Bangsbo (1994) ได้กล่าวและสรุปจาก Rhode และ Espersen (1988) พบว่านักฟุตบอลเดนมาร์กอื่นๆอีกหกคนในสี่เกม ของฟุตบอลดิวิชั่น 1 พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจในขณะแข่งขันต่ำกว่า 73 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ในช่วงเวลา 10 นาที, ,มีค่าระหว่าง 73% และ 93% ในช่วง 57 นาทีและสูงสุด 92% ในช่วง 23 นาที (26%)

จากพื้นฐานความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจและปริมาณการใช้ออกซิเจนในระหว่างโดยใช้รูปแบบการออกำลังที่มาตรฐานในห้องปฏิบัติการการวัดอัตราการเต้นของหัวใจในช่วงการแข่งขันสามารถนำมาคำนวณการใช้ออกซิเจนได้ตัวอย่างการเปลี่ยนสามารถประเมินได้ว่า เทียบเป็นความหนักของงานที่ประมาณ 75 % ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Reilly & Thomas 1979, EKblom 1986, Bangsbo 1994)

มีความจำเป็นที่จะต้องตระหนักว่า การวัดอัตราการเต้นของหัวใจเป็นการวัดการสร้างพลังงานแบบแอโรบิคโดยทางอ้อม ดังนั้นจะต้องพิจารณาถึงปัญหาเกี่ยวกับการแปลงค่าอัตราการเต้นของหัวใจเป็นค่าการใช้ออกซิเจน ประการแรกอัตราการเต้นของหัวใจไม่ได้สะท้อนให้เห็นถึงค่าการใช้ออกซิเจนอย่างแท้จริงเสมอไป (เช่นอัตราการเต้นของหัวใจจะแสดงค่าสูงเกินไป ในระหว่างที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวอย่างคงที่ การออกกำลังกายโดยใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเล็กๆ หรือภายใต้ความกดดันทางจิตใจ ตลอดจนสภาพอากาศร้อน) อย่างไรก็ตามการประมาณค่าการใช้ออกซิเจนที่สูงเกินไปอันเนื่องมาจากปัจจัยเหล่านี้ มักจะเป็นส่วนน้อยในฟุตบอล เนื่องจากว่าในกีฬาฟุตบอลจะเป็นการออกกำลังกายแบบไม่อยู่นิ่งด้วยการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่และความหนักค่อนข้างสูงซึ่งสิ่งเหล่านี้จะลดผลกระทบลง เช่นลดความตึงเครียดทางจิตใจ ประการที่สอง พื้นฐานการคำนวณมาจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจและการใช้ออกซิเจน ซึ่งส่วนใหญ่มักได้มาจากการวิ่งต่อเนื่องระดับปานกลาง (sub maximal) บนสายพานเลื่อน คำถามก็คือความสัมพันธ์นี้จะสอดคล้องกับการเล่นฟุตบอลซึ่งมีรูปแบบการออกกำลังเป็นแบบช่วงหรือไม่ต่อเนื่อง จึงมีการเปรียบเทียบการวิ่งแบบต่อเนื่องกับการออกกำลังกายแบบช่วง ระหว่างการวิ่งความเร็วสูง 15 วินาที และความเร็วต่ำ 10 วินาทีบนสายพานเลื่อน ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณการใช้ออกซิเจนและอัตราการเต้นของหัวใจมีความสัมพันธ์กันเหมือนเดิม ภายใต้ขอบเขตของงานที่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิ่งต่อเนื่องในระดับปานกลาง สามารถใช้ได้กับการออกกำลังกายแบบไม่

ต่อเนื่องและอาจใช้ได้กับการออกกำลังกายเยี่ยงเกมฟุตบอลเช่นกัน ประการที่สาม มีผู้พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังจากการวิ่งเร็ว จะเพิ่มขึ้นไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการใช้ออกซิเจน (Balsom et al. 1991) อย่างไรก็ตามกิจกรรมการวิ่งเร็วสำหรับนักวิ่งคนหนึ่งใช้เวลาน้อยกว่า 1 นาที (Bangsbo et al. 1991) ดังนั้นช่วงเวลารวมที่ค่อนข้างสั้นไปนี้ อาจทำให้ผลที่ได้แตกต่างออกไป กล่าวโดยสรุปก็คือการหาสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนจากการวัดอัตราการเต้นของหัวใจในระหว่างการแข่งขันฟุตบอลค่อนข้างได้ค่าที่สูงเกินไป แต่บางครั้งการประมาณค่าที่สูงนี้ก็ไม่มากเกินไปนัก ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการทำงานในฟุตบอล จะมีค่าประมาณ 70 % ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ตอนแรกค่าที่ได้นี้ดูเหมือนว่าจะสูง เมื่อพบว่านักกีฬาเพียงแต่ยืนหรือเดินมากกว่าครึ่งเกมการแข่งขันและระยะทางรวมประมาณ 11 กิโลเมตร โดยมีความเร็วเฉลี่ย 7.2 กิโลเมตร/ชั่วโมง อย่างไรก็ตามค่านี้เป็นเพียงการสะท้อนให้เห็นเพียงบางส่วนของกิจกรรมทางกายของผู้เล่น นักกีฬาจะทำกิจกรรมที่ต้องใช้พลังงาน ซึ่งสามารถชี้วัดได้โดยการวิเคราะห์เกี่ยวกับระยะทางการแข่งขัน เช่นความเร่ง การเปลี่ยนทิศทาง การลดความเร่ง การกระโดด และการเกร็งหรือการให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบคงที่ ความสำคัญของกิจกรรมเหล่านี้ประเมินได้โดยทางอ้อม โดยเปรียบกิจกรรมในเกมการเล่นกับการวิ่งบนสายพานเลื่อน (Bangsbo 1994) ทำการบันทึกภาพวิดีโอระหว่างเกมการเล่นแบบไม่เก็บสะสมคะแนนหรือมิได้แข่งขันกันอย่างจริงจัง และวิเคราะห์รายละเอียดเป็นช่วงเวลา 5 นาที จำนวน 4 ช่วง ในระหว่างเกมนักกีฬาจะสวมเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจที่ใช้ระบบวิทยุคลื่นสั้นแบบไร้สาย (Sportstester, PE3000) เพื่อดูอัตราการเต้นของหัวใจ ภายในสัปดาห์หลังเกมการเล่น โดยทำการทดสอบบนสายพานเลื่อนประกอบด้วยการวิ่ง 4 ช่วง ในแต่ละช่วงให้นักกีฬาทำการอบอุ่นร่างกายโดยการออกกำลังอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 3 นาทีที่มีความเร็วต่ำๆ (ประมาณ 55% ของ VO_{2max}) ตามด้วยการวิ่งเป็นช่วง (ประมาณ 5 นาที) จนอัตราการเต้นของหัวใจใกล้เคียงกับที่ทำการเก็บข้อมูลได้ในช่วงเริ่มต้นในระหว่างเกม (ต่างกันไม่เกิน 5 ครั้ง/นาที) จากนั้นก็จะได้รูปแบบการวิ่งใกล้เคียงกันที่ความเร็วเดียวกับในระหว่างเกม ช่วงการออกกำลังกายจะทำตามลำดับเดียวกับในระหว่างเกมพัก 10 นาที ในการวิ่งบนสายพานเลื่อน อัตราการเต้นของหัวใจที่ได้มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าที่บันทึกได้ระหว่างเกม 15 -25 ครั้ง/นาที ซึ่งเปลี่ยนเป็นค่าการใช้ออกซิเจนประมาณ 70 % ของค่าที่ประมาณได้จากในระหว่างเกม นอกจากนั้นการสะสมแลคเตทก็ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิ่งบนสายพานเลื่อน ดังนั้นค่าต่างๆ ที่สูงกว่าที่ได้ในนระหว่างเกมการเล่นอาจจะมีสาเหตุจากกิจกรรมที่ต้องการพลังงาน ซึ่งมิได้บันทึกรวมอยู่ในระยะทางที่ใช้ในระหว่างเกม

สิ่งที่ต้องตระหนักอีกอย่างหนึ่งคือ ความแตกต่างระหว่างแต่ละบุคคลซึ่งมีค่อนข้างมาก ในแง่ของการผลิตพลังงานแบบแอโรบิคระหว่างเกมการเล่น เนื่องมาจากความหลากหลายในปัจจัยที่กระทบต่อความหนักของการออกกำลังกาย เช่นแรงจูงใจความสามารถทางร่างกาย ข้อจำกัดทางแทคติก และตำแหน่งการเล่นในทีมประการหลังนี้มีการค้นพบในการศึกษาของ Van Gool (1987) ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจในผู้เล่นฝ่ายรับกองกลางและกองหลัง มีค่าประมาณ 155 ครั้ง/นาที ในขณะที่ในฝ่ายรุกกองกลางและศูนย์หน้าสองคน มีค่าเฉลี่ยประมาณ 170 ครั้ง/นาที การวัดอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างเกมการเล่นในนักกีฬาหญิงและเยาวชนชาย แสดงให้เห็นและรูปแบบการเปลี่ยนแปลงแบบเดียวกันกับที่พบในนักกีฬาชาย (B. Ekblom et al. ข้อมูลที่ไม่ได้ตีพิมพ์, Bangsbo 1994) ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าความหนักของการออกกำลังกายที่ต่ำกว่าที่พบในนเยาวชนและนักกีฬาหญิง อาจจะสัมพันธ์กับความสามารถทางร่างกายที่ต่ำกว่าของนักกกีฬากลุ่มนี้ (D,kavis; & Brewer 1991, Jensen & Larsson 1993, Lindquist; & Bangsbo 1993)

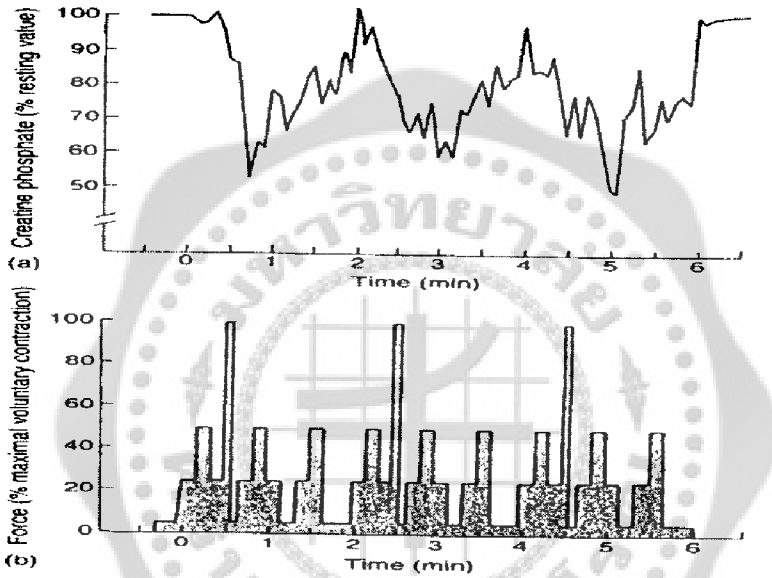
การผลิตพลังงานแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic)

สำหรับนักกีฬาชายระดับชั้นแนวหน้า เวลารวมของการออกกำลังกายที่มีความหนักสูงมากระหว่างเกมฟุตบอล มีค่าประมาณ 7 นาที (Bangsbo et al. 1991) ประกอบด้วยการวิ่งเร็วสปรินท์ 19 ครั้งที่มีเวลาเฉลี่ย 0.2 วินาที โดยพลังงานที่ใช้มาจากการสลายครีเอทีนฟอสเฟต (CP) และส่วนน้อยมากจาก ATP ที่สะสมไว้ ส่วนที่เหลือของพลังงานแบบแอนแอโรบิคได้มาจากไกลโคไลซิส ซึ่งทำให้เกิดการสะสมแลคเตทดังได้กล่าวแล้วในตอนต้น ได้มีการแสดงให้เห็นว่าการสลาย CP/ATP และไกลโคไลซิส ปล่อยพลังงานได้อย่างละครึ่งของพลังงานที่สร้างในเชิงแอนแอโรบิคทั้งหมดในช่วง 6 วินาทีของการออกกำลังกายแบบเข้มข้นสูงสุด (Boobis 1987) ในช่วงการออกกำลังกายหนักที่ยาวนานขึ้นไกลโคไลซิสจะมีบทบาทมากกว่า ประเด็นคำถามก็คือระบบพลังงานแอนแอโรบิคมีความสำคัญอย่างไร และระบบนี้สามารถผลิตพลังงานได้มากแค่ไหนในระหว่างเกมการแข่งขันฟุตบอล

การใช้ครีเอทีนฟอสเฟตและ ATP ในฟุตบอล

ปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ครีเอทีนไคเนส (creatine kinase) ที่สร้าง ATP ขึ้นมาใหม่จากการสลายครีเอทีนฟอสเฟต จะถูกกระตุ้นเมื่อมีการออกกำลังกาย ปฏิกิริยาอาจจะเกิดขึ้นได้เร็วมากร่วมกับไกลโคไลซิส เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของ ATP ให้อยู่ในระดับสูงเมื่อเริ่มต้นการออกกำลังหนัก อย่างไรก็ตามการเก็บสะสมครีเอทีนฟอสเฟตมีขีดจำกัด และสามารถใช้ได้เพียงไม่กี่วินาทีในการวิ่งสูงสุด ถ้าใช้ครีเอทีน

ฟอสเฟตเป็นแหล่งพลังงานเพียงอย่างเดียว หลังจากการออกำลังกายหนักครีเอทีนฟอสเฟตจะถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่อย่างรวดเร็ว (ครีเอทีนฟอสเฟตที่ถูกใช้ไปจะถูกสร้างขึ้นมาทดแทนมากกว่าครึ่งหนึ่งภายในเวลาหนึ่งนาที) โดยการใช้ ATP ที่ผลิตได้จากแหล่งแอโรบิค (Sahlin et al. 1979) ในกีฬาฟุตบอล ความเข้มข้นของครีเอทีนฟอสเฟตจะเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากธรรมชาติของเกมการเล่นที่เป็นช่วงๆ(หนักสลับเบา)



ภาพประกอบ 7 แสดงระดับความเข้มข้นของ CP ที่วัดได้โดยใช้ nuclear magnetic resonance imaging (รูป a) และแรงกล้ามเนื้อแบบคงความยาว (isometric force) (รูป b) ในช่วง 6 นาทีที่ใช้แรงระดับต่างๆประกอบด้วยช่วงการหดตัวที่เหมือนกัน 3 ช่วงแต่ละช่วงจะหดตัวสูงสุด 5 วินาที เพื่อให้การสอดคล้องกับการสปรินท์ในฟุตบอล โปรดสังเกตว่า ระดับ CP มีการขึ้นลงอย่างมากและความเข้มข้นเกือบจะกลับเข้าสู่ระดับในช่วงพัก เมื่อสิ้นสุด ช่วง 2 นาทีทั้งๆ ที่มีการลดลงอย่างมากจากผลการหดตัวสูงสุด

ภาพประกอบ 7 แสดงให้เห็นตัวอย่างของการขึ้นลงครีเอทีนฟอสเฟต ซึ่งถูกวัดปริมาณโดยใช้เทคนิค NMR (nuclear magnetic resonance imaging) ในช่วงเวลาการออกกำลังกายแบบเป็นช่วงๆ ด้วยกิจกรรมที่คล้ายกับฟุตบอลแม้ว่าปริมาณรวมของการใช้ครีเอทีนฟอสเฟตจะน้อยในระหว่างเกมการแข่งขันฟุตบอล แต่ครีเอทีนฟอสเฟตก็มีหน้าที่สำคัญในการเป็นตัวบัฟเฟอร์และทำให้มีพลังงานสำหรับกล้ามเนื้อในช่วงที่เพิ่มความหนักของการออกกำลังกายอย่างรวดเร็ว

การเกิดแลกติกในกีฬาฟุตบอล

กระบวนการไกลโคไลซิสในกล้ามเนื้อถูกกระตุ้น และเกิดเป็นแลคเตทเมื่อมีการเริ่มต้นออกกำลังกาย (Hultman; & Sjoholm 1983, Boobis 1987) นอกจากนั้นแลคเตทก็ถูกสร้างอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราสูงในระหว่างการออกกำลังกายอย่างหนัก ประเด็นคำถามก็คือกระบวนการนี้ทำให้ได้พลังงานสำหรับนำมาใช้ในกีฬาฟุตบอลมากน้อยเพียงใด

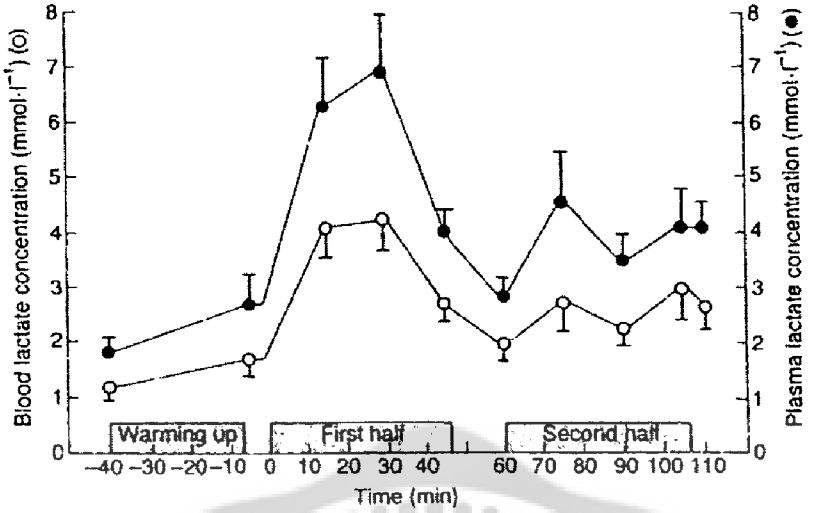
ตาราง 1 แสดงระดับความเข้มข้นของแลคแตทในเลือด (มิลลิโมล/ลิตร) จากปลายนิ้วมือและเส้นเลือดดำที่แขนในระหว่างหรือหลังจากเกมการแข่งขันฟุตบอลตัวเลขที่ปรากฏในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและพิสัย (ในวงเล็บ)

Study	Players	First half			Second half	
		During	End		During	End
Agnevik (1970)	First Division (Sweden)	–	–		–	10.0 (–15.5)
Smaros (1980)	Second Division (Finland)	–	4.9 ± 1.9		–	4.1 ± 1.3
Ekblom (1986)	First Division (Sweden)	–	9.5 (6.9–14.3)		–	7.2 (4.5–10.6)
	Second Division (Sweden)	–	8.0 (5.1–11.5)		–	6.6 (3.1–11.0)
	Third Division (Sweden)	–	5.5 (3.0–12.6)		–	4.2 (3.2–6.9)
	Fourth Division (Sweden)	–	4.0 (1.9–6.3)		–	3.9 (1.0–8.5)
Rhode & Espersen (1988)	First and Second Division (Denmark)	–	5.1 ± 1.6		–	3.9 ± 1.6
Gerisch *et al.* (1988)	Top amateur league (Germany)	–	5.6 ± 2.0		–	4.7 ± 2.2
	University match (Germany)	6.8 ± 1.0	5.9 ± 2.0		5.1 ± 1.6	4.9 ± 1.7
Smith *et al.* (1993)	College matches	–	–	5.2 ± 1.2	–	–
Bangsbo *et al.* (1991)	First and Second Division (Denmark)	4.9 (2.1–10.3)	–		3.7 (1.8–5.2)	4.4 (2.1–6.9)
Bangsbo (1994)	League match (Denmark)	4.1 (2.9–6.0)	2.6 (2.0–3.6)		2.4 (1.6–3.9)	2.7 (1.6–4.6)
	League match (Denmark)†	5.8 (4.3–9.3)	3.9 (2.8–5.4)		4.0 (2.5–6.2)	3.9 (2.3–6.4)

* Lactate analysis was performed using whole blood except in the case marked with (†), where plasma was used.

ระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด มักจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงการผลิตพลังงานแบบแอนแอโรบิคแลคตาซิด (anaerobic lactacid) การศึกษาในนักกีฬาฟุตบอล โดยเก็บตัวอย่างเมื่อช่วงพักครึ่งแรก จบเกมและระหว่างเกมการเล่น เพื่อวิเคราะห์หาแลคเตท Agnevik (1970) พบว่าค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดหลังจากจบเกมการแข่งขันมีค่าประมาณ 10 มิลลิโมล/ลิตร และมีค่ามากกว่า 15 มิลลิโมล/ลิตร ในผู้เล่นระดับดิวิชั่นหนึ่งของสวีเดน ต่อมาพบค่าที่ใกล้เคียงกันในการสำรวจผู้เล่นลีกสวีเดน (Ekblom 1986) ระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดของผู้เล่นดิวิชั่นหนึ่งมีค่า 9.5 และ 7.2 มิลลิโมล/ลิตร หลังจากครึ่งเวลาแรกและหลังตามลำดับ ในขณะที่ผู้เล่นดิวิชั่นสี่มีค่า 4.0 และ 3.9 มิลลิโมล/ลิตร ตามลำดับ ผู้เล่นในดิวิชั่นสองและสามมีค่าอยู่ระหว่างค่าทั้งสองช่วง การศึกษาต่อมา Gerisch et al. (1988) พบว่าระดับความเข้มข้นของแลคเตทในเลือดมีค่าระหว่าง 4-6 มิลลิโมล/ลิตร เมื่อครึ่งเวลาแรกและหลังจากทันทีที่จบเกมในการแข่งขันสมัครเล่นของเยอรมันและพบว่าค่าที่ใกล้เคียงกันที่ช่วงกลางของทั้งสองครึ่งเวลาในการแข่งขันเกมมิตรภาพของมหาวิทยาลัยในเยอรมันและยังมีรายงานว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแลคเตทในเลือด มีระดับเดียวกันกับนักกีฬาชั้นแนวหน้าของเดนมาร์กและนักกีฬาระดับอุดมศึกษาของอังกฤษ รูปที่ 2 แสดงให้เห็นค่าแลคเตทในเลือดและน้ำเลือด (plasma) ที่เวลาต่างๆ ระหว่างเกมการแข่งขัน (Bangsbo 1994) ค่าที่ต่ำกว่าของระดับแลคเตทในเลือดที่พบในครึ่งเวลาหลังเมื่อเปรียบเทียบกับครึ่งเวลาแรกนั้น มีความคล้ายคลึงกับที่พบในการศึกษาอื่นๆ (ตารางที่ 1) ซึ่งเกิดจากการลดความถี่และระยะเวลาของช่วงเวลาที่เป็นการออกกำลังกายที่มีความหนักสูงมาก และสอดคล้องกับระดับของค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจที่ต่ำลงในครึ่งเวลาหลัง
(ประมาณ 10 ครั้ง/นาที)

การเปลี่ยนแปลงการขึ้นลงของระดับความเข้มข้นแลคเตทอาจจะกว้างมาก โดยค่าสูงสุดที่มักพบอาจจะสูงกว่า 10 มิลลิโมล/ลิตร นอกจากนั้นการตรวจวัดแลคเตทในเลือดจากนักกีฬาคนเดียวกันหลายๆ ครั้งระหว่างเกมการแข่งขัน ก็ยังพบความแตกต่างอย่างมาก (Ekblom 1986, Bangsbo et al. 1991) การค้นพบเหล่านี้น่าจะเป็นผลจากความแตกต่างของกิจกรรมก่อนมีการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากมีข้อมูลที่ชี้ให้เห็นว่า การวัดแลคเตทในเลือดมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับกิจกรรมการออกกำลังที่ความเข้มข้นสูงมากก่อนที่จะมีการเก็บตัวอย่าง (Bangsbo et al. 1991)



ภาพประกอบ 8 แสดงความเข้มข้นของแลคแตทในเลือด(0) และน้ำเลือด () ของนักกีฬา 6 คน ในช่วงก่อนการแข่งขันระหว่างและหลังเกมการแข่งขันฟุตบอลโดยเจาะเลือดที่บริเวณเส้นเลือดดำที่แขนให้นักกีฬาหยุดเล่นเพื่อเก็บตัวอย่างเลือดเป็นเวลา 1 นาทีจำนวน 2 ครั้ง ในแต่ละครึ่งเวลาทำการบันทึกค่าอัตราการเต้นของหัวใจอย่างต่อเนื่องระหว่างเกมการแข่งขัน ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจ 5 นาทีก่อนการเก็บตัวอย่างเลือดแต่ละครั้งในช่วงครึ่งเวลาแรกมีค่า 166 (15 นาที), 163 (30 นาที) และ 163 (45 นาที) ครั้ง/นาทีและค่าในช่วงครึ่งเวลาหลังมีค่า 161, 160 และ 166 ครั้ง/นาที ตามลำดับข้อสังเกตระดับแลคแตทในน้ำเลือดมีค่าเป็นสองเท่าของค่าจากเลือดทั้งหมดดังนั้นเม็ดดเลือดแดง (erythrocytes) จึงมีความสำคัญเพียงเล็กน้อยในฐานะ lactate titration space และปริมาณแลคแตทในน้ำเลือดสะท้อนให้เห็นระดับความเข้มข้นได้ดีกว่าในกล้ามเนื้อที่กำลังใช้งาน (Juel et al. 1990)

สืบเนื่องจากปัจจัยต่างๆที่ได้กล่าวถึงไปแล้วการตรวจวัดแลคเตทในเลือดเพียงตัวอย่างเดียวไม่สามารถเป็นตัวแทนหรือค่าที่แสดงถึงการเกิดแลคเตทในเกมการแข่งขันทั้งเกมได้แลคเตทในเลือดที่ถูกเก็บระหว่างการเกมการแข่งขัน อาจจะสะท้องให้เห็นถึงการเกิดแลคเตทในช่วงเวลาสั้นๆก่อนการเก็บตัวอย่าง แม้ว่าค่าที่ได้จะเป็นการประมาณค่าที่ต่ำไป ดังนั้นจากการศึกษาที่พบระดับความเข้มข้นแลคเตทในเลือดสูงๆในบางการศึกษาจึงอาจสรุปได้ว่าการเกิดแลคเตทระหว่างการแข่งขัน อาจจะสูงมากได้ในช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น ถึงแม้ว่าจะเป็นส่วนน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณ ATP อย่างรวดเร็ว ในช่วงการออกกำลังที่เข้มข้นในเกมการแข่งขัน

ปริมาณแลคเตทที่ถูกสร้างขึ้นอาจแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล เพราะปริมาณการออกกำลังที่หนักมากในระหว่างเกมการแข่งขันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่นแรงจูงใจของผู้เล่น รูปแบบการเล่น เทคนิค และกลยุทธ์ ปัจจัยหลักนี้ยังสามารถใช้อธิบายความแตกต่างที่สำคัญระหว่างทีมและระหว่างเกมการแข่งขัน เช่นพบค่าแลคเตทในเลือดที่สูงกว่าการเล่นกับทีมที่เล่นแบบประชิดตัวต่อตัว เมื่อเปรียบเทียบกับทีมที่เล่นแบบตั้งโซน (Gerisch et al. 1988)

การเกิดแอมโมเนีย

ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียในเลือดจะสูงขึ้นในช่วงเกมการแข่งขันฟุตบอล (Bangsbo 1994) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการสร้างแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้น เมื่อกล้ามเนื้อมีการผลิต ATP จาก ADP และจาก AMP ซึ่งต่อมาก็แตกสลายเป็น IMP และแอมโมเนีย มีการศึกษาที่สนับสนุนประเด็นนี้ คือการพบระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ต่ำกว่าในช่วงครึ่งเวลาหลัง เมื่อเปรียบเทียบกับครึ่งเวลาแรก ซึ่งสอดคล้องกับการลดระดับความหนักของการออกกำลังกายและระดับความเข้มข้นแลคเตทในเลือดในครึ่งเวลาหลัง

การหมุนเวียนของพลังงานในกิจกรรมเฉพาะที่เกี่ยวกับการแข่งขัน

นอกจากการวัดที่กระทำในช่วงเกมการแข่งขันแล้ว ยังมีการจำลองกิจกรรมต่างๆเพื่อศึกษาการใช้พลังงานในสภาพของห้องปฏิบัติการ Reilly and Ball (1984) ทำการตรวจวัดนักกีฬาโดยให้วิ่งเลี้ยงบอล (dribbling) บนสายพานเลื่อนที่ความเร็วที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ช่วงละ 5 นาทีผู้วิจัยพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้เพิ่มขึ้นมาจากการเลี้ยงบอลประมาณ 0.3 ลิตร/นาทีในทุกระดับความเร็วที่ความเร็วสูงระดับความเข้มข้นแลคเตทในเลือดสูงกว่าการเลี้ยงบอล การเพิ่มขึ้นของความต้องการพลังงานในระหว่างการเลี้ยงบอลสามารถอธิบายได้ว่ามีความต้องการเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาความสมดุลโดยทำให้ช่วงก้าวขาสั้นลงและก้าวถี่ขึ้นที่ใช้ในการวิ่งซึ่งรู้จักกันดีว่าเป็นการลดประสิทธิภาพของการวิ่ง (Cavanagh & Willliams 1982) ในระหว่างการวิ่งบนสายพานเลื่อนลูกบอลจะถูกสัมผัสจากเท้าทุกๆ 2 นาที หรือ 3 ช่วงก้าวในระหว่างเกมการแข่งขันพลังงานที่ใช้ในการเลี้ยงบอลอาจจะเพิ่มขึ้นมากกว่า เนื่องจากบอลจะถูกสัมผัสบ่อยกว่า เพื่อป้องกันลูกจากคู่ต่อสู้อย่างไรก็ตามเวลารวมของการสัมผัสบอลในแต่ละคนมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1 นาที ระหว่างเกมพลังงานที่ใช้เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงบอลจึงเป็นเพียงค่าที่มีผลกระทบเล็กน้อยต่อการใช้พลังงานรวม

การใช้พลังงานในการเคลื่อนที่ไปด้านข้างหรือด้านหลังก็ถูกนำมาพิจารณา (Reilly & Brown 1984) ให้นักกีฬา 9 คนวิ่งไปด้านหน้า ด้านข้างและถอยหลังด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน 3 ระดับบนสายพานเลื่อน การใช้พลังงานส่วนที่เพิ่มขึ้นเมื่อวิ่งด้านข้างและถอยหลังมีค่าใกล้เคียงกันและจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วของสายพานเลื่อนความแตกต่างของการใช้ออกซิเจนมีค่า ประมาณ 0.6 (23% ของการใช้พลังงานรวม) และ 1.0 ลิตร/นาที (29%) ที่ความเร็ว 5 และ 9 กิโลเมตร/ชั่วโมง ตามลำดับ ค่าที่ได้เหล่านี้มีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ไปด้านข้างและถอยหลังที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเกมการแข่งขัน Reilly และ Thomas (1976) พบว่านักกีฬาอังกฤษมีระยะทางรวมในการทำกิจกรรมเหล่านี้ถึงประมาณ 1,400 เมตร กระทำในช่วง 16 % ของเวลาเล่นรวมทั้งหมดส่วนการศึกษาในนักกีฬาเดนมาร์กพบว่ามีการถอยหลังเพียง 230 เมตร เป็น 1.3 %(Bangssbo et al. 1991) ความแตกต่างระหว่างการศึกษาทั้งสองนี้ส่วนหนึ่งอาจจะเนื่องมาจากในการศึกษาของ Reilly และ Thomas (1976) แตกต่างไปจากการศึกษาโดย Bangsbo et al. (1991) ซึ่งรวมการเดินถอยหลังไว้ในรายการเคลื่อนที่ถอยหลังด้วย แต่ปรากฏว่าระยะทางรวมของการวิ่งถอยหลังและไปด้านข้างที่ความเร็วสูงน้อยมาก ดังนั้นการใช้พลังงานรวมที่เพิ่มขึ้นจากการเคลื่อนที่ไปด้านข้างและถอยหลัง จึงไม่มีความสำคัญมากนักในนักกีฬาฟุตบอล

การเผาผลาญอาหารในกีฬาฟุตบอล

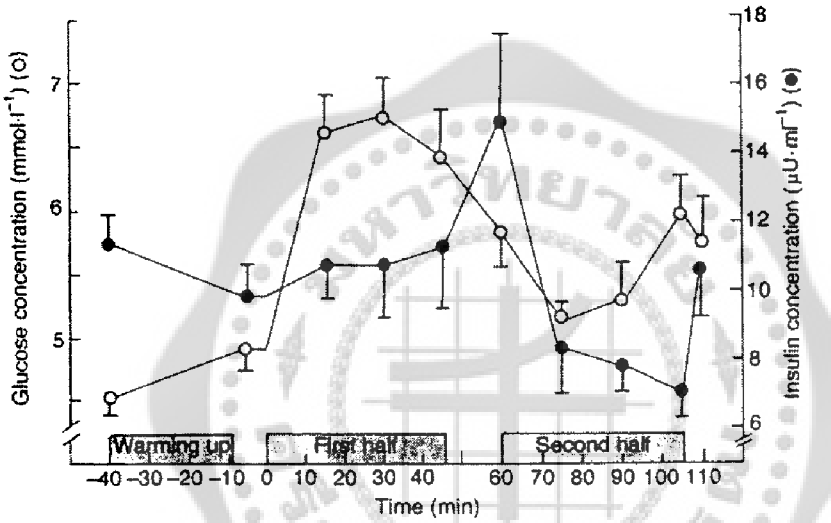
การใช้สารอาหาร

ในการเล่นกีฬาฟุตบอลร่างกายผลิตพลังงานจำนวนมากจากขบวนการเผาผลาญอาหารแบบแอโรบิค บวกกับในบางจังหวะมีการสร้างพลังงานในเชิงแอนแอโรบิคทำให้ความต้องการสารอาหารต้องมีเพิ่มขึ้น สารอาหารที่ให้ความสำคัญคือ คาร์โบไฮเดรตและไขมันทั้งที่เก็บสะสมไว้ในกล้ามเนื้อและที่ลำเลียงอยู่ในกระแสเลือดไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังใช้งานอยู่ บทบาทของโปรตีนนั้นยังไม่ชัดเจน แต่การศึกษาในการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องที่อัตราการทำงานและเวลาปานกลางที่คล้ายคลึงกับการเล่นฟุตบอล พบว่าการสลายโปรตีนมีน้อยกว่า 10 % ของการผลิตพลังงานรวม (Wagenmakers et al. 1989)

การเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตถูกเก็บไว้ในรูปไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ (300-500 กรัม)และในตับ (50-100 กรัม) นอกจากนั้นจำนวนเล็กน้อย (ประมาณ 5 กรัม) จะไหลเวียนอยู่ในเลือดในรูปกลูโคส ในระหว่างการออกกำลังกายคาร์โบไฮเดรตที่ถูกใช้เบื้องต้น จะเป็นไกลโคเจนที่สะสมอยู่ภายในกล้ามเนื้อที่กำลังใช้ทำงานอยู่ แต่กลูโคสจากกระแสเลือดก็ถูกดึงเข้าไปและถูกใช้โดยกล้ามเนื้อเช่นเดียวกัน จะเห็นได้ในรูปที่ 3 ว่าระดับ

ความเข้มข้นของกลูโคสในช่วงเกมการแข่งขัน ตลอดช่วงปริมาณกลูโคสในเลือดจะมีระดับสูงกว่าในขณะพัก และไม่มีนักกีฬาคนใดที่มีค่าต่ำกว่า 4 มิลลิโมล/ลิตร ระดับความเข้มข้นของกลูโคสภายหลังเกมการแข่งขัน ก็ถูกนำมาศึกษาในนักวิจัยรายอื่นๆ เช่น ค่าเฉลี่ยของนักกีฬาชั้นแนวหน้าเดนมาร์กและสวีเดนมีค่า 4.5 และ 3.8 มิลลิโมล/ลิตร ตามลำดับมีบางรายที่พบค่ากลูโคสต่ำกว่า 3.2 มิลลิโมล/ลิตร (Ekblom 1986) ดังนั้นดูเหมือนว่าโดยมากแล้วตับจะสามารถปล่อยกลูโคสมาพอเพียง เพื่อจะรักษาระดับกลูโคสในกระแสเลือดระหว่างเกมการแข่งขัน



ภาพประกอบ 9 แสดงระดับความเข้มข้นกลูโคส (0) และอินซูลิน () ในเลือดของนักกีฬา 6 คน ในช่วงก่อนการแข่งขัน ระหว่างและหลังเกมการแข่งขันฟุตบอลใช้นักกีฬาและเก็บข้อมูลในเกมการแข่งขันเช่นเดียวกับในรูปที่ 2 ระดับความเข้มข้นของอินซูลินในช่วงครึ่งเวลาหลังที่ต่ำลง จะสอดคล้องกับการลดลงของกลูโคสในเลือด

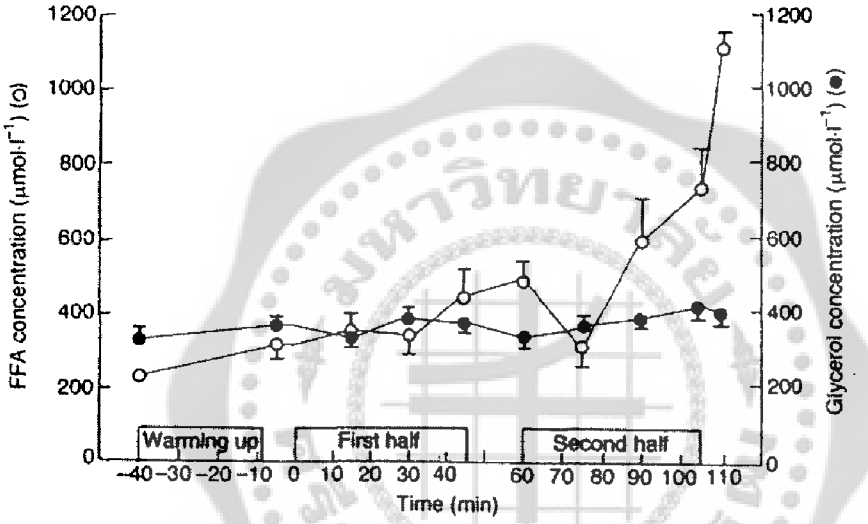
ความรู้เกี่ยวกับการใช้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ ในช่วงเกมการแข่งขันฟุตบอลสามารถตรวจวัดโดยวิธีการเจาะกล้ามเนื้อ (muscle biopsies) ก่อนและหลังการแข่งขันความแตกต่างของปริมาณไกลโคเจนแสดงถึงการใช้ไกลโคเจนสุทธิในกล้ามเนื้อ แต่มิได้บ่งบอกถึงปริมาณรวมของไกลโคเจนที่ถูกใช้ เนื่องจากขบวนการสังเคราะห์ไกลโคเจนขึ้นใหม่ อาจจะเกิดขึ้นได้ในช่วงพักและช่วงการออกกำลังกายเบาในระหว่างเกมการแข่งขัน (Nordheim & Vollestad, 1990) การศึกษาที่สวีเดนพบค่าเฉลี่ยไกลโคเจนในกล้ามเนื้อขา

ของนักกีฬา 5 คน มีค่า 96,32 และ 9 มิลลิโมล/กิโลกรัม ในช่วงก่อนการเล่น ครึ่งแรกและภายหลังการแข่งขันตามลำดับ ในเกมที่มิได้แข่งขันอย่างเข้มข้นจริงจัง (Saltin 1973) นักกีฬาอื่นอีก 4 คน เริ่มการแข่งขันในเกมเดียวกันด้วยระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อที่ต่ำ(45 มิลลิโมล/กิโลกรัม) เนื่องจากการออกกำลังกายที่หนักมากเกินไปในวันก่อนการแข่งขัน ทำให้ระดับไกลโคเจนในนักกีฬากลุ่มนี้แทบจะหมดลงในครึ่งเวลาแรก ยังมีการศึกษาที่ชาวสวีเดน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อ อาจจะไม่หมดไปโดยสิ้นเชิงเสมอไปเมื่อจบการแข่งขัน เพราะค่าเฉลี่ยของระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (quadriceps) ในนักกีฬา 15 คน มีค่า 46 มิลลิโมล/กิโลกรัม (Jacobs et al. 1982) แต่น่าเสียดายว่าในการศึกษานี้มิได้แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ เนื่องจากไม่มีการเก็บตัวอย่างก่อนการแข่งขัน จึงควรตระหนักว่าระดับไกลโคเจนจะแตกต่างกันไประหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อ และมันอาจเป็นไปได้ว่าเส้นใยจำนวนมากมายใช้ไกลโคเจนหมดไป แม้ว่าระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของไกลโคเจนจะยังคงสูงอยู่ก็ตาม

การสลายไขมัน

การสลายไขมันในกล้ามเนื้อที่กำลังใช้งานระหว่างเกมการแข่งขันฟุตบอล ได้มาจากการเก็บสะสมไตรกลีเซอไรด์ภายในกล้ามเนื้อ หรือการลำเลียงผ่านกระแสเลือดไปยังกล้ามเนื้อในรูปกรดไขมันอิสระหรือไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมันอิสระ (พร้อมกับกลีเซอรอล) จะถูกปล่อยมาจากเนื้อไขมัน (adipose tissue) หลังจากที่มีการสลายไตรกลีเซอไรด์ (lipolysis) รูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือดเพิ่มขึ้นระหว่างเกมการแข่งขันฟุตบอล และเพิ่มสูงมากขึ้นในช่วงเวลาหลัง ระดับความเข้มข้นในเลือดเป็นผลสุทธิของการดึงกรดไขมันอิสระในเนื้อเยื่อต่างๆ และปล่อยกรดไขมันซึ่งขึ้นอยู่กับการสลายไขมัน (lipolytic activity) ในเนื้อเยื่อไขมัน การปล่อยกรดไขมันมีความสัมพันธ์กับปริมาณเลือดที่ไหลเวียนไปสู่เนื้อเยื่อไขมันและปริมาณเลือดก็อาจสูงขึ้นด้วยในช่วงพักครึ่งของเกมการแข่งขัน ซึ่งทำให้ระดับความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือดสูงขึ้น ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นโดยระดับของกรดไขมันอิสระในเลือดยังสูงในช่วง 5 นาทีหลังจากจบเกมการแข่งขัน (รูปที่ 4) ซึ่งอาจจะเป็นผลรวมมาจากการใช้กรดไขมันอิสระที่น้อยลงและการเพิ่มการไหลเวียนของเลือดไปยังเนื้อเยื่อไขมัน ในทางตรงกันข้ามพบว่าปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วงเกมการแข่งขันครึ่งเวลาหลัง (รูปที่ 4) แสดงให้เห็นว่ากลีเซอรอลถูกนำไปใช้โดยเนื้อเยื่ออื่นๆ ที่สำคัญที่สุดอาจเป็นตับ ซึ่งสันนิษฐานว่ามีการดึงกลีเซอรอลเข้าไปมากกว่าที่พบในการแข่งขันครึ่งเวลาหลัง เนื่องมาจากการเพิ่มอัตราการไหลเวียนเลือดในช่วงพักครึ่งดังนั้นดูเหมือนว่ากลีเซอรอลอาจเป็นสารตั้งต้นสำคัญในการสังเคราะห์กลูโคสจากสารตั้งต้นที่ไม่ใช่ไกลโคเจน (gluconeogenic

precursor) ในระหว่างเกมการแข่งขันฟุตบอลการวัดปริมาณการใช้กรดไขมันอิสระและปริมาณการสลายไขมันระหว่างเกมการแข่งขันฟุตบอลจากระดับความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระในเลือดและกลีเซอรอลเป็นเรื่องที่ตรวจสอบได้ยากมาก เนื่องจากสารดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความสมดุลระหว่างการปล่อยเข้าไปและการนำออกจากเลือดนอกจาก นั้นมีการศึกษาในการออกกำลังกายหนักที่ทำซ้ำๆ ได้ข้อมูลที่ชี้แนะว่าไตรกลีเซอไรด์ภายในกล้ามเนื้อเป็นแหล่งที่สำคัญของการสลายไขมันในช่วงพักครึ่งและอาจรวมไปถึงในช่วงเกมการแข่งขันด้วย



ภาพประกอบ 10 แสดงความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระ (0) และกลีเซอรอลในเลือด () ของนักกีฬา 6 คนในช่วงก่อนการแข่งขัน ระหว่างและหลังเกมการแข่งขันฟุตบอลใช้นักกีฬาและเก็บข้อมูลเกมการแข่งขันเช่นเดียวกับในรูปที่ 2

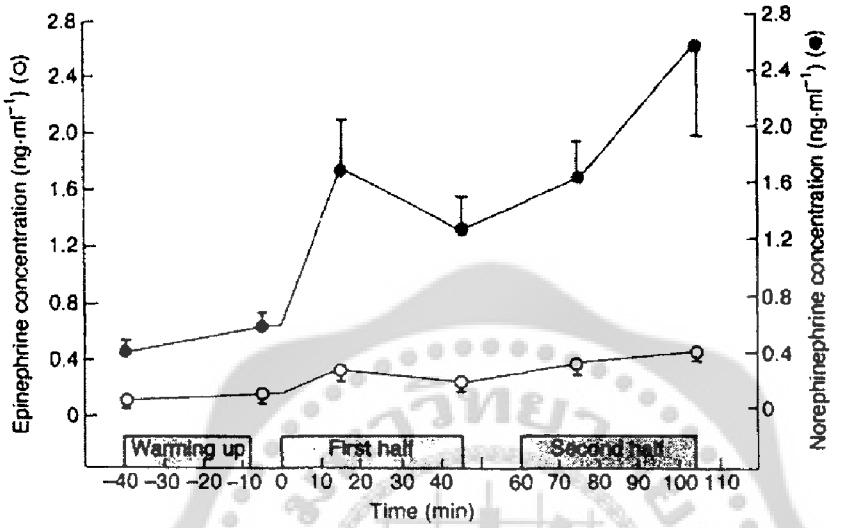
อีกวิธีการหนึ่งในการประเมินค่าการสลายไขมัน คือการใช้อัตราแลกเปลี่ยนก๊าซที่หายใจ Respiratory Ratio (R หรือ RER) ขณะออกกำลังกายในระดับคงที่และใช้เป็นค่าสัดส่วนการหายใจ (co2 / o2) ที่ไม่ใช้โปรตีน (non-protein respiratory quotient, RQ) เป็นค่าที่บ่งบอกปริมาณการใช้ไขมัน แต่วิธีการนี้ทำได้ยากในระหว่างเกมการแข่งขันฟุตบอล อย่างไรก็ดี สามารถทำได้ด้วยการจำลองกิจกรรมการออกกำลังกายมาตรฐานที่มีรูปแบบเช่นเดียวกับฟุตบอล ผลของการวัดได้ค่าเศษส่วนของการหายใจเท่ากับ 0.85, 0.87 และ 0.91 ที่มีความหนักของงาน 55,71 และ 81% ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ตามลำดับความสัมพันธ์ระหว่างค่า R และความหนักของงานที่ศึกษามีความใกล้เคียงกับความสัมพันธ์ที่ได้ในการออกกำลังกายที่ยาวนานแต่มีช่วงพักสลับกันไป (Essen 1978, Bangsbo et al. 1992b) โดยพิจารณาจากวิธีการวัดดังกล่าวและการวัดอัตราเต้นของหัวใจในช่วงเกมการแข่งขันฟุตบอล ทำให้สามารถประมาณค่า R เฉลี่ยที่ 0.88 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าพลังงานที่มาจากคาร์โบไฮเดรตและไขมันมีค่าประมาณ 60 และ 40% ตามลำดับโดยการใช้ตัวเลขนี้ร่วมกับค่าที่ประมาณไว้ซึ่งดูจะมีเหตุมีผลในกีฬาฟุตบอล ก็จะสามารถคำนวณการสลายคาร์โบไฮเดรตและไขมันรวมระหว่างเกมการแข่งขันได้ เช่นถ้านักกีฬามีน้ำหนักตัว 75 กิโลกรัม มีค่าการ มีค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด 60 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที และค่าเฉลี่ยการใช้ออกซิเจนระหว่างเกมการแข่งขันมีค่า 70% ของการใช้ออกซิเจนสูงสุดดังนั้นการสลายคาร์โบไฮเดรตและไขมันจะมีค่าประมาณ 1140 (205) และ 230 (56 กรัม) มิลลิโมล ตามลำดับส่วนหนึ่งของคาร์โบไฮเดรตที่ถูกสลายคือกลูโคสที่ดึงมาจากเลือดซึ่งมีอยู่ประมาณ 200 มิลลิโมลของหน่วยไกลโคซิส ถูกปล่อยจากตับผ่านขบวนการสลายไกลโคเจน (glycogenolysis) และขบวนการสร้างกลูโคสจากสารตั้งต้นที่ไมใช่ไกลโคเจน (gluconeogensis) ทำให้ได้ถึง 940 มิลลิโมลในรูปไกลโคเจนในกล้ามเนื้อและเป็นสารตั้งต้นสำหรับแอนแอโรบิคแบบไกลโคไลซิสด้วย การใช้ไกลโคเจนสุทธิในขบวนการนี้ มีค่าประมาณ 60 มิลลิโมล ถ้าสมมุติว่าการนำแลคแตทจากเลือด ไปเป็นแลคแตทที่สะสมในตับและสังเคราะห์กลับคืนไปเป็นกลูโคสจะทำให้ได้ปริมาณไกลโคเจนสุทธิที่กล้ามเนื้อใช้ประมาณ 1000 มิลลิโมลของหน่วยไกลโคซิสค่าที่ได้นี้ใกล้เคียงกับค่าที่พบว่าไกลโคเจนในกล้ามเนื้อลดลงเพียง 85 มิลลิโมล/กิโลกรัมระหว่างเกมการแข่งขันของนักกีฬาที่มีระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อปกติก่อนการแข่งขัน (Saltin, 1973) จากการคำนวณค่าเฉลี่ยของปริมาณกล้ามเนื้อ ซึ่งไกลโคเจนลดลงเหลือระดับเดียวกับกล้ามเนื้อที่ถูกเจาะออกมา สามารถประมาณค่าได้ 12 กิโลกรัมค่านี้ดูเหมือนจะไม่ตรงกับความเป็นจริงสำหรับนักกีฬาที่มีน้ำหนักตัว 75 กิโลกรัม สิ่งที่ต้องตระหนักก็คือ การคำนวณเหล่านี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของเงื่อนไขข้อตกลงเบื้องต้นสองสามอย่าง เป็นการใช้ค่าเฉลี่ยและมีความแตกต่างระหว่างบุคคลค่อนข้างมาก

ฮอร์โมน

ฮอร์โมนที่มีบทบาทสำคัญคืออิพิเนฟรินและนอร์อิพิเนฟริน ซึ่งจะเพิ่มขึ้นระหว่างเกมการแข่งขันฟุตบอล ดังแสดงในรูปที่ 5 การเพิ่มขึ้นอย่างมากของนอร์อิพิเนฟรินเกิดจากการที่ระบบประสาทซิมพาเทติคถูกกระตุ้น ทำให้กระตุ้นการหลั่งนอร์อิพิเนฟรินและอิพิเนฟรินจากต่อมหมวกไต ระดับความเข้มข้นของนอร์อิพิเนฟรินจะมากขึ้นเกินกว่าอิพิเนฟรินประมาณ 7 เท่า นอร์อิพิเนฟรินที่ไหลเวียนอยู่ส่วนใหญ่มาจากการกระตุ้นจากประสาทซิมพาเทติค ทั้งระดับของอิพิเนฟรินและนอร์อิพิเนฟรินยังมีค่าห่างจากค่าสูงสุดคือ

ประมาณ 2 และ 10 นาโนกรัม/ลิตร ตามลำดับ เมื่อออกกำลังกายเต็มที่ (Kjaer 1989) อย่างไรก็ตาม ฮอร์โมนทั้งสองมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเผาผลาญอาหาร



ภาพประกอบ 11 แสดงระดับความเข้มข้นของอิพิเนฟริน (0) และนอร์อิพิเนฟรินในเลือด () ของนักกีฬา 6 คน ในช่วงก่อนการแข่งขัน ระหว่างและหลังเกมการแข่งขันฟุตบอลใช้นักกีฬาและเก็บข้อมูลในเกมการแข่งขันเช่นเดียวกับในรูปที่ 2

การเพิ่มขึ้นของอิพิเนฟรินมีผลต่อระดับกลูโคสในเลือดและการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตเพราะฮอร์โมนดังกล่าวกระตุ้นการสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อนอกจากนั้นทั้งอิพิเนฟรินและนอร์อิพิเนฟรินจะเพิ่มการสลายไขมันจากเนื่อเยื่อไขมันทำให้มีกรดไขมันเข้าสู่กระแสเลือดมากขึ้นส่วนอินซูลินจะให้ผลตรงกันข้ามระดับแลคแตทในเลือดที่สูงก็จะลดการใช้กรดไขมันอิสระจากเนื้อเยื่อไขมัน ดังนั้นปริมาณอินซูลินที่ไม่เปลี่ยน (รูปที่ 3) และการเพิ่มขึ้นของแลคแตทในระหว่างครึ่งเวลาแรก อาจจะเป็นสิ่งต่อต้านมิให้อิพิเนฟรินและนอร์อิพิเนฟรินที่เพิ่มขึ้นนั้นมีผลต่อการปล่อยกรดไขมันอิสระซึ่งอาจจะเป็นการอธิบายได้ส่วนหนึ่งเกี่ยวกับการเพิ่มระดับกรดไขมันอิสระในระดับปานกลางในช่วงแรกของเกมการแข่งขัน (รูปที่ 4) ต่อมาระดับอินซูลินและแลคแตทจะลดลงในช่วงครึ่งเวลาหลังและการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของอิพิเนฟรินและนอร์อิพิเนฟรินทำให้ระดับความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นไปจนสิ้นสุดเกมการแข่งขันนอกจากนั้นฮอร์โมนเกี่ยวกับการเจริญเติบโต (Growth hormone, GH) ซึ่งเพิ่มขึ้นในขณะแข่งขันเกมฟุตบอลก็จะช่วย

กระตุ้นการสลายไขมันอีกด้วย (Garli et al. 1986) ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระเมื่อสิ้นสุดเกมการแข่งขัน อาจเกิดจากการเพิ่มของ GH อย่างต่อเนื่องนอกเหนือจากนี้ก็ยังมีฮอร์โมนอื่นที่มีผลต่อการเผาผลาญสารอาหารให้เป็นพลังงานในระหว่างเกมการแข่งขัน ซึ่งจะไม่ขอกล่าวในที่นี้

ความเมื่อยหรือการอ่อนแรง

การอ่อนแรงในระหว่างเกมการแข่งขัน

การอ่อนแรงในระหว่างเกมการแข่งขันเป็นอาการชั่วคราวและอาจใช้เวลาหลายนาทีก่อนอาการจะเริ่มขึ้นอย่างไรก็ตามการอ่อนแรงของนักกีฬาส่งผลกระทบต่อผลการแข่งขัน ดังนั้นจึงจำเป็นมากที่จะต้องทำให้นักกีฬาฟื้นตัวได้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้เวลาที่ต้องใช้ในการกลับคืนสู่สภาพปกติหลังจากการออกกำลังกายหนักขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยเช่น ระดับความสมบูรณ์ทางกายของนักกีฬา กิจกรรมในช่วงการฟื้นตัว ความหนักและความนานของการออกกำลังกาย ปัจจัยหลังจากนี้มีการค้นพบโดย Balsom และคณะ (1991) โดยสังเกตพบว่าเวลาที่ใช้ในการวิ่ง (ประมาณ 5.5 วินาที) จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเมื่อทำการวิ่งเร็ว 40 เมตรซ้ำๆกัน 15 รอบในขณะที่ความเร็วจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงถ้าวิ่ง 40 รอบระยะทางเพียง 15 เมตร (ประมาณ 2.5 วินาที) ในทั้งสองกรณีการวิ่งแต่ละรอบจะมีเวลาพัก 30 วินาที ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่าเวลา 30 วินาที เป็นเวลาที่เพียงพอสำหรับการฟื้นตัวจากการออกกำลังกายสูงสุดที่ใช้เวลาประมาณ 3 วินาทีแต่ไม่เพียงพอสำหรับการออกกำลังกายสูงสุดที่ใช้เวลาประมาณ 6 วินาที ความอ่อนล้าอาจจะเกิดช้าลงได้โดยการฝึกฝน ซึ่งเกิดจากสิ่งต่างๆที่พัฒนาความสามารถของนักกีฬาทำให้ทนต่อสภาวะแลคแตทสูงและความอ่อนแรงตลอดจนฟื้นตัวจากการออกกำลังกายอย่างหนักได้ดีขึ้น

ความอ่อนล้าเมื่อสิ้นสุดเกมการแข่งขัน

เมื่อสิ้นสุดเกมการแข่งขันฟุตบอลความอ่อนล้าอาจจะไม่ได้เกิดจากการออกกำลังกายมากเพียงอย่างเดียวแต่อาจจะเกิดการหมดแรงของกล้ามเนื้อโดยรวมๆซึ่งเป็นผลจากการออกกำลังกายก่อนหน้านี้ ในระหว่างเกมการแข่งขันนักกีฬาอาจสามารถออกกำลังกายที่ความหนักไม่มากได้และออกกำลังกายสูงสุดในช่วงสั้นๆ แต่ความสามารถในการออกกำลังกายที่มีความหนักสูงในช่วงเวลายาวนานขึ้นอาจจะลดลงไป ซึ่งมักเกิดจากการลดลงของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อมีการใช้ไกลโคเจนที่สะสมไว้ในรูปแบบที่อาจแตกต่างกัน เส้นใยกล้ามเนื้อที่ต้องพึ่งพาเส้นใยกล้ามเนื้ออื่นๆ หรือต้องมีเส้นใยอื่นมาช่วยทำงาน มีศักยภาพต่ำที่จะสังเคราะห์ไกลโคเจนกลับคืน มักจะเป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่ไกลโคเจนอย่างมากขณะออกกำลังกาย เหตุดังกล่าวอาจทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อที่จะออกกำลังทำงานได้มีจำนวนลดลงไป ไม่

เพียงพอที่จะเกิดแรงสำหรับการออกกำลังกายซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่เพิ่มประสิทธิภาพของการออกกำลังกายแบบยาวนานเป็นช่วงๆ ด้วยการเพิ่มไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ โดยการรับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงก่อนการทดสอบ (Bangsbo et al. 1992b) ดังนั้นค่อนข้างจะชัดเจนว่าการเตรียมร่างกายให้พร้อมก่อนเกมการแข่งขันฟุตบอลนั้น ควรคำนึงถึงการบริโภคที่เหมาะสม

สรุป

การผลิตพลังงานแบบแอโรบิคเพื่อใช้ในเกมการแข่งขันฟุตบอลสามารถประมาณได้จากการวัดในระหว่างหรือเมื่อสิ้นสุดเกมทันที เช่น การวัดอัตราการเต้นของหัวใจและการวัดอุณหภูมิที่ทวารหนัก จากการวัดดังกล่าว การผลิตพลังงานแบบแอโรบิคของนักกีฬาชั้นนำมีค่าประมาณ 70% ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นการยากที่จะหาปริมาณพลังงานที่ผลิตมาในเชิงแอนแอโรบิคในระหว่างเกมการแข่งขัน เนื่องจากความหนักของการออกกำลังกายมีความแตกต่างกันแต่พลังงานที่ได้ในระบบนี้อาจมีเพียงส่วนน้อยของการใช้พลังงานรวมในการแข่งขัน อย่างไรก็ตามระบบแอนแอโรบิคก็เป็นระบบที่สำคัญมากระหว่างเกมการเล่น เพราะเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาการออกกำลังกายหนักในระหว่างเกม ซึ่งศักยภาพเชิงแอโรบิคมีความสัมพันธ์ทางตรงกับระดับการแข่งขันฟุตบอล (Ekblom 1986, Bangsbo 1992) ดังนั้นนักกีฬาที่มีสมรรถภาพสูงจึงสามารถออกกำลังกายหนักซ้ำๆ ได้ในระหว่างเกมและมีความแตกต่างระหว่างบุคคลในสมรรถนะดังกล่าวรวมถึงการผลิตพลังงานรวมและพลังงานในเชิงแอโรบิคและแอนแอโรบิคที่จะใช้นำมาแข่งขัน

ความอ่อนแรงระหว่างการออกกำลังกายหนักอาจจะมีความซับซ้อนและเป็นการยากที่จะชี้ว่าปัจจัยหนึ่งที่จะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการลดของแรงแต่อีกนัยหนึ่งอาจเป็นได้ว่าความรู้สึกอ่อนแรงในช่วงท้ายของเกมการแข่งขันอาจจะเกี่ยวเนื่องเกี่ยวกับการลดลงของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในต่างประเทศ

มอร์โร; และ นาวาโล้ (Mallo; & Navarro: 2008) ได้ทำการศึกษาการกำหนดของนักกีฬาฟุตบอลระหว่างการฝึกฟุตบอลเกมเล็ก จุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลของการเคลื่อนที่ สรีรวิทยาและความหนักของนักกีฬาฟุตบอลระหว่างฟุตบอลเกมเล็ก 3 ต่อ 3 โดยมีพื้นที่ของสนามเท่ากับ 33x20 เมตร วิธีดำเนินการทำการวิเคราะห์ระยะทางการเคลื่อนไหวโดยทำการบันทึกกล้องวิดีโอ การวัดอัตราการเต้นของหัวใจทุกๆ 5 วินาทีโดยใช้เครื่อง Polar และทำการวิเคราะห์ผู้เล่นแต่ละตำแหน่ง ผลการวิจัย ระยะทางของการฝึก 3 ต่อ

3 มีระยะทาง เท่ากับ 748-749 เมตร และค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจเท่ากับ 173 และมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกรณีที่ไม่มีผู้รักษาประตู สรุปผลการวิจัย จากการศึกษาผลของฟุตบอลเกมเล็กทำให้มีการพัฒนาระบบความอดทนของร่างกายในนักกีฬาฟุตบอล

รัมปินีนี และคณะ (Rampinini et.al: 2007) ได้ทำการวิจัยเรื่อง อิทธิพลการตอบสนองด้านสรีรวิทยาของฟุตบอลเกมเล็ก จุดมุ่งหมาย เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกาย ขนาดสนาม และการกระตุ้นของผู้ฝึกสอนที่มีต่อความหนักในฟุตบอลเกมเล็ก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลสมัครเล่นจำนวน 20 คน โดยทำการฝึกหนักสลับเบาระหว่าง 3 ต่อ 3 4 ต่อ 4 5 ต่อ 5 6 ต่อ 6และทั้งหมดมีความแตกต่างกันด้านสนาม และมีการกระตุ้นด้วยโค้ช และมีการประเมินอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ และความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ระหว่างการฝึกฟุตบอลเกมเล็กแบบ 6 ต่อ 6 พบว่าความหนักของการออกกำลังกายเท่ากับ 84± 5% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดเท่ากับ 3.4 ± 1.0 mmol และค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์เท่ากับ 4.8 และระหว่างการฝึกฟุตบอลเกมเล็กแบบ 3 ต่อ 3 ความหนักของการออกกำลังกายเท่ากับ 91± 2 % ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และความเข้มข้นของแลคติกในเลือดเท่ากับ 6.5± 1.5 mmol และค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์เท่ากับ 7.2 และจากข้อมูลแสดงให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเท่ากับ 2.0-5.4 % และความเข้มข้นของแลคติกในเลือดเท่ากับ 10.4-43.7% และค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์เท่ากับ 5.5 -31.9% ผลการทดลองระบุว่าการออกกำลังกายระหว่างฟุตบอลเกมเล็ก ขนาดสนามและการกระตุ้นของโค้ชมีผลต่อความหนักของการออกลังกาย และสามารถทำให้โค้ชปรับความหนักของการออกกำลังกายและควบคุมการฝึกได้

ฮิล-ฮาร์ทและคณะ (Hill-Haas. Et.al: 2009) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การตอบสนองทางสรีรวิทยาและความแตกต่างในการเคลื่อนที่ของฟุตบอลเกมเล็กในนักกีฬาเด็ก จุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาและเวลาในการเคลื่อนที่ ที่ต่อความแตกต่างในการฝึกฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 วิธี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลจำนวน 16 คน วิธีดำเนินการเปรียบเทียบการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 แบบ คือ 2 ต่อ 2 4 ต่อ 4 และ 6 ต่อ 6 โดยการประเมิน ค่าอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ และความเข้มข้นของกรดแลคติในเลือด และเวลาในการเคลื่อนที่ โดยมีขนาดของสนามแตกต่างกัน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบการเล่นแบบ 2 ต่อ 2 , 4 ต่อ 4 . 6 ต่อ 6 ผลมีการเพิ่มขึ้นของ อัตราการเต้นของหัวใจ ความเข้มข้นของแลคติกในเลือดและค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผู้ล่นมีระยะทางในการสปีด 0-7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในรูปแบบ 4 ต่อ 4, 2 ต่อ 2 (1128m และ 1176m) และการสปีคสูงสุดมีระยะ

ทางอย่างน้อย 18 km ต่อชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญ สรุปผลว่า การเล่นฟุตบอลเกมเล็กโดยมีขนาดสนามเล็กลงมีผลทำให้มีการเพิ่มทางด้านสรีรวิทยาและงานหนักมากขึ้น

เดลเลย์ และคณะ (Dellal. Et.al: 2008) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการตอบสนองของอัตราการเต้นหัวใจระหว่างฟุตบอลเกมเล็กและการฝึกวิ่งระยะสั้นในนักกีฬาฟุตบอล จุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาเปรียบเทียบการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจภายในและระหว่างการฝึกวิ่งระยะสั้นและฟุตบอลเกมเล็กในนักกีฬาฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายจำนวน 10 คน วิธีดำเนินการมีการวิ่งอย่างไม่สม่ำเสมอ 30 วินาทีและพักอย่างมีกิจกรรม 30 วินาที และปฏิบัติแบบ 30-30 15-15 10-10 และ 5-20 วินาทีโดยมีการพักอย่างถาวร และความแตกต่างในรูปแบบฟุตบอลเกมเล็ก 1ต่อ 1 2 ต่อ 2 4 ต่อ 4 และ 8 ต่อ 8 โดยไม่มีผู้รักษาประตู และ 10 ต่อ 10 และมีการประเมินเปอร์เซ็นต์ ของอัตราการเต้นหัวใจ ในช่วง 30-30 เท่ากับ 100 % ผลการวิจัย นัยสำคัญสูงขึ้นที่ระดับ .001 ในช่วงการพักอย่างถาวร %อัตราการเต้นของหัวใจซึ่งเหมือนกันอย่างน้อย 2 อย่างระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กกับการวิ่งระยะสั้น และระยะเวลาในการวิ่งในรูปแบบการเล่น 8 ต่อ 8 มีการเพิ่มขึ้น 11% ของอัตราการเต้นหัวใจ สรุปผลการวิจัย อธิบายว่าการเล่นเกมเล็กมีการเพิ่มของอัตราการเต้นหัวใจซึ่งสอดคล้องกับเวลาที่ใช้ในการวิ่งระยะสั้นและมีความเชื่อมั่นว่าการฝึกฟุตบอลเกมเล็กจะทำให้มีสมรรถภาพ เทคนิคและแทคติก

เทสซิโตสและคณะ (Tessitore. Et.al: 2007) ได้ทำการศึกษาสรีรวิทยาและด้านเทคนิคของการฝึกฟุตบอลขนาดเล็ก 6 ต่อ 6 จุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาประเมินอัตราการเต้นของหัวใจและความแตกต่างของเทคนิค แทคติกระหว่างการฝึกรูปแบบ 6 ต่อ 6 โดยมีขนาดสนาม 2 ขนาดคือ 30x40 เมตรกับ 50x40 เมตร และเวลา 3 นาทีและ 8 นาที โดยมีการประเมินความหนักของการฝึกจากอัตราการเต้นของหัวใจและแลคติก เทสโฮร์ด วิธีดำเนินการ โดยประเมินการใช้ออกซิเจนสูงสุดในห้องทดลอง, อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด, และแลคติก กลุ่มตัวอย่างนักกีฬาฟุตบอลจำนวน 9 คนทำการทดสอบก่อนและหลังการแข่งขันความหนักของการออกกำลังกายคำนวณด้วยอัตราการเต้นของหัวใจ (จำนวนการเคลื่อนที่ การส่งบอล) ผลการวิจัย ไม่มีความแตกต่างในด้านความถี่ของอัตราการเต้นหัวใจระหว่างก่อนและหลังการทดสอบแต่มีความแตกต่างกันระหว่างการฝึก 3 นาที และ 8 นาทีต่อขนาดสนาม 40x50 เมตร และได้อธิบายว่า ความหนักของการออกกำลังกายมีนัยสำคัญแตกต่างกันที่ระดับ .01 ขึ้นอยู่กับขนาดสนามโดยมีความหนักเพิ่มขึ้นระหว่างการทด สอบ 30x40 เมตรและข้อมูลทางด้านเทคนิคไม่มีความแตกต่างกัน สรุปผลการวิจัยจากข้อมูลผู้ฝึกสอนสามรถควบคุมความหนักของการฝึกโดยคำนึงถึงขนาดของสนามและขนาดควรจะอยู่ที่ 30x40 เมตร แต่ถ้ากว้างเกินไปจะส่งผลกระทบต่อกระบวนแมตาบอลึซึมในร่างกาย

แบงส์บี้และคณะ (Blanksby; et al. 1998) ได้ศึกษาเรื่อง "อัตราการเต้นหัวใจและประเมินการใช้พลังงานในขณะเต้นรำ" ทำการศึกษาจากการแข่งขันเต้นรำ โดยมีการเต้นรำ 2 แบบ คือ แบบร่วมสมัยและแบบละตินอเมริกัน ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจในขณะเต้นรำ และวัดความสัมพันธ์ของออกซิเจนที่ได้รับกับอัตราการเต้นของหัวใจในขณะที่เดินบนลู่กล ทำในนักเต้นรำจำนวน 10 คนจากการศึกษา สามารถประเมินค่าทั้งหมดของปริมาณการใช้ออกซิเจนได้ดังนี้ ในผู้ชาย การเต้นแบบร่วมสมัยและแบบละตินอเมริกัน มีค่า 42.8 มล./กก./นาที และ 42.8 มล./กก./นาที ตามลำดับ ในผู้หญิงการเต้นแบบร่วมสมัย และแบบละตินอเมริกัน มีค่า 34.7 มล./กก./นาที และ 36.1 มล./กก./นาที ตามลำดับและปริมาณการใช้พลังงานในขณะเต้นรำ ในผู้ชาย การเต้นแบบร่วมสมัย และแบบละตินอเมริกัน มีค่า54 กิโลจูล/นาที และ 54 กิโลจูล/นาที ตามลำดับ ในผู้หญิง การเต้นแบบร่วมสมัย และแบบละตินอเมริกันมีค่า 34.7 กิโลจูล/นาที และ 36.1 กิโลจูล/นาที ตามลำดับ

แม็กซ์และคณะ (Max; et al. 1998) ได้ศึกษาถึงผลของการยกน้ำหนักและการวิ่งบนลู่กลที่มีต่อ VO2max และกรดแลกติกในเลือด ภายหลังการออกกำลังกายในผู้ชายที่มีสุขภาพดีอายุ 20- 26 ปี มีประสบการณ์ในการฝึกยกน้ำหนักและมีความคุ้นเคยกับวิธีการที่ใช้ในการทดลองจำนวน 15 คน ทำการทดลองโยให้กลุ่มตัวอย่างวิ่งบนลู่กลจนถึงอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นถึงระดับสูงสุด (max HR) และยกน้ำหนักแบบวงจรให้ท่ายกน้ำหนัก 8 ท่า ทำการยก 2 รอบศึกษาค่า VO_{2max} ขณะพักก่อนการทดลองของทั้งสองวิธี และในช่วงการฟื้นตัวในนาทีที่ 30 60 และ 90 และศึกษาปริมาณของกรดแลกติกที่ในช่วงเวลาเดียวกัน ผลการวิจัยพบว่าก่อนการทดลองค่า VO_{2max} ในช่วง 30 นาทีแรกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการยกน้ำหนักมากกว่าการวิ่งบบนลู่กลและในช่วงเวลาอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนปริมาณกรดแลกติกพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ของการยกน้ำหนักมากกว่าการวิ่งบนลู่กล

กุ๊บต้า และคณะ (Gupta et.al 1996) ได้ศึกษาผลของการเคลื่อนย้ายกรดแลกติกภายหลังการออกกำลังกายโดยให้กลุ่มตัวอย่างเพศชาย จำนวน 15 คน ออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานอยู่กับที่ที่ระดับ 150 % ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด หลังจากการออกกำลังกายให้กลุ่มตัว อย่างฟื้นตัวด้วยการพักเป็นเวลา 40 นาที เปรียบเทียบกับการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมด้วยการปั่นจักรยานอยู่กับที่ที่ระดับ 30 % ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 40 นาทีและการฟื้นตัวด้วยการนวดเป็นเวลา 10 นาที ระหว่างการฟื้นตัวจะเจาะเลือดหลังการออกกำลังกายทันที นาทีที่ 3, 5,10,20,30 และ 40 ผลการทดลองพบว่าระดับกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกายทันทีและในนาทีที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่

หลังจากนาทีที่ 5 พบว่า การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมสามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้เร็วกว่าการฟื้นตัวด้วยการพักและการนวด

งานวิจัยในประเทศ

พรพล พิมพาพร (2547) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระดับของกรดแลคติกในเลือดระหว่างการฝึกด้วยแรงต้านโดยทำให้ร่างกายฟื้นตัวระหว่างเซตด้วยการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการเดินบนลู่กล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬา เพศชาย ของวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล ที่มีอยู่ระหว่าง 18-20 ปี จำนวน 15 คน โดยให้กลุ่มตัวอย่างฝึกโดยใช้น้ำหนักเป็นแรงต้านในท่า Knee extension ที่มีความหนัก 10 RM จำนวน 10 ครั้ง 3 เซต พักระหว่างเซต 4 นาที ช่วงเวลาพักระหว่างเซตทำให้ร่างกายฟื้นตัวด้วยการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการเดินบนลู่กล ทำการเจาะเลือดในขณะพักหลังการฝึกเซตที่ 1 เซตที่ 2 และเซตที่ 3และหลังการทำให้ร่างกายฟื้นตัวเซตที่ 1 เซตที่ 2 และเซตที่ 3 และหาผลต่างของระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดหลังการฝึกและหลังการฟื้นตัวของเซตที่ 1 เซตที่ 2 และเซตที่ 3 ของการทดลอง 3 วิธีผลการศึกษา พบว่า การพักแตกต่างกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และการเดินบนลู่กล การเดินบนลู่กลไม่แตกต่างกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่อัตราการลดลงของระดับแลคติกในเลือดของการทำให้ร่างกายฟื้นตัวด้วยการเดินบนลู่กลมีการลดลงมากที่สุด และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการฝึกซ้อม เพื่อช่วยในการฟื้นตัว และพัฒนาความสามารถของกล้ามเนื้อต่อไป

อำพร ศรียาภัย (2544) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบและหาค่าความแตกต่างของระดับกรดแลคติกในเลือด และอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายแล้วทำให้เย็นลง โดยการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการขาวน่า กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาเพศชาย ของวิทยาลัยพลศึกษา จังหวัดสุพรรณบุรี ที่มีอายุระหว่าง 17-19 ปี จำนวน 15 คน โดยให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายโดยการวิ่งบนลู่กลจนกระทั่งถึงระดับ anaerobic threshold ให้หยุดวิ่ง แล้วทำการเจาะเลือดและบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจทันที ต่อจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างพัก 10 นาที จึงเจาะเลือดและบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจอีกครั้งหนึ่ง ทำการทดลองตามลำดับขั้นตอนเดียวกัน โดยในครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 กลุ่มตัวอย่างจะทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และการขาวน่า ครั้งละ 10 นาที 9 ตามลำดับทั้งนี้ให้กลุ่มตัวอย่างพักระหว่างการทดลองแต่ละครั้ง เป็นเวลา 1 วัน โดยทำการทดลองซ้ำวิธีละ 3 ครั้ง ผลการศึกษา พบว่า ระดับกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกายแล้วทำให้เย็นลงโดยการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และการขาวน่ามีความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้ม ว่าการซาวน่ามีค่าเฉลี่ยของระดับกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจลดลงมากกว่าวิธีอื่น วิจัยครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อทำให้การฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาเกิดเร็วขึ้น ซึ่งจะเป็นผลดีต่อสมรรถภาพทางกาย

ถนอมศักดิ์ เสนาคำ (2541) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "การใช้พลังงานในขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปักตะกร้อทีมชาติไทย" โดยศึกษาถึงความต้องการพลังงานในขณะแข่งขันเกมเซปักตะกร้อของนักกีฬาหญิงทีมชาติไทย จำนวน 15 คน โดยให้สวมเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจแบบไร้สาย เพื่อทำการบันทึกอัตราการเต้นหัวใจในขณะแข่งขัน และหลังจากนั้นทำการทดสอบหาค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย (VO_{2max}) ข้อมูลอัตราการเต้นหัวใจในขณะแข่งขันจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเต้นหัวใจกับการใช้ออกซิเจนที่ได้จากการวัดในห้องทดลอง ได้สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแต่ละคน และนำค่าไปคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานในขณะแข่งขัน ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจในขณะแข่งขันมีค่าเฉลี่ย 140 ครั้ง/นาที อัตราการใช้ออกซิเจนเฉลี่ย 22 มล/กก/นาที เทียบได้กับ 54% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย42 มล/กก/นาที อัตราการใช้พลังงานตลอดเกมการแข่งขันเฉลี่ย 1,133 กิโลจูล (271 กิโลแคลอรี) และระบบพลังงานที่ใช้ในขณะแข่งขันคือ พลังงานระบบแอนแอโรบิก 25% พลังงานระบบแอนแอโรบิก – แอโรบิก 43%และพลังงานระบบแอโรบิก 32% (แอนแอโรบิก 75%และแอโรบิก 25%)

ศิริพร ทองศิริ (2530) ได้ศึกษาเปรียบเทียบระยะเวลาของการฟื้นตัวและปริมาณกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจ ภายหลังจากการออกกำลังกายในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาชายของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตรที่มีอายุ 20-21 ปี จำนวน 15 คนโดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายโดยการพักเฉยๆกับการพักแบบไม่หยุดนิ่ง ด้วยการปั่นจักรยานเบาๆและการก้มเงย โดยให้กลุ่มตัวอย่างปั่นจักรยานวัดงานติดต่อกันนาน 6 นาทีที่อัตราการเต้นของหัวใจ 170 ครั้งต่อนาที และให้หยุดพัก ระยะเวลาในการฟื้นตัวจากการทดลอง 3 วิธี คือ การพักเฉยๆ การพักโดยถีบจักรยานเบาๆ และการพักโดยการก้มเงย โดยเก็บตัวอย่างเลือดไปวิเคราะห์หาระดับกรดแลคติกในเลือดและบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัวผลการทดลองพบว่า

1. ระยะเวลาของการฟื้นตัวทั้ง 3 วิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ระยะเวลาของการฟื้นตัวโดยวิธีการถีบจักรยานเบาๆและวิธีการก้มเงยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. .ระยะเวลาของการฟื้นตัวโดยวิธีการนั่งพักเฉยๆมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ระยะเวลาของการฟื้นตัวโดยวิธีการก้มเงยและนั่งพักเฉยๆมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5. .ระยะเวลาของการฟื้นตัวโดยวิธีการถีบจักรยานเบาๆ น้อยที่สุดรองลงมาเป็นของวิธีการก้มเงยและวิธีการนั่งพักเฉยๆใช้เวลามากที่สุด

6. ปริมาณของกรดแลคติกในเลือดของการฟื้นตัวทั้ง 3 วิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาคภูมิ โชคทวีพาณิชย์ (2548) การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิแวดล้อมที่มีต่อเวลาในการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจและภาวะกรดแลกติคภายหลังการออกกำลังกาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชาย มหาวิทายลัยเกษตรศาสตร์ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคต้นปีการศึกษา 2547 จำนวน 13 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง กำหนดให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายด้วยวิธีการก้าวขึ้นลง จากกล่องไม้สูง 45 เซนติเมตรจนอัตราการเต้นของหัวใจเต้นถึงระดับร้อยละ 80 ของอัตราการเต้นสูงสุดวัดความแตกต่างของเวลาในการฟื้นตัวของอัตราการเต้นของหัวใจและระดับกรดแลคติกด้วยท่านอนราบไปกับพื้น ณ. อุณหภูมิที่ 20 และ 28 องศาเซลเซียส และนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้สถิติ t-test ผลการวิจัยพบว่า การลดอุณหภูมิของร่างกายจาก 28 องศา เป็น 20 องศา มีผลต่อความแตกต่างของระยะเวลาในการฟื้นตัวของระดับอัตราการเต้นของหัวใจและระดับกรดแลคติกในร่างกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสรุปได้ว่า การลดอุณหภูมิในร่างกายมีผลต่อระยะเวลาในการฟื้นตัวของระดับ อัตราการเต้นของหัวใจและกรดแลคติกในร่างกายภายหลังการออกกำลังกายจนถึงระดับร้อยละ 80 ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

ดุสิต พรหมอ่อน (2549) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของพลังอนากาศนิยม สมรรถภาพอากาศนิยม ปริมาณกรดแลคติก และอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการทดสอบด้วยวิธีวินเกทและวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นส์ในนักกีฬาฟุตบอล ประชากรเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายที่มีอายุระหว่าง 19-22 ปี ในชมรมกีฬาฟุตบอลและกำลังศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จำนวน 40 คนทำการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน ทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการวินเกทและวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ๊นส์วิธีละ 2 ครั้ง โดยในการทดสอบแต่ละครั้งจะต้องมีเวลาพักอย่างน้อย 2 วันก่อนทำการทดสอบครั้งต่อไปในการทดสอบแต่ละครั้งจะได้ค่าพลังงานอนากาศนิยม สมรรถภาพอากาศนิยม ปริมาณกรดแลคติก และอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการทดสอบ นำผล

ที่ได้ไปหาความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบทั้ง 2 วิธีสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้ Pearson Product Moment Correlation Coefficient กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการวิจัยพบว่า พลังงานอนากาศนิยม สมรรถภาพอากาศนิยม ปริมาณกรดแลคติก และอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการทดสอบระหว่างการทดสอบด้วยวิธีวินเกทและวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ้นส์ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .629, .803, .793, และ .935 ตามลำดับ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การสร้างเครื่องมือในการศึกษาวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่มีอายุระหว่าง 19 – 21 ปี จำนวน 40 คน

การเลือกกลุ่มตัอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) เป็นจำนวน 30 คน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ถูกคัดเลือกจะต้องผ่านเกณฑ์ต่างๆดังนี้

1. ต้องเป็นนักกีฬาฟุตบอลของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ต้องได้รับการทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (VO_{2max}) กลุ่มตัวอย่างจะต้องกรอกข้อมูลและลงนามรับรองในหนังสือยินยอม (Inform consent) ก่อนเข้าร่วมการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. โปรแกรมการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้งสามรูปแบบ (program small -side game)
2. การทดสอบหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจและการทดสอบหาค่าความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ซึ่งใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้

2.1 ใบบันทึกผล

2.2 เครื่องมือวิเคราะห์อัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย (Heart Rate Monitor) ยี่ห้อ Polar ยี่ห้อ Polar ผลิตในประเทศฟินแลนด์

2.3 เครื่องมือวิเคราะห์ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดยี่ห้อ Accussport ผลิตในประเทศเยอรมัน

2.4 ตารางอ่านค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ (RPE Borg Scal)

2.5 เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Cosmed, PFT ergo)

2.6 ลู่วิ่งกลไฟฟ้า (Electrical Treamill)

2.7 โปรแกรมสำเร็จในการคำนวณค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก

3.1 นาฬิกาจับเวลา (Seiko)

3.2 นกหวีด

3.3 กรวยยาง จำนวน 30 อัน

3.4 ตลับเมตร

3.5 ลูกฟุตบอลเบอร์ 5 จำนวน 10 ลูก

3.6 เสื้อเอี๊ยม 2 ชุด

3.7 สนามฟุตบอลเกมเล็กขนาด 50x40 เมตร

การสร้างเครื่องมือในการศึกษาวิจัย

ขั้นตอนการสร้างโปรแกรมการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้งสามแบบ

1. ศึกษาจาก เอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาในการเล่นฟุตบอลเกมเล็กสามแบบ

2. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาจัดโปรแกรมการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก แบบฟรีสไตล์ แบบไม่เกิน 2 จังหวะและแบบจังหวะเดียว

3. นำโปรแกรมการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้งสามรูปแบบ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้ประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ตรวจสอบและแก้ไขให้มีความเหมาะสม

4. นำโปรแกรมการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้งสามรูปแบบ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านตรวจสอบ ปรับปรุงและแก้ไขให้มีความถูกต้องเหมาะสมมากยิ่งขึ้นโดยมีรายชื่อดังต่อไปนี้ (ภาคผนวก ช)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อติดต่อกับผู้ฝึกสอนฟุตบอลที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนต่อไปนี้

2.1 อธิบายรายละเอียดให้เข้าใจถึงจุดประสงค์ในการศึกษาวิจัย

2.2 จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ และใบบันทึกผล เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการศึกษาวิจัย

2.3 ก่อนการทดลองกลุ่มตัวอย่างได้รับการตรวจสุขภาพหัวใจด้วยคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และคลื่นสะท้อนความถี่สูง (ECHO) ที่ศูนย์การแพทย์ฯ หลังจากนั้นผู้เข้ารับการทดลองทำการทดสอบหาค่า VO_{2max} และ HRmax โดยเครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Cosmed, PFT ergo) (The Bruce Treadmill Protocol) (ภาคนวก ก)

การวัดอัตราการเผาผลาญพลังงานเพื่อหาค่า VO_{2max} ใช้วิธีการวัดอัตราการใช้พลังงานทางอ้อม (Indirect Calorimetry) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas Analyzer, Cosmed PFT Ergo) ก่อนการทดสอบในแต่ละครั้งจะทำการปรับตั้งออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยการใช้แก๊สที่มีความเข้มข้นตามคู่มือเครื่องวิเคราะห์แก๊สแนะนำ (12% O_2, 6% CO_2 และ Nitrogen Balance) และปรับตั้งอัตราการไหลของแก๊ส (Flow Meter) โดยการใช้กระบอกบรรจุอากาศ 3 ลิตร (3-L Syringe) อุณหภูมิห้องความชื้นสัมพัทธ์ แรงดันบรรยากาศ ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องที่ติดตั้งอยู่ภายในเครื่องวิเคราะห์แก๊ส และจดบันทึกค่าลงในโปรแกรมโดยอัตโนมัติ

2.4 หลังจากการทดสอบค่า VO_{2max} ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มละ 10 คน โดยจากการเรียงค่าทดสอบ VO_{2max} จากมากไปหาน้อยด้วยวิธีแบ่งแบบระยะไขว้กัน (crossover design)

2.5 หลังจากนั้นดำเนินการเล่นตามโปรแกรมฟุตบอลเกมเล็กวันละ 1 กลุ่ม โดยทำการแบ่งผู้เล่นออกเป็น 2 ข้างละๆ 5 คน ระยะเวลาในการเล่น 3 วันต่อสัปดาห์ คือ วันจันทร์ วันพุธ วันศุกร์ เวลาในการเล่นแบ่งเป็น 2 ครึ่งๆละ 20 นาทีรวมทั้งหมด 40 นาที โดยการเลือกกลุ่มที่จะเล่นด้วยวิธีการจับสลากโดยกลุ่มที่เล่นวันจันทร์จะทำการเล่นวันจันทร์ในทุกสัปดาห์ โดยแต่ละกลุ่มจะได้รับการเล่นทั้งหมด 3 รูปแบบในระยะเวลา 3 สัปดาห์

2.6 ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (ใส่เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย, กรดแลคติกในเลือด (โดยทำการเจาะเลือดที่บริเวณปลายนิ้วมือ), วัดค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ (RPE Borg Scale) ในระหว่างการเล่นทุกวัน ในช่วงก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลังและครึ่งหลัง

6. นำผลการทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (VO_{2max}) ที่ทำการวัดในห้องทดลองมาคำนวณหาสมการถดถอยเชิงเส้นตรงระหว่าง HR- VO_2 และหลังจากนั้นให้นักกีฬาไปเล่นฟุตบอลเกมเล็กตามโปรแกรมทั้ง 3 รูปแบบจนเสร็จสิ้น จากนั้นนำอัตราการของเต้นหัวใจ (HR) จากการเล่นทั้ง 3 รูปแบบ มาคำนวณหาปริมาณการใช้ออกซิเจน (VO_2) ในขณะการเล่นโดยคำนวณจากสมการถดถอยเชิงเส้นตรงระหว่าง HR- VO_2 ที่ได้คำนวณไว้ก่อนหน้านี้ นำผลที่ได้มาคำนวณการใช้พลังงาน (Energy Expenditure Calculation Exp) โดยสามารถคำนวณ ดังนี้

Exp. = VO_2 uptake x RER (kcal/min)

Exp. = VO_2 uptake x RER x Time (kcal)

RER = Respiratory exchange ratio, (This study RER was assumed that = 1.00)

การปรับเปลี่ยนค่าของอัตราการใช้ออกซิเจน (VO_2) ให้เป็นปริมาณการใช้พลังงาน คือ 1L of O2 = 5 kcal (20.9 kJ) (Scott, C. B. 1997) โดยปริมาณการใช้ออกซิเจนแทนค่าสมการ (HR-VO_2) (ภาคผนวก ช)

7. ในการหาระบบพลังงานแอโรบิก (Aerobic System) หรือระบบแอนแอโรบิก (Anaerobic System) ที่ใช้ในขณะการเล่นนั้น ใช้การหาระบบพลังงานด้วยการวัดการระบายอากาศ (VentilatoryThreshold) ซึ่งคำนวณโดยวิธีการ V-Slope Method (ภาคผนวก ช)

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ความสามารถของการใช้ออกซิเจนสูงสุด

2. หาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของอัตราการเต้นหัวใจ ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ และการใช้พลังงานในร่างกายของกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม

3. ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวน (One way analysis of variance with repeated Measure) เมื่อพบความแตกต่างจะทำการทดสอบค่าความแตกต่างเป็นรายคู่ของการเล่นในช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละกลุ่มหากพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการเปรียบเทียบรายคู่โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferoni)

4. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (One way analysis of variance with repeated Measure in one-dimensional design) เพื่อทดสอบความแตกต่างของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง

3 รูปแบบ ในเวลาที่ต่างกันของแต่ละกลุ่ม หากพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferoni)

บทที่ 4
การวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน (Mean)
S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน (Standard Deviation)
*	แทน	ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
F	แทน	ค่าทดสอบสถิติแบบ F
N	แทน	จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง
df	แทน	ระดับของความเป็นอิสระ (Degree of freedom)
p	แทน	โอกาสของความน่าจะเป็น (Probability)
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนกำลังสอง (Mean Squares)
SS	แทน	ผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบน (Sum of squares)
ก่อนการเล่น	แทน	การวัดก่อนการเล่นครึ่งแรก
ครึ่งแรก	แทน	การวัดหลังจากเสร็จครึ่งแรก
ก่อนเล่นครึ่งหลัง	แทน	การวัดเมื่อเริ่มเล่นครึ่งหลัง
ครึ่งหลัง	แทน	การวัดหลังจากเสร็จสิ้นครึ่งหลัง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และ VO_{2max} (มล./กก./นาที) ของกลุ่มตัวอย่าง 30 คน

กลุ่มตัวอย่าง	อายุ(ปี)		น้ำหนัก(ก.ก.)		ส่วนสูง(ซ.ม.)		VO_2max	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
กลุ่มตัวอย่าง	18.86	.819	64.33	7.782	172	7.051	58.99	7.756

จากตาราง 2 พบว่า ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูงและ VO_2max เท่ากับ 18.86± .819 64.33±7.782 ส่วนสูง 172±7.051 และ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด 58.99±7.756 ตามลำดับ

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 แบบ ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรกและครึ่งหลัง

จำนวนครั้ง	รูปแบบ	N	$\overline{X}$	S.D.
ก่อนเล่นครึ่งแรก	ฟรีสไตล์	30	78	1.359
	ไม่เกิน 2 จังหวะ	30	78	1.583
	จังหวะเดียว	30	79	1.166
ครึ่งแรก	ฟรีสไตล์	30	151	2.343
	ไม่เกิน 2 จังหวะ	30	146	1.754
	จังหวะเดียว	30	146	2.665
ครึ่งหลัง	ฟรีสไตล์	30	161	3.079
	ไม่เกิน 2 จังหวะ	30	155	2.361
	จังหวะเดียว	30	151	2.619

จากตาราง 3 พบว่า ก่อนการเล่นครึ่งแรก แบบฟรีสไตล์ แบบไม่เกิน 2 จังหวะ แบบจังหวะเดียว มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการเต้นหัวใจ เท่ากับ 78$\pm$1.359, 78$\pm$1.583 และ79$\pm$1.166 ตามลำดับ ครึ่งแรก แบบฟรีสไตล์ แบบไม่เกิน 2 จังหวะ แบบจังหวะเดียว มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการเต้นหัวใจ เท่ากับ 151$\pm$2.343, 146$\pm$1.754 และ146$\pm$2.665 ตามลำดับ ครึ่งหลัง แบบฟรีสไตล์ แบบไม่เกิน 2 จังหวะ แบบจังหวะเดียว มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการเต้นหัวใจ เท่ากับ 161$\pm$3.079 ,155$\pm$2.361 และ151$\pm$2.619 ตามลำดับ

ตาราง 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของอัตราการเต้นของหัวใจระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรกและครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบฟรีสไตล์

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	123158.156	2	61579	541.929	.000*
ความคาดเคลื่อน	6590.511	58	113.630		
รวม	129748.7	60			

*p < .05

จากตาราง4 พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบฟรีสไตล์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 5 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจระหว่าง ก่อนการเล่น ครึ่งแรกและครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก รูปแบบการเล่นแบบฟรีสไตล์

การทดสอบ	$\overline{X}$	ก่อนการเล่น	ครึ่งแรก	ครึ่งหลัง
		78	151	161
ก่อนการเล่นครึ่งแรก	78		-72.933*	-83.033*
ครึ่งแรก	151			-10.100*
ครึ่งหลัง	161			

*p < .05

จากตาราง 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจแบบฟรีสไตล์ทุกช่วงเวลาของการทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตาราง 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างอัตราการเต้นของหัวใจระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรกและครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะ

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	107694.467	2	53847.233	818.247	.000*
ความคาดเคลื่อน	3816.867	58	65.808		
รวม	111511.3	60			

*p < .05

จากตาราง 6 พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 7 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรก และครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก รูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะ

การทดสอบ		ก่อนการเล่น	ครึ่งแรก	ครึ่งหลัง
	$\bar{X}$	78	147	156
ก่อนการเล่นครึ่งแรก	78	-	-	-77.533*
			68.367*	
ครึ่งแรก	147		-	-9.167*
ครึ่งหลัง	156			-

*p < .05

จากตาราง 7 พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจแบบไม่เกิน 2 จังหวะทุกช่วงเวลาของการทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตาราง 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรกและครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบจังหวะเดียว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	100839.356	2	50419.678	525.459	.000*
ความคาดเคลื่อน	5565.311	58	95.954		
รวม	106404.7	60			

*p < .05

จากตาราง 8 พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบจังหวะเดียว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 9 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจ ระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรกและครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก แบบจังหวะเดียว

การทดสอบ		ก่อนการเล่น	ครึ่งแรก	ครึ่งหลัง
	$\bar{X}$	79	146	151
ก่อนการเล่นครึ่งแรก	79	-	-68.467*	-73.300*
ครึ่งแรก	146		-	-4.833
ครึ่งหลัง	151			-

*p < .05

จากตาราง 9 พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจ ระหว่างครึ่งแรกกับครึ่งหลัง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.05

แต่ระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งแรก ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งหลัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ตาราง 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของอัตราการเต้นหัวใจ ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ก่อนการเล่นครึ่งแรก

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	.689	2	.344	.009	.991
ความคาดเคลื่อน	2234.64	58	38.53		
รวม	2235.329	60			

P<.05

จากตาราง 10 พบว่า ก่อนการเล่นครึ่งแรกอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของอัตราการเต้นหัวใจ ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งแรก

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	490.876	2	245.44	2.936	.061
ความคาดเคลื่อน	2234.64	58	38.53		
รวม	2725.516	60			

*p<.05

จากตาราง 11 พบว่า ในการเล่นครึ่งแรกอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของอัตราการเต้นหัวใจระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งหลัง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	1484.539	2	742.269	6.433	.003*
ความคาดเคลื่อน	6692.086	58	115.381		
รวม	8176.625	60			

*p < .05

จากตาราง 12 พบว่า ครึ่งหลังอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 13 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจ ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งหลัง

การเล่นฟุตบอลเกมเล็ก		แบบฟรีสไตล์	แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	แบบจังหวะเดียว
	$\overline{X}$	161	154	151
แบบฟรีสไตล์	161	-	6.133	9.850*
แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	154		-	3.717
แบบจังหวะเดียว	151			-

*p < .05

จากตาราง 13 พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก รูปแบบฟรีสไตล์กับรูปแบบจังหวะเดียวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของอัตราการเต้นหัวใจระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ รวมครึ่งแรกและครึ่งหลัง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	770.156	2	385.078	4.885	.011*
ความคาดเคลื่อน	4571.844	58	78.825		
รวม	5342	60			

*p < .05

จากตาราง 14 พบว่า รวมครึ่งแรกและครึ่งหลังอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 15 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจ ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ทั้ง 3 รูปแบบ รวมครึ่งแรกและครึ่งหลัง

การเล่นฟุตบอลเกมเล็ก		แบบฟรีสไตล์	แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	แบบจังหวะเดียว
	$\overline{X}$	156	151	149
แบบฟรีสไตล์	156	-	5.033	6.933*
แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	151		-	1.900
แบบจังหวะเดียว	149			-

*p < .05

จากตาราง 15 พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก รูปแบบฟรีสไตล์กับรูปแบบจังหวะเดียวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 16 ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจรวมทั้งครึ่งแรกและครึ่งหลัง ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ และร้อยละอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (%HRmax)

การเล่นฟุตบอลเกมเล็ก

	$\bar{X}$ (S.D.)	% ของ HRmax
แบบฟรีสไตล์	156 (2.51)	84
แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	151 (1.87)	82
แบบจังหวะเดียว	149 (2.46)	81

จากตาราง 16 พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจรวมครึ่งแรกและครึ่งหลังระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบคือ รูปแบบฟรีสไตล์ รูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะและรูปแบบจังหวะเดียวเท่ากับ 156±2.51 151±1.87 149±2.46 และเทียบเท่าร้อยละ 84 82 และ81 ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดตามลำดับ

ตาราง 17 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกรดแลคติกในเลือดระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง ครึ่งหลัง

จำนวนครั้ง	รูปแบบ	N	$\bar{X}$	S.D.
ก่อนเล่นครึ่งแรก	ฟรีสไตล์	30	3.623	1.035
	ไม่เกิน 2 จังหวะ	30	4.113	2.209
	จังหวะเดียว	30	3.267	1.246
ครึ่งแรก	ฟรีสไตล์	30	6.510	1.774
	ไม่เกิน 2 จังหวะ	30	6.690	3.392
	จังหวะเดียว	30	4.643	2.487
ก่อนเริ่มครึ่งหลัง	ฟรีสไตล์	30	5.317	1.629
	ไม่เกิน 2 จังหวะ	30	5.02	1.811
	จังหวะเดียว	30	3.787	2.261
ครึ่งหลัง	ฟรีสไตล์	30	6.123	1.692
	ไม่เกิน 2 จังหวะ	30	6.193	3.203
	จังหวะเดียว	30	5.253	2.183

จากตาราง 17 พบว่า ก่อนการเล่นครึ่งแรก แบบฟรีสไตล์ แบบไม่เกิน 2 จังหวะ แบบจังหวะเดียว มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกรดแลตติกในเลือด เท่ากับ 3.623 $\pm$ 1.035, 4.113 $\pm$ 2.209 และ3.267$\pm$1.246 ตามลำดับ ครึ่งแรก แบบฟรีสไตล์ แบบไม่เกิน 2 จังหวะ แบบจังหวะเดียว มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกรดแลตติกในเลือด เท่ากับ 6.510 $\pm$ 1.774, 6.690$\pm$3.392 และ4.643$\pm$ 2.487 ตามลำดับ ก่อนเริ่มครึ่งหลัง แบบฟรีสไตล์ แบบไม่เกิน 2 จังหวะ แบบจังหวะเดียว มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกรดแลตติกในเลือด เท่ากับ 5.317$\pm$1.629, 5.02 $\pm$1.811 และ3.787$\pm$2.261 ตามลำดับ ครึ่งหลัง แบบฟรีสไตล์ แบบไม่เกิน 2 จังหวะ แบบจังหวะเดียว มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกรดแลตติกในเลือด เท่ากับ 6.123 $\pm$1.692, 6.193 $\pm$3.203 และ5.253$\pm$2.183 ตามลำดับ

ตาราง 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของกรดแลคติกในเลือดระหว่างการวัด ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบฟรีสไตล์

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	147.559	3	49.186	19.430	.000*
ความคาดเคลื่อน	220.236	87	2.531		
รวม	367.795	90			

*p < .05

จากตาราง 18 พบว่า ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบฟรีสไตล์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 19 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยกรดแลคติกในเลือดระหว่างทดสอบก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก แบบฟรีสไตล์

การทดสอบ	$\bar{X}$	ก่อนการเล่นครึ่งแรก	ครึ่งแรก	ก่อนเริ่มครึ่งหลัง	ครึ่งหลัง
		3.623	6.510	5.317	6.123
ก่อนการเล่นครึ่งแรก	3.623	-	-2.887*	-1.693*	-2.500*
ครึ่งแรก	6.510		-	1.193*	.387
ก่อนเริ่มครึ่งหลัง	5.317			-	-.807
ครึ่งหลัง	6.123				-

*p < .05

จากตาราง 19 พบว่า ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบฟรีสไตล์ ระหว่าง ครึ่งแรกกับก่อนเริ่มครึ่งหลัง ครึ่งแรกกับครึ่งหลัง ก่อนเริ่มครึ่งหลังกับครึ่งหลัง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แต่ระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งแรก ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับก่อนเริ่มครึ่งหลัง ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งหลัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของกรดแลคติกในเลือดระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบไม่เกิน 2 จังหวะ

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	157.105	2.171	72.168	7.905	.001*
ความคาดเคลื่อน	576.370	63.131	9.130		
รวม	733.475	65.302			

*p < .05

จากตาราง 20 พบว่า ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 21 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยกรดแลคตีกในเลือดระหว่างการวัดก่อนการเล่นคครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก รูปการเล่นแบบไม่เกิน 2 จังหวะ

การทดสอบ	$\bar{X}$	ก่อนการเล่นครึ่งแรก	ครึ่งแรก	ก่อนเริ่มครึ่งหลัง	ครึ่งหลัง
		4.113	6.690	5.02	6.193
ก่อนการเล่นครึ่งแรก	4.113	-	-2.980*	-1.553*	-2.540*
ครึ่งแรก	6.690		-	-1.427	.440
ก่อนเริ่มครึ่งหลัง	5.02			-	-.987
ครึ่งหลัง	6.193				-

*p < .05

จากตาราง 21 พบว่า ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะ ระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับก่อนเริ่มครึ่งหลัง ครึ่งแรกกับก่อนเริ่มครึ่งหลัง ครึ่งแรกกับครึ่งหลัง และก่อนเริ่มครึ่งหลังกับครึ่งหลัง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แต่ระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งแรก และก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งหลัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของกรดแลคติกในเลือดระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบจังหวะเดียว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	70.272	3	23.424	5.095	.003*
ความคาดเคลื่อน	399.946	87	4.597		
รวม	470.218	90			

*p < .05

จากตาราง 22 พบว่า ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบจังหวะเดียว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 23 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยกรดแลคติกในเลือดระหว่างการวัดก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก แบบจังหวะเดียว

การทดสอบ	$\bar{X}$	ก่อนการเล่นครึ่งแรก	ครึ่งแรก	ก่อนเริ่มครึ่งหลัง	ครึ่งหลัง
		3.267	4.643	3.787	5.253
ก่อนการเล่นครึ่งแรก	3.267	-	-1.377*	-.520	-1.987*
ครึ่งแรก	4.643		-	.857	-.610
ก่อนเริ่มครึ่งหลัง	3.787			-	-1.467
ครึ่งหลัง	5.253				-

*p < .05

จากตาราง 23 พบว่า ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบจังหวะเดียว ระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับก่อนเริ่มครึ่งหลัง ครึ่งแรกกับก่อนเริ่มครึ่งหลัง ครึ่งแรกกับครึ่งหลัง และก่อนเริ่มครึ่งหลังกับครึ่งหลัง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แต่ระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งแรก และก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งหลัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่ากรดแลคติกในเลือดระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ก่อนการเล่นครึ่งแรก

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	10.842	2	5.421	2.406	.099
ความคาดเคลื่อน	130.672	58	2.253		
รวม	141.514	60			

*p < .05

จากตาราง 24 พบว่า ก่อนการเล่นกรดแลคติกในเลือดระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่ากรดแลคติกในเลือดระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ครั้งแรก

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	77.057	1.617	47.652	5.080	.015*
ความคาดเคลื่อน	439.890	46.859	9.380		
รวม	516.947	48.476			

*p < .05

จากตาราง 25 พบว่า ครั้งแรกกรดแลคติกในเลือดระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 26 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือด ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ทั้ง 3 รูปแบบของครึ่งแรก

การเล่นฟุตบอลเกมเล็ก		แบบฟรีสไตล์	แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	แบบจังหวะเดียว
	$\overline{X}$	6.510	6.690	4.643
แบบฟรีสไตล์	6.510	-	.-180	1.867*
แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	6.690		-	2.047
แบบจังหวะเดียว	4.643			-

*p < .05

จากตาราง 26 พบว่า ครึ่งแรกค่าเฉลี่ยกรดแลคติกในเลือดของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบ ฟรีสไตล์กับไม่เกิน 2 จังหวะ และแบบไม่เกิน 2 จังหวะกับแบบจังหวะเดียวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แต่ระหว่างแบบฟรีสไตล์กับแบบจังหวะเดียว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่ากรดแลคติกในเลือดระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ก่อนเริ่มครึ่งหลัง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	39.438	2	19.719	5.858	.005*
ความคาดเคลื่อน	195.249	58	3.366		
รวม	234.687	60			

*p < .05

จากตาราง 27 พบว่า ก่อนเริ่มครึ่งหลังกรดแลคติกในเลือดระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 28 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือด ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ทั้ง 3 รูปแบบ ก่อนเริ่มครึ่งหลัง

การเล่นฟุตบอลเกมเล็ก		แบบฟรีสไตล์	แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	แบบจังหวะเดียว
	$\overline{X}$	5.317	5.02	3.787
แบบฟรีสไตล์	5.317	-	.300	1.530*
แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	5.02		-	1.230
แบบจังหวะเดียว	3.787			-

*p < .05

จากตาราง 28 พบว่า ค่าเฉลี่ยกรดแลคติกในเลือดของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบ ฟรีสไตล์กับไม่เกิน 2 จังหวะ และแบบไม่เกิน 2 จังหวะกับแบบจังหวะเดียวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แต่ระหว่างแบบฟรีสไตล์กับแบบจังหวะเดียว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่ากรดแลคติกในเลือดระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งหลัง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	16.454	2	8.227	1.518	.228
ความคาดเคลื่อน	314.439	58	5.421		
รวม	330.893	60			

*p < .05

จากตาราง 29 พบว่า ครึ่งหลังกรดแลคติกในเลือดระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 30 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 แบบ ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง ครึ่งหลัง

จำนวนครั้ง	รูปแบบ	N	$\bar{X}$	S.D.
ก่อนเล่นครึ่งแรก	ฟรีสไตล์	30	7	.640
	ไม่เกิน 2 จังหวะ	30	7	.587
	จังหวะเดียว	30	6	.521
ครึ่งแรก	ฟรีสไตล์	30	14	1.478
	ไม่เกิน 2 จังหวะ	30	13	1.461
	จังหวะเดียว	30	14	1.221
ก่อนเริ่มครึ่งหลัง	ฟรีสไตล์	30	8	1.956
	ไม่เกิน 2 จังหวะ	30	9	1.456
	จังหวะเดียว	30	8	1.194
ครึ่งหลัง	ฟรีสไตล์	30	14	1.776
	ไม่เกิน 2 จังหวะ	30	14	2.684
	จังหวะเดียว	30	15	2.044

จากตาราง 30 พบว่า ก่อนการเล่นครึ่งแรก แบบฟรีสไตล์ แบบไม่เกิน 2 จังหวะ แบบจังหวะเดียว มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ เท่ากับ 7$\pm$ .640,7 $\pm$ .587 และ 6$\pm$.521 ตามลำดับ ครึ่งแรก แบบฟรีสไตล์ แบบไม่เกิน 2 จังหวะ แบบจังหวะเดียว มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ เท่ากับ 14 $\pm$ 1.478, 13$\pm$1.461 และ14$\pm$ 1.221 ตามลำดับ ก่อนเริ่มครึ่งหลัง แบบฟรีสไตล์ แบบไม่เกิน 2 จังหวะ แบบจังหวะเดียว มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ เท่ากับ 8$\pm$1.956, 9 $\pm$1.456 และ8$\pm$1.194 ตามลำดับ ครึ่งหลัง แบบฟรีสไตล์ แบบไม่เกิน 2 จังหวะ แบบจังหวะเดียว มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ เท่ากับ 14 $\pm$1.776, 14 $\pm$2.684 และ15$\pm$2.044 ตามลำดับ

ตาราง 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบฟรีสไตล์

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	1224.300	2.954	414.465	204.992	.000*
ความคาดเคลื่อน	173.200	85.664	2.022		
รวม	1397.5	88.618			

*p < .05

จากตาราง 31 พบว่า ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบฟรีสไตล์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 32 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ย ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ ระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก รูปแบบการเล่นแบบฟรีสไตล์

การทดสอบ	$\bar{X}$	ก่อนการเล่นครึ่งแรก	ครึ่งแรก	ก่อนเริ่มครึ่งหลัง	ครึ่งหลัง
		7	14	8	14
ก่อนการเล่นครึ่งแรก	7	-	-7.167*	-.900	-6.400*
ครึ่งแรก	14		-	6.267*	.767
ก่อนเริ่มครึ่งหลัง	8			-	-5.500*
ครึ่งหลัง	14				-

*p < .05

จากตาราง 33 พบว่า ค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพัทธ์ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบฟรีสไตล์ ระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับก่อนเริ่มครึ่งหลัง ครึ่งแรกกับครึ่งหลัง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แต่ระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งแรก ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งหลัง ครึ่งแรกกับก่อนเริ่มครึ่งหลังและก่อนเริ่มครึ่งหลังกับครึ่งหลัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 35 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ย ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ ระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก รูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะ

การทดสอบ	$\bar{X}$	ก่อนการเล่นครึ่งแรก	ครึ่งแรก	ก่อนเริ่มครึ่งหลัง	ครึ่งหลัง
		7	13	9	14
ก่อนการเล่นครึ่งแรก	7	-	-6.267*	-1.500*	-7.033*
ครึ่งแรก	13		-	4.767*	-.767
ก่อนเริ่มครึ่งหลัง	9			-	-5.533
ครึ่งหลัง	14				-

*p < .05

จากตาราง 35 พบว่า ค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพัทธ์ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะ ระหว่าง ครึ่งแรกกับครึ่งหลัง ก่อนเริ่มครึ่งหลังกับครึ่งหลัง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แต่ระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งแรก ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับก่อนเริ่มครึ่งหลัง ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งหลังและ ครึ่งแรกกับก่อนเริ่มครึ่งหลังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบไม่เกิน 2 จังหวะ

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	1086.867	3	362.289	126.262	.000*
ความคาดเคลื่อน	249.633	87	2.869		
รวม	1336.5	90			

*p < .05

จากตาราง 30 พบว่า ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบฟรีสไตล์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลัง ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบจังหวะเดียว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	1382.492	2.207	626.307	269.513	.000*
ความคาดเคลื่อน	220.236	64.014	2.324		
รวม	1602.728	66.221			

*p < .05

จากตาราง 36 พบว่า ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบฟรีสไตล์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 37 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ย ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ ระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลัง และครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก แบบจังหวะเดียว

การทดสอบ	$\overline{X}$	ก่อนการเล่นครึ่งแรก	ครึ่งแรก	ก่อนเริ่มครึ่งหลัง	ครึ่งหลัง
		6	14	8	15
ก่อนการเล่นครึ่งแรก	6	-	-6.667	-.633	-7.467*
ครึ่งแรก	14		-	6.033*	-.800
ก่อนเริ่มครึ่งหลัง	8			-	-6.833*
ครึ่งหลัง	15				-

*p < .05

จากตาราง 37 พบว่า ค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพัทธ์ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบจังหวะเดียว ระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งแรก ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับก่อนเริ่มครึ่งหลังและครึ่งแรกกับครึ่งหลัง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แต่ระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งหลังและ ก่อนเริ่มครึ่งหลังกับครึ่งหลังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ก่อนการเล่นครึ่งแรก

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	.267	2	.133	.406	.668
ความคาดเคลื่อน	102.867	58	1.774		
รวม	103.134	60			

*p < .05

จากตาราง 38 พบว่า ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ก่อนการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งแรก

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	14.467	2	7.233	4.078	.022*
ความคาดเคลื่อน	102.867	58	1.774		
รวม	117.334	60			

*p < .05

จากตาราง 39 พบว่า เสร็จครึ่งแรกค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 40 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งแรก

การเล่นฟุตบอลเกมเล็ก		แบบฟรีสไตล์	แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	แบบจังหวะเดียว
	$\overline{X}$	14	13	13
แบบฟรีสไตล์	14	-	.967*	.633
แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	13		-	-.333
แบบจังหวะเดียว	13			-

*p < .05

จากตาราง 40 พบว่า ครึ่งแรกค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพัทธ์ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบฟรีสไตล์กับจังหวะเดียว และแบบไม่เกิน 2 จังหวะกับแบบจังหวะเดียวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แต่ระหว่างแบบฟรีสไตล์กับแบบไม่เกิน 2 จังหวะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ก่อนเริ่มครึ่งหลัง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	13.156	2	6.578	4.139	.021*
ความคาดเคลื่อน	102.867	58	1.774		
รวม	116.032	60			

*p < .05

จากตาราง 41 พบว่า เริ่มครึ่งหลังค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 42 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าเฉลี่ยของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ทั้ง 3 รูปแบบ ก่อนเริ่มครึ่งหลัง

การเล่นฟุตบอลเกมเล็ก		แบบฟรีสไตล์	แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	แบบจังหวะเดียว
	$\bar{X}$	8	9	7
แบบฟรีสไตล์	8	-	-.533	.400
แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	9		-	.933*
แบบจังหวะเดียว	7			-

*p < .05

จากตาราง 42 พบว่า ก่อนเริ่มครึ่งหลังค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพัทธ์ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบฟรีสไตล์กับแบบไม่เกิน 2 จังหวะ และแบบฟรีสไตล์กับแบบจังหวะเดียวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แต่ระหว่างแบบไม่เกิน 2 จังหวะกับแบบจังหวะเดียว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งหลัง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	13.267	2	6.633	1.370	.262
ความคาดเคลื่อน	280.733	58	4.840		
รวม	294	60			

*p < .05

จากตาราง 43 พบว่า ครึ่งหลังค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 44 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการใช้พลังงาน ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบครึ่งแรกและครึ่งหลัง

จำนวนครั้ง	รูปแบบ	N	$\bar{X}$	S.D.
ครึ่งแรก	ฟรีสไตล์	30	275	47.37
	ไม่เกิน 2 จังหวะ	30	260	50.69
	จังหวะเดียว	30	263	60.76
ครึ่งหลัง	ฟรีสไตล์	30	307	57.33
	ไม่เกิน 2 จังหวะ	30	282	54.55
	จังหวะเดียว	30	277	55.06

จากตาราง 44 พบว่า ครึ่งแรก แบบฟรีสไตล์ แบบไม่เกิน 2 จังหวะ แบบจังหวะเดียว มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการใช้พลังงาน เท่ากับ 275$\pm$ 47.37, 260 $\pm$ 50.69 และ 263$\pm$60.76 ตามลำดับ ครึ่งหลัง แบบฟรีสไตล์ แบบไม่เกิน 2 จังหวะ แบบจังหวะเดียว มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการใช้พลังงาน เท่ากับ 307$\pm$57.33, 282 $\pm$54.55 และ 277$\pm$55.06 ตามลำดับ

ตาราง 45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าการใช้พลังงานระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งแรก

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	3650.689	1.525	2393.475	2.069	.148
ความคาดเคลื่อน	291.464	58	5.025		
รวม	3942.153	59.525			

*p < .05

จากตาราง 45 พบว่า ครึ่งแรกค่าการใช้พลังงานระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 46 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าการใช้พลังงานระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งหลัง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	15747.822	2	7873.911	6.241	.004*
ความคาดเคลื่อน	291.464	58	5.025		
รวม	16039.29	60			

*p < .05

จากตาราง 46 พบว่า ครึ่งหลังค่าการใช้พลังงานระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 47 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงาน ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ครึ่งหลัง

การเล่นฟุตบอลเกมเล็ก		แบบฟรีสไตล์	แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	แบบจังหวะเดียว
	$\overline{X}$	307	282	277
แบบฟรีสไตล์	307	-	25.267	30.200*
แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	282		-	4.933
แบบจังหวะเดียว	277			-

*p < .05

จากตาราง 47 พบว่า ครึ่งหลังค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบฟรีสไตล์กับแบบไม่เกิน 2 จังหวะและไม่เกิน 2 จังหวะกับแบบจังหวะเดียวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แต่ระหว่างแบบฟรีสไตล์กับแบบจังหวะเดียว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำชนิดมิติเดียว เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าการใช้พลังงานระหว่าง การเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ รวมครึ่งแรกและครึ่งหลัง

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
จำนวนครั้งที่ทดสอบ	33781.400	1.946	17358.343	5.159	.009*
ความคาดเคลื่อน	189906.60	56.43	3364.904		
รวม	16039.29	60			

*p < .05

จากตาราง 48 พบว่า รวมครึ่งแรกและครึ่งหลังค่าการใช้พลังงานระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 49 การทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงาน ระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ทั้ง 3 รูปแบบ รวมครึ่งแรกและครึ่งหลัง

การเล่นฟุตบอลเกมเล็ก		แบบฟรีสไตล์	แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	แบบจังหวะเดียว
	$\bar{X}$	583	543	541
แบบฟรีสไตล์	583	-	39.900	42.200*
แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	543		-	2.300
แบบจังหวะเดียว	541			-

*p < .05

จากตาราง 49 พบว่า รวมครึ่งแรกและครึ่งหลังค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบฟรีสไตล์กับแบบไม่เกิน 2 จังหวะและ ไม่เกิน 2 จังหวะกับแบบจังหวะเดียวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แต่ระหว่างแบบฟรีสไตล์กับแบบจังหวะเดียว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 50 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระบบพลังงานที่ใช้รวมครึ่งแรกและครึ่งหลังในการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ

รูปแบบการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก	N	ระบบแอนแอโรบิก (%) $\bar{X}$	S.D.	ระบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก (%) $\bar{X}$	S.D	ระบบแอโร บิก (%) $\bar{X}$	S.D.
แบบฟรีสไตล์	30	42	25.742	25	19.141	36	18.017
แบบไม่เกิน 2 จังหวะ	30	32	21.869	27	14.161	44.	16.244
แบบจังหวะเดียว	30	33	20.400	36	23.196	45	27.459

จากตาราง 50 พบว่า ระบบพลังงานที่ใช้ในการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการเล่นทั้ง 2 ครึ่ง คือ ระบบแอนแอโรบิก ระบบแอนแอโรบิก-แอโรบิกและระบบแอโรบิก ดังนี้ แบบฟรีสไตล์ 42$\pm$ 25.742 25$\pm$ 19.141และ 36$\pm$ 18.017 ตามลำดับ แบบไม่เกิน 2 จังหวะ 32$\pm$ 21.869 27 $\pm$14.161 และ 44 $\pm$16.244 ตามลำดับ และแบบจังหวะเดียว 33 $\pm$20.400 36 $\pm$23.196 และ 45 $\pm$27.459 ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สังเขปความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาในการเล่นฟุตบอลเกมเล็กสามแบบ

2. เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการเล่นฟุตบอลเกมเล็กต่างกันที่มีผลต่อการเปลี่ยนทางด้านสรีรวิทยาของร่างกาย

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่มีอายุระหว่าง 19 – 21 ปี จำนวน 40 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) เป็นจำนวน 30 คน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ถูกคัดเลือกจะต้องผ่านเกณฑ์ต่างๆดังนี้

1. ต้องเป็นนักกีฬาฟุตบอลของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2. ต้องได้รับการทดสอบความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน (VO_{2max}) กลุ่มตัวอย่างจะต้องกรอกข้อมูลและลงนามรับรองในหนังสือยินยอม (Inform consent) ก่อนเข้าร่วมการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. โปรแกรมการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ซึ่งมีการเล่น 3 แบบ คือ

   1.1 การเล่นแบบหลายจังหวะ (ฟรีสไตล์)

   1.2 การเล่นแบบมีเงื่อนไขที่ 1 (เล่นบอลจังหวะเดียว)

   1.3 การเล่นแบบมีเงื่อนไขที่ 2 (เล่นบอลไม่เกินสองจังหวะ)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องวิเคราะห์แก๊ส ยี่ห้อ cosmed

2. เครื่องวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ยี่ห้อ Accussport ผลิตในประเทศเยอรมัน

3. แผ่นวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ยี่ห้อ BM lactate ผลิตในประเทศเยอรมัน

4. เครื่องเจาะเลือด พร้อมเข็ม

5. เครื่องบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย ยี่ห้อ Polar ผลิตในประเทศฟินแลนด์

6. ลู่วิ่งกลไฟฟ้า (Electrical Treadmill)

7. ตารางอ่านค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์

8. นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิตอล Seiko

9. สำลีและแอลกอฮอล์

10. ถุงมือยาง

11. นาฬิกาจับเวลา

12. นกหวีด

13. กรวยยาง จำนวน 30 อัน

14. ตลับเมตร

15. ลูกฟุตบอลเบอร์ 5 จำนวน 10 ลูก

16. เสื้อเอี๊ยม 2 ชุด

17. สนามฟุตบอลเกมเล็กขนาด 50x40 เมตร

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ความสามารถของการใช้ออกซิเจนสูงสุด

2. หาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของอัตราการเต้นหัวใจ ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ และการใช้พลังงานในร่างกายของกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม

3. ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวน (One way analysis of variance with repeated Measure) เมื่อพบความแตกต่างจะทำการทดสอบค่าความแตกต่างเป็นรายคู่ของการเล่นในช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละกลุ่ม

4. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (One way analysis of variance with repeated Measure in one-dimensional design) เพื่อทดสอบความแตกต่างของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ในเวลาที่ต่างกันของแต่ละกลุ่ม หากพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการเปรียบเทียบรายคู่ โดยวิธีของบอนเฟอโรนี (Bonferoni)

สรุปผลการวิจัย

1 .กลุ่มตัวอย่าง อายุ 18 ปี น้ำหนัก 64 กิโลกรัม ส่วนสูง 172 เซนติเมตร ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด 59 มล./กก./นาที

2. การเล่นฟุบอลเกมเล็กรูปแบบฟรีสไตล์มีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจทุกช่วงเวลาของการทดสอบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. การเล่นฟุบอลเกมเล็กรูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจทุกช่วงเวลาของการทดสอบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4. การเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบจังหวะเดียวมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจระหว่างครึ่งแรกกับครึ่งหลัง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ก่อนการเล่นกับครึ่งแรก ก่อนการเล่นกับครึ่งหลัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

5. ก่อนการเล่น ครึ่งแรก ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6. ครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบฟรีสไตล์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดรองลงมาคือ แบบไม่เกิน 2 จังหวะและจังหวะเดียวลำดับ

7. รวมครึ่งแรกและครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

8. ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจรวมครึ่งแรกและครึ่งหลังระหว่างการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบคือ รูปแบบฟรีสไตล์ รูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะและรูปแบบจังหวะเดียวเท่ากับ 156±2.51 151±1.87 149±2.46 และเทียบเท่ากับเปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเท่ากับ 84%, 82%, 81% ตามลำดับ

9. การเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบฟรีสไตล์มีค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งแรก ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับก่อนเริ่มครึ่งหลัง ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งหลัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

10. การเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะมีค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งแรก ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งหลัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

11. การเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบจังหวะเดียวมีค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งแรก ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งหลัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

12. ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

13. ครึ่งแรกการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ มีค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดย โดยมีแนวโน้มว่า การเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะ มีค่าของกรดแลคติกในเลือดมากที่สุด รองลงมาคือ รูปแบบฟรีสไตล์และจังหวะเดียวตามลำดับ

14. ก่อนเริ่มครึ่งหลังการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่า การเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบฟรีสไตล์ มีค่าของกรดแลคติกในเลือดมากที่สุด รองลงมาคือ รูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะและรูปแบบจังหวะเดียวตามลำดับ

15. การเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบฟรีสไตล์ มีค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งแรก ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งหลัง ครึ่งแรกกับก่อนเริ่มครึ่งหลังและก่อนเริ่มครึ่งหลังกับครึ่งหลัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

16. การเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะ มีค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งแรก ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับก่อนเริ่มครึ่งหลัง ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งหลังและครึ่งแรกกับก่อนเริ่มครึ่งหลัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

17. การเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบจังหวะเดียว มีค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพัทธ์ระหว่าง ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งหลังและ ก่อนเริ่มครึ่งหลังกับครึ่งหลัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

18. ก่อนการเล่นครึ่งแรกกับครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพัทธ์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

19. ครึ่งแรกของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพัทธ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่า รูปแบบฟรีสไตล์มีค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์มากที่สุด และรูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะกับจังหวะเดียวมีค่าเท่ากัน

20. ก่อนเริ่มครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพัทธ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่า รูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะมีค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์มากที่สุด รองมาคือ รูปแบบฟรีสไตล์กับจังหวะเดียวตามลำดับ

21. ครึ่งหลังของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ ค่าเฉลี่ยของค่าการใช้พลังงาน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีแนวโน้มว่า รูปแบบฟรีสไตล์มีค่าของการใช้พลังงานมากที่สุด รองมาคือ รูปแบบฟรีสไตล์กับจังหวะเดียวตามลำดับ

22. รวมครึ่งแรกและครึ่งหลังค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กแบบฟรีสไตล์กับแบบไม่เกิน 2 จังหวะและ ไม่เกิน 2 จังหวะกับแบบจังหวะเดียวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แต่ระหว่างแบบฟรีสไตล์กับแบบจังหวะเดียว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

23. ค่าการใช้พลังงานของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบรวมทั้งครึ่งแรกและครึ่งหลัง โดยมีแนวโน้มว่าระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก ของรูปแบบฟรีสไตล์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ รูปแบบจังหวะเดียวและรูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะตามลำดับ

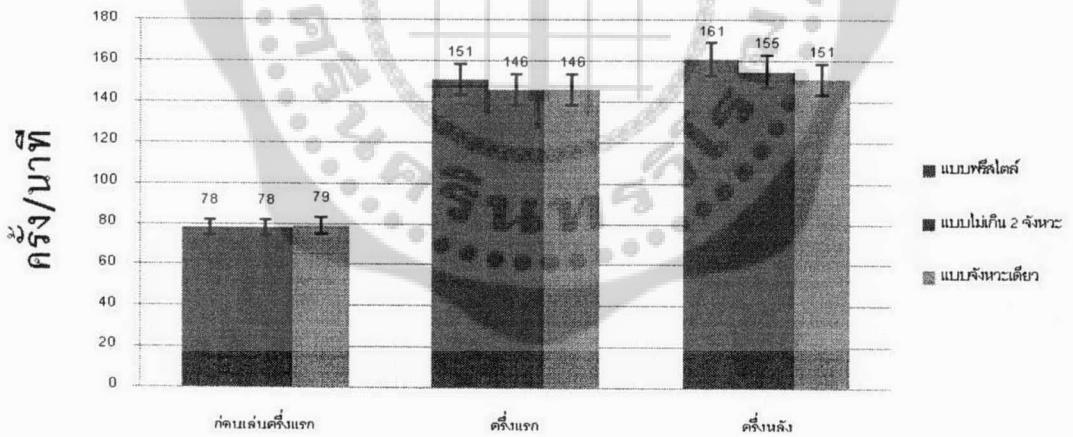
24. ค่าการใช้พลังงานของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบรวมทั้งครึ่งแรกและครึ่งหลัง โดยมีแนวโน้มว่าระบบพลังงานแบบแอนแอโรบิก – แอโรบิก ของรูปแบบจังหวะเดียวมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ รูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะและแบบฟรีสไตล์ตามลำดับ

25. ค่าการใช้พลังงานของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบรวมทั้งครึ่งแรกและครึ่งหลัง โดยมีแนวโน้มว่าระบบพลังงานแบบแอโรบิก ของรูปแบบจังหวะเดียวมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ รูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะและรูปแบบฟรีสไตล์ตามลำดับ

อภิปรายผล

1. อัตราการเต้นของหัวใจ

จากผลการศึกษา ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจจากการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบคือระหว่างก่อนการเล่นไม่มีความแตกต่างกัน แต่ในการเล่น ครึ่งแรกและครึ่งหลัง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าหลังจากเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบพบว่าค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจทั้งครึ่งแรกและครึ่งหลังสูงกว่าก่อนการเล่นอย่างเห็นได้ชัดเจนและเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดพบว่า รูปแบบฟรีสไตล์มีเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดรองลงมาคือรูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะและรูปแบบจังหวะเดียวตามลำดับ



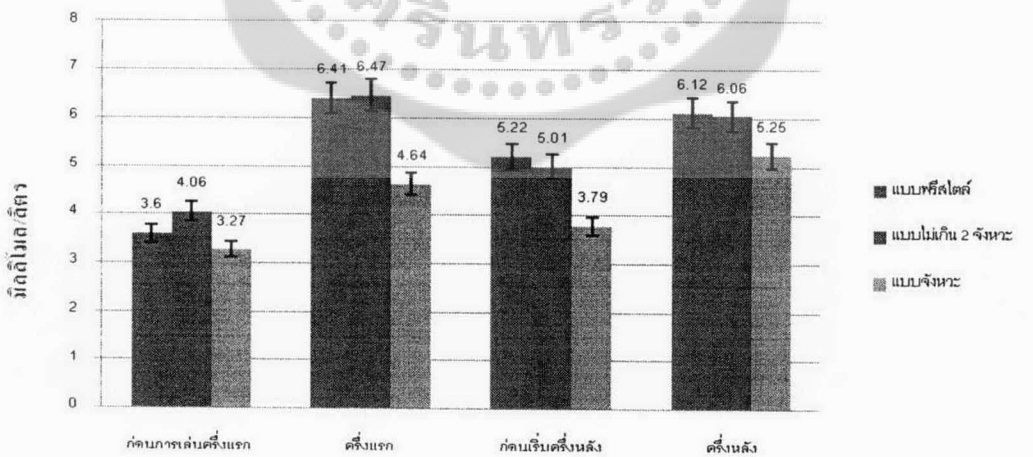
ภาพประกอบ 12 ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจของการเล่นฟุตเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ

แสดงให้เห็นว่า เมื่อเปรียบระหว่างรูปแบบ อัตราการเต้นของหัวใจส่งผลกระทบต่อการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ โดยมีแนวโน้มว่ารูปแบบจังหวะเดียวจะมีอัตราการเต้นของหัวใจลดลงมากที่สุดเพราะอาจเนื่องจากการเล่นแบบจังหวะเดียวมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นการทำงานแบบ

แอโรบิกจึงอาจทำให้อัตราการเต้นของหัวใจไม่สูงมากนักในช่วงขณะการเล่น ซึ่ง สนธยา สีละมาด (2547: 21) กล่าวว่า อัตราการเต้นของหัวใจจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือลดลงเล็กน้อยในช่วงการเล่น นอกจากนี้ ขณะออกกำลังกายอัตราการเต้นของหัวใจของบุคคลทั่วไปจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ขณะที่นักกีฬาอัตราการเต้นของหัวใจจะค่อยๆเพิ่มขึ้นและสำหรับนักกีฬาหรือบุคคลที่การทำงานของระบบหัวใจไหลเวียนมีประสิทธิภาพจะก้าวขึ้นไปสู่ระดับการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายหรือขึ้นไปสู่ความหนักสูงสุดของการออกกำลังกายก่อนที่หัวใจจะมีการทำงานถึงระดับอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เดลเลย์และคณะ(Dellal.et.al 2009) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างฟุตบอลเกมเล็กและการฝึกวิ่งในนักกีฬาฟุตบอล ผลการวิจัยพบว่าการเล่นฟุตบอลเกมเล็กมีการเพิ่มของอัตราการเต้นของหัวใจซึ่งสอดคล้องกับเวลาที่ใช้ในการวิ่งระยะสั้นและมีความเชื่อมั่นว่าการฝึกฟุตบอลเกมเล็กจะทำให้มีสมรรถภาพ เทคนิคและแทคติกเพิ่มขึ้น

2. กรดแลคติกในเลือด

จากผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดในการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลังและครึ่งหลัง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าหลังจากการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก ค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดทั้งครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลังและครึ่งหลังสูงกว่า ก่อนการเล่นครึ่งแรก แต่หลังจากที่ได้เล่นฟุตบอลเกมเล็กค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกของการเล่นทั้ง 3 รูปแบบมีค่ากรดแลคติก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

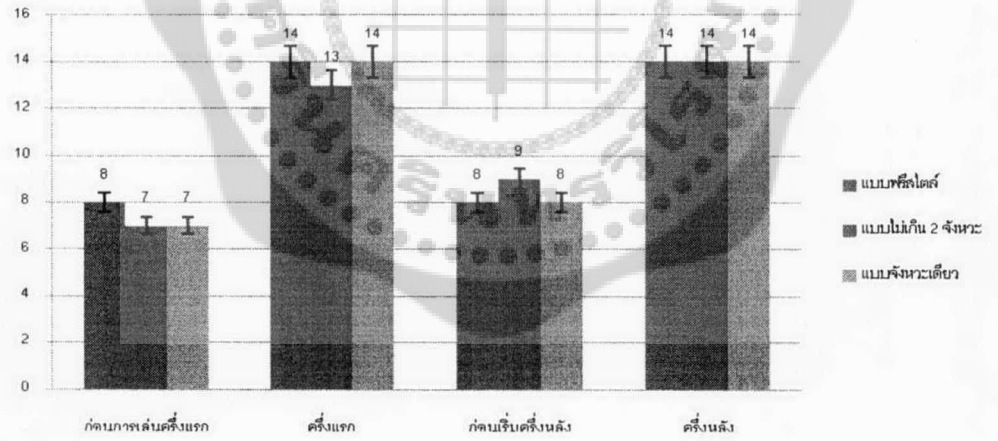


ภาพประกอบ 13 ค่าเฉลี่ยกรดแลคติกในเลือดของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ

โดยการเล่นการฟุตบอลเกมเล็กด้วยรูปแบบจังหวะเดียว มีค่าเฉลี่ยของกรดแลคติกในเลือดลดลงมากที่สุดในช่วงก่อนการเล่น ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลังและครึ่งหลัง ซึ่งเกอ ลิช (Gerisch et al.1988) กล่าวว่า ปริมาณแลคติกที่ถูกสร้างขึ้นอาจแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล เพราะปริมาณการออกกำลังกายที่หนักมากในระหว่างเกมการแข่งขันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่นแรงจูงใจของผู้เล่น รูปแบบการเล่น เทคนิคและกลยุทธ์ ปัจจัยหลักนี้ยังสามารถใช้อธิบายความแตกต่างที่สำคัญระหว่างทีมและระหว่าเกมการแข่งขัน เช่น พบแลคติกในเลือดที่สูงกว่าการเล่นกับทีมที่เล่นแบบประชิดตัวต่อตัว เมื่อเปรียบเทียบกับทีมที่ตั้งโซน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฮิว-ฮาร์ทและคณะ (Hill-Haas.et.al: 2009) กล่าวว่า การเล่นฟุตบอลเกมเล็กโดยมีขนาดสนามเล็กลงมีผลทำให้มีการเพิ่มทางด้านสรีรวิทยาและงานหนักมากขึ้น

3. ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์

จากผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของความเหนื่อยสัมพัทธ์จากการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบคือระหว่างก่อนการเล่นครึ่งแรก ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลังและครึ่งหลัง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าหลังจากเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบค่าเฉลี่ยของความเหนื่อยสัมพัทธ์ครึ่งแรก ก่อนเริ่มครึ่งหลังและครึ่งหลัง สูงกว่าก่อนการเล่นครึ่งแรก



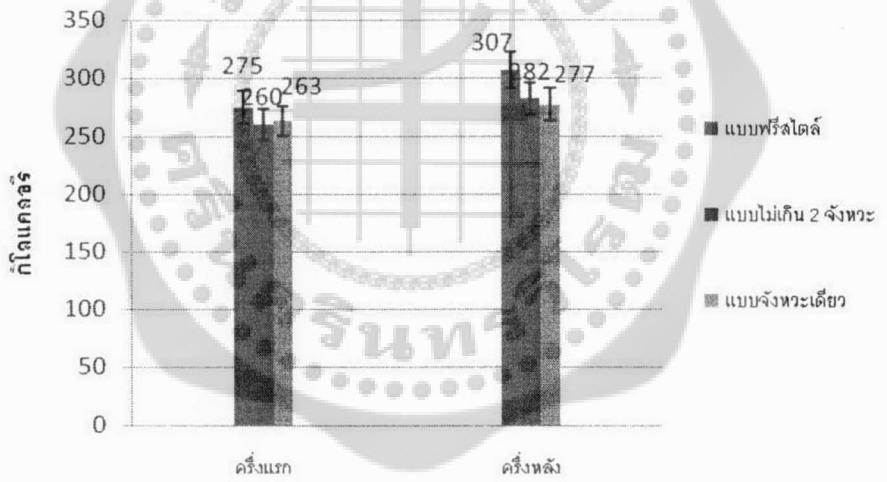
ภาพประกอบ 14 ค่าเฉลี่ยความเหนื่อยสัมพัทธ์ของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ

โดยมีแนวโน้ม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบทั้ง 3 รูปแบบมีค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ที่ใกล้เคียงกันแต่ถ้าดูแต่ละแบบจะมีค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฮิว-ฮาร์ทและคณะ(Hill-Haas.Et.al:2009) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การตอบสนองทางสรีรวิทยาและความแตกต่างในการ

เคลื่อนที่ของฟุตบอลเกมเล็กในนักกีฬาเด็ก ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบการเล่นแบบ 2 ต่อ 2และ 4ต่อ 4 และ 6 ต่อ 6 ผลมีการเพิ่มของ อัตราการต้นของหัวใจ ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดและค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปผลว่า การเล่นฟุตบอลเกมเล็กโดยมีขนาดสนามเล็กลงมีผลทำให้การเพิ่มทางด้านสรีรวิทยาและงานหนักมากขึ้นและสอดคล้องกับรัมปินีนีและคณะ (Rampinini et.al:2007) ระบุว่าการออกกำลังกายระหว่างฟุตบอลเกมเล็ก ขนาดสนามและการกระตุ้นของโค้ชมีผลต่อความหนักของการออกกำลังกายและสามารถทำให้โค้ชปรับความหนักของการออกกำลังกายและควบคุมการฝึกได้

4. การใช้พลังงาน

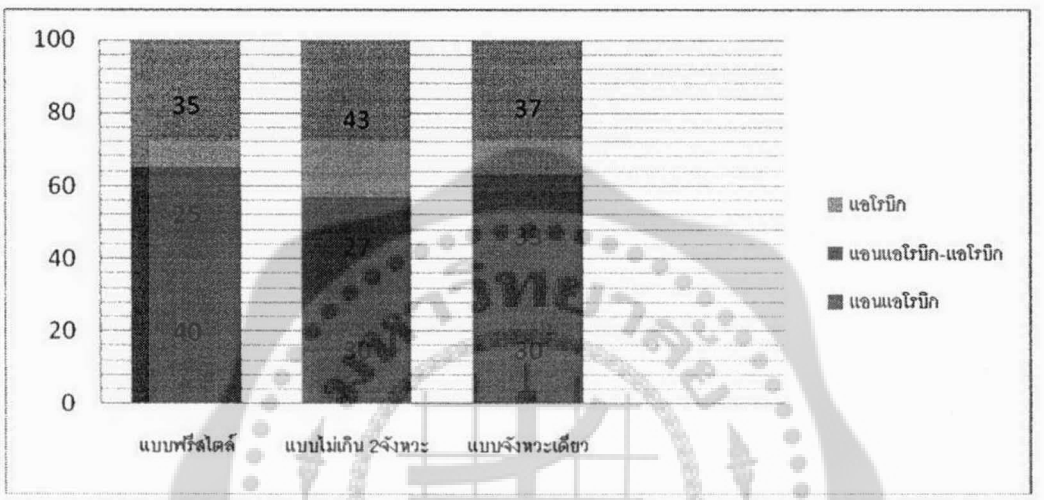
จากผลการศึกษา ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานในการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบคือ รูปแบบฟรีสไตล์ รูปแบบไม่เกิน 2 จังหวะและรูปแบบจังหวะเดียว ระหว่างการเล่นครึ่งแรก และครึ่งหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า หลังจากการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบค่าเฉลี่ยของการเล่นครึ่งหลังมีค่าสูงกว่าการเล่นครึ่งแรกอย่างเห็นได้ชัดเจน



ภาพประกอบ 15 ค่าการใช้พลังงานในขณะการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ

โดยมีแนวโน้มว่า การเล่นฟุตบอลเกมเล็กรูปแบบฟรีสไตล์มีค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานมากที่สุด และในกีฬาฟุตบอลผู้เล่นจะมีรูปแบบการเล่นที่แตกต่างกันมากมายและความหนักก็แตกต่างกัน จากการยืนนิ่งจนถึงการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด ดังนั้นนอกจากจะมีความสามารถที่ดีในการใช้พลังงานสูงสุดแล้ว ทำให้ผู้เล่นสามารถทำงานเป็นระยะเวลานานๆได้สิ่งเหล่านี้ทำให้ฟุตบอลแตกต่างไปจากกีฬาประเภทอื่นหาก

พิจารณาถึงลักษณะการเล่นของแต่ละรูปแบบแล้วผู้เล่นต้องมีการเคลื่อนไหวร่างกายอยู่ตลอด โดยการใช้ความเร็วและความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ สิ่งสำคัญคือ การเลี้ยง การสกัดกั้น การเคลื่อนที่หลบหลีกไปรับบอลอย่างรวดเร็วและการรุกและป้องกันอยู่ตลอดเวลาในขณะที่ช่วงเวลาของการเล่นและการพัก ซึ่งเป็นธรรมชาติของกีฬาชนิดนี้และกีฬาฟุตบอลเป็นเกมที่มีลักษณะการเล่นแบบหนักสลับเบา (Interval) เป็นการผสมผสานกันของการวิ่งเร็วในช่วงเวลาสั้นๆ ทำให้นักกีฬาแต่ละคนมีการทำงานของกล้ามเนื้อและการใช้ออกซิเจนอยู่ตลอดเวลา (Bangsbo 1994)



ภาพประกอบ 16 แสดงค่าเฉลี่ยของระบบพลังงานของการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบ

จากการศึกษา ในแง่ของการผลิตพลังงานรวมและพลังงานในเชิงแอโรบิกและแอนแอโรบิกที่จะนำมาใช้ในเกมการแข่งขัน เนื่องมาจากความหลากหลายในปัจจัยที่กระทบต่อความหนักของการออกกำลังกาย เช่นแรงจูงใจ ความวิตกกังวล ความสามารถทางร่างกายข้อจำกัดทางกลยุทธ์ในการเล่นและตำแหน่งการเล่นในทีม จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่า พลังงานส่วนใหญ่นั้นมาจากระบบแบบแอโรบิก และรองลงมาคือระบบแอนแอโรบิก ซึ่งสอดคล้องกับ เอ็ด บ็อมและแบงค์ โบ (EKblom 1986, Bangsbo 1992) ที่กล่าวว่า การผลิตพลังงานแบบแอโรบิกของนักกีฬาชั้นนำมีค่าประมาณ 70% ของการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นการยากที่จะหาปริมาณพลังงานที่ผลิตมาในเชิงแอนแอโรบิกในระหว่างเกมการแข่งขัน เนื่องจากความหนักของการออกกำลังกายมีความแตกต่างกันแต่พลังงานที่ได้ในระบบนี้อาจมีเพียงส่วนน้อยของการใช้พลังงานรวมในการแข่งขัน อย่างไรก็ตามระบบแอนแอโรบิกก็เป็นระบบที่สำคัญมากระหว่างเกมการเล่นเพราะเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาการออกกำลังกายหนักในระหว่างเกม ซึ่งศักยภาพเชิงแอโรบิกมีความสัมพันธ์ทางตรงกับระดับการแข่งขันฟุตบอล

ข้อเสนอแนะ

วิธีการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง 3 รูปแบบมีการตอบสนองทางสรีรวิทยาภายหลังจากการเล่นไม่ว่าเป็น ด้านอัตราการเต้นของหัวใจ กรดแลคติกในเลือด ค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์และการใช้พลังงาน พบว่าในแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกันในด้านของความหนัก เพื่อที่จะทำให้สามารถเลือกรูปแบบที่นำไปใช้ให้เหมาะสมกับการเล่นและการฝึกต่อไป

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาในช่วงขณะแข่งขันจริง เพื่อที่จะได้ทราบข้อมูลที่เป็นจริง

2. ควรจะศึกษาทางด้านทักษะการเล่นด้วยไม่ว่าจะเป็น การส่ง การยิงประตูเป็นต้น

3. ควรจะเพิ่มช่วงครึ่งการเล่นให้มากกว่าเดิม เพื่อที่จะลดเวลาในการเล่นให้น้อยลง

4. ควรจะทำการเปรียบเทียบแต่ละวิธีการเล่นด้วย เช่น 2 ต่อ 2 3ต่อ 3 และ 4 ต่อ 4 และกำหนดรูปแบบการเล่นให้ชัดเจน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

เจริญ กระบวนรัตน์. (2538). *เทคนิคการฝึกความเร็ว*. กรุงเทพฯ : มหาวิทายลัยเกษตรศาสตร์.

ชาญวิทย์ ผลชีวิน. (2534). *Football*. กรุงเทพฯ : สยามสปอร์ตปริ้นติ้ง.

ชูศักดิ์ เวชแพทย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์. (2536). *สรีรวิทยาการออกกำลังกาย*. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ: ธรรกมลการพิมพ์.

ชูศักดิ์ เวชแพทย์. (2536). *กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของการออกกำลังกาย*. กรุงเทพฯ: ธรรกมลการพิมพ์.

ถนอมศักดิ์ เสนาคำ. (2541). *การใช้พลังงานในขณะแข่งขันของนักกีฬาเซปัคตะกร้อทีมชาติไทย*. วิทยานิพนธ์ ปริญญาดุษฎีบัณฑิต วิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดุสิต พรหมอ่อน. (2549). *ความสัมพันธ์ของพลังอนากาศนิยม สมรรถภาพอนากาศนิยม ปริมาณกรดแลคติกและอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างการทดสอบด้วยวิธีวินเกท และวิธีรันนิ่งเบสแอนแอโรบิกสปริ้นส์ในนักกีฬาฟุตบอล*.ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

ประทุม ม่วงมี. (2537). *รากฐานทางสรีรวิทยาของการออกกำลังกายและการพลศึกษา*. กรุงเทพฯ: บูรพาสาส์น.

ประโยค สุทธิสง่า. (2524). *ตำราการฝึกและกรรมการฟุตบอล*. สำนักรวมการพิมพ์. กรุงเทพฯ: 254 น.

พรพล พิมพาพร. (2547). ผลของการพัก *การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการเดินบนลู่กล ระหว่างเซต ที่มีต่อระดับกรดแลคติกในเลือด ระหว่างการฝึกด้วยแรงต้าน*. ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถ่ายเอกสาร.

โรม วงศ์ประเสริฐ. (2545). *การพัฒนาโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาจุดเริ่มล้าในนักวิ่งระยะ 1500 เมตร*. วิทยานิพนธ์ ปริญญานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต สาขาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริพร ทองศิริ (2530). *อัตราชีพจรและปริมาณแลคเตทในเลือดในช่วงฟื้นตัวโดยวิธีการพักเฉยๆ และวิธีการพักแบบไม่หยุดนิ่ง*. ปริญญานิพนธ์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, กรุงเทพฯ.

สนธยา สีละมาด. (2547). *หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนุรัติ มีเพชร. (2539). *ผลของการนวดแบบลึกที่มีต่อการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกและการฟื้นตัว*. วิทยานิพนธ์ ค.ด. (วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

อำพร ศรียาภัย. (2544). *ผลของการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการชาวน่า ที่มีต่อ ระดับกรดแลคติกในเลือด และอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการออกกำลังกาย*. ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

Astrand, P.O.; et.al. (1986). *Disposal of Lactate During and after Strenuous Exercise in* Humans. Journal Applied physiology. P. 338-343

Agnevik G. (1970). *Fotboll. Rapport Idrottsfysiologi (Football A Report in Sports Physiology*). Trygg-Hansa, Stockholm.

Bangsbo J. (1994). *Physiology of Soccer- with Special Reference to intense intermittent Exercise*. Acta Physiol. Scand. 151, Suppl., 619.

Boobis L.H. (1987*). Metabolic aspects of fatigue during sprinting*. pp. 116-143. E.& F.N. Spon, London

Blanhsby, B.A. ; & Reidy, p.w. (1998). *Heart Rate and Estimated Energy Expenditure During Ballroom Dancing*. British Association of Sport and Medicine. 22(2): 57-60

Boning, D.; Clasing, D.; & Weleker, H. (1994). *Stellenwertder Laktatbestimmung in der. Stuttgart*: Guster Fischer

Bruce. (2000). *The Role of Skeletal Muscle in Lactate Exchange During Exercise*. Medicine & Science in Sport & Exercise. 753-755.

Carolay, k. & Lynn, A.C. (1991). *Therapeutic Exercise. Foundation and Techniques* (Eds). Singapore : Daris Company.

Noninvasive Field Test for Runner. *Journal of Applied Physiology*. (56): 896-873.

Craig, N. P; et al. (1995, February). Influence of Test Duration and Event Specificity on Maximal Accumulated Oxygen Deficit of High Performance Track Cyclist. *Journal o f Sports Medicine*. (8): 534-544.

Dellal et.al. (2008). *Heart rate Response During Small-sided Games and Short Intermittent Running Training in Elite Soccer Player*. Journal strength conditioning response Sep; 22(5): 1449-57.

Ekblom B. (1986). *Applied Physiology of Soccer*. Sports Med. 3, 50-60.

Gerisch G., Rutemoller E. & Weber K. (1988). *Sports Medical Measurements of Performance in Soccer*. pp. 60-67. E & F.N. Spon, London.

Gupta s, Goswami A, sadhukhan AK, mathur DN, 1996. *Comparative Study of Lactate Removal in Short Term Massage of Extremities, Active Recovery and Passive Recovery period after Supramaximal Exercise Sesions .in Sports* Med ; 17: 106-10.

Hill-Hass et.al. (2008). Variability of Acute Physiological Responses Performance Profiles of Youth Soccer Player in Small-sided Games. *Journal of Science and Medicine Sport. 11,487-490.*

Hultman E. & Sjoholm H. (1983). *Substrate Availability*. In Knuttgen, pp. 63-67. Human Kinetics, Champaign, Illinois.

Jerry, D. (2000, June). *Anaerobic Threshold Training*. Retrieved June 27, 2000, from http://www.Doitsports.com

Kirkendall, D. T. (1993). *Effects of Nutrition on Performance in Soccer*. Med. Sci. SportsR Exerc. 25: 1370-1374. *Lactate Testing*. (2000, June). Retrieved June 27, 2000, from http://www.brainmac.demon.co.uk

Matkovic, B.R., S. Jankovic and S. tteimer . (1991). *Physiological Profile of top Croatia Soccer Players*, pp. 37-39.

Max, A.P., JR. Harold, S. Bryant, H. Stone, A. Mitchess and T. Travis. 1998. *Effect of Weight Traning Exercise and Treadmill Exercise on Post- Exercise Oxygen Consumption* Medicine and Science in Sport and Exercise 18:518-521.

Peter, G.; & Janssen, J. M. (1992). *Training Lactate Pulse Rate*. Finland: Oy Litto.

Reilly T. (1986). *Fundamental Studies on Soccer*. pp. 114-121. Verlag, Ingrid Czwalina

Reilly, T. (1996). *Science and Soccer*. E and FN Sport, London. 436 p.

Rhode H. C. & Espersen T. (1988). *Work Intensity during Soccer Training and Match-Play. Science and Football.* pp. 68-75. E & F.N. Spon, London.

Rampinini et.al. (2007). Factors Influencing Physiological Responses to Small-sided Soccer Games. *Journal of Sports Science* 25(6) 659-666

Seliger V. (1968). *Heart rate as an index of physical load in exercise*. Scripta Medica, Vol. 41, pp. 231-240. Medical Faculty, Brno University.

Smodlaka V.J. (1978). *Cardiovacular aspects of Soccer*. Physiol. Sports Med. 18, 66-70

Vanfraehem, J. H.P. and M. Thomas. (1991). *Maximal Aerobic Power and Ventilation Threshold of a Top Soccer Team*, pp. 43-46.

Van Gool D. et al. (1988). *The physiological load imposed on soccer players during real Match-play*. Science and Football, pp. 51-59. E. & F.N. Spon, London.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การทดสอบหาความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนและอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Measurement of VO2max and HRmax)

ผู้เข้ารับการทดลองทำการทดสอบหาค่า VO_{2max} และ HRmax โดยเครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Cosmed, PFT ergo) โดยผู้ถูกทดสอบจะใส่หน้ากากที่ต่อเข้ากับ Turbine และ purmapure tube เพื่อวัดปริมาตรอากาศและสัดส่วนการใช้ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ตามลำดับ โดยขึ้นวิ่งบนลู่กลไฟฟ้า (Electrical Treadmill) โดยความเร็ว (Speed) ของลู่กลไฟฟ้าจะถูกปรับตั้งก่อนการทดสอบวิธีการทดสอบ (The Bruce Treadmill Protocol) ผู้เข้ารับการทดลองอบอุ่นร่างกายบนลู่กลไฟฟ้าที่ระดับความชันเป็นศูนย์ ระดับความเร็ว 1.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเพิ่มความชันขึ้น 0.5 ที่ความเร็วเท่าเดิมเป็นเวลา 3 นาที ที่เป็นระดับเริ่มต้นของกระบวนการต่อไป หลังจากนั้นให้ปรับความชันขึ้น 1 ระดับและปรับความเร็วขึ้น 1.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมงทุก ๆ 3 นาที จนกระทั่งผู้เข้ารับการทดลองมีค่าตามเกณฑ์

3 ใน 5 ข้อ ดังนี้

1. อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 150 มล./นาที เมื่อมีการเพิ่มความเร็วขึ้นอีกระดับหนึ่ง
2. อัตราส่วนระหว่าง CO_2 ต่อ O_2 (RER) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.1
3. ค่าความรู้สึกความเหนื่อยล้มพัทธ์ (RPE) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 18
4. อัตราการเต้นหัวใจของผู้เข้ารับการทดลองมีความแตกต่าง ± 5% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (220 - อายุ)
5. ผู้เข้ารับการทดลองหมดแรง

ภาคผนวก ข
ตารางการเล่น

ตารางการเล่นฟุตบอลเกมเล็กของทั้ง 3 กลุ่มและทั้ง 3 รูปแบบโดยใช้เวลาในการเล่นทั้งหมด 40 นาทีโดยแบ่งเป็น 2 ครึ่งๆละ 20 นาที พักระหว่างครึ่ง 10 นาที โดยการเล่น 3 วันต่อสัปดาห์ คือ วันจันทร์, วันพุธ, วันศุกร์โดยมีขนาดสนาม 50x40 เมตร เวลา 16.30-18.00 น. ณ. สนามกีฬากลางมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)

สัปดาห์ที่ 1-3

วัน	รายการเล่น	เวลา (นาที)
จันทร์	1. อบอุ่นร่างกาย	10
	2. เล่นกับลูกบอลโดยการเคลื่อนไหว	10
	3. ทำการเล่นฟุตบอลเกมเล็กครึ่งเวลาแรก	20
	4. พักระหว่างครึ่ง	10
	5. เล่นฟุตบอลเกมเล็กครึ่งเวลาหลัง	20
	6. คลายกล้ามเนื้อ	5
พุธ	1. อบอุ่นร่างกาย	10
	2. เลี้ยงบอลซิกแซก	10
	3. ทำการเล่นฟุตบอลเกมเล็กครึ่งเวลาแรก	20
	4. พักระหว่างครึ่ง	10
	5. เล่นฟุตบอลเกมเล็กครึ่งเวลาหลัง	20
	6. คลายกล้ามเนื้อ	5
ศุกร์	2. อบอุ่นร่างกาย	10
	3. เล่นลิงชิงบอล	10
	4. ทำการเล่นฟุตบอลเกมเล็กครึ่งเวลาแรก	20
	5. พักระหว่างครึ่ง	10
	6. เล่นฟุตบอลเกมเล็กครึ่งเวลาหลัง	20
	7. คลายกล้ามเนื้อ	5

ภาคผนวก ค
วิธีการเล่นฟุตบอลเกมเล็ก

รูปแบบที่ 1 การเล่นแบบหลายจังหวะ (ฟรีสไตล์)

พื้นที่การเล่น 50x40 เมตร

จำนวนผู้เล่น : 10 คน 5 ต่อ 5

เวลาในการเล่น : ใช้เวลาทั้งหมด 40 นาที ครึ่งละ 20 นาที พักระหว่างครึ่ง 10 นาที

อุปกรณ์

ลูกบอลเบอร์ 5 จำนวน 10 ลูก

เสื้อเอี๊ยม 2 ชุด

มาร์กเกอร์ , กรวย

นาฬิกาจับเวลา 2 เรือน

นกหวีด

ประตูขนาด 2x2 เมตรสามารถเคลื่อนที่ได้

วิธีการเล่น

1. ผู้เล่นกลุ่ม 5 คน ประกอบด้วย ผู้เล่นกองหลัง 2 คน ผู้เล่นกองกลาง 2 คน และผู้เล่นกองหน้า 1 คน

2. แบ่งพื้นที่ของสนามออกเป็น 3 โซนยืนคุมพื้นที่ตามตำแหน่งของตัวเอง

3. ผู้เล่นสามารถเล่นฟรีสไตล์ จะเลี้ยงหรือจะส่งก็ได้แล้วแต่สถานการณ์ เช่น อาจส่งจังหวะเดียวหรือจับแล้วส่งก็ได้

4. การเล่นจะไม่มีผู้รักษาประตู

5. การเริ่มเล่นบอลจะเริ่มเล่นที่ด้านข้างสนามบริเวณเส้นแบ่งแดนเสมอโดยมีคนส่งให้เล่น

6. ถ้าผู้เล่นฝ่ายไหนทำลูกออกข้างสนามหรือออกทางด้านหลังสนาม ให้ผู้เล่นฝ่ายตรงข้ามได้เริ่มเล่นบอล

7. ในกรณีที่ฝ่ายไหนทำประตูได้ให้ฝ่ายที่ทำประตู ได้เล่นบอลต่อจากด้านหลังประตูตัวเอง

8. ในกรณีที่ผู้เล่นฝ่ายไหนถูกทำฟาวล์ให้ฝ่ายนั้นได้เล่นบอลตรงจุดที่ถูกทำฟาวล์

9. ผู้เล่นกลุ่มเดียวกันพยายามแย่งบอลมาครอบครองและรุกทำประตูจากประตูเล็กที่ กำหนดให้

10. กระจายกันออกไปให้กว้าง เลือกส่งบอล ความสามรถในการส่งบอล หลอกล่อ หลบหลีก คู่ต่อสู้ เกมเล่นได้หลายจังหวะ (ฟรีสไตล์)

รูปแบบที่ 2 การเล่นแบบจังหวะเดียว

พื้นที่การเล่น : 50x40 เมตร

จำนวนผู้เล่น : 10 คน 5 ต่อ 5

เวลาในการเล่น : ใช้เวลาทั้งหมด 40 นาที ครึ่งละ 20 นาที พักระหว่างครึ่ง 10 นาที

อุปกรณ์

ลูกบอลเบอร์ 5 จำนวน 10 ลูก

เสื้อเอี๊ยม 2 ชุด

มาร์กเกอร์ , กรวย

นาฬิกาจับเวลา 2 เรือน

นกหวีด

ประตูขนาด 2x2 เมตร เคลื่อนที่ได้

วิธีการเล่น

1.ผู้เล่นกลุ่ม 5 คน ประกอบด้วย ผู้เล่นกองหลัง 2 คน ผู้เล่นกองกลาง 2 คน และผู้เล่นกองหน้า 1 คน

2.แบ่งพื้นที่ของสนามออกเป็น 3 โซนแล้วยืนคุมพื้นที่ตามตำแหน่งของตัวเองในกรณีที่เป็นฝ่ายรุกกองหลังและกองกลางอาจเติมเกมไปช่วยกองหน้าได้

3.ผู้เล่นต้องเล่นบอลจังหวะเดียวโดยไม่ให้หยุดบอลหรือเลี้ยงบอลในลักษณะนี้จะเป็นการส่งลูกบอลอย่างเดียว

4.ในกรณีถ้าฝ่ายไหนหยุดบอลหรือเลี้ยงลูกบอลถือว่าเป็นการทำผิดกติกาโดยให้ฝ่ายตรงข้ามได้เริ่มเล่นจากด้านข้างสนามบริเวณเส้นแบ่งแดน

5. ในกรณีที่ฝ่ายไหนทำประตูได้ให้ฝ่ายที่ทำประตูได้ให้เริ่มเล่นบอลจากด้านหลังประตูของฝ่ายที่ทำประตูได้เล่นต่อ

6.ในกรณีที่ผู้เล่นฝ่ายไหนถูกทำฟาวล์ให้ฝ่ายนั้นเล่นบอลตรงจุดที่ถูกกระทำฟาวล์

7.วางบอลยาว, ชิ่ง 1-2, ส่งผ่านกันจังหวะเดียว, ส่งลูกให้เร็ว เน้นในเรื่องประสิทธิภาพในการส่งและในการรับลูก เกมเล่นได้จังหวะเดียว

รูปแบบที่ 3 การเล่นแบบไม่เกิน 2 จังหวะ

พื้นที่การเล่น : 50x40 เมตร

จำนวนผู้เล่น : 10 คน 5 ต่อ 5

เวลาในการเล่น : ใช้เวลาทั้งหมด 40 นาที ครึ่งละ 20 นาที พักระหว่างครึ่ง 10 นาที

อุปกรณ์

ลูกบอลเบอร์ 5 จำนวน 10 ลูก

เสื้อเอี๊ยม 2 ชุด

มาร์กเกอร์ , กรวย

นาฬิกาจับเวลา 2 เรือน

นกหวีด

ประตูขนาด 2x 2 เมตร เคลื่อนที่ได้

วิธีการเล่น

1. ผู้เล่นกลุ่ม 5 คน ประกอบด้วย ผู้เล่นกองหลัง 2 คน ผู้เล่นกองกลาง 2 คน และผู้เล่นกองหน้า 1 คน

2. แบ่งพื้นที่ของสนามออกเป็น 3 โซนยืนคุมพื้นที่ตามตำแหน่งของตัวเองในกรณีที่เป็นฝ่ายรุกกองหลังและกองกลางอาจเติมเกมไปช่วยกองหน้าได้

3. ผู้เล่นสามารถหยุดหรือแตะลูกบอลได้ 1 ครั้งแล้วทำการส่งต่อให้ผู้เล่นคนอื่นทันที

4.ในกรณีที่ถูกผู้เล่นฝ่ายตรงข้ามบีบบังคับสามารถส่งบอลจังหวะเดียวได้โดยไม่ต้องหยุดลูกบอล

5.ในกรณี ถ้าฝ่ายไหนหยุดบอลแล้วเลี้ยงบอลเล่นต่อมากกว่า 2 จังหวะ ถือว่าเป็นการทำผิดกติกา โดยให้ฝ่ายตรงข้ามได้เริ่มเล่นจากด้านข้างสนามบริเวณเส้นแบ่งแดน

6.ในกรณีที่ฝ่ายไหนทำประตูได้ให้ฝ่ายที่ทำประตูได้เล่นบอลจากด้านหลังประตูของฝ่ายที่ทำประตูได้

7.ในกรณีที่ผู้เล่นฝ่ายไหนถูกทำฟาวล์ให้ฝ่ายนั้นเล่นบอลตรงจุดที่ถูกกระทำฟาวล์

8.ออกบอลให้รวดเร็ว เคลื่อนไหวเพื่อสนับสนุนให้รวดเร็วในส่วนของคนไม่มีบอล

9.เกมเล่นได้ไม่เกิน 2 จังหวะ

ภาคผนวก ง
ใบบันทึกการทดสอบ

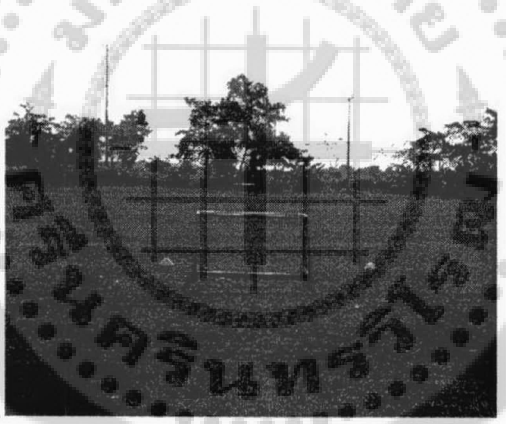
ใบบันทึกการทดสอบ

เวลาการทดสอบ:

ว/ด/ป	HR	HR	HR	HR	AT	AT	AT	AT	RPE	RPE	RPE	RPE
ชื่อ-สกุล	ก่อน	ครึ่งแรก	เริ่มหลัง	ครึ่งหลัง	ก่อน	ครึ่งแรก	เริ่มหลัง	ครึ่งหลัง	ก่อน	ครึ่งแรก	เริ่มครึ่งหลัง	ครึ่งหลัง

ภาคผนวก จ
อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

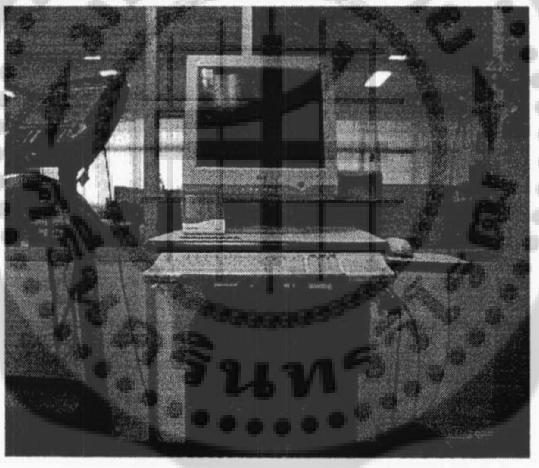
ภาพประกอบ 17 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเจาะเลือด (ยี่ห้อ Accussport) ผลิตในประเทศเยอรมัน



ภาพประกอบ 18 สนามฟุตบอลเกมเล็กขนาดกว้าง 50x40 เมตร

ภาพประกอบ 19 ตารางวัดค่าความเหนื่อยสัมพัทธ์

(Rating of Perceived Exertion: RPE Borg Scale)



ภาพประกอบ 20 เครื่องวิเคราะห์แก๊ส (Gas Analyzer)

ยี่ห้อ Cosmed รุ่น PFT Ergo

ภาพประกอบ 21 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย
(Heart rate monitor) ยี่ห้อ Polar

ภาคผนวก ฉ

หนังสือแสดงความยินยอม

หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย

วันที่ .....

ข้าพเจ้า.....อายุ.....ปี อยู่บ้านเลขที่.....
ถนน.....หมู่ที่.....แขวง/ตำบล.....เขต/อำเภอ.....
จังหวัด.....โทรศัพท์.....

ขอทำหนังสือนี้ให้ไว้ต่อหัวหน้าโครงการวิจัยเพื่อเป็นหลักฐานแสดงว่า

ข้อ 1 . ข้าพเจ้า ได้รับทราบโครงการวิจัยของ.....(หัวหน้าโครงการวิจัยและคณะฯ).....
เรื่อง.....

ข้อ 2. ข้าพเจ้า ยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ด้วยความสมัครใจ โดยมิได้มีการบังคับขู่เข็ญ หลอกลวงแต่ประการใด และจะให้ความร่วมมือในการวิจัยทุกประการ

ข้อ 3. ข้าพเจ้า ได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประสิทธิภาพ ความปลอดภัย อาการหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งแนวทางป้องกันและแก้ไข หากเกิดอันตราย ค่าตอบแทนที่จะได้รับ ค่าใช้จ่ายที่ข้าพเจ้าจะต้องรับผิดชอบจ่ายเอง โดยได้อ่านข้อความที่มีรายละเอียดอยู่ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยโดยตลอด อีกทั้งยังได้รับคำอธิบายและตอบข้อสงสัยจากหัวหน้าโครงการวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และตกลงรับผิดชอบตามคำรับรองในข้อ 5 ทุกประการ

ข้อ 4. ข้าพเจ้า ได้รับการรับรองจากผู้วิจัยว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ จะเปิดเผยเฉพาะผลสรุปการวิจัยเท่านั้น

ข้อ 5. ข้าพเจ้า ได้รับทราบจากผู้วิจัยแล้วว่า หากมีอันตรายใด ๆ **<u>อันเกิดขึ้นจากการวิจัยดังกล่าว</u>** ข้าพเจ้า จะได้รับการรักษาพยาบาลจากคณะผู้วิจัย โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายและจะได้รับค่าชดเชยรายได้ที่สูญเสียไปในระหว่างการรักษาพยาบาลดังกล่าว ตลอดจน มีสิทธิ์ได้รับค่าทดแทนความพิการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัยตามสมควร

ข้อ 6. ข้าพเจ้า ได้รับทราบแล้วว่าข้าพเจ้ามีสิทธิ์จะบอกเลิกการร่วมโครงการวิจัยนี้ และการบอกเลิกการร่วมโครงการวิจัย จะไม่มีผลกระทบต่อการดูแลรักษาโรคที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป

ข้อ 7. หากข้าพเจ้ามีข้อข้องใจเกี่ยวกับขั้นตอนของการวิจัย หรือหากเกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ จากการวิจัย สามารถติดต่อกับ.....(หัวหน้าโครงการวิจัย และผู้ร่วมวิจัยที่สามารถติดต่อได้ ระบุสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวกพร้อมเบอร์โทรศัพท์,โทรสาร)

ข้อ 8. หากข้าพเจ้า ได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าจะสามารถติดต่อกับประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับการพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์หรือผู้แทน ได้ที่ ฝ่ายวิจัย คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทรศัพท์ 0-3739-5085-6 ต่อ 10513

ข้าพเจ้าได้อ่านและเข้าใจข้อความตามหนังสือนี้โดยตลอดแล้ว เห็นว่าถูกต้องตามเจตนาของข้าพเจ้า จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญพร้อมกับหัวหน้าโครงการวิจัยและต่อหน้าพยาน

ลงชื่อ .....
(.....)
ผู้ยินยอม / ผู้แทนโดยชอบธรรม

ลงชื่อ .....
(.....)
ผู้ให้ข้อมูลและขอความยินยอม/หัวหน้าโครงการวิจัย

ลงชื่อ .....พยาน
(.....)

ลงชื่อ.....
(.....)

ภาคผนวก ซ
หนังสือคณะกรรมการจริยธรรม

62 หมู่ 7 อำเภอองครักษ์
จังหวัดนครนายก 26120
โทร.0-3739-5085 ต่อ 81516

เอกสารรับรองโครงการวิจัย

โดย

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับการพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

SWUEC เลขที่หนังสือรับรอง 47/2552

ชื่อโครงการ	การตอบสนองทางสรีรวิทยาในการเล่นฟุตบอล เกมเล็กสามแบบ
	PHYSIOLOGICAL RESPONSES ON THREE TYPE OF SMALL-, SIDED SOCCER GAMES
ชื่อหัวหน้าโครงการ / หน่วยงานที่สังกัด	นายอนุชา มาคะวงศ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
SWUEC รหัสโครงการ	SWUEC 6-5/2552
สถานที่ทำการวิจัย	ศูนย์การแพทย์ฯ คณะแพทยศาสตร์ มศว
เอกสารรับรอง	- แบบเสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณา - หนังสือให้ความยินยอมผู้เข้าร่วมโครงการ - คำอธิบายโครงการวิจัยแก่อาสาสมัคร
รับรองโดย	คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับการพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ครั้งที่5/2552
วันที่รับรอง	16 พฤศจิกายน 2552
วันหมดอายุ	15 พฤศจิกายน 2553

หนังสือรับรองฉบับนี้ออกโดยความเห็นชอบในการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ตามประกาศเอลซิงกิ

ลงนาม.....

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์วันชัย บุพพันเหรัญ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมฯ

ลงนาม.....

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์สมเกียรติ วัฒนศิริชัยกุล)

คณบดีคณะแพทยศาสตร์

ภาคผนวก ซ
แสดงสูตรการคำนวณหาพลังงาน
ในขณะการเล่นของนักกีฬาแต่ละคนทั้ง 30 คน

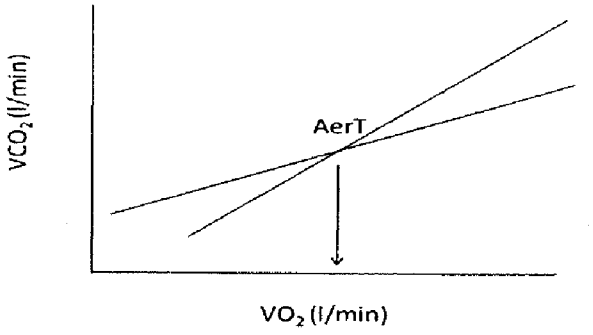
คนที่

1. Y=0.041x-3.592 R=0.906
2. Y=0.035x-2.110 R=0.972
3. Y=0.032x-2.236 R=0.966
4. Y=0.043x-4.034 R=0.952
5. Y=0.027x-2.005 R=0.599
6. Y=0.025x-1.721 R=0.705
7. Y=0.039x-4.112 R=0.958
8. Y=0.033x-3.358 R=0.800
9. Y=0.027x-1.373 R=0.487
10. Y=0.016x-0.658 R=0.914
11. Y=0.030x-1.642 R=0.903
12. Y=0.037x-2.312 R=0.906
13. Y=0.021x-0.513 R=0.775
14. Y=0.020x-1.207 R=0.687
15. Y=0.025x-0.394 R=0.713
16 y=0.020x-0.876 R=0.875
17. Y=0.027x-1.000 R=0.788
18. Y=0.025x-1.839 R=0.896
19. Y=0.028x-1.174 R=0.921
20. Y=0.027x-1.803 R=0.927
21. Y=0.025x-1.458 R=0.687
22. Y=0.022x-0.705 R=0.479
23. Y=0.023x-0.652 R=0.789
24. Y=0.032x-1.915 R=0.819
25. Y=0.026x-1.732 R=0.787
26. Y=0.038x-2.938 R=0.946
27. Y=0.027x-1.563 R=0.834
28. Y=0.039x-2.932 R=0.64
29. Y=0.036x-3.502 R=0.932
30. Y=0.017x-0.810 R=0.812

ยกตัวอย่าง การคำนวณหาค่าการใช้พลังงานในขณะการเล่น โดยนำค่า HR แต่ละคนมาแทนค่าในสูตร เช่น y= 0.004(HR) +1.575 ได้ค่า y แล้วก็นำไปคำนวณหาพลังงานเป็นกิโลแคลอรี เช่น Kcal (min) = y x 5

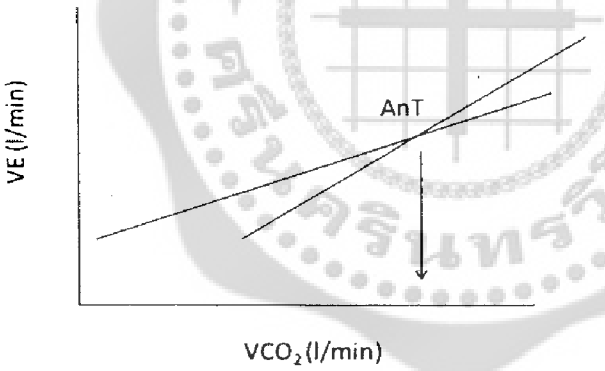
ภาคผนวก ฌ

แสดงการหาระบบพลังงานแอโรบิก (Aerobic System) **หรือระบบแอนแอโรบิก** (Anaerobic System) **ที่ใช้ในขณะการเล่นฟุตบอลเกมเล็กทั้ง** 3 **รูปแบบ ซึ่งคำนวณโดยวิธีการ** V-Slope Method



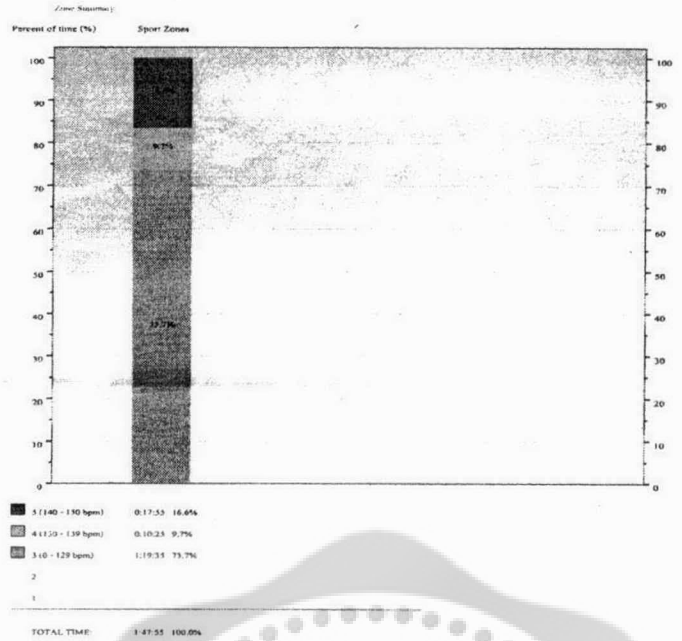
ภาพประกอบ 22 แสดงการกำหนดจุด AerT (ดัดแปลงจาก Meyer at al. : 2005)

การกำหนดหาจุด AerT จะคำนวณโดยวิธีที่เรียกว่า V-slope (Beaver& Wasserman.1986: S41) โดยให้ VCO_2 เป็นแกน y (y-axis) และ VO_2 อยู่ในแกน x (x-axis)
ดังภาพประกอบ 2 โดย ณ จุดตัดระหว่าง 2 เส้นคือ จุดที่เรียกว่า แอโรบิคเทรดโฮล (Aerobic threshold; AerT)



ภาพประกอบ 23 แสดงการกำหนดจุด AnT (ดัดแปลงจาก Meyer at al.: 2005)

การคำนวณหาจุด AnT จะคำนวณโดยวิธีเช่นเดียวกันกับการคำนวณหาจุด AerT ที่เรียกว่าวิธี V-slope แต่ปริมาณการใช้ระบายอากาศ (VE) จะอยู่บนแกน y และปริมาณการขับคาร์บอนไดออกไซด์ (VCO_2) อยู่บนแกน x ดังภาพประกอบ 3 ณ จุดนี้กรดแลคติคเริ่มไม่สมดุลคือการเกิดเริ่มมากกว่าการสลาย ซึ่งจะเป็นตัวขัดขวางการสลายไขมัน หรืออาจจะเรียกว่าเป็นจุดสูงสุดของระบบแอนแอโรบิค



Person	ANUWAT p	Date	3/2/2553	Heart rate aver	104 (58%)		
Exercise	3/2/2553 16:00	Time	16:09:00	Heart rate max	165 (92%)		
Sport	Running	Duration	1:47:55.0				
Note				Selection	16:09:00 - 17:56:55 (1:47:55.0)		

ภาพประกอบ 25 ตารางแสดงการคำนวณระบบพลังโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์(%)

ภาคผนวก ญ
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดรุณวรรณ สุขสม	ผู้เชี่ยวชาญด้านสรีรวิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. อาจารย์กวินทร์ คเชนเดชา	ผู้ฝึกสอนฟุตบอลทีมชาติไทย อายุไม่เกิน 19 ปี
3. อาจารย์มาโนช บุตรเมือง	ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ การกีฬา มหาวิทยาลัยศรีปทุม
4. อาจารย์ทองสุข สัมปหังสิต	ผู้ฝึกสอนฟุตบอลทีมชาติไทย
5. อาจารย์ประพันธ์ เปรมศรี	ผู้ฝึกสอนฟุตบอลสโมสรราชประชา

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายอนุชา มาคะวงค์
วันเดือนปีเกิด	14 มกราคม พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	จ. ขอนแก่น
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	133 หมู่ 5 บ้านหนองจิก
	อ.พระยืน จ.ขอนแก่น 40320

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2540	ระดับประถมศึกษาปีที่ 6
	จาก โรงเรียนหนองแวง หนองจิก
	โนนตุ่น
พ.ศ. 2546	ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6
	จากโรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย
	จ.ขอนแก่น
พ.ศ. 2549	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี
	ปริญญาศึกษาศาสตรบัณฑิต (ศษ.บ)
	สาขาพลศึกษา
	จาก มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2553	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท
	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม)
	สาขา วิทยาศาสตร์การกีฬา
	จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ