



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา)

ปริญญญา

วิทยาศาสตรการกีฬา

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนและการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวต่อความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด และความสามารถของนักกีฬาฟุตซอล

Effects of Oxygen Inhalation and Active Recovery upon Oxygen Saturation,
Blood Lactate and Performance of Futsal Players

นามผู้วิจัย นางสาวบุญสิตา สายวุฒิกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์อภัสรา อัครพันธุ์, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี เรืองไทย, Ed.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี เรืองไทย, Ed.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการฟื้นฟูด้วยการให้ออกซิเจนและการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวต่อความอิ่มตัวของ
ออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด และความสามารถของนักกีฬาฟุตซอล

Effects of Oxygen Inhalation and Active Recovery upon Oxygen Saturation,
Blood Lactate and Performance of Futsal Players

โดย

นางสาวบุญสิตา สายวุฒิกุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการกีฬา)

พ.ศ. 2554

บุญลิตา สายวุฒิกุล 2554: ผลของการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนและการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว ต่อความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด และความสามารถของนักกีฬาฟุตบอล ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การกีฬา) สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา โครงการสห วิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์อำภัสรา อัครพันธุ์, ประ.ด.
91 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนและการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักฟุตบอลชาย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 12 คน มีอายุระหว่าง 18-22 ปี โดยใช้รูปแบบการทดลองแบบ random order cross over design ให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายโดยปฏิบัติตามรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงละ 5:30 นาที ครั้งละ 3 ช่วง พักระหว่างช่วง 5:30 นาที รวมทั้งหมด 4 ครั้ง ขณะพักระหว่างช่วงให้ทำการฟื้นตัวด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งใน 4 วิธี โดยสุ่มเลือก ดังนี้ 1) การให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน 2) การให้ออกซิเจน 3) การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และ 4) การนั่งพัก ทั้งนี้ เว้นระยะเวลาสำหรับการทดลองแต่ละครั้งอย่างน้อย 2 วัน ทำการบันทึกค่าความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด ปริมาตรหายใจใน 1 นาที ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง อัตราการหายใจ อัตราการเต้นของหัวใจ ความเร็วในการวิ่ง และความแม่นยำในการส่งบอล ภายหลังปฏิบัติตามรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองทั้ง 3 ช่วง และภายหลังการพักระหว่างช่วงเพื่อฟื้นตัว คำนวณค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของตัวแปรต่างๆ กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการพักเพื่อการฟื้นตัวด้วยวิธีการทั้ง 4 วิธี ค่าความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด ปริมาตรหายใจใน 1 นาที ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง และอัตราการเต้นของหัวใจ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และกรดแลคติกในเลือดภายหลังปฏิบัติตามรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ความสามารถในการฟื้นสภาพของความเร็วในการวิ่ง ภายหลังการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนมีค่ามากที่สุด และความสามารถในการฟื้นสภาพของความแม่นยำในการส่งบอลภายหลังการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานมีค่ามากที่สุด ผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการเลือกวิธีการฟื้นตัวระยะสั้นระหว่างเกมการแข่งขันที่คล้ายคลึงกับรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองที่ใช้ในงานวิจัยนี้ต่อไป

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Boonsita Saiwuttigool 2011: Effects of Oxygen Inhalation and Active Recovery upon Oxygen Saturation, Blood Lactate and Performance of Futsal Players. Master of Science (Sports Science), Major Field: Sports Science, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Miss Apasara Arkarapanthu, Ph.D. 91 pages.

The purpose of this research was to analyze the effects of oxygen inhalation and active recovery. The subjects consisted of twelve futsal players aged 18-22 years, from Kasetsart University. Random order cross over design was used in this study. The subjects performed a futsal simulation game four times. Each time consisted of 3 sets of 5:30 minutes of exercise followed of 5:30 minutes of recovery. During the recovery periods subjects performed one of the following methods for 1) oxygen inhalation combined with active recovery 2) oxygen inhalation 3) active recovery 4) sit. The experiment was repeated with diverse methods of recovery with a minimal interlude of two days. All subjects completed all four recovery methods in random order. Oxygen saturation, minute ventilation, tidal volume, respiratory rate, heart rate, running speed, and ball-passing accuracy were recorded and blood samples were collected. The obtained data was analyzed to means and standard error. One-way analysis of variance with repeated measure were used. P-values of 0.05 of significant were set.

The data revealed significant differences in oxygen saturation, minute ventilation, tidal volume and heart rate among the methods of recovery. Significant divergencies in blood lactate were found subsequent to the third futsal simulation game. Running speed of the highest value was retained when oxygen inhalation recovery method was used. The oxygen inhalation combined with active recovery method resulted in highest the ball-passing accuracy compared to the first set. The results of this research can be used as guidance for a short-term recovery method during competitions of intermittent sports like futsal.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงจาก อาจารย์ ดร.อาภัสรา อัครพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ราตรี เรืองไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งถูกต้องสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง มา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ นิรอมล ณะกะเจ ที่ให้ความช่วยเหลือ ทั้งในการจัดหากลุ่มตัวอย่าง อุปกรณ์ สถานที่ รวมทั้งให้คำแนะนำปรึกษาต่างๆ ตลอดจนการทำวิจัย

ขอขอบคุณนักกีฬาทีมฟุตบอล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2553 ที่ได้สละเวลาในการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ รวมถึงเพื่อนๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้อง คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทุกท่านที่ได้ให้การช่วยเหลือ สนับสนุน และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ ที่ได้ให้การสนับสนุนทางการศึกษา และให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอด ทำให้ผู้วิจัยสามารถผ่านพ้นอุปสรรคปัญหาต่างๆ ไปได้ด้วยดี คุณค่าหรือประโยชน์ใดๆ ที่จะเกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาทั้งหมด และที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ด้วย

บุญสิตา สายวุฒิกุล
พฤษภาคม 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	8
อุปกรณ์และวิธีการ	27
อุปกรณ์	27
วิธีการ	28
ผลและวิจารณ์	35
สรุปและข้อเสนอแนะ	68
สรุป	68
ข้อเสนอแนะ	70
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	71
ภาคผนวก	76
ภาคผนวก ก ใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย และ	
แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป	77
ภาคผนวก ข ระดับความหนักของการออกกำลังกาย	80
ภาคผนวก ค การใช้เครื่องให้ออกซิเจน	82
ภาคผนวก ง รูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง	85
ภาคผนวก จ การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน	88
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	91

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง	35
2	ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของค่าความอึดตัวของออกซิเจนในเลือดที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี	36
3	การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าความอึดตัวของออกซิเจนในเลือดระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 (Re1)	36
4	การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าความอึดตัวของออกซิเจนในเลือดระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการฟื้นตัวช่วงที่ 2 (Re2)	37
5	ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี	39
6	การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 3 (F3)	39
7	ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของปริมาตรหายใจใน 1 นาที ที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี	43
8	การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของปริมาตรหายใจใน 1 นาที ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 (Re1)	44
9	การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของปริมาตรหายใจใน 1 นาที ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการฟื้นตัวช่วงที่ 2 (Re2)	45
10	ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง ที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี	46
11	การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการฟื้นตัวช่วงที่ 2 (Re2)	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
12 ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของอัตราการหายใจที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี	48
13 ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของอัตราการเต้นของหัวใจที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี	50
14 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 (Re1)	51
15 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการฟื้นตัวช่วงที่ 2 (Re2)	51
16 ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของเวลาในการวิ่งไปข้างหน้าระยะทาง 5.1 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุดขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองทั้ง 3 ช่วงระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี	55
17 ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของความแม่นยำในการส่งบอลขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองทั้ง 3 ช่วง ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี	59
18 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของผลต่างของความแม่นยำในการส่งบอลขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 2 กับช่วงที่ 3 ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี	60

ตารางผนวกที่

ข1 แสดงการเปรียบเทียบระดับความหนักของการออกกำลังกายสำหรับผู้ใหญ่สุขภาพดี	81
ค1 แสดงค่าความเข้มข้นของออกซิเจน (FiO_2) ที่ได้รับโดยประมาณเมื่อให้สูดออกซิเจน 100% ผ่านอุปกรณ์ชนิดต่างๆ ในผู้ใหญ่ปกติ	84

สารบัญภาพ

ภาพที่	เนื้อหา	หน้า
1	แสดงการเปรียบเทียบค่าความอึดตัวของออกซิเจนในเลือดที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ จากวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี	37
2	แสดงการเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ จากวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี	40
3	แสดงการเปรียบเทียบปริมาตรหายใจใน 1 นาที ที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ จากวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี	43
4	แสดงการเปรียบเทียบปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง ที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ จากวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี	46
5	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการหายใจที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ จากวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี	48
6	แสดงอัตราการเต้นของหัวใจที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ	52
7	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ	52
8	แสดงการเปรียบเทียบค่าร้อยละของความสามารถในการฟื้นสภาพของความเร็วในการวิ่ง	56
9	แสดงการเปรียบเทียบค่าร้อยละของความสามารถในการฟื้นสภาพของความเมื่อยล้าในการส่งบอล	60
ภาพผนวกที่		
ก1	ถังออกซิเจนและชุดควบคุมการไหลของออกซิเจนที่ต่อเข้ากับหน้ากากออกซิเจนชนิดมีถังสำรองออกซิเจน	83
ง1	แผนผังรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง	86
จ1	ภาพประกอบแสดงการวิ่งเหยาะ	89
จ2	ภาพประกอบแสดงการคืบเท้า	89
จ3	ภาพประกอบแสดงการยกเข่า	90
จ4	ภาพประกอบแสดงการสไลด์	90
จ5	ภาพประกอบแสดงการไขว้หน้า-ไขว้หลัง	90

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Active	=	การฟื้นตัวด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน
ATP	=	adenosine triphosphate
CP	=	creatine phosphate
F1	=	ปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1
F2	=	ปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 2
F3	=	ปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 3
HbO ₂	=	oxyhemoglobin
HR	=	heart rate
HRR	=	heart rate reserve
HRmax	=	maximal heart rate
O ₂	=	การฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน
O ₂ &Active	=	การฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน
O ₂ sat	=	oxygen saturation
Re1	=	ทำการพักเพื่อฟื้นตัวช่วงที่ 1
Re2	=	ทำการพักเพื่อฟื้นตัวช่วงที่ 2
RR	=	respiratory rate
Sit	=	การฟื้นตัวด้วยการนั่งพัก
TV	=	tidal volume
V _E	=	respiratory minute volume

**ผลของการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนและการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวต่อ
ความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด
และความสามารถของนักกีฬาฟุตซอล**

**Effects of Oxygen Inhalation and Active Recovery upon Oxygen Saturation,
Blood Lactate and Performance of Futsal Players**

คำนำ

ปัจจุบันการออกกำลังกายมีจุดมุ่งหมายในเชิงกีฬาเพื่อการแข่งขันมากขึ้น ศักยภาพของนักกีฬาจึงมีความสำคัญต่อความสำเร็จในการแข่งขัน การฝึกซ้อมด้วยโปรแกรมที่ไม่มีความสมดุลกันระหว่างปริมาณหรือความหนักของการฝึกซ้อมกับระยะเวลาการพักผ่อน อาจนำไปสู่ภาวะการฝึกมากเกินไป (over training) ทำให้เกิดความล้าสะสมทั้งทางร่างกายและจิตใจของนักกีฬา ส่งผลให้สมรรถภาพและประสิทธิภาพของนักกีฬาลดลงได้ (McArdle *et al.*, 2007) กีฬาที่มีการวิ่งในหลากหลายระดับความเร็ว ความหนักของกิจกรรมไม่คงที่ และแต่ละกิจกรรมไม่ต่อเนื่อง เช่น กีฬาฟุตบอล ฟุตซอล บาสเกตบอล เทนนิส เป็นต้น จัดเป็นกีฬาที่มีลักษณะเป็นแบบหนักสลับเบา (intermittent exercise) รูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อจึงมีทั้งระบบการใช้ใช้ออกซิเจน (aerobic system) และไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic system) ในขณะที่ออกกำลังกายอย่างหนัก ร่างกายอาจต้องการออกซิเจนเพิ่มเป็น 30 เท่า ของความต้องการออกซิเจนขณะพัก (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) การขนส่งออกซิเจนโดยระบบไหลเวียนเลือดจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย จึงอาจทำให้เกิดภาวะขาดออกซิเจน (hypoxia) ในเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานได้ เมื่อร่างกายสร้างพลังงานจากระบบที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะทำให้เกิดของเสีย คือ กรดแลคติกสะสมอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อและเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง หรือมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อเกิดขึ้น (Lamp, 1984 and McArdle *et al.*, 2007) สอดคล้องกับชูศักดิ์ และ กันยา (2536) ที่กล่าวว่า ภายหลังจากออกกำลังกายอย่างหนักนั้น จะมีกรดแลคติกค้างอยู่ในกล้ามเนื้อและในเลือดจึงทำให้มีอาการเมื่อยล้าการฟื้นตัวย่อมต้องการการเคลื่อนไหวย้ายกรดแลคติกออกไปก่อน

ในการแข่งขันกีฬาบางประเภทนั้นมีช่วงพักในการแข่งขันน้อย จึงจำเป็นต้องทำให้ร่างกายฟื้นตัวโดยเร็ว เพื่อให้ร่างกายพร้อมที่จะเข้าร่วมแข่งขันต่อไปอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุดังกล่าว จึงมีผู้ทำการศึกษารูปแบบการฟื้นตัวด้วยวิธีต่างๆ เช่น การเช็ดตัวด้วยผ้าเย็น การออกกำลังกายเบาๆ การนวด การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ การให้สูดออกซิเจน เป็นต้น (อดุลย์, 2534; มานพ, 2539; พรพล, 2547; Gupta, 1996 and Ma, 2006) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วภายหลังจากออกกำลังกายอย่างหนักจะใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 1 ชั่วโมง ในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก และความเข้มข้นของกรดแลคติกจะลดลง 50% ภายใน 25 นาที ของระยะฟื้นตัวโดยการพัก (rest recovery) แต่ถ้าหากให้ออกกำลังกายเบาๆ ในระยะฟื้นตัว (exercise recovery) อัตราการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจะเร็วกว่าการฟื้นตัวโดยการนั่งพัก (Dodd *et al.*, 1984 and Gupta, 1996)

การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว (active recovery) เชื่อว่าสามารถป้องกันไม่ให้กล้ามเนื้อเป็นตะคริวและยึดติดได้ อีกทั้งยังเป็นการกระตุ้นการฟื้นตัวโดยรวม และส่งเสริมให้เกิดการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกโดยการเพิ่มการกระจายของเลือด ทำให้มีการใช้กรดแลคติกโดยตับและหัวใจ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มการไหลเวียนเลือดไปยังกล้ามเนื้อมากขึ้นจึงสามารถเพิ่มการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้เร็วขึ้น เนื่องจากกล้ามเนื้อสามารถออกซิไดซ์กรดแลคติกได้มากขึ้น (McArdle *et al.*, 2007) Corder *et al.* (2000) พบว่าการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวโดยการปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก 25% ของระดับที่พบการคั่งของกรดแลคติก (onset blood lactate accumulate) สามารถลดระดับกรดแลคติกในเลือดได้มากกว่าการปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก 50% ของระดับที่พบการคั่งของกรดแลคติกและการนั่งพัก กวิน (2550) พบว่า การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ระดับความหนัก 50% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง (heart rate reserve) มีอัตราการฟื้นตัวเร็วที่สุด

การให้สูดออกซิเจน เชื่อว่าจะสามารถเพิ่มสมรรถภาพของการออกกำลังกายหรือเพื่อทำให้ฟื้นตัวเร็วหลังออกกำลังกายอย่างหนัก เนื่องจากสามารถเพิ่มความสามารถในการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานหรือขณะฟื้นตัว กรดแลคติกสามารถสลายให้พลังงานได้โดยผ่านกระบวนการออกซิเดชันโดยจะเปลี่ยนเป็นกรดพลัยวูวิกก่อนแล้วจึงเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) Haseler *et al.* (1999) พบว่าการให้ออกซิเจนความเข้มข้นสูงสามารถเพิ่มอัตราการสร้างฟอสโฟครีเอทีน (phosphocreatine) ขึ้นมาใหม่ภายหลังการออกกำลังกาย เนื่องจากความดันย่อยของออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2) สูงขึ้น เพราะค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดเข้าใกล้ค่าสูงสุด ส่งผลให้มีออกซิเจนภายในเซลล์กล้ามเนื้อมากขึ้น จึงไปกระตุ้นกระบวนการ oxidative metabolism มากขึ้น ทำให้ลดระยะเวลาในการฟื้นตัวลง ส่วนประโยชน์ของ

การให้สูดออกซิเจนความเข้มข้นสูงภายหลังการออกกำลังกายต่อการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกยังไม่เป็นที่แน่ชัด (นันทพร, 2543; Ma, 2006 and Lovering, 2008)

จะเห็นได้ว่าทั้งการฟื้นฟูแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวและการให้ออกซิเจนทำให้ร่างกายฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายได้เร็วขึ้น หากทำการฟื้นตัวภายหลังจากการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาด้วยวิธีการฟื้นตัวทั้งสอง คาดว่าจะทำให้การฟื้นตัวมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน และการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่มีต่อความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด และความสามารถของนักกีฬาฟุตบอล เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาความสามารถของนักกีฬาทั้งในการฝึกซ้อมและการแข่งขันกีฬาต่อไป

วัตถุประสงค์

ศึกษาและเปรียบเทียบผลของวิธีการฟื้นตัวขณะพักระหว่างการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาโดยการ 1) ให้ออกซิเจนร่วมกับการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว 2) ให้ออกซิเจน 3) มีกิจกรรมการเคลื่อนไหว และ 4) นั่งพัก ที่มีต่อความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด และความสามารถของนักกีฬาฟุตบอล

สมมติฐาน

วิธีการฟื้นตัวขณะพักระหว่างการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาโดยการ 1) ให้ออกซิเจนร่วมกับการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว 2) ให้ออกซิเจน 3) มีกิจกรรมการเคลื่อนไหว และ 4) นั่งพัก มีผลต่อความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด และความสามารถของนักกีฬาฟุตบอลแตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลชาย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ประจำปีการศึกษา 2553 ที่มีอายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 20 คน

2. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้รูปแบบ random order crossover design

3. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ประกอบด้วย

3.1 ตัวแปรอิสระ (independent variables) ได้แก่ 1) วิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว 2) วิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน 3) วิธีการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว และ 4) วิธีการฟื้นตัวโดยการนั่งพัก

3.2 ตัวแปรตาม (dependent variables) คือ ความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด และความสามารถของนักกีฬาฟุตบอล

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่มีกิจกรรมการออกกำลังกายอย่างน้อย 2 วัน ก่อนมาทำการทดสอบ ทุกครั้ง
2. ในระหว่างการทดสอบให้กลุ่มตัวอย่างดื่มน้ำที่ผู้วิจัยจัดเตรียมไว้เท่านั้น
3. กลุ่มตัวอย่างมีสุขภาพดี ไม่มีอาการบาดเจ็บที่บริเวณขาและเท้า
4. กลุ่มตัวอย่างทำการทดลองโดยใช้วิธีการปั่นตัวทั้ง 4 วิธี และยินยอมให้เก็บตัวอย่างเลือด โดยลงชื่อในใบยินยอมก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย
5. กลุ่มตัวอย่างจะถูกคัดออกจากการทดลอง หากมีอาการบ่งชี้ว่ามีภาวะออกซิเจนเป็นพิษ เช่น คลื่นไส้ กล้ามเนื้อเกร็งกระตุก วิงเวียนศีรษะ ตัวสั่น

นิยามศัพท์

การฟื้นตัว (recovery) หมายถึง การฟื้นสภาพร่างกายในช่วงพักระหว่างการออกกำลังกายแต่ละช่วงเพื่อให้กล้ามเนื้อและพลังงานสะสมกลับสู่สภาพปกติ ในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการทำใหัร่างกายฟื้นตัว 4 วิธี โดยการ 1) ให้ออกซิเจนร่วมกับการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว 2) ให้ออกซิเจน 3) มีกิจกรรมการเคลื่อนไหว และ 4) นิ่งพัก

การฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว (oxygen inhalation combined with active recovery) หมายถึง การพักเพื่อฟื้นตัวในช่วงพักระหว่างการออกกำลังกายแต่ละช่วงด้วยการนั่งพัก 2 นาที และตามด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานตามรูปแบบที่กำหนด และให้หายใจโดยใช้อากาศที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนในช่วงหายใจเข้า (FiO_2) ประมาณ 0.80 เป็นเวลา 3:30 นาที โดยอากาศที่ใช้สำหรับหายใจได้จากการส่งออกซิเจน 100% ที่มีอัตราการไหล 15 ลิตร/นาที ผ่านชุดให้ความชื้นและผ่านหน้ากากออกซิเจนชนิดมีถุงสำรองออกซิเจน (ภาคผนวก ค)

การฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน (oxygen inhalation) หมายถึง การพักเพื่อฟื้นตัวในช่วงพักระหว่างการออกกำลังกายแต่ละช่วงด้วยการนั่งเฉยๆ บนเก้าอี้เป็นเวลา 5:30 นาที โดยใน 2 นาทีแรกนั่งพักหายใจโดยใช้อากาศตามธรรมชาติ และตามด้วยการหายใจโดยใช้อากาศที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนในช่วงหายใจเข้า (FiO_2) ประมาณ 0.80 เป็นเวลา 3:30 นาที โดยอากาศที่ใช้สำหรับหายใจได้จากการส่งออกซิเจน 100% ที่มีอัตราการไหล 15 ลิตร/นาที ผ่านชุดให้ความชื้นและผ่านหน้ากากออกซิเจนชนิดมีถุงสำรองออกซิเจน (ภาคผนวก ค)

การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว (active recovery) หมายถึง การพักเพื่อฟื้นตัวในช่วงพักระหว่างการออกกำลังกายแต่ละช่วงด้วยการนั่งพัก 2 นาที และตามด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานตามรูปแบบที่กำหนด เป็นเวลา 3:30 นาที

การฟื้นตัวโดยการนั่งพัก (sitting recovery) หมายถึง การพักเพื่อฟื้นตัวในช่วงพักระหว่างออกกำลังกายแต่ละช่วงด้วยการนั่งเฉยๆ บนเก้าอี้ หายใจโดยใช้อากาศตามธรรมชาติเป็นเวลา 5:30 นาที

รูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง หมายถึง รูปแบบการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาที่ประกอบด้วยการเล่นวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดสลับกับการสไลด์ และการส่งลูกฟุตบอลไปยังเป้าหมายที่กำหนด ตามรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองที่สร้างโดย ซัชพล (2553) (ภาคผนวก ง)

การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน (basic movement) หมายถึง การปฏิบัติการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ที่เป็นพื้นฐานของการเล่นกีฬาฟุตบอล ที่ความหนักร้อยละ 50 ± 5 ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง ซึ่งสร้างโดย ซัชพล (2553)

ความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (oxygen saturation) หมายถึง ร้อยละของฮีโมโกลบินในเลือดที่จับกับออกซิเจน หากฮีโมโกลบินทั้งหมดในเลือดจับกับออกซิเจน เรียกว่า ฮีโมโกลบินอิ่มตัวด้วยออกซิเจน หรือ 100% oxygen saturation ในการวิจัยครั้งนี้วัดโดยใช้เครื่องวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดชนิดวัดที่ปลายนิ้ว มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

กรดแลคติกในเลือด (blood lactate) หมายถึง ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ซึ่งได้จากการเจาะเลือดบริเวณปลายนิ้วมือ มีหน่วยเป็นมิลลิโมลต่อลิตร

ความสามารถของนักกีฬาฟุตบอล (performance) หมายถึง ความสามารถด้านความเร็วในการวิ่ง และความแม่นยำในการส่งบอลของนักกีฬาฟุตบอล ขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง

ความเร็วในการวิ่ง (running speed) หมายถึง เวลาที่ใช้ในการวิ่งไปด้านหน้าระยะทาง 5.1 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุดในขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง

ความแม่นยำในการส่งลูก (ball-passing accuracy) หมายถึง ร้อยละของจำนวนลูกฟุตบอลที่ถูกส่งเข้าเป้าหมายที่กำหนด (ขนาดกว้าง 0.75 เมตร สูง 0.50 เมตร) ต่อจำนวนลูกฟุตบอลที่ถูกส่งทั้งหมดในขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง

การตรวจเอกสาร

ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีหัวข้อต่างๆ ดังนี้

- การใช้พลังงานในขณะออกกำลังกาย
- การใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกาย
- การเปลี่ยนแปลงของระบบหายใจและไหลเวียนเลือดในขณะออกกำลังกาย
- ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ
- การฟื้นตัวจากการออกกำลังกาย
- การให้ออกซิเจน
- ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกีฬาฟุตบอล
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้พลังงานในขณะออกกำลังกาย

ขณะออกกำลังกายร่างกายจำเป็นต้องใช้พลังงานในการหดตัวของกล้ามเนื้อ เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวตามที่ต้องการ (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) โดยพลังงานที่ร่างกายนำมาใช้ก็จะขึ้นอยู่กับลักษณะของรูปแบบกิจกรรม ความหนัก และระยะเวลาของกิจกรรมนั้นๆ (McArdle *et al.*, 2007) ดังนั้น การใช้พลังงานในขณะเคลื่อนไหวจึงเป็นองค์ประกอบทางสรีรวิทยาอันดับแรกๆ ที่จะต้องพิจารณาโดยทั่วไประบบพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวจะแบ่งเป็น 3 ระบบ (เจริญ, 2544) คือ

1. ระบบการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนชนิดที่ไม่ทำให้เกิดกรดแลคติก (anaerobic alactic system) เป็นระบบพลังงานที่มีการดึง adenosine triphosphate (ATP) และ creatine phosphate (CP) ที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อมาใช้เป็นพลังงาน ระบบนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ATP-CP system เป็นระบบที่ร่างกายสามารถสำรองพลังงานได้โดยตรง โดยที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจนในการสังเคราะห์พลังงานและไม่ก่อให้เกิดกรดแลคติก สามารถสำรอง ATP ได้ประมาณ 6-8 วินาที เนื่องจากปริมาณของสาร creatine phosphate มีจำนวนจำกัดและลดลงในระยะเวลาอันสั้น ส่วนใหญ่ใช้เมื่อเริ่มต้นออกกำลังกาย หรือมีการเคลื่อนไหวอย่างเฉียบพลันทันทีทันใด และการสร้างสาร creatine phosphate กลับคืนขึ้นมาใหม่จะใช้เวลาเพียงเล็กน้อย ประมาณ 3-5 นาที (เจริญ, 2544) จะใช้พลังงานระบบนี้ในกิจกรรมที่มีความหนักสูงในระยะเวลาสั้นๆ เช่น การวิ่ง 100 เมตร การว่ายน้ำ 25 เมตร การยกน้ำหนัก เป็นต้น (McArdle *et al.*, 2007)

2. ระบบการสร้างพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจนชนิดที่ทำให้เกิดกรดแลคติก (anaerobic lactic system) หรือเรียกอีกชื่อว่า glycolysis system เป็นระบบที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจนในการสำรองพลังงาน ATP ซึ่งพลังงานจากระบบนี้จะมีขีดความสามารถในการทำงานอยู่ในระดับสูง เป็นระบบพลังงานที่นำมาใช้ในกรณีฉุกเฉิน เช่น การหดตัวของกล้ามเนื้อด้วยความเร็วสูงเพื่อเอาชนะแรงต้านที่มีความหนักสูงและมีความต่อเนื่องอย่างยาวนาน โดยเฉพาะการทำงานในช่วง 20-45 วินาที พลังงานหลักจะมาจากกระบวนการสลายไกลโคเจน (glycogenolysis) ที่สะสมในกล้ามเนื้อเป็นน้ำตาลกลูโคส จากนั้น น้ำตาลกลูโคสจะถูกสลายเป็นพลังงาน (glycolysis) ผลจากการทำงานในระบบนี้จะก่อให้เกิดของเสีย (waste products) ขึ้นเนื่องจากออกซิเจนไม่สามารถนำไปใช้ได้ทันจึงจัดเป็นระบบการทำงานที่ไม่ใช้ออกซิเจน โดยจะมีกรดแลคติกสะสมอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อและเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง หรือมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อเกิดขึ้น กรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การสำรองพลังงาน ATP ลดลงและทำให้แรงในการ

หดตัวของกล้ามเนื้อลดลงด้วย (เจริญ, 2544) ตัวอย่างกิจกรรมที่ร่างกายต้องใช้ระบบพลังงานนี้ในการเคลื่อนไหว เช่น การว่ายน้ำ 100 เมตร เป็นต้น (McArdle *et al.*, 2007)

3. ระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน (aerobic system) การออกกำลังกายที่ต้องใช้เวลามากกว่า 2 นาทีขึ้นไป พลังงานหลักที่ถูกนำมาใช้ในการเคลื่อนไหวที่สำคัญ ได้แก่ ระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจน แหล่งที่มาของระบบพลังงานดังกล่าวได้มาจากคาร์โบไฮเดรตและไขมันซึ่งทำปฏิกิริยาสันดาป (oxidation) กับออกซิเจน เพื่อแปรสภาพเปลี่ยนเป็นพลังงานในการเคลื่อนไหวร่างกาย ขณะออกกำลังกายที่ต่อเนื่องสม่ำเสมอและไม่หนักจนเกินไป ระบบพลังงานแบบใช้ออกซิเจนจะถูกนำมาใช้เป็นพลังงานหลักโดยไม่เกิดกรดแลคติกในขณะออกกำลังกาย หรือเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งการเคลื่อนไหวที่ต้องใช้พลังงานระบบ aerobic system นั้นจะขึ้นอยู่กับสมรรถภาพของระบบไหลเวียนเลือด ระบบหายใจ และความสามารถของเซลล์กล้ามเนื้อในการนำออกซิเจนไปสร้างพลังงาน (เจริญ, 2544) ตัวอย่างกิจกรรมที่ร่างกายต้องใช้ระบบพลังงานนี้ในการเคลื่อนไหว เช่น การวิ่งมาราธอน เป็นต้น (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536)

Barbero (2008) พบว่า การเคลื่อนไหวของนักฟุตบอลส่วนใหญ่ ประกอบด้วย การวิ่งด้วยความเร็วปานกลาง (medium-intensity running) 28.5% การวิ่งด้วยความเร็วสูง (high-intensity running) 13.7% และการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด (maximal speed running) 8.9% โดยมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจตลอดทั้งเกมการแข่งขันอยู่ที่ 90% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ใช้เวลา 83%, 16% และ 0.3% ที่ระดับความหนัก >85%, 85-65% และ <65% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดตามลำดับ งานวิจัยนี้สรุปว่า ฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีความเร็วในการวิ่งที่หลากหลาย ซึ่งมีความหนักสูงกว่าฟุตบอลและกีฬาที่มีการเคลื่อนไหวแบบไม่ต่อเนื่องอื่นๆ สอดคล้องกับ Castagna (2009) ซึ่งพบว่าการตอบสนองทางสรีรวิทยาของนักกีฬาตลอดทั้งเกมการแข่งขันในกีฬาฟุตบอลจะมีระดับความหนักที่สูง นักฟุตบอลมีอัตราการใช้ออกซิเจนเฉลี่ยเท่ากับ 75% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดและอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยเท่ากับ 90% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของกรดแลคติกเท่ากับ 5.3 มิลลิโมล/ลิตร งานวิจัยนี้สรุปว่า ฟุตบอลเป็นกิจกรรมกีฬาที่มีความหนักสูงและใช้พลังงานจากทั้งระบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นสิ่งสำคัญมากต่อผู้ฝึกสอนและนักวิทยาศาสตร์การกีฬา ในการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับประกอบในการเลือกกิจกรรมและการกำหนดโปรแกรมการฝึกซ้อม ระยะเวลาในการพักผ่อน หรือการเลือกวิธีการทดสอบสมรรถภาพทางร่างกายที่เหมาะสม

การใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกาย

ในขณะที่ออกกำลังกายจะมีการเผาผลาญพลังงานในกล้ามเนื้อที่ทำงานอยู่มากขึ้น ทำให้ระบบหายใจทำงานหนักขึ้นเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่ร่างกาย และขับคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย ดังนั้นระบบหายใจและไหลเวียนเลือดจึงต้องเพิ่มปริมาณออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานอยู่ รวมทั้งเคลื่อนย้ายคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนไอออนออกจากกล้ามเนื้อมากขึ้นด้วย (Levitzky, 1995) โดยปกติขณะพักร่างกายจะมีความต้องการออกซิเจนประมาณ 250 มล./นาที่ แต่เมื่อออกกำลังกายอย่างหนักร่างกายอาจต้องการออกซิเจนเพิ่มเป็น 30 เท่า ของความต้องการออกซิเจนขณะพัก (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) ดังนั้น การขนส่งออกซิเจนโดยระบบไหลเวียนเลือดจึงไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายจึงอาจเกิดภาวะขาดออกซิเจน (hypoxia) และมีการสร้างกรดแลคติกขึ้นในเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อที่กำลังทำงานได้ Vander *et al.* (1990) กล่าวว่า ขณะออกกำลังกายความต้องการออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับความหนักของงาน สาเหตุนี้เองความถี่ของการหายใจจะค่อยๆ เพิ่มมากขึ้น ขณะเดียวกันหัวใจก็ต้องบีบตัวเพิ่มมากขึ้นเพื่อสูบฉีดโลหิตไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย แต่ก๊าซออกซิเจนสามารถละลายในน้ำเลือด (plasma) ได้ประมาณ 3 มิลลิลิตรต่อน้ำเลือด 1 ลิตร เท่านั้น ดังนั้นออกซิเจนส่วนใหญ่จะถูกขนส่งโดยจับกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง

บริเวณกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกาย มีหลายปัจจัยที่ทำให้ oxyhemoglobin (HbO_2) dissociation curve ซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น หรือความดันย่อยของออกซิเจน (PO_2) กับการอิ่มตัวด้วยออกซิเจนของฮีโมโกลบินเลื่อนไปทางขวา นั่นคือ ที่ค่า PO_2 เท่ากัน ค่า % O_2 Saturation จะต่ำลง หรือเรียกได้ว่าปัจจัยนั้นทำให้ฮีโมโกลบินจับออกซิเจนได้น้อยลง จึงเท่ากับเป็นการปลดปล่อยออกซิเจนจากฮีโมโกลบินออกสู่กล้ามเนื้อได้ง่ายขึ้น ปัจจัยเหล่านั้นได้แก่ การที่เลือดมีความเป็นกรดมากขึ้น มีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น อุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้นและมีการสร้าง 2,3 DPG จากขบวนการ glycolysis มากขึ้น (Vander *et al.*, 1990; Sherwood 1991; Levitzky, 1995)

ภายหลังออกกำลังกาย พบว่าความต้องการออกซิเจนของร่างกายยังคงสูงอยู่ ทั้งนี้เพื่อนำออกซิเจนเข้าไปชดเชยหนี้ออกซิเจน (oxygen debt) เพื่อใช้ในการกำจัดกรดแลคติกส่วนเกิน ใช้ในการสร้างเอทีพีและครีเอทีนฟอสเฟตขึ้นมาใหม่ และเพื่อทดแทนออกซิเจนที่มาจากไมโทคอนเดรีย ปริมาณออกซิเจนที่ร่างกายต้องการเพิ่มมากขึ้นหลังสิ้นสุดการออกกำลังกายนี้ เป็นสัดส่วนกับส่วนเกินของพลังงานซึ่งสร้างจากระบบแอนแอโรบิกนั่นเอง (พงษ์จันทร์, 2551) ดังนั้นออกซิเจนจึง

จำเป็นอย่างยิ่งต่อกระบวนการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของทั้งระบบหายใจและระบบไหลเวียนเลือด Williams *et al.* (2005) พบว่า ภายหลังจากออกกำลังกายใน 1 ชั่วโมงแรก อุณหภูมิร่างกายจะสูงขึ้น ความดันเลือดแดงเฉลี่ย (mean arterial pressure) ต่ำลง การไหลเวียนเลือดไปยังกล้ามเนื้อที่ทำงานเพิ่มมากขึ้น และปริมาณการใช้ออกซิเจนของร่างกายสูงขึ้นด้วย

การเปลี่ยนแปลงของระบบหายใจและไหลเวียนเลือดในขณะออกกำลังกาย

การหายใจของคนปกติในระยะพักจะเกิดขึ้นเป็นจังหวะสม่ำเสมอในอัตราประมาณ 12 ครั้งต่อนาที ทำให้ร่างกายสามารถได้รับออกซิเจนและขับทิ้งคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในระดับที่คงที่ แต่ในบางเวลาที่ร่างกายมีความต้องการได้รับออกซิเจนและขับทิ้งคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงไป เช่น ในขณะออกกำลังกาย อัตราและความลึกของการหายใจก็สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงไปได้เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของร่างกายในขณะนั้นๆ ทั้งนี้เนื่องจากร่างกายของเรามีระบบควบคุมการหายใจที่มีประสิทธิภาพ 2 ระบบ ทำงานควบคู่และประสานสอดคล้องกัน ได้แก่ การควบคุมทางสมองหรือระบบประสาท (neural control) และการควบคุมทางเคมี (chemical control) (บัวรอง, 2545) ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) กล่าวว่า การควบคุมการหายใจในขณะออกกำลังกายก็อาศัยหลักของการควบคุมเช่นเดียวกันกับในขณะพัก คือต้องอาศัยการทำงานของศูนย์หายใจซึ่งอยู่ในก้านสมอง โดยเฉพาะที่บริเวณเมดัลลาและถูกปรับปรุงโดยรีเฟล็กซ์ซึ่งเกิดจากการกระตุ้นรีเซปเตอร์จากรอบนอก นอกจากนั้นยังอาศัยพลังประสาทที่ส่งลงมายังซีรีบรัมที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกาย โดยแบ่งการควบคุมการหายใจออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ คือ

1. Central mechanisms โดยมีพลังประสาทส่งลงมาจาก motor cortex ซึ่งจะส่งมายังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ โดยส่งลงมากกระตุ้นศูนย์หายใจซึ่งอยู่ที่เมดัลลา การหายใจจะเพิ่มขึ้นทันที นอกจากนั้นระบบประสาทส่วนกลางยังถูกกระตุ้นจาก central chemoreceptors ซึ่งไวต่อ H^+ และโดย ascending impulses จากรีเซปเตอร์ที่อยู่รอบนอก

2. Peripheral mechanisms โดยรีเซปเตอร์ที่ส่วนรอบนอก ได้แก่ รีเซปเตอร์ที่ปอดและทางเดินหายใจ metaboreceptors และ mechanoreceptors ของกล้ามเนื้อที่ออกกำลังกาย รวมทั้ง peripheral chemoreceptors ที่รับการเปลี่ยนแปลงของ CO_2 ที่มากขึ้นและ O_2 ที่ลดลง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิร่างกายที่เพิ่มขึ้นเมื่อออกกำลังกายก็ช่วยกระตุ้นการหายใจทั้งทาง peripheral receptors และ central receptors ด้วย

ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) กล่าวว่า การควบคุมการหายใจด้วยสารเคมีในขณะออกกำลังกายนั้นมีบทบาทกระตุ้นการหายใจได้ส่วนหนึ่งเท่านั้น ตามความจริงแล้วในขณะออกกำลังกายอย่างหนักกลับจะทำให้ Po_2 เพิ่มขึ้นกว่าในภาวะปกติซึ่งมีค่า 100 มม.ปรอท เมื่อออกกำลังกายอย่างหนักหรือปานกลาง pulmonary ventilation ที่เพิ่มขึ้นจะได้สัดส่วนกับ CO_2 ที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อออกกำลังกายหนักมากจะทำให้ H^+ เป็นตัวกระตุ้นที่เพิ่มขึ้นไปอีก จึงช่วยขับ CO_2 ออกไปมากขึ้น ทำให้ alveolar Pco_2 ลดต่ำลง

McArdle *et al.* (2007) กล่าวว่า การไหลเวียนเลือดไปยังกล้ามเนื้อเกี่ยวข้องกับความต้องการในการเผาผลาญพลังงาน ในขณะออกกำลังกายพบว่าหลอดเลือดฝอยในกล้ามเนื้อจะเปิดมากขึ้น เพื่อทำหน้าที่ในการเพิ่มการไหลเวียนเลือดในกล้ามเนื้อที่กำลังทำงาน ขนส่งปริมาณเลือดที่มากขึ้น และมีการแลกเปลี่ยนก๊าซและสารอาหารระหว่างเลือดและเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้น ในภาวะปกตินั้น การทำงานของระบบไหลเวียนเลือดซึ่งประกอบด้วยหัวใจและหลอดเลือด จะถูกควบคุมโดยระบบประสาทที่เสริมด้วยการควบคุมทางเชิงกล แต่เมื่อออกกำลังกายจะมีการควบคุมเพิ่มเติมขึ้นด้วยการมีคำสั่งทางระบบประสาท เพื่อเตรียมระบบไหลเวียนเลือดให้ทำงานก่อนเริ่มทำงานจริง เมื่อการออกกำลังกายดำเนินไปจะมีการเปลี่ยนแปลงทางส่วนรอบนอก โดยมีการเปลี่ยนแปลงทางสารเคมีที่เป็นผลผลิตของการออกกำลังกาย และมีการเปลี่ยนแปลงทางกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกาย มาช่วยควบคุมอีกต่อหนึ่ง (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) ซึ่งสามารถแบ่งการควบคุมระบบไหลเวียนเลือดในขณะออกกำลังกายได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. Central neural mechanism การควบคุมทางส่วนกลางนี้อาศัยพลังประสาทที่ส่งมาจาก higher motor centers ของซีรีบรัมลงมายัง cardiovascular area ที่เมดัลลา เมื่อมีการเตรียมหรือเริ่มออกกำลังกาย จะมีการส่งพลังประสาทลงมายัง motor unit เพื่อทำให้กล้ามเนื้อหดตัว และส่งมายัง cardiovascular area พร้อมกันไป เป็นผลให้มีการส่งพลังประสาทลงไปตามประสาท sympathetic เพื่อไปยังหัวใจ และมีการปล่อย norepinephrine จากปลายประสาทไปยัง SA node ของหัวใจ ในขณะที่เดียวกันก็จะลดการทำงานของประสาท parasympathetic ให้ปล่อย acetylcholine ลดน้อยลง จึงทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น นอกจากนั้น norepinephrine ยังมีผลเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ ทำให้ stroke volume และ cardiac output เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีพลังประสาทส่งลงมายังหลอดเลือดบางส่วนให้มีการบีบตัว จึงทำให้ความดันเลือดเพิ่มขึ้นด้วย

2. Muscle reflex neural mechanism เมื่อกล้ามเนื้อทำงาน จะมีการส่งพลังประสาทจากกล้ามเนื้อและข้อต่อที่เรียกว่า ergoreceptors ขึ้นไปยัง cardiovascular area อีกต่อหนึ่งด้วย รีเซปเตอร์ที่สำคัญมี 2 ชนิด คือ mechanoreceptors ซึ่งรับการเปลี่ยนแปลงเชิงกลขณะกล้ามเนื้อหดตัว ซึ่งอาศัย Paciniform receptors เป็นรีเซปเตอร์ที่สำคัญ และ metaboreceptors โดยอาศัย free nerve ending เป็นรีเซปเตอร์ที่สำคัญ ทำหน้าที่ควบคุมประสิทธิภาพการไหลของเลือดที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อ โดยมีตัวกระตุ้นซึ่งเป็นผลผลิตของกล้ามเนื้อที่ทำงาน เช่น การคั่งของกรดแลคติก และการขาดออกซิเจน

การเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

ความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ (muscle fatigue) หมายถึง การที่กล้ามเนื้อไม่สามารถทำงานให้มีสมรรถภาพหรือกำลังได้ตามที่คาดหมายไว้ (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) การหดตัวของกล้ามเนื้อติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้กล้ามเนื้อล้า นั่นคือแรงที่เกิดจากการหดตัวจะลดลง โดยความล้าเพิ่มมากขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณไกลโคเจนที่ลดลง ดังนั้น กล้ามเนื้อล้าจึงอาจเกิดจากความบกพร่องของกระบวนการหดตัว และเมตาบอลิซึมของเส้นใยกล้ามเนื้อที่พยายามทำงานปริมาณเท่าเดิมให้ได้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังพบว่าการส่งผ่านสัญญาณประสาทที่บริเวณจุดประสานประสาทและกล้ามเนื้อลดลงภายหลังจากการออกกำลังกายเป็นเวลานาน ทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง การขาดเลือดไปเลี้ยงที่กล้ามเนื้อที่กำลังหดตัวทำให้กล้ามเนื้อล้าได้อย่างรวดเร็วภายใน 1-2 นาที เพราะขาดสารอาหารและออกซิเจน (พงษ์จันทร์, 2551) สอดคล้องกับ ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) ที่กล่าวถึงตำแหน่งที่เป็นสาเหตุของการล้าไว้ดังนี้ คือ

1. Neuromuscular Junction พบว่า บริเวณรอยต่อของประสาทและกล้ามเนื้อเป็นต้นตอที่ก่อให้เกิดความล้า การล้าชนิดนี้พบได้บ่อยในหน่วยยนต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว ส่วนกลไกนั้นเชื่อว่าเกิดจากสารสื่อประสาท คือ acetylcholine ลดน้อยลง

2. ระบบประสาทกลาง พบว่าเป็นต้นตออย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดการล้า โดยมีการลดสัญญาณกระตุ้นที่นำเข้าสู่บริเวณ motor cortex ทำให้สัญญาณกระตุ้นที่ motor unit ลดลง เป็นผลให้การหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง

3. Contractile Mechanism เกิดจากกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ พบว่าการล้าของกรดแลคติกจะทำให้ peak tension ลดลงเนื่องจากภายในเซลล์เป็นกรดมากขึ้นจึงทำให้การปล่อยแคลเซียมจาก sarcoplasmic reticulum ลดน้อยลง และยังรบกวนต่อ Ca^{++} troponin binding capacity นอกจากนั้นยังยับยั้ง phosphofructokinase ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญของ anaerobic glycolysis รวมถึงการหมดไปของ ATP-PC และไกลโคเจนที่เก็บสะสมไว้ด้วย และยังมีปัจจัยอื่นๆ อีก เช่น การขาดออกซิเจนและมีเลือดมาเลี้ยงกล้ามเนื้อไม่เพียงพอ

เมื่อมีการสลายคาร์โบไฮเดรตผ่านกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการสร้างกรดแลคติกมากขึ้น (Taylor, 1989) ถ้าปริมาณออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อลดลงจะทำให้เกิดกรดแลคติกมากขึ้น ในขณะที่ออกกำลังกายอย่างหนัก แรงและความถี่ในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะจำกัดการไหลเวียนเลือด ทั้งการเพิ่มขึ้นของอัตราการสลายไกลโคเจน รวมทั้งการขาดเลือดและออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อล้วนทำให้เกิดการสร้างกรดแลคติกเพิ่มขึ้น (Dodd et al., 1993) การที่มีกรดแลคติกคั่งอยู่ในกล้ามเนื้อเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้า ดังนั้น การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนักจึงสำคัญต่อความสามารถของนักกีฬา โดยเฉพาะในกีฬาที่แบ่งการแข่งขันเป็นช่วงๆ เช่น ฟุตบอล ฟุตซอล บาสเกตบอล เทนนิส เป็นต้น

ในทางสรีรวิทยา การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย ประกอบด้วย การเคลื่อนย้ายของเสีย คือ กรดแลคติก ไฮโดรเจนไอออน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งการสำรองสารสร้างพลังงานกลับคืนมา ได้แก่ ครีเอทีนฟอสเฟต ไกลโคเจน และไขมัน โดยกระบวนการฟื้นตัวอาจใช้เวลาจากหลายนาที่ไปจนถึงหลายวัน ขึ้นอยู่กับระยะเวลาและความหนักในการออกกำลังกาย (Roberts and Roberts, 1997) การใช้วิธีการที่จะเพิ่มอัตราการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อได้อย่างรวดเร็ว จะช่วยให้ความสามารถของนักกีฬาเพิ่มสูงขึ้นและพร้อมกลับสู่การแข่งขันได้เร็วขึ้น

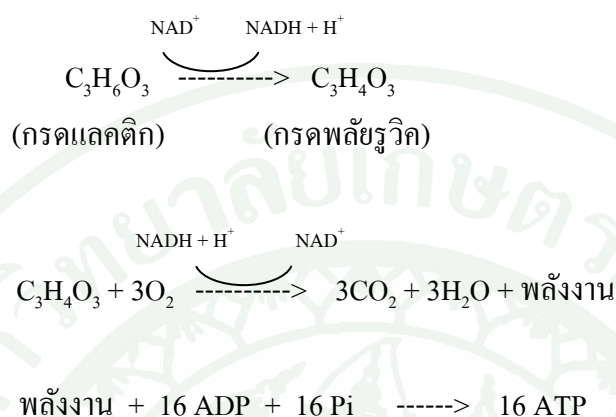
การฟื้นตัวจากการออกกำลังกาย

การฟื้นตัวจากการออกกำลังกายนั้น มีความสำคัญเช่นเดียวกับการใช้พลังงานในการออกกำลังกาย เกี่ยวกับเรื่องนี้ควรจะได้มีการพิจารณาถึงการเป็นหนี้ออกซิเจน การชดเชยพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในขณะฟื้นตัว การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกจากเลือดและกล้ามเนื้อ และการเก็บสำรองออกซิเจนขึ้นมาใหม่ (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536)

McArdle *et al.* (2007) กล่าวว่า การใช้ออกซิเจนในระยะฟื้นตัว (oxygen debt) มีวัตถุประสงค์เพื่อเปลี่ยนกรดแลคติกประมาณ 80% กลับไปเป็นไกลโคเจนแล้วเก็บสะสมที่ตับผ่านกระบวนการ Cori cycle และเพื่อใช้ในการสลายกรดแลคติกผ่านทางกระบวนการ pyruvate-citric acid cycle โดยการใช้ออกซิเจนในระยะฟื้นตัวแบ่งได้เป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรก เรียกว่า alactacid oxygen debt component เกิดในช่วง 2-3 นาทีแรกของการฟื้นตัว การใช้ออกซิเจนจะลดลงอย่างรวดเร็ว และไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก ส่วนระยะหลัง เรียกว่า lactacid oxygen debt component ในระยะนี้การใช้ออกซิเจนจะลดลงอย่างช้าๆ และเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกที่ค้างอยู่ในกล้ามเนื้อและเลือดออกไป ซึ่งภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักนั้นจะมีกรดแลคติกค้างอยู่ในกล้ามเนื้อและในเลือดจึงทำให้เกิดความเมื่อยล้า การฟื้นตัวย่อมต้องการการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกออกไปก่อน โดยมีวิธีการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) ดังนี้

1. ขับถ่ายออกทางปัสสาวะและทางเหงื่อ ซึ่งเป็นไปได้้น้อยมาก
2. การเปลี่ยนไปเป็นกลูโคสและไกลโคเจน เนื่องจากกรดแลคติกเป็นผลิตผลจากการสลายคาร์โบไฮเดรต ดังนั้นจึงสามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นไกลโคเจนและกลูโคสได้ในตับ รวมทั้งเปลี่ยนไปเป็นไกลโคเจนในกล้ามเนื้อได้ด้วย แต่กระบวนการเหล่านี้เป็นไปได้ช้ามาก
3. การเปลี่ยนแปลงไปเป็นโปรตีน แต่วิธีนี้เป็นไปได้้น้อย

4. การออกซิเดชันเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ กรดแลกติกสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้เมื่อมีออกซิเจน โดยเปลี่ยนไปเป็นกรดพลัสวีกก่อนแล้วเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ปฏิกิริยาทางเคมีของการออกซิเดชันกรดแลกติกมีดังต่อไปนี้



การใช้กรดแลกติกเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในระบบแอโรบิกนั้น มีบทบาทที่สำคัญที่สุดในการเคลื่อนย้ายกรดแลกติกในระยะฟื้นตัวหลังออกกำลังกาย อวัยวะสำคัญในการออกซิไดส์กรดแลกติกคือ กล้ามเนื้อลาย โดยเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าจะสามารถออกซิไดส์กรดแลกติกได้ดีกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่อธิบายว่าการให้มีการออกกำลังกายเบาๆ ในระยะของการฟื้นตัวจะสามารถเคลื่อนย้ายกรดแลกติกได้ดีกว่า (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536)

การแข่งขันกีฬาบางประเภทมีระยะเวลาพักในการแข่งขันน้อยมาก เช่น บาสเกตบอล วอลเลย์บอล ฟุตบอล ฟุตซอล จำเป็นต้องทำให้ร่างกายฟื้นตัวโดยเร็วในช่วงพัก เพื่อให้ร่างกายพร้อมที่จะเข้าร่วมแข่งขันต่อไปอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุดังกล่าวจึงมีผู้ทำการศึกษารูปแบบการฟื้นตัวด้วยวิธีต่างๆ เช่น การเช็ดตัวด้วยผ้าเย็น การออกกำลังกายเบาๆ การนวด การยืดเหยียด กล้ามเนื้อ การให้สูดออกซิเจน (อคุลย์, 2534; มานพ, 2539; พรพล, 2547; Gupta 1996; Ma, 2006) เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วภายหลังจากออกกำลังกายอย่างหนัก การเคลื่อนย้ายกรดแลกติกจะใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 1 ชั่วโมง ความเข้มข้นของกรดแลกติกจะลดลง 50% ภายใน 25 นาทีของระยะฟื้นตัวโดยการพัก (rest recovery) และพบว่าในระยะฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายอย่างหนักถ้าให้ออกกำลังกายเบาๆ (exercise recovery) อัตราการเคลื่อนย้ายกรดแลกติกจะสูงกว่าการฟื้นตัวโดยการนั่งพัก (Dodd *et al.*, 1984; Gupta, 1996) การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว (active recovery) เชื่อว่าสามารถป้องกันไม่ให้เกิดกล้ามเนื้อเป็นตะคริวและติดขัดได้ อีกทั้งยังเป็นการกระตุ้นการฟื้นตัวโดยรวม (McArdle *et al.*, 2007) ทำให้มีการสร้าง ATP และ PCr ขึ้นมาใหม่ ชดเชย

ออกซิเจนในเลือดและไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อ จากการเพิ่มการไหลเวียนเลือดและการหายใจ และทำให้มีการไหลเวียนเลือดไปยังกล้ามเนื้อมากขึ้น จึงสามารถเพิ่มการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้เร็วขึ้น เนื่องจากกล้ามเนื้อสามารถออกซิไดซ์กรดแลคติกได้มากขึ้น ความหนักของการออกกำลังกายในระยะฟื้นตัวอยู่ระหว่าง 30-45% ของการจับออกซิเจนสูงสุด ($\text{VO}_{2\text{max}}$) (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) โดยเทียบได้กับอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (HRmax) ที่ 35-59% (American College of Sports and Medicine: ACSM, 2000) ซึ่งอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดระดับนี้ สามารถเทียบได้กับอัตราการใช้ ออกซิเจนสำรอง ($\text{VO}_{2\text{R}}$) หรืออัตราการเต้นหัวใจสำรอง (HRR) ที่ 20-39% (Heyward, 2006) ใน นักกีฬาหรือผู้ที่ได้รับการฝึกดีแล้วจะใช้เวลาหนักที่ 50% ของการจับออกซิเจนสูงสุด (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) โดยเทียบได้กับอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดที่ 60% (ACSM, 2000) ซึ่งอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดระดับนี้สามารถเทียบได้กับอัตราการใช้ออกซิเจนสำรอง หรืออัตราการเต้นหัวใจสำรอง ที่ 40-59% (Heyward, 2006) แต่ถ้าความหนักในการฟื้นตัวมากกว่า 60% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะทำให้มีการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในเลือดได้น้อยกว่าการนั่งพักเฉยๆ (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) Coso *et al.* (2009) พบว่าการฟื้นตัวด้วยการออกกำลังกายเบาๆ เป็นระยะเวลานานจะมีผลทำให้มีการเคลื่อนย้ายไฮโดรเจนไอออนและกรดแลคติกในเลือดได้มากกว่าการฟื้นตัวด้วยการออกกำลังกายแบบความหนักสูงแต่ระยะเวลานั้น

การให้ออกซิเจน

การให้สูดออกซิเจน มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มสมรรถภาพของการออกกำลังกายหรือเพื่อให้ฟื้นตัวเร็วหลังออกกำลังกายอย่างหนัก เมื่อหายใจด้วยออกซิเจนที่มีความเข้มข้นสูง จะเพิ่มออกซิเจนไปได้อีก 1 มล./เลือด 100 มล. จากการจับกับฮีโมโกลบิน และออกซิเจนจะละลายในพลาสมาเพิ่มจากปกติจาก 0.3 มล. เป็น 0.7 มล./เลือด 100 มล. ดังนั้นการนำออกซิเจนไปในเลือดจะเพิ่มขึ้นทั้งหมดประมาณ 1.4 มล./เลือด 100 มล. (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) Haseler *et al.* (1999) พบว่า การให้ออกซิเจนความเข้มข้นสูงสามารถเพิ่มอัตราการสร้าง PCr ขึ้นมาใหม่ภายหลังการออกกำลังกาย เนื่องจากความดันย่อยของออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2) สูงขึ้นเพราะค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดเข้าใกล้ค่าสูงสุด ส่งผลให้มีออกซิเจนภายในเซลล์กล้ามเนื้อมากขึ้นจึงไปกระตุ้นกระบวนการออกซิเดทีฟเมตาบอลิซึมมากขึ้น ทำให้ลดระยะเวลาในการฟื้นตัวลง ส่วนประโยชน์ของการให้ออกซิเจนภายหลังการออกกำลังกายในด้านการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกยังไม่เป็นที่แน่ชัด ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) กล่าวว่า การให้ออกซิเจนในขณะออกกำลังกายแบบ submaximal และ maximal aerobic exercise จะทำให้ aerobic physical performance เพิ่มขึ้น ส่วนการให้ออกซิเจนก่อนและหลังการออกกำลังกายไม่ทำให้สมรรถภาพการทำงานของร่างกายดีขึ้นและไม่มีผลต่อเวลา

ในการฟื้นตัว Lovering *et al.* (2008) รายงานว่า หากออกกำลังกายในสถานะที่มีความดันออกซิเจนในบรรยากาศต่ำจะทำให้เกิดภาวะการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนพร่อง (intrapulmonary shunt) ทั้งในขณะออกกำลังกายและในระยะฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย Richardson *et al.* (1998) รายงานว่า ในขณะออกกำลังกายในสถานะที่มีความดันออกซิเจนในบรรยากาศต่ำ ความดันย่อยของออกซิเจนภายในเซลล์ (intracellular PO_2) จะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการออกกำลังกายในสถานะที่มีความดันออกซิเจนในบรรยากาศปกติ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ภายในเซลล์ แสดงให้เห็นว่าออกซิเจนมีบทบาทต่อความเป็นกรดด่างของเซลล์ และมีผลต่อกระบวนการเคลื่อนย้ายกรดแลกติกด้วย

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกีฬาฟุตซอล

ฟุตซอล คือชื่อที่ FIFA (Federation International de Football Association: สหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติ) ใช้เรียกการแข่งขันฟุตบอลในร่ม (Indoor Soccer) ระดับนานาชาติ โดยฟุตซอลหรือฟุตบอล 5 คน จะมีสนามขนาดเล็กเดียวกับสนามบาสเกตบอล นอกจากนี้พื้นสนามยังไม่จำกัดว่าต้องเป็นพื้นหญ้า โดยฟุตซอลสามารถเล่นบนพื้นสนามแบบใดก็ได้ จึงทำให้ฟุตซอลเป็นกีฬาที่ประหยัดค่าใช้จ่ายในการที่จะเล่น เพราะจะเน้นที่ทักษะการเล่นของผู้เล่นมากกว่า ผู้เล่นฟุตซอลต้องมีทักษะที่ดีเยี่ยม มีปฏิกิริยาตอบสนองต่อเกมการเล่นที่รวดเร็ว แก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ดี เคลื่อนที่หาที่ว่างอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้ฟุตซอลยังเป็นกีฬาที่ให้ความสนุกสนาน ตื่นเต้น เหมาะกับผู้เล่นทั้งที่เป็นเด็กและผู้ใหญ่ ปัจจุบันการเล่นกีฬาฟุตซอลกำลังได้รับความนิยมโดยเฉพาะในหมู่เยาวชนหลายๆ ประเทศรวมถึงประเทศไทย ซึ่งสมาคมฟุตบอลแห่งประเทศไทยได้พยายามส่งเสริมและเผยแพร่กีฬาประเภทนี้ให้เป็นที่ยอมรับและเล่นกันอย่างแพร่หลาย โดยจัดให้มีการแข่งขันฟุตซอลชิงแชมป์ประเทศไทยเพื่อคัดเลือกนักกีฬาเป็นตัวแทนของประเทศไทยไปแข่งขันระดับนานาชาติ ซึ่งตัวแทนประเทศไทยก้าวหน้าไปถึงขั้นเป็นตัวแทนทวีปเอเชียเข้าร่วมการแข่งขันฟุตซอลชิงแชมป์โลกครั้งที่ 4 ที่ประเทศกัวเตมาลา ปี ค.ศ. 2000 (นิรนาม, 2550)

กติกาในการแข่งขันฟุตซอลซึ่งรับรองโดยสหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติหรือ FIFA ในปี ค.ศ. 2007 มีดังต่อไปนี้ (นิรนาม, 2550)

1. ขนาดของสนามแข่งขัน สนามที่ใช้ในการแข่งขันต้องเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยความยาวของเส้นข้าง (touch line) ต้องยาวกว่าเส้นประตู (goal line) ขนาดของสนามทั่วไปจะมีความยาว

25-42 เมตร และความกว้าง 15-25 เมตร ขนาดสนามที่ใช้ในการแข่งขันระดับนานาชาติจะมีความยาว 38-42 เมตร และความกว้าง 18-25 เมตร

2. จำนวนผู้เล่น ในการแข่งขันเกมหนึ่งๆ จะแบ่งผู้เล่นออกเป็น 2 ทีม แต่ละทีมจะมีผู้เล่นไม่เกิน 5 คน และจะต้องมี 1 คน เป็นผู้รักษาประตู ภายในทีมหนึ่งๆ จะมีผู้เล่นสำรองได้ไม่เกิน 7 คน การเปลี่ยนตัวสามารถเปลี่ยนได้ตลอดเวลาขณะที่เกมการแข่งขันกำลังดำเนินอยู่หรือหยุดเล่น ผู้เล่นที่ถูกเปลี่ยนออกสามารถเปลี่ยนตัวกลับเข้ามาเล่นใหม่ได้ ผู้รักษาประตูจะเปลี่ยนตัวกับผู้เล่นคนใดก็ได้

3. เวลาในการแข่งขัน การแข่งขันแบ่งออกเป็น 2 ครั้งเวลาๆ ละ 20 นาที แต่ละครั้งเวลาอาจมีการเพิ่มเวลาขึ้นเพื่อเตะโทษ ณ จุดโทษ แต่ละทีมมีสิทธิที่จะขอเวลานอก 1 นาที ในแต่ละครั้งเวลาได้ และการพักครึ่งเวลาต้องไม่เกิน 15 นาที

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อดุลย์ (2534) ได้ศึกษาสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดและอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างวิธีพื้นตัวหลังการออกกำลังกาย ด้วยวิธีสูดออกซิเจนกับไม่สูดออกซิเจนจากเครื่องให้ออกซิเจน ผู้ถูกทดลองเป็นนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 60 คนซึ่งมีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง แบ่งผู้ถูกทดลองออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 30 คน ทุกคนต้องเข้ารับการทดลอง 2 ครั้ง เว้นช่วงห่าง 1 สัปดาห์ ผู้ถูกทดลองซึ่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดความดันโลหิต และจับชีพจร คำนวณปริมาณงานร้อยละ 75 ทำการออกกำลังกายโดยเริ่มให้ปั่นจักรยานวัดงาน แล้วจับอัตราการเต้นของหัวใจทุก 1 นาที จนปริมาณงานหนักถึงร้อยละ 75 แล้วให้พื้นตัวด้วยวิธีสูดออกซิเจนกับไม่สูดออกซิเจน จับอัตราการเต้นของหัวใจขณะพื้นตัวทุก 1 นาที จนครบ 10 นาที และวัดความดันโลหิตอีกครั้ง หลังจากนั้นเริ่มปั่นจักรยานวัดงานอีกครั้ง เพื่อทดสอบสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดตามวิธีของเพอร์ โอโลฟ ออสทรานด์ ผลการวิจัยพบว่า สมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดหลังการพื้นตัว และอัตราการเปลี่ยนแปลงการเต้นของหัวใจเมื่อเปรียบเทียบกับที่ก่อนที่จนครบ 10 นาที ระหว่างวิธีพื้นตัวหลังออกกำลังกายด้วยการสูดออกซิเจน และไม่สูดออกซิเจนจากเครื่องให้ออกซิเจน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ปนัดดา (2542) ทำการศึกษาสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดและการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างการใช้พลาสติกช่วยหายใจและไม่ใช้พลาสติกช่วยหายใจ กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชั้นปีที่ 3 และ 4 ภาควิชาพลศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 30 คน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 15 คน ผู้วิจัยจัดการทดลองเป็น 2 สภาวะ คือ สภาวะที่ 1 ใช้พลาสติกช่วยหายใจ สภาวะที่ 2 ไม่ใช้พลาสติกช่วยหายใจ โดยให้กลุ่มตัวอย่างชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง และวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก วัดสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดด้วยวิธีของออสตรานด์ แล้วให้นั่งพักเพื่อหาอัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัว แต่ละสภาวะเว้นห่างกัน 1 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าค่าสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดระหว่างสภาวะที่ใช้พลาสติกช่วยหายใจ มากกว่าสภาวะที่ไม่ใช้พลาสติกช่วยหายใจ และการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างสภาวะที่ใช้พลาสติกช่วยหายใจใช้เวลาน้อยกว่าสภาวะที่ไม่ใช้พลาสติกช่วยหายใจ

นันทพร (2543) ได้ทำการศึกษาผลของการให้ออกซิเจน 100% ภายใต้อากาศความกดดันสูง (ไฮเปอร์แบริกออกซิเจน) ต่อความเข้มข้นของกรดแลคติกภายหลังกล้ามเนื้อล้าจากการออกกำลังกาย โดยมีอาสาสมัครเป็นนักเรียนนายเรือ จำนวน 60 คน อายุ 20-23 ปี แบ่งอาสาสมัครออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 20 คน ทำการเจาะเลือดวัดระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกขณะพักก่อนการทดสอบ จากนั้นออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานเพิ่มความหนักขึ้นเรื่อยๆ จนล้า เก็บตัวอย่างเลือดทันที ภายหลังจากล้าและเก็บทุก 5 นาทีขณะฟื้นตัว รวม 30 นาที แต่ละกลุ่มมีกิจกรรมขณะพักที่แตกต่างกัน คือ กลุ่มที่ 1 ให้นั่งพักตามปกติ กลุ่มที่ 2 ให้ออกซิเจนด้วยออกซิเจน 100% ผ่านหน้ากากออกซิเจน และกลุ่มที่ 3 ให้ไฮเปอร์แบริกออกซิเจน ซึ่งเป็นการให้ออกซิเจน 100% ภายใต้อากาศความกดดันสูงกว่าระดับน้ำทะเล 2.5 เท่า ผลการศึกษาพบว่า ในกลุ่มที่ให้ไฮเปอร์แบริกออกซิเจนขณะฟื้นตัวมีความเข้มข้นของกรดแลคติกลดลงมากกว่าอีก 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในนาทีที่ 15, 20 และ 25 ภายหลังจากการออกกำลังกาย และการให้ออกซิเจน 100% ผ่านหน้ากากออกซิเจนที่ระดับความดันปกติไม่ช่วยให้ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดลดลงเร็วกว่าการนั่งพัก

พรพล (2547) ทำการศึกษาผลของการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการเดินบนลู่วิ่งที่มีต่อระดับกรดแลคติกในเลือดระหว่างการฝึกด้วยแรงต้าน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาชาย จำนวน 15 คน ให้กลุ่มตัวอย่างฝึกโดยใช้น้ำหนักเป็นแรงต้านในท่า knee extension ที่ความหนัก 10 RM จำนวน 3 ครั้ง 3 เซต พักระหว่างเซต 4 นาที ในช่วงพักให้ร่างกายฟื้นตัวด้วยการพัก การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการเดินบนลู่วิ่ง ตามลำดับ ให้กลุ่มตัวอย่างพักระหว่างการ

ทดลองแต่ละครั้งเป็นเวลา 2 วัน ทำการเจาะเลือดในขณะที่พักหลังการฝึกและหลังการทำให้ร่างกายฟื้นตัวในแต่ละเซต ผลการทดลองพบว่า ในช่วงพักของเซตที่ 1 ค่าเฉลี่ยระดับกรดแลคติกในเลือดของการฟื้นตัวด้วยการพักกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ไม่แตกต่างกัน การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่กับการเดินบนลู่วิ่ง ไม่แตกต่างกัน และการพักแตกต่างกับการเดินบนลู่วิ่ง ในช่วงพักของเซตที่ 2 และเซตที่ 3 พบว่า การพักแตกต่างกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และการเดินบนลู่วิ่ง การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ไม่แตกต่างกับการเดินบนลู่วิ่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยที่อัตราการลดลงของระดับกรดแลคติกในเลือดของการทำให้ร่างกายฟื้นตัวด้วยการเดินบนลู่วิ่งมีการลดลงมากที่สุด

พรรณวัตร (2549) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของโปรแกรมการฟื้นตัวด้วยการยืดเหยียดในน้ำ และการชวมน้ำที่มีต่อระดับกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายจากโรงเรียนกีฬากรุงเทพมหานคร อายุ 13-15 ปี จำนวน 15 คน ทำการทดลองโดยการปั่นจักรยานแบบหนักสลับเบาเป็นเวลา 40 นาที แล้วทำการฟื้นตัวด้วยโปรแกรมการยืดเหยียดในน้ำและการชวมน้ำ เจาะเลือดเพื่อหาความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดขณะพัก ช่วงก่อนได้รับการฟื้นตัว หลังการได้รับการฟื้นตัว และภายหลังได้รับการฟื้นตัว 12 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า หลังได้รับการฟื้นตัวและในช่วงหลังได้รับการฟื้นตัว 12 ชั่วโมง ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกจากโปรแกรมการยืดเหยียดในน้ำและการชวมน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยโปรแกรมการยืดเหยียดในน้ำจะมีระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกน้อยกว่าการชวมน้ำ

กวิน (2550) ได้ทำการศึกษาและหาค่าความแตกต่างของสมรรถภาพอานาerobic ที่เกิดจากการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ระดับความหนักต่างกัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลชาย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ อายุ 19-21 ปี จำนวน 15 คน โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบหาค่าสมรรถภาพอานาerobic ก่อน แล้วทำการฟื้นตัว 4 วิธี ได้แก่ การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวด้วยการปั่นจักรยานที่ระดับความหนักแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 40%, 50% และ 60% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรองและการฟื้นตัวโดยการนั่งพักเป็นเวลา 4 นาที ต่อจากนั้นทำการทดสอบหาค่าสมรรถภาพอานาerobic ครั้งที่สอง โดยให้กลุ่มตัวอย่างพักระหว่างการทดลองแต่ละวิธีเป็นเวลา 2 วัน ผลการวิจัยพบว่า ค่าสมรรถภาพอานาerobic ที่เกิดจากการฟื้นตัว 4 วิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเมื่อพิจารณาถึงค่าเฉลี่ยของสมรรถภาพอานาerobic พบว่า การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ระดับความหนัก 50% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรองมีอัตราการฟื้นตัวเร็วที่สุด

ซัพพล (2553) ได้ทำการศึกษารูปแบบของการฟื้นฟูที่มีผลต่อความเร็วในการวิ่งและความแม่นยำในการส่งบอลในนักกีฬาฟุตบอล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลที่เข้าร่วมโครงการพัฒนากีฬาฟุตบอลสู่ความเป็นเลิศของมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม จำนวน 12 คน โดยปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองครั้งที่ 1 จากนั้นทำการฟื้นฟู 4 วิธี คือ การนั่งพัก การนั่งพักร่วมกับการให้ความเย็น การนั่งพักร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพักร่วมกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ แล้วปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองครั้งที่ 2 และบันทึกการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจและอุณหภูมิร่างกาย โดยให้กลุ่มตัวอย่างพักระหว่างการทดลองแต่ละวิธีเป็นเวลา 2 วัน ผลการวิจัยพบว่า การฟื้นฟูสภาพความเร็วในการวิ่งและความแม่นยำในการส่งบอลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อทำการพักเพื่อฟื้นฟูด้วยวิธีต่างๆ โดยพบการฟื้นฟูสภาพความเร็วในการวิ่งได้มากที่สุด (95.5%) เมื่อใช้วิธีนั่งพักร่วมกับการให้ความเย็น ในขณะที่วิธีการนั่งพักทำให้ฟื้นฟูสภาพความเร็วในการวิ่งได้น้อยที่สุด (93.0%) ส่วนความแม่นยำในการส่งบอล พบว่า เมื่อใช้วิธีการนั่งพักร่วมกับการเคลื่อนไหวพื้นฐาน สามารถช่วยให้ฟื้นฟูสภาพความแม่นยำในการส่งบอลกลับมาได้มากที่สุด (98.4%) ส่วนวิธีการนั่งพักช่วยให้ฟื้นฟูสภาพความแม่นยำในการส่งบอลกลับมาได้น้อยที่สุด (91.7%)

Linnarsson *et al.* (1974) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายในภาวะที่มีความดันออกซิเจนต่ำและภาวะที่มีความดันออกซิเจนสูง ที่มีต่ออัตราการเผาผลาญพลังงานของกล้ามเนื้อ (muscle metabolism) และการขาดออกซิเจน (oxygen deficit) อาสาสมัครเป็นชายสุขภาพดี จำนวน 6 คน ทำการทดสอบปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก submaximal เป็นเวลา 4 นาที ตามด้วยการปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก maximal เป็นเวลาสั้นๆ โดยสูดอากาศที่ความดันบรรยากาศ (ATA) 0.68, 1.00 และ 1.40 ทำการวัดแรงต้านที่ใช้ในการปั่นจักรยานทั้ง 2 ระดับความหนัก ในแต่ละความดันบรรยากาศ และตรวจวิเคราะห์ขึ้นเนื่องจากกล้ามเนื้อขาด ผลการทดลองพบว่า การออกกำลังกายที่ระดับความหนัก submaximal ค่า oxygen deficit การลดลงของฟอสฟาเจน และความเข้มข้นของกรดแลคติกมีความสัมพันธ์แบบตรงข้ามกับความดันของออกซิเจนที่หายใจเข้า (PIO_2) ส่วนการออกกำลังกายที่ระดับ maximal พบว่า การหายใจในสภาวะ PIO_2 สูงทำให้เวลาในการปั่นจักรยานและค่า VO_{2max} สูงขึ้น

Gupta *et al.* (1996) ได้ทำการศึกษาผลของการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกภายหลังการออกกำลังกายด้วยการปั่นจักรยานวัดงานที่ระดับความหนัก 150% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด อาสาสมัครเป็นชายสุขภาพดีจำนวน 10 คน ทำการฟื้นฟูด้วยการนั่งพัก เป็นเวลา 40 นาที เปรียบเทียบกับการฟื้นฟูแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวด้วยการปั่นจักรยานที่ระดับความหนัก

30% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 40 นาที และการฟื้นตัวด้วยการนอน เป็นเวลา 10 นาที ทำการเจาะเลือดภายหลังการออกกำลังกายทันที และระหว่างการฟื้นตัวในนาที่ที่ 3, 5, 10, 20, 30 และ 40 ผลการทดลองพบว่า ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกายทันทีและนาที่ที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกัน แต่หลังจากนาที่ที่ 5 พบว่า การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวสามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้เร็วกว่าการฟื้นตัวด้วยการนั่งพักและการนอน

Corder *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษาผลของการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว และการฟื้นตัวแบบนั่งพักที่มีต่อระดับกรดแลคติกในเลือด ระดับของการรับรู้ความเหนื่อย (RPE) และสมรรถภาพระหว่างการออกกำลังกายด้วยแรงต้าน อาสาสมัครชาย จำนวน 15 คน ทำการทดลองด้วยการฝึกโดยใช้ท่าสควอต (squat) จำนวน 6 เซต ที่ความหนัก 85% ของ 10 RM แต่ละเซตพัก 4 นาที ทำให้อาสาสมัครฟื้นตัวโดยการนั่งพัก และการปั่นจักรยานที่ความหนัก 25% และที่ 50% ของ OBLA โดยใช้จักรยานวัดงานปั่นที่ความเร็ว 70 รอบต่อนาที วัดความสามารถหลังจากฝึกท่าสควอตในเซตสุดท้าย ให้กลุ่มตัวอย่างใช้ความหนัก 65% ของ 10 RM ในการยกให้ได้จำนวนครั้งมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทำการเจาะเลือดก่อนอบอุ่นร่างกาย หลังฝึกเซตที่ 2, 4 และ 6 และหลังวิธีการทำให้ฟื้นตัวเซตที่ 2, 4 และ 6 และหลังการยกให้ได้จำนวนครั้งสูงสุด ผลการทดลองพบว่า ระดับกรดแลคติกในเลือดและระดับของการรับรู้ความเหนื่อย (RPE) ระหว่างวิธีการทำให้อาสาสมัครฟื้นตัวโดยการปั่นจักรยานที่ความหนัก 25% ของ OBLA ต่ำกว่าการนั่งพักและการปั่นจักรยานที่ความหนัก 50% ของ OBLA และจำนวนครั้งที่สามารถยกได้มากที่สุด โดยที่การปั่นจักรยานที่ความหนัก 25% ของ OBLA สามารถยกได้มากกว่าการนั่งพักและการปั่นจักรยานที่ความหนัก 50% ของ OBLA การศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า วิธีการทำให้ฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวโดยการปั่นจักรยานที่ความหนัก 25% ของ OBLA แสดงให้เห็นถึงค่าเฉลี่ยที่มีประสิทธิภาพสูงสุดต่อการลดระดับกรดแลคติกในเลือดระหว่างการฟื้นตัวและเพิ่มความสามารถในการแสดงออกของท่าสควอต

Dorado *et al.* (2004) ได้ทำการศึกษาผลของรูปแบบการฟื้นตัวที่มีต่อสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน และการขาดออกซิเจน (oxygen deficit) ในการออกกำลังกายรูปแบบเป็นช่วงๆ ความหนักสูง (high intensity intermittent) อาสาสมัครเป็นนักเรียนพลศึกษา จำนวน 10 คน ทำการทดสอบโดยการปั่นจักรยานจนเหนื่อย 4 รอบ แล้วพัก 5 นาที ขณะพักให้ทำการฟื้นตัว 3 รูปแบบ คือ การปั่นจักรยานที่ 20% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และการนอนหงาย ผลการศึกษพบว่า การฟื้นตัวด้วยการปั่นจักรยานที่ 20% ของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด

มีสมรรถภาพการแสดงออกและให้พลังงานแบบแอโรบิก มากกว่าการฟื้นตัวด้วยการยืดเหยียด กล้ามเนื้อและการนอนหงาย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวจะสนับสนุนการแสดงออกทางสมรรถภาพ โดยการเพิ่มการสนับสนุนด้านแอโรบิก ต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่ได้รับทั้งหมดระหว่างการออกกำลังกายรูปแบบเป็นช่วงๆ และมีความหนักสูง

Ma (2006) ทำการเปรียบเทียบรูปแบบการพักที่แตกต่างกันต่อความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดและอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างพักของเกมการแข่งขันบาสเกตบอล อาสาสมัครเป็นนักบาสเกตบอลจำนวน 5 คน อายุ 18-22 ปี ทำการพัก 2 รูปแบบ คือ การนั่งพัก และการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว ในเกมการแข่งขันแรกให้ทำการพักทั้ง 2 รูปแบบ โดยสูดอากาศรอบตัวในห้อง จากนั้นให้นักกีฬาพัก 2 วัน ส่วนในเกมการแข่งขันที่ 2 ให้ทำการพักทั้ง 2 รูปแบบ ร่วมกับการสูดออกซิเจน 70% เป็นเวลา 30 นาที ผลการทดลองพบว่าอัตราการเต้นของหัวใจของกลุ่มสูดออกซิเจน 70% ไม่แตกต่างจากกลุ่มสูดอากาศในห้อง ส่วนความเข้มข้นของกรดแลคติกในกลุ่มสูดอากาศในห้อง พบว่า การพักแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวมีค่าน้อยกว่าการนั่งพักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ 0.05 และพบว่าการพักทั้ง 2 รูปแบบ ในกลุ่มสูดออกซิเจน 70% ความเข้มข้นของกรดแลคติกมีค่าน้อยกว่าก่อนสูดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการพักแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวมีความเข้มข้นของกรดแลคติกน้อยกว่าการนั่งพัก การศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า การพักแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่วมกับการสูดออกซิเจนความเข้มข้นสูง สามารถลดความเข้มข้นของกรดแลคติกได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Toubekis *et al.* (2008) ได้ศึกษาผลของการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวและการนั่งพักโดยใช้ระยะเวลาการฟื้นตัวที่แตกต่างกันภายหลังการว่ายน้ำ 100 เมตร ที่มีต่อความสามารถในการว่ายน้ำและการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก อาสาสมัครเป็นนักกีฬาวว่ายน้ำจำนวน 11 คน ทำการว่ายน้ำ 100 เมตร 2 รอบ พักระหว่างรอบ 15 นาที ขณะพักมีการฟื้นตัว 3 วิธี คือ การนั่งพัก 15 นาที การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว 5 นาที ตามด้วยการนั่งพัก 10 นาที และการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว 10 นาที ตามด้วยการนั่งพัก 5 นาที ผลการทดลอง พบว่า หลังการฟื้นตัวแล้วกลับมาว่ายน้ำใหม่ การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว 5 นาที ตามด้วยการนั่งพัก 10 นาที ทำให้เวลาในการว่ายน้ำน้อยที่สุด และพบว่าการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวในทั้ง 2 วิธี สามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้ดีกว่าการนั่งพักเพียงอย่างเดียว

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าทั้งการฟื้นฟูระบบ
 มีกิจกรรมการเคลื่อนไหวและการให้ออกซิเจน ทำให้ร่างกายฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายได้
 เร็วขึ้น แต่การศึกษาผลของการฟื้นฟูด้วยการให้ออกซิเจนและการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่มีต่อ
 ความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด ระดับกรดแลคติกในเลือด และความสามารถในการออกกำลังกาย
 แบบหนักสลับเบา ยังมีน้อยและไม่เป็นที่แน่ชัด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของ
 วิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนและการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่มีต่อความอึดตัวของ
 ออกซิเจนในเลือด ความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด และการฟื้นฟูสภาพของนักกีฬาฟุตบอล
 เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาความสามารถของนักกีฬา ทั้งในการฝึกซ้อมและการแข่งขันกีฬา
 รวมทั้งเป็นข้อมูลในการวิจัยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ยี่ห้อ Accutrend Plus ผลิตในประเทศเยอรมนี
2. แผ่นวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ยี่ห้อ BM lactate ผลิตในประเทศเยอรมนี
3. เข็มเจาะเลือด ยี่ห้อ Accu-Chek รุ่น Safe-T-Pro Uno ผลิตในประเทศเยอรมนี
4. นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิทัล ยี่ห้อ Casio รุ่น HS-30W ผลิตในประเทศญี่ปุ่น
5. เครื่องบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย ยี่ห้อ Polar รุ่น S625X ผลิตในประเทศฟินแลนด์
6. เครื่องวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดโดยอ้อมชนิดวัดที่ปลายนิ้ว (Finger Pulse Oximeter) ยี่ห้อ OxyTrue A ผลิตในประเทศเยอรมนี
7. เครื่องวัดปริมาตรการหายใจ (Spirometer) ยี่ห้อ Shiller ผลิตในประเทศสวิตเซอร์แลนด์
8. ถังออกซิเจนพร้อมอุปกรณ์ 1 ชุด
9. หน้ากากออกซิเจนชนิดมีถังสำรองออกซิเจน (oxygen mask with reservoir)
10. เครื่องจับเวลาแบบใช้แสง Infrared sensor
11. กรวยพลาสติก
12. สายวัด (ความยาว 50 เมตร)

13. นกหวีด
14. ลูกฟุตบอล
15. ลำลี และแอลกอฮอล์ 70%
16. ถังมือยาง
17. ใบบันทึกผลการทดสอบ

วิธีการ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง แบบ random order crossover design

กลุ่มประชากร

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลชาย มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ประจำปีการศึกษา 2553 ที่มีอายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 20 คน ซึ่งมีคุณสมบัติ ดังนี้ คือ เป็นผู้ที่มีสุขภาพดี ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและข้อต่อที่เป็นอุปสรรคต่อการทดสอบ ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ยินยอมให้เก็บตัวอย่างเลือด และให้ความร่วมมือได้ตลอดจนสิ้นสุดการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลชาย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ประจำปีการศึกษา 2553 ที่มีอายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 12 คน โดยมีขั้นตอนการได้มาของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. รวบรวมรายชื่อ นักกีฬาฟุตบอลชาย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ประจำปีการศึกษา 2553 ที่มีอายุระหว่าง 18-22 ปี ที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้

2. นำนักกีฬาที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ มาสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) เพื่อการทดลองจำนวน 12 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. รูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง ของ ชัชพล (2553) (ภาคผนวก ง)

2. วิธีการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ของ ชัชพล (2553) (ภาคผนวก จ)

3. วิธีการทดสอบความสามารถของนักกีฬาฟุตบอล ของ ชัชพล (2553) ได้แก่

ความเร็วในการวิ่ง และความแม่นยำในการส่งบอล (ภาคผนวก ง)

4. วิธีการฟื้นตัว 4 วิธี คือ

4.1) การให้ออกซิเจน 100% ผ่านหน้ากากออกซิเจนชนิดมีถังสำรองออกซิเจน (oxygen mask with reservoir) (ภาคผนวก ค) ร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน

4.2) การให้ออกซิเจน 100% ผ่านหน้ากากออกซิเจนชนิดมีถังสำรองออกซิเจน (oxygen mask with reservoir)

4.3) การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน

4.4) การนั่งพัก

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำหนังสือขอความร่วมมือในการใช้กลุ่มตัวอย่างของการทำวิจัย รวมทั้งกำหนดวันเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ขอความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการใช้เครื่องมือ การเก็บรวบรวมข้อมูล และสถานที่ที่จะใช้ในงานวิจัย
4. จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ ใบบันทึกผล เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. ประชุม อธิบาย และชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างได้เข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ลำดับขั้นตอน และวิธีการทดสอบ รวมไปถึงข้อตกลงต่างๆ ในระหว่างการเข้าร่วมทำวิจัยครั้งนี้ และให้กลุ่มตัวอย่างลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
6. ทำการทดลองเสมือนการทดลองจริง 1 ครั้ง เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างคุ้นเคยกับวิธีการทดลอง (try out)
7. ก่อนเริ่มทำการทดสอบในแต่ละวัน ให้กลุ่มตัวอย่างสุ่มเลือกลำดับวิธีการปั่นตัวด้วยการจับฉลาก แล้วนั่งพักอย่างน้อย 10 นาที เพื่อทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate: HR) ความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (oxygen saturation: $O_2\text{sat}$) อัตราการหายใจ (respiratory rate: RR) ปริมาตรหายใจใน 1 นาที (respiratory minute volume: V_E) และปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง (tidal volume: TV) ทำการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด (blood lactate) หลังจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายตามรูปแบบที่กำหนด ด้วยการวิ่งเหยาะๆ 10 นาที ตามด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 นาที
8. ให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาตามรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1 เป็นเวลา 5:30 นาที บันทึกผลความเร็วในการวิ่ง ความเมื่อยในการส่งบอล และวัดอัตราการเต้นของหัวใจ เมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติช่วงที่ 1 ทำการวัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดอัตรา

การหายใจ ปริมาตรหายใจในเวลา 1 นาที และปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง และเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดทันที

9. ทำการฟื้นตัวของร่างกายภายหลังการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1 ตามวิธีดังต่อไปนี้ จากการสุ่มเลือกลำดับวิธีการฟื้นตัวด้วยการจับฉลาก (random order)

วิธีที่ 1 นั่งพักบนเก้าอี้เป็นเวลา 2 นาที ตามด้วยการให้ออกซิเจน 100% ผ่านหน้ากากออกซิเจนชนิดมีถุงสำรองออกซิเจน ร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานเป็นเวลา 3:30 นาที

วิธีที่ 2 นั่งพักบนเก้าอี้เป็นเวลา 2 นาที ตามด้วยการให้ออกซิเจน 100% ขณะนั่งพักผ่านหน้ากากออกซิเจนชนิดมีถุงสำรองออกซิเจนเป็นเวลา 3:30 นาที

วิธีที่ 3 นั่งพักบนเก้าอี้เป็นเวลา 2 นาที ตามด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานเป็นเวลา 3:30 นาที

วิธีที่ 4 นั่งพักบนเก้าอี้เป็นเวลา 5:30 นาที

ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด อัตราการหายใจ ปริมาตรหายใจใน 1 นาที และปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง และเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดทันทีภายหลังการฟื้นตัว

10. ให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาตามรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 2 เป็นเวลา 5:30 นาที บันทึกผลค่าความเร็วในการวิ่ง ความแม่นยำในการส่งบอล และวัดอัตราการเต้นของหัวใจ เมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติช่วงที่ 2 ทำการวัดความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด อัตราการหายใจ ปริมาตรหายใจใน 1 นาที และปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง

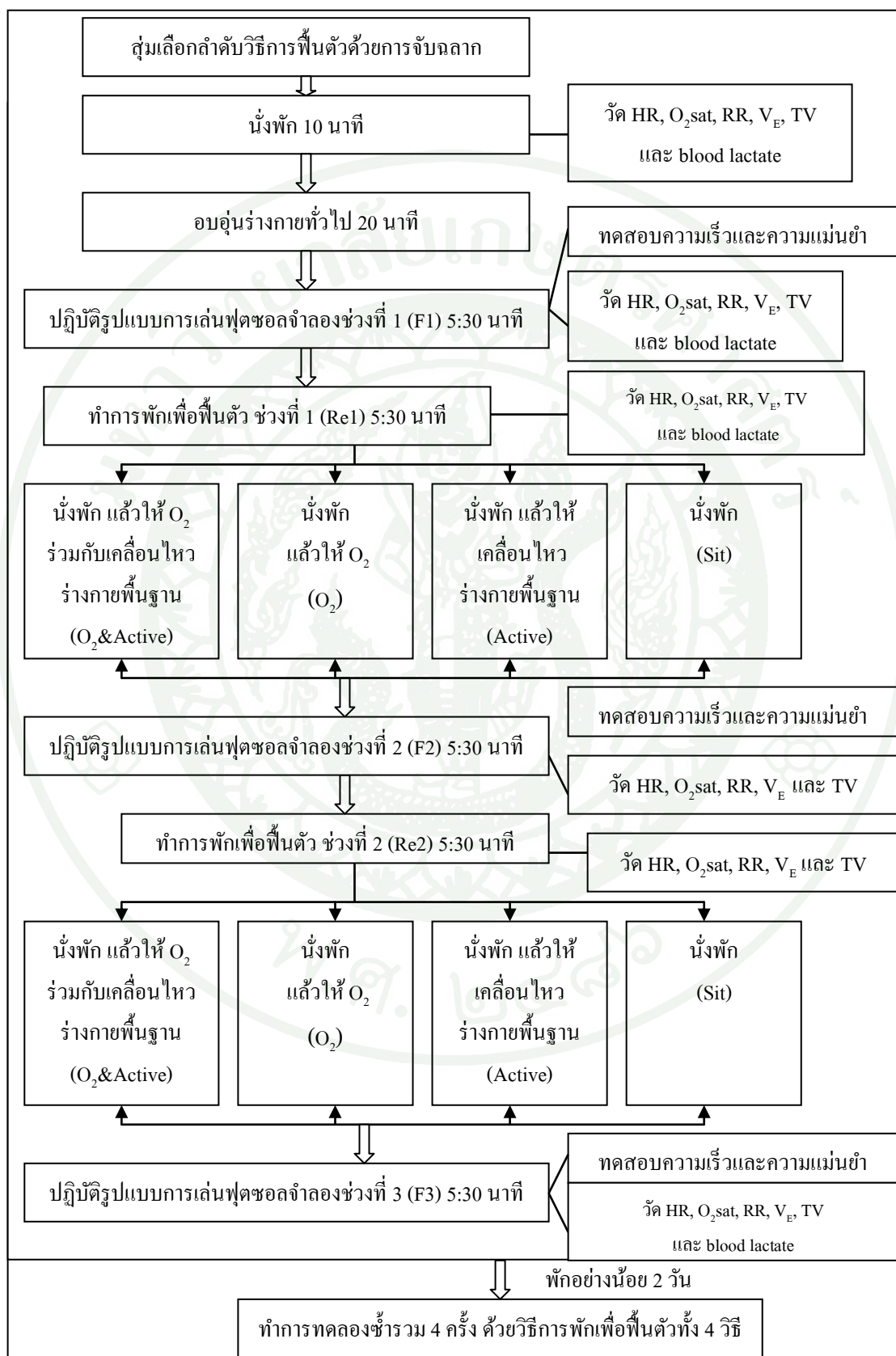
11. ทำการฟื้นตัวของร่างกายภายหลังการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 2 ตามวิธีการฟื้นตัวเดิมที่สุ่มเลือกไว้ ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด อัตราการหายใจ ปริมาตรหายใจใน 1 นาที และปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง ทันทีภายหลังการฟื้นตัว

12. ให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาตามรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 3 เป็นเวลา 5:30 นาที บันทึกผลค่าความเร็วในการวิ่ง ความแม่นยำในการส่งบอล และวัดอัตราการเต้นของหัวใจ เมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติช่วงที่ 3 ทำการวัดความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด อัตราการหายใจ ปริมาตรหายใจใน 1 นาที และปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง และเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนำไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดทันที

13. กลุ่มตัวอย่างต้องทำการทดสอบการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี (crossover) โดยให้พักและงดการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาหนักทุกรูปแบบ เป็นเวลาอย่างน้อย 2 วัน ระหว่างการทดสอบแต่ละวิธี



ขั้นตอนการทดลอง



การใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

1. คำนวณหาค่าเฉลี่ย (mean) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ของอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด อัตราการหายใจ ปริมาตรหายใจ ใน 1 นาที ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง และระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ขณะพัก หลังปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง และหลังการฟื้นตัว จากวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี

2. คำนวณหาค่าเฉลี่ย (mean) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ของเวลาในการวิ่งและความแม่นยำในการส่งบอลระหว่างการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง

3. วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (one-way analysis of variance with repeated measures) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด อัตราการหายใจ ปริมาตรหายใจใน 1 นาที ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง และระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี ในขณะที่พัก หลังปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง และหลังได้รับการฟื้นตัวแต่ละช่วง ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเวลาในการวิ่ง และความแม่นยำในการส่งบอลขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง ช่วงที่ 1, 2 และ 3 ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หากพบว่ามีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของ Tukey

6. ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สถานที่และระยะเวลาในการทำวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้สถานที่ในการทำวิจัย ณ โรงยิมเนเซียม อาคารสำนักกีฬามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน โดยใช้ระยะเวลาของการวิจัย ตั้งแต่เดือน มกราคม ถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2554

ผลและวิจารณ์

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอล เพศชาย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ประจำปีการศึกษา 2553 มีอายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 12 คน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะทางกายภาพ	$\bar{x} \pm S.E.$
อายุ (ปี)	20.58 $\pm$ 0.36
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	67.33 $\pm$ 2.35
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	170.50 $\pm$ 1.20
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	23.23 $\pm$ 0.97

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด และความสามารถของนักกีฬาฟุตบอล ซึ่งได้แก่ เวลาเฉลี่ยในการวิ่ง 5.1 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุด และความแม่นยำในการส่งบอลระหว่างการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1, 2 และ 3 (F1, F2 และ F3) (ปฏิบัติช่วงละ 5:30 นาที แสดงในภาคผนวก ง) โดยใช้วิธีการฟื้นตัว 4 วิธี ในช่วงเวลาพักจากการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1 (Re1) และช่วงที่ 2 (Re2) เป็นระยะเวลา 5:30 นาที ได้แก่ 1) การให้ออกซิเจน 100% ผ่านหน้ากากออกซิเจนชนิดมีถุงสำรองออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน (O_2 & Active) 2) การให้ออกซิเจน 100% ผ่านหน้ากากออกซิเจนชนิดมีถุงสำรองออกซิเจน (O_2) 3) การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน (Active) และ 4) การนั่งพัก (Sit) ทั้งนี้ ผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคน จะได้รับการทดลองด้วยรูปแบบการฟื้นตัววิธีต่างๆ ครบทั้ง 4 วิธี นอกจากนี้ยังได้เก็บข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ ปริมาตรหายใจใน 1 นาที และปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบด้วย

ความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (oxygen saturation: O₂sat)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว แบบวัดซ้ำของค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี

รายการของกิจกรรม ในการวัด	ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด (ร้อยละ)				p
	O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit	
	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	
ขณะพัก	98.42±0.26	98.42±0.19	98.08±0.15	98.42±0.15	0.613
หลัง F1	94.83±0.73	95.25±0.58	95.92±0.47	95.33±0.70	0.659
หลัง Re1	98.33±0.19	98.73±0.19	97.42±0.31	97.58±0.26	0.001*
หลัง F2	95.50±0.54	94.75±0.59	96.08±0.60	95.67±0.61	0.446
หลัง Re2	98.58±0.15	98.67±0.19	97.42±0.34	98.00±0.21	0.001*
หลัง F3	96.08±0.69	96.08±0.43	96.92±0.42	95.92±0.50	0.517

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 (Re1)

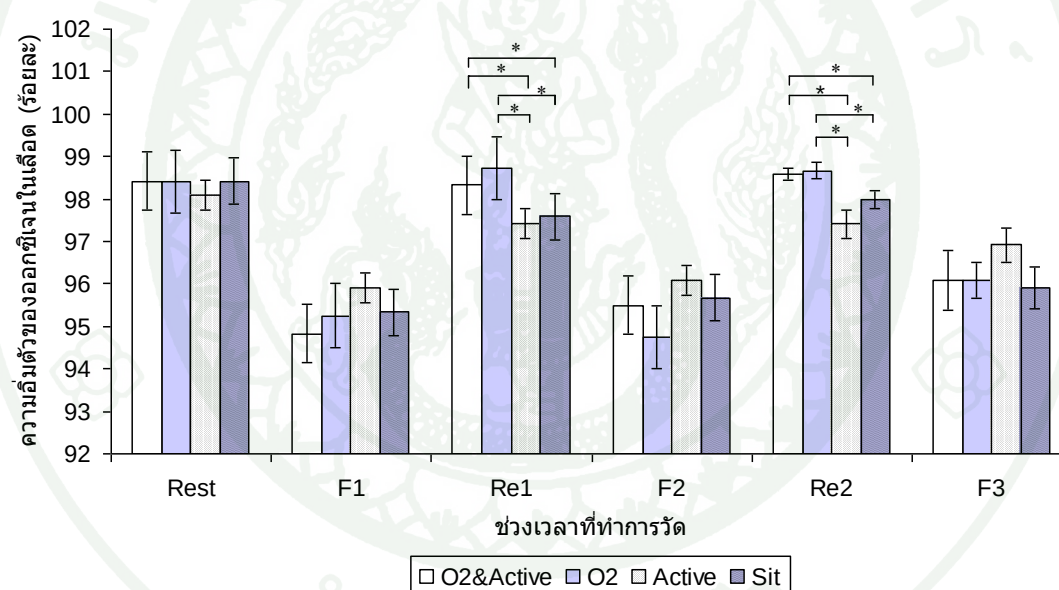
รูปแบบการฟื้นตัว	O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit
$\bar{x}$	98.33	98.73	97.42	97.58
O ₂ &Active	98.33	-	-0.40	0.91*
O ₂	98.73	-	-	1.31*
Active	97.42	-	-	-0.16
Sit	97.58	-	-	-

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการฟื้นตัวช่วงที่ 2 (Re2)

รูปแบบการฟื้นตัว		O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit
	$\bar{x}$	98.58	98.67	97.42	98.00
O ₂ &Active	98.58	-	-0.09	1.16*	0.58*
O ₂	98.67	-	-	1.25*	0.67*
Active	97.42	-	-	-	-0.58
Sit	98.00	-	-	-	-

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างวิธีการฟื้นตัว ($p < 0.05$)

ภาพที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ จากวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี

จากตารางที่ 2 และภาพที่ 1 พบว่า ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดภายหลังการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1, 2 และ 3 (F1, F2 และ F3) มีค่าต่ำลงจากขณะพักและภายหลังการฟื้นตัวทั้ง 2 ช่วง ในทุกวิธีการฟื้นตัว เนื่องจากในขณะออกกำลังกาย เนื้อเยื่อหรือเซลล์ที่กำลังทำงานมีความต้องการใช้ออกซิเจนมากขึ้นเพื่อนำไปสันดาปพลังงาน จึงเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในร่างกายมากขึ้น และเลือดมีค่า pH ต่ำลง หรือมีความเป็นกรดมากขึ้น จึงทำให้ฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงปล่อยออกซิเจนออกให้เนื้อเยื่อที่กำลังทำงานมากขึ้น เป็นผลให้ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดต่ำลง หรือทำให้ HbO_2 dissociation curve เลื่อนไปทางขวามากขึ้นนั่นเอง (บัวรอง, 2545; Sherwood, 1991) โดยค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดภายหลังการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1, 2 และ 3 ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ภายหลังการฟื้นตัวด้วยวิธีการต่างๆ ทั้ง 2 ช่วง (Re1 และ Re2) พบว่า ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดสูงขึ้น และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างวิธีการฟื้นตัว โดยวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนมีค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดสูงที่สุด รองลงมาคือการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การนั่งพัก และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ตามลำดับ จากตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ในช่วงภายหลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ตามลำดับ พบว่า ภายหลังการฟื้นตัวทั้ง 2 ช่วง ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดภายหลังการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน แตกต่างจากการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่การฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ไม่แตกต่างจากการให้ออกซิเจน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการฟื้นตัวด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ไม่แตกต่างจากการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าการให้สูดออกซิเจนความเข้มข้นสูงขณะฟื้นตัวจากการออกกำลังกาย สามารถเพิ่มค่าความดันย่อยของออกซิเจน (PO_2) ทำให้ฮีโมโกลบินจับกับออกซิเจนได้มากขึ้น มีผลให้ค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดสูงขึ้น ซึ่งออกซิเจนในช่วงการฟื้นตัวนี้สำคัญต่อการนำไปใช้เพื่อชดเชยหนี้ออกซิเจน ใช้ในการกำจัดกรดแลคติกส่วนเกิน ใช้ในการสร้างเอทีพีและครีเอทีนฟอสเฟตขึ้นมาใหม่ และเพื่อทดแทนออกซิเจนที่มาจากไมโทคอนเดรีย (พงษ์จันทร์, 2551)

กรดแลคติกในเลือด (blood lactate)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบ
วัดซ้ำของระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่าง
วิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี

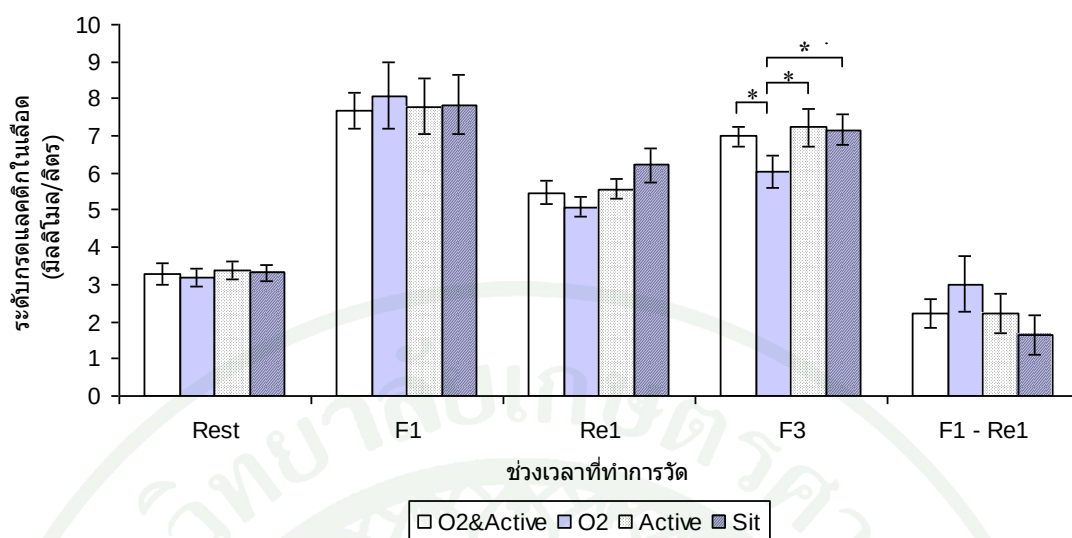
รายการของกิจกรรม ในการเจาะเลือด	ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติก (มิลลิโมล/ลิตร)				p
	O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit	
	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	
ขณะพัก	3.30 $\pm$ 0.30	3.18 $\pm$ 0.25	3.38 $\pm$ 0.25	3.33 $\pm$ 0.21	0.952
หลัง F1	7.70 $\pm$ 0.49	8.08 $\pm$ 0.91	7.80 $\pm$ 0.73	7.85 $\pm$ 0.79	0.985
หลัง Re1	5.47 $\pm$ 0.32	5.08 $\pm$ 0.26	5.58 $\pm$ 0.27	6.21 $\pm$ 0.48	0.081
Δ Blood lactate F1, Re1	2.23 $\pm$ 0.40	3.01 $\pm$ 0.74	2.22 $\pm$ 0.53	1.64 $\pm$ 0.55	0.444
หลัง F3	6.99 $\pm$ 0.27	6.04 $\pm$ 0.42	7.23 $\pm$ 0.50	7.17 $\pm$ 0.51	0.043*

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด
ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 3 (F3)

รูปแบบการฟื้นตัว	O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit
$\bar{x}$	6.99	6.04	7.23	7.17
O ₂ &Active	6.99	-	0.95*	-0.18
O ₂	6.04	-	-1.19*	-1.13*
Active	7.23	-	-	0.06
Sit	7.17	-	-	-

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างวิธีการฟื้นตัว ($p < 0.05$)

ภาพที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ จากวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี

จากตารางที่ 5 และภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดขณะพักระหว่างวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพัก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ภายหลังจากการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาด้วยการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1 พบว่าระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่มีค่าสูงขึ้นจากขณะพัก เนื่องจากรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อที่มีทั้งระบบการใช้ออกซิเจน (aerobic system) และไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic system) เมื่อร่างกายสร้างพลังงานจากระบบที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะทำให้เกิดของเสีย คือ กรดแลคติกสะสมอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อและเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง หรือมีอาการปวดเมื่อยของกล้ามเนื้อเกิดขึ้น (Lamp 1984; McArdle *et al.*, 2007) สอดคล้องกับ ชูศักดิ์และกันยา (2536) ที่กล่าวว่า ภายหลังจากการออกกำลังกายอย่างหนักนั้น จะมีกรดแลคติกกักอยู่ในกล้ามเนื้อและในเลือด จึงทำให้มีอาการเมื่อยล้า การฟื้นตัวย่อมต้องการการเคลื่อนย้ายกรด แลคติกออกไปก่อน

เมื่อพิจารณาผลต่างของระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดภายหลังจากปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1 กับภายหลังจากฟื้นตัวช่วงที่ 1 (Δ Blood lactate F1, Re1)

ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดภายหลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 มีค่าลดลงในทุกวิธีการฟื้นตัว โดยวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนมีผลต่างของระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดมากที่สุด แสดงให้เห็นว่า ออกซิเจนมีบทบาทต่อการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกในขณะฟื้นตัวหลังการออกกำลังกาย ซึ่งกรดแลคติกสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้เมื่อมีออกซิเจน โดยเปลี่ยนไปเป็นกรดพลัยรูวิกก่อนแล้วจึงเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) เมื่อทำการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนความเข้มข้นสูง จึงทำให้เลือดขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่ทำงานได้มากขึ้น เกิดการออกซิไดซ์กรดแลคติกได้เร็วขึ้น เมื่อทำการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวพื้นฐาน และการเคลื่อนไหวพื้นฐาน พบว่า ผลต่างของระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดมากเป็นอันดับที่ 2 และอันดับที่ 3 ตามลำดับ และการฟื้นตัวโดยการนั่งพักมีผลต่างของระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดน้อยที่สุด เนื่องจากการใช้กรดแลคติกเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในระบบแอโรบิกนั้น อวัยวะสำคัญในการออกซิไดซ์กรดแลคติก คือ กล้ามเนื้อลาย จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่อธิบายว่าการให้มีการออกกำลังกายเบาๆ ในระยะของการฟื้นตัวจะสามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้ดีกว่าการนั่งพัก โดยการออกกำลังกายที่ความหนัก 40-49% ของการจับออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) ระบบหายใจและไหลเวียนเลือดสามารถนำออกซิเจนไปส่งยังกล้ามเนื้อได้อย่างเพียงพอกับความต้องการ กรดแลคติกจึงถูกสร้างขึ้นน้อยมาก (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536)

เมื่อพิจารณาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ภายหลังการปฏิบัติรูปแบบ การเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 3 หลังจากผ่านการฟื้นตัวทั้ง 2 ช่วงแล้ว พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดของวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนมีค่าน้อยที่สุด รองลงมา คือ การให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การนั่งพัก และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ตามลำดับ พงษ์จันทร์ (2551) กล่าวว่า ออกซิเจนในช่วงการฟื้นตัวนี้สำคัญต่อการนำไปใช้เพื่อชดเชยหนี้ออกซิเจน ใช้ในการกำจัดกรดแลคติกส่วนเกิน ใช้ในการสร้างเอทีพีและครีเอทีนฟอสเฟตขึ้นมาใหม่ และเพื่อทดแทนออกซิเจนที่มาจากไมโอโกลบิน Haseler *et al.* (1999) พบว่าการให้ออกซิเจนความเข้มข้นสูงสามารถเพิ่มอัตราการสร้างฟอสโฟครีเอทีน (phosphocreatine) ขึ้นมาใหม่ภายหลังการออกกำลังกาย เนื่องจากความดันย่อยของออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2) สูงขึ้น เพราะค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดเข้าใกล้ค่าสูงสุด ส่งผลให้มีออกซิเจนภายในเซลล์กล้ามเนื้อมากขึ้น จึงไปกระตุ้นกระบวนการ oxidative metabolism มากขึ้น แสดงให้เห็นว่า การให้ออกซิเจนในการฟื้นตัวทำให้มีการสำรองพลังงานของร่างกายเพื่อเตรียมพร้อมต่อการปฏิบัติงานครั้งใหม่ได้ดีขึ้น ส่วนการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว (active recovery) เชื่อว่าสามารถป้องกันไม่ให้กล้ามเนื้อเป็นตะคริวและ

ยึดติดได้ อีกทั้งยังเป็นการกระตุ้นการฟื้นตัวโดยรวม และส่งเสริมให้เกิดการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก โดยการเพิ่มการกระจายของเลือด ทำให้มีการใช้กรดแลคติกโดยตับและหัวใจ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มการไหลเวียนเลือดไปยังกล้ามเนื้อมากขึ้นจึงสามารถเพิ่มการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้เร็วขึ้น เนื่องจากกล้ามเนื้อสามารถออกซิไดซ์กรดแลคติกได้มากขึ้น (McArdle *et al.*, 2007) และจากตารางที่ 6 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ พบว่า ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดภายหลังการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน แตกต่างจากการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ภายหลังการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพัก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาตรและอัตราการหายใจ

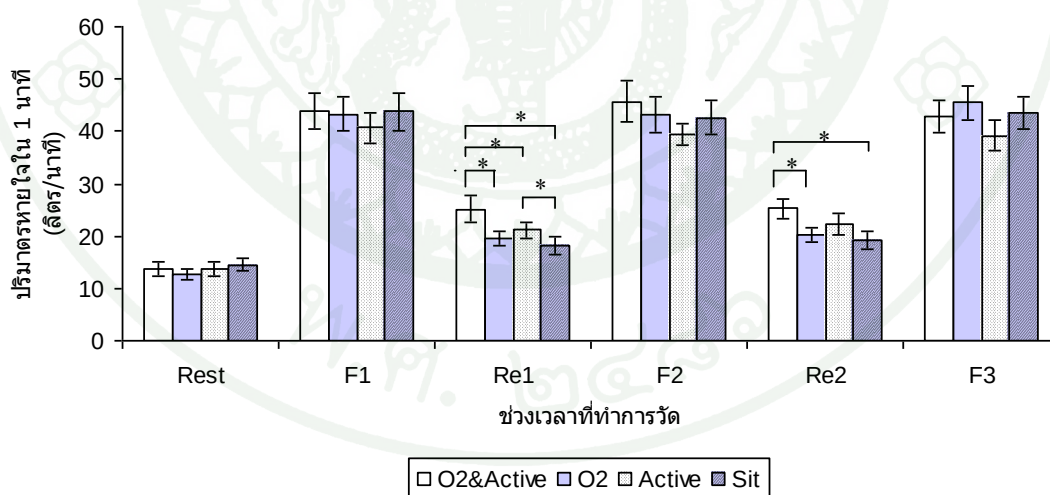
ในการทดลองนี้ได้ให้อาสาสมัครทำการออกกำลังกายด้วยการปฏิบัติรูปแบบการเล่น ฟุตซอลจำลอง 3 ช่วง และทำการพักเพื่อการฟื้นตัวระหว่างปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตซอลจำลองแต่ละช่วง โดยทำการวัดค่าปริมาตรหายใจใน 1 นาที (respiratory minute volume: V_E) ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง (tidal volume: TV) และอัตราการหายใจ (respiratory rate) ด้วยเครื่องวัดปริมาตรการหายใจ (spirometer) ภายหลังจากเสร็จสิ้นการปฏิบัติและการพักแต่ละช่วงของการทดลองได้ผลการทดลองดังนี้

ปริมาตรหายใจใน 1 นาที (respiratory minute volume: V_E)

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบ
วัดซ้ำของปริมาตรหายใจใน 1 นาที ที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง
4 วิธี

รายการของ กิจกรรมในการวัด	ปริมาตรหายใจใน 1 นาที (ลิตร/นาที)				p
	$O_2\&Active$	O_2	Active	Sit	
	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	
ขณะพัก	13.68 ± 1.35	12.71 ± 0.99	13.80 ± 1.45	14.44 ± 1.23	0.675
หลัง F1	43.85 ± 3.48	43.22 ± 3.26	40.65 ± 3.02	43.79 ± 3.58	0.780
หลัง Re1	25.14 ± 2.53	19.48 ± 1.36	21.18 ± 1.55	18.03 ± 1.71	0.000*
หลัง F2	45.68 ± 3.99	43.34 ± 3.40	39.39 ± 2.08	42.65 ± 3.13	0.527
หลัง Re2	25.27 ± 1.94	20.35 ± 1.36	22.28 ± 2.18	19.11 ± 1.66	0.009*
หลัง F3	42.91 ± 3.11	45.46 ± 3.20	39.14 ± 2.90	43.53 ± 3.20	0.465

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างวิธีการฟื้นตัว ($p < 0.05$)

ภาพที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาตรหายใจใน 1 นาที ที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ จากวิธีการฟื้นตัว
ทั้ง 4 วิธี

จากตารางที่ 7 และภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ปริมาตรหายใจใน 1 นาที ระหว่างวิธีการฟื้นตัว ด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพัก ในขณะที่พัก และภายหลังการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง ช่วงที่ 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนปริมาตรหายใจใน 1 นาที ภายหลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานมีปริมาตรหายใจใน 1 นาที ภายหลังการฟื้นตัวทั้ง 2 ช่วง มากที่สุด รองลงมาคือ การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน และการนั่งพัก ตามลำดับ

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของปริมาตรหายใจใน 1 นาที ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 (Re1)

รูปแบบการฟื้นตัว		O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit
	$\bar{x}$	25.14	19.48	21.18	18.03
O ₂ &Active	25.14	-	5.66*	3.96*	7.11*
O ₂	19.48	-	-	-1.70	1.45
Active	21.18	-	-	-	3.15*
Sit	18.03	-	-	-	-

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 8 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ในช่วงภายหลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 พบว่า ปริมาตรหายใจในเวลา 1 นาที ภายหลังการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน แตกต่างจากการให้ออกซิเจน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน ไม่แตกต่างจากการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานและการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และการฟื้นตัวด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน แตกต่างจากการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของปริมาตรหายใจใน 1 นาที ระหว่างวิธีการ
ฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการฟื้นตัวช่วงที่ 2 (Re2)

รูปแบบการฟื้นตัว		O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit
	$\bar{x}$	25.27	20.35	22.28	19.11
O ₂ &Active	25.27	-	4.66*	2.99	6.16*
O ₂	20.35	-	-	-1.93	1.24
Active	22.28	-	-	-	3.19
Sit	19.11	-	-	-	-

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

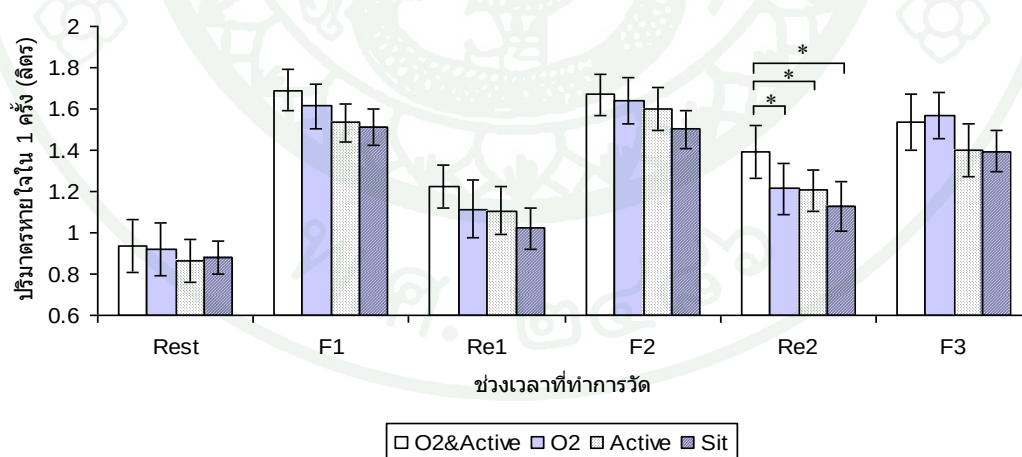
จากตารางที่ 9 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ในช่วงภายหลังการฟื้นตัวช่วงที่ 2 พบว่า ปริมาตรหายใจใน 1 นาที ภายหลังการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน แตกต่างจากการให้ออกซิเจนและการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ไม่แตกต่างจากการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน ไม่แตกต่างจากการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานและการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และการฟื้นตัวด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ไม่แตกต่างจากการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง (Tidal volume: TV)

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบ
วัดซ้ำของปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง ที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง
4 วิธี

รายการของ กิจกรรมในการวัด	ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง (ลิตร)				p
	O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit	
	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	
ขณะพัก	0.94 ± 0.13	0.92 ± 0.13	0.86 ± 0.11	0.88 ± 0.08	0.817
หลัง F1	1.69 ± 0.10	1.61 ± 0.11	1.53 ± 0.09	1.52 ± 0.09	0.064
หลัง Re1	1.22 ± 0.11	1.12 ± 0.14	1.11 ± 0.12	1.02 ± 0.10	0.328
หลัง F2	1.67 ± 0.10	1.64 ± 0.11	1.60 ± 0.10	1.50 ± 0.09	0.384
หลัง Re2	1.39 ± 0.13	1.21 ± 0.12	1.20 ± 0.10	1.13 ± 0.12	0.003*
หลัง F3	1.53 ± 0.14	1.57 ± 0.11	1.40 ± 0.13	1.39 ± 0.10	0.061

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างวิธีการฟื้นตัว ($p < 0.05$)

ภาพที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง ที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ จากวิธีการฟื้นตัว
ทั้ง 4 วิธี

จากตารางที่ 10 และภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง ระหว่างวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพัก ในขณะที่พัก ภายหลังจากปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1, 2 และ 3 และภายหลังจากฟื้นตัวช่วงที่ 1 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง ภายหลังจากฟื้นตัวช่วงที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานมีปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง ภายหลังจากฟื้นตัวมากที่สุด รองลงมาคือ การให้ออกซิเจน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพัก

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการฟื้นตัวช่วงที่ 2 (Re2)

รูปแบบการฟื้นตัว		O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit
	$\bar{x}$	1.39	1.21	1.20	1.13
O ₂ &Active	1.39	-	0.18*	0.19*	0.26*
O ₂	1.21	-	-	0.01	0.08
Active	1.20	-	-	-	0.07
Sit	1.13	-	-	-	-

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

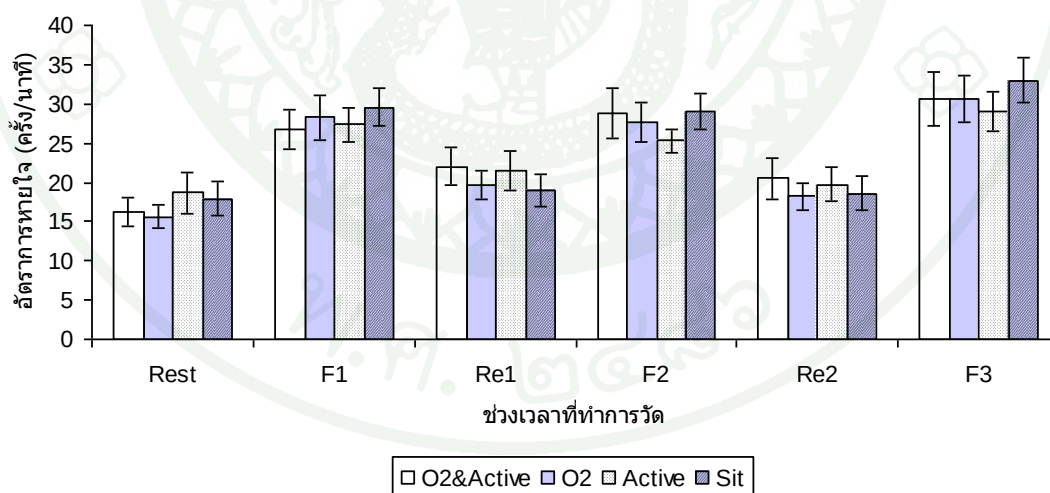
จากตารางที่ 11 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ในช่วงภายหลังจากฟื้นตัวครั้งที่ 2 พบว่า ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง ภายหลังจากฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน แตกต่างจากการให้ออกซิเจน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน ไม่แตกต่างจากการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานและการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และการฟื้นตัวด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ไม่แตกต่างจากการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อัตราการหายใจ (respiratory rate: RR)

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบ วัดซ้ำของอัตราการหายใจที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี

รายการของ กิจกรรมในการวัด	อัตราการหายใจ (ครั้ง/นาที)				p
	O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit	
	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	
ขณะพัก	16.23 $\pm$ 1.93	15.57 $\pm$ 1.46	18.72 $\pm$ 2.65	17.94 $\pm$ 2.16	0.225
หลัง F1	26.76 $\pm$ 2.48	28.24 $\pm$ 2.90	27.35 $\pm$ 2.14	29.60 $\pm$ 2.32	0.571
หลัง Re1	22.04 $\pm$ 2.49	19.61 $\pm$ 1.81	21.47 $\pm$ 2.53	18.98 $\pm$ 2.08	0.053
หลัง F2	28.75 $\pm$ 3.24	27.59 $\pm$ 2.51	25.28 $\pm$ 1.46	29.10 $\pm$ 2.31	0.340
หลัง Re2	20.52 $\pm$ 2.58	18.20 $\pm$ 1.66	19.72 $\pm$ 2.14	18.60 $\pm$ 2.20	0.470
หลัง F3	30.58 $\pm$ 3.44	30.63 $\pm$ 2.90	28.99 $\pm$ 2.45	32.99 $\pm$ 2.88	0.480

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



ภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการหายใจที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ จากวิธีการฟื้นตัว ทั้ง 4 วิธี

จากตารางที่ 12 และภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่า อัตราการหายใจระหว่างวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพัก ในขณะพัก ภายหลังการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1, 2 และ 3 และภายหลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 7-12 และภาพที่ 3-5 แสดงให้เห็นว่างานของระบบหายใจระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธีเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อมีการออกกำลังกายด้วยการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองทั้ง 3 ช่วง ทั้งปริมาตรหายใจใน 1 นาที (respiratory minute volume: V_E) ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง (tidal volume: TV) และอัตราการหายใจ (respiratory rate: RR) จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และทุกค่าจะลดลงในขณะพักเพื่อการฟื้นตัวทั้ง 2 ช่วง โดยปริมาตรหายใจใน 1 นาที เป็นผลคูณของปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง กับอัตราการหายใจ ในขณะที่ร่างกายทำงานมากขึ้น ความต้องการออกซิเจนจะมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น ทั้งอัตราและความลึกของการหายใจจะเพิ่มมากขึ้น (บัวรอง, 2545; Levitzky, 1995) ในขณะออกกำลังกายอัตราการหายใจจะมีค่าสูงขึ้นจากขณะพัก เนื่องจากร่างกายมีความต้องการใช้ออกซิเจนมากขึ้น และต้องขับคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลผลิตเสียออกไปทิ้งภายนอก โดยมีอัตราการหายใจอย่างหนัก ระดับออกซิเจนในเลือด (PO_2) จะลดลง ทำให้ chemoreceptor ซึ่งเป็นตัวรับรู้การเปลี่ยนแปลงของระดับสารเคมีดังกล่าว ส่งสัญญาณประสาทออกไปยังศูนย์หายใจในสมองส่วนเมดัลลา เพื่อปรับอัตราและความลึกของการหายใจให้เกิดขึ้น (hyperventilation) (บัวรอง, 2545) ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) กล่าวว่า ขณะออกกำลังกาย รีเซปเตอร์ที่ปอดและทางเดินหายใจ metaboreceptors และ mechanoreceptors ของกล้ามเนื้อที่ออกกำลังกาย รวมทั้ง peripheral chemoreceptors ที่รับการเปลี่ยนแปลงของ CO_2 ที่มากขึ้นและ O_2 ที่ลดลง และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิร่างกายที่เพิ่มขึ้น ก็ช่วยกระตุ้นการหายใจทั้งทาง peripheral receptors และ central receptors ด้วย เมื่อออกกำลังกายอย่างหนักหรือปานกลาง pulmonary ventilation ที่เพิ่มขึ้นจะได้สัดส่วนกับ CO_2 ที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ดี เมื่อออกกำลังกายหนักมากจะทำให้ H^+ เป็นตัวกระตุ้นที่เพิ่มขึ้นไปอีก จึงช่วยขับ CO_2 ออกไปมากขึ้น ทำให้ alveolar P_{CO_2} ลดต่ำลง ภายหลังออกกำลังกายพบว่าความต้องการออกซิเจนของร่างกายยังคงสูงอยู่ ทั้งนี้เพื่อนำออกซิเจนเข้าไปชดเชยหนี้ออกซิเจน (oxygen debt) เพื่อใช้ในการกำจัดกรดแลคติกส่วนเกิน ใช้ในการสร้างเอทีพีและครีเอทีนฟอสเฟตขึ้นมาใหม่และเพื่อทดแทนออกซิเจนที่มาจากไมโทคอนเดรีย (พงษ์จันทร์, 2551) หากร่างกายมีปริมาตรหายใจใน 1 นาทีมาก ก็จะมีการนำออกซิเจนไปใช้เพื่อการฟื้นตัว ภายหลังการออกกำลังกายได้ดีขึ้น

เมื่อพิจารณาอัตราการหายใจภายหลังการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี พบว่า ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้น ความแตกต่างของปริมาตรหายใจใน 1 นาที จึงเกิดจากปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง ของแต่ละวิธีการฟื้นตัวมีค่าต่างกัน โดยวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกาย พื้นฐานมีปริมาตรหายใจใน 1 นาที มากกว่าวิธีการฟื้นตัวอื่นๆ เนื่องจาก วิธีการฟื้นตัวนี้ร่างกายยังมีการเคลื่อนไหวเคลื่อนไหวเคลื่อนที่อยู่ ระบบหายใจจึงยังต้องทำงานมากกว่าขณะนั่งพัก เพื่อนำออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่ทำงานอยู่ และรูปแบบการเคลื่อนไหวยังช่วยให้มีการขยายปริมาตรทรวงอกมากขึ้น เมื่อร่วมกับการให้ออกซิเจน จึงทำให้ปริมาตรอากาศที่เข้าสู่ปอดใน 1 ครั้ง มีค่าสูงสุด ซึ่งจะทำให้ร่างกายนำออกซิเจนไปใช้ในการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายได้ดีขึ้น

อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate: HR)

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบ วัดซ้ำของอัตราการเต้นของหัวใจที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี

รายการของ กิจกรรมในการวัด	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)				p
	O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit	
	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	$\bar{x} \pm S.E.$	
ขณะพัก	74.00 $\pm$ 1.89	69.67 $\pm$ 2.66	68.92 $\pm$ 2.48	69.17 $\pm$ 2.63	0.183
หลัง F1	180.92 $\pm$ 2.39	181.92 $\pm$ 2.87	176.75 $\pm$ 4.98	180.00 $\pm$ 4.23	0.361
หลัง Re1	130.58 $\pm$ 3.02	99.08 $\pm$ 3.07	135.75 $\pm$ 3.53	104.83 $\pm$ 3.16	0.000*
หลัง F2	182.92 $\pm$ 2.50	183.25 $\pm$ 3.52	179.50 $\pm$ 3.84	180.92 $\pm$ 3.90	0.574
หลัง Re2	135.92 $\pm$ 1.94	107.25 $\pm$ 3.20	136.67 $\pm$ 2.42	111.92 $\pm$ 4.45	0.000*
หลัง F3	183.67 $\pm$ 2.39	185.42 $\pm$ 2.93	181.17 $\pm$ 3.41	186.25 $\pm$ 3.72	0.416

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธีการ
ฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 (Re1)

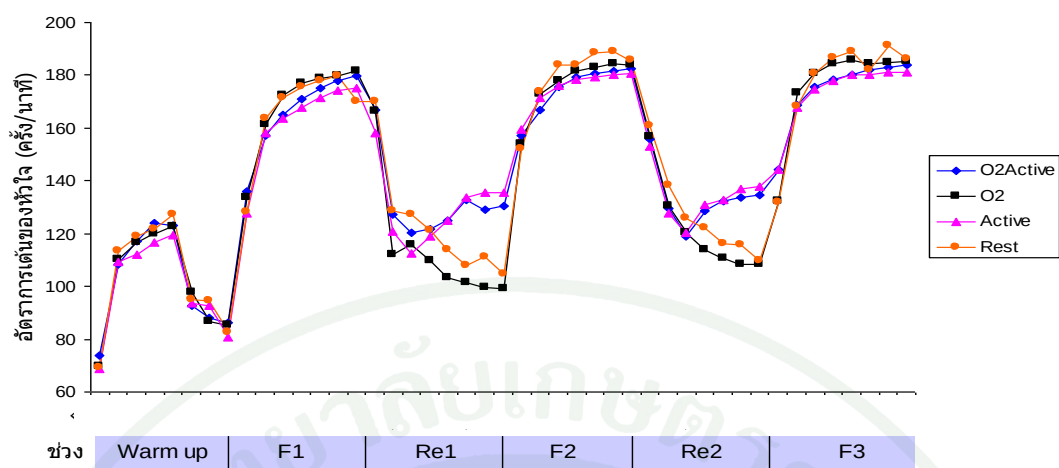
รูปแบบการฟื้นตัว		O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit
	$\bar{x}$	130.58	99.08	135.75	104.83
O ₂ &Active	130.58	-	31.50*	-5.17	25.75*
O ₂	99.08	-	-	-36.67*	-5.75
Active	135.75	-	-	-	30.92*
Sit	104.83	-	-	-	-

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

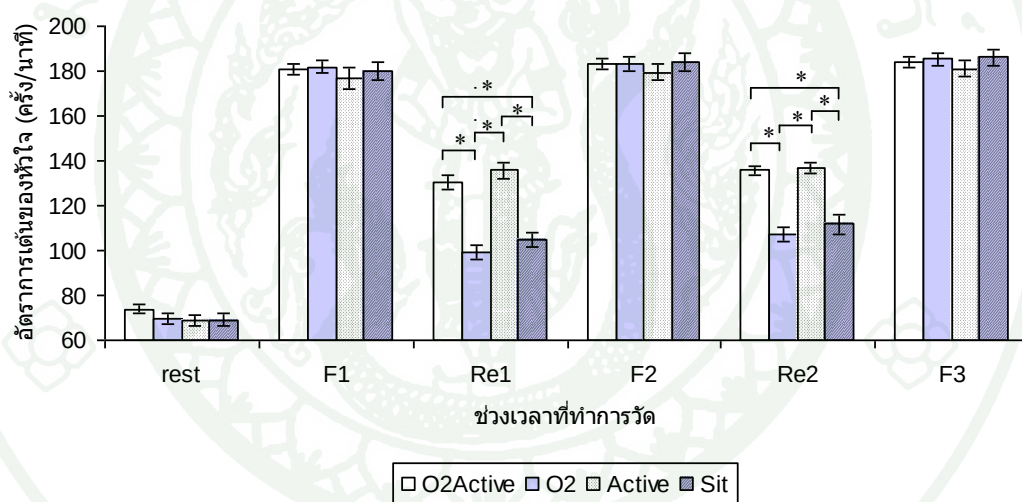
ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของอัตราการเต้นของหัวใจ ระหว่างวิธีการ
ฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี หลังการฟื้นตัวช่วงที่ 2 (Re2)

รูปแบบการฟื้นตัว		O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit
	$\bar{x}$	135.92	107.25	136.67	111.92
O ₂ &Active	135.92	-	28.67*	-0.75	24.00*
O ₂	107.25	-	-	-29.42*	-4.67
Active	136.67	-	-	-	24.75*
Sit	111.92	-	-	-	-

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



ภาพที่ 6 แสดงอัตราการเต้นของหัวใจที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ



* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างวิธีการปั่นตัว ($p < 0.05$)

ภาพที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจที่วัดในช่วงเวลาต่างๆ จากวิธีการปั่นตัวทั้ง 4 วิธี

จากตารางที่ 13 และภาพที่ 6 และภาพที่ 7 แสดงให้เห็นว่า อัตราการเต้นของหัวใจระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธีเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อมีการออกกำลังกายด้วยการปฏิบัติการเล่นรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองทั้ง 3 ครั้ง อัตราการเต้นของหัวใจจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และจะลดลงในขณะพักเพื่อการฟื้นตัวทั้ง 2 ช่วง โดยอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพัก ในขณะพัก และภายหลังการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1, 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนอัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจของวิธีการฟื้นตัวด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การนั่งพัก และการให้ออกซิเจน ตามลำดับ จากตารางที่ 14 และตารางที่ 15 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ในช่วงภายหลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน แตกต่างจากการให้ออกซิเจน และการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่การให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ไม่แตกต่างจากการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน ไม่แตกต่างจากการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากผลการทดลอง พบว่า ในขณะออกกำลังกาย อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มสูงขึ้นจากขณะพัก Vander *et al.* (1990) กล่าวว่า ขณะออกกำลังกายความต้องการออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับความหนักของงาน สาเหตุนี้เองความถี่ของการหายใจจะค่อยๆ เพิ่มมากขึ้น ขณะเดียวกันหัวใจก็ต้องบีบตัวเพิ่มมากขึ้นเพื่อสูบฉีดโลหิตไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) กล่าวว่า เมื่อมีการเตรียมหรือเริ่มออกกำลังกาย จะมีการส่งพลังประสาทลงมายัง motor unit เพื่อทำให้กล้ามเนื้อหดตัว และส่งมายัง cardiovascular area พร้อมกันไป เป็นผลให้มีการส่งพลังประสาทลงไปตามประสาท sympathetic เพื่อไปยังหัวใจ และมีการปล่อย norepinephrine จากปลายประสาทไปยัง SA node ของหัวใจ ในขณะเดียวกันก็จะลดการทำงานของประสาท parasympathetic ให้ออกซิเจนลดลงเล็กน้อยลง จึงทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น นอกจากนั้น norepinephrine ยังมีผลเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ ทำให้ stroke volume และ cardiac output เพิ่มขึ้น เมื่อทำการพักเพื่อการฟื้นตัว พบว่า อัตราการเต้นของหัวใจมีค่าลดลงโดยวิธีการฟื้นตัวด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าการนั่งพัก และการให้ออกซิเจน เนื่องจากขณะทำ

การเคลื่อนไหวร่างกายอยู่นั้นร่างกายจะต้องการออกซิเจนมากกว่าการนั่งพัก จึงทำให้ระบบหายใจและไหลเวียนเลือดซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงสารอาหารและออกซิเจนยังต้องทำงานมากอยู่ แต่เมื่อพิจารณาอัตราการเต้นของหัวใจเมื่อกลับลงไปออกกำลังกายภายหลังการฟื้นตัวทั้ง 2 ช่วง พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากงานวิจัยของ ชัชพล (2553) ซึ่งได้กำหนดความหนักของงานในการฟื้นตัวที่ให้ปฏิบัติในการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานที่ $50 \pm 5\%$ ของอัตราการเต้นหัวใจสำรองในวิธีการนั่งพักร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจในช่วงพักฟื้นมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการนั่งพักร่วมกับการให้ความเย็น และการนั่งพักร่วมกับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ แต่พบว่าไม่ได้เป็นภาระให้กับร่างกายในการกลับมาทำงานอีกครั้ง ในทางกลับกันกลับเป็นการช่วยฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็ว ช่วยขยายของเสียต่างๆ ทำให้การกลับลงมาปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 2 ได้ดีและอัตราการเต้นของหัวใจกลับมาอยู่ระดับเดียวกันกับการฟื้นตัวด้วยวิธีอื่นๆ สอดคล้องกับ กวิน (2550) ที่พบว่า การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ระดับความหนัก 50% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง มีอัตราการฟื้นตัวเร็วที่สุด

ความเร็วในการวิ่ง (running speed)

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ย และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของความเร็วในการวิ่งไปข้างหน้าระยะทาง 5.1 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุดขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองทั้ง 3 ช่วง ระหว่างวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี

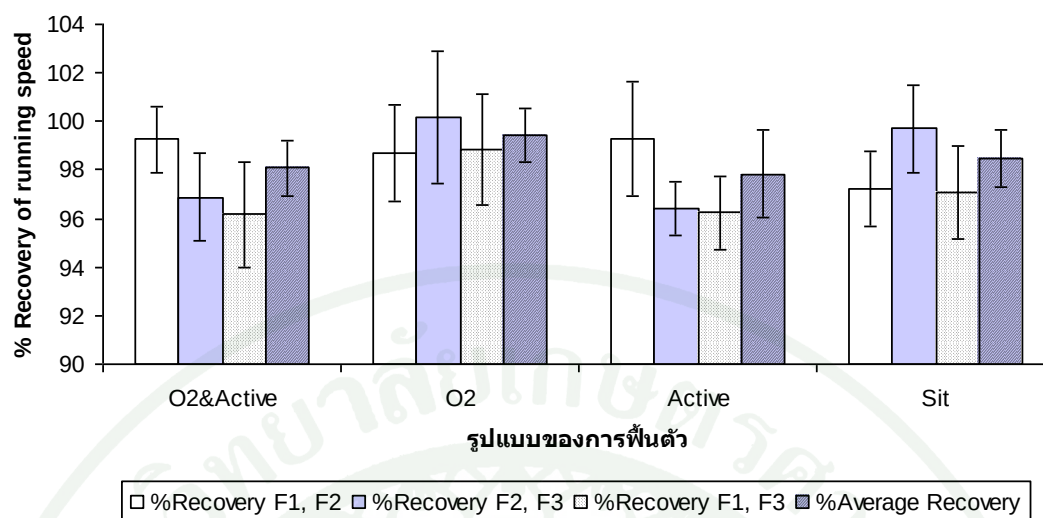
เวลาในการวิ่ง	รูปแบบการฟื้นตัว				p
	O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit	
Time F1 (sec.)	1.255	1.258	1.247	1.238	0.972
Time F2 (sec.)	1.265	1.272	1.258	1.268	0.995
Time F3 (sec.)	1.295	1.269	1.294	1.269	0.837
ΔTime F1, F2 (sec.)	+0.010	+0.014	+0.011	+0.030	
ΔTime F2, F3 (sec.)	+0.030	-0.003	+0.036	+0.001	
ΔTime F1, F3 (sec.)	+0.040	+0.011	+0.047	+0.031	
ΔTime F1, F2 (%)	+0.74	+1.29	+0.72	+2.77	0.860
ΔTime F2, F3 (%)	+3.11	-0.16	+3.59	+0.29	0.411
ΔTime F1, F3 (%)	+3.84	+1.13	+3.76	+2.95	0.755
Recovery F1, F2 (%)	99.26	98.71	99.28	97.23	
Recovery F2, F3 (%)	96.89	100.16	96.41	99.41	
Recovery F1, F3 (%)	96.16	98.87	96.24	97.05	
Average Recovery (%)	98.07	99.44	97.85	98.47	0.849

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

หมายเหตุ Δ Time (sec.) = Time F_j – Time F_i

Δ Time (%) = [(Time F_j – Time F_i) / Time F_i] x 100

Recovery (%) = 100 - Δ Time (%)



ภาพที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบค่าร้อยละของความสามารถในการฟื้นสภาพของความเร็วในการวิ่ง

จากตารางที่ 16 แสดงเวลาในการวิ่งในช่วงการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1, 2 และ 3 (Time F1, F2 และ F3 ตามลำดับ) ผลต่างของเวลาในการวิ่งระหว่างการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1 กับช่วงที่ 2, ช่วงที่ 2 กับช่วงที่ 3 และช่วงที่ 1 กับช่วงที่ 3 แสดงเป็น วินาที (Δ Time sec.) และร้อยละ (Δ Time %) ตามลำดับ ร้อยละของความสามารถในการฟื้นสภาพของเวลาในการวิ่ง (Recovery %) และค่าเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการฟื้นสภาพของความเร็วในการวิ่ง (Average recovery %) ภายหลังผู้ทดลองได้ปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง และทำการฟื้นตัวด้วยวิธีการต่างๆ ทั้ง 4 วิธี พบว่า การปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 2 และช่วงที่ 3 มีเวลาในการวิ่งเพิ่มขึ้นทั้ง 4 วิธี เมื่อเปรียบเทียบกับปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1 การที่เวลาในการวิ่งเพิ่มขึ้น เนื่องจาก รูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองเป็นการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา การทำงานของกล้ามเนื้อจึงมีทั้งระบบการใช้ออกซิเจน (aerobic system) และไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic system) เมื่อร่างกายสร้างพลังงานจากระบบที่ไม่ใช้ออกซิเจนจะทำให้เกิดของเสีย คือ กรดแลคติกสะสมอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อและเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง หรือมีอาการปวดเมื่อยของกล้ามเนื้อเกิดขึ้น (Lamp, 1984 and McArdle *et al.*, 2007) จึงทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของผลต่างเวลาในการวิ่งขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง ช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ($\Delta\text{time F1, F2}$) พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยเวลาในการวิ่งของวิธีการฟื้นตัวเพิ่มขึ้นทั้ง 4 วิธี ซึ่งวิธีการนั่งพักมีเวลาในการวิ่งเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ ร้อยละ 2.77 รองลงมาคือวิธีการให้ออกซิเจน การให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ซึ่งมีเวลาในการวิ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.29, 0.74 และ 0.72 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของผลต่างเวลาในการวิ่งขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 2 และช่วงที่ 3 ($\Delta\text{time F2, F3}$) พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยเวลาในการวิ่งของวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนลดลงร้อยละ 0.16 ส่วนวิธีการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานมีเวลาในการวิ่งเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ ร้อยละ 3.59 รองลงมาคือวิธีการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพัก ซึ่งมีเวลาในการวิ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.11 และ 0.29 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบเวลาในการวิ่งขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1 และช่วงที่ 3 พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยเวลาในการวิ่งของวิธีการฟื้นตัวเพิ่มขึ้นทั้ง 4 วิธี ซึ่งวิธีการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานมีเวลาในการวิ่งเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ ร้อยละ 3.84 รองลงมาคือวิธีการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การนั่งพัก และการให้ออกซิเจน ซึ่งมีเวลาในการวิ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.76, 2.95 และ 1.13 ตามลำดับ

จากตารางที่ 16 และภาพที่ 8 เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการฟื้นสภาพของความเร็วในการวิ่งภายหลังทำการฟื้นตัว พบว่า ในการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงที่ 1 (%Recovery F1, F2) พบว่า วิธีการฟื้นตัวด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีการฟื้นสภาพของความเร็วในการวิ่งมากที่สุด คือ 99.28% รองลงมาคือ วิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน และการนั่งพัก ตามลำดับ (99.26%, 98.71% และ 97.23% ตามลำดับ) McArdle *et al.* (2007) กล่าวว่า การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว (active recovery) เชื่อว่าสามารถป้องกันไม่ให้กล้ามเนื้อเป็นตะคริวและยืดตึงได้ อีกทั้งยังเป็นการกระตุ้นการฟื้นตัวโดยรวม และส่งเสริมให้เกิดการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกโดยการเพิ่มการกระจายของเลือด ทำให้มีการใช้กรดแลคติกโดยตับและหัวใจ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มการไหลเวียนเลือดไปยังกล้ามเนื้อมากขึ้น จึงสามารถเพิ่มการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้เร็วขึ้น เนื่องจากกล้ามเนื้อสามารถออกซิไดซ์กรดแลคติกได้มากขึ้น ดังนั้น การฟื้นตัวด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน จึงมีความสามารถในการฟื้นสภาพของความเร็วในการวิ่ง มากกว่าการให้ออกซิเจน และการนั่งพัก แต่เมื่อพิจารณาการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงที่ 2 (%Recovery F2, F3)

พบว่า วิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน มีการฟื้นสภาพของความเร็วในการวิ่งมากที่สุด คือ 100.16% รองลงมาคือ วิธีการฟื้นตัวด้วยการนั่งพัก การให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ตามลำดับ (99.41%, 96.89% และ 96.41% ตามลำดับ) ส่วนการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงที่ 1 (%Recovery F3, F1) พบว่าวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนมีการฟื้นสภาพของความเร็วในการวิ่งมากที่สุด คือ 98.87% รองลงมาคือ วิธีการฟื้นตัวด้วยการนั่งพัก การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ตามลำดับ (97.05%, 96.24% และ 96.16% ตามลำดับ) Haseler *et al.* (1999) พบว่า การให้ออกซิเจนความเข้มข้นสูงสามารถเพิ่มอัตราการสร้าง PCr ขึ้นมาใหม่ภายหลังการออกกำลังกาย เนื่องจากความดันย่อยของออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2) สูงขึ้นเพราะค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดเข้าใกล้ค่าสูงสุด ส่งผลให้มีออกซิเจนภายในเซลล์กล้ามเนื้อมากขึ้นจึงไปกระตุ้นกระบวนการออกซิเดทีฟเมตาบอลิซึมมากขึ้น ทำให้ลดระยะเวลาในการฟื้นตัวลง ส่วนการฟื้นตัวด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานที่มี การฟื้นสภาพของเวลาในการวิ่งน้อยกว่าการให้ออกซิเจนและการนั่งพักนั้น เนื่องจากกล้ามเนื้อต้องทำงานตลอดเวลาทั้งในขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองและในขณะพักเพื่อการฟื้นตัว จึงเกิดความล้าสะสมจากการที่กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้กล้ามเนื้อล้า นั่นคือแรงที่เกิดจากการหดตัวจะลดลง โดยความล้าเพิ่มมากขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณไกลโคเจนที่ลดลง ในขณะที่ออกกำลังกายอย่างหนัก แรงและความถี่ในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะจำกัดการไหลเวียนเลือด ทั้งการเพิ่มขึ้นของอัตราการสลายไกลโคเจน รวมทั้งการขาดเลือดและออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ ล้วนทำให้เกิดการสร้างกรดแลคติกเพิ่มขึ้น (Dodd *et al.*, 1993) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการฟื้นสภาพของความเร็วในการวิ่ง (%Average recovery) ของวิธีการให้ออกซิเจนมีค่ามากที่สุด คือ 99.44% รองลงมาคือ วิธีการฟื้นตัวด้วยการนั่งพัก การให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ตามลำดับ (98.47%, 98.07% และ 97.85% ตามลำดับ) แต่จากการทดสอบทางสถิติ พบว่าวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี มีผลต่อความสามารถในการฟื้นสภาพของเวลาในการวิ่ง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่เวลาในการวิ่งที่แตกต่างกันเพียงเสี้ยววินาที อาจมีผลต่อการเข้าถึงลูกบอลได้ต่างกัน และส่งผลต่อโอกาสในการกำหนดรูปแบบการเล่นได้

ความแม่นยำในการส่งบอล (ball-passing accuracy)

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำของความแม่นยำในการส่งบอลขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองทั้ง 3 ช่วง ระหว่างวิธีการฟันตัวทั้ง 4 วิธี

ความแม่นยำในการส่งบอล	รูปแบบการฟันตัว				p
	O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit	
accuracy F1 (%)	52.41	52.09	53.07	54.79	0.908
accuracy F2 (%)	52.02	56.92	51.99	57.25	0.204
accuracy F3 (%)	57.88	50.42	55.01	49.23	0.251
Δ accuracy F1, F2 (%)	-0.39	+4.83	-1.07	+2.46	0.604
Δ accuracy F2, F3 (%)	+5.86	-6.50	+3.06	-8.02	0.017*
Δ accuracy F1, F3 (%)	+5.47	-1.67	+1.99	-5.56	0.181
Recovery F1, F2 (%)	99.61	104.83	98.93	102.46	
Recovery F2, F3 (%)	105.86	93.50	103.06	91.98	
Recovery F1, F3 (%)	105.47	98.33	101.99	94.44	
Average Recovery (%)	102.74	99.17	100.99	97.22	0.432

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

หมายเหตุ $\text{accuracy (\%)} = (\text{จำนวนลูกที่ส่งแล้วเข้าสู่เป้าหมาย} / \text{จำนวนลูกที่ส่งทั้งหมด}) \times 100$

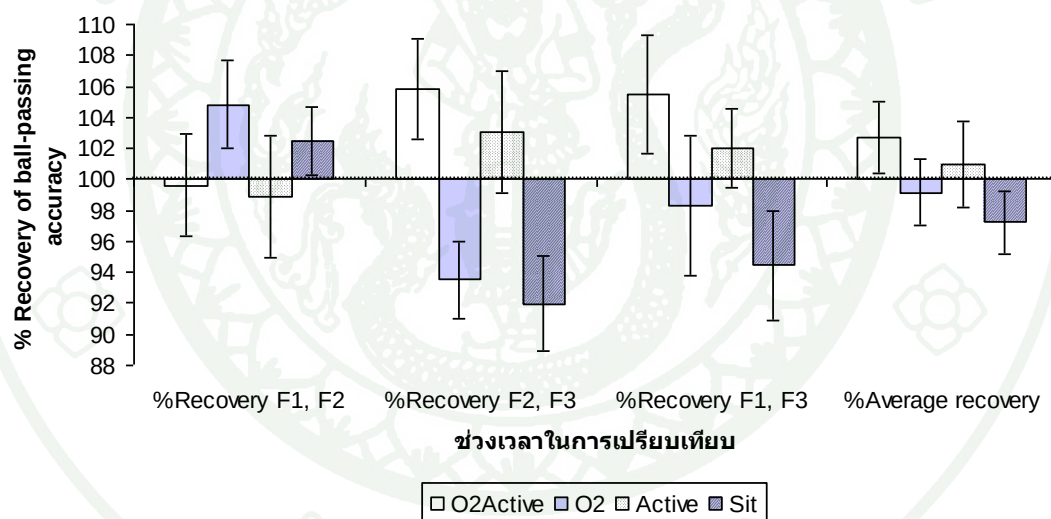
$\Delta \text{accuracy (\%)} = \text{accuracy Fj} - \text{accuracy Fi}$

$\text{Recovery (\%)} = 100 - \Delta \text{accuracy (\%)}$

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ของผลต่างของความแม่นยำในการส่งบอลขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 2 กับช่วงที่ 3 ระหว่างวิธีการฝึกตัวทั้ง 4 วิธี

รูปแบบการฝึกตัว		O ₂ &Active	O ₂	Active	Sit
	Δ accuracy (%)	+5.86	-6.50	+3.06	-8.02
O ₂ &Active	+5.86	-	12.36*	2.80	13.88*
O ₂	-6.50	-	-	-9.56*	1.52
Active	+3.06	-	-	-	11.08
Sit	-8.02	-	-	-	-

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



ภาพที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าร้อยละของความสามารถในการฟื้นฟูสภาพของความแม่นยำในการส่งบอล

จากตารางที่ 17 แสดงค่าร้อยละของความแม่นยำในการส่งบอลในช่วงการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1, 2 และ 3 (accuracy F1, F2 และ F3 ตามลำดับ) ความแตกต่างของร้อยละของความแม่นยำในการส่งบอลระหว่างการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1 กับช่วงที่ 2, ช่วงที่ 2 กับช่วงที่ 3 และช่วงที่ 1 กับช่วงที่ 3 (Δ accuracy) ร้อยละของความสามารถในการฟื้นฟูสภาพของความแม่นยำในการส่งบอล (%Recovery) และค่าเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการฟื้นฟูสภาพของความแม่นยำในการส่งบอล (%Average recovery) ภายหลังผู้ทดลองได้ปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1 และทำการฟื้นฟูด้วยวิธีการต่างๆ ทั้ง 4 วิธี แล้วกลับมาปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 2 พบว่า ความแม่นยำในการส่งบอลของวิธีการฟื้นฟูด้วยการให้ออกซิเจน และการนั่งพักเพิ่มขึ้น ส่วนวิธีการฟื้นฟูด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีค่าความแม่นยำลดลง และการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 3 ซึ่งปฏิบัติภายหลังจากทำการฟื้นฟูช่วงที่ 2 แล้วพบว่า ความแม่นยำของวิธีการฟื้นฟูด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานเพิ่มขึ้น ส่วนวิธีการฟื้นฟูด้วยการให้ออกซิเจนและการนั่งพัก มีค่าความแม่นยำลดลง โดยร้อยละของผลต่างความแม่นยำของทั้ง 4 วิธีนั้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการส่งบอลขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 (Δ accuracy F1, F2) พบว่า วิธีการฟื้นฟูด้วยการให้ออกซิเจน และการนั่งพักเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.83 และ 2.46 ตามลำดับ ส่วนการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ลดลงร้อยละ 0.39 และ 1.07 ตามลำดับ ซึ่งความแม่นยำเมื่อฟื้นฟูด้วยวิธีการทั้ง 4 วิธี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการส่งบอลขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 2 และช่วงที่ 3 (Δ accuracy F2, F3) พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยวิธีการฟื้นฟูด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ความแม่นยำเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.86 และ 3.06 ตามลำดับ ส่วนการให้ออกซิเจนและการนั่งพัก ความแม่นยำลดลงร้อยละ 6.50 และ 8.02 ตามลำดับ ซึ่งความแม่นยำเมื่อฟื้นฟูด้วยวิธีการทั้ง 4 วิธี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และจากตารางที่ 18 เมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ พบว่า ความแม่นยำของวิธีการฟื้นฟูด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน แตกต่างจากการให้ออกซิเจนและการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ไม่แตกต่างจากการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการให้ออกซิเจน แตกต่างจากการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ไม่แตกต่างจากการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ไม่แตกต่างจากการนั่งพัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการส่งบอลขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1 และ ช่วงที่ 3 (Δ accuracy F2, F3) พบว่า ความแม่นยำของวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.47 และ 1.99 ตามลำดับ ส่วนการให้ออกซิเจนและการนั่งพัก ความแม่นยำลดลงร้อยละ 1.67 และ 5.56 ตามลำดับ ซึ่งความแม่นยำเมื่อฟื้นตัวด้วยวิธีการทั้ง 4 วิธี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 17 และภาพที่ 9 เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการฟื้นสภาพของความแม่นยำในการส่งบอลภายหลังทำการฟื้นตัว (%Recovery) พบว่า ในการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงที่ 1 (%Recovery F1, F2) พบว่า วิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน มีการฟื้นสภาพของความแม่นยำมากที่สุด คือ 104.83% รองลงมาคือ การนั่งพัก การให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ตาม ลำดับ (102.46%, 99.61% และ 98.93% ตามลำดับ) ส่วนการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงที่ 2 (%Recovery F2, F3) พบว่า วิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีการฟื้นสภาพของความแม่นยำมากที่สุด คือ 105.86 รองลงมาคือ การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน และการนั่งพัก ตามลำดับ (103.06%, 93.50% และ 91.98% ตามลำดับ) และการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงที่ 1 (%Recovery F1, F3) พบว่า วิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีการฟื้นสภาพของความแม่นยำมากที่สุด คือ 105.47% รองลงมาคือ การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน และการนั่งพัก ตามลำดับ (101.99%, 98.33% และ 94.44% ตามลำดับ) และโดยเฉลี่ย พบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการฟื้นสภาพของเวลาในการวิ่ง (%Average Recovery) ของวิธีการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีค่ามากที่สุด คือ 102.74% รองลงมาคือ วิธีการฟื้นตัวด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน และการนั่งพัก ตามลำดับ (100.99%, 99.17% และ 97.22% ตามลำดับ) แต่จากการทดสอบทางสถิติพบว่า ความสามารถในการฟื้นสภาพของความแม่นยำในการส่งบอลของวิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี แม้จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หากความแม่นยำต่างกันเพียงเล็กน้อยอาจส่งผลต่อการจ่ายบอล ครองบอล หรือการทำประตู และอาจทำให้แพ้หรือชนะในเกมการแข่งขันได้

การส่งบอลเข้าสู่เป้าหมายอย่างแม่นยำนั้น ต้องอาศัยการควบคุมกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ให้ทำงานประสานกัน หากกล้ามเนื้อเมื่อยล้าจากสาเหตุต่างๆ รวมถึงการมีภาระสะสมของกรดแลคติก

แรงและความถี่ในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะลดลง การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน นอกจากจะช่วยกำจัดกรดแลคติกออกจากกล้ามเนื้อแล้ว รูปแบบการเคลื่อนไหวที่ใช้ในการฟื้นตัวยังคล้ายกับการเคลื่อนไหวที่ใช้ในการเล่นฟุตบอล จึงเป็นการเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้ออีกทางหนึ่ง และมีผลในการออกซิไดซ์กรดแลคติกได้มากขึ้น McArdle *et al.* (2007) กล่าวว่า การฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหว (active recovery) เชื่อว่าสามารถป้องกันไม่ให้เกิดกล้ามเนื้อเป็นตะคริวและยึดติดได้อีกทั้งยังเป็นการกระตุ้นการฟื้นตัวโดยรวม และส่งเสริมให้เกิดการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกโดยการเพิ่มการกระจายของเลือด ทำให้มีการใช้กรดแลคติกโดยตับและหัวใจ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มการไหลเวียนเลือดไปยังกล้ามเนื้อมากขึ้นจึงสามารถเพิ่มการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้เร็วขึ้น เนื่องจากกล้ามเนื้อสามารถออกซิไดซ์กรดแลคติกได้มากขึ้น และเมื่อพิจารณางานวิจัยของ Ma (2006) ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบรูปแบบการพักด้วยการสูดออกซิเจน 70% และการสูดอากาศในห้อง ต่อความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด และอัตราการเต้นของหัวใจระหว่างพักของเกมการแข่งขันบาสเกตบอล การศึกษาในครั้งนั้นสรุปได้ว่า การพักแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่วมกับการสูดออกซิเจนความเข้มข้นสูง สามารถลดความเข้มข้นของกรดแลคติกได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยในครั้งนีที่ให้ออกซิเจน 100% ผ่านหน้ากากออกซิเจนชนิดมีถุงสำรองออกซิเจน แล้วทำให้ได้รับออกซิเจนที่มีความเข้มข้นประมาณ 80% (FiO_2 0.80) ทำให้การพักเพื่อการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนขณะนั่งพัก และการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกลดลงมากกว่าการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานเพียงอย่างเดียว และการนั่งพักเฉยๆ แม้จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม โดยทั่วไปแล้ว ภายหลังจากออกกำลังกายอย่างหนักจะใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 1 ชั่วโมง ในการเคลื่อนย้ายกรดแลคติก และความเข้มข้นของกรดแลคติกจะลดลง 50% ภายใน 25 นาที ของระยะฟื้นตัวโดยการพัก แต่ถ้าหากให้ออกกำลังกายเบาๆ อัตราการเคลื่อนย้ายกรดแลคติกจะสูงกว่าการฟื้นตัวโดยการนั่งพัก (Dodd *et al.*, 1984 and Gupta, 1996)

จากผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า วิธีการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี คือ การฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพัก มีบทบาทต่อเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด รวมไปถึงปริมาตรและอัตราการหายใจ และอัตราการเต้นของหัวใจแตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการแสดงออกทางความสามารถของนักกีฬาฟุตบอลไม่มากนักน้อย โดยพบว่า การฟื้นตัวด้วยวิธีการให้ออกซิเจนขณะนั่งพัก และการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดมากกว่าการนั่งพักเพียงอย่างเดียวและการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ซึ่งคาดว่าจะส่งผลให้การเคลื่อนย้ายกรดแลคติกด้วยวิธีการให้ออกซิเจน

ขณะนั่งพัก และวิธีการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวพื้นฐานทำได้ดีกว่าการนั่งพักเพียงอย่างเดียวและการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานเพียงอย่างเดียว ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้พบว่า การฟื้นตัวด้วยวิธีการให้ออกซิเจนขณะนั่งพัก มีระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกต่ำกว่าการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การนั่งพัก รวมถึงการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การที่วิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานมีระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกสูงกว่าการให้ออกซิเจนขณะนั่งพัก เนื่องจากร่างกายมีการเคลื่อนไหวต่อเนื่องทั้งขณะออกกำลังกายและในระหว่างพักเพื่อฟื้นตัว กล้ามเนื้อจึงต้องสลายพลังงานอยู่ตลอดเวลา ก่อให้เกิดการสะสมกรดแลคติกขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Haseler *et al.* (1999) ที่พบว่า การให้ออกซิเจนความเข้มข้นสูงสามารถเพิ่มอัตราการสร้างฟอสโฟครีเอทีน (phosphocreatine) ขึ้นมาใหม่ภายหลังการออกกำลังกาย ทำให้มีการสำรองพลังงานของร่างกายเพื่อเตรียมพร้อมต่อการปฏิบัติงานครั้งใหม่ได้ดีขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงปริมาตรหายใจใน 1 นาที พบว่า การฟื้นตัวด้วยวิธีการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวพื้นฐาน มีค่ามากกว่าการให้ออกซิเจนขณะนั่งพัก การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพักเพียงอย่างเดียว โดยที่อัตราการหายใจของการฟื้นตัวทั้ง 4 วิธี ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้น ความแตกต่างของปริมาตรหายใจใน 1 นาที จึงเกิดจากปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง ของแต่ละวิธีการฟื้นตัวมีค่าต่างกัน โดยพบว่า ปริมาตรการหายใจใน 1 ครั้ง ของวิธีการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวพื้นฐาน มีค่ามากกว่าการให้ออกซิเจนขณะนั่งพัก การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพักเพียงอย่างเดียว เนื่องจาก ขณะทำการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ร่างกายยังคงมีการเคลื่อนไหวอยู่ จึงทำให้ pulmonary ventilation ยังคงสูงอยู่ เพราะมีการกระตุ้นรีเซปเตอร์ที่ปอดและทางเดินหายใจ metaboreceptors และ mechanoreceptors ของกล้ามเนื้อที่ออกกำลังกาย รวมทั้ง peripheral chemoreceptors ที่รับการเปลี่ยนแปลงของ CO_2 ที่มากขึ้นและ O_2 ที่ลดลงด้วย (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) สำหรับอัตราการเต้นของหัวใจ พบว่า วิธีการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีค่ามากกว่าการให้ออกซิเจนขณะนั่งพัก และการนั่งพักเพียงอย่างเดียว เนื่องมาจากวิธีการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวพื้นฐานและการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานนั้น ร่างกายยังคงมีการเคลื่อนไหวอยู่ หัวใจจึงยังต้องทำงานมากกว่าการนั่งพัก Vander *et al.* (1990) กล่าวว่า ขณะออกกำลังกายความต้องการออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับความหนักของงาน สาเหตุนี้เองความถี่ของการหายใจจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันหัวใจก็ต้องบีบตัวเพิ่มมากขึ้นเพื่อสูบฉีดโลหิตไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย และมีข้อสังเกตถึงแนวโน้มว่า วิธีการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวพื้นฐานมีอัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่าการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการให้ออกซิเจนขณะนั่งพักมี

อัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่าการนั่งพักเพียงอย่างเดียว ชูศักดิ์ และ กันยา (2536) กล่าวว่า เมื่อหายใจด้วยออกซิเจนที่มีความเข้มข้นสูง จะเพิ่มออกซิเจนไปได้อีก 1 มล./เลือด 100 มล. จากการจับกับฮีโมโกลบิน และออกซิเจนจะละลายในพลาสมาเพิ่มจากปกติจาก 0.3 มล. เป็น 0.7 มล./เลือด 100 มล. ดังนั้นการนำออกซิเจนไปในเลือดจะเพิ่มขึ้นทั้งหมดประมาณ 1.4 มล./เลือด 100 มล. จึงเป็นไปได้ว่าการให้สูดออกซิเจน 100% ขณะพักเพื่อการฟื้นตัวจึงน่าจะช่วยลดงานของหัวใจในการบีบตัวสูบน้ำเลือดเพื่อนำออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่ทำงานได้

ผลการทดลองจากการวัดค่าต่างๆ พบว่าการให้ออกซิเจนมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกายได้ โดยเมื่อให้อาสาสมัครสูดออกซิเจน 100% ผ่านหน้ากากออกซิเจนชนิดมิถุนำร่องออกซิเจน จะได้ความเข้มข้นของออกซิเจน (FiO_2) สูงถึง 0.80 โดยประมาณ ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ สุวรรณิ (2540) ทำให้ฮีโมโกลบินจับกับออกซิเจนได้มากขึ้น ความดันย่อยของออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2) สูงขึ้นเพราะค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดเข้าใกล้ค่าสูงสุด สูงกว่าวิธีการฟื้นตัวที่ไม่ได้รับออกซิเจน ส่งผลให้มีการขนส่งออกซิเจนเข้าภายในเซลล์กล้ามเนื้อได้มากขึ้น จึงไปกระตุ้นกระบวนการ oxidative metabolism มากขึ้น (Haseler *et al.*, 1999) ทำให้เกิดการใช้กรดแลคติกเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในระบบแอโรบิกเพิ่มขึ้น ซึ่งอวัยวะสำคัญในการออกซิไดส์กรดแลคติก คือ กล้ามเนื้อลาย นอกจากนั้นการให้มีการออกกำลังกายเบาๆ ในระยะของการฟื้นตัวจะสามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้ดีกว่า โดยการออกกำลังกายที่ความหนัก 40-49% ของการจับออกซิเจนสูงสุด ($\text{VO}_{2\text{max}}$) ระบบหายใจและไหลเวียนเลือดสามารถนำออกซิเจนไปส่งยังกล้ามเนื้อได้อย่างเพียงพอกับความต้องการ กรดแลคติกจึงถูกสร้างขึ้นน้อยมาก (ชูศักดิ์ และ กันยา, 2536) ดังนั้น เมื่อทำการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานเพียงอย่างเดียว หรือแม้แต่การให้ออกซิเจนขณะนั่งพัก ร่างกายจะสามารถเคลื่อนย้ายกรดแลคติกได้เร็วขึ้นเมื่อเทียบกับการนั่งพักเฉยๆ อีกทั้งการให้สูดออกซิเจนยังช่วยลดงานของระบบหายใจและไหลเวียนเลือด ในการสูบน้ำเลือดเพื่อลำเลียงสารอาหารและออกซิเจนไปให้ร่างกายเพื่อใช้ในการฟื้นตัวภายหลังการออกกำลังกาย โดยพบว่า ในวิธีที่ทำการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนทั้ง 2 วิธี จะมีค่าปริมาตรหายใจใน 1 นาที และปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง มีแนวโน้มสูงกว่า และอัตราการเต้นของหัวใจมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ให้ออกซิเจน

เมื่อพิจารณาถึงความสามารถของนักกีฬาฟุตบอลในการกลับมาปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองอีกครั้งภายหลังทำการฟื้นตัวด้วยวิธีต่างๆ ทั้ง 4 วิธี พบว่า ความเร็วในการวิ่งและความแม่นยำในการส่งบอลมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางกลับกัน โดยค่าเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการฟื้นสภาพของความเร็วในการวิ่งของการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนและการ

นั่งพัก มีค่ามากกว่าการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน โดยการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน มีค่าเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการฟื้นสภาพของความเร็วในการวิ่ง มากกว่าการนั่งพักเฉยๆ และการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีค่าเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการฟื้นสภาพของความเร็วในการวิ่ง มากกว่าการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานเพียงอย่างเดียว ในทางกลับกันค่าเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการฟื้นสภาพของความแม่นยำในการส่งบอล พบว่า การฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีค่ามากกว่าการให้ออกซิเจนและการนั่งพัก โดยการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีค่าเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการฟื้นสภาพของความแม่นยำในการส่งบอล มากกว่าการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานเพียงอย่างเดียว และการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนมีค่าเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการฟื้นสภาพของความแม่นยำในการส่งบอลมากกว่าการนั่งพักเฉยๆ การที่วิธีการฟื้นตัวที่มีการให้ออกซิเจนมีความสามารถในการฟื้นสภาพของความแม่นยำในการส่งบอล มากกว่าวิธีการฟื้นตัวที่ไม่มีการให้ออกซิเจน อาจเนื่องมาจากออกซิเจนไปช่วยเพิ่มกระบวนการออกซิไดซ์กรดแลคติกเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานได้มากขึ้น ซึ่งกรดแลคติกเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง หรือมีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ (Lamp, 1984 and McArdle *et al.*, 2007) จึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง อีกทั้งออกซิเจนยังอาจช่วยเพิ่มการสร้างเอทีพีและครีเอทีนฟอสเฟตขึ้นมาใหม่ (พงษ์จันทร์, 2551) ทำให้มีการสะสมพลังงานในกล้ามเนื้อมากขึ้น จึงส่งผลให้กล้ามเนื้อฟื้นสภาพการทำงานได้ดีกว่า แต่พบว่าร้อยละของความสามารถในการฟื้นสภาพของความเร็วในการวิ่งและความแม่นยำในการส่งบอลแปรผกผันกัน อาจเนื่องมาจาก เมื่อนักกีฬาวิ่งเข้าหาลูกบอลด้วยความเร็วสูงกว่าจะทำให้การควบคุมทิศทางในการส่งบอลทำได้ยากกว่า ส่วนการที่การฟื้นตัวด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีการฟื้นสภาพของความเร็วในการวิ่งน้อยกว่าการให้ออกซิเจน และการนั่งพักนั้น อาจเนื่องมาจากกล้ามเนื้อต้องทำงานตลอดเวลาทั้งในขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองและในขณะพักเพื่อการฟื้นตัว จึงเกิดความล้าสะสมได้ แต่ยังคงมีความแม่นยำในการส่งบอลอยู่อาจเนื่องมาจากการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานเป็นการกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหดตัวคลายตัว และเป็นการเตรียมความพร้อมไม่ให้กล้ามเนื้อติดขัด

โดยสรุปงานวิจัยนี้มีแนวโน้มแสดงให้เห็นว่า การพักเพื่อฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ในช่วงระยะเวลาการพักสั้นๆ สามารถส่งผลให้สมรรถภาพในด้านต่างๆ ดีกว่าการนั่งพักเพียงอย่างเดียว โดยมีแนวโน้มว่าการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน และการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการ

เคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีผลต่อค่าความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด ปริมาตรหายใจใน 1 นาที ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง อัตราการเต้นของหัวใจ ความสามารถในการฟื้นฟูสภาพของความเร็วในการวิ่ง และความสามารถในการฟื้นฟูสภาพของความเมื่อยในการส่งบอล ในทิศทางที่ส่งผลดีกว่าการไม่ได้รับออกซิเจน ดังนั้น ผู้ฝึกสอนจึงสามารถนำวิธีการพักเพื่อการฟื้นตัวทั้ง 3 วิธีนี้ ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับรูปแบบการเล่นของทีมของตน และเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของทีมได้



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาผลของการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนและการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวต่อความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด และความสามารถของนักกีฬาฟุตบอล โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอล เพศชาย มีอายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 12 คน โดยในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดลองวิธีการฟื้นตัวคนละ 4 วิธี ได้แก่ 1) การให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน 2) การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน 3) การให้ออกซิเจน และ 4) การนั่งพัก ในการทดลองแต่ละวิธีประกอบด้วย การนั่งพักอย่างน้อย 10 นาที จากนั้นทำการอบอุ่นร่างกายทั่วไป 20 นาที ประกอบด้วยการวิ่งรอบสนาม 10 นาที และการยืดเหยียดกล้ามเนื้อตามรูปแบบที่กำหนด 10 นาที แล้วจึงปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1 ตามด้วยการฟื้นตัวหนึ่งวิธี แล้วจึงปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 2 ตามด้วยการฟื้นตัวด้วยวิธีเดิม และตามด้วยการปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 3 ทำการวัดค่าความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด ปริมาตรหายใจใน 1 นาที ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง อัตราการหายใจ และอัตราการเต้นของหัวใจ และทำการบันทึกเวลาในการวิ่งและความเมื่อยในการส่งบอลขณะปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองด้วย ทำการทดลองจนครบทั้ง 4 วิธี โดยพักเป็นเวลาอย่างน้อย 2 วัน ระหว่างการทดลองแต่ละวิธี ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ความอึดตัวของออกซิเจนในเลือดภายหลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ระหว่างวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน และการนั่งพัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยวิธีการฟื้นตัวที่ได้รับออกซิเจน ค่าความอึดตัวของออกซิเจนในเลือดสูงกว่าวิธีการฟื้นตัวที่ไม่ได้รับออกซิเจน

2. ระดับกรดแลคติกในเลือดภายหลังปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 3 ระหว่างวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน และการนั่งพัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน มีค่าระดับกรดแลคติกในเลือดต่ำกว่าวิธีการฟื้นตัวอื่น

3. ปริมาตรหายใจใน 1 นาที ภายหลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ระหว่างวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน และการนั่งพัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยวิธีการฟื้นตัวที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีปริมาตรหายใจใน 1 นาที สูงกว่าวิธีการฟื้นตัวที่ไม่มีการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีปริมาตรหายใจใน 1 นาที สูงกว่าการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานเฉยๆ

4. ปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง ภายหลังการฟื้นตัวช่วงที่ 2 ระหว่างวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน และการนั่งพัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีปริมาตรหายใจใน 1 ครั้ง มากกว่าวิธีอื่น

5. อัตราการหายใจภายหลังปฏิบัติรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลองช่วงที่ 1, 2 และ 3 และ ภายหลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ระหว่างวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน และการนั่งพัก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

6. อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการฟื้นตัวช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 ระหว่างวิธีการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน และการนั่งพัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยวิธีการฟื้นตัวที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน มีอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าวิธีการฟื้นตัวที่ไม่มีการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน

7. ความเร็วในการวิ่ง ค่าเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการฟื้นสภาพของเวลาในการวิ่ง ภายหลังการฟื้นตัวด้วยการให้ออกซิเจน มีค่ามากที่สุด คือ 99.44% รองลงมาคือ การฟื้นตัวด้วยการนั่งพัก การให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน ตามลำดับ (98.47%, 98.07% และ 97.85% ตามลำดับ)

8. ความแม่นยำในการส่งบอล ค่าเฉลี่ยร้อยละของความสามารถในการฟื้นฟูสภาพของ ความแม่นยำในการส่งบอล ภายหลังการฟื้นฟูตัวด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกาย พื้นฐาน มีค่ามากที่สุด คือ 102.74% รองลงมาคือ การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน และการนั่งพัก ตามลำดับ (100.99%, 99.17% และ 97.22% ตามลำดับ)

จากผลงานวิจัยครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีการฟื้นฟูตัวแก่นักกีฬา ในช่วงพักจากเกมการแข่งขันได้ และผู้ฝึกสอนยังสามารถนำไปปรับประยุกต์ใช้ให้เข้ากับรูปแบบ การเล่นของแต่ละทีมทั้งในการฝึกซ้อมและการแข่งขัน เพื่อที่จะทำให้นักกีฬาฟื้นฟูสมรรถภาพได้ รวดเร็วขึ้น ทำให้นักกีฬาสามารถแสดงศักยภาพในการเล่นได้อย่างเต็มที่

ข้อเสนอแนะ

1. ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งจะทำให้ค่าที่ได้มา มีความชัดเจนและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น
2. ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรศึกษารูปแบบของการฟื้นฟูตัวของกีฬาชนิดอื่นๆ ที่มีรูปแบบ การแข่งขัน และระยะเวลาในการพักที่แตกต่างกันไป
3. ควรมีการศึกษผลของการฟื้นฟูตัว ภายหลังการแข่งขันกีฬาในสถานการณ์จริง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กวิน พิภูลงาม. 2550. ผลของการฟื้นตัวแบบมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ระดับความหนักต่างกันที่มีต่อค่าสมรรถภาพอนาการศนียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เจริญ กระบวนรัตน์. 2544. การฝึกกล้ามเนื้อด้วยการยกน้ำหนัก. อบรมเชิงปฏิบัติการ. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ซัชพล ชุมสาย ณ อยุธยา. 2553. รูปแบบของการฟื้นตัวที่มีต่อความเร็วในการวิ่งและความแม่นยำในการส่งบอลในนักกีฬาฟุตบอล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิรัตน์. 2536. สรีรวิทยาของการออกกำลังกาย. พิมพ์ครั้งที่ 4. ธรรมการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

นันทพร เอกตาแสง. 2543. ผลของการให้ไฮเปอร์แบริออกซิเจนต่อความเข้มข้นของกรดแลคติกภายหลังการออกกำลังกายในคนสุขภาพดี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิรนาม. 2552. ฟุตบอล กติกาใหม่ ปี 2550. พิมพ์ครั้งที่ 9. พี เอ็น เค แอนด์ สกายพริ้นติ้งส์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

บัวรอง ลีเฉลิมวงศ์. 2545. ระบบหายใจ, น. 163-210. ใน คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา, ผู้รวบรวม. สรีรวิทยา. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

ปนัดดา ฉิมตระกูล. 2542. ผลของการใช้พลาสมาช่วยหายใจที่มีต่อสมรรถภาพการจับออกซิเจนสูงสุดและอัตราการเต้นของหัวใจขณะฟื้นตัว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงษ์จันทร์ อยู่แพทย. 2551. สรีรวิทยาระบบกล้ามเนื้อ. พิมพ์ครั้งที่ 2. เอเชียดิจิตอลการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

พรพล พิมพาพร. 2547. ผลของการพักการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่และการเดินบนลูกละหว่างเซตที่มีต่อระดับกรดแลคติกในเลือดระหว่างการฝึกด้วยแรงต้าน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรรณวัตร ไกรวงศ์. 2549. ผลของโปรแกรมการฟื้นตัวด้วยการยืดเหยียดในน้ำและการชวมน้ำที่มีต่อระดับกรดแลคติกในเลือดภายหลังการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มานพ โลหิตโยธิน. 2539. ผลของความเย็นที่มีต่อระยะเวลาในการฟื้นตัวภายหลังออกกำลังกาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวรรณณี จรุงจิตอรารี. 2540. ภาพภาพบำบัดโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจ. พิมพ์ครั้งที่ 2. ลิฟวิ้ง ทรานส์ มีเดีย จำกัด, กรุงเทพฯ.

อดุลย์ จันละคร. 2534. การเปรียบเทียบสมรรถภาพในการจับออกซิเจนสูงสุดระหว่างวิธีฟื้นตัวด้วยวิธีสูดออกซิเจนกับไม่สูดออกซิเจนจากเครื่องให้ออกซิเจนหลังการออกกำลังกาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

American College of Sports and Medicine. 2000. **Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 6th ed. Williams and Wilkins, Baltimor.

Barbero, J.C., V.M. Soto, V. B. Alvarez and J.G. Vera. 2008. Match analysis and heart rate of futsal players during competition. **J. of Sports Sci.** 26(1): 63-73.

Castagna, C., S.D. Ottavio, J.G. Vera and J.C. Barbero. 2009. Match demands of professional futsal: A case study. **J. Sci. Med. Sports.** 12(4): 490-494.

- Corder, K.P., J.A. Potteiger, K.L. Nau, S.F. Figoni and S.L. Hershberger. 2000. Effect of active and passive recovery conditions on blood lactate, rating of perceived exertion and performance during resistance exercise. **The J. of strength and Conditioning Res.** 14(2): 151-156.
- Coso, J.D., N. Hamouti, R.A. Jimenes and R.M. Rodriguez. 2010. Restoration of blood pH between repeated of high-intensity exercise: effects of various active-recovery protocols. **Eur. J. Appl. Physiol.** 108: 523-532
- Dodd, S.L. and M.P. Crawford. 1993. Effect of reduced O₂ delivery with anemia, hypoxia, or ischemia on peak VO₂ and force in skeletal muscle. **J. Appl. Physiol.** 74(1): 186-91.
- _____, S.K. Powers, T. Callender and E. Brook. 1984. Blood lactate disappearance at various intensities of recovery exercise. **J. Appl. Physiol.** 57: 1462-6.
- Dorado, C., J.S. Moysi and J.A. Calbet. 2004. Effects of recovery mode on performance, O₂ and O₂ deficit during high intensity intermittent exercise. **Can. J. Appl. Physiol.** 29(3): 227-244.
- Gupta, S., A. Goswami, A.K. Sadhukhun and D.N. Mathur. 1996. Comparative study of lactate removal in short term massage of extremities, active recovery and a passive recovery period after supramaximal exercise session. **J. of Sports Med.** 17(2): 106-110.
- Haseler, L.J., M.C. Hogan and R.S. Richardson. 1999. Skeletal muscle phosphocreatine recovery in exercise-trained humans is dependent on O₂ availability. **J. Appl. Physiol.** 86(6): 2013-2018.
- Heyward, V.H. 2006. **Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription**. 5th ed. Human Kinetics, New Mexico.

Lamp, D.R. 1984. **Physiology of exercise Responses and Adaptation**. Macmillan Publ, New York.

Levitzky, M.G. 1995. **Pulmonary Physiology**. McGraw-Hill, Inc., New York.

Linnarsson, D., J. Karlsson, L. Fagraeus and B. Saltin. 1974. Muscle metabolites and oxygen deficit with exercise in hypoxia and hyperoxia. **J. Appl. Physiol.** 36(4): 399-402.

Lovering, A.T., L.M. Romer, H.C. Haverkamp, D.F. Pegelow, J.S. Hokanson and M.W. Eldridge. 2008. Intrapulmonary shunting and pulmonary gas exchange during normoxic and hypoxic exercise in healthy humans. **J. Appl. Physiol.** 104: 1418-1425.

Luke, J.H., M.C. Hogan and R.S. Richardson. 1999. Skeletal muscle phosphocreatine recovery in exercise-trained humans is dependent on O₂ availability. **J. Appl. Physiol.** 86: 2013-2018.

Ma, J.P. 2006. Influence of recovery mode on concentration of blood lactic acid during intervals in basketball games. **Chin. J. of Clin. Rehabil.** 10(40): 31-33.

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

Richardson, R.S., E.A. Noyszewski, J.S. Leigh and P.D. Wagner. 1998. Lactate efflux from exercising human skeletal muscle : role of intracellular PO₂. **J. Appl. Physiol.** 85(2): 627-34.

Robergs, A.R. and O.S. Robert. 1997. **Exercise Physiology**. Mosby-Year Book, Missouri.

Sherwood, Lauralee. 1991. **Fundamentals of Physiology: A Human Perspective**. West Publ, St. Paul.

Taylor, C.R. 1989. Structural and functional limits to oxidative metabolism insights from scaling. **Ann. Rev. Physiol.** 49: 135-46.

Toubekis, A.G., A. Tsolaki, I. Smillos, H.T. Douda, T. Kourtesis and S.P. Tokmakidis. 2008. Swimming performance after passive and active recovery of various durations. **Int. J. of Sports Physiol. And Performance.** 3(3): 375-386.

Vander, A.J., J.H. Sherman and D.S. Luciano. 1990. **Human Physiology : The Mechanisms of Body Function.** 5th ed. McGraw-Hill Publ. Co., New York.

Williams, J.T., M.P. Pricher and J.R. Halliwill. 2005. Is post exercise hypotension related to excess postexercise oxygen consumption through changes in leg blood flow. **J. Appl. Physiol.** 98: 1463-1468.



ภาคผนวก



ใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง ผลของการฟื้นฟูด้วยการให้ออกซิเจนร่วมกับการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวต่อความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด กรดแลคติกในเลือด และความสามารถของนักกีฬาฟุตบอล จัดทำขึ้นเพื่อทดสอบหาวิธีการฟื้นฟูที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพภายหลังการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาด้วยวิธีการฟื้นฟูที่ผู้วิจัยกำหนด ซึ่งผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาความสามารถในการฝึกซ้อมและการแข่งขันของนักกีฬาฟุตบอลต่อไป

การวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย การออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาตามรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง และวิธีการฟื้นฟู 4 วิธี คือ การให้ออกซิเจน 100% ผ่านหน้ากากออกซิเจนชนิดมีถุงสำรองออกซิเจนร่วมกับการมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน การให้ออกซิเจน 100% ผ่านหน้ากากออกซิเจนชนิดมีถุงสำรองออกซิเจน การมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน และการนั่งพัก นอกจากนี้จะมีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ด้วยเครื่องบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย การวัดความอึดตัวของออกซิเจนในเลือด ด้วยเครื่องวัดความอึดตัวของออกซิเจนในเลือดโดยอ้อมชนิดวัดที่ปลายนิ้ว การวัดอัตราการหายใจและและปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าหรือออกจากปอด ด้วยเครื่องวัดปริมาตรการหายใจ และมีการเจาะเลือดที่ปลายนิ้วโดยพยาบาลวิชาชีพ เพื่อนำตัวอย่างเลือดไปวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด

การวิจัยครั้งนี้จะไม่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บ แต่อย่างไรก็ตามอาจจะมีอาการปวดเมื่อยหรือการระบมของกล้ามเนื้อบ้างภายหลังการทำวิจัย และอาจเกิดความเจ็บปวดที่ปลายนิ้วขณะทำการเจาะเลือดแต่จะเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถถอนตัวออกจากงานวิจัยได้ ในกรณีที่ไม่พึงประสงค์จะเข้าร่วมงานวิจัยนี้อีกต่อไปหรือมีเหตุผลอันสมควร และผู้เข้าร่วมการวิจัยจะถูกคัดออกจากการวิจัยหากมีอาการบ่งชี้ว่ามีภาวะออกซิเจนเป็นพิษ เช่น คลื่นไส้ กล้ามเนื้อเกร็งกระตุก วิงเวียนศีรษะ ตัวสั่น หรือมีความผิดปกติอื่นใดที่ทำให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สามารถดำเนินการวิจัยต่อไปได้

หากท่านเข้าใจถึงสิทธิประโยชน์ที่จะได้รับ อัตราเสี่ยง และสิทธิในการถอนตัวออกจากงานวิจัยแล้ว และยินดีเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้อย่างเต็มใจ กรุณาลงชื่อยินยอมเข้าร่วมการวิจัยไว้เป็นหลักฐาน ผู้วิจัยขอขอบคุณท่านไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ลงชื่อ..... ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....

() () ()

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

ผู้ดำเนินวิจัย

พยาน

แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย).....

2. เกิดวันที่.....เดือน.....พ.ศ.อายุ.....ปี

3. ส่วนสูง.....ซม. น้ำหนัก.....กก.

4. ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่.....ตรอก/ซอย.....

ถนน.....แขวง/ตำบล.....

เขต/อำเภอ.....จังหวัด.....

โทรศัพท์.....

5. โรคประจำตัว (ถ้ามี)

เป็นโรค.....เป็นมานาน.....ปี

6. ปัญหาการบาดเจ็บในปัจจุบัน.....

ข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้อย่างเต็มใจ

ลงชื่อ.....

()

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

ลงชื่อ.....

()

ผู้ดำเนินการวิจัย

วันที่...../...../.....



ระดับความหนักของการออกกำลังกาย

ตารางผนวกที่ ข1 แสดงการเปรียบเทียบระดับความหนักของการออกกำลังกายสำหรับผู้ใหญ่
สุขภาพดี

Classification	%VO ₂ R or %HRR	%HRmax	RPE (6-20 scale)
Very light	<20	<35	<10
Light	20-39	35-54	10-11
Moderate	40-59	55-69	12-13
Hard	60-84	70-89	14-16
Very hard	≥85	≥90	17-19
Maximal	100	100	20

หมายเหตุ VO₂R = VO₂ Reserve
HRR = heart rate reserve
HRmax = maximal heart rate
RPE = rating of perceived exertion

ที่มา: Heyward (2006)

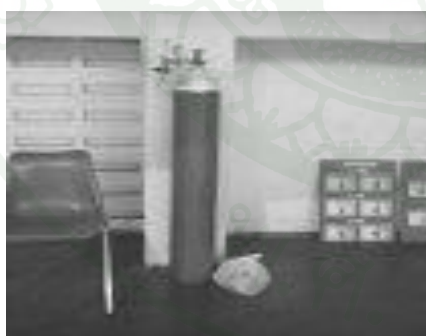
จากตารางที่ ข1 แสดงการเปรียบเทียบระดับความหนักของการออกกำลังกาย โดยการใช้
ร้อยละอัตราการใช้ออกซิเจนสำรอง ร้อยละอัตราการเต้นหัวใจสำรอง ร้อยละอัตราการเต้นหัวใจ
สูงสุด และอัตราการรับรู้ความเหนื่อย เป็นตัวกำหนดความหนักในการออกกำลังกาย



การใช้เครื่องให้ออกซิเจน

วิธีการ

1. ประกอบชุดควบคุมการไหลของออกซิเจนที่มีกระบอกน้ำเพื่อให้ความชื้นแก่ออกซิเจน เข้ากับถังออกซิเจน ต่อท่อนำออกซิเจนจากชุดควบคุมการไหลของออกซิเจน เข้ากับหน้ากากออกซิเจนชนิดมีถังสำรองออกซิเจน (oxygen mask with reservior)
2. ภายหลังกลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายตามรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง และนั่งพักเป็นเวลา 2 นาทีแล้ว ให้กลุ่มตัวอย่างสวมหน้ากากออกซิเจนชนิดมีถังสำรองออกซิเจน
3. เปิดวาล์วของถังออกซิเจนให้ออกซิเจน 100% ไหลผ่านน้ำในกระบอกของชุดควบคุมการไหลของออกซิเจน ที่ปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของออกซิเจนให้เท่ากับ 15 ลิตร/นาที
4. ให้กลุ่มตัวอย่างหายใจเข้าออกผ่านหน้ากาก เป็นเวลา 3:30 นาที ซึ่งกลุ่มตัวอย่างจะได้รับออกซิเจนที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนในช่วงหายใจเข้า (FiO_2) ประมาณ 0.80 ตามตารางผนวกที่ 1



ภาพผนวกที่ 1 ถังออกซิเจนและชุดควบคุมอัตราการไหลของออกซิเจนที่ต่อเข้ากับหน้ากากออกซิเจนชนิดมีถังสำรองออกซิเจน

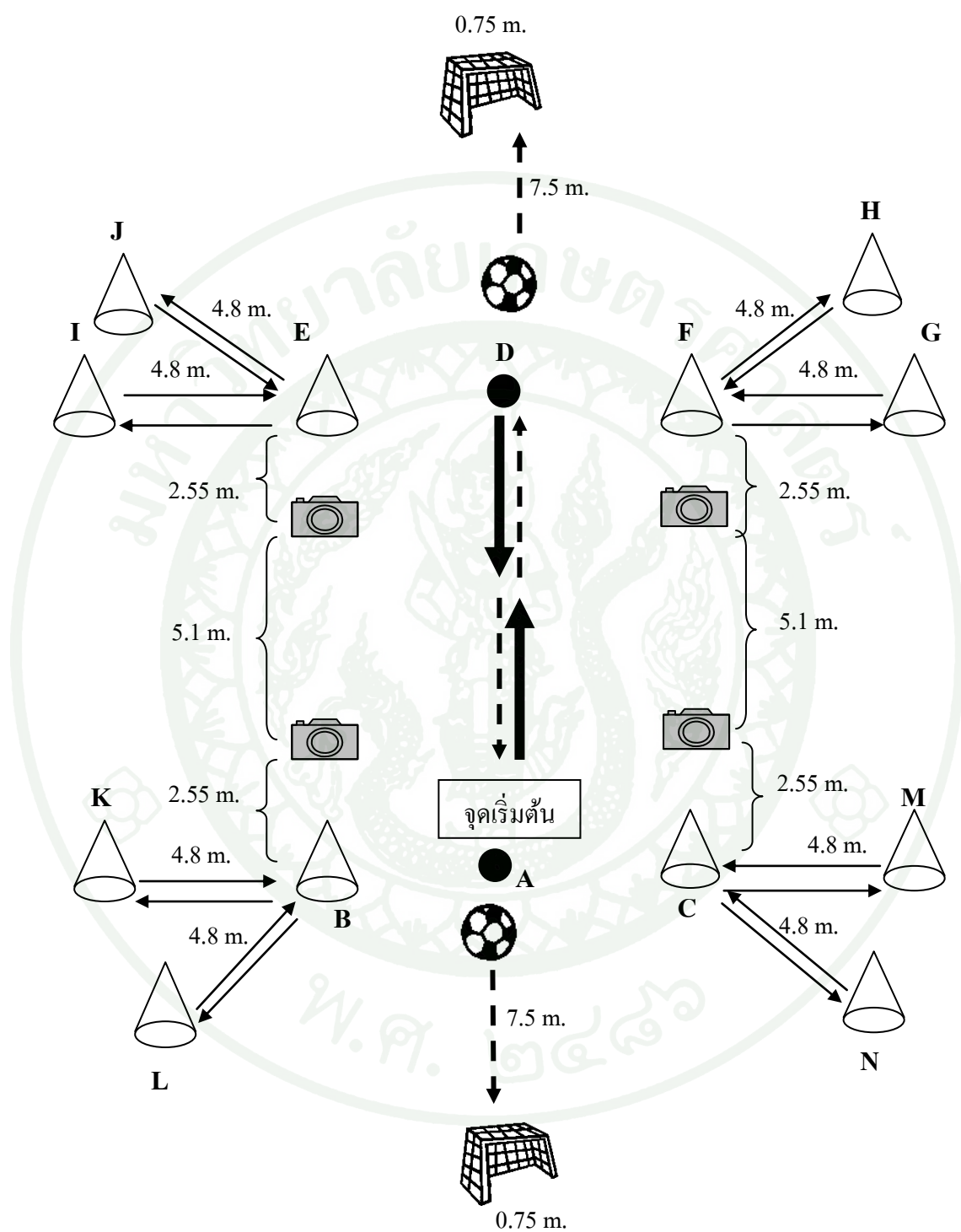
ตารางผนวกที่ ค1 แสดงค่าความเข้มข้นของออกซิเจน (FiO_2) ที่ได้รับโดยประมาณเมื่อให้สูดออกซิเจน 100% ผ่านอุปกรณ์ชนิดต่างๆ ในผู้ใหญ่ปกติ

อุปกรณ์ที่ใช้	Flow rate (L/min)	FiO_2
Nasal canula	1	0.24
	2	0.28
	3	0.32
	4	0.36
	5	0.40
	6	0.44
Oxygen mask	5 – 6	0.40
	6 – 7	0.50
	7 – 8	0.60
Mask with reservoir bag	6	0.60
	7	0.70
	8	0.80
	9	0.80
	10	0.80

ที่มา: สุวรรณี (2540)



รูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง



ภาพผนวกที่ ง1 แผนผังรูปแบบการเล่นฟุตบอลจำลอง

วิธีการ

1. เริ่มต้นวิ่งที่จุดเริ่มต้น A เมื่อได้ยินสัญญาณนกหวีด ให้วิ่งไปข้างหน้าผ่านอุปกรณ์จับเวลา ด้วยความเร็วสูงสุดไปยังจุด D
2. เมื่อวิ่งมาถึงจุด D โดยที่จุด D ให้เตะลูกฟุตบอลไปที่ประตูที่อยู่ข้างหน้า
3. จากนั้นสไลด์ตัวไปทางด้านขวาหันหน้าไปทางประตูผ่านจุด F (กรวยจะอยู่ด้านหลัง) ไปที่จุด G เมื่อถึงจุด G ให้พลิกตัวกลับหันหน้ามาด้านตรงกันข้าม (กรวยจะอยู่ด้านหน้า) แล้วสไลด์จากจุด G ผ่านจุด F กลับมาที่จุด D ใช้เวลาสไลด์ไปและกลับรวม 6 วินาที
4. เมื่อได้ยินสัญญาณนกหวีด ให้วิ่งจากจุด D ไปข้างหน้าผ่านอุปกรณ์จับเวลาด้วยความเร็วสูงสุดไปยังจุด A
5. เมื่อวิ่งมาถึงจุด A ให้เตะลูกฟุตบอลไปที่ประตูที่อยู่ข้างหน้า
6. จากนั้นสไลด์ตัวไปทางด้านขวาหันหน้าไปทางประตูผ่านจุด B (กรวยจะอยู่ด้านหลัง) ไปที่จุด K เมื่อถึงจุด K ให้พลิกตัวกลับหันหน้ามาด้านตรงกันข้าม (กรวยจะอยู่ด้านหน้า) แล้วสไลด์จากจุด K ผ่านจุด B กลับมาที่จุด A ใช้เวลาสไลด์ไปและกลับรวม 6 วินาที รอฟังสัญญาณนกหวีด
7. ทำซ้ำตามข้อ 1-6 แต่เปลี่ยนทิศทางการสไลด์ตัวไปด้านขวาเป็นสไลด์ตัวไปด้านซ้าย โดยผ่านจุดต่างๆ ตามลำดับดังนี้ A - D - E - I - E - D - A - C - M - C - A
8. ทำซ้ำตาม ข้อ 1-7 แต่เปลี่ยนทิศทางการสไลด์ เป็นการวิ่งทแยง โดยผ่านจุดต่างๆ ตามลำดับ ดังนี้ A - D - F - H - F - D - A - B - L - B - A (ไปด้านขวา) และ A - D - E - J - E - D - A - C - N - C - A (ไปด้านซ้าย)
9. สิ้นสุดการปฏิบัติเมื่อครบ 5:30 นาที

ที่มา: ชัชพล (2553)



ภาคผนวก จ
การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน

การเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐาน

เป็นการปฏิบัติการเคลื่อนไหว เคลื่อนที่ โดยเป็นการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ ที่เป็น พื้นฐานของการเล่นกีฬาฟุตบอลที่ความหนักร้อยละ 50 ± 5 ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง โดย ปฏิบัติหลังจากผ่านการนั่งพักมาแล้ว 2 นาที และทำการปฏิบัติการเคลื่อนไหวร่างกายพื้นฐานใน ท่าทางต่างๆโดย ปฏิบัติท่าละ 3 ชุด รวมเป็นเวลา 3:30 นาที โดยมีท่าทางในการปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. วิ่งเหยาะๆ ใช้เวลาประมาณ 40 วินาที



ภาพผนวกที่ จ1 ภาพประกอบแสดงการวิ่งเหยาะ

2. ตบเท้า ใช้เวลาประมาณ 40 วินาที



ภาพผนวกที่ จ2 ภาพประกอบแสดงการตบเท้า

3. ยกเข้า ใช้เวลาประมาณ 50 วินาที



ภาพผนวกที่ จ3 ภาพประกอบแสดงการยกเข้า

4. สไลด์ ใช้เวลาประมาณ 40 วินาที



ภาพผนวกที่ จ4 ภาพประกอบแสดงการสไลด์

5. ไหว้หน้า-ไหว้หลัง ใช้เวลาประมาณ 40 วินาที



ภาพผนวกที่ จ5 ภาพประกอบแสดงการไหว้หน้า-ไหว้หลัง

ที่มา: ชัชพล (2553)

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวบุญสิตา สายวุฒิกุล
เกิดวันที่	2 พฤษภาคม พ.ศ. 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดพะเยา
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ถ่ายภาพบำบัด) มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2545
ตำแหน่งปัจจุบัน	นักถ่ายภาพบำบัด
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	แผนกเวชศาสตร์ฟื้นฟูและถ่ายภาพบำบัด โรงพยาบาล บี. เอ็น. เอช กรุงเทพมหานคร