

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

สรีรวิทยาการออกกำลังกายและกีฬา (Sports and Exercise Physiology)

ผลของการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในภาวะพร่องออกซิเจนและภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติที่มีผลต่อสมรรถนะด้านแอนแอโรบิกในนักกีฬาประเภททีม

บรรหาร วิชญูปิติ^{1,2}, ราตรี เรืองไทย¹ และ นิรอมลี มะกาเจ²

¹คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถ.มาลัยแมน ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ในภาวะพร่องออกซิเจน และภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติที่มีต่อสมรรถนะด้านแอนแอโรบิกในนักกีฬาประเภททีม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาประเภททีมของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพศชาย อายุ 19-23 ปี จำนวน 24 คน กลุ่มตัวอย่างจะทำการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำทั้งหมด 3 เซต เซตละ 7 รอบ แต่ละรอบจะประกอบด้วย การปั่นจักรยานที่ความเร็วสูงสุด 5 วินาที สลับกับการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว 55 วินาที ระหว่างเซตพัก 3 นาที เป็นเวลา 6 สัปดาห์ เหมือนกันทั้ง 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะแตกต่างกันที่ปริมาณออกซิเจนในอากาศ โดยทำการทดสอบค่า น้ำหนัก ส่วนสูง อัตราการเต้นของหัวใจ ขณะพัก และปริมาณธาตุเหล็ก ในช่วงก่อนการฝึก และภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6 พลังสูงสุด พลังเฉลี่ย และดัชนีความล้า ทำการทดสอบช่วงก่อนการฝึก ภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และ 6 และการสะสมของกรดแลคติกจะทำการทดสอบ ภายหลังจากการฝึกเสร็จสิ้นในครั้งแรกและครั้งสุดท้าย หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์ผลโดยสถิติ One way ANOVA with repeated measures เพื่อวัดความแตกต่างภายในกลุ่ม Two way ANOVA เพื่อวัดความแตกต่างระหว่างกลุ่ม และ Tukey test เพื่อวัดความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยเมื่อทำการเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่า พลังสูงสุด พลังเฉลี่ย ดัชนีความล้า และการสะสมของกรดแลคติก ในกลุ่มที่ฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในภาวะปกติ ภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ และภาวะพร่องออกซิเจน ในช่วงก่อนการฝึก ภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยปริมาณออกซิเจนที่ต่างกันก็จะกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาในแต่ละด้านที่ต่างกัน โดยพลังสูงสุดนั้นจะมีการพัฒนาที่มากที่สุดจากการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในภาวะปกติ พลังเฉลี่ยจะมีการพัฒนาที่มากกว่าจากการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในภาวะพร่องออกซิเจน และดัชนีความล้าจะมีการพัฒนาที่มากกว่าจากการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่า พลังสูงสุด พลังเฉลี่ย ดัชนีความล้า และการสะสมของกรดแลคติก ระหว่าง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้เห็นว่าความแตกต่างของภาวะอากาศ หรือปริมาณออกซิเจนในอากาศนั้น ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมรรถนะที่ต่างกัน ดังนั้นผู้ฝึกสอนสามารถใช้ในการฝึกได้ทุกรูปแบบ เพราะแต่ละรูปแบบการฝึกนั้นให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน

(Journal of Sports Science and Technology 2014;14(1): 81 -92)

คำสำคัญ: การฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ภาวะพร่องออกซิเจน ภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ

บทนำ

กีฬาทีมเป็นกีฬาที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบันทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งการที่จะประสบความสำเร็จในการเล่นกีฬาทีมได้นั้น จะต้องอาศัยความสามารถของผู้เล่นทุกคนภายในทีม ไม่ว่าจะเป็น เทคนิคเฉพาะบุคคล ความสัมพันธ์ภายในทีม และที่ขาดไม่ได้คือนักกีฬาทุกคนจะต้องมีสมรรถภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยรูปแบบการเคลื่อนที่ของกีฬาทีมจะมีทั้ง การเดิน การวิ่งเบาๆ การวิ่งที่ความหนักต่ำ การวิ่งที่ความหนักปานกลาง การวิ่งที่ความหนักสูง และการสไลด์ เป็นต้น ลักษณะกิจกรรมของกีฬาทีมโดยส่วนมากจะเป็นกิจกรรมที่มีระดับความหนักค่อนข้างสูงและไม่ต่อเนื่อง หรือที่เรียกว่า Intermittent high intensity โดยค่าเฉลี่ยของจำนวนเที่ยวของการวิ่งที่ความเร็วสูงสุดของกีฬาทีมนั้นจะอยู่ที่ประมาณ 20-40 เที่ยว ระยะเวลาเฉลี่ยต่อเที่ยวประมาณ 2-3 วินาที และระยะเวลาในการพักระหว่างเที่ยวจะอยู่ที่ประมาณ 50-300 วินาที¹ ซึ่งรูปแบบการฝึกที่ผู้ฝึกสอนนิยมนำมาใช้ในการฝึกนักกีฬาประเภททีมจะเป็นลักษณะของการฝึกที่ให้นักกีฬารวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ หรือที่เรียกว่า Repeated Sprints Training เพราะมีความเชื่อว่าการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำนั้นจะสามารถพัฒนาสมรรถนะของนักกีฬาได้ดีกว่าการฝึกแบบหนักสลับเบาทั่วไป²

การฝึกในภาวะพร่องออกซิเจนเป็นวิธีการฝึกที่นิยมนำมาใช้ในการพัฒนาสมรรถภาพนักกีฬา หรือใช้เพื่อเตรียมตัวก่อนการแข่งขัน ซึ่งลักษณะของการฝึกจะมีวิธีการหลากหลายรูปแบบ เช่น การอยู่ที่สูง ฝึกที่สูง หรือ การอยู่ที่สูง ฝึกที่ต่ำ หรือ การอยู่ที่ต่ำ ฝึกที่สูง ซึ่งจากการศึกษาของ Meeuwse et al. (2001)³, Roels et al. (2007)⁴ and Czuba et al. (2011)⁵ ได้ทำการเปรียบเทียบการฝึกในภาวะพร่องออกซิเจนกับการฝึกในภาวะปกติ ผลการศึกษาพบว่าการฝึกในภาวะพร่องออกซิเจนสามารถทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นที่มากกว่าของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการใช้ออกซิเจน ณ จุด แลคเตท เธรชโฮลด์ (lactate threshold) และพลังสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฝึกในภาวะออกซิเจนปกติ และนอกจากนั้น การสัมผัสกับภาวะพร่องออกซิเจนนั้นยังสามารถทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของการสะสมของกรดแลคติก อัตราการเต้นของหัวใจ การสร้างเม็ดเลือดแดง รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงของธาตุเหล็ก เป็นต้น^{5,6,7,8}

การฝึกในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ (hyperoxic Training) การฝึกในลักษณะนี้จะเป็นการฝึกที่ปริมาณของออกซิเจนในอากาศจะมากกว่าร้อยละ 21 ขึ้นไป จากการศึกษาค้นคว้าของ Perry et al. (2005)⁹ ได้ทำการเปรียบเทียบการฝึกในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ (ร้อยละ 60 ของปริมาณออกซิเจนในอากาศ) และภาวะออกซิเจนปกติ (ร้อยละ 21 ของปริมาณออกซิเจนในอากาศ) เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า พลัง (power output) และ เวลาที่แสดงความสามารถ (Performance time) ในกลุ่มที่ฝึกในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติจะมีการพัฒนาในระดับสูงกว่าเมื่อเทียบกับภาวะปกติ และนอกจากนั้นที่อัตราการเต้นของหัวใจระดับเดียวกัน กลุ่มที่ฝึกในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติจะสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ในระดับที่ความหนักสูงกว่าด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kilding et al. (2010)¹⁰ ที่แสดงให้เห็นว่าในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติจะสามารถพัฒนาความสามารถในการออกกำลังกายแบบแอโรบิกได้ และในระดับอัตราการเต้นของหัวใจระดับเดียวกันนั้นก็จะสามารถฝึกได้ในระดับความหนักที่สูงกว่า จึงเป็นไปได้ว่าการฝึกในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติอาจจะทำให้เกิดการพัฒนาทางด้านสรีรวิทยาและสมรรถภาพ

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำนั้นจะเป็นรูปแบบการฝึกที่นิยมนำมาใช้ฝึกนักกีฬาประเภททีม ซึ่งมีความสอดคล้องกับกิจกรรมที่นักกีฬาต้องปฏิบัติในขณะแข่งขัน และสามารถพัฒนาสมรรถนะของนักกีฬาได้ แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาไม่มีเพียงการศึกษาที่ทำในภาวะออกซิเจนปกติเท่านั้น ยังไม่มีการศึกษาใดที่ทำการฝึกในภาวะพร่องออกซิเจนหรือภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาการฝึกในภาวะพร่องออกซิเจนและการฝึกในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติจะทำให้เกิดข้อได้เปรียบในการพัฒนาทางด้านสรีรวิทยา ชีวเคมี และสมรรถนะของนักกีฬาเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ฝึกในภาวะออกซิเจนปกติ ดังนั้นหากทำการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในภาวะพร่อง

ออกซิเจนและในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกตินั้น อาจจะทำให้เกิดการพัฒนาทางด้านสรีรวิทยา ชีวเคมี และสมรรถนะของนักกีฬาได้มากกว่าการฝึกอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาที่ผ่านมาการฝึกในภาวะพร่องออกซิเจนหรือภาวะออกซิเจนมากกว่าปกตินั้นการศึกษสมรรถนะทางด้าน แอนแอโรบิก ยังมีการศึกษาที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับการศึกษาทางด้านแอโรบิก

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้คือต้องการศึกษาและเปรียบเทียบการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในภาวะพร่องออกซิเจนและภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติที่มีผลต่อสมรรถนะด้านแอนแอโรบิก ในนักกีฬาประเภททีม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในภาวะพร่องออกซิเจน ภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ และภาวะปกติที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะด้านแอนแอโรบิก ระหว่างก่อนการฝึก ภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6

2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความแตกต่างของสมรรถนะด้านแอนแอโรบิก ระหว่างการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในภาวะพร่องออกซิเจน ภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ และภาวะปกติ ภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6

กลุ่มตัวอย่าง

นักกีฬาประเภททีม เพศชาย (ฟุตบอล ฟุตซอล บาสเกตบอล) จำนวน 24 คน ซึ่งมีอายุระหว่าง 19-23 ปี ของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จากกลุ่มประชากร และทำการแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มของค่าพลังเฉลี่ย (mean power) โดยการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling)

เครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย รูปแบบการฝึกด้วยความเร็วสูงในแบบซ้ำในภาวะปกติ ภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ และภาวะพร่องออกซิเจน กลุ่มตัวอย่างทุกคนได้ลงนามยินยอมด้วยความสมัครใจในการทำวิจัย ซึ่งแจ้งขั้นตอนวิธีการฝึกและขั้นตอนการเก็บข้อมูลอย่างละเอียดให้แก่กลุ่มตัวอย่างได้ทราบ กลุ่มตัวอย่างจะต้องทำการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยทำการฝึกทั้งหมด 3 เซต เซตละ 7 รอบ แต่ละรอบประกอบไปด้วยการปั่นด้วยความเร็วสูงสุด 5 วินาที สลับกับการฟื้นตัวแบบมีการเคลื่อนไหว 55 วินาที ระหว่างเซตพัก 3 นาที และทำการทดสอบตัวแปรที่ต้องการศึกษาในช่วง ก่อนการฝึก ภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6 ซึ่งประกอบไปด้วย

1. พลังสูงสุด (peak power) พลังเฉลี่ย (mean power) ดัชนีความล้า (fatigue index) จะทำการทดสอบในช่วงก่อนการฝึก ภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6 โดยวิธีการของ Wingate Anaerobic Test

2. การสะสมของกรดแลคติก (lactic acid accumulation) จะทำการตรวจสอบทันทีภายหลังจากที่ทำการฝึกเสร็จสิ้นในครั้งแรกของการฝึก ภายหลังจากการฝึกเสร็จสิ้นในครั้งที่ 6 (สัปดาห์ที่ 3) และภายหลังจากการฝึกเสร็จสิ้นในครั้งที่ 12

(สปีดาร์ที่ 6) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์แลคเตทแบบพกพา (Lactate Scout) การตรวจสอบจะใช้การเจาะเลือดที่ปลายนิ้ว และนำเลือดมาหยดลงในแผ่นทดสอบด้านปลายสุด และเครื่องจะทำการวิเคราะห์ ภายในระยะเวลา 10 วินาที

3. ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะทำการฝึก โดยใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบดิจิตอล ยี่ห้อ Polar รุ่น S 625X ประเทศฟินแลนด์ และปริมาณออกซิเจนในเลือดขณะทำการฝึก โดยใช้เครื่องตรวจออกซิเจนในเลือด (SaO₂) ยี่ห้อ Nonin รุ่น GO2 ประเทศสหรัฐอเมริกา

4. ทำการวัดปริมาณธาตุเหล็กในเลือด โดยการเจาะเลือดที่บริเวณข้อพับแขนบริเวณ antecubital vein จำนวน 5 มิลลิลิตร โดยใช้ syringe ชนิดที่ใช้ครั้งเดียวทิ้ง หลังจากถอดเข็มออกแล้ว พ่นเลือดลงในหลอดเก็บตัวอย่างที่ไม่มีสารกัน การแข็งตัวของเลือด แล้วนำเลือดส่งวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็ก ที่กลุ่มงานพยาธิวิทยาคลินิกโรงพยาบาลศูนย์นครปฐม ภายใน 6 ชม.

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยใช้สถิติดังต่อไปนี้ ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของข้อมูลทั่วไป อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง พลังสูงสุด พลังเฉลี่ย ดัชนีความล้า การสะสมของกรดแลคติก อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและขณะทำการฝึก ปริมาณออกซิเจน ในเลือดขณะทำการฝึก และปริมาณของธาตุเหล็กในเลือด วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มของค่า พลังสูงสุด พลังเฉลี่ย ดัชนีความล้า และการสะสมของกรดแลคติก โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One Way ANOVA with Repeated Measures) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two way Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการของ Tukey เมื่อพบว่าค่าเฉลี่ยของ พลังสูงสุด พลังเฉลี่ย ดัชนีความล้า และการสะสมของกรดแลคติก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กำหนดระดับความมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการศึกษา

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะทางกายภาพ ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนและ หลังการฝึก

กลุ่ม	อายุ (ปี)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ส่วนสูง (เซนติเมตร)
ภาวะปกติ	21.1±0.9	68.0±9.9	171.0±5.8
ภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ	20.7±0.8	63.8±7.0	171.5±4.8
ภาวะพร่องออกซิเจน	21.1±0.6	62.3±8.3	170.7±8.2

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่าเฉลี่ยของอายุ น้ำหนัก และส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ทั้ง 3 กลุ่ม

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และธาตุเหล็ก ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนและหลังการฝึก

กลุ่ม	อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)		ปริมาณธาตุเหล็กในเลือด (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ภาวะปกติ	78.1±8.9	76.2±10.2	98.9±20.8	110.8±59.1
ภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ	72.5±5.2	69.1±9.8	117.9±48.4	110.7±37.6
ภาวะพร่องออกซิเจน	72.2±7.8	68.8±10.8	96.0±20.3	107.7±25.5

ตารางที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของทั้ง 3 กลุ่ม ในช่วงก่อนการฝึกและภายหลังจากการฝึกมีแนวโน้มที่ลดลงทั้ง 3 กลุ่ม และค่าเฉลี่ยปริมาณธาตุเหล็กในเลือดในช่วงก่อนการฝึกและภายหลังจากการฝึก มีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติทั้ง 3 กลุ่ม (ค่าปกติเท่ากับ 50-175 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)¹⁶

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการเต้นของหัวใจขณะฝึก และปริมาณออกซิเจนในเลือดขณะฝึก ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และ 6

กลุ่ม	อัตราการเต้นของหัวใจขณะฝึก (ครั้ง/นาที)			ปริมาณออกซิเจนในเลือด (เปอร์เซ็นต์)		
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 6
ภาวะปกติ	163.7±12.93	156.8±6.52	157.3±11.20	96.8±0.82	96.7±1.12	94.9±5.15
ภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ	157.1±6.36	156.6±10.14	154.3±8.59	98.1±0.99	98.9±0.52	98.4±1.29
ภาวะพร่องออกซิเจน	163.4±12.22	159.0±6.45	160.1±12.47	82.7±2.65	84.3±2.03	85.9±3.00

ตารางที่ 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจขณะฝึก ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 3 และ 6 ของกลุ่มที่ฝึกในภาวะปกติ มีค่าเท่ากับ 82.3 78.8 และ 79.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ กลุ่มที่ฝึกในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ มีค่าเท่ากับ 78.8 78.6 และ 77.4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และกลุ่มที่ฝึกในภาวะพร่องออกซิเจน มีค่าเท่ากับ 82.2 79.9 และ 80.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ปริมาณธาตุเหล็กในเลือดจากการศึกษาในครั้งนี้จะทำการบันทึก เพื่อควบคุมไม่ให้ปริมาณออกซิเจนในเลือดต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่มของค่าพลังสูงสุด พลังเฉลี่ย ดัชนีความล้า และการสะสมของกรดแลคติก และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธีการของ Tukey ของกลุ่มฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้าในภาวะปกติ กลุ่มฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้าในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ และกลุ่มฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้าในภาวะพร่องออกซิเจนของ พลังสูงสุด พลังเฉลี่ย ดัชนีความล้า และการสะสมของกรดแลคติก

ตัวแปร		ภาวะปกติ	ภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ	ภาวะพร่องออกซิเจน
พลังสูงสุด	ก่อนการฝึก	362.0±52.5	357.0±44.5	352.0±64.0
	ภายหลังสัปดาห์ที่3	442.0±54.4**	422.0±41.2**	422.0±72.4**
	ภายหลังสัปดาห์ที่6	512.0±91.2**/††	485.0±64.6**/†	480.0±91.1**/†
พลังเฉลี่ย	ก่อนการฝึก	1722.0±226.2	1719.0±177.4	1678.0±251.4
	ภายหลังสัปดาห์ที่3	1727.0±216.3	1709.0±183.5	1739.0±214.5
	ภายหลังสัปดาห์ที่6	1906.0±386.5	1862.0±235.6†	1900.0±266.1*/†
ดัชนีความล้า	ก่อนการฝึก	43.0±10.1	41.0±5.0	42.0±9.5
	ภายหลังสัปดาห์ที่3	58.0±7.8*	57.0±4.7**	57.0±6.1**
	ภายหลังสัปดาห์ที่6	61.0±8.7**	59.0±7.6**	56.0±6.4**
การสะสมของกรดแลคติก	ก่อนการฝึก	17.7±3.2	19.8±6.2	18.9±6.0
	ภายหลังสัปดาห์ที่3	13.6±5.3	13.7±5.7	15.7±4.8
	ภายหลังสัปดาห์ที่6	14.0±3.8	12.9±5.3*	13.4±2.0

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกับช่วงก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

** มีความแตกต่างกับช่วงก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

† มีความแตกต่างกับช่วงภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

†† มีความแตกต่างกับช่วงภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

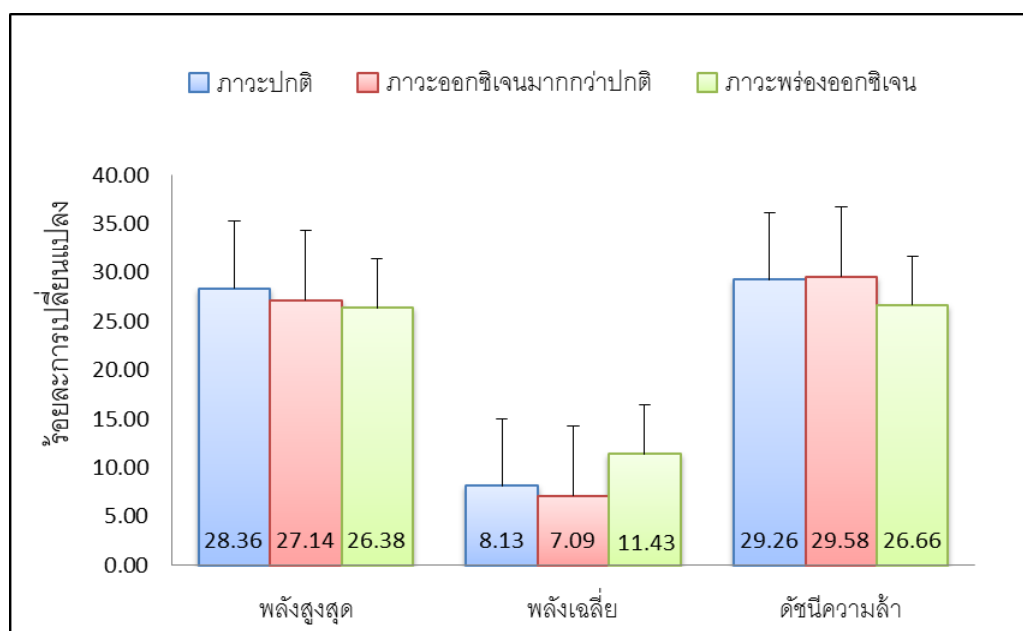
พลังสูงสุดของกลุ่มที่ฝึกในภาวะปกติ ภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ และภาวะพร่องออกซิเจน เมื่อทำการเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่า ค่าพลังสูงสุดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งในช่วงก่อนการฝึกกับภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 ก่อนการฝึกกับภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 กับภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6

ค่าพลังเฉลี่ยเมื่อทำการเปรียบเทียบภายในกลุ่มของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่ากลุ่มที่ฝึกในภาวะออกซิเจนปกติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ทั้งในช่วงก่อนการฝึก ภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และ ภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มที่ฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้าในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 กับภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6 และกลุ่มที่ฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้าในภาวะพร่องออกซิเจน จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ระหว่างช่วงก่อนการฝึกกับภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6 และภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 กับภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6

ค่าดัชนีความล้าเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มของทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าค่าดัชนีความล้าของทั้ง 3 กลุ่ม ในช่วงก่อนการฝึกกับภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และ ช่วงก่อนการฝึกกับภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนช่วงภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 กับภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

การสะสมของกรดแลคติกเมื่อทำการเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่ากลุ่มที่ฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในภาวะปกติและภาวะพร่องออกซิเจน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 กลุ่มที่ฝึกในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ การสะสมของกรดแลคติกในช่วงก่อนการฝึกกับภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ก่อนการฝึกกับภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และ ภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 กับภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของทั้ง 3 ภาวะ พบว่า พลังสูงสุด พลังเฉลี่ย ดัชนีความล้า และการสะสมของกรดแลคติกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



ภาพที่ 1 เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของค่าพลังสูงสุด พลังเฉลี่ย และดัชนีความล้า ช่วงก่อนฝึก ภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6

วิจารณ์

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าในกลุ่มที่ฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในทั้ง 3 ภาวะ จะมีความแตกต่างกันภายในกลุ่มของทุกกลุ่มในสมรรถนะด้าน พลังสูงสุด และดัชนีความล้า แต่ในสมรรถนะด้านพลังเฉลี่ย จะมีเพียงกลุ่มที่ฝึกในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ และภาวะพร่องออกซิเจน ที่มีความแตกต่างภายในกลุ่ม และการสะสมของกรดแลคติกจะมีเพียงกลุ่มที่ฝึกในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติเท่านั้นที่มีความแตกต่างภายในกลุ่ม แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มนั้น ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ซึ่งสามารถบอกได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมาจากการฝึกที่เป็นการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ เพราะรูปแบบการฝึกจะเป็นลักษณะการฝึกแบบแอนแอโรบิกและมีแรงต้าน ซึ่งลักษณะของ

การฝึกที่มีแรงต้านเข้ามาเกี่ยวข้อง จะทำให้เกิดการพัฒนาของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พลังของกล้ามเนื้อ และความอดทนของกล้ามเนื้อ และนอกจากนั้นการฝึกที่มีแรงต้านจะทำให้เกิดการพัฒนาของกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (fast twist fiber) และกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (slow twist fiber)¹¹ ส่วนการฝึกแบบแอนแอโรบิคจะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสารตั้งต้นในการผลิตพลังงานไม่ว่าจะเป็น ATP CP และ ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ และนอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มความสามารถในการทนต่อความล้าที่เกิดขึ้นได้ในระดับที่ดีขึ้น^{12,13}

แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงในช่วงก่อนการฝึก ภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6 (ภาพที่ 1) จะเห็นได้ว่า สมรรถนะด้านพลังสูงสุดในกลุ่มที่ฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้าในภาวะปกติและภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ จะมีการพัฒนาในระดับที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้าในภาวะพร่องออกซิเจน เนื่องจากในขณะทำการฝึกนั้นกลุ่มที่ฝึกในภาวะปกติและภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ ในช่วงระยะเวลาฟื้นฟูจะสามารถทำได้ดีกว่ากลุ่มที่ฝึกในภาวะพร่องออกซิเจน ซึ่งจะสังเกตได้จากค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจขณะทำการฝึก และปริมาณออกซิเจนในเลือดขณะทำการฝึก โดยจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจขณะทำการฝึกจะมีค่าที่สูงที่สุด และค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนในเลือดจะมีค่าที่ต่ำที่สุด ในกลุ่มที่ฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบช้าในภาวะพร่องออกซิเจน (ตารางที่ 3) จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้กลุ่มที่ฝึกในภาวะปกติและภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ จะสามารถทำการฝึกในรอบต่อไปหรือในเซตต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งต่างจากกลุ่มที่ฝึกในภาวะพร่องออกซิเจนในช่วงระยะเวลาฟื้นฟูจะทำได้ไม่ดีเท่ากับอีก 2 กลุ่ม ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้การปั่นจักรยานที่ความเร็วสูงสุดในรอบต่อไป หรือในเซตต่อไปไม่สามารถทำได้ในระดับความหนักสูงเหมือนกับกลุ่มที่ฝึกในภาวะปกติและภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้กลุ่มที่ฝึกในภาวะปกติ และภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติเกิดการพัฒนาของพลังสูงสุดในระดับที่มากกว่า

นอกจากนี้กลุ่มที่ฝึกในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติจะมีการสะสมของกรดแลคติกในระดับที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฝึกในภาวะปกติและภาวะพร่องออกซิเจน เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในอากาศที่มากกว่าจะทำให้ในขณะทำการฝึกที่ระดับความหนักเดียวกันการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนต่อความต้องการพลังงานของร่างกายจะสามารถทำได้ในระดับที่ดีกว่า ซึ่งทำให้ระดับการเผาผลาญพลังงานแบบแอนแอโรบิคในกลุ่มที่ฝึกในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติจะมีระดับที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฝึกในภาวะปกติและภาวะพร่องออกซิเจน โดยการเผาผลาญพลังงานแบบแอนแอโรบิคในระดับที่มากกว่านั้นจะทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติก และการคั่งของคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับที่สูงขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้กลุ่มที่ฝึกในภาวะปกติและภาวะพร่องออกซิเจนมีระดับการสะสมของกรดแลคติกในขณะทำการฝึกที่สูงกว่ากลุ่มที่ฝึกในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ¹⁴

แต่อย่างไรก็ตาม การที่ค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนในเลือดต่ำและค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจที่สูงกว่าในกลุ่มที่ฝึกในภาวะพร่องออกซิเจน จะเป็นผลทำให้ในช่วงของการฟื้นฟูระหว่างเที่ยวหรือระหว่างเซตจะทำได้ไม่ดีเท่ากับอีก 2 กลุ่ม และในขณะทำการฝึกนั้นปริมาณออกซิเจนในอากาศที่น้อยจะเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ความหนักของการฝึกสูงขึ้น ซึ่ง Robert et al. (2004)¹⁴ ได้กล่าวไว้ว่า เมื่อออกกำลังกายที่ระดับความหนักสูง การแลกเปลี่ยนก๊าซจะไม่เพียงพอต่อความต้องการพลังงานของร่างกาย จึงทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของการเผาผลาญพลังงานแบบแอนแอโรบิค ทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติก และการคั่งของคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้อาการเข้าสู่ภาวะที่เลือดมีความเป็นกรดมากกว่าปกติ (acidosis) ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้ประสิทธิภาพในการปั่นจักรยานที่ความเร็วสูงสุดในเที่ยวต่อไป กลุ่มที่ฝึกในภาวะพร่องออกซิเจนจะไม่สามารถทำได้ในระดับความหนักที่สูงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฝึกในภาวะปกติและภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ แต่อย่างไรก็ตามการฝึกในภาวะที่เลือดมีความเป็นกรดมากกว่าปกติ (acidosis) จะทำให้เกิดการพัฒนาในด้านการทนต่อ

ความล้าที่เกิดขึ้นได้ในระดับที่ดีขึ้น^{12,13} และทำให้เกิดการพัฒนาของความสามารถในการควบคุมสมดุลกรด-ด่างของกล้ามเนื้อ¹⁵ จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นสิ่งที่ทำให้กลุ่มที่ฝึกในภาวะพร้อมออกซิเจนนั้นมีการพัฒนาในด้านพลังเฉลี่ยที่มากกว่ากลุ่มที่ฝึกในภาวะปกติและภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ

ในทางเดียวกันค่าดัชนีความล้าจะมีการพัฒนามากที่สุดในกลุ่มที่ฝึกในภาวะพร้อมออกซิเจนเช่นเดียวกัน (ภาพที่ 1) ซึ่งการพัฒนาของดัชนีความล้าหมายถึงความแตกต่างของความสามารถสูงสุดกับความสามารถต่ำสุดที่ทำได้ในขณะทำการทดสอบด้วยวิธีการของ Wingate Anaerobic Test ในช่วง 0-30 วินาที ให้มีความแตกต่างกันน้อยที่สุด จากการศึกษาในครั้งนี้เมื่อดูจากร้อยละการเปลี่ยนแปลงจากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่ากลุ่มที่ฝึกในภาวะพร้อมออกซิเจนจะมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด จากที่กล่าวมาข้างต้นกลุ่มที่ฝึกในภาวะพร้อมออกซิเจนจะทำให้เกิดการพัฒนาของค่าพลังเฉลี่ย ซึ่งการพัฒนาของพลังเฉลี่ยจะบ่งบอกถึงความอดทนของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น ซึ่งความอดทนของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นนั้นจะทำให้ในขณะทำการทดสอบด้วยวิธีการของ Wingate Anaerobic Test กลุ่มตัวอย่างจะสามารถรักษาระดับความเร็วในการปั่นตลอด 30 วินาทีได้ในระดับที่ดี ส่งผลให้ความแตกต่างของความเร็วในการปั่นจักรยานในช่วงแรกๆ กับช่วงท้ายมีความแตกต่างที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ฝึกในภาวะปกติ และภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ดัชนีความล้าของกลุ่มที่ฝึกในภาวะพร้อมออกซิเจนในขณะทดสอบมีค่าที่ต่ำที่สุด และจากการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการตรวจสอบปริมาณธาตุเหล็กในเลือดในช่วงก่อนการฝึก และภายหลังจากการฝึกเสร็จสิ้นในสัปดาห์ที่ 6 ซึ่งสามารถบอกได้ว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุเหล็กในเลือดจากการศึกษาในครั้งนี้อยู่ในเกณฑ์ปกติทั้ง 3 กลุ่ม (ค่าปกติเท่ากับ 50-175 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)¹⁶ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการฝึกด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในภาวะออกซิเจนมากกว่าปกติและภาวะพร้อมออกซิเจนนั้น ไม่ก่อให้เกิดอันตรายจากภาวะขาดธาตุเหล็ก และการฝึกในระดับที่ปริมาณออกซิเจนในอากาศแตกต่างกันนั้น ไม่ก่อให้เกิดข้อได้เปรียบหรือเสียเปรียบในการฝึก

จากการศึกษาในครั้งนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าการฝึกทั้ง 3 รูปแบบ ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างในการพัฒนาสมรรถนะในทุกๆ ด้าน ซึ่งเหตุผลที่ทำให้ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างระหว่างกลุ่มอาจจะเนื่องมาจากระยะเวลาในการสัมผัสกับภาวะต่างๆ หรือจำนวนครั้งในการฝึกที่สั้นเกินไป และระยะเวลาในการปรับตัวก่อนทำการทดสอบภายหลังจากเสร็จสิ้นการฝึกนั้นน้อยเกินไป ซึ่งจากการศึกษาของ Meeuwssen et al. (2001)³ และ Vogt and Hoppeler et al. (2010)¹⁷ ได้กล่าวไว้ว่าการฝึกในภาวะพร้อมออกซิเจนจะใช้ช่วงระยะเวลาในการปรับตัวที่นานกว่าเมื่อเทียบกับการฝึกในภาวะออกซิเจนปกติ ซึ่งการพัฒนาที่ดีที่สุดนั้นจะอยู่ในช่วง 7-10 วัน แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ทำให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของการฝึกในภาวะที่ปริมาณออกซิเจนในอากาศแตกต่างกันว่าในภาวะออกซิเจนในอากาศแบบใดจะมีแนวโน้มการพัฒนาของสมรรถนะด้านใดในระดับที่มากกว่า

สรุปผล

เมื่อทำการเปรียบเทียบภายในกลุ่ม ในช่วงก่อนฝึก ภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6 พบว่าพลังสูงสุด พลังเฉลี่ย ดัชนีความล้า และการสะสมของกรดแลคติก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้ง 3 กลุ่ม เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มในช่วงก่อนฝึก ภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 3 และภายหลังจากการฝึกสัปดาห์ที่ 6 พบว่าพลังสูงสุด พลังเฉลี่ย ดัชนีความล้า และการสะสมของกรดแลคติก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณบริษัท อัลทีจูด เทรนนิง ซิสเต็มส์ จำกัด (ATS Thailand) ที่ให้การสนับสนุนเครื่องจำลองภาวะอากาศบนที่สูง (ATS-HP) ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณกลุ่มงานพยาธิวิทยาคลินิกโรงพยาบาลศูนย์นครปฐม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจค่าปริมาณธาตุเหล็กในเลือด ตลอดจนอุปกรณ์ที่ใช้ในการเจาะเลือด สำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Bangsbo J, Norregaard L, Thorso F. Activity profile of competition soccer. *Can J Sport Sci.* 1991;16(2):110-6.
2. Bishop D, Girard O, Mendez-Villanueva A. Repeated-Sprint Ability – Part II. *Sports Medicine.* 2011;41(9): 741-756.
3. Meeuwssen T, Hendriksen IJM, Holeywijn M. Training-induced increase in sea-level performance are enhanced by acute intermittent hypobaric hypoxia. *European Journal of Applied Physiology.* 2001;84: 283-290.
4. Roels B, Bentley DJ, Coste O, Mercier J, Millet GP. Effect of intermittent hypoxic training on cycling performance in well-training athlete. *European Journal of Applied Physiology.* 2007;101: 359-368.
5. Czuba M, Waskiewicz Z, Zajac A, Poprzecki S, Cholewa J, Roczniok R. The effects of intermittent hypoxic training on aerobic capacity and endurance performance in cyclists. *Journal of Sports Science and Medicine.* 2011;10:175-183.
6. Faura J, Ramos J, Reynafarje C, English E, Finne P, Finch CA. Effect of Altitude On Erythropoiesis. *Blood.* 1969;33(5): 668-676.
7. Gore CJ, MeSharry PE, Hewitt AJ, Saunders PU. Preparation for football competition at moderate to high altitude. *Scaandinavian Journal of Medicine and Science in Sports.* 2008;18(Suppl.1): 85-95.
8. Reynafarje C, Lozano R, Valdivieso J. The Polycythemia of High Altitudes: Iron Metabolism and Related Aspects. *Blood.* 1959;14(4): 433-55.
9. Perry CG, Reid J, Perry W, Wilson BA. Effect of hyperoxic training on performance and cardiorespiratory response to exercise. *Med.Sci.Sports Exerc.* 2005;37(7): 1175-9.
10. Kilding AE, Wood M, Sequira G, Bonetti D. Effect of hyperoxic supplemented interval training on endurance performance in trained cyclists. *Sports Performance Research Institute New Zealand.* 2010.
11. Hammill R. Adaptations to Anaerobic Training Programs. ES342-Spring; 2010
12. Plowman SA, Smith DL. Digital Image Archive for Exercise Physiology. Allyn & Bacon. 1998.
13. William MD, Katch FI, Katch VL. Essentials of Exercise Physiology 2nded. Image Collection. Lippincott Williams & Wilkins. 2000.

14. Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2004;287: R502–R516.
15. Edge J, Bishop D, Goodman C. The effects of training intensity on muscle buffer capacity in females. *European Journal of Applied Physiology*. 2006;96:97-105.
16. Beutler E, Hoffbrand AV, Cook JD. Iron deficiency and overload. *Hematology (Am Soc Hematol Educ Program)*. 2003:40-61.
17. Vogt M, Hoppeler H. Is hypoxia training good for muscles and exercise performance?. *Cardiovascular Diseases*. 2010;52: 525-533.

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

สรีรวิทยาการออกกำลังกายและกีฬา (Sports and Exercise Physiology)

EFFECT OF REPEATED SPRINTS TRAINING IN HYPOXIC AND HYPEROXIC CONDITIONS ON ANAEROBIC PERFORMANCE IN TEAM SPORTS PLAYERS

Bunhan WITCHAYAPITI^{1,2}, Ratree RUENGTHAI¹ and Niromllee MAKAJE²

¹ Faculty of Sports Science - Kasetsart University

Malai Maen Rd., Kampangsang, Kampangsang, Nakhonpathom 73140

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the effect of repeated sprints training in hypoxic and hyperoxic conditions on anaerobic performance in team sports players. Twenty-four male team sports players age 19-23 of Faculty of Sports Science Kasetsart University were the subjects of the research. For 6 weeks, the subject performed repeated sprints training for 3 set, 7 times per set, in each times included maximum sprint for 5 second separated by active recovery for 55 second, and rest 3 minutes between set. They similarity performed in 3 groups with the different amount of oxygen in the air. All of the subjects were tested for weight, height, resting heart rate and serum iron before and after the sixth week of training. Peak power, mean power and fatigue index were tested before the training and after the third and the sixth week of training. Lactic accumulation were tested after the first and the final training. The results were analyzed with One way ANOVA with repeated measures, Two way ANOVA and Tukey's multiple comparison test at $p < 0.05$

The results shown that the peak power, mean power, fatigue index and lactic accumulation in repeated sprints training in normoxic, hyperoxic and hypoxic groups before the training and after the third and the sixth week of training were significantly within groups at $p < 0.05$. The different in amount of oxygen in the air was improved in different ways. Peak Power was improved the most by repeated sprints training in normoxic group, Mean Power was improved the most by repeated sprints training in hypoxic group and Fatigue Index was improved the most by repeated sprints training in hyperoxic group. However, the comparison of each groups, peak power, mean power, fatigue index and lactic accumulation, was not found significant at $p < 0.05$. These findings suggested that amount of oxygen different in the air is improved not different. Therefore, the coaches can select any types of training but the improvement was not different.

(Journal of Sports Science and Technology 2014;14(1): 81 -92)

KEYWORD: Repeated Sprint Training, Hypoxic Training, Hyperoxic Training