ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล

ปิยาภรณ์ สุนทองห้าว และวรรณพร ทองตะโก
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอลเพศชาย ชมรมฟุตซอล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-25 ปี แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบไม่มีความหนักและฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจและฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ทำการฝึก 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยก่อนและหลังการทดลองทำการทดสอบตัวแปรด้านสรีรวิทยา ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ และตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ จากนั้นนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการทดลองด้วยการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired-T test) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบค่าที่แบบอิสระ (Independent-T test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัย หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ กลุ่มทดลองมีค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (MEP) เพิ่มขึ้นแตกต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) และค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) แตกต่างจากก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนั้นมีการเพิ่มขึ้นของค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกแตกต่างกับกลุ่มควบคุม และมีระดับของกรดแลคติกในเลือดและเวลาที่ใช้ในการวิ่งทดสอบ RAST test ลดลงแตกต่างจากก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ สามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอลได้

คำสำคัญ: กีฬาฟุตซอล/การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ/สมรรถภาพปอด /ความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ/ความเมื่อยล้า

Corresponding Author : อาจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ
E-Mail: Wannaporn.T@chula.ac.th

EFFECTS OF RESPIRATORY MUSCLE TRAINING ON LUNG FUNCTION AND REPEATED SPRINT ABILITY IN FUTSAL PLAYERS

Piyaporn Sunthonghao and Wannaporn Tongtako
Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

Abstract

Purpose The purpose of this study was to determine the effects of respiratory muscle training on lung function and repeated sprint ability in futsal players.

Methods Twenty-four male futsal players from Chulalongkorn University futsal club aged 18-45 years were randomized into 2 groups: control group (CG; n=12) and training group (TG; n=12). The both CG and TG group was required to complete protocol with respiratory muscle training (no intensity in CG group) and repeated sprint ability for a period of 6 weeks, 3 times a week. The dependent variables between pre-test and post-test were analyzed by a paired t-test. Independent t-test was used to compare the variables between groups. Differences were considered to be significant at $p < .05$.

Results After six weeks of respiratory muscle training, the FVC and MEP had significantly higher than the pre-test values ($p < .05$). In addition, the MVV, MIP were increased ($p < 0.05$) and lactic acid level and sprint time were decreased ($p < 0.05$) when compared to pre-test and CG group. Moreover, the peak power of TG group was significantly higher than that of CG group ($p < .05$).

Conclusion Respiratory muscle training can improve lung functions and repeated sprint ability in futsal players

Keywords: Futsal/Respiratory muscle training/ Lung function/Repeat sprint ability/Fatigue

Corresponding Author : Dr. Wannaporn Tongtako, Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, E-Mail: Wannaporn__T@chula.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน กีฬาฟุตซอล (Futsal) เป็นกีฬาที่เป็นที่นิยมอย่างมากชนิดหนึ่งในทุกประเทศทั่วโลก การวิเคราะห์เกมส์การแข่งขัน (Match analysis) พบว่ากีฬาฟุตซอลจัดเป็นชนิดของกีฬาที่ต้องใช้ความหนักระดับสูง (High intensity sport) ในระหว่างเกมส์การแข่งขันนั้นนักกีฬาต้องวิ่งเป็นระยะทางประมาณ 4,500 เมตร (Barbero-Alvarez, Subiela, Granda-Vera, Castagna, Gómez, and Del Coso, 2015) โดยใช้ความหนักประมาณ 85-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate; HR_{max}) และ 75% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen consumption; VO_2max) (Castagna, Barbero-Alvarez, and Ottavio, 2008) โดยอัตราการเต้นของหัวใจจะอยู่ในช่วง 170-190 ครั้งต่อนาที และพลังงานที่ใช้ไป (Energy expenditure) อยู่ในช่วงประมาณ 250-350 แคลอรี่ (Calories) (Arins and Silva, 2007) โดยความทนทาน (Endurance) และความเร็ว (Speed) เป็นสององค์ประกอบที่สำคัญในนักกีฬาฟุตซอล (Burns, 2003) ในปี ค.ศ. 2009 แคสตักนาและคณะ (Castagna, D'Ottavio, Vera, and Alvarez, 2009) ศึกษาพบว่ากีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาที่มีการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ (Repeated sprint) ที่มีความเร็วมากกว่า 18.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดในการวิ่งมากกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีความหนักที่สูงสุดในการวิ่งเท่ากับ 18.1-25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Barbero-Alvarez et al., 2008) มีการสะสมความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด (Blood lactate) เท่ากับ 5.3-5.5 มิลลิโมลต่อลิตร (Castagna, D'Ottavio, Vera, and Alvarez 2009; Makaje, Ruangthai, Arkarapanthu, and Yoopat, 2012) ต่อมาในปี ค.ศ. 2015 แนสซิเมนโตะและคณะ (Nascimento, Lucas, Pupo, Arins, Castagna, and Guglielmo, 2015) ได้ศึกษาผลของการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำช่วงระยะเวลาสั้นที่ส่งผลต่อระบบประสาทกล้ามเนื้อและด้านสรีรวิทยาในนักกีฬาฟุตซอลรุ่นอายุ 17 ปี ในช่วงฤดูการแข่งขัน จากกลุ่มตัวอย่าง 14 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม จำนวน 6 คน และกลุ่มทดลอง จำนวน 8 คน โดยกลุ่มการทดลองจะฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ในขณะที่กลุ่มควบคุมได้รับการฝึกตามปกติ ทั้ง 2 กลุ่มมีการทดสอบวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ 40 เมตร (Repeated maximal sprint test; 40-m MST) ผลการวิจัยพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของจุดกั้นแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold) และประสิทธิภาพการกระโดดอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ค่ากรดแลคติกสูงสุด (Peak lactate) และระยะเวลาของการวิ่งลดลง นอกจากนั้น แกนทอยส์และคณะ (Gantois, Aidar, Matos, Souza, Silva, Castro et al., 2017) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำและความสัมพันธ์กับสมรรถภาพทางแอโรบิกและแอนแอโรบิกของนักกีฬาบาสเกตบอล พบว่าความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเผาพลาญพลังงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนใหญ่จะเป็นการออกแรงในช่วงเริ่มต้น แต่แรงในการวิ่งซ้ำๆ จะให้ความสำคัญกับการออกกำลังกายแอโรบิกมากขึ้น ดังนั้นนักกีฬาควรมีแบบแผนในการฝึกเพื่อพัฒนาทั้งสมรรถภาพทางแอนแอโรบิกและแอโรบิก รวมไปถึงการประยุกต์ให้เข้ากับกีฬาที่มีความต้องการสมรรถภาพที่คล้ายๆ กันได้ โดยสมรรถภาพที่สอดคล้องกันในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ ดูได้จากการกลับคืนสู่สภาพเดิม (Recovery) ที่เพียงพอระหว่างการวิ่ง กรดแลคติก (Lactic acid) ที่เกิดจากการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ จะส่งผลให้อัตราการระบายอากาศ

(Ventilation) สูงขึ้นและเพิ่มความหนักของการรับรู้ความรู้สึกรวมถึงการเปลี่ยนแปลงของความถี่และความลึกในการหายใจ ซึ่งเป็นการเพิ่มงานของการหายใจและทำให้เกิดการหายใจลำบาก (Breathlessness) ขึ้น ซึ่งการเพิ่มการหายใจที่หนักขึ้นตามกิจกรรมของการวิ่งในการแข่งขันกีฬาฟุตซอลเป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญและส่งผลต่อผลงานของทีมได้ (Romer, McConnell, and Jones, 2002) จะเห็นได้ว่าระบบหายใจจึงเป็นระบบที่มีความสำคัญต่อนักกีฬาฟุตซอลเป็นอย่างมาก เนื่องจากในกีฬาที่มีการแข่งขันที่ความหนักสูงและช่วงระยะเวลาสั้นๆ ร่างกายต้องการออกซิเจนจำนวนมากเพื่อไปสันดาบให้เป็นพลังงาน และยิ่งปริมาณอากาศที่สามารถหายใจเข้าได้มากในระหว่างการออกกำลังกายจะมีปริมาณออกซิเจนมากขึ้นซึ่งสามารถดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดได้มากขึ้น ดังนั้นการพัฒนากล้ามเนื้อหายใจให้มีความแข็งแรง จะส่งผลให้ความจุปอดเพิ่มขึ้น เนื่องจากปอดขยายใหญ่ขึ้น การแลกเปลี่ยนก๊าซทำได้ดีขึ้น อัตราการหายใจต่ำลง ทำให้ปอดมีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น

ที่ผ่านมา มีการศึกษาพบว่าระบบหายใจมีผลต่อความแข็งแรงและประสิทธิภาพในการออกกำลังกายและเล่นกีฬาทั้งในผู้ที่มีสุขภาพดีและนักกีฬา โดยเมื่อกล้ามเนื้อหายใจมีการทำงานหนักขึ้นจนกล้ามเนื้อกะบังลม (Diaphragm) เกิดการเมื่อยล้า (Fatigue) จะมีการไหลเวียนเลือดจากกล้ามเนื้อที่บริเวณใกล้เคียงมาที่กล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ (Mahajan, Kulkarni, Khatri, Kazi, and Shinde, 2012) โดยเมื่อออกกำลังกายที่ความหนักเพิ่มขึ้นจะทำให้งานของการหายใจเพิ่มมากขึ้น หากความหนักยิ่งเพิ่มมากขึ้นกล้ามเนื้อหายใจจะมีความต้องการออกซิเจนมากขึ้น และกล้ามเนื้อส่วนอื่นที่ใช้ในการเคลื่อนไหว (Locomotor muscles) ก็มีความต้องการออกซิเจนมากขึ้นเช่นเดียวกัน จึงทำให้เกิดการแข่งขันระหว่างกล้ามเนื้อทั้งสองแห่งในการได้รับออกซิเจน (Harm, Wetter, McClaran, Pegelow, Nickele, Nelson et al., 1998; Wetter, Harms, Nelson, Pegelow, and Dempsey 1999; Volianitis, McConnell, Koutedakis, McNaughton, Backx, and Jones, 2001) ซึ่งกล้ามเนื้อกะบังลมต้องใช้แรงในการยกตัวและความสามารถในการใช้ออกซิเจนที่มากกว่ากล้ามเนื้อที่ใช้ในการเคลื่อนไหวส่วนอื่นๆ ดังนั้น กล้ามเนื้อกะบังลมจึงมีความต้องการออกซิเจนจำนวนมากที่ต้องมากพอ การเพิ่มความหนักในการออกกำลังกายจึงเป็นสาเหตุให้กล้ามเนื้อกะบังลมทำงานหนักมากขึ้น และนำไปสู่การเกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อกะบังลม (Vogiatzis, Georgiadou, Koskolou, Athanasopoulos, Kostikas, Golemati et al., 2007) เพราะการเพิ่มอัตราการระบายอากาศต่อนาที (Minute ventilation) เพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลม เพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกล้ามเนื้อหายใจ และมีการสร้างสารที่เกิดจากการใช้พลังงานของกล้ามเนื้อส่วนอื่นๆ ที่ทำงานหรือการเกิดกรดแลคติกขึ้นนั่นเอง (Johnson, Babcock, Suman, and Dempsey, 1993) การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory muscle training; RMT) สามารถช่วยเพิ่มความสามารถของนักกีฬาที่ต้องใช้ความหนักระดับสูงในการแข่งขัน ในการยืดระยะเวลาในการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อกะบังลม และเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจให้มีประสิทธิภาพขึ้นได้ (Sheel, 2002; Amonette and Dupler, 2002) และยังช่วยปรับการไหลเวียนเลือดให้มีประสิทธิภาพขึ้นขณะออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา (Gigliotti, Binazzi, and Scano, 2006) ในปี ค.ศ. 2009 นิคและคณะ (Nicks, Morgan, Fuller and Caputo, 2009) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจในนักกีฬาฟุตบอล โดยใช้อุปกรณ์ช่วยฝึกกล้ามเนื้อหายใจเป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยเพิ่ม

ประสิทธิภาพในนักกีฬาฟุตบอลได้ โรมเมอร์และคณะ (Romer, McConnell, and Jones, 2002) ได้ทำการศึกษาโดยทำการฝึกกล้ามเนื้อหายใจในนักกีฬาที่ต้องมีการวิ่งด้วยความเร็วประกอบด้วยกีฬาฟุตบอล รักบี้ ฮอกกี้สนามหญ้า และบาสเกตบอล โดยใช้อุปกรณ์ช่วยฝึกกล้ามเนื้อหายใจเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจส่งผลดีต่อระยะเวลาในการฟื้นตัว (Recovery time) ในขณะที่ใช้ความหนักระดับสูงและความหนักสลับช่วง (Intermittent intensity) ซึ่งสรุปได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจนั้นช่วยลดปริมาณกรดแลคติกและการรับรู้การตอบสนองต่อการออกกำลังกาย โดยช่วยลดระยะเวลาในการฟื้นตัวขณะออกกำลังกายที่ความหนักระดับสูง และออกกำลังกายแบบสลับช่วงในนักกีฬาที่ต้องวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด นอกจากนั้น ในปี ค.ศ. 2016 ออซเมนและคณะ (Ozmen, Gunes, Ucar, Dogan, and Gafuroglu, 2017) ได้ทำการศึกษาการฝึกกล้ามเนื้อหายใจในนักกีฬาฟุตบอล โดยฝึก 15 นาทีต่อวัน 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (Maximal inspiratory pressure; MIP) เพิ่มขึ้น แต่ค่าสมรรถภาพปอดไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory muscle strength) เป็นตัวแปรที่สำคัญในการส่งผลถึงสมรรถภาพปอด (Lung functions) สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับสมรรถภาพปอดและการฝึกกีฬานั้น ในปี ค.ศ. 2013 บาดามและคณะ (Badaam, Munibuddin, Khan, Choudhari, and Doiphode, 2013) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการฝึกการออกกำลังกายแบบการใช้ออกซิเจน (Aerobic exercises) กับการฝึกวิ่งแบบหนักสลับเบา (Sprint interval training) ที่มีต่อสมรรถภาพปอด ผลการวิจัยพบว่าการวิ่งแบบหนักสลับเบามีการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (Maximum voluntary ventilation; MVV) นอกจากนี้ เออร์เซคและคณะ (Erceg, Grgantov, Rada, and Milic, 2013) ทำการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถภาพปอดในนักกีฬาฟุตบอลและนักกีฬาฟุตซอล พบว่า นักกีฬาฟุตบอลมีค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV_1) และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ที่มากกว่านักกีฬาฟุตซอล

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพในนักกีฬาต่างๆ ที่ต้องใช้ความหนักระดับสูง ซึ่งกีฬาฟุตซอลก็เป็นชนิดกีฬาที่ใช้ความหนักในการแข่งขันระดับสูงและต้องใช้ความเร็วสูงสุดซ้ำๆ ในเกมส์การแข่งขัน จึงเป็นที่น่าสนใจในการที่จะศึกษาถึงผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจว่าจะส่งผลหรือไม่อย่างไรต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่าความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยจะสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มสมรรถนะของนักกีฬาฟุตซอลในการแข่งขันได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล

สมมติฐานของการวิจัย

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจส่งผลดีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment research design) และได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย COA No. 226/60 รับรองเมื่อวันที่ 23 มกราคม 2561

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอล เพศชาย ชมรมฟุตซอล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-25 ปี คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power) และใช้ข้อมูลของบาดามและคณะ (Badaam Munibuddin, Khan, Choudhari, and Doiphode, 2013) กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of test; 1-β) ที่ 0.8 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Probable Error; α) ที่ 0.05 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 10 คน เพื่อป้องกันการสูญหาย (Drop out) ของกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยจึงเพิ่มกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มละ 12 คน กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 กลุ่มโดยใช้ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (Maximal inspiratory pressure; MIP) เป็นเกณฑ์เพื่อให้แต่ละกลุ่มมีความเท่าเทียมกันมากที่สุด

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เป็นนักกีฬาฟุตซอล เพศชาย ชมรมฟุตซอล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุระหว่าง 18-25 ปี
2. ไม่มีการบาดเจ็บที่รุนแรงที่ส่งผลต่อการฝึกซ้อม
3. มีการฝึกซ้อมกีฬาฟุตซอลอย่างสม่ำเสมอ และไม่เข้าร่วมโปรแกรมการฝึกอื่นระหว่างเข้าร่วมวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น บาดเจ็บจากอุบัติเหตุ เจ็บป่วย เป็นต้น
2. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ
3. เข้าร่วมการฝึกไม่ถึง 80% หรือเข้าร่วมการฝึกไม่ถึง 15 ครั้ง จาก 18 ครั้ง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือสำหรับวัดตัวแปรด้านสรีรวิทยา ประกอบด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก (Body composition analyzer) ยี่ห้ออินบอดี้ (In body) ประเทศเกาหลีใต้ เครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพล่าร์ (Polar) ประเทศฟินแลนด์ และเครื่องวัดความดันโลหิต (Digital blood pressure) ยี่ห้อออมรอน (Omron) ประเทศญี่ปุ่น
2. เครื่องมือวัดตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด ได้แก่ เครื่องวัดความจุปอด (Spirometry) ยี่ห้อสไปโรแบงค์ (Spirobank) ประเทศสหรัฐอเมริกา
3. เครื่องมือวัดตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ได้แก่ เครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ยี่ห้อไมโคเมดดิคอล (Micro medical) ประเทศอังกฤษ
4. เครื่องมือสำหรับวัดตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ประกอบด้วยเครื่องมือสำหรับทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปรินท์ ได้แก่ นาฬิกาจับเวลา กรวย นกหวีด และตลับเมตร และเครื่องวิเคราะห์ปริมาณกรดแลคติกในเลือดยี่ห้ออะคูเช็ค (Accu chek) ประเทศสหรัฐอเมริกา
5. เครื่องมือสำหรับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ ได้แก่ อุปกรณ์ฝึกหายใจ (POWER breathe) ยี่ห้อแกม (Gaiam) ประเทศอังกฤษ

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. สร้างโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อหายใจและการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล

3. นำโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อหายใจและการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอลที่สร้างขึ้นไปพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้ค่าความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ (Item Objective Congruence; IOC) เท่ากับ 0.86

4. ทำการศึกษานำร่องก่อนการวิจัย (Try out) เพื่อทดลองรูปแบบการฝึก และทดสอบวิธีการใช้เครื่องมือวัดตัวแปรต่างๆ กับกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะดำเนินการวิจัย

5. ดำเนินการติดต่อทำหนังสือจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อขอความร่วมมือจากชมรมฟุตซอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และทำหนังสือขอยืมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

6. ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์คัดเข้าและชี้แจงเกี่ยวกับโครงการวิจัยและขั้นตอนการดำเนินการวิจัย โดยกลุ่มตัวอย่างต้องลงนามในใบยินยอมการเข้าร่วมในงานวิจัย

7. ทำการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test) โดยกลุ่มตัวอย่างจะได้รับการทดสอบค่าตัวแปรต่างๆ ดังนี้

7.1 ตัวแปรด้านสรีรวิทยา ประกอบด้วย 1. น้ำหนักตัว (Body weight) 2. ส่วนสูง (Height) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยถอดรองเท้าและถุงเท้า ยืนตัวตรง แขนแนบลำตัว และหน้ามองตรง 3. อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก (Heart rate resting) และ 4. ความดันโลหิต (Blood pressure) ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงวัดท่านั่งด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

7.2 ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด ประกอบด้วย 1. ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) 2. ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV_1) โดยให้หายใจเข้าออกปกติจำนวน 2-3 ครั้ง และหลังจากนั้นทำการหายใจเข้าเต็มที่แล้วเป่าออกมาอย่างแรงและเร็วจนลมออกจนหมดและ 3. ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (Maximum voluntary ventilation; MVV) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยหายใจออกและเข้าอย่างลึกและเร็วที่สุดเท่าที่ทำได้ภายในระยะเวลา 15-20 วินาที

7.3 ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ประกอบด้วย 1. ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (Maximal inspiratory pressure; MIP) และ 2. ค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (Maximal expiratory pressure; MEP) โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าและหายใจออกผ่านเครื่องวัดความแข็งแรงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

7.4 ตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ประกอบด้วย 1. การทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (The Running based Anaerobic Sprint Test; RAST) โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยวิ่งเร็วระยะทาง 35 เมตร จำนวน 6 เที่ยว พักระหว่างเที่ยว 10 วินาที และจับเวลาในแต่ละเที่ยว และนำมาหาค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Peak power) ความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic capacity) และค่าร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (% Fatigue index) และ 2. การวิเคราะห์กรดแลคติกในเลือด (Blood lactate) เพื่อวิเคราะห์กรดแลคติกหลังการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ โดยเจาะเลือดที่บริเวณปลายนิ้วชี้หรือนิ้วนางของมือข้างใดข้างหนึ่ง และนำไปเข้าเครื่องวิเคราะห์กรดแลคติก โดยใช้เลือดประมาณ 1 หยด

8. นำผลค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดที่วัดได้ในข้อ 7.3 มาเรียงลำดับตั้งแต่ 1-24 แล้วแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คนโดยการจับคู่

9. กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มจะแบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยแต่ละกลุ่มจะได้รับการฝึกเพิ่มเติมนอกเหนือจากการที่กลุ่มตัวอย่างฝึกซ้อมปกติ โดยทำการฝึกวันจันทร์ พุธ ศุกร์ รวม 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (CG) ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจแบบไม่มีความหนัก (Placebo) และฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ และกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง (TG) ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจและฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

9.1 การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory muscle training) ทำการฝึก 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ แต่ในกลุ่มควบคุมจะเป็นการฝึกกล้ามเนื้อหายใจโดยไม่มีความหนัก โดยขั้นตอนการฝึกมีดังนี้

9.1.1 กลุ่มทดลองทำการฝึกหายใจโดยใช้อุปกรณ์ช่วยฝึกหายใจ (Power breathe) โดยใช้ความหนักในการฝึกที่ระดับ 50% ของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) กำหนดระดับความหนักโดยเทียบจากความหนัก (Load) ของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด โดยมีวิธีการฝึกหายใจมีดังนี้ ยืนตัวตรงและถืออุปกรณ์ฝึกหายใจด้วยมือข้างที่ถนัด และใช้ริมฝีปากอมที่เป่า (Mouthpiece) โดยไม่ให้มีช่องว่างระหว่างริมฝีปากกับที่เป่า จากนั้นหายใจเข้าออกจำนวน 10 ครั้ง เพื่อเป็นการวอร์มอัพ (Warm up) ปรับระดับความหนักตามระดับความหนักที่ใช้ฝึก และใช้อุปกรณ์หนีบจมูก (Nose-clip) หนีบจมูกผู้ฝึกไว้ และหายใจเข้าอย่างแรงทางปากให้สุด โดยหลังตรงและให้อกขยาย และหายใจออกอย่างช้าๆ และยาวจนอากาศออกจากปอดจนหมด ทำการฝึกหายใจทั้งหมด 30 ครั้ง (หายใจเข้าออกนับเป็น 1 ครั้ง) จำนวน 2 เซต พักระหว่างเซต 3 นาที

9.1.2 กลุ่มควบคุมทำการฝึกหายใจโดยใช้อุปกรณ์ช่วยฝึกหายใจเหมือนในกลุ่มทดลอง แต่จะไม่มีความหนักในการฝึก โดยวิธีการฝึกใช้เหมือนกับในกลุ่มทดลอง

9.1.3 หลังจากการฝึกหายใจ ทำการพัก 5 นาที แล้วฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

9.2 การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ (Repeated sprint training) ทั้ง 2 กลุ่มจะทำการฝึก 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยขั้นตอนการฝึกมีดังนี้

9.2.1 อบอุ่นร่างกาย (Warm-up) ประมาณ 10 นาที เริ่มด้วยการวิ่งเหยาะๆ (Jogging) และทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) และแบบค้างนิ่ง (Static stretching) โดยยืดเหยียดค้างไว้ท่าละประมาณ 15-20 วินาที

9.2.2 ฝึกการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่จะทำได้ โดยใช้ระยะทาง 40 เมตร จำนวน 6 เที่ยว พักระหว่างเที่ยว 30 วินาที ทำทั้งหมด 3 เซต พักระหว่างเซต 3 นาที รวมเวลาในการฝึกทั้งสิ้นประมาณ 20 นาที

9.3 โดยทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจะทำการฝึกกล้ามเนื้อหายใจก่อน และจากนั้นพัก 5 นาที จึงทำการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ดังรูปที่ 1

10. หลังจากฝึกครบ 6 สัปดาห์แล้วทำการทดสอบหลังการทดลอง (Post-test) โดยกลุ่มตัวอย่างจะได้รับการทดสอบค่าตัวแปรต่างๆ ตามขั้นตอนดังเช่นการทดสอบก่อนการทดลอง (ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยข้อ 7.)

11. เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ และเขียนรายงานผลการวิจัย

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจ

Set I	Rest	Set II
Power breathe 30 ครั้ง	3 นาที	Power breathe 30 ครั้ง

พัก 5 นาที

การฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run
Set 1	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.
Rest	3 minutes										
	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run
Set 2	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.
Rest	3 minutes										
	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run	Rest	Run
Set 3	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.	30 s.	40 m.

รูปที่ 1. แสดงขั้นตอนการฝึก

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของแต่ละกลุ่ม โดยการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired-T test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

2. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองโดยการทดสอบค่าทีแบบอิสระ (Independent-T test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัย

1. หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสรีรวิทยา ได้แก่ น้ำหนัก อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว เมื่อเปรียบเทียบทั้งระหว่างก่อนและหลังการทดลองและระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านสรีรวิทยาก่อนและหลังการทดลองและระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=12)		กลุ่มทดลอง (n=12)	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	64.42 ± 7.51	64.47 ± 7.62	62.48 ± 6.21	62.77 ± 6.35
อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก (ครั้ง/นาที)	67.325 ± 6.45	66.58 ± 7.93	68.17 ± 6.07	66.00 ± 5.19
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มม.ปรอท)	121.25 ± 4.82	119.33 ± 3.93	121.75 ± 9.80	122.58 ± 9.86
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มม.ปรอท)	81.83 ± 8.94	81.50 ± 7.94	76.50 ± 5.10	76.58 ± 4.76

2. หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ในส่วนของตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดพบว่ากลุ่มทดลองมีค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (MEP) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง และมีค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) และค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองและเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ก่อนและหลังการทดลองและระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=12)		กลุ่มทดลอง (n=12)	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
FVC (ลิตร)	3.82 ± 0.94	3.88 ± 1.08	3.19 ± 0.53	3.97 ± 0.37*
FEV1 (ลิตร)	3.44 ± 0.83	3.67 ± 0.84	3.09 ± 0.75	3.40 ± 0.69
MVV (ลิตร/นาที)	99.22 ± 20.27	99.73 ± 20.83	91.59 ± 16.13	152.86 ± 23.33*†
MIP (เซนติเมตรน้ำ)	87.25 ± 10.08	86.33 ± 9.65	91.08 ± 11.71	112.08 ± 15.42*†
MEP (เซนติเมตรน้ำ)	57.25 ± 11.45	69.83 ± 18.47	60.50 ± 9.44	83.75 ± 18.34*

* $p < .05$ แตกต่างกับก่อนการทดลอง †$p < .05$ แตกต่างกับกลุ่มควบคุม

FVC = ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่, FEV_1 = ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่, MVV = ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที, MIP = ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด, MEP = ค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด

3. หลังการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มทดลองมีการเพิ่มขึ้นของค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และมีระดับของกรดแลคติกในเลือดลดลง การลดลงของเวลาในการวิ่งโดยการทดสอบ RAST test เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองและเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังรูปที่ 2

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรด้านความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ ก่อนและหลังการทดลองและระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=12)		กลุ่มทดลอง (n=12)	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Peak power) (วัตต์)	612.10 ± 137.06	663.68 ± 195.66	634.56 ± 110.12	868.63 ± 156.92*†
ค่าร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อย (Fatigue) (%)	8.25 ± 2.7	8.24 ± 2.4	9.82 ± 2.52	9.00 ± 2.8
เวลาในการวิ่ง (วินาที)	33.00 ± 1.59	32.97 ± 1.79	32.27 ± 1.9	28.57 ± 1.48*†
กรดแลคติกก่อน RAST test	2.15 ± 0.44	2.03 ± 0.48	2.25 ± 0.53	2.05 ± 0.54
กรดแลคติกหลัง RAST test	11.02 ± 2.76	11.21 ± 2.75	12.29 ± 3.81	8.90 ± 1.73*†

* $p < .05$ แตกต่างกับก่อนการทดลอง †$p < .05$ แตกต่างกับกลุ่มควบคุม

อภิปรายผลการวิจัย

จากสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจส่งผลดีต่อสมรรถภาพปอดและความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอล ซึ่งจากผลการวิจัยที่พบสามารถนำมาอภิปรายได้ดังนี้

1. ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

จากผลการวิจัยที่พบว่า หลังการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 6 สัปดาห์ กลุ่มทดลองมีค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) เพิ่มขึ้น รวมถึงการเพิ่มขึ้นของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (MEP) ซึ่งเป็นการแสดงถึงการมีสมรรถภาพปอดที่ดีขึ้นและกล้ามเนื้อหายใจมีความแข็งแรงขึ้น สอดคล้องกับมาหะจานและคณะ (Mahajan, Kulkarni, Khatri, Kazi, nd Shinde, 2012) จากการศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อสมรรถภาพในการฟื้นตัวและสมรรถภาพปอดในนักกีฬาฟุตบอล โดยใช้อุปกรณ์ฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (Power breathe) ทำการฝึก 5 วันต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 4 สัปดาห์ พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที และผลการวิจัยสรุปได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถช่วยพัฒนาสมรรถภาพของนักฟุตบอลได้ นอกจากนั้นยังสอดคล้องกับออสแมนและคณะ (Ozmen, Gunes, Ucar, Dogan, and Gafuroglu, 2016) ได้ศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีผลต่อสมรรถภาพปอดและความอดทนต่อความสามารถในการใช้พลังงาน

แบบแอโรบิก ฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 15 นาที 2 ครั้ง ต่อสัปดาห์ เป็นเวลาทั้งหมด 5 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มฝึกกล้ามเนื้อหายใจมีค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 5 สัปดาห์ สามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับจอนสันและคณะ (Johnson, Sharpe, and Brown, 2007)) ทำการศึกษาการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อการพัฒนาความสามารถในการยืนระยะสมรรถนะและความสามารถในการแสดงออกทางแอนแอโรบิกในนักกีฬาปั่นจักรยาน โดยกลุ่มทดลองทำการฝึกหายใจ 30 ครั้ง ที่ความหนัก 50% ของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด มีการเพิ่มขึ้นของความสามารถทางแอนแอโรบิกในการทดสอบความอดทนในการปั่นจักรยานที่ 5 กิโลจูน (Kj) โดยสรุปได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยเพิ่มความสามารถในการยืนระยะสมรรถนะในนักกีฬาปั่นจักรยานได้ ซึ่งการฝึกกล้ามเนื้อหายใจเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มความสามารถทั้งในทางแอโรบิกแอนแอโรบิก ความแข็งแรง และความทนทานของกล้ามเนื้อหายใจ โดยการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ในการสันดาปออกซิเจน (Oxidative enzymes) การลดลงของระยะทางในการแพร่จากหลอดเลือดฝอยไปสู่กล้ามเนื้อ ส่งผลในการลดลงของพื้นที่ในเส้นใยกล้ามเนื้อ และเพิ่มความหนาแน่นของหลอดเลือดฝอย (McFadden, 2011) การฝึกกล้ามเนื้อหายใจจะทำให้อัตราการระบายอากาศลดลงซึ่งเกิดจากการเพิ่มปริมาตรการหายใจเข้าออกปกติ (Tidal volume) และการลดลงของความถี่ในการหายใจ ซึ่งสิ่งนี้ทำให้กล้ามเนื้อหายใจลดการต้องการเลือดและส่งผลให้เลือดมีการไหลเวียนไปยังกล้ามเนื้อส่วนอื่นที่ใช้ในการเคลื่อนไหวมากขึ้น โดยการพัฒนาของความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อหายใจ (Volianitis, McConnell, Koutedakis, McNaughton, Backx, and Jones, 2001) โดยการฝึกกล้ามเนื้อหายใจสามารถใช้ในระหว่างการออกกำลังกายความเข้มสูงเพื่อชะลอการเริ่มต้นของความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อกะบังลมและเพิ่มสมรรถภาพของกล้ามเนื้อหายใจ (Sheel, 2002; Amonette and Dupler, 2002) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความหนักและระยะเวลาในการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ มีหลายงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจโดยแตกต่างกันตามระยะเวลาหรือความหนักที่ใช้ในการฝึก ซึ่งส่วนใหญ่ผลการศึกษาพบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยเพิ่มสมรรถภาพและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ โดยช่วงของระยะเวลาในการฝึกที่ใช้อยู่ในช่วง 4 ถึง 11 สัปดาห์ และความหนักอยู่ในช่วง 50-80% ของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (Inbar, Weiner, Azgad, Rotstein, and Weinstein, 2000; Romer, McConnell, and Jones, 2002; Holm, Sattler, and Fregosi, 2004) ซึ่งผลจากการวิจัยนี้ ช่วยสนับสนุนและเป็นหลักฐานว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่ความหนัก 50% ของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลาทั้งหมด 6 สัปดาห์ นั้นช่วยเพิ่มสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในนักกีฬาฟุตซอลได้

2. ผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่มีต่อความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ากีฬาฟุตซอลเป็นกีฬาที่มีการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ ที่มีความเร็วมากกว่า 18.3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วสูงสุดในการวิ่งมากกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมีความหนักที่สูงสุดในการวิ่งเท่ากับ 18.1-25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Barbero-Álvarez, Soto Hermoso, Barbero-Alvarez, and Granda, 2008) มีการสะสมความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดเท่ากับ 5.3-5.5 มิลลิโมลต่อลิตร (Castagna, D'Ottavio, Vera, and Alvarez, 2009;

Makaje, Ruangthai, Arkarapanthu, and Yoopat, 2012) ซึ่งงานวิจัยนี้พบว่า หลังการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 6 สัปดาห์ มีการเพิ่มขึ้นของค่าพลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และมีการลดลงของระดับของกรดแลคติกในเลือดและการลดลงของเวลาที่ใช้ในการวิ่งรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (RAST) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม แต่ค่าร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อยไม่เปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างมีสมรรถภาพในการวิ่งดีขึ้น ซึ่งการที่ค่าร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อยไม่เปลี่ยนแปลงนั้น อาจเป็นเพราะว่ากลุ่มตัวอย่างวิ่งในแต่ละรอบไม่เต็มที่ ถึงแม้ผู้วิจัยจะควบคุมและดูแลอย่างใกล้ชิด แต่ไม่สามารถจะบอกได้ว่าที่กลุ่มตัวอย่างเต็มที่นั้นแล้วจริง และอีกเหตุผลนึงอาจเป็นเพราะให้ช่วงการเก็บข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักกีฬาฟุตซอลของมหาวิทยาลัยนั้นพึ่งหยุดจากการฝึกซ้อมประมาณ 2 เดือนหลังจากการแข่งขันกีฬามหาลัยวิทยาลัย และพึ่งเริ่มฝึกซ้อมใหม่ได้ประมาณ 1 เดือน โดยคำนวณค่าทางแอนแอโรบิกจากการทดสอบรันนิ่งเบสท์แอนแอโรบิกสปริ๊นท์ (RAST) นั้น เพื่อแสดงถึงความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ โดยความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำ หมายถึง ความสามารถในการวิ่งซ้ำๆ กันโดยมีการฟื้นคืนสู่สภาพปกติน้อยที่สุด หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นความสามารถในการแสดงออกถึงสมรรถนะในการวิ่งให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยมีการฟื้นตัวในระยะเวลาสั้นๆ (Bishop, Girard, and Mendez-Villanueva, 2011; Stojanovic, Ostojis, Calleja-Gonzшlez, Milosevic, and Mikic, 2012) ซึ่งความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆขึ้นอยู่กับการสังเคราะห์ฟอสโฟครีเอทีน (Phosphocreatine; PCr) และการขับไฮโดนเจนไอออน (Hydrogen ions; H^+) ออกจากกล้ามเนื้อในช่วงของการฟื้นตัว (Recovery) (Aziz, Chia, and The, 2000) สำหรับสมรรถภาพที่สอดคล้องกันในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆ ดูได้จากการกลับคืนสู่สภาพเดิมที่กรดแลคติกเกิดขึ้น โดยกรดแลคติกเป็นสารเคมีที่เป็นผลผลิตที่เกิดขึ้นในเซลล์ของกล้ามเนื้อจากขบวนการไกลโคไลสิส ซึ่งเป็นขบวนการสร้างพลังงานโดยไม่ใช้ออกซิเจน หากมีการออกกำลังกายกรดแลคติกจะมีปริมาณการสะสมมากขึ้น และแพร่เข้าสู่กระแสเลือด โดยกรดแลคติกถูกสร้างขึ้นอย่างมากในช่วงเวลาของการสร้างพลังงานแบบแอนแอโรบิก โดยที่ร่างกายได้รับออกซิเจนเข้าไปไม่เพียงพอ ทำให้ไพรูเวท (Pyruvate) ทำหน้าที่รับอะตอมของไฮโดรเจนไปเสียเองจนทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อเกิดความเมื่อยล้า (Lindinger, 2007) ซึ่งส่งผลต่อการแสดงสมรรถนะในการวิ่งในนักกีฬาฟุตซอลได้ จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าหลังการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 6 สัปดาห์ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำๆได้ เห็นได้จากการที่นักกีฬาฟุตซอลที่มีการฝึกกล้ามเนื้อหายใจมีค่าพลังสูงสุดและความสามารถสูงสุดทางแอนแอโรบิกเพิ่มขึ้น และมีร้อยละดัชนีบ่งชี้ความเหนื่อยลดลง สอดคล้องกับอาชิซาและคณะ (Archiza, Andaku et al. 2018) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกกล้ามเนื้อหายใจต่อการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหายใจและกล้ามเนื้อส่วนอื่นรอบนอกระหว่างการออกกำลังกายที่มีความหนักระดับสูงและความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักฟุตบอลหญิง โดยฝึกกล้ามเนื้อหายใจ 6 สัปดาห์ สรุปผลว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจมีบทบาทสำคัญในการลดการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อในระบบหายใจและส่งผลให้เกิดการเพิ่มออกซิเจนและการส่งเลือดไปสู่กล้ามเนื้อขาในระหว่างการออกกำลังกายที่มีความหนักระดับสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ความทนทานในการออกกำลังกาย และความสามารถในการวิ่งเร็ว

ในนักฟุตบอลหญิงได้ นอกจากนั้น ยังสอดคล้องกับโรเมอร์และคณะ (Romer, McConnell, and Jones, 2002) รายงานว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยลดระยะเวลาในการฟื้นตัว (Recovery time) และลดระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดระหว่างการฝึกด้วย อีกทั้งแมคคอนเนลและชาร์ฟ (McConnell and Sharpe, 2005) ก็ทำการศึกษาพบว่าการฝึกกล้ามเนื้อหายใจช่วยลดความเข้มข้นของกรดแลกติกในเลือดเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับฐาปนวัฒน์ สุขปาละ และวิชิต คนึงสุขเกษม (2554) ที่กล่าวว่า ผลการเปลี่ยนแปลงของความสามารถสูงสุดแบบแอนแอโรบิกมาจากการที่เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องมีการเพิ่มความสามารถในการทำงาน ทำให้การสังเคราะห์เอทีพีขึ้นมาใหม่เร็วขึ้น ส่งผลให้การสะสมของกรดแลกติกระหว่างการออกกำลังกายที่ใช้กำลังสูงสุดมีการลดลง กรดแลกติกในเลือดถูกกำจัดได้ดีขึ้นส่งผลต่อการควบคุมสมดุลแร่ธาตุในร่างกาย มีการลดลงของกระบวนการไกลโคเจโนไลสิสในกล้ามเนื้อไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมีการสะสมเพิ่มมากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ช่วยเพิ่มสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ รวมถึงความสามารถด้านการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดแบบซ้ำในนักกีฬาฟุตซอลได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การฝึกกล้ามเนื้อหายใจที่ความหนัก 50% ของค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์นั้น สามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงของสมรรถภาพปอดและความสามารถที่แสดงออกทางแอนแอโรบิกได้ ดังนั้น จึงสามารถนำโปรแกรมไปประยุกต์ร่วมกับการฝึกซ้อมเพื่อเพิ่มสมรรถภาพของนักกีฬาฟุตซอลรวมถึงนักกีฬาอื่นๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนร่วมทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

Amonette, W., and Dupler, T. (2002). The effects of respiratory muscle training on VO2 max, the vantilatory threshold and pulmonary function. *Journal of Exercise Physiology Online*, 5(2), 29-35.

Arins, F.B., and Silva, R.C.S. (2007). Intensity of training sessions among professional indoor soccer (futsal) players: a case study. *Brazilian Journal Kinanthropometry and Human Performance*, 9(3), 291-296.

Archiza, B., Andaku, D.K., Caruso, F.C.R., Bonjorno, J.C., Oliveira, C.R., Ricci, P.A., Amaral, A.C.D., Mattiello, S.M., Libardi, C.A., Phillips, S.A., Arena, R., and Borghi-Silva, A.. (2017). Effects of inspiratory muscle training in professional women football players: a randomized sham-controlled trial. *Journal of Sports Sciences*, 16, 1-10.

Aziz, A.R., Chia, M., and The, K.C., (2000). The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness,* 40(3), 195-200.

Badaam, K.M., Munibuddin, A., Khan, S.T., Choudhari, S.P., and Doiphode, R. (2013). Effect of Traditional Aerobic Exercises Versus Sprint Interval Training on Pulmonary Function Tests In Young Sedentary Males: A Randomised Controlled Trial. *Journal of Clinical and Diagnostic Research,* 7(9), 1890-1893.

Barbero-Alvarez, J.C., D'Ottavio, S., Vera, J.G., and Castagna, C. (2009). Aerobic fitness in futsal players of different competitive level. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(7), 2163-6.

Barbero-Alvarez, J.C., Soto, V.M., and Granda, J. (2007). Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 27(1), 1-11.

Barbero-ฝlvarez, J.C., Soto Hermoso, V. M., Barbero-Alvarez, V., and Granda, J. (2008). Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 63-73.

Barbero-Alvarez, J.C., Subiela, JV., Granda-Vera, J., Castagna, C., G๓mez, M., and Del Coso, J. (2015). Aerobic fitness and performance in elite female futsal players. *Biology of Sport*, 32(4), 339-344.

Bishop, D., Girard, O., and Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability – part II: recommendations for training. *Journal of Science and medicine in Sports*, 41(9), 741-756.

Castagna, C., Barbero-Alvarez, J.C. and Ottavio, S. (2008). Match demands of professional futsal: A case study. *Journal of Science and medicine in Sports*, 13, 326-330.

Castagna, C., D'Ottavio, S., Vera, J.G., and Alvarez, J.C. (2009). Match demands of professional Futsal: A case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(4), 490-494.

Erceg, M., Grgantov, Z., Rada, A., and Milic, M. (2013). Differences in Pulmonary Function among Croatian Premier League Soccer and Futsal Players. *Journal of Physical Education and Sport*, 2(8), 2250-1991.

Gantois, P., Aidar, F.J., Matos, D.G., Souza, R.F., Silva, L.M., Castro, K.R., and Medeiros, R.C.S.C. (2017). Repeated sprints and the relationship with anaerobic and aerobic fitness of basketball athletes. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(2), 910-915.

Gigliotti, F., Binazzi, B., and Scano, G. (2006). Does training of respiratory muscles affect exercise performance in healthy subjects? *Respiratory Medicine*, 100(6), 1117-1120.

Harms, C. A., Wetter, T. J., McClaran, S. R., Pegelow, D. F., Nickele, G. A., Nelson, W. B., and Dempsey, J. A. (1998). Effects of respiratory muscle work on cardiac output and its distribution during maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 85(2), 609-618.

Holm, P., Sattler, A., and Fregosi, R. F. (2004). Endurance training of respiratory muscles improves cycling performance in fit young cyclists. *BMC Physiology*, 4, 9-23.

Johnson, B.D., Babcock, M.A., Suman, O.E., and Dempsey, J.A. (1993). Exercise-induced diaphragmatic fatigue in healthy humans. *Journal of Physiology*, 460, 385-405.

Johnson, M.A., Sharpe, G.R. and Brown, P.I. (2007). Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. *European Journal of Applied Physiology*, 101(6), 761-770.

Inbar, O., Weiner, P., Azgad, Y., Rotstein, A., and Weinstein, Y. (2000). Specific inspiratory muscle training in well-trained endurance athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(7), 1233-1237.

Mahajan, A.A., Kulkarni, N., Khatri, S.M., Kazi, A., and Shinde, N. (2012). Effectiveness of respiratory muscle training in recreational soccer players: a randomized controlled trial. *Romanian Journal of Physical Therapy*, 18(30), 413-736.

Makaje, N., Ruangthai, R., Arkarapanthu, A., and Yoopat, P. (2012). Physiological demands and activity profiles during futsal match play according to competitive level. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 52(4), 366–374.

McConnell A.K, and Sharpe G.R. (2005). The effect of inspiratory muscle training upon maximum lactate steady-state and blood lactate concentration. *European Journal of Applied Physiology.* 94(3): 277-284.

McFadden, C. (2011). *The effects of inspiratory muscle training on anaerobic power in trained cyclists.* Unpublished Master's Thesis, Faculty of Science, Western Washington University.

Nascimento, P.C., Lucas, R.D., Pupo J.D., Arins, F.B., Castagna, C., and Guglielmo, L.G. (2015). Effects of four weeks of repeated sprint training on physiological indices in futsal players. *The Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 17(1), 91-103.

Nicks, C.R., Morgan, D.W., Fuller, D.K., and Caputo, J.L. (2009). The influence of respiratory muscle training upon intermittent exercise performance. *International Journal of Sports Medicine*, 30(1), 16-21.

Ozmen, T., Gunes, G.Y., Ucar, I., Dogan, H., and Gafuroglu, T.U. (2016). Effect of respiratory muscle training on pulmonary function and aerobic endurance in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 57(5), 507-513.

Romer, L.M., McConnell, A.K., and Jones, D.A. (2002). Effects of inspiratory muscle training upon recovery time during high intensity, repetitive sprint activity. *International Journal of Sports Medicine*, 23(5), 353-60.

Sheel, A.W. (2002). Respiratory muscle training in healthy individuals: physiological rationale and implications for exercise performance. *International Journal of Sports Medicine*, 32(9), 567-581.

Stojanovic, M.D., Ostojis, S.M., Calleja-González, J., Milosevic, Z., and Mikic, M. (2012). Correlation between explosive strength, aerobic power and repeated sprint ability in elite basketball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2(4), 375-381.

Sukpala, T. and Kanungsukkasem, V. (2012). A comparison between interval sprinting and interval sprint cycling on anaerobic and aerobic performance in rugby football players. *Journal of Sports Science and Health*, 13(2), 33-47.

Vogiatzis I., Georgiadou O., Koskolou M., Athanasopoulos D., Kostikas K., Golemati S., Zakynthinos S. (2007). Effects of hypoxia on diaphragmatic fatigue in highly trained athletes. *Journal of Physiology*, 581, 299-208.

Volianitis, S., McConnell, A. K., Koutedakis, Y., McNaughton, L., Backx, K., and Jones, D.A. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance**.** *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), 803-809.

Wetter, T.J., Harms, C.A., Nelson, W.B., Pegelow, D.F., and Dempsey, J.A. (1999). Influence of respiratory muscle work on VO2 and leg blood flow during submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 87(2), 643-651.