

ผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติ ที่มีต่อรูปแบบการขยายทรวงอกในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล

ธนโชติ เพิ่มเติม รวิกานต์ สุขแท้ และ นงนภัส เจริญพานิช

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อศึกษาผลของการฝึกในรูปแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ที่มีต่อรูปแบบการขยายทรวงอกในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล แบ่งอาสาสมัครออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 9 คน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) และใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ค่าสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2 max) คือ กลุ่มที่ 1 ฝึกที่ระดับออกซิเจนปกติ (20.93%) และ กลุ่มที่ 2 ฝึกที่ระดับออกซิเจนต่ำ (14.5% - 15%) ที่ความดันบรรยากาศปกติทั้ง 2 กลุ่ม ฝึกโดยการวิ่งบนลูกล้อในห้องจำลองสภาวะออกซิเจนต่ำ (ATS-5HKP 750 SYSTEM, Australia) ตามโปรแกรมกำหนด ก่อนและหลังการฝึก 6 สัปดาห์ วิเคราะห์รูปแบบการขยายทรวงอกขณะหายใจโดยใช้โปรแกรม Qualisys Track Manager จากตำแหน่งมาร์คเกอร์ 30 จุด บนทรวงอก นำค่าลำดับของตำแหน่งทั้ง 30 จุดมาคำนวณปริมาตรทรวงอกบนพื้นฐานทางเรขาคณิต ได้ปริมาตรทรวงอกขณะหายใจ 4 ส่วน คือ ทรวงอกส่วนบน (UL) ทรวงอกส่วนล่าง (LL) ช่องท้องส่วนบน (UA) และช่องท้องส่วนล่าง (LA) และปริมาตรโดยรวม (TO) โดยแสดงผลเป็นค่า Tidal Volume (TV), Vital Capacity (VC), Inspiratory Capacity (IC), Expiratory Reserve Volume (ERV) และ Total Lung Capacity (TLC) เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโดยใช้ Independent t-test (t) หรือ Mann Whitney U test (U) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่า TV ในส่วนของ UL, ค่า VC ในส่วนของ UA, ค่า IC ในส่วนของ UA และ ค่า ERV ในส่วนของ TO จึงสรุปได้ว่าการฝึกในรูปแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติส่งผลให้ค่า TV ของกลุ่มที่ 2 ในส่วนของ UL, ค่า VC ในส่วนของ UA, ค่า IC ในส่วนของ UA สูงกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ และ ค่า ERV ในส่วนของ TO น้อยกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: การออกกำลังกายแบบแอโรบิก; การออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติ; รูปแบบการขยายทรวงอกขณะหายใจ; นักกีฬารักบี้ฟุตบอล



EFFECTS OF AEROBIC TRAINING IN HYPOXIC NORMOBARIC CONDITION ON CHEST EXPANSION PATTERN IN RUGBY FOOTBALL PLAYERS

Thanachoat Permterm, Rawikarn suktae, and Nongnapas Charoenpanich

Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

Abstract

The purpose of this study was to study the effects of aerobic training in hypoxic normobaric conditions for 6 weeks on chest expansion pattern. The participants were separated into 2 groups (9 each) by Purpostive sampling and used Cluster random sampling with VO₂max from group 1 was trained in normoxic (20.93%), and group 2 in hypoxic (14.5%-15%), both groups were trained in normobaric condition. All participants were trained by running on treadmill in hypoxic training room (ATS-5HKP 750 SYSTEM, Australia) according to training program. Each participant was analyzed chest expansion pattern, pre and post training, by using Qualisys Track Manager from coordination of 30 chest markers and calculated chest volume based on a geometric shape. Four parts of chest volume; Upper Lung (UL), Lower Lung (LL), Upper abdomen (UA) and Lower Abdomen (LA) and Total Part (TO), were shown in Tidal Volume (TV), Vital Capacity (VC), Inspiratory Capacity (IC), Expiratory Reserve Volume (ERV) and Total Lung Capacity (TLC). The Independent t-test or Mann Whitney U test (U) were used to compare between groups. The result showed the significant differences of TV at UL, the VC at UA, IC at UA, and ERV at TO, therefore the low oxygen condition at normal atmospheric pressure resulted in significantly higher by Group 2 of TV at UL, VC at UA, IC at UA, than those in Group 1 but ERV at TO, significantly lower than Group 1

Keywords: Aerobic exercise, Hypoxic normobaric exercise, Chest expansion pattern, Rugby football players

บทนำ

กีฬารักบี้ฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีต้นกำเนิดมาหลายร้อยปี ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในหลายประเทศ มีการจัดการแข่งขันระดับนานาชาติมากมาย เช่น Rugby world cup, Six Nation Championship, The Rugby Championship และการแข่งขันระดับสโมสร เช่น Super Rugby กีฬารักบี้ฟุตบอลเป็นกีฬาที่มีความเข้มข้นและความต่อเนื่องในการแข่งขันสูง (Hopkins, & Viljoen, 2008) เนื่องจากเป็นกีฬาที่มีการผสมผสานกันของระบบพลังงาน โดยใช้ระบบพลังงานแบบแอโรบิก 60% ระบบพลังงานแอนแอโรบิกไกลโคไลติก 30% และระบบพลังงานอะแลคติก 10% (Claro, & Bompa, 2009) และมีอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยตลอดเกมอยู่ที่ 154.9 ครั้ง/นาที (Blair, Elsworth, Rehner, Button, & Gill, 2018) จึงเป็นกีฬาที่ใช้พลังงานแอโรบิก หรือเผาผลาญพลังงานด้วยการใช้ออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ จึงควรมีสมรรถภาพของระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตที่ดี

การพัฒนาการระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตให้มีสมรรถภาพเพิ่มขึ้น มักเลือกใช้การออกกำลังกายในรูปแบบแอโรบิก เนื่องจากการฝึกที่สามารถกระตุ้นให้หัวใจและหลอดเลือดต้องขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อผลิตพลังงานให้กล้ามเนื้อให้เพียงพอ (Powers, Howley, & Quindry, 2007; Park, Hwang, Park, Lee, & Lim, 2016) ดังเช่นการศึกษาของ เพสคาเทลโล รีเบ และทอมสัน (Pescatello, Riebe, & Thompson, 2014) ได้แนะนำการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีประสิทธิภาพที่ 300 นาทีต่อสัปดาห์ ระดับความหนักปานกลางหรือ 64 - 77% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HRmax) หรือ 40 - 60% ของอัตราการเต้นหัวใจสำรอง (HRR) หรือที่ 150 นาทีต่อสัปดาห์ ในระดับความหนักสูงหรือ 77 - 94% ของ HRmax หรือ 60 - 85% ของ HRR ซึ่งที่ระดับ 75% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HRmax) ส่งผลให้มีอัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ยใกล้เคียงอัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ยตลอดเกมของนักกีฬารักบี้ฟุตบอล (Blair et al., 2018) โดยนอกเหนือจากหัวใจและระบบไหลเวียนโลหิตที่ได้ผลโดยตรงแล้วนั้นการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ยังส่งผลต่อการกระตุ้นระบบหายใจ เนื่องจากระบบที่อาศัยการทำงานร่วมกัน ดังนั้นทั้งระบบหายใจไหลเวียนโลหิตจะต้องทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพทั้งระบบเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานของระบบหายใจไหลเวียนโลหิต (Lazovic - Popovic et al., 2016; Pescatello et al., 2014; Rivera - Brown & Frontera, 2012)

จากการศึกษาเกี่ยวกับระบบหายใจในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล มาซิก และคณะ (Mazic et al., 2015) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างนักกีฬารักบี้ฟุตบอลและคนบุคคลทั่วไปไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของอัตราการหายใจ ในค่า Vital capacity (VC) และ Forced vital capacity (FVC) ขณะที่ โรฟนี พาสโก และ มาร์ตีโรเชน (Rovniy, Pasko, & Martyrosyan, 2017) ได้ศึกษาถึงผลการออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันบรรยากาศปกติในกีฬารักบี้ฟุตบอลพบว่า ร่างกายมีการปรับตัวโดยมีประสิทธิภาพในการใช้ออกซิเจนที่ดีขึ้น ขับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาได้มากขึ้นและขับออกซิเจนออกมาน้อยลงหลังจากฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติ 6 สัปดาห์ แต่อย่างไรก็ตาม ไม่พบงานวิจัยใดที่ศึกษาถึงผลการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำบรรยากาศปกติที่มีต่อรูปแบบการขยายทรวงอกในนักกีฬารักบี้

มีการพยายามพัฒนาประสิทธิภาพของผลการออกกำลังกายที่มีต่อระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตให้เพิ่มขึ้น เช่น การฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำ โดย ต้อง คงวิเศษ และนนงนัส เจริญพานิช (Thong Kongwisate & Nongnapas Charoenpanich, 2018) ได้ศึกษาผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขยายปริมาตรภายในช่องอกขณะหายใจ โดยแบ่งทรวงอกออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ทรวงอกส่วนบน ทรวงอกส่วนล่าง ช่องท้องส่วนบน และ ช่องท้องส่วนล่าง ได้สรุปว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขยายทรวงอกขณะหายใจ โดยมีการขยายทรวงอกส่วนล่าง และช่องท้องเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งหมายถึงความสามารถในการดึงอากาศเข้าสู่ปอดได้ลึกขึ้น มีประสิทธิภาพของรูปแบบการหายใจเพิ่มขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาของ ต้อง คงวิเศษ และ นงนภัส เจริญพานิช (Thong Kongwisate, & Nongnapas Charoenpanich, 2018) ที่กล่าวว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันบรรยากาศปกติจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขยายทรวงอกได้หลังการออกกำลังกายทันที และมีงานวิจัยที่กล่าวว่าการฝึกในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานแบบแอโรบิกได้ (Czuba et al., 2018; Dufour et al., 2006; Park, 2016; Ponsot et al., 2006; Seitz, et al., 2020; Wilber, 2011) หรือ มีการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติแต่ก็ศึกษาเพียงประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนแก๊ส (Rovniy, Pasko, & Martyrosyan, 2017) หรือการศึกษาเปรียบเทียบในค่า Vital capacity (VC) และ Forced vital capacity (FVC) ระหว่างนักกีฬารักบี้ฟุตบอลและคนบุคคลทั่วไปก็ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของอัตราการหายใจ แต่ไม่พบงานวิจัยใดที่ศึกษาถึงผลของฝึกโดยการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อรูปแบบการขยายทรวงอก โดยเฉพาะในนักกีฬารักบี้ที่มีความต้องการออกซิเจนเพื่อสร้างพลังงานแบบแอโรบิกมากถึง 60% ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาถึงผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติในนักกีฬารักบี้เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ว่ามีผลต่อรูปแบบการขยายทรวงอกอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลการฝึกในรูปแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ที่มีต่อรูปแบบการขยายทรวงอกในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล

สมมติฐานของการวิจัย

การออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติเป็นเวลา 6 สัปดาห์ มีผลต่อรูปแบบการขยายทรวงอกจากการเพิ่มสมรรถภาพการหายใจโดยการเพิ่มปริมาตรของปอดส่วนล่างในนักกีฬารักบี้ฟุตบอล

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental design) ในนักกีฬารักบี้ชาย อายุ 18 - 25 ปี จากชมรมรักบี้ฟุตบอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยได้ถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม โดยผู้วิจัยเป็นผู้คัดกรองกลุ่มตัวอย่างด้วยตนเองโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) ในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง โดยเลือกให้มีแต่ละตำแหน่งการเล่นเท่า ๆ กัน และใช้วิธีการการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ค่าสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2 max) และตำแหน่งของผู้เล่นในการแบ่งกลุ่มตัวอย่าง โดยให้แต่ละกลุ่มมีจำนวนผู้เล่นในตำแหน่งการเล่นต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน และค่าเฉลี่ยสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดในแต่ละกลุ่มที่ใกล้เคียงกัน โดยกลุ่มที่ 1 ฝึกเสริมด้วยการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนปกติ และ กลุ่มที่ 2 ฝึกเสริมด้วยการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติ เพื่อศึกษาผลของการฝึกเสริมของแต่ละรูปแบบต่อการขยายทรวงอกขณะหายใจ โดยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ก่อนดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

นักกีฬารักบี้ชาย อายุ 18-25 ปี จาก ชมรมรักบี้ฟุตบอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวนกลุ่มตัวอย่างอ้างอิงจากงานวิจัยของ ต้อง คงวิเศษ และนงนภัส เจริญพานิช (Thong Kongwisate, & Nongnapas Charoenpanich, 2018) โดยนำค่าเฉลี่ยจากผลงานวิจัยมาคำนวณผ่านโปรแกรม G* power โดยกำหนด $\alpha =$

0.05, $\beta = 0.2$ และค่า effect size = 1.38 กำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นทั้งหมด 18 คน แบ่งเป็นกลุ่มละ 9 คน โดยมีตำแหน่งการเล่นใกล้เคียงกัน

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัย

1. เป็นนักกีฬารักบี้ชาย อายุระหว่าง 18-25 ปี
2. สุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัวที่ร้ายแรง เช่น เบาหวาน โรคปอด โรคหัวใจ หรือโรคประจำตัวอื่น ๆ ที่มีข้อห้ามในการออกกำลังกาย และไม่อยู่ในภาวะอาการเจ็บป่วย จนไม่สามารถออกกำลังกายได้ในช่วงเก็บข้อมูล
3. ไม่มีโรคประจำตัวเกี่ยวกับระบบหายใจ จนมีโครงสร้างทรวงอกผิดปกติ ตัวอย่างเช่น ภาวะอกไก่ อกนูน หรือ ทรวงอกรูปถังเบียร์ ที่มีการขยายทรวงอกขณะหายใจที่ผิดปกติ
4. ไม่มีประวัติการบาดเจ็บรุนแรงของกระดูกและกล้ามเนื้อถึงระดับเข้ารับรักษาโดยการผ่าตัด จนไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ ภายใน 3 เดือนก่อนเริ่มเข้าร่วมงานวิจัย
5. รับทราบ และ ยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย อย่างเต็มที่
6. ต้องได้รับวัคซีน COVID-19 อย่างน้อย 2 เข็ม

เกณฑ์การคัดเลือกรายการตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ หรือมีอาการเจ็บป่วย เป็นต้น
2. ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่ได้เข้าร่วมการฝึกเกินกว่า 2 ครั้ง ของช่วงระยะเวลาการฝึกที่ใช้ในการฝึก
3. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ

วิธีการดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

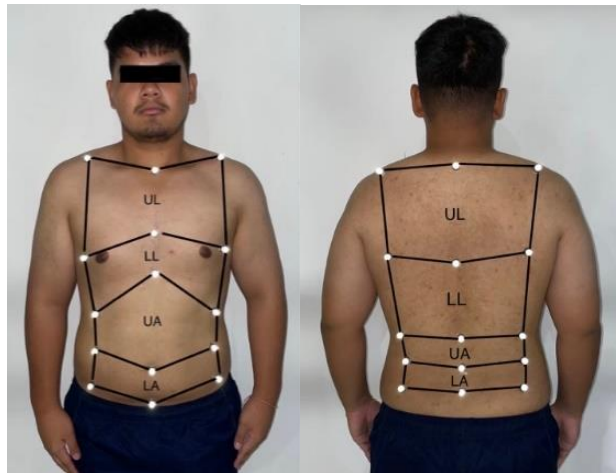
1. แบบสอบถามความพร้อมในการออกกำลังกาย (Physical Activity Readiness Questionnaire; PAR-Q)
2. ข้อมูลทางชีวกลศาสตร์ของการขยายทรวงอกขณะหายใจ เป็นข้อมูลจากชุดวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ซึ่งประกอบด้วย

- 2.1 กล้องความเร็วสูง จำนวน 8 ตัว รุ่น Qualisys oqus 7+ series
- 2.2 Retroreflective มาร์คเกอร์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. จำนวน 30 อัน
- 2.3 สำลีชุบแอลกอฮอล์ สำหรับทำความสะอาดผิวหนังก่อนการติดมาร์คเกอร์
- 2.4 เทปขาวสำหรับติดมาร์คเกอร์

3. ห้องจำลองสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (Hypoxic Training Room) ระบบเอทีเอส 5 เคเอชพี 750 (ATS-5HKP 750 SYSTEM) ประเทศออสเตรเลีย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ 15% อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่ผ่านเกณฑ์คัดเลือกเข้ายินดีเข้าร่วมงานวิจัยเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย และตอบแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลเบื้องต้น
2. อธิบายจุดประสงค์และวิธีการในการปฏิบัติและการเก็บข้อมูลให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนรับทราบ
3. วิธีการทดสอบ
 - 3.1 วัดอัตราการเต้นหัวใจขณะพักเพื่อใช้คำนวณหาอัตราการเต้นหัวใจเป้าหมาย
 - 3.2 ทำความสะอาดผิวหนังของผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์เช็ดบริเวณจุดติดมาร์คเกอร์ ทั้ง 30 ตำแหน่ง โดยทางด้านหน้า 15 จุด และด้านหลัง 15 จุด (Thong Kongwisate, & Nongnapan Charoenpanich, 2018) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งของการติด Marker

(UL; Upper Lung, LL; Lower Lung, UP; Upper Abdomen, LA; Lower Abdomen)

3.3 วิเคราะห์การขยายทรวงอกก่อนเข้าสู่โปรแกรมการฝึกออกกำลังกาย โดยให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยนั่งบนเก้าอี้ไม่มี พนักพิง มือทั้ง 2 ข้าง วางบนตักในท่ากางแขนประมาณ 70 องศา เท้าวางราบกับพื้นผู้วิจัยเริ่มจับการหายใจปกติ จำนวน 5 รอบของการหายใจ หลังจากนั้น ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัย หายใจเข้าเต็มที่ และหายใจออกให้สุด จำนวน 3 รอบ ของการหายใจ และปล่อยให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยหายใจปกติอีก 3 ครั้ง นำค่าเฉลี่ยของการหายใจครั้งที่ 3-5 ของการหายใจก่อนหายใจเต็มที่ และรอบที่ 2 ของการหายใจเต็มที่มาวิเคราะห์ข้อมูล

3.4 ก่อนเริ่มทำการฝึก ผู้เข้าร่วมงานวิจัยแต่ละคนได้นั่งพักเพื่อให้สร้างความคุ้นเคยกับสภาวะที่จะใช้ในการออกกำลังกาย หลังจากนั้น ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยอบอุ่นร่างกายโดยการยืดเหยียดร่างกายเป็นเวลา 15 นาที และทำการออกกำลังกายแบบแอโรบิกโดยการวิ่งบนลู่วิ่ง โดยปรับความชันลู่วิ่งให้อยู่ในแนวระนาบ และปรับความเร็วสูงสุดเท่าที่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยวิ่งได้จนกระทั่งรักษาระดับอัตราการเต้นของหัวใจได้ตามที่โปรแกรมกำหนด โดยกลุ่มที่ 1 ปรับระดับออกซิเจนตามบรรยากาศปกติที่ 20.93% และกลุ่มที่ 2 ปรับระดับออกซิเจนจะอยู่ที่ 14.5%-15% ออกกำลังกายที่ระดับความหนักนั้น ตามระยะเวลาที่กำหนดในโปรแกรมในแต่ละสัปดาห์ หลังจากออกกำลังกาย ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำการคลายอุ่นร่างกายเป็นระยะเวลา 5 นาที และทำการนัดหมายให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเข้าร่วมการออกกำลังกายครั้งต่อไปตามที่โปรแกรมกำหนด จนครบ 6 สัปดาห์

3.5 ทำการวิเคราะห์รูปแบบการขยายทรวงอกหลังเสร็จสิ้นโปรแกรมการฝึกใน สัปดาห์ที่ 6 ตามขั้นตอนข้อ 3.2 และ 3.3

4. นำผลการวิเคราะห์รูปแบบการขยายทรวงอกก่อนและหลังการฝึก ของทั้งสองกลุ่มมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เก็บรวบรวมข้อมูล

1. สถานที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

1.1 ห้องจำลองสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับออกกำลังกาย

1.2 ห้องปฏิบัติทางชีวกลศาสตร์ของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับเก็บข้อมูลการวิเคราะห์รูปแบบการขยายทรวงอกขณะหายใจ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของทรวงอกโดยใช้ โปรแกรม Qualisys Track Manager

2. นำค่าลำดับของตำแหน่ง marker มาคำนวณหาปริมาตรทรวงอก (Chest volume)



3. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของปริมาตรทรวงอกก่อนและหลังการฝึก โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS โดย
 - 3.1 ใช้ Independent t - test ในการเปรียบเทียบข้อมูลที่กระจายตัวปกติ
 - 3.2 ใช้ Mann - Whitney U test ในการเปรียบเทียบข้อมูลที่กระจายตัวไม่ปกติ
4. กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

Characteristics	กลุ่มที่ 1 (n = 9) $\bar{X} \pm S.D.$	กลุ่มที่ 2 (n = 9) $\bar{X} \pm S.D.$
1.อายุ (ปี)	19.44 $\pm$ 0.53	20.11 $\pm$ 0.6
2.น้ำหนัก (กิโลกรัม)	77.91 $\pm$ 17.12	81 $\pm$ 12.42
3.ส่วนสูง (เซนติเมตร)	173.78 $\pm$ 5.54	174 $\pm$ 6.65
4.ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร ²)	25.64 $\pm$ 4.57	26.8 $\pm$ 4.37
5. เปอร์เซ็นต์ไขมัน	20.27 $\pm$ 5.76	22.04 $\pm$ 7.67

จากตารางที่ 1 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 9 คน โดยกลุ่มที่ 1 มีอายุ 19.44 $\pm$ 0.53 ปี น้ำหนัก 77.91 $\pm$ 17.12 กิโลกรัม ส่วนสูง 173.78 $\pm$ 5.54 ซม. ดัชนีมวลกาย 25.64 $\pm$ 4.57 กิโลกรัม/เมตร² เปอร์เซ็นต์ไขมัน 20.27 $\pm$ 5.76 กลุ่มที่ 2 มีอายุ 20.11 $\pm$ 0.6 ปี น้ำหนัก 81 $\pm$ 12.42 กิโลกรัม ส่วนสูง 174 $\pm$ 6.65 ซม. ดัชนีมวลกาย 26.8 $\pm$ 4.37 กิโลกรัม/เมตร² เปอร์เซ็นต์ไขมัน 22.04 $\pm$ 7.67 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาตรทรวงอก ในค่า Tidal volume (TV), Vital (VC), Inspiratory capacity (IC), Expiratory reserve volume (ERV) และ Total lung capacity (TLC) ของทรวงอก 5 ส่วน ได้แก่ Upper lung (UL), Lower lung (LL), Upper abdomen (UA), Lower abdomen (LA) และ Total part (TO) ระหว่างกลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2 ของข้อมูลก่อนการฝึก โดยใช้ Independence t-test (t) สำหรับข้อมูลที่กระจายตัวปกติ และ Mann Whitney U test (U) สำหรับข้อมูลที่กระจายตัวไม่ปกติ

ตัวแปร	กลุ่มที่ 1 (n = 9) $\bar{X} \pm S.D.$	กลุ่มที่ 2 (n = 9) $\bar{X} \pm S.D.$	t	U	p value
Tidal Volume (TV) (Liter)					
- Upper lung (UL)	0.15 $\pm$ 0.11	0.23 $\pm$ 0.20		-0.927	0.354
- Lower lung (LL)	0.20 $\pm$ 0.11	0.26 $\pm$ 0.25		-0.044	0.965
- Upper abdomen (UA)	0.41 $\pm$ 0.44	0.37 $\pm$ 0.30		-0.132	0.895
- Lower abdomen (LA)	0.06 $\pm$ 0.03	0.10 $\pm$ 0.07		-1.369	0.171
- Total part (TO)	0.82 $\pm$ 0.49	0.96 $\pm$ 0.78		-0.486	0.627
Vital capacity (VC) (Liter)					
- Upper lung (UL)	0.4 $\pm$ 0.15	0.54 $\pm$ 0.14	-2.034		0.731
- Lower lung (LL)	0.83 $\pm$ 0.23	0.79 $\pm$ 0.22	0.43		0.795
- Upper abdomen (UA)	0.81 $\pm$ 0.32	0.96 $\pm$ 0.32	-0.972		0.646
- Lower abdomen (LA)	0.2 $\pm$ 0.15	0.26 $\pm$ 0.11		-1.457	0.145
- Total part (TO)	2.24 $\pm$ 0.68	2.54 $\pm$ 0.51	-1.065		0.640
Inspiratory capacity (IC) (Liter)					
- Upper lung (UL)	0.36 $\pm$ 0.17	0.50 $\pm$ 0.20	-1.640		0.791



ตารางที่ 2 ต่อ

ตัวแปร	กลุ่มที่ 1 (n = 9) $\bar{X} \pm S.D.$	กลุ่มที่ 2 (n = 9) $\bar{X} \pm S.D.$	t	U	p value
- Lower lung (LL)	0.77 $\pm$ 0.19	0.79 $\pm$ 0.21	-0.258		0.546
- Upper abdomen (UA)	0.73 $\pm$ 0.29	0.93 $\pm$ 0.34	-1.385		0.731
- Lower abdomen (LA)	0.14 $\pm$ 0.17	0.15 $\pm$ 0.10	-0.08		0.391
- Total part (TO)	1.99 $\pm$ 0.63	2.38 $\pm$ 0.55	-1.37		0.521
Expiratory reserve volume (ERV)					
- Upper lung (UL)	0.04 $\pm$ 0.1	0.04 $\pm$ 0.11	-0.02		0.983
- Lower lung (LL)	0.06 $\pm$ 0.18	-0.01 $\pm$ 0.19		-1.015	0.31
- Upper abdomen (UA)	0.12 $\pm$ 0.17	0.03 $\pm$ 0.21	0.981		0.750
- Lower abdomen (LA)	0.07 $\pm$ 0.06	0.11 $\pm$ 0.1	-0.922		0.209
- Total part (TO)	0.29 $\pm$ 0.43	0.17 $\pm$ 0.5	0.545		0.895
Total lung capacity (TLC)					
- Upper lung (UL)	15.39 $\pm$ 2.81	17.08 $\pm$ 3.69	-1.095		0.53
- Lower lung (LL)	14.10 $\pm$ 2.7	13.98 $\pm$ 1.95	0.109		0.393
- Upper abdomen (UA)	10.35 $\pm$ 1.95	11.12 $\pm$ 2.32		-0.751	0.453
- Lower abdomen (LA)	6.05 $\pm$ 2.01	7.16 $\pm$ 2.02	-1.167		0.907
- Total part (TO)	45.89 $\pm$ 8.82	49.35 $\pm$ 9.47	-0.801		0.834

จากตารางที่ 2 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ Tidal Volume (TV), Vital capacity (VC), Inspiratory capacity (IC), Expiratory reserve volume (ERV), Total lung capacity (TLC) ในทุกส่วน และผลรวมทั้งหมดของปริมาตรทรวงอก

ตารางที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาตรทรวงอก ในค่า Tidal volume (TV), Vital (VC), Inspiratory capacity (IC), Expiratory reserve volume (ERV) และ Total lung capacity (TLC) ของทรวงอก 5 ส่วน ได้แก่ Upper lung (UL), Lower lung (LL), Upper abdomen (UA), Lower abdomen (LA) และ Total part (TO) ระหว่างกลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2 ของข้อมูลหลังการฝึก โดยใช้ Independence t test (t) สำหรับข้อมูลที่กระจายตัวปกติ และ Mann Whitney U test (U) สำหรับข้อมูลที่กระจายตัวไม่ปกติ

ตัวแปร	กลุ่มที่ 1 (n=9) $\bar{X} \pm S.D.$	กลุ่มที่ 2 (n = 9) $\bar{X} \pm S.D.$	t	U	p value
Tidal Volume (TV) (Liter)					
- Upper lung (UL)	0.09 $\pm$ 0.06	0.18 $\pm$ 0.16	-1.536		.047*
- Lower lung (LL)	0.18 $\pm$ 0.1	0.24 $\pm$ 0.18	-0.886		0.145
- Upper abdomen (UA)	0.32 $\pm$ 0.2	0.34 $\pm$ 0.15		-0.662	0.508
- Lower abdomen (LA)	0.12 $\pm$ 0.09	0.07 $\pm$ 0.067	1.272		0.651
- Total part (TO)	0.71 $\pm$ 0.38	0.83 $\pm$ 0.48		-0.927	0.354
Vital capacity (VC) (Liter)					
- Upper lung (UL)	0.40 $\pm$ 0.22	0.49 $\pm$ 0.20		-1.192	0.745
- Lower lung (LL)	0.84 $\pm$ 0.22	0.86 $\pm$ 0.37		-0.309	0.459
- Upper abdomen (UA)	0.81 $\pm$ 0.3	1.08 $\pm$ 0.23		-2.075	0.038*
- Lower abdomen (LA)	0.19 $\pm$ 0.16	0.23 $\pm$ 0.17	-0.597		0.504
- Total part (TO)	2.25 $\pm$ 0.63	2.66 $\pm$ 0.63		-1.81	0.07



ตัวแปร	กลุ่มที่ 1 (n = 9) $\bar{X} \pm S.D.$	กลุ่มที่ 2 (n = 9) $\bar{X} \pm S.D.$	t	U	p value
Inspiratory capacity (IC) (Liter)					
- Upper lung (UL)	0.36 $\pm$ 0.14	0.51 $\pm$ 0.24	-1.552		0.206
- Lower lung (LL)	0.72 $\pm$ 0.14	0.79 $\pm$ 0.34	-0.624		0.12
- Upper abdomen (UA)	0.61 $\pm$ 0.21	0.91 $\pm$ 0.27		-2.252	0.024*
- Lower abdomen (LA)	0.07 $\pm$ 0.2	0.18 $\pm$ 0.25	-1.098		0.487
- Total part (TO)	1.76 $\pm$ 0.32	2.39 $\pm$ 0.61	-2.749		0.076
Expiratory reserve volume (ERV)					
- Upper lung (UL)	0.04 $\pm$ 0.16	-0.02 $\pm$ 0.08	0.955		0.129
- Lower lung (LL)	0.11 $\pm$ 0.15	0.07 $\pm$ 0.1	0.78		0.254
- Upper abdomen (UA)	0.22 $\pm$ 0.16	0.18 $\pm$ 0.17		-0.044	0.965
- Lower abdomen (LA)	0.15 $\pm$ 0.12	0.05 $\pm$ 0.17		-1.015	0.31
- Total part (TO)	0.52 $\pm$ 0.49	0.27 $\pm$ 0.32	1.239		.050*
Total lung capacity (TLC)					
- Upper lung (UL)	15.93 $\pm$ 3.17	18.28 $\pm$ 2.63	-1.711		0.512
- Lower lung (LL)	14.12 $\pm$ 2.81	15.47 $\pm$ 2.26	-1.125		0.58
- Upper abdomen (UA)	10.94 $\pm$ 2.42	14.12 $\pm$ 3.27	-2.352		0.234
- Lower abdomen (LA)	6.52 $\pm$ 2.19	8.82 $\pm$ 2.46	-2.09		0.751
- Total part (TO)	47.51 $\pm$ 10.25	56.69 $\pm$ 10.14	-1.911		0.94

*มีความหมายว่า พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ ≤ 0.05

จากตารางที่ 3 พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่า Tidal Volume (TV) ในส่วนของ Upper lung (UL) ที่ระดับ 0.047, ค่า Vital capacity (VC) ในส่วนของ Upper abdomen (UA) ที่ระดับ 0.038, ค่า Inspiratory capacity (IC) ในส่วนของ Upper abdomen (UA) ที่ระดับ 0.024 และ ค่า Expiratory reserve volume (ERV) ในส่วนของ Total part (TO) ที่ระดับ 0.05

อภิปรายผลการวิจัย

ปริมาตรทรวงอกที่แสดงในงานวิจัยครั้งนี้พัฒนาจากพื้นฐานทางกายวิภาคศาสตร์ของทรวงอกและช่องท้อง โดยใช้วิธีการทางชีวกลศาสตร์ด้วยการติดมาร์คเกอร์บนทรวงอกตามแนวทางของกายวิภาคศาสตร์ของผิวหนัง (Surface anatomy) และนำคู่อันดับแบบสามมิติ (x,y,z) ของตำแหน่งมาร์คเกอร์ทั้ง 30 จุด มาคำนวณหาปริมาตรทรวงอก Chest volume; โดยใช้สูตรคำนวณปริมาตรทางเรขาคณิตจากผลรวมของปริมาตรทรง 12 เหลี่ยมด้านไม่เท่า และแบ่งทรวงอกในการคำนวณออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ทรวงอกส่วนบน (Upper lung; UL) ทรวงอกส่วนล่าง (Lower lung; LL) ช่องท้องส่วนบน (Upper abdomen; UA) ช่องท้องส่วนล่าง (Lower Abdomen; LA) และ ผลรวมปริมาตรทรวงอก (Total part; TO) (Sarro, Silvatti, & Barros, 2008; Silvatti, Sarro, Cerveri, Baroni, & Barros, 2012; Karine, & Sarro, 2008; Thong Kongwisate, & Nongnapas Charoenpanich, 2018)

จากผลการทดลองพบว่า ปริมาตรทรวงอกทั้ง 4 ส่วนก่อนเข้าร่วมงานวิจัย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2 ก่อนการฝึก ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ของปริมาตรส่วนใดเลย แสดงได้ว่ากลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม มีรูปแบบการขยายทรวงอกขณะหายใจในช่วงก่อนการฝึกไม่แตกต่างกัน ดังนั้นหากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของตัวแปรใด ๆ น่าจะเกิดจากผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสถานะออกซิเจนต่ำ ความดันบรรยากาศปกติจริง

จากผลการทดลอง ที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของ ค่า TV ในส่วนของ UL, ค่า VC ในส่วนของ UA, ค่า IC ในส่วนของ UA และ ค่า ERV ในส่วนของ TO แสดงได้ว่าหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันบรรยากาศปกติส่งผลให้รูปแบบการขยายทรวงอกขณะหายใจปกติ มีการดึงอากาศขึ้นปอดส่วนบนเพิ่มมากขึ้น ผ่านทางตัวรับเคมี (Chemoreceptor) ซึ่งอยู่ในระบบไหลเวียนโลหิตและระบบทางเดินหายใจ โดยจะส่งสัญญาณกระตุ้นไปยังสมองเพื่อให้ร่างกายเกิดการปรับรูปแบบของการหายใจ ให้มีการเร่งความถี่ในการหายใจเพิ่มขึ้น การหายใจมีความลึกเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาตรในการดึงออกซิเจนเข้าสู่ร่างกาย (Dufour et al., 2001; Czuba, Fidos-Czuba, Płoszczyca, Zajac, & Langfort, 2018) จึงน่าจะกล่าวได้ว่า อาจเกิดจากการตอบสนองของร่างกายขณะอยู่ในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันบรรยากาศปกติที่มีความยากในการหายใจ จึงได้ตอบสนองโดยการเพิ่มปริมาตรอากาศไปยังปอดส่วนบนซึ่งเป็นการตอบสนองเบื้องต้นได้ (Park et al., 2016; West, 2012)

จากผลการทดลองของค่า VC แสดงว่า หลังการฝึก 6 สัปดาห์ ในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันบรรยากาศปกติส่งผลให้รูปแบบการขยายทรวงอกขณะหายใจลึกขึ้น ส่งผลให้สามารถดึงอากาศลงสู่ปอดส่วนล่างได้มากขึ้น จึงน่าจะกล่าวได้ว่า ผลการฝึกส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการขยายทรวงอกในรูปแบบที่สามารถดึงอากาศลงปอดส่วนล่างได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จัดเป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากปอดส่วนล่างมีปริมาตรมากกว่าปอดส่วนบน (Czuba et al., 2018; Park et al., 2016; Seitz, Preissler, Catalá - Lehnen, & Weitzel, 2020)

จากผลการทดลองค่า IC แสดงว่า การเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของค่า VC ที่ปอดส่วนล่างเกิดจากรูปแบบการขยายทรวงอกขณะหายใจเข้าเต็มที่ที่สามารถดึงอากาศลงปอดส่วนล่างได้เพิ่มมากขึ้น น่าจะกล่าวได้ว่าผลการฝึกสามารถพัฒนาสมรรถภาพของการทำงานของกล้ามเนื้อกระบังลมได้มากขึ้น จึงมีรูปแบบการขยายทรวงอกขณะหายใจเข้าเต็มที่ของปอดส่วนล่างได้มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ต้อง คงวิเศษ และนนนภัส เจริญพานิช (Thong Kongwisate, & Nongnapas Charoenpanich, 2018) ที่พบผลฉับพลันของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันบรรยากาศปกติ ในการเพิ่มค่า IC ของปอดส่วนล่าง ซึ่งการตอบสนองในร่างกายโดยการปรับเปลี่ยนรูปแบบของการขยายทรวงอกให้มีการหายใจโดยการดึงอากาศลงสู่ปอดส่วนล่างเพิ่มขึ้นนั้น เป็นรูปแบบการหายใจที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เนื่องจากปอดส่วนล่างมีปริมาตรมากกว่าและเป็นพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนก๊าซมากกว่าพื้นที่ปอดส่วนบน การหายใจในลักษณะนี้เป็นการหายใจที่ใช้กล้ามเนื้อกระบังลมและกล้ามเนื้อบริเวณท้องซึ่งเป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่ จึงส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพที่สูงขึ้นในการหายใจเมื่อเทียบกับการใช้กล้ามเนื้อส่วนอื่นในการหายใจ (Aliverti et al., 1997; Hamilton, 2011; Kenney, Wilmore, & Costill, 2015; Thong Kongwisate, & Nongnapas Charoenpanich, 2018)

จากผลการทดลองค่า ERV อาจกล่าวได้ว่า ผลการฝึกน่าจะส่งผลต่อกล้ามเนื้อในการหายใจออกเต็มที่ ให้สามารถขับอากาศออกได้มากกว่าการออกกำลังกายในสภาวะออกซิเจนปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รอยนีย์ และคณะ (Rovniy et al., 2017) จึงเหลือปริมาตรโดยรวมน้อยกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่า TLC ของปริมาตรทุกส่วนและค่าเฉลี่ยผลรวมปริมาตรปอด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ต้อง คงวิเศษ และนนนภัส เจริญพานิช (Thong Kongwisate, & Nongnapas Charoenpanich, 2018) พบว่า การเปลี่ยนแปลงกลไกการหายใจที่เพิ่มปริมาตรปอดขณะหายใจเข้าและออกเต็มที่ โดยเฉพาะในส่วนของปอดส่วนล่าง เป็นการปรับตัวแบบฉับพลันของร่างกายเมื่ออยู่ในสภาวะออกซิเจนความดันบรรยากาศปกติ โดยการกระตุ้นการหายใจ โดยเมื่อปริมาณออกซิเจนต่ำลงและคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น จะเกิดการกระตุ้นความถี่ในการหายใจ ผ่านทางตัวรับทางเคมี (Chemoreceptor) ซึ่งอยู่ในระบบไหลเวียนโลหิตและระบบทางเดินหายใจ ซึ่งจะส่งสัญญาณกระตุ้นไปยังสมองเพื่อให้ร่างกายเกิดการปรับรูปแบบของการหายใจ โดยจะมีการเร่งความถี่ในการหายใจเพิ่มขึ้น กลไกการหายใจมีความลึกเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาตรในการดึงออกซิเจนเข้าสู่ร่างกาย แต่ไม่ได้เพิ่มปริมาตรโดยรวมของปอดร่างกาย (Dufour et al., 2001; Czuba

et al., 2018; Kenny et al., 2015) จึงน่าจะกล่าวได้ว่าผลการฝึกน่าจะส่งผลต่อการหายใจ ให้มีรูปแบบการหายใจที่เปลี่ยนแปลงไป แต่ไม่ได้ส่งผลต่อปริมาตรปอดเมื่อหายใจเข้าเต็มที่

จากผลการทดลองในงานวิจัยนี้ จึงกล่าวได้ว่า การศึกษารูปแบบการขยายทรวงอกโดยหลักการของชีวกลศาสตร์และการคำนวณปริมาตรทางคณิตศาสตร์ สามารถใช้เพื่ออธิบายผลของการออกกำลังกายในรูปแบบที่มีผลต่อระบบหายใจได้ โดยจากผลการทดลองพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของ ค่า TV ในส่วนของ UL, ค่า VC ในส่วนของ UA, ค่า IC ในส่วนของ UA และ ค่า ERV ในส่วนของ TO จึงสรุปได้ว่าการฝึกในรูปแบบแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำความดันบรรยากาศปกติส่งผลให้ค่า TV ของกลุ่มที่ 2 ในส่วนของ UL, ค่า VC ในส่วนของ UA, ค่า IC ในส่วนของ UA สูงกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ และ ค่า ERV ในส่วนของ TO น้อยกว่ากลุ่มที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ

ข้อเสนอแนะงานวิจัย

การออกกำลังกายแอโรบิกในสภาวะออกซิเจนต่ำ ความดันบรรยากาศปกติ เป็นเวลา 6 สัปดาห์สามารถกระตุ้นรูปแบบการขยายทรวงอก โดยส่งผลให้ ค่า TV ในส่วนของ UL, ค่า VC ในส่วนของ UA, ค่า IC ในส่วนของ UA สูงขึ้น และ ค่า ERV ในส่วนของ TO ลดลง อย่างมีนัยสำคัญ จึงสามารถนำไปใช้เพื่อฝึกฝนนักกีฬา หรือใช้ออกกำลังกายสำหรับบุคคลทั่วไปที่ต้องการพัฒนาระบบทางเดินหายใจ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่อำนวยความสะดวกด้านสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านจากชมรมรักบี้ฟุตบอลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยตลอดระยะเวลาของโปรแกรมการฝึกเป็นอย่างดี งานวิจัยครั้งนี้จึงสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

References

- Aliverti, A., Cala, S. J., Duranti, R., Ferrigno, G., Kenyon, C. M., Pedotti, A., ... & Yan, S. (1997). Human respiratory muscle actions and control during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 83(4), 1256 - 1269.
- Blair, M. R., Elsworth, N., Rehrer, N. J., Button, C., & Gill, N. D. (2018). Physical and physiological demands of elite rugby union officials. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(9), 1199 - 1207.
- Claro, F., & Bompa, T. (2009). *Periodization in Rugby*. Meyer & Meyer Sport.
- Czuba, M., Fidos-Czuba, O., Płoszczyca, K., Zajac, A., & Langfort, J. (2018). Comparison of the effect of intermittent hypoxic training vs. the live high, train low strategy on aerobic capacity and sports performance in cyclists in normoxia. *Biology of Sport*, 35(1).
- Dufour, S. P., Ponsot, E., Zoll, J., Doutreleau, S., Lonsdorfer-Wolf, E., Geny, B., & Lonsdorfer, J. (2006). Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. I. Improvement in aerobic performance capacity. *Journal of Applied Physiology*, 100(4), 1238 - 1248.
- Hamilton, N. P. (2011). *Kinesiology: Scientific basis of human motion*. Brown & Benchmark.
- Hopkins, N., & Viljoen, W. (2008). BokSmart: Preventive rehabilitation for rugby injuries to the lower back and core. *South African Journal of Sports Medicine*, 20(4), 95 - 101.
- Karine J. Sarro, J. A. (2008). Coordination between ribs motion and thoracoabdominal volumes in swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 195 - 200.



- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2015). *Physiology of sport and exercise* (6th ed.). Human kinetics.
- Lazovic-Popovic, B., Zlatkovic-Svenda, M., Djeli, M., Durmic, T., Zikic, D., & Zugic, V. (2016). Is there relationship between dynamic volumes of pulmonary function and cardiac workload (maximal oxygen uptake) in young athletes?. *Revista Portuguesa de Pneumologia*, 22(4), 237 - 240.
- Mazic, S., Lazovic, B., Djelic, M., Suzic-Lazic, J., Djordjevic-Saranovic, S., Durmic, T., Soldatovic, I., Zikic, D., Gluvic, Z., & Zugic, V. (2015). Respiratory parameters in elite athletes—does sport have an influence?. *Revista Portuguesa de Pneumologia (English Edition)*, 21(4), 192 - 197.
- Park, H. Y., Hwang, H., Park, J., Lee, S., & Lim, K. (2016). The effects of altitude/hypoxic training on oxygen delivery capacity of the blood and aerobic exercise capacity in elite athletes—a meta-analysis. *Journal of exercise nutrition & biochemistry*, 20(1).
- Pescatello, L. S., Riebe, D., & Thompson, P. D. (Eds.). (2014). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Powers, S. K., Howley, E. T., & Quindry, J. (2007). *Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance*. New York: McGraw - Hill.
- Rivera-Brown, A. M., & Frontera, W. R. (2012). Principles of exercise physiology: Responses to acute exercise and long-term adaptations to training. *PMR*, 4(11), 797 - 804.
- Rovniy, A., Pasko, V., & Martyrosyan, A. (2017). Adaptation of the cardiorespiratory system to hypoxic actions of the rugby players depending on the playing position. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(2).
- Sarro, K. J., Silvatti, A. P., & Barros, R. M. (2008). Coordination between ribs motion and thoracoabdominal volumes in swimmers during respiratory maneuvers. *Journal of sports science & medicine*, 7(2).
- Seitz, H., Preissler, E., Catalá-Lehnen, P., & Weitz, M. (2020). Effects of the 'live low - train high' method on variables of endurance capacity: A systematic review. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 71(2), 43 - 50.
- Silvatti, A. P., Sarro, K. J., Cerveri, P., Baroni, G., & Barros, R. M. (2012). A 3D kinematic analysis of breathing patterns in competitive swimmers. *Journal of Sports Sciences*, 30(14), 1551 - 1560.
- Thong Konwisate & Nongnapas Charoenpanich. (2018). Acute effects on aerobic exercise in normoxic and hypoxic normobaric condition on chest expansion pattern. *Journal of sports science and health*, 19(3), 133 - 144.
- West, J. B. (2012). *Respiratory physiology: the essentials*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Wilber, R. L. (2011). Application of altitude/hypoxic training by elite athletes (9th ed.). *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), 271 - 286.

Received: 2023, May 30

Revised: 2024, April 18

Accepted: 2024, April 24