

The Effects of Resistance Circuit Training in Hypoxia Conditions on Aerobic Performance

Pichaya Noppakal¹, Wirat Sonchan², Somporn Songtrakul³ and Sakesan Tongkhambanchong⁴

^{1,2,3}Faculty of Sport Science, Burapha University, Chonburi, Thailand

⁴Faculty of Education, Burapha University, Chonburi, Thailand

¹E-mail: pichaya_noppakal@hotmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-7894-7658>

²E-mail: wirats@go.buu.ac.th, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8229-7869>

³E-mail: somporn_s@go.buu.ac.th, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-4399-8508>

⁴E-mail: phoenix.sake@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1310-1145>

Received 29/11/2023

Revised 14/12/2023

Accepted 20/12/2023

Abstract

Background and Aims: Strengthening and developing physical fitness is an important foundation and is extremely necessary for all types of athletes. In addition to increasing the physical fitness level of athletes, It also has a positive effect on movement and the practice of sports skills effectively. Thus, the purposes of this research were 1) to compare the effects of resistance circuit training in hypoxic and normoxic conditions on aerobic performance. 2) to compare the effects of resistance circuit training in hypoxic conditions on aerobic performance before the training phase, after 4 weeks of the training phase, and after 8 weeks of the training phase, and 3) to compare the effects of resistance circuit training in normoxic conditions on aerobic performance before the training, after 4 weeks of the training phase, and after 8 weeks of the training phase.

Methodology: The samples were male intermittent sport athletes (including futsal, basketball, and handball athletes), aged 18 - 22 years using multistage sampling to obtain a sample size of 24 people. Participants were divided into two groups: experimental group 1 (n = 12) and experimental group 2 (n = 12). Both groups followed a specific program of 8 weeks and 3 days per week. Descriptive statistics were used to analyze data including the mean, and standard deviation. Multivariate analysis of variance (MANOVA) was used in the study. The statistical significance level was set at .05.

Results: (1) the aerobic performance of a group with the resistance circuit training with hypoxic conditions and a group with the resistance circuit training with normoxic conditions were different with no statistical significance, (2) a group with the resistance circuit training with hypoxic conditions had the highest ability to bring oxygen into the body starting from before the training phase,



after 4 weeks of a training phase and after 8 weeks of training phase were statistically significant different while the anaerobic threshold of before the training phase, and after 4 weeks of training phase was statistically significantly different with after 8 weeks of the training phase, and (3) a group with the resistance circuit training with normoxic conditions the highest ability to bring oxygen into the body and the anaerobic threshold starting from before the training phase and after 4 weeks of training phase were statistically significantly different with after 8 weeks of the training phase.

Conclusion: resistance circuit training with hypoxic and normoxic conditions can equally improve aerobic performance.

Keywords: Resistance Circuit Training; Hypoxia Condition; Aerobic performance



ผลของการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อสมรรถภาพด้านแอโรบิก

พิชยา นพกาล¹, วิรัตน์ สนธิจันทร์², สมพร สงตระกูล³, และ เสกสรรค์ ทองคำบรรจง⁴

^{1,2,3}คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย

⁴คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย

บทคัดย่อ

การสร้างเสริมและพัฒนาสมรรถภาพทางกายเป็นพื้นฐานสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับนักกีฬาทุกประเภท เพราะนอกจากจะทำให้ระดับสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาเพิ่มสูงขึ้นแล้ว ยังส่งผลดีให้เกิดการเคลื่อนไหวและการปฏิบัติทักษะกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่มีต่อสมรรถภาพด้านแอโรบิก (2) เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อสมรรถภาพด้านแอโรบิก ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 และ (3) เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่มีต่อสมรรถภาพด้านแอโรบิก ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8

ระเบียบวิธีการวิจัย: กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับพัก ได้แก่ ฟุตบอล บาสเกตบอล และแฮนด์บอล เพศชาย อายุระหว่าง 18 - 22 ปี คัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน จำนวน 24 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน คือ กลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกตามโปรแกรมที่กำหนด 8 สัปดาห์ กลุ่มละ 3 วัน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา คือ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเพื่อการทดสอบสมมติฐานการวิจัย คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบวัดซ้ำ นัยสำคัญทางสถิติกำหนดไว้ที่ .05

ผลการวิจัย: (1) สมรรถภาพด้านแอโรบิกของกลุ่มที่ฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และกลุ่มที่ฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะออกซิเจนปกติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (2) กลุ่มที่ทำการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ มีค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกาย ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่จุดเริ่มล้าก่อนการฝึก และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 แตกต่างกับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ (3) กลุ่มที่ทำการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ มีค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกาย และจุดเริ่มล้าก่อนการฝึก และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 แตกต่างกับหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผล: การฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ สามารถพัฒนาสมรรถภาพด้านแอโรบิกได้เท่าเทียมกัน

คำสำคัญ : การฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้าน; สภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ; สมรรถภาพด้านแอโรบิก

บทนำ

นักกีฬาทุกคนล้วนมีเป้าหมายเดียวกันคือ ประสบความสำเร็จในการแข่งขัน แต่การที่นักกีฬาคนใดคนหนึ่งหรือทีมกีฬาทีมใดทีมหนึ่งจะประสบความสำเร็จได้จะต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่างประกอบเข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้ให้นักกีฬาประสบความสำเร็จทางการกีฬา มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ทักษะกีฬา สมรรถภาพทางกาย และสมรรถภาพทางจิต (Rani & Lakshmi, 2023) ในแง่ของนักสรีรวิทยาการออกกำลังกายได้ให้ความสำคัญกับองค์ประกอบด้านสมรรถภาพทางกายเป็นอันดับแรกที่มีส่วนช่วยให้นักกีฬาประสบความสำเร็จทางการกีฬา ดังนั้น การสร้างเสริมและพัฒนาสมรรถภาพทางกายเป็นพื้นฐานสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับนักกีฬาทุกประเภท เพราะนอกจากจะทำให้ระดับสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาเพิ่มสูงขึ้นแล้ว ยังส่งผลให้เกิดการเคลื่อนไหวและการปฏิบัติทักษะกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการเคลื่อนไหวหรือปฏิบัติทักษะในกีฬาทุกชนิด ร่างกายจะมีการตอบสนองทางสรีรวิทยาของระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับธรรมชาติของการเคลื่อนไหวในกีฬาชนิดนั้น ๆ เช่น ฟุตบอล ฟุตบอล รักบี้ฟุตบอล ฮอกกี้ บาสเกตบอล และกีฬาแร็กเก็ต เป็นต้น กีฬาเหล่านี้จะมีลักษณะการแข่งขันแบบหนักสลับพัก (Intermittent sport) และมีรูปแบบการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วระดับสูงและไม่ต่อเนื่องตลอดช่วงการแข่งขันที่ยาวนาน ซึ่งต้องอาศัยสมรรถภาพทางกายหลายด้าน เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อ พลังของกล้ามเนื้อ สมรรถภาพด้านแอนแอโรบิก และสมรรถภาพด้านแอโรบิก ฯลฯ (Henderson et al., 2023) จากเหตุผลดังกล่าว จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่นักกีฬาประเภทที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับพักจะต้องมีสมรรถภาพทางกายที่ดี โดยเฉพาะนักกีฬาที่มีสมรรถภาพด้านแอนแอโรบิกที่ดีย่อมจะส่งผลให้ได้เปรียบคู่แข่ง

ปัจจุบันการฝึกที่ถูกนำมาใช้ในการสร้างเสริมสมรรถภาพด้านแอนแอโรบิกของนักกีฬามีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น การฝึกแบบต่อเนื่อง การฝึกแบบหนักสลับพัก การฝึกแบบหนักสลับเบา และการฝึกแบบสถานี เป็นต้น โดยการฝึกแบบสถานี (Circuit training) เป็นการนำเอากิจกรรมที่มีความแตกต่างและมีความหลากหลายมารวมไว้ด้วยกัน โดยสามารถปรับความหนักของงาน (Intensity) และรูปแบบของกิจกรรม (Type) ที่นำมาใช้ในการฝึกให้มีความหลากหลาย เพื่อให้ผู้ฝึกได้ทำการฝึกจากสถานีหนึ่งไปสู่อีกสถานีหนึ่ง ซึ่งจะมีการหมุนเวียนสลับเปลี่ยนรูปแบบของกิจกรรมการฝึกที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกันแต่ใช้ระยะเวลาพักน้อยและพักสั้น ๆ จึงช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดให้พัฒนาในทางที่ดีขึ้น (Jatra, Wati, Kumara, Rinaldi, & Fernando, 2023) ดังจะเห็นได้จากหลาย ๆ งานวิจัยที่ผ่านมา เช่นการศึกษา Ballesta-García, et al (2020) พบว่า การฝึกแบบสถานีช่วยพัฒนาความสามารถในการทำงานของระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดให้เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Khattak, et al (2020) พบว่า การฝึกแบบสถานีสามารถพัฒนาความอดทนของระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดให้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเป็นไปในทิศทางเดียวกับ Birkett et al. (2019) และ Taufik, et al (2021) พบว่า การฝึกแบบสถานีช่วยให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และจุดเริ่มล้าพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ งานวิจัยที่ผ่านมายังพบว่า มีการผสมผสานรูปแบบการฝึกลักษณะต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกันหลายวิธี

นอกจากรูปแบบการฝึกที่มีความหลากหลายแล้วยังมีการนำเอาลักษณะของสภาพแวดล้อมที่ไม่ปกติเข้ามาช่วยกระตุ้นให้ร่างกายมีการตอบสนองและปรับตัวในทางที่ดีขึ้น ซึ่งการฝึกที่ได้รับความสนใจมากในปัจจุบันก็คือการฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (Hypoxic training) โดยสภาพแวดล้อมบนพื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลจะทำให้ความกดอากาศ (Air pressure) ลดลง และความกดอากาศที่ลดลงนี้จะทำให้ความดันออกซิเจนในอากาศที่เข้าสู่ปอดลดลงตามไปด้วย เมื่อออกซิเจนในเลือดลดลง ไต (Kidney) จะถูกกระตุ้นให้ผลิตฮอร์โมนอีริโทรพอยติน (Erythropoietin) เพิ่มขึ้น จากฮอร์โมนอีริโทรพอยตินที่เพิ่มขึ้นจะไปกระตุ้นไขกระดูกให้สร้างเซลล์เม็ดเลือดแดง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเพิ่มปริมาณฮีโมโกลบินในเลือด โดยฮีโมโกลบินจะทำหน้าที่จับและขนส่งออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ซึ่งจะช่วยเพิ่มการนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายเพื่อใช้ในการสร้างพลังงาน (McArdle, et al, 2023) ดังจะเห็นได้จากหลาย ๆ การศึกษาวิจัยที่ผ่านมา เช่นการศึกษา Westmacott, et al (2022) พบว่า การฝึกหนักสลับพักในสภาวะปริมาณต่ำช่วยความสามารถใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Yuyongsin et al. (2022) ที่ศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านภายใต้สภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อ และความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน ซึ่งแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักร้อยละ 50 ของความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (ออกซิเจนร้อยละ 15.8 ของอากาศทั้งหมด) กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแอโรบิกที่ความหนักร้อยละ 60 ของช่วงอัตราการเต้นของหัวใจ ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (ออกซิเจนร้อยละ 15.8 ของอากาศทั้งหมด) และกลุ่มที่ 3 ฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักร้อยละ 50 ของความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง ร่วมกับการฝึกแอโรบิกที่ความหนักร้อยละ 60 ของช่วงอัตราการเต้นของหัวใจ ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ผลการวิจัยพบว่า การฝึกทั้ง 3 รูปแบบ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความอดทนของกล้ามเนื้อ และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับ Törpel, et al (2020) และ Eroğlu and Aydın (2021) พบว่าการฝึกแบบสแตชันด้วยแรงต้านที่ระดับความหนักต่ำในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติช่วยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นได้ไม่ต่างกัน นอกจากนี้ Albertus-Cámara, et al (2022) และ Millet and Brocherie (2020) พบว่า การฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำช่วยกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น อัตราการระบายอากาศ ปริมาณเม็ดเลือดแดง ปริมาณฮีโมโกลบิน หลอดเลือดฝอยที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อ ความหนาแน่นของไมโตรคอนเดรียเพิ่มขึ้น และช่วยให้เอนไซม์ในไมโตรคอนเดรียทำงานได้ดีขึ้น รวมทั้งความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เอนไซม์ไกลโคไลติก การขนส่งกลูโคส และการควบคุมความเป็นกรด-ด่างในร่างกายพัฒนาดีขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Guardado et al. (2020) พบว่า การฝึกด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ช่วยพัฒนาฮีโมโกลบิน และฮีมาโตคริตให้เพิ่มสูงขึ้น

จากข้อมูลที่ปรากฏจะเห็นได้ว่า การใช้สภาพแวดล้อมที่ไม่ปกติเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในของโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายและความสามารถของนักกีฬา และยังเป็นที่ยกเถียงกันอยู่ว่ารูปแบบการฝึกใดจะช่วยพัฒนาสมรรถภาพทางกายและความสามารถของนักกีฬาได้ดีที่สุด รวมทั้งยังขาดข้อมูลทางวิชาการที่มาช่วย

สนับสนุน ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษารูปแบบการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำว่าจะส่งผลอย่างไรต่อสมรรถภาพด้านแอโรบิก

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่มีต่อสมรรถภาพด้านแอโรบิก
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อสมรรถภาพด้านแอโรบิก ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8
3. เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่มีต่อสมรรถภาพด้านแอโรบิก ก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8

การทบทวนวรรณกรรม

การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกเป็นรูปแบบหนึ่งของการออกกำลังกายที่เน้นไปที่การเพิ่มความทนทานของหัวใจและหลอดเลือดผ่านกิจกรรมที่เป็นจังหวะอย่างต่อเนื่องซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจและเพิ่มการใช้ออกซิเจน การฝึกประเภทนี้เกี่ยวข้องกับกลุ่มกล้ามเนื้อขนาดใหญ่เป็นระยะเวลานาน โดยส่งเสริมการส่งออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่ออย่างมีประสิทธิภาพ และปรับปรุงความสามารถของร่างกายในการใช้ออกซิเจนเพื่อการผลิตพลังงาน ตัวอย่างการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่พบบ่อย ได้แก่ การวิ่ง ปั่นจักรยาน ว่ายน้ำ และเดินแอโรบิก การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางและเกี่ยวข้องกับประโยชน์ต่อสุขภาพมากมาย รวมถึงสุขภาพหัวใจและหลอดเลือดที่ดีขึ้น การทำงานของระบบทางเดินหายใจดีขึ้น และการควบคุมน้ำหนัก

การศึกษาวิจัยจำนวนมากได้เน้นย้ำถึงผลเชิงบวกของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีต่อสุขภาพโดยรวมและความเป็นอยู่ที่ดี ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์เมตาโดย Warburton, Nicol และ Bredin (2006) แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกเป็นประจำเชื่อมโยงกับการลดความเสี่ยงต่อโรคหลอดเลือดหัวใจอย่างมีนัยสำคัญ ผู้เขียนได้ทบทวนการศึกษาต่างๆ มากมายและสรุปว่าการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีความเกี่ยวข้องกับการปรับปรุงความดันโลหิต ระดับไขมัน และการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดโดยรวม นอกจากนี้ ข้อค้นพบจากการวิจัยที่ดำเนินการโดย Mandolesi และคณะ (2018) สนับสนุนประโยชน์ด้านการรับรู้ของการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ซึ่งแสดงให้เห็นผลกระทบเชิงบวกต่อความยืดหยุ่นของระบบประสาทและการทำงานของรับรู้ ผลงานทางวิชาการเหล่านี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกไม่เพียงแต่เพื่อสุขภาพกายเท่านั้น แต่ยังรวมถึงความเป็นอยู่ที่ดีทางปัญญาด้วย

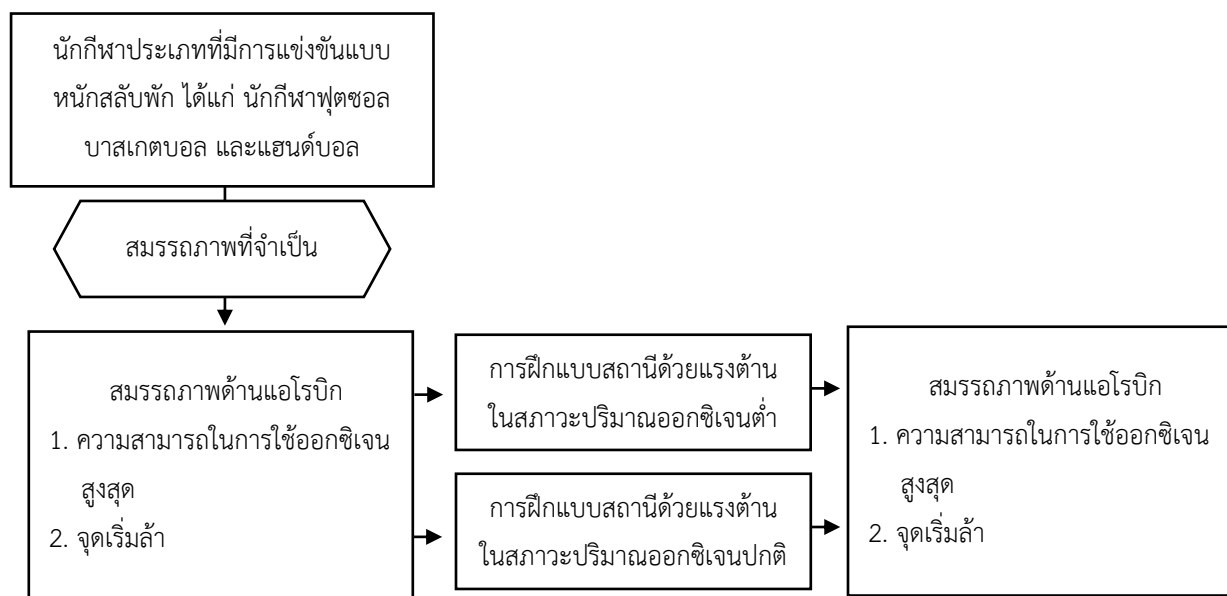
การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกมีบทบาทสำคัญในการจัดการและป้องกันภาวะเรื้อรัง วิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาแห่งอเมริกา (ACSM) แนะนำให้ออกกำลังกายแบบแอโรบิกเป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรแกรมการออกกำลังกายที่ครอบคลุมสำหรับบุคคลที่มีภาวะต่างๆ เช่น เบาหวาน โรคอ้วน และความดันโลหิตสูง (Garber et al., 2011) การปรับตัวทางสรีรวิทยาที่เกิดจากการฝึกแบบแอโรบิก รวมถึงความไวของอินซูลินที่ดีขึ้นและการควบคุม

ระดับน้ำตาลในเลือด ทำให้เป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการจัดการความผิดปกติของการเผาผลาญ นอกจากนี้ การออกกำลังกายแบบแอโรบิกยังแสดงให้เห็นว่ามีส่วนช่วยลดน้ำหนักและคงน้ำหนักไว้ได้ ทำให้เป็นองค์ประกอบสำคัญในการต่อสู้กับการแพร่ระบาดของโรคอ้วน (Donnelly et al., 2009)

นอกจากนี้ ประโยชน์ทางจิตวิทยาของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกยังมีมากกว่าขอบเขตทางกายภาพ อีกด้วย การออกกำลังกายแบบแอโรบิกเป็นประจำสัมพันธ์กับอาการวิตกกังวลและซึมเศร้าที่ลดลง (Craft & Perna, 2004) การปล่อยสารเอ็นโดรฟินในระหว่างทำกิจกรรมแอโรบิกมีส่วนทำให้สภาวะอารมณ์เป็นบวก และผลกระทบทางจิตในระยะยาวสามารถเทียบเคียงได้กับการบำบัดทางจิตบำบัดแบบดั้งเดิม (Blumenthal et al., 1999) การผสมผสานการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกเข้ากับไลฟ์สไตล์ไม่เพียงแต่ช่วยในเรื่องสุขภาพกายเท่านั้น แต่ยังสนับสนุนความเป็นอยู่ที่ดีทั้งทางจิตใจและอารมณ์ โดยเน้นถึงผลกระทบแบบองค์รวมที่มีต่อสุขภาพ

ดังนั้นโดยสรุป การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกเป็นแนวทางที่หลากหลายในการส่งเสริมสุขภาพ โดยให้ประโยชน์ตั้งแต่การปรับปรุงระบบหัวใจและหลอดเลือดไปจนถึงความเป็นอยู่ที่ดีทางจิต หลักฐานทางวิทยาศาสตร์มากมาย ดังตัวอย่างจากการศึกษาที่อ้างถึง เน้นย้ำถึงความสำคัญของการผสมผสานการออกกำลังกายแบบแอโรบิกเข้ากับโครงการริเริ่มด้านสาธารณสุขและส่วนบุคคล ในขณะที่สังคมต้องต่อสู้กับความชุกของโรคเรื้อรังและความท้าทายด้านสุขภาพจิตที่เพิ่มมากขึ้น การส่งเสริมการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกจึงกลายเป็นกลยุทธ์ที่จำเป็นในการส่งเสริมประชากรที่มีสุขภาพดีและมีความยืดหยุ่นมากขึ้น

กรอบแนวคิดการวิจัย



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย: ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือ นักกีฬาที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับพัก ได้แก่ ฟุตบอล บาสเกตบอล และแฮนด์บอล มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตสุพรรณบุรี เพศชาย อายุระหว่าง 18 - 22 ปี จำนวน 50 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย: กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักกีฬาที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับพัก ได้แก่ ฟุตบอล บาสเกตบอล และแฮนด์บอล มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตสุพรรณบุรี เพศชาย อายุระหว่าง 18 - 22 ปี คัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multistage sampling) จำนวน 24 คน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. หน่วยการสุ่มที่ 1 จากการบริหารราชการของมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ แบ่งออกเป็น 4 ภาค ได้แก่ ภาคเหนือ, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ภาคกลาง และภาคใต้ จึงคัดเลือกมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ ประจำภาคต่าง ๆ โดยสุ่มอย่างง่ายมา 1 ภาค คือ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติประจำภาคกลาง ประกอบด้วย วิทยาเขตกรุงเทพ, วิทยาเขตชลบุรี, วิทยาเขตสมุทรสาคร, วิทยาเขตสุพรรณบุรี และวิทยาเขตอ่างทอง

2. หน่วยการสุ่มที่ 2 คัดเลือกมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติประจำภาคกลาง โดยสุ่มอย่างง่ายมา 1 วิทยาเขต คือ วิทยาเขตสุพรรณบุรี

3. หน่วยการสุ่มที่ 3 คัดเลือกประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จากกีฬาที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับพักของ วิทยาเขตสุพรรณบุรี ซึ่งมีทั้งหมด 5 ชนิดกีฬา ได้แก่ ฟุตบอล ฟุตซอล บาสเกตบอล ฮอกกี้ และแฮนด์บอล โดยสุ่มอย่างง่ายมา 3 ชนิดกีฬา คือ ฟุตซอล บาสเกตบอล และแฮนด์บอล จากหน่วยการสุ่มที่ 3 พบว่า นักกีฬาที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับพัก (ฟุตซอล 14 คน บาสเกตบอล 12 คน และแฮนด์บอล 14 คน) ทั้งหมด 50 คน

4. หน่วยการสุ่มที่ 4 ทำการคัดกรองผู้เข้าร่วมการวิจัยตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้ในเกณฑ์การคัดเลือกของกลุ่มตัวอย่าง เมื่อได้ผู้เข้าร่วมการวิจัยตามคุณสมบัติที่กำหนดแล้ว จึงคัดเลือกด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 24 คน

หน่วยการสุ่มที่ 1	⇒	มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติประจำภาค (4 ภาค)				
		เหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	กลาง*	ใต้	
หน่วยการสุ่มที่ 2	⇒	มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติประจำภาคกลาง (5 วิทยาเขต)				
		กรุงเทพ	ชลบุรี	สมุทรสาคร	สุพรรณบุรี*	อ่างทอง
หน่วยการสุ่มที่ 3	⇒	มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตสุพรรณบุรี (กีฬาที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับพัก 5 ชนิดกีฬา)				
		ฟุตซอล*	ฟุตบอล	บาสเกตบอล*	ฮอกกี้	แฮนด์บอล*
หน่วยการสุ่มที่ 4	⇒	นักกีฬาที่มีการแข่งขันแบบหนักสลับพัก (ฟุตซอล 14 คน บาสเกตบอล 12 คน และแฮนด์บอล 14 คน รวมทั้งหมด 50 คน)				
		ผู้เข้าร่วมการวิจัย จำนวน 24 คน*				

*สุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับสลาก

แผนภาพที่ 2 การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน

5. กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ด้วยวิธีการคำนวณขนาดตัวอย่าง โดยมีค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) เท่ากับ 0.70 ค่าอำนาจการทดสอบ (Power of the test) เท่ากับ 0.80 และค่าระดับความมีนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (Cohen, 1977) ได้กลุ่มตัวอย่าง 24 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (12 คน) และกลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (12 คน) และงานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา เลขที่ IRB3-101/2564 เมื่อวันที่ 13 กันยายน พ.ศ. 2564

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยที่เข้าร่วมวิจัย

1. สมัยครใจและยินดีลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
2. เป็นผู้ที่มีสุขภาพดี ผ่านการตรวจสอบและรับรองจากแพทย์ทั่วไปก่อนเข้าร่วมการวิจัย
3. ไม่มีประวัติที่เกี่ยวข้องกับการเจ็บป่วยฉับพลันจากความสูงหรือสภาวะออกซิเจนต่ำ
4. มีประสบการณ์ในการฝึกความแข็งแรงด้วยแรงต้านอย่างน้อย 1 ปี
5. เป็นนักกีฬาฟุตซอล บาสเกตบอล และแฮนด์บอล เพศชาย อายุระหว่าง 18 - 22 ปี มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตสุพรรณบุรี มีประวัติการฝึกซ้อมสัปดาห์ละ 3 วัน วันละ 60 นาที ไม่น้อยกว่า 2 ปี

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยออกจากการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีสิทธิขอถอนตัวออกจากการวิจัยได้ตลอดเวลา
2. ผู้เข้าร่วมการวิจัยมีอาการแสดงถึงภาวะขาดออกซิเจน เช่น ปวดหัว คลื่นไส้ และอาเจียน เป็นต้น
3. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อไปได้ เช่น ป่วยเป็นไข้หวัดใหญ่ หรืออุบัติเหตุทำให้กระดูกหัก เป็นต้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ห้องจำลองสภาวะที่สูง ระบบ ATS-5 KHP 750 SYSTEM ผลิตจากประเทศออสเตรเลีย
2. สายวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ Polar รุ่น S710i ผลิตจากประเทศฟินแลนด์
3. โปรแกรมการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และโปรแกรมการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ ซึ่งผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน
4. เครื่องฝึกกล้ามเนื้อเฉพาะส่วนในท่า Lying leg curls ยี่ห้อ STRIVE รุ่น S-106 Prone leg curl ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา และอุปกรณ์ฝึกกล้ามเนื้อเฉพาะส่วน ได้แก่ บาร์เบลและแผ่นน้ำหนัก ยี่ห้อ MAXxFIT รุ่น Crossfit Series ผลิตจากประเทศไทย
5. แบบบันทึกผลการวิจัย

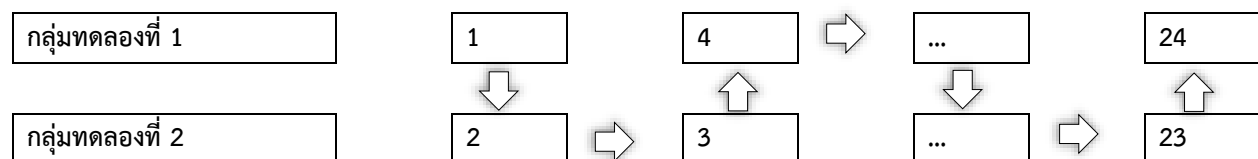
เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าตัวแปรที่ศึกษา

1. เครื่องมือวัดความดันโลหิต และอัตราการเต้นของหัวใจ ยี่ห้อ Omron รุ่น HEM-7130 ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น
2. เครื่องมือชั่งน้ำหนักตัว ยี่ห้อ Tanita รุ่น DC-360 ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น
3. เครื่องมือวัดค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และค่าจุดเริ่มล้า ซึ่งสามารถวัดได้จากเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ ยี่ห้อ Cortex CPET รุ่น MetaLyzer 3B ผลิตจากประเทศอิตาลี จากการทดสอบด้วยวิธีการ Bruce protocol โดยวิเคราะห์ก๊าซจากการวิ่งบนลู่วิ่งกล (Kenney, et al, 2022)

ขั้นตอนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นก่อนการทดลอง

1. สร้างเครื่องมือวิจัย ได้แก่ โปรแกรมการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และโปรแกรมการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ
2. ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และกลุ่มตัวอย่างเพื่อการวิจัย จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา ไปยังรองอธิการบดีมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตสุพรรณบุรี
3. รับสมัครและคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัยตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้ในเกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย
4. ผู้เข้าร่วมวิจัยลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมวิจัย และทดสอบตัวแปรที่ศึกษาก่อนการฝึก ได้แก่ สมรรถภาพด้านแอโรบิก ประกอบด้วย ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และจุดเริ่มล้า และนำค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด มาจัดลำดับที่ 1 - 24 และจัดเข้ากลุ่ม ดังนี้



แผนภาพที่ 3 การจัดเข้ากลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีเรียงลำดับแบบจัดเข้ากลุ่ม

5. ทำการฝึกตามโปรแกรมที่กำหนด 8 สัปดาห์ กลุ่มละ 3 วัน คือ วันจันทร์ พุธ และศุกร์ เวลา 17.00 - 18.00 น. (กลุ่มทดลองที่ 1) และเวลา 18.00 - 19.00 น. (กลุ่มทดลองที่ 2) ณ ห้องจำลองสภาวะที่สูง ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตสุพรรณบุรี

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการทดลอง

1. กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ เริ่มด้วยการพักสัมผัสสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ 10 นาที ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 5 นาทีอบอุ่นร่างกายเฉพาะเจาะจงด้วยรูปแบบกิจกรรมที่ใช้ในการวิจัย 5 นาที และฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้าน จำนวน 6 สถานี ได้แก่ 1) Back squat 2) Standing calf raises

3) Barbell bench press 4) Barbell lunge 5) Deadlift และ 6) Lying leg curls ตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดที่กำหนด คือ ฝึกทั้งหมด 3 รอบ จำนวนครั้งที่ใช้ฝึกแต่ละสถานี 15 ครั้ง ระยะเวลาที่ใช้ฝึกแต่ละสถานี 20 วินาที ระยะเวลาที่ใช้พักระหว่างสถานี 30 วินาที ระยะเวลาที่ใช้พักระหว่างรอบการฝึก 3 นาที จังหวะที่ใช้ฝึกปานกลาง-เร็ว และคลายอ่อนร่างกายด้วยการเดิน 5 นาที รวมเวลาฝึกทั้งหมด 60 นาที ซึ่งสัปดาห์ที่ 1 - 4 กำหนดปริมาณออกซิเจนที่ใช้ฝึกร้อยละ 14.5 ของอากาศทั้งหมด (ความดันบรรยากาศ 760 มิลลิเมตรปรอท) และความหนักที่ใช้ฝึกร้อยละ 30 ของความสามารถสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง และสัปดาห์ที่ 5 - 8 กำหนดปริมาณออกซิเจนที่ใช้ฝึกร้อยละ 13.5 ของอากาศทั้งหมด (ความดันบรรยากาศ 760 มิลลิเมตรปรอท) และความหนักที่ใช้ฝึกร้อยละ 40 ของความสามารถสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง ซึ่งความหนักที่ใช้ฝึกประยุกต์ใช้ตามทฤษฎีการฝึกของ Bompa & Buzzichelli (2015) และปริมาณออกซิเจนที่ใช้ได้ฝึกกำหนดตามแนวทางการฝึกของ Khaosanit, et al (2018)

2. กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ เริ่มด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 5 นาที อบอุ่นร่างกายเฉพาะเจาะจงด้วยรูปแบบกิจกรรมที่ใช้ในการวิจัย 5 นาที และฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้าน โดยปฏิบัติเช่นเดียวกันกับรูปแบบการฝึกในกลุ่มทดลองที่ 1

3. กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ฝึกตามโปรแกรมที่กำหนด 8 สัปดาห์ กลุ่มละ 3 วัน คือ วันจันทร์ พุธ และศุกร์ เวลา 17.00 - 18.00 น. (กลุ่มทดลองที่ 1) และเวลา 18.00 - 19.00 น. (กลุ่มทดลองที่ 2) ณ ห้องจำลองสภาวะที่สูง ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตสุพรรณบุรี

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นหลังการทดลอง

1. ทดสอบตัวแปรที่ศึกษาหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ในรายการทดสอบเดียวกันก่อนการฝึก ณ ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตสุพรรณบุรี

2. นำค่าข้อมูลตัวแปรที่ศึกษาที่ได้มาจัดกระทำข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐานเชิงบรรยาย คือ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. สถิติเพื่อการทดสอบสมมติฐานการวิจัย คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบวัดซ้ำ (Multivariate analysis of variance: MANOVA) ประกอบด้วย

2.1 วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม เป็นการทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวแปรผลลัพธ์ระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ใน 3 ช่วงเวลาของการวัดว่าแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated measures) นัยสำคัญทางสถิติกำหนดไว้ที่ระดับ .05 หากพบความแตกต่างกันทางสถิติ จึงดำเนินการทดสอบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Post Hoc comparisons

2.2 วิเคราะห์ความแตกต่างภายในกลุ่ม เป็นการทดสอบสมมติฐานเพื่อตรวจสอบนัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงผลการวัดที่ในกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ว่าแตกต่างกันหรือไม่ มีพัฒนาการเป็นอย่างไร โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated measures) และตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของผลการวัด

ตัวแปรผลลัพธ์ในแต่ละช่วงว่าแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งพิจารณาจากค่าสถิติต่าง ๆ ได้แก่ ค่าแลมด้า (Λ) ค่าขนาดอิทธิพลของสิ่งทดลอง (Effect size: Partial η^2) และค่านัยสำคัญของการทดสอบ (p-value) และทดสอบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Paired samples t-test นัยสำคัญทางสถิติกำหนดไว้ที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และจุดเริ่มล้าระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม

ตารางที่ 1 วิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และจุดเริ่มล้า

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p	partial η^2
VO₂max						
Intercept	68843.88	1	68843.88	3651.79	0.00*	0.99
Group	8.01	1	8.01	0.42	0.52	0.02
Error	414.75	22	18.85			
Anaerobic Threshold						
Intercept	40016.67	1	40016.67	7200.12	0.00*	1.00
Group	6.41	1	6.41	1.15	0.29	0.05
Error	122.27	22	5.56			

*p < .05

จากตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบพบว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่พบความแตกต่างระหว่างวิธีการฝึกทั้ง 2 วิธี ซึ่งค่า p-value เท่ากับ 0.52 และค่าขนาดอิทธิพลของวิธีการฝึก (Effect size: Partial η^2) เท่ากับ 0.02 และจุดเริ่มล้า ระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ไม่พบความแตกต่างระหว่างวิธีการฝึกทั้ง 2 วิธี ซึ่งค่า p-value เท่ากับ 0.29 และค่าขนาดอิทธิพลของวิธีการฝึก (Effect size: Partial η^2) เท่ากับ 0.05 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำ จึงสรุปได้ว่า วิธีการฝึกไม่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและจุดเริ่มล้า

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และจุดเริ่มล้าภายในกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ความแปรปรวนภายในกลุ่มของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และจุดเริ่มล้า

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p	Λ	partial η^2
VO₂max							
Within-subjects							
Test	177.76	2	88.88	36.74	0.00*	0.33	0.63
Test*Group	75.80	2	37.90	15.67	0.00*	0.51	0.42
Error (Test)	106.44	44	2.42				
Anaerobic Threshold							
Within-subjects							
Test	163.89	2	81.95	153.37	0.00*	0.12	0.87
Test*Group	38.44	2	19.22	35.97	0.00*	0.38	0.62
Error (Test)	23.51	44	0.53				

*p < .05

จากตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบพบว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนการฝึก หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างน้อย 1 คู่ของการทดสอบในการฝึกทั้ง 3 ระยะ (p = 0.00) (Λ = 0.33) (partial η^2 = 0.63) และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครั้งที่ทดสอบและวิธีการฝึก (p = 0.00) (Λ = 0.51) (partial η^2 = 0.42) และจุดเริ่มล้า ก่อนการฝึก หลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างน้อย 1 คู่ของการทดสอบในการฝึกทั้ง 3 ระยะ (p = 0.00) (Λ = 0.12) (Partial η^2 = 0.87) และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครั้งที่ทดสอบและวิธีการฝึก (p = 0.00) (Λ = 0.38) (Partial η^2 = 0.62)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และจุดเริ่มล้า

Group	Mean			Paired samples test								
	Pre	Post1	Post2	Post1 - Pre			Post2 - Pre			Post2 - Post1		
				Mean Diff	t	p	Mean Diff	t	p	Mean Diff	t	p
VO ₂ max												
EXP_G1	52.21	52.43	57.78	0.22	2.36	0.04*	5.57	5.85	0.00*	5.35	5.34	0.00*
EXP_G2	52.17	53.03	53.74	0.87	1.71	0.12	1.58	3.35	0.01*	0.71	4.71	0.00*
Anaerobic Threshold												
EXP_G1	39.74	39.79	44.52	0.05	1.20	0.26	4.78	10.07	0.00*	4.73	9.94	0.00*
EXP_G1	39.73	39.81	41.42	0.08	1.82	0.10	1.69	8.52	0.00*	1.61	8.00	0.00*

*p < .05

จากตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ พบว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในกลุ่มทดลองที่ 1 พบว่า แตกต่างกัน 3 คู่ ได้แก่ (1) หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 แตกต่างจากก่อนการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างจากก่อนการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างจากหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่า แตกต่างกัน 2 คู่ ได้แก่ (1) หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างจากก่อนการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างจากหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจุดเริ่มล้ม ในกลุ่มทดลองที่ 1 พบว่า แตกต่างกัน 2 คู่ ได้แก่ (1) หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างจากก่อนการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างจากหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มทดลองที่ 2 พบว่า แตกต่างกัน 2 คู่ ได้แก่ (1) หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างจากก่อนการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 แตกต่างจากหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และจุดเริ่มล้ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งก่อนการฝึก หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 ทั้งในกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และเมื่อทดสอบความแตกต่างภายในกลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด แตกต่างจากก่อนการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในกลุ่มทดลองที่ 1 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8 มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และจุดเริ่มล้ม แตกต่างจากหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และก่อนการฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งในกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ทั้งนี้อาจจะมาจากประสิทธิภาพของโปรแกรมการฝึกทั้ง 2 รูปแบบ มีตัวแปรทางด้านความหนัก ระยะเวลา ความถี่ และรูปแบบของการฝึกที่เหมาะสม ช่วยกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ทำให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และจุดเริ่มล้มพัฒนาในทางที่ดีขึ้น ซึ่ง Jatra, et al (2023) กล่าวว่า การฝึกแบบสถานี (Circuit training) เป็นการนำเอากิจกรรมที่มีความแตกต่างและมีความหลากหลายมารวมไว้ด้วยกัน โดยสามารถปรับความหนักของงาน (Intensity) และรูปแบบของกิจกรรม (Type) ที่นำมาใช้ในการฝึกให้มีความหลากหลาย เพื่อให้ผู้ฝึกได้ทำการฝึกจากสถานีหนึ่งไปสู่อีกสถานีหนึ่ง ซึ่งจะมีการหมุนเวียนสลับเปลี่ยนรูปแบบของกิจกรรมการฝึกที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกันแต่ใช้ระยะเวลาพักน้อยและพักสั้น ๆ จึงช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดให้พัฒนาในทางที่ดีขึ้น สอดคล้องกับ Lawrence and Hope (2015) กล่าวว่า การฝึกแบบสถานีที่ผสมผสานการฝึกความแข็งแรงและความอดทนเข้าไว้ด้วยกันอย่างเป็นระบบส่งผลให้เกิดการพัฒนาความอดทนของระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบกล้ามเนื้อ เช่นเดียวกับ

Bompa & Buzzichelli (2015) กล่าวว่า การออกแบบโปรแกรมการฝึกแบบสแตนด์ด้วยแรงต้านให้มีความสอดคล้องและเหมาะสม มีส่วนช่วยกระตุ้นการพัฒนาความสามารถของกล้ามเนื้อให้หดตัวได้นานขึ้น และอดทนต่อความเมื่อยล้าได้ดีขึ้น รวมทั้งช่วยพัฒนาความสามารถของกล้ามเนื้อในการสร้างพลังงานแอโรบิกให้เพิ่มสูงขึ้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้การฝึกแบบสแตนด์ด้วยแรงต้านที่มีระดับความหนักร้อยละ 30-60 ของความสามารถสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง จำนวนครั้งที่ใช้ในการฝึกแต่ละสถานี 15 ครั้ง ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกแต่ละสถานีไม่เกิน 20 วินาที ระยะเวลาที่ใช้ในการพักระหว่างสถานี 30 วินาที ระยะเวลาที่ใช้ในการพักระหว่างรอบการฝึก 3 นาที ใช้จังหวะปานกลาง-เร็วแบบซ้ำ ๆ กัน อย่างต่อเนื่อง และฝึกทั้งหมด 3 รอบ การฝึกด้วยรูปแบบดังกล่าวนี้ทำให้มีการสะสมไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ช่วยความสามารถในการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า ความสามารถในการใช้ออกซิเจนของร่างกาย การกระจายของเส้นเลือดฝอยที่ไปเลี้ยงเส้นใยกล้ามเนื้อ ความหนาแน่นของไมโทคอนเดรียเพิ่มขึ้น และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงาน แอโรบิก เช่น Myokinase และ Creatine phosphokinase พัฒนาดีขึ้น (Mesquita et al., 2020; Parry, et al, 2020; Ramos-Campo, et al, 2021) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา Islam, et al (2020) พบว่า การฝึกด้วยรูปแบบที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบซ้ำ ๆ กันอย่างต่อเนื่องยาวนาน จะทำให้ Mitochondrial markers ในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นและเกิดกระบวนการ Mitochondria biogenesis เพื่อเผาผลาญพลังงาน ซึ่งต้องใช้ออกซิเจนจำนวนมาก จึงส่งผลให้สมรรถภาพด้านแอโรบิกพัฒนาดีขึ้น เช่นเดียวกับ Yuniana et al. (2023) และ Prieto-González and Sedlacek (2022) พบว่า การฝึกด้วยแรงต้านช่วยพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และจุดเริ่มล้าได้เป็นอย่างดี ซึ่งผลการศึกษานี้ยังเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Yuyongsin et al. (2022) ที่ศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านภายใต้สภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ อดทนของกล้ามเนื้อ และความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน ซึ่งแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่ 1 ฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักร้อยละ 50 ของความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (ออกซิเจนร้อยละ 15.8 ของอากาศทั้งหมด) กลุ่มทดลองที่ 2 ฝึกแอโรบิกที่มีระดับความหนักร้อยละ 60 ของช่วงอัตราการเต้นของหัวใจ ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (ออกซิเจนร้อยละ 15.8 ของอากาศทั้งหมด) และกลุ่มที่ 3 ฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักร้อยละ 50 ของความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง ร่วมกับการฝึกแอโรบิกที่ความหนักร้อยละ 60 ของช่วงอัตราการเต้นของหัวใจ ในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ ผลการศึกษพบว่า การฝึกทั้ง 3 รูปแบบ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ อดทนของกล้ามเนื้อ และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Törpel, et al (2020) และ Eroğlu and Aydın (2021) พบว่า การฝึกแบบสแตนด์ด้วยแรงต้านที่ความหนักต่ำในสภาวะปริมาณออกซิเจนในเลือดร้อยละ 80-85 และสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ ช่วยความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นได้ไม่ต่างกัน ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Wróbel et al. (2021) และ Ramadan, et al (2021) พบว่า การฝึกด้วยแรงต้านที่ความหนักร้อยละ 50-80 ของ

ความหนักสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง ทั้งในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ มีส่วนช่วยให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และจุดเริ่มล้า เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้เช่นเดียวกัน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่มีต่อสมรรถภาพด้านแอโรบิก สรุปได้ว่า การฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ สามารถพัฒนาสมรรถภาพด้านแอโรบิกได้เท่าเทียมกัน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งนี้

1. สามารถนำไปประกอบการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านทั้ง 2 รูปแบบ ไปใช้เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการพัฒนาสมรรถภาพด้านแอโรบิก ในนักกีฬาฟุตบอล บาสเกตบอล และแฮนด์บอลได้
2. สามารถเลือกความหนักของ ระยะเวลา และความถี่ที่ใช้ในการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านทั้ง 2 รูปแบบ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5 ไปประยุกต์ใช้ในช่วงแรกเริ่มของการฝึก เพื่อช่วยกระตุ้นการพัฒนาสมรรถภาพด้านแอโรบิก ในนักกีฬาฟุตบอล บาสเกตบอล และแฮนด์บอลได้เร็วขึ้น และลดระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษาการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และความหนักของความสามารถสูงสุดที่ยกได้ 1 ครั้ง ในหลาย ๆ ระดับ เพื่อเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะแตกต่างกันในแต่ละตัวแปรที่ศึกษา
2. ควรทำการศึกษาการฝึกแบบสถานีด้วยแรงต้านในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ และสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ โดยใช้ลักษณะอื่น ๆ ในการฝึก เช่น การฝึกแบบหนักสลับพัก พลัสมेटริก และวิ่งสปринท์แบบซ้ำเทียว เป็นต้น
3. ควรทำการศึกษาถึงตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น แลคเตทในเลือด อัตราการเผาผลาญพลังงาน อัตราการใช้คาร์โบไฮเดรต และอัตราการใช้อิซมัน เป็นต้น เพื่อที่จะสามารถอธิบายกลไกและการตอบสนองที่เกิดขึ้นจากการฝึก ทั้ง 2 รูปแบบ ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยสำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปี 2565



เอกสารอ้างอิง

- Albertus-Cámara, I., Ferrer-López, V., & Martínez-González-Moro, I. (2022). The effect of normobaric hypoxia in middle-and/or long-distance runners: Systematic review. *Biology*, 11(5), 689.
- Ballesta-García, I., Martínez-González-Moro, I., Ramos-Campo, D.J., & Carrasco-Poyatos, M. (2020). High-intensity interval circuit training versus moderate-intensity continuous training on cardiorespiratory fitness in middle-aged and older women: A randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5), 1805.
- Birkett, S.T., Nichols, S., Sawrey, R., Gleadall-Siddall, D., McGregor, G., & Ingle, L. (2019). The effects of low-volume high-intensity interval training and circuit training on maximal oxygen uptake. *Sport Sciences for Health*, 15, 443-451.
- Blumenthal, J.A., Babyak, M.A., Moore, K.A., Craighead, W.E., Herman, S., Khatiri, P., & Krishnan, K.R. (1999). Effects of exercise training on older patients with major depression. *Archives of Internal Medicine*, 159(19), 2349-2356.
- Bompa, T., & Buzzichelli, C. (2015). *Periodization Training for Sports*. 3rd edition, Champaign, IL: Human kinetics.
- Cohen, J. (1977). *Statistical Power Analysis for Behavioral Sciences*. New York: Academic Press.
- Craft, L. L., & Perna, F. M. (2004). The benefits of exercise for the clinically depressed. *The Primary Care Companion to the Journal of Clinical Psychiatry*, 6(3), 104.
- Donnelly, J. E., Blair, S. N., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., & Smith, B. K. (2009). American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(2), 459-471.
- Eroğlu, A., & Aydın, T. (2021). Effect of intermittent hypoxic intervention on aerobic and anaerobic performance of the elite athletes. *Medical Science and Discovery*, 8(8), 460-464.
- Garber, C.E., Blissmer, B., Deschenes, M.R., Franklin, B.A., Lamonte, M. J., Lee, I.M., & Swain, D.P. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1334-1359.





- Guardado, I., Ureña, B., Cardenosa, A., Cardenosa, M., Camacho, G., & Andrada, R. (2020). Effects of strength training under hypoxic conditions on muscle performance, body composition, and hematological variables. *Biology of Sport*, 37(2), 121-129.
- Henderson, M.J., Grandou, C., Christmas, B.C.R., Coutts, A.J., Impellizzeri, F.M., & Taylor, L. (2023). Core body temperatures in intermittent sports: A systematic review. *Sports Medicine*, 53(11), 2147-2170.
- Islam, H., Bonafiglia, J.T., Granata, C., & Gurd, B. J. (2020). Exercise-induced mitochondrial biogenesis: Molecular regulation, impact of training, and influence on exercise performance. In: Tiidus, P. M., MacPherson, R.E.K., LeBlanc, P.J., Josse, A.R., editors. *The Routledge Handbook on Biochemistry of Exercise*, 143-161.
- Jatra, R., Wati, S.Z., Kumara, A.R., Rinaldi, M.W., & Fernando, R. (2023). The effect of circuit training on improvement in futsal athletes: Literature review. *JOURNAL RESPECS (Research Physical Education and Sports)*, 5(1), 44-48.
- Kenney, W.L., Wilmore, J.H., & Costill, D.L. (2022). *Physiology of Sport and Exercise*. 8th ed., Champaign, IL: Human kinetics.
- Khaosanit, P., Hamlin, M.J., Graham, K.S., & Boonrod, W. (2018). Acute effect of different normobaric hypoxic conditions on shuttle repeated sprint performance in futsal players. *Journal Physical Education and Sport*, 18(1), 210-216.
- Khattak, I.U., Islam, S.Z.U., & Manzoor, M. (2020). Effects of circuit training on cardiorespiratory endurance among college students. *Global Regional Review*, 3, 40-47.
- Lawrence, D., & Hope, R.B. (2015). *The Complete Guide to Circuit Training*. 2nd edition, London: Bloomsbury Sport
- Mandolesi, L., Polverino, A., Montuori, S., Foti, F., Ferraioli, G., Sorrentino, P., & Sorrentino, G. (2018). Effects of physical exercise on cognitive functioning and wellbeing: biological and psychological benefits. *Frontiers in Psychology*, 9, 509.
- McArdle, W.D., Katch, F.I., & Katch, V.L. (2023). *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance*. 9th ed., Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Mesquita, P.H., Lamb, D.A., Parry, H.A., Moore, J.H., Smith, M.A., Vann, C.G., Osburn, S.C., Fox, C.D., Ruple, B.A., Huggins, K.W., Fruge, A.D., Young, K.C., Kavazis, A.N., & Roberts, M.D. (2020). Acute



- and chronic effects of resistance training on skeletal muscle markers of mitochondrial remodeling in older adults. *Physiological Reports*, 8(15), e14526, 1-10.
- Millet, G.P., & Brocherie, F. (2020). Hypoxic training is beneficial in elite athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(2), 515-518.
- Parry, H.A., Roberts, M.D., & Kavazis, A.N. (2020). Human skeletal muscle mitochondrial adaptations following resistance exercise training. *International Journal of Sports Medicine*, 41(06), 349-359.
- Prieto-González, P., & Sedlacek, J. (2022). Effects of running-specific strength training, endurance training, and concurrent training on recreational endurance athletes' performance and selected anthropometric parameters. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10773.
- Ramadan, W., Xirouchaki, C.E., Mustafa, R., Saad, A., & Benite-Ribeiro, S.A. (2021). Effect of wearing an elevation training mask on physiological adaptation. *Journal of Physical Education and Sport*, 21(3), 1337-1345.
- Ramos-Campo, D.J., Andreu Caravaca, L., Martinez-Rodriguez, A., & Rubio-Arias, J.Á. (2021). Effects of resistance circuit-based training on body composition, strength, and cardiorespiratory fitness: A systematic review and meta-analysis. *Biology*, 10(5), 377.
- Rani, C.I., & Lakshmi, M.S. (2023). Mental fitness: psychological warfare from battlefield to playground. *Psychological studies*, 68(2), 190-196.
- Taufik, M.S., Setiarnawijaya, Y., & Dlis, F. (2021). Effect of circuit and interval training on VO₂max in futsal players. *Journal of Physical Education and Sport*, 21, 2283-2288.
- Törpel, A., Peter, B., & Schega, L. (2020). Effect of resistance training under normobaric hypoxia on physical performance, hematological parameters, and body composition in young and older people. *Frontiers in Physiology*, 11, 335.
- Warburton, D. E., Nicol, C. W., & Bredin, S. S. (2006). Health benefits of physical activity: the evidence. *Canadian Medical Association Journal*, 174(6), 801-809.
- Westmacott, A., Sanal-Hayes, N.E., McLaughlin, M., Mair, J.L., & Hayes, L.D. (2022). High-intensity interval training (HIIT) in hypoxia improves maximal aerobic capacity more than HIIT in normoxia: A systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 14261.



- Wróbel, M., Rokicka, D., Gołaś, A., Drozd, M., Nowowiejska-Wiewióra, A., Pyka, Ł., Stokłtny, T., Gasior, M., & Strojek, K. (2021). Combined aerobic and resistance training performed under conditions of normobaric hypoxia and normoxia has the same impact on metabolic control in men with type 1 diabetes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 1-13.
- Yuniana, R., Tomoliyus, B., Nasrulloh, A., Pratama, K.W., Rosly, M.M., Karakauki, M., & Ali, S.K.S. (2023). The effectiveness of the weight training method and rest interval on VO2 max, flexibility, muscle strength, muscular endurance, and fat percentage in students. *Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 11(1), 213-223.
- Yuyongsin, S., Namboonlue, C., Labantao, K., Saengjan, W., Manimmanakorn, A., & Muangritdech, N. (2022). Five weeks of low-load resistance and light-aerobic training combined with hypoxia improved muscular performance, oxygen consumption, and body composition in overweight men. *Journal of Exercise Physiology Online*, 25(5), 39-50.

