

ผลของโปรแกรมการฝึกแบบสถานีที่มีต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความอดทนของระบบไหลเวียน
โลหิตและระบบหายใจ และพลังงานที่ใช้ของนักกีฬาฟุตซอลหญิง

THE EFFECTS OF A CIRCUIT TRAINING PROGRAM ON MAXIMUM OXYGEN UPTAKE,
CARDIOPULMONARY ENDURANCE, AND ENERGY EXPENDITURE
OF FEMALE FUTSAL PLAYERS

จิราพร มะพันธ์¹ ขจรศักดิ์ ทองออน¹ ธนกรณ์ ดวงมัลย์¹ ธนวรรณพร ศรีเมือง¹

ไตรมิตร โพธิแสน¹ และ จักรดาว โพธิแสน^{1*}

Chiraporn Maphan¹, Kajonsak Thongon¹, Thanakorn Duangmalai¹, Tanawanaphorn Srimuang¹,

Traimit Potisan¹ and Jukdao Potisaen^{1*}

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

¹Department of Sports Science, Faculty of Education, Rajabhat Mahasarakham University

*Corresponding Author: potisan_jukdao@hotmail.com

Received: February 12, 2025

Revised: March 25, 2025

Accepted: March 26, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบสถานีที่มีต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ และพลังงานที่ใช้ของนักกีฬาฟุตซอลหญิง โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตซอลหญิง ทีมมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จำนวน 10 คน อายุระหว่าง 18–22 ปี กลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมโปรแกรมฝึกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วันๆ ละ 50 นาที โดยโปรแกรมประกอบด้วยการฝึก 5 สถานี ได้แก่ Mountain Climbers, Sprinting in Zigzag, Forward-Backward Sprint, Stair Running และ Cone Sliding Drills เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1) โปรแกรมการฝึกแบบสถานีที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น 2) การทดสอบวิ่ง 2400 เมตร คำนวณ VO_{2max} จากสูตร Cooper และ 3) การประเมินพลังงานที่ใช้สูตร Wilmore และคณะ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติที (pair sample t-test) ผลการวิจัยพบว่า ค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) เพิ่มขึ้นจาก 34.97 ± 1.18 เป็น 38.79 ± 2.81 (ml/kg/min) ($p < 0.05$) ขณะที่เวลาในการวิ่งระยะทาง 2,400 เมตร ลดลงจาก 15.37 ± 0.57 เป็น 13.76 ± 0.99 นาที ($p < 0.05$) และพลังงานที่ใช้ระหว่างการวิ่งลดลงจาก 144.94 ± 18.83 เป็น 143.41 ± 18.57 กิโลแคลอรี ($p < 0.05$) นอกจากนี้พบความสัมพันธ์ในระดับสูงมากระหว่างเวลาวิ่ง 2400 เมตร กับพลังงานที่ใช้ ($r = 0.9998$, $p = 0.001$) สรุปได้ว่า โปรแกรมการฝึกแบบสถานีมีประสิทธิภาพในการเพิ่มอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) พัฒนาความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ และช่วยให้ร่างกายใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬาฟุตซอลหญิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การฝึกแบบสถานี อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ พลังงานที่ใช้ สมรรถภาพทางกีฬา

Abstract

This study aimed to examine the effects of a circuit training program on maximum oxygen uptake ($VO_2\max$), cardiopulmonary endurance, and energy expenditure in female futsal players. The sample included 10 players from Rajabhat Mahasarakham University, aged 18–22 years. Participants completed a four-week circuit training program, three times per week for 50 minutes per session. The program included five stations: mountain climbers, zigzag sprinting, forward-backward sprints, stair running, and cone sliding drills. Research instruments included a custom-designed circuit training program, a 2400-meter run test, $VO_2\max$ calculated using Cooper's formula, and energy expenditure estimated using Wilmore et al.'s equation. Data were analyzed using mean, standard deviation, and paired sample t-test. The results showed that $VO_2\max$ significantly increased from 34.97 ± 1.18 to 38.79 ± 2.81 mL/kg/min ($p < 0.05$), 2400-meter run time decreased from 15.37 ± 0.57 to 13.76 ± 0.99 minutes ($p < 0.05$), and energy expenditure decreased from 144.94 ± 18.83 to 143.41 ± 18.57 kcal ($p < 0.05$). A strong positive correlation was found between running time and energy expenditure ($r = 0.9998$, $p = 0.001$). In conclusion, the circuit training program is effective in enhancing $VO_2\max$, improving cardiopulmonary endurance, and increasing energy utilization efficiency. It serves as a practical method for improving physical performance in female futsal athletes.

Keywords: Circuit training, $VO_2\max$, Cardiopulmonary endurance, Energy expenditure, Sports performance

บทนำ

ฟุตบอล เป็นกีฬาที่ได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการโดย FIFA (Federation International de Football Association: สหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติ) ในปี 1962 และมีการจัดการแข่งขันระดับโลกอย่างต่อเนื่อง (Chantarapitak et al., 2013) ฟุตบอลได้รับการยอมรับว่าเป็นหนึ่งในกีฬาที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็วในระดับโลก โดยปัจจุบันมีผู้เล่นมากกว่า 12 ล้านคนในกว่า 100 ประเทศทั่วโลก (Beato et al., 2016) นอกจากนี้ การเติบโตของฟุตบอลได้ขยายตัวอย่างรวดเร็วในหลายประเทศ รวมถึงประเทศไทย ซึ่งกลายเป็นหนึ่งในศูนย์กลางของฟุตบอลในภูมิภาคเอเชีย (Lopes et al., 2020) กีฬาฟุตบอลเข้ามาในประเทศไทยอย่างเป็นทางการในปี พ.ศ. 2540 เมื่อสมาคมฟุตบอลแห่งประเทศไทยและการกีฬาแห่งประเทศไทย จัดการแข่งขันชิงแชมป์ฟุตบอล 5 คนขึ้น และได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในกลุ่มเยาวชนไทย ด้วยข้อได้เปรียบด้านความสะดวกของสนามแข่งขัน ขนาดทีมที่เล็ก และความเข้มข้นของเกมการแข่งขัน ส่งผลให้ฟุตบอลกลายเป็นหนึ่งในกีฬาที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ปัจจุบันทีมฟุตบอลทีมชาติไทย ถือเป็นหนึ่งในทีมระดับแนวหน้าของเอเชีย โดยสามารถแข่งขันในระดับนานาชาติและสร้างผลงานที่โดดเด่นมาโดยตลอด ความสำเร็จของฟุตบอลทีมชาติไทยได้กลายเป็นแรงบันดาลใจให้เยาวชนไทยจำนวนมากใฝ่ฝันที่จะเป็นตัวแทนประเทศและก้าวสู่การแข่งขันในระดับโลกต่อไป

กีฬาฟุตบอล เป็นกีฬาที่ต้องอาศัยการเคลื่อนที่และความเร็วในระดับสูง เนื่องจากขนาดสนามที่เล็กและจำนวนผู้เล่นข้างละ 5 คน ผู้เล่นแต่ละคนต้องเคลื่อนที่ตลอดเวลาเพื่อสร้างพื้นที่ว่างและโอกาสในการทำเกมในระหว่างการแข่งขัน 2 ครั้ง ครึ่งละ 20 นาที ผู้เล่นต้องใช้พลังงานจากทั้งระบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก เพื่อให้สามารถเล่นได้อย่างต่อเนื่องตลอดการแข่ง (Naser et al., 2017) ความต้องการพลังงานที่สูงนี้ทำให้ระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจต้องทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่ทำงาน และช่วยขจัดสารเสียที่เกิดจากกระบวนการเผาผลาญ (Castagna & Álvarez, 2010) ดังนั้นสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อ

ความสำเร็จของทีมฟุตบอล ความสามารถทางแอโรบิกที่ดีช่วยให้ นักกีฬาสามารถคงระดับพลังงานและฟื้นตัวจากความเหนื่อยล้าได้รวดเร็ว หากร่างกายของนักกีฬามีความอดทนของระบบหายใจและไหลเวียนโลหิตที่ดี นักกีฬาก็จะสามารถฟื้นสภาพร่างกายได้รวดเร็วและเกิดข้อได้เปรียบในการแข่งขัน โดยที่อัตราการเต้นของหัวใจจะลดลงเร็วขึ้นส่งผลให้นักกีฬาสามารถแสดงทักษะได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ (Spyrou et al., 2020) โดยเฉพาะในเพศหญิงที่ระบบพลังงานอาจตอบสนองแตกต่างจากเพศชาย (Yunus & Raharjo, 2022)

การพัฒนาความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจสามารถทำได้โดยการฝึกแบบสถานี (Circuit Training) ซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นหนึ่งในวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถภาพด้านความอดทน (Sonchan et al., 2017) การฝึกแบบสถานีช่วยเสริมสร้างกล้ามเนื้อหัวใจ ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิต และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากออกซิเจนที่เข้าสู่ร่างกาย เนื่องจากช่วยเพิ่มอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2\max$) และขจัดสารเสียในร่างกายได้ดีขึ้น (Yuniana et al., 2024) ซึ่งมีการศึกษามากแล้วในหลากหลายกลุ่มนักกีฬาทั้งเพศหญิงและประเภททีม เช่น ในกีฬาฟุตบอล (Manikandan, 2014) ฟุตบอลหญิง (Yunus, 2023) และนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย (Sonchan et al., 2017) โดยพบว่าการฝึกแบบนี้สามารถเพิ่มค่า $VO_2\max$ และประสิทธิภาพของระบบหัวใจและปอดได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้การฝึกแบบสถานียังช่วยพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยรวม ด้วยการใช้อุปกรณ์การฝึกที่มีความเข้มข้นสูงในช่วงเวลาสั้น ๆ และสลับด้วยช่วงเวลาที่พักระยะสั้น การฝึกนี้ยังช่วยพัฒนาความอดทนของระบบหัวใจและปอด ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในกีฬาที่ต้องใช้พลังงานจากทั้งระบบแอโรบิก (Aerobic Endurance) และแอนแอโรบิก (Anaerobic Endurance) ไปพร้อมกัน ซึ่งช่วยให้นักกีฬาสามารถฟื้นตัวได้เร็วขึ้นและคงระดับพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพระหว่างการแข่งขัน (Ali et al., 2011) อย่างไรก็ตาม แม้ส่วนใหญ่จะมีงานวิจัยที่ศึกษาผลของการฝึกแบบสถานีในระยะยาว แต่ยังมีงานวิจัยไม่มากนักที่ศึกษาในช่วงเวลาสั้น เช่น 4 สัปดาห์ โดยเฉพาะในด้าน $VO_2\max$ ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ และพลังงานที่ใช้ โดยงานวิจัยของ Multazam et al. (2020) พบว่า โปรแกรมการฝึกแบบสถานี หรือ Circuit Training ระยะเวลา 4 สัปดาห์ สามารถเพิ่ม $VO_2\max$ ในนักกีฬาฟุตบอลได้อย่างมีนัยสำคัญ และ Romadhoni et al. (2018) รายงานผลคล้ายกัน ในนักกีฬาระดับสมัครเล่น อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ศึกษาในกลุ่มนักกีฬาหญิงยังมีอยู่อย่างจำกัด

จากข้อมูลดังกล่าวมา คณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ ตลอดจนประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในนักกีฬาฟุตบอลหญิง ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการแข่งขันและการฟื้นตัวของนักกีฬา โดยเฉพาะในกีฬาที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวต่อเนื่องในระยะเวลาสั้นแต่ใช้พลังงานสูงอย่างฟุตบอล คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะออกแบบและพัฒนาโปรแกรมการฝึกแบบสถานีที่มีลักษณะผสมผสานระหว่างการฝึกแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Training) และไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Training) โดยคำนึงถึงลักษณะเฉพาะของนักกีฬาฟุตบอลหญิง ทั้งในด้านความสามารถทางกายและขีดจำกัดของร่างกาย รวมถึงจัดระยะเวลาในการฝึกและพักอย่างเหมาะสม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบสถานี (Circuit Training) ระยะเวลา 4 สัปดาห์ ที่มีต่อสมรรถภาพทางกายใน 3 ด้านหลัก ได้แก่ 1) อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2\max$) 2) ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ ซึ่งประเมินจากเวลาการวิ่งระยะทาง 2400 เมตร และ 3) พลังงานที่ใช้ในระหว่างการออกกำลังกาย โดยทำการเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการฝึก รวมทั้งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ใช้ (Energy Consumption) กับเวลาในการวิ่ง เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของนักกีฬาอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ ผลการวิจัยที่ได้จะเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบโปรแกรมการฝึกเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาฟุตบอลหญิง และเป็นข้อมูลอ้างอิงที่สำคัญสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬาและนักวิทยาศาสตร์การกีฬา ในการพัฒนาโปรแกรมการฝึกที่ตอบสนองความต้องการของนักกีฬาในอนาคต ตลอดจนสามารถประยุกต์ใช้ในกลุ่มนักกีฬาประเภทอื่นที่มีลักษณะการใช้พลังงานใกล้เคียงกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลหญิงทีมมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกีฬาฟุตบอลหญิงของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จำนวน 10 คน อายุระหว่าง 18-22 ปี โดยใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีเกณฑ์คุณสมบัติ ดังนี้

เกณฑ์คัดเข้า (Inclusion criteria) มีดังนี้

1. เป็นนักกีฬาฟุตบอลหญิง อายุระหว่าง 18-22 ปี ที่ลงทะเบียนเป็นนักกีฬาของทีมมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปีการศึกษา 2568
2. ต้องมีประสบการณ์การเล่นในระดับมหาวิทยาลัยอย่างน้อย 1 ปี และได้รับการรับรองจากผู้ฝึกสอนว่าเป็นนักกีฬาหลักประจำทีม
3. มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง ไม่มีข้อจำกัดทางการแพทย์ที่ส่งผลต่อการออกกำลังกาย เช่น ไม่มีโรคเรื้อรัง โรคหัวใจ โรคหอบหืด หรือโรคทางระบบไหลเวียนโลหิต
4. ไม่เคยได้รับบาดเจ็บที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหวในช่วง 1 เดือนก่อนเริ่มการวิจัย
5. สามารถเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกได้ตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล (ไม่มีภาระกิจหรือข้อจำกัดด้านเวลา)

เกณฑ์คัดออก (Exclusion criteria) มีดังนี้

1. ขาดความสม่ำเสมอในการเข้าร่วมการฝึก โดยเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกน้อยกว่า 80% ของจำนวนครั้งทั้งหมด
2. มีอาการบาดเจ็บระหว่างการฝึก หรือมีอาการเจ็บป่วยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการฝึกได้อย่างต่อเนื่อง
3. มีโรคเรื้อรังหรือข้อจำกัดทางสุขภาพที่ส่งผลต่อการออกกำลังกาย เช่น โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคทางระบบหายใจ หรือโรคทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูก
4. มีภาระกิจหรือกิจกรรมอื่นที่ขัดขวางการเก็บข้อมูล เช่น การเดินทางไกลหรือการเข้าร่วมกิจกรรมอื่นที่มีผลต่อสมรรถภาพร่างกาย
5. มีประวัติการใช้ยาหรือสารที่มีผลต่อสมรรถภาพทางกาย เช่น สเตียรอยด์ ยากระตุ้น หรือยาที่ส่งผลต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด
6. ไม่สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนหรือข้อกำหนดของโปรแกรมการฝึกได้ เช่น การไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้วิจัย หรือการไม่เข้าร่วมการทดสอบที่สำคัญ

เครื่องมือการวิจัย

1. โปรแกรมการฝึกแบบสถานที่ที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น
2. แบบทดสอบความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ ใช้การทดสอบวิ่งระยะไกล (Distance Run) ระยะทาง 2400 เมตร (2.4 กิโลเมตร) ของ Burger et al. (1990) ซึ่งเป็นการทดสอบภาคสนามที่ใช้ประเมินความสามารถของร่างกายในการคงระดับการออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจน (aerobic endurance) ได้อย่างต่อเนื่อง
3. การวัดค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) จะประเมินจากผลการวิ่งระยะทาง 2,400 เมตร โดยใช้สูตรของ Cooper (1968) และ McArdle et al (2010) สูตรการคำนวณ $483/เวลาในการวิ่ง (นาที) + 3.5 (mL/kg/min)$ หน่วยเป็น มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมต่อนาที ($mL/kg/min$)

4. การวัดพลังงานที่ใช้ (Energy Consumption) การประเมินพลังงานที่ใช้ระหว่างการออกกำลังกาย โดยใช้สูตรที่อ้างอิงจาก Wilmore et al. (2004) และ Liguori & ACSM (2020) ซึ่งใช้ค่า $VO_2\max$ และน้ำหนักตัวเป็นเกณฑ์ สูตรการคำนวณพลังงานที่ใช้ $VO_2/1000 \times \text{น้ำหนักตัว (kg)} \times \text{ระยะเวลา (นาที)} \times 5$ หน่วยเป็นกิโลแคลอรี (kcal)

โดยคณะผู้วิจัยมีวิธีการสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

1. คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการฝึกแบบสแตนี (Circuit Training) และผลที่มีต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ และพลังงานที่ใช้ของนักกีฬา เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี และตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนมาตรฐานการออกแบบโปรแกรมการฝึกที่เหมาะสมสำหรับนักกีฬาฟุตซอลหญิง

2. คณะผู้วิจัยออกแบบและสร้างโปรแกรมการฝึกแบบสแตนี โดยออกแบบให้ครอบคลุมการฝึกที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ มีการกำหนดรูปแบบการฝึกเป็น 5 สถานี ที่ประกอบด้วยการฝึกแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Training) และไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Training) เพื่อพัฒนาสมรรถภาพในสภาวะที่ใกล้เคียงกับการแข่งขันจริง โปรแกรมการฝึกแบบสแตนีคำนึงถึงความปลอดภัย ความเหมาะสมกับสมรรถภาพของนักกีฬา และการปรับระดับความเข้มข้นของการฝึกตามศักยภาพรายบุคคล

3. คณะผู้วิจัยนำโปรแกรมการฝึกแบบสแตนีที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อแก้ไขและปรับปรุงข้อบกพร่องของโปรแกรม

4. คณะผู้วิจัยเสนอโปรแกรมการฝึกที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องจากอาจารย์ที่ปรึกษาต่อผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินและตรวจสอบเนื้อหาด้านความเหมาะสม ความครบถ้วน และความเชื่อมโยงกับตัวชี้วัดที่ตั้งไว้

5. ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาทดสอบความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence; IOC) ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญถูกนำไปปรับปรุงเพื่อให้โปรแกรมมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.5-1.00 จึงสามารถนำไปใช้ได้จริง แบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ระดับ (Tuntavanitch & Jindasri, 2018) ดังนี้

+1	หมายถึง มีความเหมาะสม
0	หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสม
- 1	หมายถึง ไม่มีความเหมาะสม

6. ผลประเมินความเหมาะสมของโปรแกรมการฝึกแบบสแตนีที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน มีค่าความสอดคล้อง (Index of item objective congruence: IOC) เท่ากับ 0.94 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.5 มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้จริง

7. คณะผู้วิจัยนำเครื่องมือที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักกีฬากลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อประเมินความเหมาะสมในสถานการณ์จริง รวมถึงตรวจสอบความชัดเจนของเนื้อหา ความง่ายของแบบฝึก ตลอดจนความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

8. คณะผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองใช้มาวิเคราะห์เพื่อประเมินความเชื่อมั่น (Reliability) ของเครื่องมือ โดยใช้สัมประสิทธิ์อัลฟา (Cronbach's Alpha) ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า เครื่องมือมีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.89 จัดอยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือมีความสม่ำเสมอภายในที่ดี และสามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลจริงในการวิจัยได้อย่างน่าเชื่อถือ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เพื่อขออนุญาตใช้สถานที่ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
2. ติดต่อประสานงาน จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. ประกาศรับกลุ่มตัวอย่างที่มีความสนใจและสมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัย
4. คัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง อายุ 18-22 ปี จำนวน 10 คน ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้
5. ดำเนินการชี้แจงรายละเอียด วิธีการปฏิบัติ รวมทั้งรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงาน วิธีการทดสอบ อธิบายรายละเอียด และให้คำแนะนำก่อนการฝึก ข้อห้ามข้อระวัง ข้อควรปฏิบัติ และอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในการเก็บข้อมูลให้เข้าใจตรงกัน

6. ทำการทดสอบก่อนเข้าร่วมฝึกโปรแกรม ดังนี้

1) ทดสอบดัชนีมวลกาย (Body mass index) โดยทำการชั่งน้ำหนัก และวัดส่วนสูง (Weight and height scale) ของน้ำหนักมีหน่วยเป็นกิโลกรัม ดัชนีมวลกาย มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร (จากสูตร น้ำหนัก/ส่วนสูง²)

2) ทดสอบความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ โดยการทดสอบวิ่งระยะไกล (Distance Run) ระยะทาง 2400 เมตร (Burger et al., 1990)

3) ทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂max) จากสูตร (Cooper, 1968; McArdle et al., 2010)

$$483/\text{เวลาในการวิ่ง (นาที)} + 3.5 \text{ (mL/kg/min)} \dots\dots\dots(\text{สมการที่ 1})$$

4) ทดสอบพลังงานที่ใช้ (Energy Consumption) จากสูตร (Liguori & American College of Sports Medicine, 2020; Wilmore et al., 2004)

$$(\text{VO}_2/1000 \times \text{น้ำหนักตัว (kg)} \times \text{ระยะเวลา (นาที)}) \times 5 \dots\dots\dots(\text{สมการที่ 2})$$

7. ทำการฝึก เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน คือ วันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ เวลา 50 นาที ตั้งแต่ 17.00 ถึง 17.50 น. โดยมีขั้นตอน ดังนี้

- 1) อบอุ่นร่างกาย (Warm Up) 10 นาที
- 2) ฝึกด้วยโปรแกรม (Work out) 30 นาที
- 3) คลายอุ่น (Cool down) 10 นาที

8. หลังการดำเนินการวิจัยเสร็จสิ้นครบ 4 สัปดาห์ คณะผู้วิจัยนำกลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบดัชนีมวลกาย (Body mass index) และความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ ทดสอบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO₂max) และทดสอบพลังงานที่ใช้ (Energy Consumption) ซึ่งเป็นการทดสอบหลังการทดลอง

9. วิเคราะห์หาค่าทางสถิติและสรุปผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรายการ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย เวลาของการวิ่ง 2400 เมตร อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด และพลังงานที่ใช้ ของกลุ่มตัวอย่าง
2. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความอดทนของระบบไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด และพลังงานที่ใช้ของกลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังการฝึก โดยใช้สถิติ t-test
3. หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ใช้และเวลาวิ่ง 2,400 เมตร ของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

Table 1. Circuit training program with 5 stations for 4 weeks

Exercise name	Reps/Set	Rest between sets	Rest between exercises (minutes)
Mountain Climbers (Knee Raises)	2 minutes x 2 sets	60 seconds	2 minutes
Sprinting in a zigzag pattern		60 seconds	
Forward-Backward Sprint (10 meters)		60 seconds	
Stair Running (Up and down, 10 steps)		45 seconds	
Cone Sliding Drills (Using 9 cones)		30 seconds	
Total Time for Exercise Phase 30 minutes			



Figure 1. Circuit Training

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุเฉลี่ย 19.53 ± 1.41 ปี มีน้ำหนักเฉลี่ย 54.00 ± 6.98 กิโลกรัม มีส่วนสูงเฉลี่ย 162.8 ± 5.4 เซนติเมตร และดัชนีมวลกาย (BMI) เฉลี่ย 20.67 ± 2.34 กิโลกรัม/เมตร² ดัง Table 2.

Table 2. Mean and Standard Deviation of Age, Weight, Height and Body Mass Index (BMI) of the Sample Group Before Participating in the Training Program.

Variable	Age (years)	Weight (kg)	Height (cm)	BMI (kg/m ²)
	$\bar{X} \pm S.D.$	$\bar{X} \pm S.D.$	$\bar{X} \pm S.D.$	$\bar{X} \pm S.D.$
Sample group	19.53 ± 1.41	54.00 ± 6.98	162.8 ± 5.40	20.67 ± 2.34

2. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาของการวิ่ง 2400 เมตร ก่อนการฝึก เท่ากับ 15.37 ± 0.57 นาที และหลังการฝึก ลดลงเป็น 13.76 ± 0.99 นาที ผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ t-test แบบสองกลุ่มสัมพันธ์ (paired t-test) ได้ค่า $t = -4.04$ $df = 9$, และ $p\text{-value} = 0.0029$ ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่า เวลาการวิ่ง 2400 เมตร ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติหลังการฝึก ดังนั้น โปรแกรมฝึกแบบสถานีช่วยพัฒนาความสามารถทางกายและความอดทนของนักกีฬาฟุตบอลหญิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดัง Table 3.

Table 3. Comparison of the Mean 2400-Meter Running Time Before and After Training Using a Paired t-test. (n = 10)

Sample Group	Mean ($\bar{x}$)	Standard Deviation (S.D.)	t	df	Sig. (p-value)
Before Training	15.37	0.57	-4.04	9	0.00*
After Training	13.76	0.99			

*P < 0.05

3. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายในขณะออกกำลังกาย ($VO_2\max$) ก่อนการฝึกเท่ากับ 34.97 ± 1.18 ml/kg/min และหลังการฝึกเพิ่มขึ้นเป็น 38.79 ± 2.81 ml/kg/min โดยมีค่าความแตกต่างทางสถิติ $t = -3.65$ $df = 9$ และ Sig. (p-value) = 0.0053 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายในขณะออกกำลังกาย ($VO_2\max$) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นโปรแกรมที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนของนักกีฬาฟุตบอลหญิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดัง Table 4.

Table 4. Comparison of the Mean Maximum Oxygen Uptake ($VO_2\max$) During Exercise Before and After Training Using a Paired t-test. (n = 10)

Sample Group	Mean ($\bar{x}$)	Standard Deviation (S.D.)	t	df	Sig. (p-value)
Before Training	34.97	1.18	-3.65	9	0.01*
After Training	38.79	2.81			

*P < 0.05

4. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังงานที่ใช้ (Energy Consumption) ก่อนการฝึก เท่ากับ 144.94 ± 18.83 kcal และหลังการฝึก ลดลงเป็น 143.41 ± 18.57 kcal ผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ t-test แบบสองกลุ่มสัมพันธ์ (paired t-test) ได้ค่า $t = -3.89$ $df = 9$, และ p-value = 0.0041 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่า พลังงานที่ใช้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการฝึก ดังนั้นร่างกายของกลุ่มตัวอย่างใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นหลังจากเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกแบบสถานี ส่งผลให้สามารถวิ่งในระยะทางเท่ากันโดยใช้พลังงานน้อยลง ดัง Table 5.

Table 5. Comparison of Mean Energy Consumption Before and After Training Using a Paired t-test. (n = 10)

Sample Group	Mean ($\bar{x}$)	Standard Deviation (S.D.)	t	df	Sig. (p-value)
Before Training	144.94	18.83	-3.89	9	0.00*
After Training	143.41	18.57			

*P < 0.05

5. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังงานที่ใช้ (Energy Consumption) ก่อนการฝึกอยู่ที่ 144.94 ± 18.83 กิโลแคลอรี และหลังการฝึกอยู่ที่ 143.41 ± 18.57 กิโลแคลอรี ส่วนค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาวิ่ง 2,400 เมตรก่อนการฝึกอยู่ที่ 15.37 ± 0.57 นาที และหลังการฝึกอยู่ที่ 13.76 ± 0.99 นาที โดยผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ได้ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation, r) = 0.9998 และค่า Sig. (p-value) = 0.001 ซึ่งน้อยกว่า 0.05

ค่าสหสัมพันธ์ที่อยู่ใกล้ 1.0 มาก แสดงให้เห็นว่า พลังงานที่ใช้และเวลาวิ่งมีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก โดยมีทิศทางเชิงบวก กล่าวคือ เมื่อกลุ่มตัวอย่างต้องใช้เวลาในการวิ่งมากขึ้น ร่างกายก็ต้องใช้พลังงานมากขึ้นเพื่อคงความสามารถในการออกกำลังกาย

ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) บ่งชี้ว่าความสัมพันธ์นี้มีความเชื่อมโยงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการลดเวลาวิ่งหลังการฝึกสามารถช่วยลดพลังงานที่ใช้ได้ ซึ่งเป็นผลจากการพัฒนาของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ ที่ช่วยให้กลุ่มตัวอย่างใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดัง Table 6.

Table 6. Relationship Between Energy Consumption and 2400-Meter Running Time.

Variable	Mean ($\bar{X}$)	Standard Deviation (S.D.)	Correlation (r)	Sig. (p-value)
Energy Consumption	144.18	18.22	1.00	0.00*
2400-Meter Running Time	14.56	1.14		

*P < 0.05

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบสถานีที่มีต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ และพลังงานที่ใช้ของนักกีฬาฟุตบอลหญิง ทีมมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จำนวน 10 คน ลักษณะพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อายุ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง ค่าดัชนีมวลกาย จากการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลหญิง มีอายุเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย ส่วนสูงเฉลี่ย และดัชนีมวลกาย (BMI) เฉลี่ย ซึ่งจัดอยู่ในช่วงสุขภาพร่างกายปกติ ลักษณะพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นว่า เป็นกลุ่มที่มีสมรรถภาพทางกายพื้นฐานที่เหมาะสมต่อการเข้าร่วมโปรแกรมฝึก

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายในขณะออกกำลังกาย ($VO_2\max$) ของนักกีฬาฟุตบอลหญิง ทีมมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ก่อนและหลังการฝึก 4 สัปดาห์ พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายในขณะออกกำลังกาย ($VO_2\max$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมการฝึกแบบสถานี (Circuit Training) ที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นครั้งนี้ มีประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถภาพแอโรบิกของนักกีฬา เนื่องจากโปรแกรมการฝึกใช้ระยะเวลาในการออกกำลังกายครั้งละ 50 นาที ซึ่งประกอบด้วย 3 ช่วงสำคัญ ได้แก่ 1. ช่วงอบอุ่นร่างกาย (Warm-up) เป็นการยืดเหยียดกล้ามเนื้อทุกส่วนของร่างกายเพื่อเตรียมความพร้อม 2. ช่วงออกกำลังกายหลัก (Exercise phase) เป็นการออกกำลังกายที่เน้นการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง ซึ่งช่วยเพิ่มการใช้พลังงานและการไหลเวียนของออกซิเจน 3. ช่วงผ่อนคลาย (Cool-down) เป็นการเดินช้า ๆ เพื่อช่วยให้ร่างกายฟื้นตัว และลดความตึงเครียดของกล้ามเนื้อ โปรแกรมที่ออกแบบในลักษณะนี้ส่งผลให้ร่างกายมีความต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยกระตุ้นระบบไหลเวียนโลหิตให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ค่า $VO_2\max$ เพิ่มขึ้น ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีอยู่ก่อนหน้า ซึ่งได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการฝึกแบบสถานี (Circuit Training) ในการพัฒนาอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย ($VO_2\max$) ในนักกีฬาฟุตบอลหญิง โดยเฉพาะงานวิจัยของ Romadhoni (2018) ที่พบว่า การฝึก Circuit

Training มีผลสำคัญต่อการเพิ่ม $VO_2\max$ ในนักกีฬาฟุตบอล ผลการทดลองของเขาชี้ให้เห็นว่าหลังจากการฝึกในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ นักกีฬามีการเปลี่ยนแปลงของ $VO_2\max$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของการฝึกดังกล่าวในการพัฒนาสมรรถภาพแอโรบิกของนักกีฬา และ Multazam et al. (2019) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของ Circuit Training โดยให้โปรแกรมการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ในช่วงเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า $VO_2\max$ ของนักกีฬาฟุตบอลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งยืนยันถึงความสามารถของโปรแกรม Circuit Training ในการเสริมสร้างสมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจในระยะเวลายาวนาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาค้นคว้าก่อนหน้านี้ Masdar & Wahyuni (2017) ได้ศึกษาผลของ Circuit Training เปรียบเทียบกับ Continuous Training พบว่าทั้งสองรูปแบบสามารถเพิ่ม $VO_2\max$ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม Circuit Training มีผลต่อการพัฒนา $VO_2\max$ มากกว่า แสดงให้เห็นว่า การฝึกแบบเป็นสัปดาห์สามารถกระตุ้นการทำงานของระบบหัวใจและปอดได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าการฝึกแบบต่อเนื่อง ในทำนองเดียวกัน Yunus & Raharjo (2022) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบผลของ Circuit Training และ Interval Training ในการเพิ่ม $VO_2\max$ ในนักกีฬาฟุตบอล โดยพบว่า Circuit Training มีประสิทธิภาพมากกว่า Interval Training ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึง ความสามารถของรูปแบบการฝึกนี้ในการเพิ่มอัตราการใช้ออกซิเจนของร่างกายได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งงานวิจัยของ Yunus (2023) ที่ศึกษาผลของ Circuit Training เป็นเวลา 6 สัปดาห์ (3 ครั้งต่อสัปดาห์) พบว่า $VO_2\max$ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นข้อพิสูจน์เพิ่มเติมถึงประสิทธิภาพของ Circuit Training ในการพัฒนาความสามารถในการใช้ออกซิเจนของนักกีฬาอย่างต่อเนื่อง

การศึกษาและเปรียบเทียบผลของโปรแกรมการฝึกแบบสถานี (Circuit Training) ที่มีต่อความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจของนักกีฬาฟุตบอลหญิง ทีมมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ก่อนและหลังการฝึก พบว่า ภายหลังการฝึก 4 สัปดาห์ เวลาในการวิ่ง 2400 เมตร ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งบ่งชี้ว่า การฝึกส่งผลให้สมรรถภาพของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจดีขึ้น การลดลงของเวลาวิ่งสะท้อนให้เห็นว่า ร่างกายสามารถทนต่อการออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Endurance) ได้ดีขึ้น ทั้งนี้เพราะโปรแกรมที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่มีความหนักระดับปานกลางถึงสูง (Moderate to High Intensity) ซึ่งกระตุ้นระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจอย่างต่อเนื่อง การฝึกแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 50 นาทีต่อวัน จำนวน 3 วันต่อสัปดาห์ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมตามหลักการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาความอดทนแบบแอโรบิก (Aerobic Training) โดยสอดคล้องกับแนวทางของ American College of Sports Medicine (ACSM, 2022) ที่ระบุว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีความหนักระดับปานกลางถึงสูงต่อเนื่องกันอย่างน้อย 30 นาทีขึ้นไป จะช่วยพัฒนาสมรรถภาพหัวใจและปอด ส่งผลให้การฝึกแบบสถานีทำให้หัวใจและปอดสามารถลำเลียงออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่ทำงานได้ดีขึ้น ซึ่งช่วยให้ร่างกายสามารถออกกำลังกายได้เป็นระยะเวลานานขึ้นโดยใช้พลังงานน้อยลง ผลลัพธ์ของการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Satria et al. (2024) และ Sonchan et al. (2017) และ Karahan (2012) ที่พบว่า การฝึกที่มีความเข้มข้นสูง (High-Intensity Training) และการฝึกแบบ Circuit Training สามารถเพิ่มสมรรถภาพของระบบแอโรบิกและแอนแอโรบิกได้ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความสามารถในการจัดการกรดแลคติก (Lactate Threshold) ทำให้สามารถรักษาความเร็วและความเข้มข้นของการออกกำลังกายได้นานขึ้นโดยไม่รู้สึกเหนื่อยล้าเร็ว นอกจากนี้ Manikandan (2014) ยังสนับสนุนว่าการฝึกแบบ Circuit Training มีผลดีต่อ Cardio-Respiratory Endurance ในนักกีฬาฟุตบอล เนื่องจากเป็นรูปแบบการฝึกที่เน้นการออกกำลังกายต่อเนื่องและส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพโดยรวม ดังนั้นการนำโปรแกรมการฝึกแบบสถานีไปใช้ในนักกีฬาฟุตบอลจึงสามารถช่วยเพิ่มสมรรถภาพทางกายและศักยภาพในการแข่งขันได้จริง

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ใช้ (Energy Consumption) กับเวลาในการวิ่ง 2400 เมตรของนักกีฬาฟุตบอลหญิง ทีมมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ภายหลังการฝึกแบบสถานี พบว่า พลังงานที่ใช้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการฝึก ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ร่างกายของนักกีฬาสามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โปรแกรม

การฝึกแบบสแตนด์ช่วยเพิ่มความสามารถของระบบหัวใจและกล้ามเนื้อ ทำให้ร่างกายนำออกซิเจนไปใช้ได้ดีขึ้น พัฒนาระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ ส่งผลให้ร่างกายสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยใช้พลังงานน้อยลง แม้ระดับความหนักของการออกกำลังกายจะคงที่หรือเพิ่มขึ้น ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Da Silva et al. (2021) ที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) การใช้ออกซิเจน (VO_2) และพลังงานที่ใช้ (Energy Expenditure) ในการแข่งขันฟุตบอล โดยพบว่า การออกกำลังกายที่มีความเข้มข้นสูงช่วยพัฒนาระบบหัวใจและกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ร่างกายใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

นอกจากนี้ ผลการศึกษพบว่า พลังงานที่ใช้และเวลาในการวิ่ง 2400 เมตร มีความสัมพันธ์เชิงบวกที่สูงมาก ($r = 0.9998$, $p < 0.05$) ซึ่งหมายความว่า นักกีฬาที่ใช้เวลาวิ่งมากขึ้น มักจะใช้พลังงานมากขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับหลักสรีรวิทยาที่ระบุว่า เมื่อใช้เวลาวิ่งมากขึ้น ร่างกายต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการรักษาระดับความหนักของการออกกำลังกาย อย่างไรก็ตาม หลังการฝึกพบว่า แม้เวลาวิ่งลดลง แต่พลังงานที่ใช้ก็ลดลงตามไปด้วย แสดงให้เห็นว่า ร่างกายมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานมากขึ้น ทำให้สามารถออกกำลังกายได้ในระยะเวลาสั้นลงโดยใช้พลังงานน้อยลง ผลลัพธ์นี้สามารถอธิบายได้จากการปรับตัวของระบบเผาผลาญพลังงาน (Metabolic Adaptation) โดยในช่วงแรกของการฝึก ร่างกายต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการทำงานของกล้ามเนื้อ แต่เมื่อฝึกต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหนึ่ง กล้ามเนื้อสามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และลดอัตราการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fitrian et al. (2023) ที่เปรียบเทียบผลของ Circuit Training, Fartlek และ Small-Sided Games พบว่า รูปแบบการฝึกเหล่านี้มีผลต่อการเพิ่ม VO_{2max} และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับ Marín-Pagán et al. (2020) ซึ่งศึกษาผลของ High-Intensity Circuit Training เทียบกับการฝึกความแข็งแรงแบบดั้งเดิม พบว่า Circuit Training ช่วยเพิ่มการใช้พลังงานและพัฒนาระบบไหลเวียนโลหิตได้ดีกว่า นอกจากนี้ งานวิจัยของ Hatamoto et al. (2014) วิเคราะห์ว่า ความเร็วในการวิ่งมีผลต่ออัตราการใช้พลังงานหรือไม่ โดยพบว่า เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น การใช้พลังงานก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสนับสนุนแนวคิดที่ว่าเวลาวิ่งมีความสัมพันธ์กับพลังงานที่ใช้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบสแตนด์ (Circuit Training) ที่มีต่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจ และพลังงานที่ใช้ของนักกีฬาฟุตบอลหญิงทีมมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม โดยฝึกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ๆ ละ 3 วัน ผลการศึกษพบว่า การฝึกแบบสแตนด์ช่วยเพิ่มค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) อย่างมีนัยสำคัญ โดยเวลาที่ใช้ในการวิ่ง 2400 เมตรลดลง และการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า นักกีฬาที่วิ่งได้เร็วขึ้น สามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสะท้อนถึงการพัฒนาของสมรรถภาพทางกายโดยรวม ดังนั้น โปรแกรมการฝึกแบบสแตนด์สามารถใช้เป็นแนวทางในการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายในนักกีฬาฟุตบอลหญิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป ดังนี้ 1. ศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบสแตนด์ในระยะเวลาที่นานขึ้น เช่น 6-8 สัปดาห์ เพื่อดูแนวโน้มการพัฒนาสมรรถภาพที่ชัดเจนขึ้น 2. ศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบสแตนด์กับนักกีฬาฟุตบอลเพศชาย หรือกีฬาประเภทอื่นที่ต้องใช้ความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตสูง และ 3. ศึกษาผลของโปรแกรมการฝึกแบบสแตนด์ต่อฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับความเหนื่อยล้าและการฟื้นตัวของร่างกาย

เอกสารอ้างอิง

- Ali, SK., Ch'ng, SG., & Hidayat, Y. (2011). The effects of circuit training program on cardiovascular endurance by women college students. *Jurnal Kepelatihan Olahraga*, 3(2), 102-115.
- American College of Sports Medicine (ACSM)—Exercise is Medicine (EIM). Being active when you have NAFLD [Online]. Retrieved July 7, 2022. from: https://www.exerciseismedicine.org/assets/page_documents/EIM_Rx%20for%20Health_NAFLD.pdf.
- Beato, M., Coratella, G., & Schena, F. (2016). Brief review of the state of art in futsal. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 56(4), 428-32.
- Burger, SC., Bertram, SR., & Stewart, RI. (1990). Assessment of the 2, 4 km run as a predictor of aerobic capacity. *South African Medical Journal*, 78(9), 327-329.
- Castagna, C., & Alvarez, J. (2010). Physiological Demands of an Intermittent Futsal-Oriented High-Intensity Test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 2322-2329.
- Chantarapitak, P., Geraplansub, S., & Varatorn, R. (2013). The FIFA Futsal World Cup Thailand 2012: Injuries to Athletes. *The Bangkok Medical Journal*, 5, 41-43.
- Cooper, KH. (1968). A means of assessing maximal oxygen intake: correlation between field and treadmill testing. *Jama*, 203(3), 201-204.
- Da Silva, H., Nakamura, F., Papoti, M., Da Silva, A., & Dos-Santos, J. (2021). Relationship Between Heart Rate, Oxygen Consumption, and Energy Expenditure in Futsal. *Frontiers in Psychology*, 12, 698622.
- Fitrian, ZA., Graha, AS., Nasrulloh, A., Munir, A., Asmara, M., & Irsyad, NY. (2023). The effect of circuit training, fartlek, and small-sided games on maximum oxygen consumption capacity building in futsal players. *Health, sport, rehabilitation*, 9(2), 48-60.
- Hatamoto, Y., Yamada, Y., Sagayama, H., Higaki, Y., Kiyonaga, A., & Tanaka, H. (2014). The relationship between running velocity and the energy cost of turning during running. *PloS one*, 9(1), e81850.
- Karahan, M. (2012). The Effect of Skill-Based Maximal Intensity Interval Training on Aerobic and Anaerobic Performance of Female Futsal Players. *Biology of Sport*, 29, 223-227.
- Liguori, G., & American College of Sports Medicine. (2020). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Lippincott: Williams & Wilkins.
- Lopes, M., Oliveira, J., & Ribeiro, F. (2020). Injury prevention in futsal players: is the FIFA 11+ a simple answer to a complex problem?. *Physical Therapy Reviews*, 25(2), 96-105.
- Manikandan, S. (2014). Efficacy of Circuit Training and Continuous Training on Selected Endurance Parameters Among Soccer Players. *International Journal of Scientific Research*, 3(11), 448-449.
- Marín-Pagán, C., Blazeovich, AJ., Chung, LH., Romero-Arenas, S., Freitas, TT., & Alcaraz, PE. (2020). Acute physiological responses to high-intensity resistance circuit training vs. traditional strength training in soccer players. *Biology*, 9(11), 383.
- Masdar, R., & Wahyuni, S. (2017). Pengaruh Latihan Lari Kontinyu Dan Circuit Training Terhadap Peningkatan $VO_2\text{max}$ Pemain Futsal Universitas Muhammadiyah Surakarta. Skripsi: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- McArdle, WD., Katch, FI., & Katch, VL. (2010). Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance. Lippincott: Williams & Wilkins.
- Multazam, A., Chandra, A., Irawan, DS., & Abdullah, A. (2020). Circuit training efektif meningkatkan $VO_2\text{max}$ Pemain Futsal Yayasan Bina Insani Sukses Malang. *Physiotherapy Health Science*, 2(1), 1-6.
- Naser, N., Ali, A., & Macadam, P. (2017). Physical and physiological demands of futsal. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 15, 76 - 80.

- Romadhoni, DL., Herawati, I., & Pristianto, A. (2018). Pengaruh pemberian circuit training terhadap peningkatan $VO_2\max$ pada pemain futsal di Maleo Futsal Maetan. *Jurnal Kesehatan*, 11(1), 43-48.
- Satria, M., Juhani, J., Da'i, M., Isnaini, L., Anam, K., & Dwijayanti, K. (2024). Effectiveness of Circuit and Fartlek Exercises to Increase Aerobic Endurance in Adolescent Futsal Players. *International Journal of Disabilities Sports and Health Sciences*, 7(4), 782-795.
- Sonchan, W., Moungrmee, P., & Sootmongkol, A. (2017). The Effects of a Circuit Training Program on Muscle Strength, Agility, Anaerobic Performance and Cardiovascular Endurance. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Medical, Health, Biomedical, Bioengineering and Pharmaceutical Engineering*, 11, 176-179.
- Spyrou, K., Freitas, T., Marín-Cascales, E., & Alcaraz, P. (2020). Physical and Physiological Match-Play Demands and Player Characteristics in Futsal: A Systematic Review. *Frontiers in Psychology*, 11, 569897.
- Tuntavanitch, P & Jindasri, P. (2018). The Real Meaning of IOC. *Journal of Educational Measurement*, Mahasarakham University, 24(2), 3-12. (In Thai)
- Wilmore, JH., Costill, DL., & Kenney, WL. (2004). *Physiology of sport and exercise* (Vol. 20). Champaign: Human kinetics.
- Yuniana, R., Nasrulloh, A., Nurhadi, FI., Sumaryanto, S., Sabillah, MI., & Elumalai, G. (2024). The effectiveness of the circuit bodyweight training method in improving cardiovascular endurance. *Retos*, 51, 1220-1225.
- Yunus, M. (2023). Effect of 6 Weeks of Circuit Training on Increased $VO_2\max$. *Jurnal Health Sains*, 4(7), 26-33.
- Yunus, M., & Raharjo, S. (2022). The Effect of Circuit and Interval Training on Maximum Oxygen Volume ($VO_2\max$) in Professional Futsal Athletes. *Kinestetik: Jurnal Ilmiah Pendidikan Jasmani*, 6(1), 128-133.