

Original article

EFFECT OF RESISTANCE INTERVAL TRAINING ON AEROBIC AND ANAEROBIC FITNESS IN FEMALE SOCCER PLAYERS

Thosapon CHUANBOON

*Faculty of Sport and Health Sciences, Thailand National Sports University, Sukhothai Campus,
Sukhothai, THAILAND***ABSTRACT**

This study aimed to compare the effects of resistance interval training on aerobic and anaerobic fitness in female soccer players. The twenty female soccer players aged 18–22 years old were equally randomized into two groups: the control group and experimental group. The participants in the control group completed 4 x 30 sec (20–30 reps) weight training at 50 - 60 % 1 RM with 30 seconds recovery between bouts (experimental group, N=10). The participants in the experimental group completed 8 x 20 sec (15–20 reps) weight training at 20 - 30 % 1 RM with 10 seconds recovery between bouts (control group, N=10). All participants performed the protocol three per week over 8 weeks. Maximal oxygen uptake (VO_{2max}) was measured using Multistage physical fitness test. Anaerobic power and anaerobic capacity were tested by a Running-based Anaerobic Sprint (RAST) Test. The data were statistically analyzed using the Paired Samples T-test and the Independent T-test at a statistical significance level of 0.05.

The results showed that after 8 weeks of training average VO_{2max} significantly increased from 30.34 ± 4.0 to 35.61 ± 3.7 ml/kg/min (control) and 30.38 ± 3.7 to 37.68 ± 2.8 ml/kg/min (experimental) ($p < 0.05$). In addition, anaerobic capacity increased by 314.50 ± 59 to 365 ± 92 Watt (control group) and 303.40 ± 47 to 389 ± 48 Watt (experimental) and anaerobic power increased by 410.40 ± 79 to 481 ± 109 Watt (control) and 384.60 ± 61 to 477.20 ± 55 Watt (experimental) within group significant difference ($p < 0.05$)

Conclusion. The Resistance Interval Training could be developed of aerobic and aerobic fitness for female soccer players.

(Journal of Sports Science and Technology 2023; 23(2):46-57)

(Received: 29 May 2023, Revised: 31 August 2023, Accepted: 4 September 2023)

KEYWORDS: Resistance Training/ Interval Training/ Tabata Protocol/ Strength Endurance Training/
aerobic capacity/ Anaerobic Power/ Anaerobic capacity

*Corresponding author: Thosapon Chuanboon

Faculty of Sport and Health Sciences, Thailand National Sports University,
Sukhothai Campus, Sukhothai, THAILAND

E-mail: thosaponpun007@gmail.com

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของการฝึกแรงต้านแบบหนักสลับเบาต่อสมรรถภาพแอโรบิกและแอนแอโรบิกในนักกีฬาฟุตบอลหญิง

ทศพล ขวณบุญ

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตสุโขทัย

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกแรงต้านแบบหนักสลับเบาต่อสมรรถภาพแอโรบิกและแอนแอโรบิกในนักกีฬาฟุตบอลหญิง นักกีฬาฟุตบอลหญิง อายุระหว่าง 18 – 22 ปี จำนวน 20 คน ถูกสุ่มแบ่งด้วยจำนวนที่เท่ากันออกเป็น: กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง สำหรับการฝึกแรงต้านอดทนโดยใช้โปรแกรมความแข็งแรงอดทนปริมาณในการฝึก 4 เซต เซตละ 30 วินาที (20–30 ครั้ง) ปริมาณความหนัก 50 – 60 % 1 RM สลับกับการพัก เป็นระยะเวลา 30 วินาที(กลุ่มควบคุม มีจำนวน 10 คน) และ ฝึกโปรแกรมความแข็งแรงอดทน ปริมาณในการฝึก 8 เซต เซตละ 10 วินาที (15–20 ครั้ง) ปริมาณความหนัก 20 – 30 % 1 RM) สลับกับการพัก เป็นระยะเวลา 10 วินาที (กลุ่มทดลอง มีจำนวน 10 คน) ทำการฝึกจำนวนสัปดาห์ละ 3 วัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทดสอบการใช้ออกซิเจนสูงสุด(VO_{2max}) โดยวิธีการ Multistage physical fitness test ทดสอบสมรรถภาพแอโรบิก และทดสอบพลังแอนแอโรบิก โดยวิธีการ การทดสอบวิ่งเร็ว 35 เมตร 6 รอบ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ เปรียบเทียบแบบจับคู่สิ่งทดลอง และ เปรียบเทียบแบบรวมกลุ่ม กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่า หลังการฝึก 8 สัปดาห์ ทั้ง 2 กลุ่ม การใช้ออกซิเจนสูงสุด(VO_{2max}) มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 30.34 ± 4.0 เป็น 35.61 ± 3.7 มล./กก./นาที (กลุ่มควบคุม) และ 30.38 ± 3.7 เป็น 37.68 ± 2.8 มล./กก./นาที (กลุ่มทดลอง) สมรรถภาพแอนแอโรบิกมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 314.50 ± 59 เป็น 365 ± 92 วัตต์ (กลุ่มควบคุม) และ 303.40 ± 47 เป็น 389 ± 48 วัตต์ (กลุ่มทดลอง) พลังแอนแอโรบิกมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 410.40 ± 79 to 481 ± 109 วัตต์ (กลุ่มควบคุม) และ 384.60 ± 61 to 477.20 ± 55 วัตต์ (กลุ่มทดลอง) ผลของสมรรถภาพแอนแอโรบิก และพลังแอนแอโรบิกภายในกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

สรุปผล การฝึกแรงต้านแบบหนักสลับเบาสามารถพัฒนาสมรรถภาพแอโรบิกและแอนแอโรบิกในนักกีฬาฟุตบอลหญิงได้

(วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา 2566; 23(23(2):46-57)

คำสำคัญ: การฝึกแรงต้าน / โปรแกรมหนักสลับเบา / ทาบาค้า เวท โปรโคตอล / ความแข็งแรงอดทน / สมรรถภาพแอโรบิก / พลังแอนแอโรบิก / สมรรถภาพแอนแอโรบิก

บทนำ

นักกีฬาฟุตบอลหญิงมีความสามารถแตกต่างจากนักกีฬาฟุตบอลชายแต่ต้องทำการแข่งขันเป็นระยะเวลา 90 นาทีเท่ากับผู้ชาย เหตุผลที่สำคัญประเด็นหนึ่งคือ ความแข็งแรงที่มีน้อยกว่านักกีฬาฟุตบอลชาย ความแข็งแรงนอกจากจะเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายเพื่อให้เกิดแรงสูงสุด ยังเป็นพื้นฐานในห้วงศักระบอบสมรรถภาพทางกายทางด้านอื่นๆ นอกจากนี้ความแข็งแรงยังแบ่งออกเป็นความแข็งแรงอดทนที่มีความสำคัญในการถูกนำมาใช้ในเกมการแข่งขันฟุตบอล ตลอดช่วงของการเคลื่อนไหวใน 1 เกมการแข่งขัน การออกแรงสูงสุดซ้ำๆกันบ่อย สำหรับ ความเร็ว ความคล่องแคล่ว ว่องไว และพลังกล้ามเนื้อ หากร่างกายไม่มีกล้ามเนื้อที่มีความแข็งแรงอดทนมีประสิทธิภาพมากพอ นักกีฬาจะไม่สามารถรักษาความสามารถสูงสุดเอาไว้ได้ ผู้วิจัยเป็นผู้ฝึกสอนนักกีฬาฟุตบอลหญิง มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ เป็นนักกีฬาที่ทำการฝึกซ้อมต่อเนื่องตลอดปีการศึกษา 2564 -2565 และในช่วงเดือนกรกฎาคม 2565 มีรายการแข่งขันฟุตบอลหญิง รอบแชมป์เปี้ยนส์ การวิจัยในครั้งนี้เป็นการทดลองและการฝึกเพื่อเตรียมสมรรถภาพทางกายเพื่อนำไปใช้ในการแข่งขันกีฬาฟุตบอลหญิง เพื่อคัดเป็นตัวแทนไปแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยต่อไป

ฟุตบอล มีการเคลื่อนไหวหลายรูปแบบ จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่นักกีฬาฟุตบอลต้องฝึกความอดทนแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน ในระหว่างการแข่งขัน 90 นาที ผู้เล่นวิ่งประมาณ 10 – 12 กม.ที่ระดับความหนัก 80-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด¹ การฝึกความอดทนแบบใช้ออกซิเจน มีความสำคัญเป็นอย่างมากใช้พลังงานแอโรบิกถึงความต้องการทางสรีรวิทยาในระหว่างการแข่งขันสูง ความเข้มข้นเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด $\geq 85\%$ และการใช้ออกซิเจนสูงสุด $\sim 80\% \text{ VO}_{2\text{max}}$ ¹ ในการให้พลังงานในระหว่างเกมการแข่งขัน² ในนักกีฬาฟุตบอลต้องการความอดทนแบบใช้ออกซิเจนเพื่อใช้ในการเคลื่อนไหวซ้ำๆกัน ต้องการการนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมาก ผู้เล่นฟุตบอลมีความอดทนเป็นเลิศ โดย $\text{VO}_{2\text{max}}$ อยู่ในช่วงระหว่าง 55 ถึง 70 มล./กก./นาที ในผู้เล่นชั้นยอด³ นำไปใช้ในการสร้างพลังงานสำรองให้ระบบแอนแอโรบิกนำไปใช้ในครั้งต่อไป นอกจากนี้ยังต้องการความแข็งแรงอดทนเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการเคลื่อนไหวซ้ำๆ ทั้งพลังกล้ามเนื้อ ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว ตลอดจนความต้องการความแข็งแรงอดทนเพื่อให้ นักกีฬาสามารถเคลื่อนไหวด้วยสมรรถภาพทางกายที่หลากหลายซ้ำๆกันได้อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงการแข่งขันความแข็งแรงอดทน หรือความอดทนของกล้ามเนื้อที่ได้รับความนิยมคือการฝึกโดยใช้แรงต้าน โดยเฉพาะโปรแกรม ความแข็งแรงอดทน หรือความอดทนของกล้ามเนื้อ (muscular endurance) ถึงแม้ว่า การฝึกโดยใช้แรงต้านจะไม่สามารถพัฒนา $\text{VO}_{2\text{max}}$ ได้โดยตรง แต่เมื่อนำไปฝึก ร่วมกับการฝึกสมรรถภาพแอโรบิก ด้วยรูปแบบต่างๆ การฝึกด้วยแรงต้านสามารถเพิ่มความอดทนของกล้ามเนื้อ ทำให้นักกีฬามีการเคลื่อนไหวด้วยแรงสูงสุดต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานเพิ่มมากขึ้น โดยที่ต่ออาศัยความแข็งแรงอดทนของกล้ามเนื้อเป็นหลักในการเคลื่อนไหวและเก็บสะสมพลังงาน นอกจากนี้ยังช่วยทำให้ร่างกายทนต่อสภาวะการเกิดกรดแลคติก ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนไหว มีความสำคัญ ต่อพลังกล้ามเนื้อ ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไวในการปฏิบัติทักษะการเคลื่อนไหวซ้ำๆหรือบ่อยครั้ง ซึ่งต่ออาศัยความแข็งแรงอดทน (strength endurance)⁴ ความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกแรงเกือบสูงสุดซ้ำๆกันต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน นอกจากนี้ ยังส่งผลต่อการทนต่อกรดแลคติกได้เป็นอย่างดี ทำให้สามารถเคลื่อนไหวได้นานขึ้น ความแข็งแรงอดทนเป็นการฝึกในรูปแบบความอดทนแบบไม่ใช้ออกซิเจน⁴ การฝึกความแข็งแรงมีผลต่อ การตอบสนองของเส้นใยกล้ามเนื้อและการตอบสนองของประสาทและกล้ามเนื้อ⁵

ในเกมการแข่งขันฟุตบอล นักฟุตบอลหญิงจะต้องเล่นให้ครบ 90 นาที ต่ออาศัยความแข็งแรงอดทนควบคู่ความอดทนของสมรรถภาพแอโรบิก การสร้างโปรแกรมการฝึก เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพแอโรบิก และสมรรถภาพแอนแอโรบิก พลังแอนแอโรบิกที่มีผลต่อความสามารถเสริมสร้างความเร็ว พลังกล้ามเนื้อ และความคล่องแคล่วว่องไวจึงถูกนำมาใช้ในช่วง

ของการฝึกนักกีฬาฟุตบอลในช่วงเตรียมสมรรถภาพทางกายในช่วงแรก โดยการฝึกควบคู่กับการฝึกความอดทน โดยได้ใช้หลักการดังต่อไปนี้

การฝึกความแข็งแรงมีผลดีต่อสมรรถภาพความอดทน ความหนักที่ใช้ในการฝึกต่ำกว่า 67 เปอร์เซ็นต์ของความแข็งแรงสูงสุด จำนวนครั้งในการฝึกมากกว่า 12 ครั้ง ระยะเวลาพักน้อยกว่า 30 วินาที ต่อเซต การฝึกความแข็งแรงและความอดทนพร้อมกันสามารถเพิ่มประสิทธิภาพความอดทนในนักกีฬาระดับสูงได้ดีกว่าการฝึกความอดทนเพียงอย่างเดียว⁵ การกำหนดความหนักรูปแบบที่ 2 ฝึกที่ความหนักมากกว่า 30% ของแรงสูงสุด จำนวนครั้งในการฝึก 20 – 100 ครั้ง หรือการฝึกที่ความหนัก 50 % ของความแข็งแรงสูงสุด^{6,7} จำนวนครั้งในการฝึก 15 – 20 ครั้งโดยมีการพักต่ำกว่า 30 วินาที ความอดทนของกล้ามเนื้อถูกกำหนดเป็นความสามารถของกลุ่มกล้ามเนื้อหรือหลายกลุ่มในการเคลื่อนไหวซ้ำ ๆ ความอดทนของกล้ามเนื้อเป็นสิ่งสำคัญสำหรับเกมการแข่งขัน นอกเหนือจากการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max})

โปรแกรมการฝึกหนักสลับเบา (interval training program) เป็นรูปแบบของการฝึกซ้อมหรือการออกกำลังกายที่มีการฝึกปฏิบัติออกเป็นชุดๆ โดยในแต่ละชุดประกอบไปด้วย ช่วงของการฝึกหนักสลับกับช่วงของการฝึกเบาหรือการพัก โดยที่ช่วงที่ฝึกหนักสลับเบาเรียกว่า ชุด (Series) และฝึกปฏิบัติซ้ำๆ กันจนครบตามจำนวนชุดหรือตามระยะเวลาที่ได้กำหนด⁸ หนึ่งในรูปแบบการฝึกความแข็งแรงแอตทน การฝึกทาบาคะ (Tabata training) ดร. อิชิมิ ทาบาคะ ทำการทดสอบโดยใช้ 170% VO_{2max} กับการออกกำลังกายแบบทาบาคะ 4 นาทีโดยใช้จักรยาน เขาเปรียบเทียบผลลัพธ์กับนักกีฬาที่ใช้โปรแกรมการฝึก 30 วินาที พัก 2 นาที จำนวน 3 – 4 เทียบ ผลปรากฏว่านักกีฬาที่เข้ารับการฝึกโปรแกรม ทาบาคะสามารถเพิ่มค่า VO_{2max} สูงขึ้น ใช้ออกซิเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น⁹ และต่อมาเมื่อปี 2002 ได้นำ การฝึกทาบาคะมาใช้ในการฝึกแรงต้าน กับนักกีฬาฟุตบอลทีมชาติญี่ปุ่น โดยฝึกด้วยท่าฝึกอุปกรณ์ฟรีเวท ท่าละ 20 วินาที ที่ความหนัก 20 – 30 % ของความแข็งแรงสูงสุด สลับกับพัก 10 วินาที เป็นจำนวน 8 เซต และใช้ท่าฝึกทั้งหมด 8 ท่าฝึก¹⁰ ผลการศึกษาเป็นอย่างไร?

การฝึกด้วยแรงต้านเป็นการออกกำลังกายโดยไม่ใช้ออกซิเจน ส่งผลให้นักกีฬาฟุตบอลมีกล้ามเนื้อที่แข็งแรงและอดทน โดยเฉพาะการเสริมสร้างกล้ามเนื้อแข็งแรงอดทน ที่ส่งผลต่อการพัฒนานาการเคลื่อนไหวเพื่อฝึกความอดทนของสมรรถภาพแอโรบิกเกิดการปรับตัวในระบบทางสรีรวิทยาที่หลากหลาย การเพิ่มขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของระบบประสาทและต่อมไร้ท่อ นอกจากนี้ การฝึกด้วยแรงต้านอาจเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพซึ่งช่วยลดการบาดเจ็บจากการเล่นกีฬาได้¹¹ แต่ที่ผ่านมา ยังไม่มีผู้วิจัยท่านใด ได้ทำการศึกษากการฝึกโดยใช้แรงต้านที่มีผลต่อสมรรถภาพแอโรบิก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการฝึกแรงต้านแบบหนักสลับเบา ต่อสมรรถภาพแอโรบิก และแอนแอโรบิก ในนักกีฬาฟุตบอลหญิง ก่อนการฝึกและหลังการฝึก
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกแรงต้านแบบหนักสลับเบาทั้ง 2 แบบ ต่อสมรรถภาพแอโรบิก และแอนแอโรบิก ในนักกีฬาฟุตบอลหญิง

สมมุติฐาน $H1 : \mu_1 \neq \mu_2$

วิธีการดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นอาสาสมัครนักกีฬาฟุตบอลหญิง มกช.สุโขทัย มีอายุระหว่าง 18 – 22 ปี จำนวน 20 คน ได้มาจากการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) นำกลุ่มอาสาสมัครทั้งหมดทดสอบหาค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Multi stage physical fitness test) โดยใช้ค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดมาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก 1 – 20 และเรียงลำดับเข้ากลุ่มแบบเฉพาะเจาะจง โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน ซึ่งจะประกอบไปด้วย กลุ่มควบคุม คือฝึกทักษะฟุตบอลและสมรรถภาพทางกายควบคู่กับฝึกแรงต้านแบบหนักสลับเบา (Strength endurance) และกลุ่มทดลอง ฝึกทักษะฟุตบอลและสมรรถภาพทางกายควบคู่กับฝึกแรงต้านแบบหนักสลับเบา (Tabata protocol)

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

อาสาสมัครเป็นนักกีฬา ที่มีอายุระหว่าง 18 – 22 ปี ที่เล่นในตำแหน่งผู้เล่นกองหน้า ,กองกลางและกองหลัง ไม่ได้อยู่ในช่วงรักษาตัว หรือมีอาการบาดเจ็บ

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

อาสาสมัครเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมได้เช่นการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุหรือมีอาการเจ็บป่วยเป็นต้นรวมทั้งอาสาสมัครที่ไม่ปฏิบัติตามข้อตกลงในการวิจัยที่ได้ทำการตกลงร่วมกันระหว่างผู้วิจัยและอาสาสมัครและอาสาสมัครขอลาออกจากวิจัย เป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้ในการออกแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental study design) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยมหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติให้สามารถดำเนินการได้มีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล หนังสือรับรองเลขที่ 057/2564

ก่อนเริ่มทำการวิจัยกลุ่มตัวอย่างทุกคนลงนามในหนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย (Informed consent from) ภายหลังจากที่ได้รับทราบอธิบายถึงวัตถุประสงค์ของงานวิจัยประโยชน์ที่จะได้รับวิธีการดำเนินการวิจัย ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในขณะเข้าร่วมการวิจัยและการถอนตัวหรือยุติ การเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ข้อตกลงและการปฏิบัติตัวในการเข้าร่วมวิจัย โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาฟุตบอลหญิง ที่มีอายุระหว่าง 18 – 22 ปี จำนวน 20 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม จำนวนกลุ่มละ 10 คน การแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยให้นักกีฬาทดสอบหาค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Multi stage physical fitness test) นำค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่ได้มาเรียงจากมากไปน้อยสลับกันซึ่งจะประกอบไปด้วยกลุ่มควบคุม คือฝึกทักษะฟุตบอลและสมรรถภาพทางกายควบคู่กับฝึกแรงต้านแบบหนักสลับเบา (Strength endurance) และกลุ่มทดลอง ฝึกทักษะฟุตบอลและสมรรถภาพทางกายควบคู่กับฝึกแรงต้านแบบหนักสลับเบา (Tabata protocol) แต่ละกลุ่มทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกายก่อนการฝึกหลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4 และหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 8

การทดสอบก่อนและหลังการทดสอบ

การทดสอบก่อนการทดลอง 3 วัน เวลา 17.30 ทำการทดสอบการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) ด้วย Multistage physical fitness test การทดสอบก่อนการทดลอง 1 วัน เวลา 17.30 ทำการทดสอบสมรรถภาพแอนแอโรบิก (RAST test) การทดสอบหลังการทดลอง 2 วัน ในการทดสอบสมรรถภาพนักกีฬาหลังการฝึกไม่มีการฝึก เวลา 17.30 ทำการทดสอบสมรรถภาพแอนแอโรบิก การทดสอบหลังการทดลอง 3 วัน เวลา 17.30 ทำการทดสอบ VO_{2max}

โปรแกรมการทดสอบสมรรถภาพทางกายประกอบไปด้วย

1. โปรแกรมการทดสอบหาค่าอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_{2max}) ที่แสดงถึงสมรรถภาพแอโรบิก (Aerobic capacity) โดยใช้วิธีการทดสอบ Multistage physical fitness test ผู้เข้าร่วมการทดสอบวิ่งระยะทาง 20 เมตรต่อเที่ยว ความเร็วในการวิ่งระดับที่ 1 เท่ากับ 8.5 กม./ชม. ระดับความเร็วจะเพิ่มขึ้นระดับละ 0.5 กม./ชม. ในทุก ๆ นาที โดยจะมีสัญญาณเสียงเตือนบอกให้ออกตัวที่กอรยจุดออกทุกครั้ง โดยแต่ละระดับจะมีเวลาวิ่ง 1 นาที นักกีฬาจะต้องวิ่งใช้ความเร็วตามที่กำหนด หากนักกีฬาไม่สามารถที่จะรักษาระดับความเร็วในการวิ่งทันตามสัญญาณเสียงที่กำหนดได้ ต่อเนื่องสองเที่ยว จะยุติการทดสอบ

2. โปรแกรมการทดสอบหาค่าสมรรถภาพแอนแอโรบิก (Aerobic fitness) และพลังแอนแอโรบิก โดยใช้วิธีการทดสอบ RAST test นักกีฬาวิ่งผ่านเส้นสิ้นสุดระยะทาง 35 เมตร แล้วชะลอความเร็ว แล้วหยุดพัก 10 วินาที เมื่อได้รับสัญญาณวิ่งเที่ยวที่ 2 ให้วิ่งกลับมาถึงจุดเริ่มต้นด้วยความเร็วสูงสุด ทดสอบจำนวนทั้งหมด 6 เที่ยว

โปรแกรมการฝึก

3. กลุ่มควบคุม ฝึกทักษะฟุตบอลและสมรรถภาพทางกายควบคู่กับการฝึกแรงต้านโดยใช้โปรแกรมความแข็งแรงอดทน จำนวน 12 ท่าฝึก ปริมาณความหนัก 50 – 60 เปอร์เซ็นต์ ของความแข็งแรงสูงสุดเป็นระยะเวลา 30 วินาที (จำนวน 15 – 20 ครั้ง) สลับกับการพัก เป็นระยะเวลา 30 วินาที จำนวนเซตในการฝึก 4 เซตต่อ 1 ท่าฝึก จำนวนสัปดาห์ละ 3 วัน ทำการฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ใน 1 วันใช้เวลาในการฝึก 50 – 60 นาที ท่าที่ใช้ในการฝึกคือ?

4. กลุ่มทดลอง ฝึกทักษะฟุตบอลและสมรรถภาพทางกายควบคู่กับการฝึกแรงต้านโดยใช้โปรแกรมความแข็งแรงอดทน ด้วยท่าบาต้าโปรโคตอล จำนวน 12 ท่าฝึก ปริมาณความหนัก 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ ของความแข็งแรงสูงสุดเป็นระยะเวลา 20 วินาที (จำนวนครั้ง 20 – 30 ครั้ง) สลับกับการพัก เป็นระยะเวลา 10 วินาที จำนวนเซตในการฝึก 4 เซตต่อ 1 ท่าฝึก จำนวนสัปดาห์ละ 3 วัน ทำการฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ใน 1 วันใช้เวลาในการฝึก 50-60 นาที

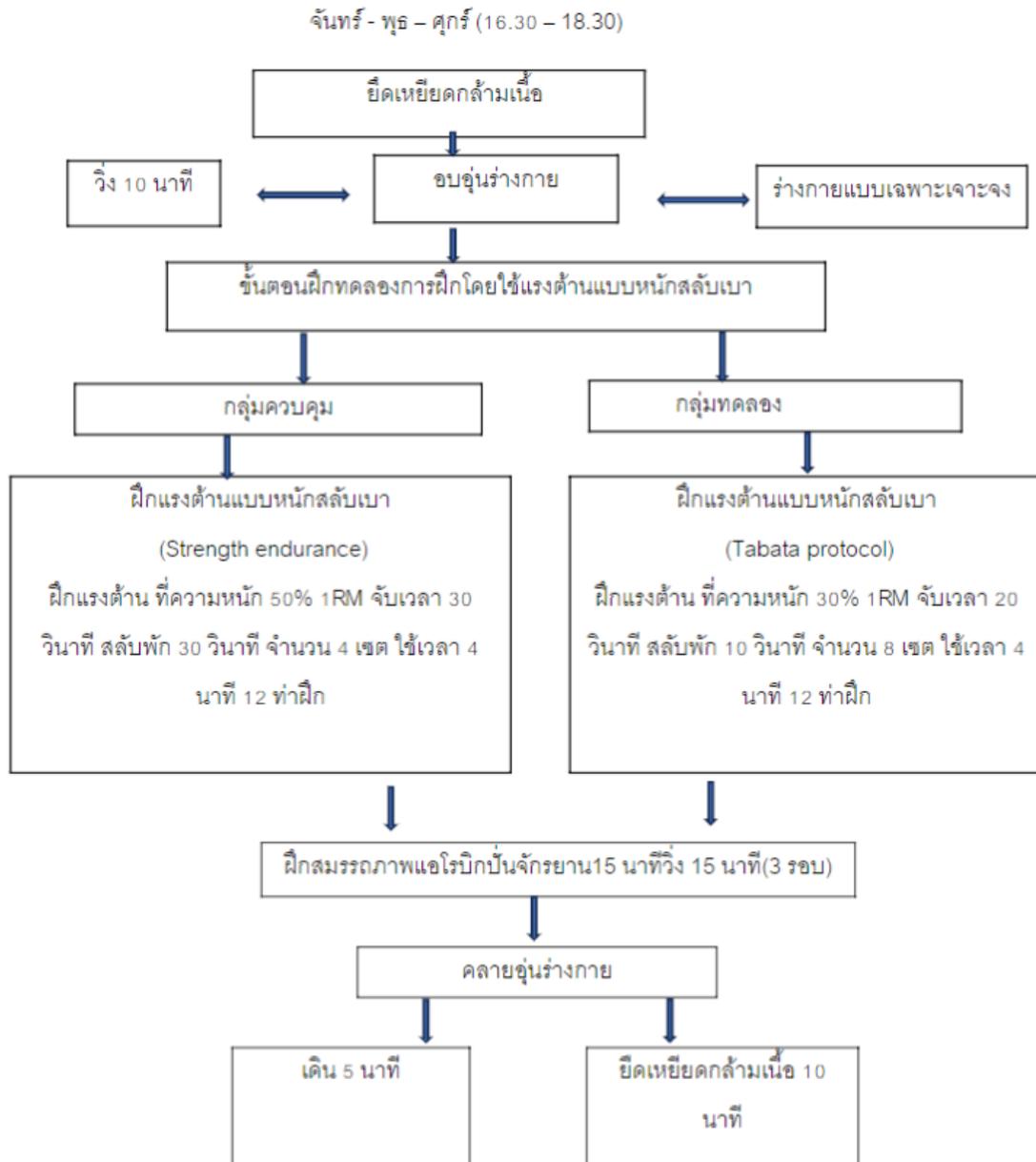
หมายเหตุ ประกอบไปด้วยท่าฝึกดังต่อไปนี้ Chest press, Seated row, Leg press, Lat pull down, Abdominal crunch, Military Press, Back extension, Biceps curls, Leg extension, Triceps Extension, Leg curls, Toe raise

วิธีการกำหนดความหนักด้วย %1RM

น้ำหนักทดลองปฏิบัติ (ปอนด์) = น้ำหนักตัว (ปอนด์) × ค่าคงที่ (เมื่อได้น้ำหนักทดลองปฏิบัติ ให้ฝึกซ้ำๆกันจนหมดความสามารถ และนำจำนวนครั้งที่ทำได้ไปเทียบกับ percentage of 1 RM)

ค่าคงที่ อ้างอิงจาก อภิลักษณ์ (2549) การฝึกด้วยน้ำหนักเบื้องต้น หน้า 70 – 71¹² และนำมาเปรียบเทียบกับตาราง percentage of 1 rm based on repetitions completed โดยที่ การฝึกในกลุ่มควบคุมฝึกที่ความหนัก 50 – 60%RM ใช้น้ำหนักที่สามารถทำซ้ำๆกันได้ 20 – 30 ครั้ง (นำมาใช้ในการฝึก 30 วินาที) และกลุ่มทดลอง ฝึกที่ความหนัก 20 – 30%RM ใช้น้ำหนักที่สามารถทำซ้ำๆกันได้ 50 ครั้ง (นำมาใช้ในการฝึก 20 วินาที)

แผนผังการทดลองการฝึกแรงต้านแบบหนักสลับเบา ใน 1 สัปดาห์



การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ก่อนการฝึก ของน้ำหนัก ส่วนสูง ค่าสมรรถภาพแอโรบิก (ทดสอบโดย Multistage physical fitness test) ค่าสมรรถภาพแอนแอโรบิก และค่าพลังแอนแอโรบิก (ทดสอบโดย RAST test) ของกลุ่มตัวอย่าง

2. นำข้อมูลของค่าสมรรถภาพแอโรบิก โดยวิธีการกำหนดเข้ากลุ่ม (randomly assignment) จากกลุ่มประชากร 20 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มละ 10 คน จำนวน 2 กลุ่มและใช้สถิติ ใช้สถิติเปรียบเทียบแบบรวมกลุ่ม ทดสอบหาค่าความแตกต่างเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

3. ใช้สถิติ Independent T-test ทดสอบหาความแตกต่างค่าสมรรถภาพแอนแอโรบิกและค่าพลังแอนแอโรบิก (RAST test) ก่อนการฝึกระหว่างกลุ่มตัวอย่าง
4. ใช้สถิติ Paired sample t – test ทดสอบหาความแตกต่างค่าสมรรถภาพแอนแอโรบิกและค่าพลังแอนแอโรบิก (RAST test) ก่อนการฝึกและภายหลังการฝึก
5. ใช้สถิติ Independent T-test ทดสอบเปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างเปรียบเทียบค่าสมรรถภาพแอนแอโรบิก และค่าพลังแอนแอโรบิก (RAST test) หลังการฝึก?ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงค่าเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม น้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดและชีพจรหลังการฝึก

กลุ่ม	อายุ (ปี)	น้ำหนัก(ก.ก)	ส่วนสูง	ชีพจร (ครั้ง/นาที)
	$\bar{x} \pm S.D$	$\bar{x} \pm S.D$	$\bar{x} \pm S.D$	$\bar{x} \pm S.D$
กลุ่มควบคุม	19.7±0.94	56±11	161±5.0	70.2±4.93
กลุ่มทดลอง	19.8±0.91	55±24	159±6.2	69.9±5.21

ตารางที่ 2 แสดงค่าเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้ออกซิเจนสูงสุด พลังแอนแอโรบิก และสมรรถภาพแอน แอโรบิก ก่อนการฝึกและหลังการฝึกภายในกลุ่มของทั้งสองกลุ่ม

ตัวแปร		ก่อนการฝึก	หลังการฝึก	t	P
		$\bar{x} \pm S.D$	$\bar{x} \pm S.D$		
การใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล/กก/นาที)	กลุ่มควบคุม	30.34 ± 4.0	35.61 ± 3.7	19.32	.000*
	กลุ่มทดลอง	30.38 ± 3.7	37.68 ± 2.8	19.92	.000*
พลังแอนแอโรบิก (วัตต์)	กลุ่มควบคุม	410.40 ± 79	481.00 ± 109	-2.79	.021*
	กลุ่มทดลอง	384.60 ± 81	477.20 ± 55	-8.46	.000***
สมรรถภาพแอนแอโรบิก (วัตต์)	กลุ่มควบคุม	314.50 ± 59	365.00 ± 92	-2.41	.039*
	กลุ่มทดลอง	303.40 ± 47	389.00 ± 48	-9.35	.000***

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าผลการทดสอบการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยใช้แบบทดสอบ Multistage Physical fitness test ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง พบว่าภายหลังการฝึกอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของทั้ง 2 กลุ่ม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ผลการทดสอบพลังแอนแอโรบิก โดยใช้แบบทดสอบ RAST test ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง โดย พบว่า ภายหลังการฝึกพลังแอนแอโรบิกของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก

ผลการทดสอบสมรรถภาพแอนแอโรบิก โดยใช้แบบทดสอบ RAST test ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง พบว่าภายหลังการฝึกสมรรถภาพแอนแอโรบิก ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก

ตารางที่ 3 แสดงค่าเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้ออกซิเจนสูงสุด พลังงานแอโรบิก และสมรรถภาพแอโรบิก ก่อนการฝึกและหลังการฝึกระหว่างกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่ม

ตัวแปร		กลุ่มควบคุม $\bar{x} \pm S.D$	กลุ่มทดลอง $\bar{x} \pm S.D$	t	P
การใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล/กก/นาที)	ก่อนการฝึก	30.34 ± 4.0	30.38 ± 3.7	-1.38	.893
	หลังการฝึก	35.61 ± 3.7	37.68 ± 2.8	-6.10	.000*
พลังงานแอโรบิก (วัตต์)	ก่อนการฝึก	410.40 ± 79	384.60 ± 61	.816	.436
	หลังการฝึก	481.40 ± 109	477.20 ± 55	.135	.896
สมรรถภาพแอโรบิก (วัตต์)	ก่อนการฝึก	314.50 ± 59	303.40 ± 47	.509	.623
	หลังการฝึก	365.40 ± 92	389.00 ± 48	-.905	.389

$P \leq 0.05$ (มล/กก/นาที = มิลลิเมตร/กิโลกรัม/นาที)

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า-ภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของกลุ่มทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญที่ ($P \leq 0.05$) โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของพลังและสมรรถภาพแอโรบิก ทั้งก่อนและหลังการฝึกระหว่างกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 2 ($P > 0.05$)

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการฝึกแรงต้านแบบหนักสลับเบา ต่อสมรรถภาพแอโรบิก และแอโรบิก ในนักกีฬาฟุตบอลหญิง พบว่า วิธีการฝึกความแข็งแรงอดทน ทั้ง 2 รูปแบบ ให้สมรรถภาพแอโรบิกเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะวิธีการฝึกรูปแบบทาบาคะ(Tabata protocol) เมื่อมาฝึกควบคู่กับการฝึกทักษะฟุตบอลและสมรรถภาพทางกายในโปรแกรมการฝึกซ้อมประจำวัน การฝึกแรงต้านแบบหนักสลับเบาสามารถพัฒนาความแข็งแรงอดทน ทำให้นักกีฬามีขีดความสามารถในการเคลื่อนไหวได้ยาวนานสามารถฝึกความอดทนได้เพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อการพัฒนาต่อค่า VO_{2max}

การปรับตัวทางด้านสรีรวิทยาการฝึกแรงต้านซ้ำๆกันที่จำนวนครั้งมาก หรือการฝึกด้วยโปรแกรมความแข็งแรงอดทน ที่จำนวนครั้งมากกว่า 12 ครั้งขึ้นไป ในการทดสอบความแข็งแรงอดทนที่ความหนัก 60% ของความแข็งแรงสูงสุด พบว่าจำนวนครั้งเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ²¹ เมื่อได้รับการฝึกสมรรถภาพทางกายและทักษะกีฬาควบคู่ผสมผสานกัน ทำให้นักกีฬาฟุตบอลสามารถออกแรงได้อย่างต่อเนื่องยาวนานเพิ่มมากขึ้น ควบคู่กับการฝึกการออกกำลังกายแบบแอโรบิกและแอโรบิก สามารถฝึกได้อย่างต่อเนื่องยาวนานเพิ่มมากขึ้น ร่างกายเกิดการปรับตัว เพิ่มปริมาณเส้นเลือดฝอย เพิ่มประสิทธิภาพเซลล์ในการสังเคราะห์พลังงานแอโรบิก งดลดปอดทำงานเพิ่มมากขึ้น เพิ่มพื้นที่ในการจับออกซิเจน โปรแกรมการฝึกทั้งสองโปรแกรม มีระยะเวลาในการพักในแต่ละกลุ่มสั้นมาก 10 วินาที สำหรับกลุ่มทดลอง และ 30 วินาที สำหรับกลุ่มควบคุม ทำให้กล้ามเนื้อต้องใช้ออกซิเจนในการสร้างพลังงานกลับคืนสู่ร่างกายในปริมาณที่มากและเร็วยิ่งขึ้น โดยการสร้างเอนไซม์ ในการสังเคราะห์พลังงานเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ในทางโครงสร้างร่างกายพบว่าการปรับตัวของเส้นเลือดฝอย²¹ และการเพิ่มขึ้น myosin heavy chain IIa (MHCIIa) สอดคล้องกับ Gerson E.R. ได้ทำการศึกษาการฝึกด้วยแรงต้านที่ด้วยท่าฝึก Leg press ,squat และ Leg extension ที่จำนวนครั้งแตกต่างกัน 3 ระดับกลุ่มที่ 1 ฝึกที่ 3 – 5 ครั้ง กลุ่มที่ 2 ฝึกที่ 9 – 11 ครั้ง กลุ่มที่ 3 ฝึกที่ 20 – 28 ครั้งต่อเซต ทั้ง 3 กลุ่มความแข็งแรงสูงสุดเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ความแข็งแรงอดทน(จำนวนครั้งในการทดสอบ)พบว่า กลุ่มที่ 3 เพิ่มขึ้นมากกว่าทุกกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผลของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาพบว่า เฟอร์เซ็นต์ของเส้นใย type IIb ลดลง โดยมีเส้นใย type IIa เพิ่มขึ้นพร้อมกัน

สำหรับกลุ่มที่ได้รับการฝึกความต้านทานทั้งสามกลุ่ม การแปลงประเภทไฟเบอร์เหล่านี้ได้รับการเปลี่ยนแปลงจาก MHCIIb (myosin heavy chain IIb) ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญพร้อมกับการเพิ่มขึ้นอย่างมากของ MHCIIa (myosin heavy chain IIa) แม้ว่าสูตรการฝึกทั้งสามจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงประเภทเส้นใยที่คล้ายคลึงกัน (IIB เป็น IIA)(22) ผลการศึกษานี้พบว่า ค่า VO_{2max} ไม่ได้เพิ่มขึ้น ในขณะที่ เส้นเลือดฝอยมีการปรับตัวเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่การฝึกที่จำนวนครั้งสูงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแรงต้านทำซ้ำๆกันได้จำนวนครั้งเพิ่มมากขึ้น จากการฝึกกล้ามเนื้อให้เกิดการหดตัวซ้ำๆกันต่อเนื่อง เป็นระยะเวลาสั้น ส่งผลทำให้ร่างกายเกิดการหดแลคติกเพิ่มมากขึ้น เมื่อฝึกซ้ำๆกันหลายเซตระยะเวลาในการพักสั้น ทำให้เกิดการปรับตัวภายหลังจากการฝึก ร่างกายเกิดการปรับตัวอดทนต่อกรดแลคติก เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญทำให้ร่างกายออกแรงได้สูงต่อเนื่องเป็นเวลานานมากขึ้น ตลอดจนส่งผลต่อการฝึกความอดทน ที่จะทำให้เกิดแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น จากเพดานแอนแอโรบิก เทลสโพลด์ที่สูงขึ้น การวิจัยครั้งนี้พบว่าผลของการฝึกแรงต้าน แบบความแข็งแรงอดทน กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง เป็นการใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกสร้างเป็นพลังงานในช่วงของการฝึก สลับกับการใช้ออกซิเจนฟื้นฟูพลังงานในช่วงของการพักฟื้น (EPOC) การฝึกแบบหนัก สลับเบา สามารถเพิ่ม เอนไซม์เครเอทีนไคเนส ฟอสโฟฟลูโอดีเนสซิมัยโอคีนเนส ไกลโคเจน ฟอสโฟไรเรส เพิ่มประสิทธิภาพระบบแอนแอโรบิกทำให้มีอัตราการสร้างพลังงานสูงขึ้น¹⁹

โปรแกรมการฝึกทั้ง 2 รูปแบบนั้น กล้ามเนื้อต้องทำงานด้วยสมรรถภาพความแข็งแรงอดทน หดตัวซ้ำๆกันที่น้ำหนักต่ำเป็นระยะเวลา 30 และ 20 วินาที ตามลำดับ สลับกับระยะเวลาในการพักสั้นๆ 30 และ 10 วินาที ตามลำดับ ส่งผลทำให้กล้ามเนื้อสามารถหดตัวซ้ำๆกันได้ยาวนานเพิ่มมากขึ้น โดยปกติแล้ว การฝึกแรงต้านจะเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังแบบไม่ใช้ออกซิเจน¹³ นอกจากนั้นการฝึกแรงต้านยังช่วยลดการเกิดแลคเตสด้วย การเพิ่มประสิทธิภาพเหล่านี้อาจเชื่อมโยงกับความสามารถของการฝึกแรงต้านเพื่อเปลี่ยนขนาด เส้นใยกล้ามเนื้อ และคุณสมบัติการหดตัว ส่งผลต่อการเพิ่มการผลิตกำลังของกล้ามเนื้อ สอดคล้องกับการวิจัย¹⁴ พบว่า การฝึกความแข็งแรง และความแข็งแรงอดทน เส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่การฝึกความอดทน และความแข็งแรงอดทนมีการเพิ่มการใช้ออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น succinate dehydrogenase เพิ่มขึ้น และในกลุ่มที่ฝึกทั้งความแข็งแรง และความอดทน พบว่ามีเส้นเลือดฝอยเพิ่มมากขึ้น และขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่าการฝึกโดยใช้แรงต้าน และการฝึกหนักสลับเบาส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณเส้นเลือดฝอยและกิจกรรมของเอนไซม์ออกซิเดชัน²⁰ ในขณะที่การฝึกแรงต้านที่มีผลต่อการใช้ออกซิเจน ผลของการฝึกแรงต้าน ที่มีผลต่อความอดทนของหัวใจและหลอดเลือดและความเสี่ยงโรคหลอดเลือดหัวใจ¹⁴ พบว่า ผลของการฝึกด้วยแรงต้านสามารถเพิ่มค่า VO_{2max} จาก 26.67 มล.กก.นาที. เพิ่มขึ้นมาเป็น 30.93 มล.กก.นาที สอดคล้องกับการศึกษาผลของการฝึกโดยใช้น้ำหนักแบบสถานี¹⁵ ทำการฝึก 18 ครั้ง เป็นเวลา 6 สัปดาห์พบว่า สามารถเพิ่มค่าการใช้ ออกซิเจนสูงสุด(VO_{2max}) ก่อนการฝึกจาก 43.9±54 มล.กก.นาที เป็น 46±57 มล.กก.นาที. จากการศึกษาของ การฝึกโดยใช้แรงต้าน ที่มีผลต่อ VO_{2max} ในเด็กและผู้ใหญ่¹⁶ พบว่า สำหรับการฝึกความแข็งแรงโดยใช้แรงต้าน จะส่งผลทำให้กล้ามเนื้อมีการทำงานเพิ่มมากขึ้นและร่างกายสามารถใช้ออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น และการฝึกโดยใช้แรงต้าน ที่มีผลต่อการใช้ออกซิเจนสูงสุด¹⁷ พบว่า การฝึกความแข็งแรงโดยใช้แรงต้านระดับสูง ทำให้ปฏิกิริยา โปรตีนในเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงเกิดการพัฒนาคอร์ซสร้าง เพิ่มมวลกล้ามเนื้อ เกิดการเก็บสะสมไกลโคเจนให้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น และความแข็งแรงสูงสุด¹⁸

จากการศึกษาในครั้งนี้ ผลของการฝึกความแข็งแรงอดทน เป็นส่วนเสริมการฝึกทักษะและสมรรถภาพทางกาย ส่งผลต่อสมรรถภาพแอโรบิก และแอนแอโรบิกได้เป็นอย่างดี ผลของสมรรถภาพแอนแอโรบิก ของการศึกษานี้ เป็นไปตามหลักการ และทฤษฎี ของหลักการฝึก ทฤษฎีทางชีวเคมี และสรีรวิทยาการออกกำลังกาย

สรุปผลการวิจัย

สมรรถภาพแอโรบิกในส่วนของค่าการใช้ออกซิเจนสูงสุด การฝึกความแข็งแรงอดทนแบบทาบาค่า ที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าการฝึกความแข็งแรงอดทนแบบดั้งเดิม ในขณะที่ ค่าพลังแอนแอโรบิก และสมรรถภาพแอนแอโรบิก ทั้ง 2 โปรแกรมพบว่ามีความเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน โดยที่ทั้ง 2 กลุ่ม จะต้องทำการฝึก ทักษะ และสมรรถภาพทางกาย ควบคู่กับการฝึกความแข็งแรงอดทน

เอกสารอ้างอิง

1. Konstantinos Spyrou , Tomás T Freitas , Elena Marín-Cascales 1 , Pedro E Alcaraz Physical and Physiological Match-Play Demands and Player Characteristics in Futsal: A Systematic Review *Front Psychol* 2020 Nov 6;11:569897. doi: 10.3389/fpsyg.2020.569897.
2. Bangsbo J. Energy demands in competitive soccer. *J Sports*. 1994;12:S5-12.
3. Bangsbo et al, Reilly et al *Science and Football III* 1997
4. Charoen Krabuanrat. *Science of coaching*. 2nd ed. Bangkok: Sintana copy center company limited; 2018.
5. Guzman D, Young M, NSCA -National Strength & Conditioning Association, editors. *Strength Training for Soccer*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2022. Gollhofer A, Schmidtbleicher D. Stretch reflex responses of the human M. triceps surae following mechanical stimulation. *J Biomech [Internet]*. 1989;22(10).
7. Grgic J, Schoenfeld BJ, Orazem J, Sabol F. Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *J Sport Health Sci [Internet]*. 2022;11(2):202–11
8. Butrmuang M. *Interval training program for athletes*. Bangkok: Borisuth Printing Co., Ltd; 2021.
9. I Tabata K, Nishimura M, Kouzaki Y, Ogita M. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂ max *Med Sci Sports Exerc*. 1996 Oct;28(10):1327-30. *Med Sports Exerc*. 1996;28(10):1327–30.
10. Izumi Tabata Tabata training: one of the most energetically effective high-intensity intermittent training methods. *J Physiol Sci*. 2019;69:559–72.
11. Kraemer M R, Deschenes SJ. Physiological adaptations to resistance exercise. Implications for athletic conditioning. *Sports Med*. 1988;6(4):246–56.
12. Apiluk Theanthong. *Introduction to weight training*. 2nd ed. Bangkok: Kasetsart university press; 2009
13. Ht S, editor. *Impact of Resistance Training on Endurance Performance A New Form of Cross-Training?* *Sports Med*. 1998;25:191–200.
14. Bell GJ, Syrotuik D, Martin TP, Burnham R, Quinney HA. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2000;81(5):418–27.

15. Hasan MF. The effect of circuit weight training on VO₂Max. In: Proceedings of the 4th International Conference on Sport Science, Health, and Physical Education (ICSSHPE 2019). Paris, France: AtlantisPress; 2020.
16. Ozaki H, Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Resistance training induced increase in VO₂max in young and older subjects. *Eur Rev Aging Phys Act*[Internet]. 2013;10(2):107–16.
17. Vissing T. Impact of Resistance Training on Skeletal Muscle Mitochondrial Biogenesis, Content, and Function. *Front Physiol.* 2017;8.
18. Groennebaek T, Vissing K. Impact of Resistance Training on Skeletal Muscle Mitochondrial Biogenesis, Content, and Function. *Front Physiol.* 2017;8.
19. Ross A, Leveritt M. Long-term metabolic and skeletal muscle adaptations to short-sprint training: implications for sprint training and tapering. *Sports Med.* 2001;31(15):1063–82
20. Leuchtmann AB, Mueller SM, Aguayo D, Petersen JA, Ligon-Auer M, Flück M, et al. Jung & Marco Toigo Resistance training preserves high-intensity interval training induced improvements in skeletal muscle capillarization of healthy old men. Article number. 2020;10
21. Gerson E R Campos 1, Thomas J Luecke, Heather K Wendeln, Kumika Toma, Fredrick CHagerman, Thomas F Murray, Kerry E Ragg, Nicholas A Ratamess, William J Kraemer, Robert SStaron. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *J Appl Physiol.* 2002Nov;88(1-2):50-60. doi: 10.1007/s00421-002-0681-6. Epub 2002 Aug 15