

CORE

HEALTH & FITNESS



Tel. 02-314-3466

Email : chfthailand@gmail.com

More Information
>>>>

Click

EFFECT OF HIGH INTENSITY INTERVAL TRAINING IN DEEP WATER AND TREADMILL ON MAXIMAL OXYGEN CONSUMPTION IN TEAM ATHLETE

Weeraphan PHROMPINIJ, Ratree RUANGTHAI* and Niromlee MAKAJE

*Department of Sports and Health, Faculty of Sports Science, Kasetsart University. Kamphaeng Campus,
Nakhon Phomthom. THAILAND. 73140*

ABSTRACT

The purpose of this research were to examine and compare the effect of high intensity interval training (HIIT) in deep water and treadmill on maximum oxygen consumption ($\dot{V}O_{2max}$), body weight, body fat, muscle mass and perceived pain in team athletes. The participants included twenty seven male team athletes, from the Faculty of Sports Science, at Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus, age range 18-22 years. The athletes were divided into three groups with nine subjects in each group. The first group performed HIIT on the treadmill, the second group performed HIIT in deep water running and the third group performed normal daily activity as the control group. The HIIT program included practicing 4x4 min interval training 3 days per week, for 8 weeks. Analyses included pre and post test differences within group using Paired t-test. ANOVA was used to test between groups and follow by using Turkey's test. Perceived pain between HIIT on treadmill and HIIT in deep water running was compared using an independent t-test with level of significance .05.

The results showed that the $\dot{V}O_{2max}$, body weight, body fat, and muscle mass of HIIT on treadmill, the HIIT in deep water and control group after 8 weeks of training were no significant difference at the 0.05 level. However, after 8 weeks of training, significant differences existed in the HIIT in deep water group in $\dot{V}O_{2max}$ between pre 40.9 ± 4.5 ml/kg/min and post test 43.2 ± 4.9 ml/kg/min ($p < 0.05$). Also, differences were found in perceived pain between HIIT on treadmill (5.99 ± 0.34) and HIIT in deep water running (2.86 ± 1.02) ($p < 0.05$).

In conclusion, there were no difference between both running programs after 8 weeks of training. However, the $\dot{V}O_{2max}$ of HIIT in deep water increased after 8 weeks training and the HIIT in deep water had a lesser effect on acute of perceived pain during the training.

(Journal of Sports Science and Technology 2019; 19(2): 8-19)

(Received: 17 April 2019, Revised: 2 July 2019, Accepted: 8 July 2019)

Keywords: High intensity interval training/ Deep water running

*Corresponding author: Ratree RUANGTHAI

Department of Sports Science and Health, Faculty of Sports Science

Kasetsart University, Kamphaengsean Campus Nakhon Pathom, THAILAND 73140

E-mail: ratree.r@ku.th

ผลของการฝึกหนักสลับเบาที่ความหนักสูงในน้ำลึกและบนลู่วิ่งที่มีผลต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดในนักกีฬาทีม

วีรพันธ์ พรหมพิณีจ ราตรี เรืองไทย และนิรอมลี มะกาเจ

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม ประเทศไทย 73140

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึกหนักสลับเบาที่ความหนักสูงในน้ำลึกและบนลู่วิ่งที่มีต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด น้ำหนักตัว ไขมันในร่างกาย มวลกล้ามเนื้อ และคะแนนอัตราการรับรู้ความเจ็บปวดในนักกีฬาประเภททีม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาประเภททีมซึ่งเป็นนิสิตชาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อายุระหว่าง 18-22 ปี จำนวน 27 คนโดยจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มๆละ 9 คนได้แก่ กลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง กลุ่มวิ่งในน้ำลึกโดยทำการฝึกวิ่งรูปแบบ 4x4 min interval training (90-95 %HRmax) 3 วันต่อสัปดาห์ทั้งหมด 8 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันตามปกติ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มโดยใช้สถิติ Paired t-test วิเคราะห์ความแตกต่างหลังการทดลองระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่โดยวิธี Turkey และเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการรับรู้ความเจ็บปวดระหว่างกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่งและกลุ่มวิ่งในน้ำลึกโดยใช้สถิติ Independent t- test ซึ่งกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด น้ำหนักตัว ไขมันในร่างกาย และมวลกล้ามเนื้อ ของกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง กลุ่มวิ่งในน้ำลึก และกลุ่มควบคุม ภายหลังจากการฝึก 8 สัปดาห์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อย่างไรก็ตาม หลังจากการฝึก 8 สัปดาห์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มวิ่งในน้ำลึกระหว่างการทดลอง 40.9 ± 4.5 มล./กก./นาที และหลังการทดลอง 43.2 ± 4.9 มล./กก./นาที ($p < 0.05$) นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างของคะแนนอัตราการรับรู้ความเจ็บปวดระหว่างกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง (5.99 ± 0.34) และกลุ่มวิ่งในน้ำลึก (2.86 ± 1.02) ($p < 0.05$)

จากการศึกษาสรุปได้ว่าการฝึกวิ่งทั้งสองโปรแกรมภายหลัง 8 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มวิ่งในน้ำลึกเพิ่มขึ้นภายหลังการฝึก และการวิ่งในน้ำลึกมีผลการตอบสนองแบบเฉียบพลันของคะแนนอัตราการรับรู้ความเจ็บปวดน้อยกว่าขณะฝึก

(วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา 2562; 19(2): 8-19)

คำสำคัญ: การฝึกหนักสลับเบาที่ความหนักสูง/ วิ่งในน้ำลึก

บทนำ

สมรรถภาพด้านความอดทนของระบบหัวใจและหายใจเป็นหนึ่งในสมรรถภาพที่สำคัญต่อศักยภาพของนักกีฬาประเภททีมเช่น ฟุตบอล ฟุตซอล เป็นต้น กีฬาทีมเป็นกีฬาที่ใช้ระยะเวลาในการแข่งขันที่นาน¹ โดยที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($\dot{V}O_2\text{max}$) เป็นตัวบ่งชี้สมรรถภาพความอดทนของระบบหัวใจและหายใจ ส่วนมากการฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดนั้นจะมีรูปแบบการฝึกหลากหลายรูปแบบด้วยกัน ซึ่งรูปแบบการฝึกที่นิยมนำมาฝึกสมรรถภาพด้านความอดทนของระบบหัวใจและหายใจจะมีหลายรูปแบบเช่น รูปแบบการฝึกต่อเนื่อง (continuous training) รูปแบบการฝึกหนักสลับเบา (interval training) การฝึกแบบวงจร (circuit training) เป็นต้น

รูปแบบการฝึกสมรรถภาพทางระบบหัวใจและหายใจที่นิยมมาใช้ในการฝึกโดยทั่วไปคือ รูปแบบการฝึกต่อเนื่อง (continuous training) เป็นการออกกำลังกายที่ควบคุมระดับความหนักที่ระดับต่ำกว่าระดับสูงสุดให้คงที่และมีระยะเวลานาน ซึ่งจะเป็นการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพด้านความอดทนของระบบหัวใจและหายใจ² นอกจากนี้รูปแบบการฝึกหนักสลับเบา (interval training) เป็นการออกกำลังกายที่ใช้ความหนักของการฝึกที่สูงในช่วงระยะเวลาสั้นๆ โดยสลับกับช่วงเบาที่จะลดระดับความหนักลงและจะมีการฝึกเป็นหลายๆ เซต เพื่อให้ได้ระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดการปรับตัวของความอดทนของระบบหัวใจและหายใจ จากการวิจัยของ Helgerud *et al.* (2006)³ พบว่าหลังจากการฝึกทั้งหมด 8 สัปดาห์โดยช่วงหนักจะวิ่งที่ 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด เป็นระยะเวลา 4 นาทีสลับกับช่วงเบา 3 นาทีทั้งหมด 4 รอบ (4x4 interval training) ซึ่งจะเป็นการฝึกหนักสลับเบาที่ใช้ความหนักสูง (high intensity interval training: HIIT) ในกีฬาฟุตบอล ผลปรากฏว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นจากก่อนการฝึก 10.8 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าในการฝึกรูปแบบหนักสลับเบานั้นมีความเหมาะสมกับกีฬาฟุตบอล ซึ่งในการเล่นนักกีฬาจะมีการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วและซ้ำสลับกันไป การฝึกสมรรถภาพด้านความอดทนของระบบหัวใจและหายใจของนักกีฬาที่ใช้เป็นหลักนั้นจะเป็นการฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด⁴ ซึ่งในการฝึกนั้นจะสามารถนำรูปแบบการฝึกทั้งรูปแบบการฝึกแบบต่อเนื่องหรือการฝึกแบบหนักสลับเบามาใช้ในการฝึกได้โดยที่การฝึกสมรรถภาพด้านแอโรบิกจะใช้ระยะเวลา 3 นาทีขึ้นไปในการฝึก เพื่อให้ร่างกายจะสามารถนำออกซิเจนเข้ามาใช้ในกระบวนการเผาผลาญพลังงาน⁵ จากการเปรียบเทียบระหว่างการฝึกรูปแบบต่อเนื่องและการฝึกหนักสลับเบาพบว่าการฝึกหนักสลับเบาความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นมากกว่าการฝึกแบบต่อเนื่องและค่าปริมาณเลือดที่หัวใจสูบฉีดในแต่ละครั้ง (Stroke Volume: SV) เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ภายหลังการฝึก⁶

การวิ่งในน้ำจัดเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการฝึกสำหรับนักกีฬา เพื่อการพัฒนาและรักษาสสมรรถภาพทางด้านความอดทนของระบบหัวใจและหายใจไว้ จากงานวิจัยของ Wilber *et al.* (1996)⁷ พบว่าภายหลังนักกีฬาได้ทำการฝึกวิ่งในน้ำครบ 6 สัปดาห์ ค่า $\dot{V}O_2\text{max}$ ไม่แตกต่างจากการวิ่งบนบก เช่นเดียวกับการศึกษาของ Bushman *et al.* (1997)⁸ พบว่าหลังจากการฝึกนักวิ่ง 11 คน ฝึกวิ่งในน้ำเป็นเวลา 4 สัปดาห์ แล้วทำการทดสอบความสามารถในการวิ่งบนบกพบว่าความสามารถยังคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และค่า $\dot{V}O_2\text{max}$ คงที่ไม่ต่างจากก่อนการฝึก จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมการฝึกวิ่งในน้ำมีผลต่อการวิ่งบนบกโดยรักษาสสมรรถภาพความอดทนของระบบหัวใจและหายใจไว้ได้ แต่อย่างไรก็ตามยังคงเป็นการยากที่จะสรุปว่าโปรแกรมการวิ่งในน้ำมีความเหมาะสมและทดแทนการวิ่งบนบกได้ เพราะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมการฝึกที่นำไปใช้ต้องควบคุม เช่น รูปแบบการฝึก ระยะเวลา ความหนัก ความถี่ เป็นต้น และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปรียบเทียบรูปแบบการฝึกหนักสลับเบาโดยใช้วิธีการวิ่งบนลู่วิ่งและวิ่งในน้ำลึกพบว่ายังไม่มีรูปแบบการฝึกที่จะเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่แน่นอน⁹ นอกจากนั้นการฝึกวิ่งในน้ำลึกจะมีการหดตัวของกล้ามเนื้อรูปแบบการหดตัวแบบสั้นเข้า (concentric)

ซึ่งในน้ำจะไม่มีแรงดึงดูดของโลกมากระทำต่อกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อด้วยคุณสมบัติด้านแรงลอยตัวของน้ำจะประคับประคองร่างกายเอาไว้¹⁰ โดยการเคลื่อนไหวเป็นการหดตัวแบบสั้นเข้าของกล้ามเนื้อหลักที่หดตัวสลับกับกล้ามเนื้อมัดตรงข้าม ทำให้ช่วยลดแรงกระทำที่กระทำต่อกล้ามเนื้อและข้อต่อต่างของร่างกาย ทำให้โอกาสที่จะเกิดอาการบาดเจ็บน้อยลง¹¹

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการฝึกสมรรถภาพด้านความอดทนของระบบหัวใจและหายใจจะมีส่วนสำคัญต่อนักกีฬาซึ่งจะสามารถนำรูปแบบการฝึกซ้อมหลายๆรูปแบบไม่ว่าจะเป็น รูปแบบการฝึกแบบต่อเนื่อง หรือ รูปแบบการฝึกหนักสลับเบา มาประยุกต์ใช้ทางการกีฬา และในการฝึกที่ใช้การฝึกในน้ำจะมีประโยชน์ต่อการฝึกหลายๆอย่าง เช่น เพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด หรือช่วยลดแรงที่จะมากระทำต่อกล้ามเนื้อและข้อต่อ เป็นต้น และด้วยคุณสมบัติด้านต่างๆของน้ำที่จะทำให้ง่ายต่อการปรับตัวทางสรีรวิทยาผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำคุณสมบัติของน้ำมาปรับใช้ในการฝึกหนักสลับเบาที่ความหนักสูงในนักกีฬา

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลการฝึกหนักสลับเบาที่ความหนักสูงบนลู่วิ่งและในน้ำลึกที่มีผลต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด น้ำหนักตัว ไขมันในร่างกาย มวลกล้ามเนื้อ และอัตราการรับรู้ความเจ็บปวด

สมมติฐานของการวิจัย

ผลของการฝึกหนักสลับเบาที่ความหนักสูงบนลู่วิ่งและในน้ำลึกที่มีผลต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด น้ำหนักตัว ไขมันในร่างกาย มวลกล้ามเนื้อ และอัตราการรับรู้ความเจ็บปวด แตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการพิจารณาอนุมัติในด้านจริยธรรมจากคณะกรรมการพิจารณาการศึกษาวิจัยในคน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ให้ดำเนินการวิจัยได้ตามรหัสโครงการ KUREC-HS60/023 เมื่อวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2561

กลุ่มตัวอย่าง

อาสาสมัครผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนิสิตนักกีฬาทิမ်คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อายุ 18-22 ปี ที่เป็นนักกีฬาหรือเล่นกีฬาเป็นประจำเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี และสามารถว่ายน้ำได้จำนวน 30 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่ม 3 กลุ่มๆละ 10 คน โดยจะมีกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง (ฝึก 4x4 min interval on treadmill), กลุ่มวิ่งในน้ำลึก (ฝึก 4x4 min interval in deep water) และกลุ่มควบคุม (ฝึกซ้อมหรือเล่นกีฬาตามปกติและทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันตามปกติ) โดยวัดค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของกลุ่มตัวอย่างซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 35-46 มล./กก./นาที ทำการสุ่มโดยวิธีการสุ่มแบบง่าย ผู้วิจัยมีการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างเพื่อเข้าร่วมการวิจัย ใช้โปรแกรม G*Power ในการคำนวณ โดยพิจารณาค่าอำนาจการทดสอบ (power of the test) ที่ 0.95 และค่าขนาดของผลกระทบ (effect size) ที่ 2.22 ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมดเท่ากับ 30 คน ซึ่งประกอบด้วยนักกีฬาฟุตบอล 11 คน นักกีฬาฟุตซอล 11 คน นักกีฬาเบสบอล 7 คน และนักกีฬาวอลเลย์บอล 1 คน อย่างไรก็ตามในขณะดำเนินการทดลองได้มีกลุ่มตัวอย่างถอนตัวจำนวน 3 คน จึงคงเหลือกลุ่มตัวอย่าง 27 คน

ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. กลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครผ่านการทำการซักประวัติ ไม่มีปัญหาเรื่องการบาดเจ็บและโรคประจำตัว และผ่านการประเมินความพร้อมก่อนออกกำลังกาย (PAR-Q) จากนั้นลงนามในใบยินยอมสมัครเข้าร่วมการวิจัย

2. กลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกดังนี้

กลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง (HIIT on treadmill): ฝึกซ้อมหรือเล่นกีฬาตามปกติและทำกิจกรรมชีวิตประจำวันตามปกติและวิ่งบนลู่วิ่ง มีช่วงหนัก 4 นาทีที่ระดับความหนัก 90-95 %HRmax, วิ่งช่วงเบา 3 นาทีที่ระดับความหนัก 70 %HRmax รวมทั้งหมด 4 รอบ (4x4 interval training) 3 วันต่อสัปดาห์ทั้งหมด 8 สัปดาห์ ใช้ระยะเวลาในการฝึกทั้งหมด 38 นาที (อบอุ่นร่างกาย 5 นาที, ฝึก 28 นาที, คลายอุ่น 5 นาที)



รูปที่ 1 การฝึกวิ่งบนลู่วิ่ง

กลุ่มวิ่งในน้ำลึก (HIIT in deep water): ฝึกซ้อมหรือเล่นกีฬาตามปกติและทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันตามปกติและได้รับการฝึกวิ่งในน้ำลึก มีช่วงหนัก 4 นาทีที่ระดับความหนัก 90-95 %HRmax, วิ่งช่วงเบา 3 นาทีที่ระดับความหนัก 70%HRmax รวมทั้งหมด 4 รอบ (4x4 interval training) 3 วันต่อสัปดาห์ทั้งหมด 8 สัปดาห์ โดยสระว่ายน้ำมีความลึก 5 เมตร อุณหภูมิประมาณ 24-26 องศาเซลเซียส และใช้อุปกรณ์เป็นเข็มขัดโฟม ใช้ระยะเวลาในการฝึกทั้งหมด 38 นาที (อบอุ่นร่างกาย 5 นาที, ฝึก 28 นาที, คลายอุ่น 5 นาที)



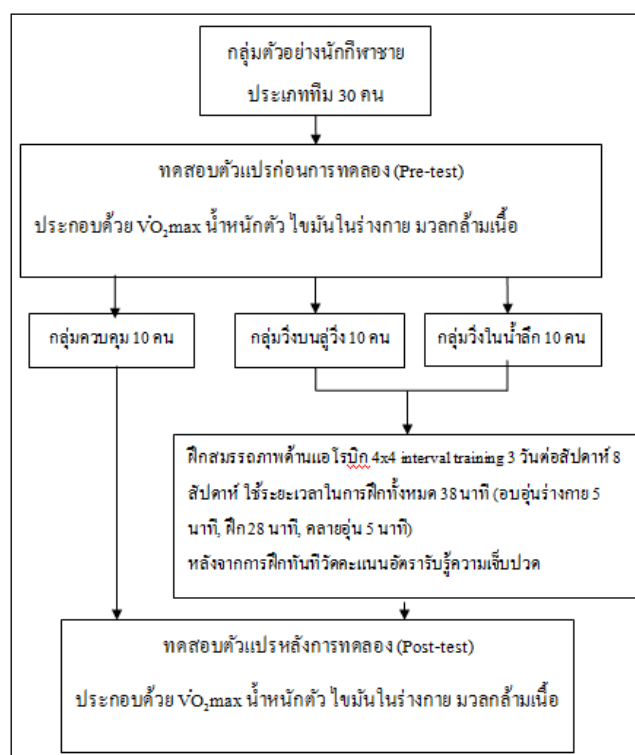
รูปที่ 2 การฝึกวิ่งในน้ำลึก

กลุ่มควบคุม (control): ฝึกซ้อมหรือเล่นกีฬาตามปกติและทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันตามปกติ

3. ก่อนการทดลอง ขณะทดลอง และหลังการทดลอง 8 สัปดาห์

ก่อนการทดลองและหลังจากการทดลอง 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบสมรรถภาพทางกายประกอบด้วย การชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และวัดไขมันในร่างกายและมวลกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Inbody 720, South Korea) ทดสอบค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊ส Oxycon mobile (Germany) โดยใช้โปรแกรม Incremental running test ในการวิ่งทดสอบจะใช้ความเร็ว 5 mph ระยะเวลา 6 นาที จากนั้นจะเพิ่มความเร็วขึ้นนาทีละ 0.6 mph ความชันที่ 1 % โดยการทดสอบจะหยุดเมื่อถึงเกณฑ์ที่กำหนดอย่างน้อย 3 ข้อ¹² คือ 1) ปริมาณการใช้ออกซิเจน ($\dot{V}O_2$) อยู่ในระดับคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 150 มิลลิลิตรต่อนาที หรือ 2 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที ถึงแม้จะมีการเพิ่มระดับความหนักให้สูงขึ้น 2) อัตราการเต้นของหัวใจถึงระดับ 90 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด 3) ค่าเศษส่วนของหายใจ (Respiratory Exchange Ratio: RER) มากกว่า 1.15 4) ค่าสเกลรับรู้ระดับความเหนื่อย (Rating Perceived Exertion: RPE) มากกว่า 17 และ 5) กลุ่มตัวอย่างร้องขอให้หยุดการทดสอบ

หลังจากการฝึกทันที วัดคะแนนอัตรารับรู้ความเจ็บปวดของกล้ามเนื้อ (pain scale) โดยใช้วิธีการ visual analog scale โดยวัดทั้งก่อนการฝึกและหลังการฝึกทันที เพื่อศึกษาผลการตอบสนองแบบเฉียบพลันของโปรแกรมการฝึกทั้งสองรูปแบบ



รูปที่ 3 แผนผังการเก็บข้อมูลวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำนวณค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ไขมันในร่างกาย มวลกล้ามเนื้อ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดก่อนและหลังการทดสอบ
2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่มโดยใช้สถิติ Paired t-test
3. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างก่อนและหลังการทดสอบทั้งสามกลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Variance: one-way ANOVA) และทดสอบภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้วิธีการของ Turkey
4. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงผลการตอบสนองเจ็บปวดหลังของคะแนนอัตราความเจ็บปวด (pain scale) ระหว่างกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง และกลุ่มวิ่งในน้ำลึกภายหลังการวิ่งทันทีโดยใช้การวิเคราะห์ independent t-test
5. ทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

แสดงลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่างทางด้านอายุ ส่วนสูงและดัชนีมวลกายของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม พบว่ากลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง มีอายุเฉลี่ย 20.1 ± 0.7 ปี ส่วนสูง 169.6 ± 5.8 เซนติเมตร ดัชนีมวลกาย 23.09 ± 2.9 กิโลกรัมต่อตารางเมตร กลุ่มวิ่งในน้ำลึก มีอายุเฉลี่ย 20.6 ± 0.5 ปี ส่วนสูง 174.3 ± 5.0 เซนติเมตร ดัชนีมวลกาย 22.08 ± 1.9 กิโลกรัมต่อตารางเมตร กลุ่มควบคุม มีอายุเฉลี่ย 20.6 ± 0.9 ปี ส่วนสูง 172.6 ± 7.3 เซนติเมตร ดัชนีมวลกาย 22.15 ± 1.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด น้ำหนักตัว ไขมันในร่างกาย และมวลกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม

กลุ่ม	ก่อนการทดลอง ($\bar{x} \pm S.D.$)	สัปดาห์ที่ 8 ($\bar{x} \pm S.D.$)
ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (ml/kg/min)		
กลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง	41.5 $\pm$ 4.6	43.4 $\pm$ 4.8
กลุ่มวิ่งในน้ำลึก	40.9 $\pm$ 4.5	43.2 $\pm$ 4.9*
กลุ่มควบคุม	39.8 $\pm$ 4.2	40.6 $\pm$ 4.2
น้ำหนัก (kg)		
กลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง	67.5 $\pm$ 9.1	68.5 $\pm$ 7.3
กลุ่มวิ่งในน้ำลึก	67.4 $\pm$ 4.2	68.0 $\pm$ 4.5
กลุ่มควบคุม	65.8 $\pm$ 8.5	67.7 $\pm$ 8.6
ไขมันในร่างกาย (kg)		
กลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง	12.6 $\pm$ 4.8	12.3 $\pm$ 4.0
กลุ่มวิ่งในน้ำลึก	12 $\pm$ 5.0	12.5 $\pm$ 4.7
กลุ่มควบคุม	9.3 $\pm$ 4.2	10.0 $\pm$ 5.5

มวลกล้ามเนื้อ (kg)		
กลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง	31.8±3.5	32.1±3.1
กลุ่มวิ่งในน้ำลึก	31.5±2.5	31.4±2.6
กลุ่มควบคุม	32.3±4.7	32.8±5.1

*แตกต่างกับก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 1 เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด น้ำหนักตัว ไขมันในร่างกาย และมวลกล้ามเนื้อ ระหว่างกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง กลุ่มวิ่งในน้ำลึก และกลุ่มควบคุม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงภายในกลุ่มก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ของกลุ่มวิ่งในน้ำลึกพบว่าน้ำหนักตัว ไขมันในร่างกาย และมวลกล้ามเนื้อ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่พบว่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสามารถคิดเป็นร้อยละของการเปลี่ยนแปลงระหว่างก่อนและหลังการทดลองได้เท่ากับ 5.56% ส่วนการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด น้ำหนักตัว ไขมันในร่างกาย และมวลกล้ามเนื้อ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ ภายในกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง และกลุ่มควบคุม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 2 แสดงผลการตอบสนองแบบเฉียบพลันของคะแนนอัตราการรับรู้ความเจ็บปวดระหว่างกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง และกลุ่มวิ่งในน้ำลึกหลังจากการวิ่งทันที

กลุ่ม	คะแนนอัตราการรับรู้ความเจ็บปวด ($\bar{x} \pm S.D.$)	t	P-value
กลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง	5.99±0.34	8.709*	.000
กลุ่มวิ่งในน้ำลึก	2.86±1.02		

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงอัตราการรับรู้ความเจ็บปวดภายหลังการวิ่งทันทีในการวิจัยครั้งนี้มีมาตรวัดตั้งแต่ 0 คือ “ไม่เจ็บปวด” จนถึง 10 คือ “เจ็บปวดมากจนไม่สามารถทนได้” ดังนั้นพบว่าหลังจากการวิ่งทันที คะแนนอัตราการรับรู้ความเจ็บปวดของกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง มีค่า 5.99±0.34 คะแนน และกลุ่มวิ่งในน้ำลึก มีค่า 2.86±1.02 คะแนน ดังนั้นกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง มีคะแนนอยู่ใกล้ระดับเจ็บปวดปานกลาง ส่วนกลุ่มวิ่งในน้ำลึก มีคะแนนความเจ็บปวดเล็กน้อย จากการวิเคราะห์พบว่ากลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง และกลุ่มวิ่งในน้ำลึก มีผลการตอบสนองแบบเฉียบพลันของคะแนนอัตราการรับรู้ความเจ็บปวด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์การศึกษาและเปรียบเทียบการฝึกหนักสลับเบาที่ความหนักสูงบนลู่วิ่งและในน้ำลึก ที่มีผลต่อ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด น้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลกล้ามเนื้อ และผลการตอบสนองแบบเฉียบพลันคะแนนอัตราการรับรู้ความเจ็บปวด จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด

การเปลี่ยนแปลงของ $\dot{V}O_{2max}$ ของกลุ่มวิ่งในน้ำลึกหลังจากการฝึก 8 สัปดาห์พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยมีค่า $\dot{V}O_{2max}$ ก่อนการทดลอง 40.9±4.5 และหลังการทดลอง 43.2±4.9 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การ

เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการฝึกเพิ่มขึ้น 5.56% ซึ่งสอดคล้องกับ Broman (2006)¹³ ที่ทำการศึกษาการวิ่งในน้ำลึกและทดสอบโดยแบ่งเป็นทดสอบขณะออกกำลังกายสูงสุด (Maximum) และขณะออกกำลังกายที่ต่ำกว่าระดับสูงสุด (Sub-maximum) พบว่าขณะออกกำลังกายสูงสุดค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 11% ซึ่งจากการเปรียบเทียบของ Dowzer (1999)¹⁴ ทำการฝึกวิ่งในน้ำที่ระดับความลึกของน้ำระดับตื้นและระดับลึก $\dot{V}O_2\text{max}$ ที่ได้จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 83.7% และ 75.3% ตามลำดับ และภายหลังการฝึกมีค่า $\dot{V}O_2\text{max}$ เป็น 94.1% และ 87.2% ตามลำดับ และอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักที่ลดลงแสดงให้เห็นว่าจากการฝึกที่ใช้ความหนักของงานที่สูงนั้นร่างกายจะเกิดการปรับตัวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจและความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดภายหลังจากการฝึก ซึ่งแรงดันของน้ำจะทำให้ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาทีจะเพิ่มขึ้นจากบนบก 35%¹⁵ เนื่องจากแรงดันของน้ำจะทำให้ปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจห้องบนขวาเพิ่มขึ้น ซึ่งผลมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจ 1 ครั้ง และ ปริมาณเลือดที่สูบฉีดออกจากหัวใจใน 1 นาที ส่งผลให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงโดยที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดนั้นเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อร่างกายอยู่ในน้ำลึกที่ระดับคอจะเกิดความดันของน้ำที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้เลือดนั้นไหลเวียนกลับเข้าสู่หัวใจในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มมากขึ้น¹⁰

น้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลกล้ามเนื้อ

จากตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักตัวก่อนการทดลองของกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง กลุ่มวิ่งในน้ำลึก และกลุ่มควบคุม ไม่ต่างกัน ($p < 0.05$) โดยมีค่า 67.4 ± 4.2 , 67.5 ± 9.1 และ 65.8 ± 8.5 กิโลกรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแต่ละกลุ่มการทดลองไม่เกิดความได้เปรียบเสียเปรียบกัน และในภายหลังการฝึกครบ 8 สัปดาห์น้ำหนักตัวของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มนั้นไม่ต่างกัน ($p < 0.05$) โดยมีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 67.7 กิโลกรัม ถึง 68.5 กิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับไขมันในร่างกายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีไขมันในร่างกายก่อนการทดลองกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง กลุ่มวิ่งในน้ำลึก และกลุ่มควบคุม โดยมีค่า 12 ± 5.0 , 12.6 ± 4.8 และ 9.3 ± 4.2 กิโลกรัม ตามลำดับ หลังการทดลอง 8 สัปดาห์มีค่า 12.5 ± 4.7 , 12.3 ± 4.0 และ 10.0 ± 5.5 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งการศึกษาของผู้วิจัยพบว่าระยะเวลาในการทดลองจะอยู่ที่ 38 นาที (วอร์มอัพ 5 นาที, ทดลอง 28 นาที และคลายอุ่น 5 นาที) จะเป็นการฝึกรูปแบบที่ใช้ระยะเวลาในการฝึกนาน การใช้พลังงานของระบบพลังงานในร่างกายจะเป็นการใช้ระบบพลังงานแบบแอโรบิกซึ่งใช้ระยะเวลาในการออกกำลังกายที่มาก ความหนักในการฝึกที่น้อย¹⁶ แต่ในการทดลองนี้จะเป็นการฝึกที่ใช้ระยะเวลานานและความหนักสูงสลับกัน เป็นการฝึกในรูปแบบหนักสลับเบาที่ความหนักสูง (HIIT) แบบ aerobic high-intensity¹⁷ เป็นการฝึกที่ใช้ความหนักสูงและระยะเวลานานซึ่งจะใช้ความหนักที่ 90%HRmax เป็นระยะเวลา 4 นาที สลับกับช่วงพัก ทั้งหมด 4 รอบ ซึ่งพลังงานที่ใช้จะได้จากไกลโคเจนในกล้ามเนื้อและการเผาผลาญไขมัน¹⁸ ดังนั้นความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ น้ำหนักตัวและเปอร์เซ็นต์ไขมันนั้นไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากการฝึกในรูปแบบ HIIT นั้นส่งผลต่อน้ำหนักตัวและเปอร์เซ็นต์ไขมันน้อยกว่าการฝึกแบบ continue training¹⁹ และเนื่องจากผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่ได้มีข้อจำกัดเรื่องของการรับประทานอาหาร จึงอาจจะทำให้ในส่วนของน้ำหนักตัวและไขมันในร่างกายไม่ได้มีความแตกต่างกันระหว่างก่อนและหลังการฝึก

จากตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมวลกล้ามเนื้อก่อนการทดลองและหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ของกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง กลุ่มวิ่งในน้ำลึก และกลุ่มควบคุม ไม่ต่างกัน ($p < 0.05$) โดยก่อนการทดลองมีค่า 31.8 ± 3.5 , 31.5 ± 2.5 และ 32.3 ± 4.7 กิโลกรัมตามลำดับ และหลังการทดลอง 8 สัปดาห์มีค่า 32.1 ± 3.1 , 31.4 ± 2.6 และ 32.8 ± 5.1 กิโลกรัมตามลำดับ การพัฒนามวลกล้ามเนื้อจากการฝึกการออกกำลังกายนั้นจะสามารถทำได้ด้วยวิธีการฝึกด้วยแรงต้าน

โดยจะใช้ความหนักที่ 70 – 75 ของน้ำหนักสูงสุดที่สามารถกระทำต่อการยกเพียง 1 ครั้ง (RM)²⁰ และเนื่องจากลักษณะของโปรแกรมการฝึก 4x4 min interval ที่เป็นการฝึกเพื่อพัฒนาความอดทนของระบบหัวใจและหายใจเป็นหลักนั้น ทำให้ไม่เกิดการพัฒนากล้ามเนื้อชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (slow twitch) แต่จะไปพัฒนากล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (fast twitch)¹ ทำให้หลังจากการทดลอง 8 สัปดาห์ มวลกล้ามเนื้อของกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง และกลุ่มวิ่งในน้ำลิกนั้น (ตารางที่ 2) ไม่ต่างกัน ($p>0.05$)

ผลการตอบสนองแบบเฉียบพลันของคะแนนอัตรารับรู้ความเจ็บปวด

จากการวิเคราะห์ผลการตอบสนองแบบเฉียบพลันของคะแนนอัตราความเจ็บปวดหลังการวิ่งทันทีของกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่งและกลุ่มวิ่งในน้ำลิก (ตารางที่ 3) พบว่าความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้เป็นการปรับตัวในระยะเฉียบพลันหลังจากการฝึกทันที (acute) ซึ่งกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง มีคะแนนอัตราความเจ็บปวดอยู่ใกล้ระดับ “ความเจ็บปวดปานกลาง” ส่วนกลุ่มวิ่งในน้ำลิกมีระดับคะแนน “ความเจ็บปวดเล็กน้อย” จากการที่วัดความเจ็บปวดทันทีนั้นแสดงให้เห็นว่าในขณะที่อยู่ในช่วงระยะเวลาการฝึกในแต่ละครั้ง กลุ่มตัวอย่างเกิดการเจ็บปวดกล้ามเนื้อจากการวิ่งทั้งบนลู่วิ่งและในน้ำลิก ซึ่งระดับความเจ็บปวดของการวิ่งในน้ำลิกมีคะแนนอัตรารับรู้ความเจ็บปวดลดลงดีกว่าขณะอยู่ในโปรแกรมการฝึก เนื่องจากการออกกำลังกายในน้ำไม่มีผลกระทบจากแรงโน้มถ่วงของโลก และคุณสมบัติของน้ำในเรื่องของแรงลอยตัว แรงดันของน้ำ ทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกายในน้ำไม่มีการหดตัวแบบกล้ามเนื้อยืดออก (eccentric) จึงทำให้ไม่เกิดการระบมหรือการอาการเมื่อยล้า²¹ ซึ่งการวิ่งในน้ำ น้ำจะช่วยพยุงร่างกายจึงไม่มีแรงกระแทกกระทำกับกล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อ และข้อต่อ (Apiluk, 2012)²² สอดคล้องกับ Takahashi *et al.* (2005)¹¹ ที่ใช้การฝึกการวิ่งลงเขาซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวที่กล้ามเนื้อหดตัวแบบยืดยาวออก (eccentric contraction) เมื่อได้รับการฝึกเพื่อฟื้นฟูความเจ็บล้าโดยใช้การเดินในน้ำพบว่า อาการปวดเกร็งของกล้ามเนื้อดีขึ้นหลังจากผ่านไป 30 นาที สอดคล้องกับการศึกษาของ Garner *et al.* (2014)²³ ที่ทำการเปรียบเทียบค่ากรดแลคติก ระหว่างการวิ่งบนลู่วิ่งและการวิ่งในน้ำพบว่า การวิ่งบนลู่วิ่งนั้นจะทำให้เกิดกรดแลคติกมากกว่าการวิ่งในน้ำ ทำให้เกิดการสะสมของการล้าภายในกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การฝึกวิ่งของกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง กลุ่มวิ่งในน้ำลิก และกลุ่มควบคุมภายหลังจากการทดลอง 8 สัปดาห์ ของน้ำหนักตัว ไขมันในร่างกาย มวลกล้ามเนื้อ และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ของกลุ่มวิ่งในน้ำลิกแตกต่างกัน และผลการตอบสนองแบบเฉียบพลันภายหลังจากการวิ่งทันทีของคะแนนอัตรารับรู้ความเจ็บปวดของกลุ่มวิ่งบนลู่วิ่ง และกลุ่มวิ่งในน้ำลิก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการฝึกวิ่งที่ใช้โปรแกรมหนักสลับเบาที่มีความหนักสูงทั้งสองโปรแกรมสามารถนำมาใช้ในการฝึกกีฬา และการฝึกวิ่งในน้ำลิกจะช่วยลดโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บต่อนักกีฬาได้

เอกสารอ้างอิง

1. Stolen T, Chamari K, Castagna C and Wisløff U. Physiology of Soccer An Update. Sports Med. 2005;35(6):501-536.
2. Vargas A C, Romeo J C J, Kuisma, R. Maximum and Resting Heart Rate in Treadmill and Deep Water Running in Male International Volleyball Players. Int J Aquat Res Edu. 2009;3:398-405.

3. Helgerud J, Engen LC, Wisloff U and Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;33(11):1925-1931.
4. Clark MA, Scott CL and Brain GS. *NASM Essentials of Personal Fitness Training.* 4th edition. Baltimore: SPi Global; 2012.
5. Chusak V and Kanya P. *Exercise of Physiology.* BKK:Temparutkarnpim;2528
6. Helgerud J, Engen LC, Wisloff U and Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;33(11):1925-1931.
7. Wilber, R.L., R.J. Moffatt and B.E. Scott. Influence of Water Run Training on the Maintenance of Aerobic Performance. *Med. Sci. Sports Exercise.* 1996;28:1056 – 1062.
8. Bushman, B.A., M.G. Flynn, F.F. Andres, C.P. Cambert and M.S. Taylor. Effect of 4 Week of Deep Water Run Training on Running Performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1997;29: 694 – 703.
9. Lane K and Wenger H A. Effect of selected recovery conditions on performance of repeated bouts of intermittent cycling separated by 24 hours. *J Strength Cond Res.* 2004;18(4):855-860.
10. Takahashi J, Ishihara K and Aoki J. Effect of aqua exercise on recovery of lower limb muscles after downhill running. *J Sports Sci Med.* 2006;24(8):835-842.
11. Lees A. The role of athlete response tests in the biomechanical evaluation of running shoes. *Ergonomics.* 1988;31:1673-1681.
12. Baumgartner, T.A. and A.S. Jackson. 1999. *Measurement for Evaluation in Physical Education and Exercise Science.* McGraw-Hill, New York.
13. Broman G, Miguel Q, Thomas L, Eva J and Kaijser L. High intensity deep water training can improve aerobic power in elderly women. *Eur J Appl Physiol.* 2006; 98(2):117-123.
14. Dowzer CN, RT, CNT and N A. Maximal physiological responses to deep and shallow water running. *Ergonomics.* 1999;42: 275-281.
15. Park KS, Choi LJ and Park YS. Cardiovascular regulation during water immersion. *Appl Human Sci.* 1999;18(6): 233-241.
16. Coyle EF. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sport Sci Rev.* 1995;23:25-63.
17. Bangsbo J, Marcello FL and Krstrup P. The Yo-Yo Intermittent Recovery Test. *Sports Med.* 2008;38(1): 37-51.
18. Micheal AC, Scott CL. *NASM Essentials of Sports Performance Training Cardiorespiratory Training for Performance Enhancement.* Baltimore: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
19. Pasetti SR, Goncalves A and Padovani CR. Continuous Training Versus Interval Training in Deep Water Running: Health Effects for Obese Women. *Rev Andal Med Deporte.* 2012;5(1): 3-7.
20. Apiluk T. *Weigh Training.* BKK: Kasetsart university; 2009.

21. Aquatic Exercise Association. 2010. Aquatic Fitness Professional Manual, 6th Edition, Human Kinetics, Illinois
22. Apiluk T. The Effects of Deep Water Running after Plyometric Training: Response and Adaptation of Indirect Symptoms of Muscle Damage. (Thesis) Kasetsart University. 2012.
23. Garner R, Wagner D, Bressel E and Dolny DG. Land Versus Water Treadmill Running: Lactate Threshold. Int J Aquat Res Edu. 2014;8: 9-19.