

ผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาล ในระดับความหนักและระยะเวลาต่างกัน
ที่มีต่อความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ปริมาณฮีโมโกลบิน
สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก และแอนแอโรบิกเทรชโฮล
Effects of Variations in Intensity and Duration of Interval Training
Programs on Maximum Oxygen Uptake, Hemoglobin, Anaerobic
Performance and Anaerobic Threshold

วิรัตน์ สนธิจันทร์ และ ประทอม ม่วงมี
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา
Wirat Sonchan and Pratoom Muongmee
Faculty of Sport Science, Burapha University

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนักและระยะเวลาต่างกัน ที่มีต่อความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ปริมาณฮีโมโกลบิน สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก และ แอนแอโรบิกเทรชโฮล กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา จำนวน 32 คนได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงและถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ฝึกวิ่งที่ระดับความหนัก 90-95% กลุ่มที่ 2 ความหนัก 80-85% กลุ่มที่ 3 ความหนัก 70-75% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และกลุ่มที่ 4 กลุ่มควบคุมตัวแปรที่ศึกษาคือ ความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ปริมาณฮีโมโกลบิน สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก และแอนแอโรบิกเทรชโฮล ข้อมูลที่ได้ก่อนและหลังการฝึกถูกนำมาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent t-test) และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) นัยสำคัญทางสถิติ กำหนดไว้ที่ .05 ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังจากการฝึกแบบอินเทอร์วาลเป็นเวลา 8 สัปดาห์ กลุ่มที่ 2 มีค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ (ทดสอบด้วยการวิเคราะห์ลมหายใจ) และค่าแอนแอโรบิกเทรชโฮล (ทดสอบด้วยวิธีการวิเคราะห์ลมหายใจ) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพียงกลุ่มเดียว โดยเพิ่มจาก 46.20 ± 4.26 เป็น $49.99 \pm 3.62 \text{ml/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$ และ 26.88 ± 4.7 เป็น $31.35 \pm 6.57 \text{ml/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$ ตามลำดับ และกลุ่มที่ 1 ค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จาก 46.57 ± 5.13 เป็น $50.10 \pm 5.94 \text{ml/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$ สำหรับปริมาณฮีโมโกลบิน และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (ทดสอบด้วยวิธีการของวินเกต) ของทุกกลุ่มไม่เปลี่ยนแปลง จากข้อมูลที่ปรากฏทำให้สรุปได้ว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 80-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดสามารถพัฒนาความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ และค่าแอนแอโรบิกเทรชโฮลให้เพิ่มขึ้นได้ และการฝึกแบบอินเทอร์วาลทั้ง 3 ระดับ ไม่ทำให้ค่าปริมาณฮีโมโกลบิน และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกเปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ : ความอดทนของระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิต การวิเคราะห์ลมหายใจการฝึกด้วยความหนักสูง

Abstract

The objective of this research was to determine the effects of variation in intensity and duration of interval training programs on maximum oxygen uptake, hemoglobin, anaerobic performance and anaerobic threshold. Study samples consisted of thirty-two male students of the Faculty of Sport Science, Burapha University. The samples were randomly assigned to one of the three programs: 90-95% maximum heart rate (MHR) (1min. and 5min. rest), 80-85% MHR (3min. and 3min. rest) and 70-75% MHR (5min and 1min. rest), respectively, and one group was kept as control. These programs were set at 3 days per week for 8 weeks. The response variables were maximum oxygen uptake, hemoglobin, anaerobic performance and anaerobic threshold. Dependent t-test and one-way ANOVA were utilized for pre-training and post-training data analysis. Significant level was set at .05. The results showed that after 8 weeks of interval training programs, maximum oxygen uptake (Gas analysis method) in group 1 and 2 was significantly increased from 46.57 ± 5.13 to 50.10 ± 5.94 ml/kg⁻¹/min⁻¹ and 46.20 ± 4.26 to 49.99 ± 3.62 ml/kg⁻¹/min⁻¹, respectively. For anaerobic threshold (Ventilation equivalent method), only group 2 had a significant increase from 26.88 ± 4.71 to 31.35 ± 6.57 ml/kg⁻¹/min⁻¹. There was no significant difference between pre-training and post-training in every group for hemoglobin (Blood sample method) and anaerobic performance (Wingate anaerobic test). It could be concluded from the existing data that the interval training program at 80-85% MHR 3 minutes and rest 3 minutes could improve maximum oxygen uptake and anaerobic threshold. The interval training program at 90-95% MHR 1 minutes and rest 5 minutes could improve only the maximum oxygen uptake. All of interval training programs could not change in hemoglobin and anaerobic performance. This could be a way of using the interval training programs for improvement of aerobic performance.

Keywords : cardiovascular endurance, breath by breath gas analysis, high-intensity training

บทนำ

การฝึกแบบอินเทอร์วาล เป็นรูปแบบการฝึก ที่ได้รับความนิยมมากในช่วงหลัง โดย อีมิล ซาโตเพค (Emil Zatopek) นักกีฬาชาวเชคคนแรก ที่ได้ เหยี่ยุทองจากการวิ่ง 5,000 เมตร, 10,000 เมตร และ มาราธอน จากการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกครั้ง เดียวกัน¹ เชื่อกันว่าวิธีการฝึกที่ทำให้ได้รับชัยชนะ คือ การฝึกวิ่งแบบอินเทอร์วาล ความเชื่อนี้ทำให้ผู้ ฝึกสอนและนักกีฬาต่าง ๆ เริ่มรู้จักกับ การฝึกแบบ อินเทอร์วาลตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา ข้อได้เปรียบของ การฝึกแบบอินเทอร์วาลเมื่อเปรียบเทียบกับกรฝึก รูปแบบอื่นก็คือ ทำให้ร่างกายได้มีโอกาสพัฒนา ระบบการสร้างและใช้พลังงานที่เหมาะสมกับประเภท กีฬาอย่างเต็มที่ นอกจากนี้ยังให้ร่างกายได้พัก เพิ่มเติมพลังและขจัดของเสีย ตลอดจนความร้อน จากกล้ามเนื้อเข้าสู่ระบบไหลเวียน เป็นการลด ความเหนื่อย ซะลดจุดแห่งความล้า ทำให้ร่างกาย ทำงานได้มากขึ้น มีความอดทนมากขึ้น² การฝึกแบบ อินเทอร์วาลเป็นระบบของการพัฒนาหรือรักษา สมรรถภาพ และการฝึกที่ประกอบด้วยกรฝึกที่เป็นชุด สลับกับช่วงเวลาของการพัก ซึ่งช่วงเวลาของ การพักมักมีการออกกำลังกายแบบเบา ๆ โดยใน อดีตนั้นเรียกรูปแบบการฝึกแบบนี้ว่า “*Controlled Interval Method*” โดยสิ่งที่มีกำหนดในการ ฝึกคือระยะทาง (Distance) ช่วงเวลา (Interval) จำนวนเที่ยว (Repetition) จำนวนรอบ (Time) ซึ่งเขียนเป็นคำย่อว่า “*DIRT*”² การศึกษาผลของ การฝึกแบบอินเทอร์วาลในระยะหลังมานี้ก็พบ ประโยชน์จากการฝึกแบบอินเทอร์วาลหลากหลาย เช่น การศึกษาที่ศึกษาเปรียบเทียบผลการฝึกวิ่ง แบบอินเทอร์วาล และการฝึกวิ่งแบบต่อเนื่องใน ผู้หญิงที่น้ำหนักตัวเกินที่มีต่ออัตราการเผาผลาญ ไขมัน³ พบว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลช่วยลดปริมาณ ไขมันในร่างกายได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษา เปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานรวม และอัตราการ เผาผลาญไขมันของผู้ที่ฝึกเป็นอย่างดีและผู้ที่ยก

กำลังกายเป็นประจำ⁴ เมื่อวิ่งแบบอินเทอร์วาลบนลู่วิ่งกลเป็นเวลา 34 นาที โดยแบ่งเป็น 6 เซต แต่ละเซต ให้วิ่งที่ความเร็วเต็มที่เท่าที่จะสามารถวิ่งได้ 4 นาที สลับกับช่วงเบา 2 นาที ผลการศึกษาพบว่า ผู้ที่ฝึก เป็นอย่างดีจะมีอัตราการเผาผลาญไขมันสูงถึง 35% จากพลังงานรวมทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าการฝึก แบบอินเทอร์วาลนั้นสามารถใช้ไขมันมาเผาผลาญ ให้เป็นพลังงานได้เช่นเดียวกับการฝึกแบบต่อเนื่อง นอกจากนี้การฝึกแบบอินเทอร์วาล ยังช่วยเพิ่มปริมาณ การจับออกซิเจนสูงสุด ($VO_2 \text{ max}$) และแอนแอโรบิก เทอร์ชโฮล อย่างไรก็ตาม ด้วยลักษณะของการเขียน โปรแกรมการฝึกแบบอินเทอร์วาลนั้น ต้องคำนึงถึง ตัวแปรหลาย ๆ ตัว เช่น ความหนักของงาน ระยะเวลา กิจกรรมในช่วงพัก จำนวนเซต เป็นต้น จึงทำให้ ในงานวิจัยที่ผ่านมา นั้น มีความแตกต่างและ หลากหลายของรูปแบบโปรแกรมการฝึก เช่น รายงานการศึกษาของ Stepto, Hawley, Dennis and Hopkins, (1999)⁵ ที่ทำการศึกษาผลของ การฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ความหนักแตกต่างกัน ที่มีต่อความสามารถในการขี่จักรยานไทม์ไทรอัล 40 กิโลเมตรโดยแบ่งระดับความหนักออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ความหนักที่ 175, 100, 90, 85, และ 80% ของความสามารถเชิงแอโรบิกสูงสุด ($VO_2 \text{ max}$) ผลการศึกษาพบว่า การฝึกด้วยความหนักของงาน สูง (175 และ 100%) สามารถพัฒนาความสามารถ ในการขี่จักรยานไทม์ไทรอัล 40 กิโลเมตร ของ นักกีฬาได้

จากข้อมูลดังกล่าวมาประกอบกับข้อดีของ การฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ช่วยให้ร่างกายได้มีโอกาส พัฒนาระบบการสร้างและใช้พลังงานจึงทำให้ผู้วิจัย มีความสนใจที่จะศึกษารูปแบบโปรแกรมการฝึกแบบ อินเทอร์วาลที่ระดับความหนักและระยะเวลาที่ต่างกันว่าจะส่งผลอย่างไรต่อ ความสามารถสูงสุดในการนำ ออกซิเจนไปใช้ และตัวแปรประกอบอื่น ๆ ได้แก่ ปริมาณฮีโมโกลบิน สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก และ แอนแอโรบิกเทอร์ชโฮล

หมายเหตุ: “ระดับความหนักและระยะเวลาต่างกัน” ในที่นี้หมายถึง ระดับความหนักซึ่งควบคุมด้วย % MHR ที่ต่างกันส่วนระยะเวลาที่ต่างกันหมายถึงระยะเวลาที่ยืนระยะอยู่ในระดับความหนักนั้น ๆ ที่ต่างกัน ตัวอย่างเช่น ระดับความหนักที่ 90-95% MHR จะยืนระยะที่ระดับความหนักนี้เป็นเวลา 1 นาที (พัก 5 นาที) ระดับความหนักที่ 80-85% MHR จะยืนระยะที่ระดับความหนักนี้เป็นเวลา 3 นาที (พัก 3 นาที) ระดับความหนักที่ 70-75% MHR จะยืนระยะที่ระดับความหนักนี้เป็นเวลา 5 นาที (พัก 1 นาที) แต่ทุกระดับความหนักของการฝึกจะใช้เวลาในการฝึกเซตละ 6 นาที

วิธีการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง: กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตชาย ระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา จำนวน 32 คน ที่มีสุขภาพดี (ผ่านการตรวจร่างกายโดยแพทย์) และไม่อยู่ระหว่างการฝึกซ้อมกีฬา โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง

การเก็บข้อมูล

การวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา

ตัวแปรที่ศึกษา: ทำการทดสอบค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ปริมาณฮีโมโกลบิน สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก (พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิกและสมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก) และ แอนแอโรบิกเทรซโซล ก่อนและหลังเข้าโปรแกรมการฝึกแบบอินเทอร์วาล โดยทำการฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ๆ ละ 3 ครั้ง โดยโปรแกรมการฝึกแบบอินเทอร์วาลเป็นดังนี้

โปรแกรมที่ 1 ฝึกวิ่งแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 90-95% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (1 นาที 90-95% MHR สลับกับ 5 นาที <50% MHR)

โปรแกรมที่ 2 ฝึกวิ่งแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 80-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (3 นาที 80-85% MHR สลับกับ 3 นาที <50% MHR)

โปรแกรมที่ 3 ฝึกวิ่งแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 70-75% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (5 นาที 70-75% MHR สลับกับ 1 นาที <50% MHR)

โปรแกรมที่ 4 กลุ่มควบคุม (ไม่ออกกำลังกาย)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

1. การทดสอบความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้และแอนแอโรบิกเทรซโซล

1.1 เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซ (Gas Analyzer) ยี่ห้อ Cosmed รุ่น PFT Ergo

1.2 ลู่วิ่งกล (Treadmill) ยี่ห้อ Cosmos

1.3 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจแบบไร้สาย ยี่ห้อ Polar รุ่น M 4 (Kempele, Finland)

2. การทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกแบบทดสอบสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกของวินเกต (Wingate Anaerobic Test)^๑

3. การวิเคราะห์ปริมาณฮีโมโกลบิน วิเคราะห์ปริมาณฮีโมโกลบิน ด้วยเครื่องมือยี่ห้อ Sysmex รุ่น XS-1000i ณ ห้องปฏิบัติการทางการแพทย์โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลสองค่าที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (Dependent Sample t-test) ของตัวแปรที่ศึกษาทั้ง 5 ตัวแปร ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

2. วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way Analysis of Variance: One-way ANOVA) ของตัวแปรที่ศึกษาภายหลังการฝึก 8 สัปดาห์ในโปรแกรมการฝึกทั้ง 4 โปรแกรม

3. คำนัยสำคัญทางสถิติกำหนดไว้ที่ระดับ .05

ผลการวิจัย

ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่างปรากฏในตารางที่ 1

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ($VO_2 \text{ max}$) ปริมาณฮีโมโกลบิน พลังสูงสุดแบบแอน

แอโรบิก (Anaerobic Power) สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Capacity) และแอนแอโรบิกเทรชโฮล (AT) ก่อนและหลังการทดลองของโปรแกรมการฝึกทั้ง 4 โปรแกรม ปรากฏในตารางที่ 2-5

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะทางกายภาพของกลุ่มตัวอย่าง

รายการ	กลุ่ม 1 (n=8)	กลุ่ม 2 (n=8)	กลุ่ม 3 (n=8)	กลุ่ม 4 (n=8)
อายุ (ปี)	21.00±0.00	20.88±0.35	21.13±0.83	21.25±0.46
ส่วนสูง (ซม.)	172.63±6.67	172.13±4.91	169.50±6.23	168.88±3.64
น้ำหนัก (กก.)	72.71±9.73	67.74±6.11	67.78±14.76	67.75±11.91

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่ศึกษาทั้ง 5 ตัวแปรก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกที่ 1 (n=8) ($\bar{X} \pm SD$)

ตัวแปร	Pre-training	Post-training	\bar{D}	t	p
$VO_2 \text{ max}$ ($\text{ml}/\text{min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$)	46.57±5.13	50.10±5.94	-3.53	-4.762	.002*
Hemoglobin (g/dL)	14.59±0.81	14.76±0.94	-0.17	-0.689	.513
Anaerobic Power ($\text{Watt}/\text{kg}^{-1}$)	11.45±1.12	12.06±1.05	-0.61	-1.820	.112
Anaerobic Capacity ($\text{Watt}/\text{kg}^{-1}$)	8.22±0.95	8.19±0.70	0.03	0.125	.904
AT ($\text{ml}/\text{min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$)	27.73±7.32	31.89±5.34	-4.16	-1.876	.103

*p < .05

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่ศึกษาทั้ง 5 ตัวแปรก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกที่ 2 (n=8) ($\bar{X} \pm SD$)

ตัวแปร	Pre-training	Post-training	\bar{D}	t	p
VO ₂ max (ml/min ⁻¹ /kg ⁻¹)	46.20±4.26	49.99±3.62	-3.79	-7.932	.000*
Hemoglobin (g/dL)	14.14±0.86	14.36±1.12	-0.22	-0.878	.409
Anaerobic Power (Watt/kg ⁻¹)	12.06±1.29	11.76±1.13	0.30	1.424	.197
Anaerobic Capacity (Watt/kg ⁻¹)	8.39±1.02	8.51±1.03	-0.12	-0.732	.488
AT (ml/min ⁻¹ /kg ⁻¹)	26.88±4.71	31.35±6.57	-4.47	-3.081	.018*

*p < .05

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่ศึกษาทั้ง 5 ตัวแปรก่อนและหลังการฝึกด้วยโปรแกรมการฝึกที่ 3 (n=8) ($\bar{X} \pm SD$)

ตัวแปร	Pre-training	Post-training	\bar{D}	t	p
VO ₂ max (ml/min ⁻¹ /kg ⁻¹)	44.78±6.39	46.01±5.02	-1.23	1.450	.190
Hemoglobin (g/dL)	14.60±0.87	14.83±0.79	-0.23	-1.000	.351
Anaerobic Power (Watt/kg ⁻¹)	11.56±0.95	11.66±0.96	-0.10	-0.215	.836
Anaerobic Capacity (Watt/kg ⁻¹)	8.07±0.63	8.02±0.59	0.05	0.324	.755
AT (ml/min ⁻¹ /kg ⁻¹)	27.10±5.05	31.41±7.04	-4.31	-1.253	.250

*p < .05

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่ศึกษาทั้ง 5 ตัวแปรก่อนและหลังการฝึกของกลุ่มควบคุม (n=8) ($\bar{X} \pm SD$)

ตัวแปร	Pre-training	Post-training	\bar{D}	t	p
VO ₂ max (ml/min ⁻¹ /kg ⁻¹)	45.24±8.39	42.94±8.56	2.30	2.882	.024*
Hemoglobin (g/dL)	14.35±0.54	15.11±1.82	-0.76	-1.555	.164
Anaerobic Power (Watt/kg ⁻¹)	11.96±0.80	11.66±1.42	0.30	0.514	.623
Anaerobic Capacity (Watt/kg ⁻¹)	8.15±0.94	7.85±0.72	0.30	1.227	.260
AT (ml/min ⁻¹ /kg ⁻¹)	24.80±9.22	26.75±7.40	-1.95	-0.976	.362

*p < .05

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ($VO_2 \text{ max}$) ปริมาณฮีโมโกลบิน พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Power) สมรรถนะในการยืนระยะแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Capacity) และแอนแอโรบิก เทอร์ชโฮล (AT) ภายหลังจากฝึกแบบอินเทอร์วาลเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าทุกตัวแปรที่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังปรากฏในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่ศึกษาทั้ง 5 ตัวแปรภายหลังจากฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ของโปรแกรมการฝึกทั้ง 4 กลุ่ม ($n = 32$)

ตัวแปร	กลุ่ม	n	$\bar{X} \pm SD$	Post Tests	
				F	p
$VO_2 \text{ max}$ ($\text{ml}/\text{min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$)	1	8	50.10 \pm 5.94	2.601	.072
	2	8	49.99 \pm 3.62		
	3	8	46.01 \pm 5.02		
	4	8	42.94 \pm 8.56		
Hemoglobin (g/dL)	1	8	14.76 \pm 0.94	.504	.683
	2	8	14.36 \pm 1.12		
	3	8	14.83 \pm 0.79		
	4	8	15.11 \pm 1.82		
Anaerobic Power ($\text{Watt}/\text{kg}^{-1}$)	1	8	12.06 \pm 1.05	.215	.885
	2	8	11.76 \pm 1.13		
	3	8	11.66 \pm 0.96		
	4	8	11.66 \pm 1.42		
Anaerobic Capacity ($\text{Watt}/\text{kg}^{-1}$)	1	8	8.19 \pm 0.70	1.036	.392
	2	8	8.51 \pm 1.03		
	3	8	8.02 \pm 0.59		
	4	8	7.85 \pm 0.72		
AT ($\text{ml}/\text{min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$)	1	8	31.89 \pm 5.34	1.061	.381
	2	8	31.35 \pm 6.57		
	3	8	31.41 \pm 7.04		
	4	8	26.75 \pm 7.40		

อภิปรายผล

1. ความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้

การฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 90-95% และ 80-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 8 สัปดาห์ช่วยพัฒนาความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ โดยเพิ่มขึ้นจาก $46.57+5.13$ เป็น $50.10+5.94$ $\text{ml}/\text{min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$ และ $46.20+4.26$ เป็น $49.99+3.62$ $\text{ml}/\text{min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ของทั้ง 2 กลุ่มเพิ่มขึ้นนั้น อาจเป็นผลมาจากรูปแบบการฝึกแบบอินเทอร์วาล ทั้ง 2 รูปแบบนั้น เป็นการฝึกที่ความหนักของงานเป็นงานเกือบสูงสุด (Submaximal) ซึ่งเป็นระดับที่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงกับระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิต โดยระดับความหนักของการฝึกควรอยู่ที่ 70-94% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด⁷ ซึ่งโปรแกรมการฝึกที่ 1 และ 2 นั้นมีอัตราการเต้นของหัวใจอยู่ในระดับที่จะทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงกับระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิตได้ จึงส่งผลให้ค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้นั้นมีค่าเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาที่ศึกษาผลของการฝึกความอดทนเชิงแอโรบิกในระดับความหนักที่แตกต่างกันที่มีต่อความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจห้องล่างซ้ายใน 1 ครั้ง ปริมาตรของเลือดแลคเตทเทรซโฮล และพลังงานที่ใช้ในการวิ่ง⁸ โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 ฝึกวิ่งระยะไกลที่ความหนัก 70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด กลุ่มที่ 2 ฝึกวิ่งที่ระดับแลคเตทเทรซโฮลความหนัก 85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด กลุ่มที่ 3 ฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 90-95% 15 วินาทีสลับกับช่วงพัก 15 วินาที (70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด) และกลุ่มที่ 4 ฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 90-95% 4 นาทีสลับกับช่วงพัก 3 นาที (70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด) ผลการวิจัยพบว่า ค่าความสามารถสูงสุด

ในการนำออกซิเจนไปใช้ของกลุ่มที่ฝึกแบบอินเทอร์วาลทั้งกลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 และยิ่งสรุปไว้ว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนักสูง จะช่วยพัฒนาความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ได้ดีกว่าการฝึกแบบต่อเนื่องทั้งที่ระดับแลคเตทเทรซโฮล และระดับความหนัก 70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด นอกจากระดับความหนักที่จะทำให้ความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้สูงขึ้นแล้ว ระยะเวลาและความถี่ในการฝึกก็เป็นปัจจัยที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพด้านความอดทนได้ โดยในการศึกษาครั้งนี้ ใช้เวลาการฝึกประมาณ 30-50 นาที ความถี่ในการฝึก 3 ครั้ง/สัปดาห์ จึงอาจเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้เพิ่มขึ้นได้โดยระยะเวลาและความถี่ในการฝึกที่จะช่วยพัฒนาความอดทนคือต้องออกกำลังกายอย่างน้อย 20 นาที/ครั้ง และสัปดาห์ละ 3-5 วัน⁷ สำหรับในกลุ่มควบคุมที่พบว่าค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ลดลง ภายหลังจากทดลองนั้นอาจเนื่องมาจากการทดลองเป็นช่วงปิดภาคเรียนกลุ่มตัวอย่างมีกิจกรรมทางกายน้อยกว่าช่วงเปิดภาคเรียนจึงอาจเป็นเหตุผลให้ค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ของกลุ่มควบคุมมีค่าลดลง

2. ปริมาณฮีโมโกลบิน

ฮีโมโกลบินมีหน้าที่การเป็นตัวกลางในการพาออกซิเจนจากปอดไปสู่เซลล์และเนื้อเยื่อต่างๆ รวมทั้งนำคาร์บอนไดออกไซด์และของเสียต่างๆ ออกจากเซลล์ ซึ่งการขนส่งออกซิเจนไปสู่กล้ามเนื้อในขณะที่ออกกำลังกายนั้นเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถสูงสุดในการทำงานของร่างกาย จากการศึกษาพบว่า การฝึกความอดทนอาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลหิตจางในนักกีฬา (Sport Anemia) ในกีฬาที่มีการฝึกอย่างหนัก โดยเฉพาะในนักวิ่ง นักจักรยาน

และนักว่ายน้ำ ซึ่งเป็นกลุ่มกีฬาที่นักกีฬาเกิดภาวะโลหิตจางในนักกีฬามากที่สุด⁹ โดยกลไกที่ทำให้เกิดภาวะโลหิตจางในนักกีฬาที่ฝึกความอดทน เกิดจากการเพิ่มขึ้นของปริมาตรเลือดในส่วนของน้ำเลือด (Plasma) ทำให้จำนวนเม็ดเลือดแดงต่อหน่วยลดลง และการสลายตัวของเม็ดเลือดแดงซึ่งเป็นผลมาจากแรงกระแทกที่เท้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิ่งลงเขาจะก่อให้เกิดการแตกตัวของเม็ดเลือดแดงมากกว่าการวิ่งขึ้นเขาอันเนื่องมาจากมีแรงกระแทกที่มากกว่า¹⁰ แต่จากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่า ภายหลังจากฝึกแบบอินเทอร์วาลเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ปริมาณฮีโมโกลบินของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่มไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก และไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกลุ่ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในการฝึกแบบอินเทอร์วาลนั้นไม่ทำให้ปริมาณของฮีโมโกลบินเปลี่ยนแปลงทั้งนี้อาจเป็นเพราะรูปแบบการฝึกแบบอินเทอร์วาลนั้นมีช่วงของการฝึกที่เป็นช่วง ๆ มีช่วงเวลาที่ความหนักของงานลดลงทำให้ร่างกายไม่ต้องทำงานที่ระดับความหนักของงานสูง ๆ เป็นเวลานาน ซึ่งแตกต่างกับการฝึกแบบต่อเนื่องที่นักกีฬาต้องทำงานในระดับสูงอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ สอดคล้องกับการศึกษาผลของการฝึกวิ่งแบบต่อเนื่องควบคู่กับการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่มีต่อแอนแอโรบิกเทรซโฮล ปริมาณฮีมาโตคริต และความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน¹¹ โดยทำการศึกษาวีธีการวิ่ง 3 แบบที่ประกอบไปด้วย การวิ่งแบบต่อเนื่อง การวิ่งแบบอินเทอร์วาล และการวิ่งแบบผสมระหว่างวิ่งแบบต่อเนื่องและวิ่งแบบอินเทอร์วาล ผลการศึกษาพบว่า การวิ่งแบบต่อเนื่องทำให้ปริมาณฮีมาโตคริตลดลง แต่การฝึกวิ่งแบบอินเทอร์วาลและการฝึกวิ่งแบบผสมไม่ทำให้ปริมาณฮีมาโตคริตลดลง ซึ่งปริมาณฮีมาโตคริตคือเลือดในส่วนที่ตกตะกอนซึ่งก็รวมถึงเม็ดเลือดแดงและปริมาณฮีโมโกลบินที่อยู่ในเม็ดเลือดแดงนั่นเอง การฝึกแบบอินเทอร์วาลในการ

วิจัยนี้จึงน่าจะดีกว่าการฝึกแบบต่อเนื่องในแง่ของการที่ไม่ลดระดับของปริมาณฮีโมโกลบิน

3. สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก

พลังสูงสุดแบบแอนแอโรบิก และสมรรถนะในการขึ้นระยะแบบแอนแอโรบิกไม่เปลี่ยนแปลง ภายหลังจากฝึกแบบอินเทอร์วาลเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความหนักของการฝึกไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก เพราะความหนักที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความสามารถเชิงแอนแอโรบิกต้องใช้ความหนัก 100% คือเต็มความสามารถ และต้องมีระยะเวลาพักให้เพียงพอต่อการฟื้นฟูตัวของร่างกาย เช่นรายงานการศึกษาที่ทำการศึกษาคผลของการฝึกแบบสั้น ๆ และระยะเวลาพักที่แตกต่างกันที่มีต่อความอดทนและพลัง¹² โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 ฝึกซ้จักรยานด้วยความเร็วเต็มที่ 30 วินาทีสลับกับพัก 4 นาที กลุ่มที่ 3 ซ้จักรยานเต็มที่ 10 วินาทีพัก 4 นาที และกลุ่มที่ 4 ซ้จักรยานเต็มที่ 10 วินาที พัก 2 นาที ภายหลังจากฝึกพบว่า พลังสูงสุดและพลังเฉลี่ยจากการทดสอบวินเกตของกุ่มที่ 2 และกุ่มที่ 3 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังสอดคล้องกับการศึกษาที่ศึกษาคผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่มีต่อปฏิกิริยาไกลโคไลติกในกล้ามเนื้อและเอนไซม์ในกระบวนการออกซิเดทีฟ และความสามารถในการออกกำลังกาย¹³ โดยให้ฝึกซ้จักรยานด้วยความเร็วสูงสุด 30 วินาที สลับกับช่วงพัก 2-4 นาที ผลการวิจัยพบว่า พลังระเบิด งานรวมในช่วง 30 วินาที และความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นหากต้องการพัฒนาสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกก็ควรที่จะกำหนดให้ความหนักของการฝึกนั้นมีความหนักสูงสุด และควรมีระยะเวลาของการพักระหว่างเซตให้เพียงพอเพื่อให้ร่างกายได้ขจัดของเสียที่เกิดขึ้น รวมถึงการเติมพลังงานให้กับระบบการสร้างพลังงานของร่างกายต่อไป

4. แอนแอโรบิกเทรซโฮล

ค่าแอนแอโรบิกเทรซโฮลคือจุดที่ร่างกายเริ่มมีการสร้างพลังงานเชิงแอนแอโรบิกเนื่องจากร่างกายไม่สามารถสร้างพลังงานเชิงแอโรบิกได้ทัน ซึ่งถ้าถึงจุดแอนแอโรบิกเทรซโฮลนี้เร็วร่างกายก็จะมีอาการสะดุดแลคติก ค่าแอนแอโรบิกเทรซโฮลนี้สัมพันธ์กับความสามารถในการทำงานเชิงแอโรบิกของกล้ามเนื้อโดยถ้ากล้ามเนื้อสร้างพลังงานเชิงแอนแอโรบิกได้ช้าก็จะส่งผลให้สามารถทำงานได้ยาวนานมากขึ้น เมื่อพิจารณาจากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลที่จะช่วยพัฒนาค่าแอนแอโรบิกเทรซโฮลได้นั้นมีเพียงการฝึกที่ระดับความหนัก 80-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดเพียงรูปแบบเดียวที่ทำให้ค่าแอนแอโรบิกเทรซโฮลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระดับความหนักในการฝึกนั้นเป็นช่วงที่ร่างกายเริ่มมีการสร้างพลังงานเชิงแอนแอโรบิก (80-85% MHR) สลับกับการมีช่วงพักให้ร่างกายได้มีโอกาสเติมออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายเพื่อนำไปใช้ในเวลาที่ร่างกายสร้างพลังงานเชิงแอโรบิกไม่เพียงพอ ซึ่งระดับความหนักที่ 80-85% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดนั้น เป็นระดับที่ใกล้เคียงกับจุดแอนแอโรบิกเทรซโฮลกลุ่มที่ฝึกในระดับนี้จึงอาจจะมีการพัฒนาจุดที่มีการเริ่มสร้างพลังงานในเชิงแอนแอโรบิกให้สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาอิทธิพลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลความหนักสูงที่มีต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาและการเผาผลาญพลังงาน¹⁴ โดยทำการฝึกแบบอินเทอร์วาลเป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยให้ซ้จักรยาน 5 นาทีที่ความหนัก 80% ของงานสูงสุดสลับกับเวลาพัก 1 นาที โดยสัปดาห์ที่ 1 ฝึก 6 เซตและเพิ่มเป็น 9 เซตในสัปดาห์สุดท้าย ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ภายหลังจากการฝึกปริมาณความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือดนั้นลดลง เมื่อความหนักของงานอยู่ที่ระดับ 70 และ 80% ของงานสูงสุดโดยลดลงจาก 4.7 และ

9.0 mmol/L เป็น 3.3 และ 7.3 mmol/L ตามลำดับ ซึ่งก็เป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ความหนักแตกต่างกันที่มีต่อสมรรถภาพเชิงแอโรบิกและความสามารถในการวิ่ง 1,500 เมตร และ 5,000 เมตร¹⁵ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ฝึกที่ระดับ 95% และกลุ่มที่ 2 ฝึกที่ระดับ 100% ของความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ โดยทำการฝึกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยฝึกแบบอินเทอร์วาล 2 ครั้ง/สัปดาห์ ร่วมกับการฝึกวิ่งที่ระดับเกือบสูงสุด 4 ครั้ง/สัปดาห์ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ภายหลังจากการฝึกจุดที่กรดแลคติกเริ่มสะสมในกระแสเลือด (Lactate Threshold) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 2 กลุ่ม

ค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ สมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิก และแอนแอโรบิกเทรซโฮล ภายหลังจากการฝึก 8 สัปดาห์ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ อาจเป็นเหตุผลมาจากระยะเวลาในการฝึกนั้นสั้นเกินไปจึงยังไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ซึ่งอาจต้องเพิ่มระยะเวลาในการฝึกให้นานขึ้น ดังรายงานการศึกษาที่ศึกษาผลของการฝึกแบบอินเทอร์วาลและการฝึกแบบมีแรงต้าน 12 สัปดาห์ที่มีต่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ¹⁶ โดยผลการศึกษาพบว่า ค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ของกลุ่มที่ฝึกแบบอินเทอร์วาลเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มที่ฝึกแบบมีแรงต้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้รูปแบบการฝึกที่ใช้ในการวิจัยนี้ก็อาจเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากการฝึกวิ่งเพียงอย่างเดียวเท่านั้นไม่ได้มีการฝึกที่ทำให้กล้ามเนื้อพัฒนาการสร้างพลังงานเชิงแอนแอโรบิกมากนัก ซึ่งถ้าต้องการพัฒนาความสามารถของกล้ามเนื้อก็ควรมีการฝึกแบบมีแรงต้านเข้ามาร่วมด้วย โดยการฝึกที่มีจำนวนครั้งน้อย (น้ำหนักมาก) น่าจะพัฒนาประสิทธิภาพในการสร้างพลังงานในเชิงแอนแอโรบิกได้ดีกว่าการฝึกที่มีจำนวนครั้งมาก¹⁷

สรุปผลการวิจัย

จากข้อมูลที่ปรากฏทำให้สรุปได้ว่า การฝึกแบบอินเทอร์วาลที่ระดับความหนัก 80-85% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดเป็นเวลา 3 นาที สลับกับช่วงพัก 3 นาที สามารถพัฒนาค่าความสามารถสูงสุดในการนำออกซิเจนไปใช้ และค่าแอนแอโรบิกเทรชโฮลให้เพิ่มสูงขึ้นได้และการฝึกแบบอินเทอร์วาลทั้ง 3 รูปแบบไม่ทำให้ค่าปริมาณฮีโมโกลบิน และสมรรถภาพเชิงแอนแอโรบิกเปลี่ยนแปลง จึงอาจเป็นแนวทางในการเลือกใช้รูปแบบการฝึกแบบอินเทอร์วาลในการพัฒนาสมรรถภาพด้านความอดทนที่เหมาะสมได้

เอกสารอ้างอิง

1. Ellick, A. Running Times Magazine. [online]. 2001 [cited 2010 February 27]. Available from: <http://runningtimes.com/Article.aspx?ArticleID=5518>
2. ประทุม ม่วงมี. อินเทอร์วาล เทรนนิง คู่มือการฝึกกีฬา. กรุงเทพฯ: อมรการพิมพ์; 2532.
3. King, J., Broeder, C., Browder, K., & Panton, L. A comparison of interval versus steady-state exercise on substrate utilization in overweight women. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 2002; 34(5): s130.
4. Hetlelid, J. K., Herold, E., & Seiler, S. Comparison of metabolic responses to high-intensity interval training in trained and well-trained males. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2009; 41(5): 501.
5. Stepto, K. Nigel., Hawley, A. John., Dennis, C. Steven., & Hopkins, G. Will. Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 1999; 31(5): 736-741.
6. Inbar, O., Bar-Or, O., & Skinner, S. The Wingate Anaerobic Test. Champaign: Human Kinetics; 1996.
7. ACSM. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (7th ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
8. Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R., & Hoff, J., (2006). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂ max more than moderate training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2006; 39 (4): 665-671.
9. Eichner, R. Anemia and blood boosting. Sport Science Exchange. The Gatorade Sport Science Institute: [online] 200 [cited 2011 February 17]. Available from: <http://www.gssiweb.com>
10. Miller, J., Pate, R., & Burgess, W. (1988). Foot impact force and intravascular hemolysis during distance running. *International Journal Sport Medicine* 1988; 9: 56-60.
11. มณีนทร รักษ์บำรุง. (2546). ผลของการฝึกวิ่งแบบต่อเนื่องควบคู่กับการฝึกวิ่งแบบอินเทอร์วาลที่มีต่อแอนแอโรบิกเทรชโฮล ปริมาณฮีมาโตคริตและความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา) บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา; 2546.

12. Hazell, J., MacPherson, R., Bravelle, B., & Lemon, P. Importance of sprint interval training duration and recovery time on endurance and power performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2009; 41(5): 137.
13. MacDougall, J., Hicks, A., MacDonald, J., Green, H., & Smith, K. Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *Journal of applied physiology* 1998; 84(6): 2138-2142.
14. Taylor, C., Hawley, J., Rickard, S., Myburgh, K., Noakes, T., & Dennis, S. Metabolic and performance adaptations to interval training in endurance-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology* 1997; 75: 298-304.
15. Denadai, B., Ortiz, M., Greco, C., & Mello, M., (2006). Interval training at 95% and 100% of the velocity at VO_2 max: effects on aerobic physiological indexes and running performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 2006; 31(6): 737-743.
16. Randers, B., Hornstrup, T., Krstrup, R., Mohr, M., Martone, D., Jakobsen, M., Sundstrup, E., Krstrup, P., Nybo, L., (2009). Effect of 12wks intense intermittent running and high-resistance training on various health parameters in untrained men. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 2009; 41(5): 139.
17. Moss, L., & Grimmer, S. Strength and contractile adaptations in the human triceps surae after isotonic exercise. *Journal of Sport Rehabilitation* 1993; 29: 104-114. [CD-ROM]. Abstract from: Sport Discus: Isotonic Item: 80