ผลการฝึกซ้อมบนที่สูงเหนือระดับน้ำทะเล 1,300 เมตร ที่มีต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาระดับอายุ 16-18 ปี

The Effect of Training at the Altitude above 1,300 Meters of Sea Level on Physical Fitness of the Athletes Between 16-18 Years old : A Pilot Study

สมิทธิเดช โม่งประณีต ราวีวัฒน์ รัตนโกเศศ วิไลวรรณ กฤษณะพันธ์
รพีพร ศรีไสว แวน วัณณะพันธ์
โรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่น

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการฝึกซ้อมของนักกีฬาบนที่สูงเหนือระดับน้ำทะเล 1,300 เมตร ที่มีผลต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาระดับอายุ 16-18 ปี ซึ่งใช้การวิจัยเชิงทดลอง ออกแบบโปรแกรมการฝึกซ้อมโดยคณะผู้วิจัย เพื่อมุ่งศึกษาผลของสมรรถภาพทางกายนักกีฬาในการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิก แบบแอโรบิก จำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของเลือด ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักกีฬาฟุตบอลชายจำนวน 42 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง (19 คน) และกลุ่มควบคุม (23 คน) กลุ่มทดลองให้เข้ารับการฝึกบนที่สูงเหนือระดับน้ำทะเล 1,300 เมตร ณ โรงเรียนบ้านทับเบิกร่วมใจพัฒนา และกลุ่มควบคุมฝึกซ้อมบนที่ราบ ณ โรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่นตามปกติเป็นเวลา 28 วัน ผลการทดลองพบว่านักกีฬาที่ได้รับการฝึกซ้อมบนที่สูงมีระดับสมรรถภาพทางกายแบบแอนแอโรบิกและแบบแอโรบิกดีกว่ากลุ่มควบคุมฝึกบนที่ราบ และมีจำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของเลือด ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

คำสำคัญ: การฝึกบนที่สูง, ปริมาณและความเข้มของเม็ดเลือดแดง

Abstract

The purposes of this study were to study the effect of training at the altitude on physical fitness of the athletes males aged 16-18 years. As a pilot study, we, therefore, designed our own experimental protocol for training. Data were collected from 19 football athletes males training at the altitude of above 1,300 meters (experimental group) and 23 males of similar ages training at sea level (the control group) for 28 days. The physical fitness variables included anaerobic and aerobic exercises, red blood cell, hematocrit, and hemoglobin concentration. All physical fitness variables were significantly greater in the experimental group after training. The data indicate that the physical fitness is greater in male athletes doing training at the altitude than their football athletic counterparts.

Keywords: Altitude Training, Red Blood Cell, Heamatorit, and Hemoglobin

1. บทนำ

ในระยะเวลาที่ผ่านมามีการระดมทุนเพื่อวางรากฐานและสร้างนักกีฬาจากระดับพื้นฐานสู่ความเป็นเลิศ นักกีฬาที่จะมุ่งสู่ความเป็นเลิศต้องมีทักษะและสมรรถภาพทางกายที่ดี ตลอดจนผู้ฝึกสอนต้องมีความรู้ทางด้านการฝึก นักวิทยาศาสตร์การกีฬาต้องมีความสามารถวิเคราะห์วิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงจะสามารถพัฒนานักกีฬาสู่ความเป็นเลิศได้ตามวัตถุประสงค์การฝึกซ้อมกีฬาดังกล่าว และที่สำคัญก่อนการแข่งขันนักกีฬาควรได้รับการฝึกสมรรถภาพทางกาย โดยเฉพาะระบบหัวใจร่วมหลอดเลือด ระบบหายใจ ซึ่งถือเป็นสมรรถภาพพื้นฐานของนักกีฬา ปัจจุบันมีรายงานการศึกษาพบว่านักเรียนกีฬาที่ได้รับการฝึกอย่างมีแบบแผนตามเกณฑ์ของโรงเรียนกีฬาเป็นเวลาโดยเฉลี่ยประมาณ 2.5 ปี ประกอบด้วย ว่ายน้ำ กรีฑา จักรยาน เทนนิส เทเบิลเทนนิส ตะกร้อ ฟุตบอล มวยไทย มวยสากล มีค่าเฉลี่ยปริมาตรการหายใจออกวินาทีแรก (FEV1) และปริมาตรหายใจออกเต็มที่ (FVC) สูงกว่านักเรียนปกติประมาณ 20% เมื่อออกกำลังกายครบ 6 และ 12 เดือน นักกีฬาโรงเรียนกีฬามีการเพิ่มของ FEV1 และ FVC มากกว่านักเรียนปกติ ค่าอัตราการเต้นของชีพจรกลุ่มออกกำลังกายต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ออกกำลังกาย เฉลี่ย 7 ครั้ง (วิไลวรรณ กฤษณะพันธ์และคณะ 2547) จากการศึกษานี้ได้มีข้อเสนอแนะว่าควรมีการส่งเสริมให้นักกีฬามีการฝึกและออกกำลังกายเพื่อเพิ่มสมรรถภาพของหัวใจและปอด และยังพบอีกว่านักเรียนกีฬาฟุตบอลมีค่าปริมาตรปอดสูงกว่าและมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจสูงกว่านักเรียนปกติ (ปณคพร วรรณานนท์และคณะ 2547) เนื่องจากนักกีฬาเหล่านี้มีการฝึกและออกกำลังกายเพื่อเพิ่มสมรรถภาพของหัวใจและปอดจากการฝึกซ้อมตามโปรแกรม แต่จากผลการศึกษาวิธีการฝึกซ้อมบนที่สูงระดับความสูง 1,300 เมตร เป็นอีกระดับความสูงที่จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสร้างสมรรถภาพให้กับนักกีฬา เพราะการฝึกซ้อมบนที่สูงจะเป็นการฝึกระบบหายใจ หลอดเลือด เพื่อรองรับความเหนื่อยในการออกกำลังกายโดยใช้อัตราการความกดดันอากาศเป็นตัวแปรต่อการหายใจปกติของนักกีฬา การฝึกซ้อมบนที่สูงนี้จะดูผลการเปลี่ยนแปลงของร่างกายอันเป็นระดับที่มีนัยสำคัญต่อการชดเชยการขาดออกซิเจน วัดได้จากค่าออกซิเจนสูงสุด (VO2 Max) ดังรายงานพบว่าสามารถเปลี่ยนแปลงได้ 2% สำหรับในทุก ๆ ระดับความสูง 300 เมตร จากระดับ 1,500 เมตรขึ้นไป(http://www.rice.edu/~jenky/sports/altitude.html) และพบว่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนและการทำงานแบบไม่ใช้อากาศมีค่าเพิ่มขึ้นหลังการฝึกซ้อมในระดับความสูงนี้และบ่งบอกได้ว่าการไปอยู่ในที่สูงควรจะมีส่วนช่วยพัฒนาความทนทาน (endurance capacity) ในนักกีฬามากขึ้น โดยเฉพาะการฝึกฝนกล้ามเนื้อหายใจ การเพิ่มความดันย่อยของออกซิเจนในถุงลม การทำให้เม็ดเลือดแดงแก่ช้าลง การลดความเข้มข้นของแลคเตดและแอมโมเนียซึ่งอาจทำให้เกิดความเมื่อยล้า การเพิ่มความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง การเต้นของหัวใจช้าลงในนักกีฬาที่ฝึกฝนอย่างดี หรือการออกกำลังกายแบบแอโรบิคน่าจะเกิดจากนักกีฬาสามารถพัฒนาระบบหัวใจร่วมหลอดเลือดและระบบหายใจได้เป็นอย่างดีทั้งการฝึกปกติและการฝึกบนที่สูง

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อศึกษาการใช้พลังงานระบบแอนแอโรบิก ก่อนและหลังการฝึกบนที่สูงระดับ 1,300 เมตร

(2) เพื่อศึกษาการใช้พลังงานระบบแอโรบิก ก่อนและหลังการฝึกบนที่สูงระดับ 1,300 เมตร

(3) เพื่อศึกษาจำนวนเม็ดเลือดแดง (RBC) ความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง (ฮีมาโตคริต, Hct) และฮีโมโกลบิน (Hb) ก่อนและหลังการฝึกบนที่สูงระดับ 1,300 เมตร

2 สมมติฐานการวิจัย

การออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิก (anaerobic exercise) การออกกำลังกายแบบแอโรบิก (aerobic exercise) จำนวนเม็ดเลือดแดง (RBC) ความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง (ฮีมาโตคริต, Hct) และฮีโมโกลบิน (Hb) เพิ่มขึ้นหลังการฝึกบนที่สูงระดับ 1,300 เมตร

2.1 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงทดลองเพื่อต้องการทราบผลการฝึกซ้อมบนที่สูงเหนือระดับน้ำทะเล 1,300 เมตร ต่อสมรรถภาพทางกายและผลเลือด ตามโปรแกรมการฝึกกีฬาที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อฝึกทักษะกีฬาและสมรรถภาพทางกายให้กับนักกีฬาเพศชาย อายุระหว่าง 16-18 ปี ซึ่งจะทำการทดลองทั้งหมด 2 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุมฝึกตามปกติบนที่ราบ (ณ โรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่น) และกลุ่มทดลองฝึกบนที่สูงเหนือระดับน้ำทะเล 1,300 เมตร (ณ โรงเรียนบ้านทับเบิกร่วมใจพัฒนา อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์) ทั้งสองกลุ่มจะได้รับการฝึกทักษะกีฬาตามแบบแผนการฝึกของคณะผู้วิจัยเป็นเวลา 28 วันเท่ากัน

2.2 กลุ่มตัวอย่างและประชากร

กลุ่มประชากร ได้คัดเลือกจากกลุ่มอาสาสมัครเข้ารับการทดลองซึ่งเป็นนักกีฬาฟุตบอลชายที่มีอายุระหว่าง 16-18 ปี ที่กำลังศึกษาในโรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่น ปีการศึกษา 2550 เป็นผู้ซึ่งมีสุขภาพแข็งแรง กลุ่มตัวอย่างก่อนเข้ารับการทดลองเป็นผู้ได้รับการฝึกทักษะกีฬาอยู่เป็นประจำตามระบบการฝึกซ้อมของโรงเรียนกีฬา คือ ฝึกซ้อม วันจันทร์ถึงวันเสาร์ สัปดาห์ละ 6 วัน ๆ ละ 3 ชั่วโมง แบ่งเป็นภาคเช้า 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 06.00 - 07.00 น. และภาคบ่าย 2 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 16.00 - 18.00 น. โปรแกรมประกอบด้วย ฝึกการสร้างสมรรถภาพทางกาย วิ่งเร็วซ้ำเที่ยวระยะทางต่าง ๆ วิ่งเปลี่ยนทิศทางระยะสั้น ๆ วิ่งตามภูมิประเทศ วิ่งระยะไกล 4-6 กิโลเมตร ฝึกสมรรถภาพทางกาย ฝึกทักษะกีฬาเกมส์นำกีฬา กิจกรรมในภาคบ่ายประกอบด้วยการฝึกทักษะกีฬาฟุตบอล เล่นทีม การฝึกกลยุทธ์กีฬาฟุตบอล ทักษะการควบคุมบอล การแย่งชิงบอล การฝึกทักษะเฉพาะตำแหน่ง

2.3 ตัวแปร

ตัวแปรต้น คือ การฝึกซ้อมบนที่สูงเหนือระดับน้ำทะเล 1,300 เมตร

ตัวแปรตาม คือ สมรรถภาพการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิก (anaerobic exercise) การออกกำลังกายแบบแอโรบิก (aerobic exercise) จำนวนของเม็ดเลือดแดง (RBC) ความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง (Hct) และฮีโมโกลบิน (Hb)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

จักรยานวัดงานทดสอบ Astrand test และ Wingate test

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ทำวิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจาก น้ำหนักส่วนสูงและคำนวณค่าดัชนีมวลกาย ค่าจำนวนเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบิน ค่าการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิกและค่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกทั้งก่อนและหลังการฝึกจำนวน 28 วัน นำผลที่ได้ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติ Independent t-test, paired t-test เพื่อทดสอบภายในกลุ่ม และ ANCOVA เพื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ภายหลังการฝึกซ้อม

5. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการทดสอบก่อนและหลังการทดสอบวิเคราะห์ผลทางสถิติแล้วนำผลที่ได้เสนอในรูปของตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทั่วไปของนักเรียนกีฬาฟุตบอลจำแนกตามกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

คุณสมบัติทั่วไป	กลุ่มควบคุม (N=23 คน)		กลุ่มทดลอง (N=19 คน)		p-value
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
อายุ (ปี)	16.05	0.04	16.83	0.69	< 0.001
ส่วนสูง (cm)	169.80	2.94	168.70	5.57	NS
น้ำหนัก (kg)	59.38	5.30	59.80	5.50	NS
ดัชนีมวลกาย (kg/m^2)	20.13	1.70	20.44	1.64	NS

หมายเหตุ ใช้การวิเคราะห์ Independent t-test

จากตารางแสดงให้เห็นว่าข้อมูลของทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีอายุ 16.05 ± 0.04 ปี และ 16.83 ± 0.69 ปี ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.00001$) มีส่วนสูง น้ำหนักและดัชนีมวลกายใกล้เคียงกันคือ 169.8 ± 2.94 และ 168.7 ± 5.57 เซนติเมตร 59.38 ? 5.30 และ 59.8 ± 5.50 กิโลกรัม และ 20.44 ± 1.64 และ 20.13 ± 1.70 (kg/m2) ตามลำดับ ซึ่งอายุที่แตกต่างกันนี้ไม่มีผลต่อส่วนสูง น้ำหนัก และดัชนีมวลกายแต่อย่างใด (ตารางที่ 1)

ผลของการฝึกบนที่สูงต่อการเปลี่ยนแปลงทางเลือด

พบว่าจำนวน RBC ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าใกล้เคียงกันคือ 5.26 ± 0.46 และ 5.22 ± 0.63 ($10^6/mm^3$) ตามลำดับ ภายหลังการฝึกบนที่ราบ (กลุ่มควบคุม) และการฝึกบนที่สูง ณ ระดับ

1,300 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล (กลุ่มทดลอง) พบว่าจำนวน RBC เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมคือ 17.6 % เปรียบเทียบกับ 4.2 % (ตารางที่ 2, 3 และรูปที่ 1)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการก่อนและหลังการออกกำลังกายบนที่ราบในกลุ่มควบคุม (n = 23)

ผลเลือด	ระยะการเก็บข้อมูล (28 วัน)	ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	ผลต่าง	95 % CI	p-value
RBC ($10^6/mm^3$)	หลังการฝึก ก่อนการฝึก	5.48 ± 0.22 5.26 ± 0.46	0.22	0.29 ถึง 0.15	< 0.001
Hct (%)	หลังการฝึก ก่อนการฝึก	43.67 ± 1.50 42.17 ± 2.15	1.50	2.15 ถึง 0.86	< 0.001
Hb (g/dl)	หลังการฝึก ก่อนการฝึก	14.04 ± 0.72 13.60 ± 0.78	0.44	0.63 ถึง 0.25	< 0.001

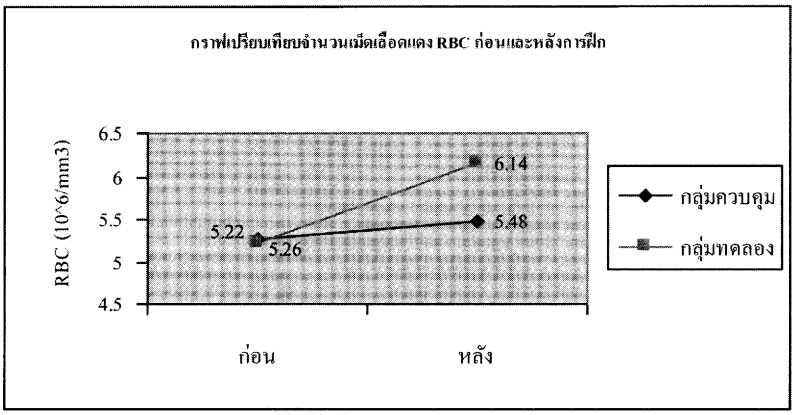
หมายเหตุ : วิเคราะห์โดย Paired t-test

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลการตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการก่อนและหลังการออกกำลังกายบนที่สูง ฯ ในกลุ่มทดลอง (n =19)

ผลเลือด	ระยะการเก็บข้อมูล (28 วัน)	ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	ผลต่าง	95 % CI	p-value
RBC ($10^6/mm^3$)	หลังการฝึก ก่อนการฝึก	6.14 ± 0.93 5.22 ± 0.63	0.92 ± 0.69	0.59 ถึง 1.25	< 0.001
Hct (%)	หลังการฝึก ก่อนการฝึก	47.96 ± 5.69 40.86 ± 2.33	7.11 ± 5.07	4.66 ถึง 9.55	< 0.001
Hb (g/dl)	หลังการฝึก ก่อนการฝึก	14.84 ± 0.79 14.25 ± 0.91	0.59 ± 0.63	0.29 ถึง 0.89	< 0.0003

หมายเหตุ : วิเคราะห์โดย Paired t-test

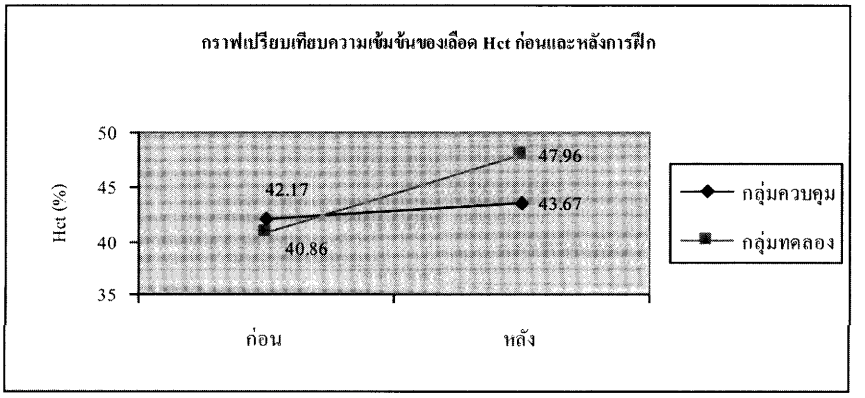
รูปที่ 1 เปรียบเทียบจำนวนเม็ดเลือดแดง ก่อนและหลังการฝึกทั้ง 2 กลุ่ม (28 วัน)



(ข้อมูลจากตารางที่ 2, 3 ค่า RBC ก่อนและหลังการฝึก กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม)

ความเข้มข้นของ Hct ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองก่อนการฝึกไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 42.17 ± 2.15 และ 40.86 ± 2.33 ตามลำดับ ภายหลังการฝึกบนที่ราบ (กลุ่มควบคุม) และการฝึกบนที่สูง ฯ (กลุ่มทดลอง) พบว่าจำนวน Hct เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มควบคุม $p<0.0001$, กลุ่มทดลอง $p<0.001$) โดยกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมคือ 17.4 % เปรียบเทียบกับ 3.6 % (ตารางที่ 2, 3 และรูปที่ 2)

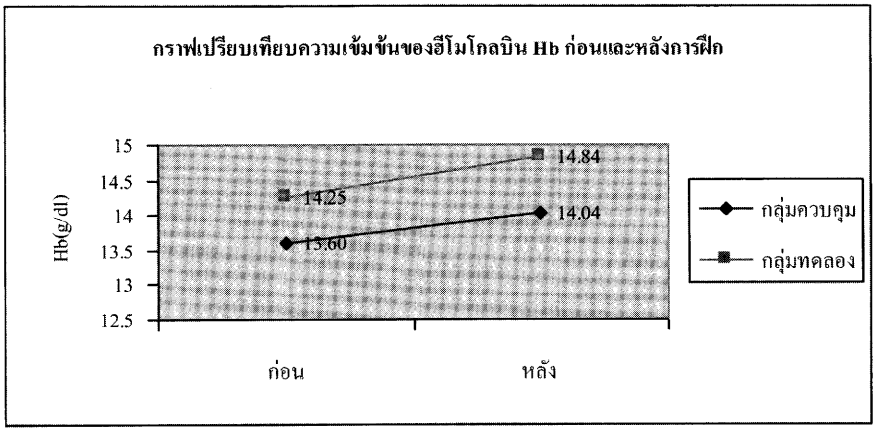
รูปที่ 2 เปรียบเทียบความเข้มข้นของเลือด ก่อนและหลังการฝึกกลุ่มทดลอง (28 วัน)



(ข้อมูลจากตารางที่ 2, 3 ค่า Hct ก่อนและหลังการฝึก กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม)

จำนวน Hb ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าใกล้เคียงกันคือ 13.60 ± 0.78 และ 14.25 ± 0.91 (g/dl) ตามลำดับ ภายหลังการฝึกบนที่ราบ (กลุ่มควบคุม) และการฝึกบนที่สูงฯ (กลุ่มทดลอง) พบว่าจำนวน Hct เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (กลุ่มควบคุม $p<0.0001$, กลุ่มทดลอง $p<0.0003$) โดยกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมคือ 4.1 % เปรียบเทียบกับ 3.2 % (ตารางที่ 2, 3 และรูปที่ 3)

รูปที่ 3 เปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ก่อนและหลังการฝึกทั้ง 2 กลุ่ม (28วัน)



(ข้อมูลจากตารางที่ 2, 3 ค่า Hb ก่อนและหลังการฝึก กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม)

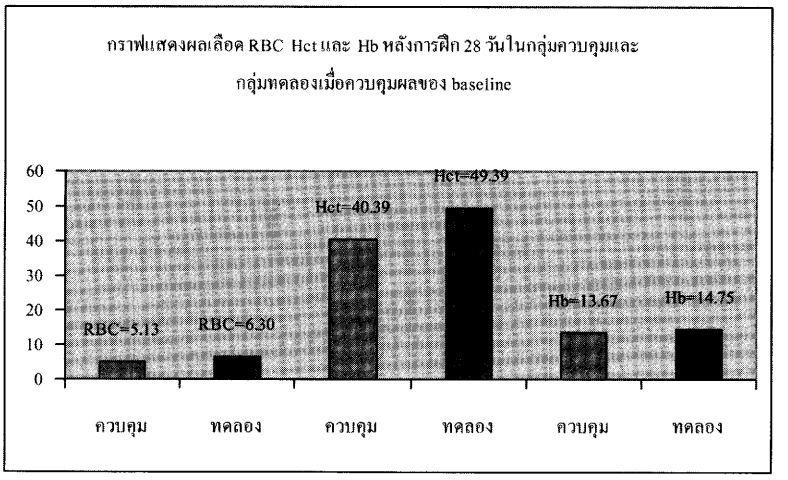
จากตารางที่ 2 และ 3 จะเห็นว่าค่าจำนวน RBC Hct และ Hb ก่อนการฝึกของทั้ง 2 กลุ่ม (ค่า baseline) แตกต่างกัน แม้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ การควบคุมผลของ baseline ที่แตกต่างกันดังกล่าวสามารถกระทำได้โดยการวิเคราะห์ทางสถิติ ANCOVA ซึ่งแสดงผลทางสถิติให้เห็นว่า การฝึกบนที่สูงฯ ณ ระดับ 1,300 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล (กลุ่มทดลอง) ส่งผลให้จำนวน RBC Hct และ Hb สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.0001$) ทุกค่า (ตารางที่ 4 และรูปที่ 4)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลเลือดในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองหลังการฝึกทั้ง 2 กลุ่มเมื่อควบคุมผลของ baseline

กิจกรรม	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย Mean	Sd	Mean diff	95%CI of Mean diff	p-value
RBC (10^6/mm^3)	กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลอง	5.13 6.30	0.10 0.11	1.18	0.87 ถึง 0.49	<0.001
Hct (%)	กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลอง	40.39 49.39	0.27 0.92	8.41	5.72 ถึง 11.09	<0.001
Hb (g/dl)	กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลอง	13.67 14.75	0.10 0.12	1.08	0.76 ถึง 1.39	<0.001

หมายเหตุ : วิเคราะห์โดยใช้ ANCOVA

รูปที่ 4 เปรียบเทียบผลเลือดในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองหลังการฝึกทั้ง 2 กลุ่มเมื่อควบคุมผลของ baseline



(ข้อมูลจากตารางที่ 4 ก่อนและหลังการฝึก กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม)

ผลของการฝึกบนที่สูงต่อการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิก

จากตารางวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าในกลุ่มทดลองค่าการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิกโดยทำการทดสอบแบบ Wingate test (Watts) บนที่ราบก่อนการฝึกมีค่าเฉลี่ย 550.16 ± 83.94 วัตต์ และหลังการฝึกมีค่าเฉลี่ย 553.54 ± 71.73 วัตต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่อย่างใด (ตารางที่ 5 และรูปที่ 5) การ

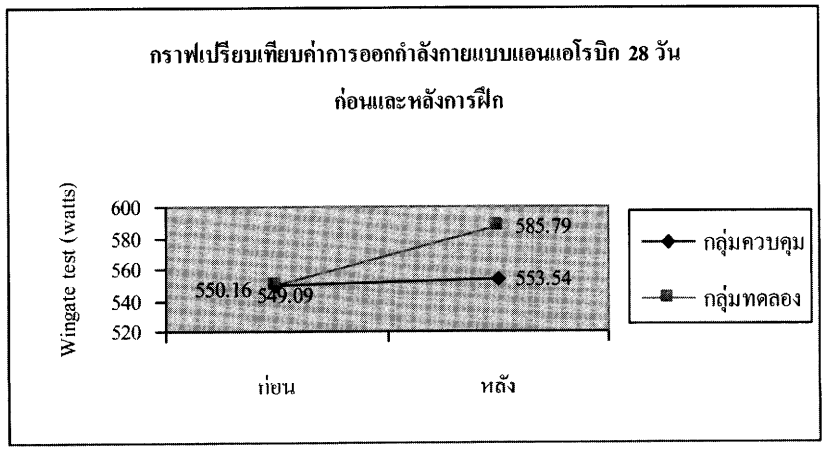
วิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มทดลองก่อนและหลังการฝึกบนที่สูงฯ พบว่าค่าการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิก โดยทำการทดสอบแบบ Wingate test (Watts) ก่อนการฝึกมีค่าเฉลี่ย 549.09 ± 88.49 วัตต์ และหลังการฝึกมีค่าเฉลี่ย 585.79 ± 102.45 วัตต์ โดยหลังการฝึกมีค่าสูงกว่าก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็นร้อยละ 6.7 (95% CI of mean diff = 13.09 ถึง 60.29, p <0.004) (ตารางที่ 6 และรูปที่ 5)

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิก และการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในกลุ่มควบคุม

กิจกรรม	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย Mean	Sd	95%CI of Mean diff	p-value
Wingate test (Watts)	หลังการฝึก ก่อนการฝึก	553.54 550.16	71.73 83.94	12.84 ถึง 19.61	0.67
Astrand test (ml/kg/min)	หลังการฝึก ก่อนการฝึก	51.94 50.08	6.85 7.79	0.99 ถึง 4.70	0.19

หมายเหตุ : วิเคราะห์โดยใช้ Paired t-test

รูปที่ 5 เปรียบเทียบผลการทดสอบการปั่นจักรยานความฝืด ก่อนและหลังการฝึกทั้ง 2 กลุ่มต่อค่าการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิก (28 วัน)



(ข้อมูลจากตารางที่ 5, 6 ก่อนและหลังการฝึก กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม)

ผลของการฝึกบนที่สูงต่อการออกกำลังกายแบบแอโรบิก

ค่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกบนที่ราบของกลุ่มควบคุมพบว่าก่อนการฝึกค่าเฉลี่ย 50.08 ± 7.79 และหลังการฝึก 51.94 ± 6.85 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที โดยหลังการฝึกมีค่าสูงกว่าก่อนการฝึก คิดเป็นร้อยละ 3.7 ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5 และรูปที่ 6)

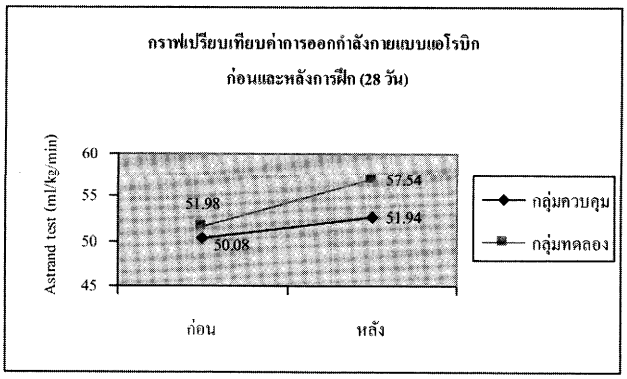
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบผลการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิกและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในกลุ่มทดลอง

กิจกรรม	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย Mean	Sd	95%CI of Mean diff	p-value
Wingate test (Watts)	หลังการฝึก ก่อนการฝึก	585.79 549.09	102.45 88.49	13.09 ถึง 60.29	<0.004
Astrand test (ml/kg/min)	หลังการฝึก ก่อนการฝึก	57.54 51.98	9.18 7.09	0.29 ถึง 0.89	<0.0003

หมายเหตุ : วิเคราะห์โดยใช้ Paired t-test

สำหรับการออกกำลังกายแบบแอโรบิกก่อนและหลังของกลุ่มทดลองพบว่าก่อนการฝึกมีค่าเฉลี่ย 51.98 ± 7.09 และหลังการฝึก 57.54 ± 9.18 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที โดยหลังการฝึกมีค่าสูงกว่าก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็นร้อยละ 10.7 (95% CI of mean diff = 0.29 ถึง 0.89, p < 0.0003) (ตารางที่ 6 และรูปที่ 6)

รูปที่ 6 เปรียบเทียบผลการทดสอบการปั่นจักรยานความฝืดก่อนและหลังการฝึกทั้ง 2 กลุ่ม ต่อค่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิก (28 วัน)



(ข้อมูลจากตารางที่ 6 กลุ่มทดลอง ตารางที่ 5 กลุ่มควบคุม)

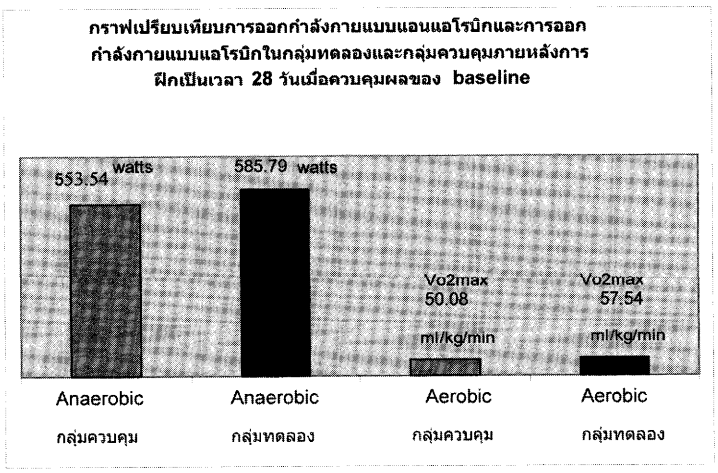
เพื่อขจัดอิทธิพลของค่า baseline ที่อาจจะมีผลทางสถิติ จึงใช้การวิเคราะห์โดยใช้ ANCOVA พบว่าผลการฝึกต่อการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิกเป็นดังนี้ คือ ค่าการทดสอบแบบ Wingate test (Watts) ในกลุ่มทดลองซึ่งฝึกบนที่สูงมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งฝึกบนที่ราบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็นร้อยละ 8.1 (95 %CI of mean diff = 0.55 ถึง7.79 , $p < 0.016$) (ตารางที่ 7 และรูปที่ 7) เช่นเดียวกันการฝึกต่อการออกกำลังกายแบบแอโรบิก พบว่าการฝึกบนที่สูง ฯ ทำให้ผลการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งฝึกบนที่ราบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็นร้อยละ 7.9 (95 %CI of mean diff = 0.55 ถึง 7.79, $p < 0.025$) (ตารางที่ 7 และรูปที่ 7)

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิกและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมภายหลังการฝึกเป็นเวลา 28 วันเมื่อควบคุมผลของ baseline

กิจกรรม	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย Mean	SE	Mean diff	95%CI of Mean diff	p-value
Wingate test (Watts)	กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลอง	553.54 585.79	7.58 8.75	48.16	6.58 ถึง 59.79	<0.016
Astrand test (ml/kg/m)	กลุ่มควบคุม กลุ่มทดลอง	51.94 57.54	1.19 1.33	4.17	0.55 ถึง 7.79	<0.025

หมายเหตุ : วิเคราะห์โดยใช้ ANCOVA

รูปที่ 7 เปรียบเทียบการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิกและการออกกำลังกายแบบแอโรบิกในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมภายหลังการฝึกเป็นเวลา 28 วัน เมื่อควบคุมผลของ baseline



(ข้อมูลจากตารางที่ 7 หลังการฝึก กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม)

5. อภิปรายผลการวิจัย

ผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเลือด (haematological changes)

การค้นพบที่สำคัญในการศึกษาครั้งนี้ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลใหม่ที่ไม่มีผู้ใดรายงานมาก่อนคือ ณ ความสูงเพียง 1,300 ม. ก็สามารถกระตุ้นกระบวนการสร้าง RBC และ Hb ได้ในอาสาสมัครนักกีฬาฟุตบอลชายรุ่นอายุ 16-18 ปี ซึ่งอาจอธิบายได้ดังนี้

ณ ความสูงระดับ 1,300 เมตร ความดันบรรยากาศจะลดลงจากปกติ 760 มิลลิลิตรปรอท (มม.ปรอท) ที่ระดับน้ำทะเลไปเป็นประมาณ 137 มม.ปรอท [($P_B = 760(e^{-a/7924})$ เมื่อ P_B = barometric pressure, e = natural antilog, และ a = altitude)] ซึ่งเปรียบได้เสมือนหนึ่งเป็นการหายใจด้วยความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศที่หายใจเข้า (inspired fractional concentration of oxygen) ประมาณ 17.8% (ในการหายใจบนที่ราบจะเป็นการหายใจด้วยอากาศที่มีออกซิเจนประมาณ 21 %) ดังนั้นการขึ้นไปอยู่บนที่ความสูง 1,300 ม. เหนือระดับน้ำทะเล อาสาสมัครจะหายใจด้วยอากาศที่มีความดันบรรยากาศต่ำลง หรือเสมือนหายใจด้วยอากาศที่มีสัดส่วนของออกซิเจนลดลง หรืออยู่ในสภาวะพร่องออกซิเจนจากการไปอยู่ที่สูง (altitude hypoxia) ทำให้ความดันย่อยของออกซิเจนในถุงลม (PAO_2) ลดต่ำลงกว่าปกติ ส่งผลให้การเติมออกซิเจนให้กับเลือดดำผสมที่มายังปอดลดลง ดังนั้นระดับความดันย่อยของออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2) จะลดลงด้วย ทำให้ PaO_2 ของไตลดลงและไตได้รับออกซิเจน (oxygenation) ลดลง (Ou et al. 1998; Richalet et al. 1994) มีการสันนิษฐานว่าการที่ไตได้รับ O_2 ลดลงจะไปกระตุ้นให้ไตมีการสร้างและปล่อยสารที่เรียกว่า erythropoietin (EPO)(Porter & Goldberg 1994; Richalet et al. 1994; West 1995) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่สำคัญในการควบคุมการสร้าง RBC และ Hb ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นของ EPO ในซีรัมจะกระตุ้นกระบวนการสร้าง RBC ในไขกระดูก (red bone marrow) ขึ้นมาใหม่ โดยไปเร่งเร้าการแบ่งตัวของเซลล์ต้นกำเนิดของ RBC (erythroid precursors) โดยเฉพาะอย่างยิ่งชนิดที่เรียกว่า colony forming unit-erythroid, CFU-E) ซึ่งมีตัวรับ (receptors) อยู่บนผิวของ CFU-E การจับของ EPO กับตัวรับบน CFU-E จะไปเริ่มกระบวนการผลิตปัจจัยที่เรียกว่าปัจจัยการถ่ายสำเนา (cellular transcription factors) กระบวนสร้างโปรตีนอื่นๆที่จำเป็น กระบวนการสังเคราะห์ฮีม (haeme) และ Hb และการแบ่งเซลล์ RBC (Bell et al. 1996; Flaharty et al. 1990) กระบวนการได้มาซึ่ง RBC จะใช้เวลาประมาณ 5-7 วันนับตั้งแต่มีการเริ่มการเพิ่มระดับ EPO (Bell et al. 1996) ในทางสรีรวิทยา ระดับ PaO_2 ประมาณ 70 มม.ปรอท (threshold) ซึ่งเทียบได้กับเมื่ออยู่ที่ระดับความสูงประมาณ 1,600 ม. หรือ 5,250 ฟุต จึงจะทำให้มีการเพิ่มมวลของ RBC และ Hb (Weil et al. 1968) ซึ่งการเพิ่มขึ้นดังกล่าวเกิดขึ้นภายใน 4-7 วันของการขึ้นไปอยู่บนที่สูง อย่างไรก็ตามการวิจัยใหม่ๆ ได้บ่งชี้ว่าค่าดังกล่าวมีความแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล (Chapman et al. 1998) มีรายงานว่าชนพื้นเมืองที่อาศัยอยู่บนที่สูงเกิน 2,500 เมตร จึงจะมีมวลเม็ดเลือดแดง Hct และHb สูงขึ้น ซึ่งในระหว่าง 2 – 3 วันแรกของการฝึกบนที่สูง

(altitude training) พบว่าเลือดจะข้นขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการที่ของไหล (fluid) ย้ายออกจากหลอดเลือดฝอยเข้าสู่บริเวณรอบๆเซลล์ (interstitial space) รวมทั้งเข้าไปในเซลล์ (intracellular space) เพิ่มขึ้นด้วย (http:// physiotherapy .cutin.ed.au/ resoures/ Education.resoures / exphys/oo/Chouk.cfm) การศึกษาครั้งนี้นักกีฬากลุ่มทดลองที่ขึ้นไปอยู่บนที่ความสูงเป็นเวลา 28 วันจึงมีมวล RBC Hct และHb สูงขึ้นจากสองปัจจัยคือการกระตุ้นจาก EPO และการไหลออกของของไหล ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Baker and Hopkins ในปี 1998 ซึ่งทำการฝึกที่ระดับ 2,500 เมตร เป็นเวลา 1 เดือน

ผลต่อการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิก (Anaerobic Exercise)

เนื่องจากการฝึกบนที่สูงทำให้ RBC ถูกสร้างเพิ่มขึ้นและปริมาณ Hb มากขึ้นด้วยกลไกดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ฉะนั้นจึงไปทำให้การใช้ O_2 (oxygen consumption, VO_2) ของนักกีฬาดีขึ้นเพราะเป็นการส่งเสริมประสิทธิภาพการขนส่ง O_2 ไปยังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกกำลังกายอย่างหนักได้ดีขึ้น พบว่าในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาแอนแอโรบิก (anaerobic reaction) ของไกลโคไลซิส (glycolysis) RBC จะมีการสร้างสารที่เรียกว่า 2,3-dihydrophosphoglycerate ซึ่งมีรายงานจากการศึกษาว่าสารดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นจากการฝึกซ้อมบนที่สู ง(altitude training) ดังนั้นจะไปส่งผลให้เส้นกราฟ oxygen dissociation curve ย้ายไปทางขวาเมื่อเทียบกับเส้นกราฟปกติ นั่นหมายถึงว่าการปลดปล่อย O_2 จะดีขึ้น ณ ความดันย่อย O_2 ที่เท่ากัน จึงอาจกล่าวได้ว่าในสภาวะที่มีปริมาณ Hb และ RBC มากขึ้นทำให้การได้รับ O_2 ของเนื้อเยื่อดีขึ้น เมื่อมีการปั่นจักรยานความฝืดจึงได้ค่าการออกกำลังแบบแอนแอโรบิกมากขึ้น การวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาส่วนใหญ่ซึ่งได้เคยรายงานไว้ว่าการที่มีมวล RBC รวมทั้งระดับ Hb และการใช้ O_2 สูงขึ้นจะไปส่งเสริมหรือทำให้การออกกำลังกายแบบแอโรบิก (aerobic exercise) ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด จึงทำให้นักกีฬาและผู้ฝึกสอนให้ความเห็นว่าการฝึกซ้อมบนที่สูงเป็นการโด๊ปเลือดที่เป็นธรรมชาติและไม่ฝ่าฝืนกฎอย่างหนึ่ง

เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนการศึกษาวิจัยมีหลายปัจจัย พบว่าการฝึกซ้อมบนที่สูงนั้นเป็นวิธีที่ไปเพิ่มระดับ EPO มวล RBC และ Hb ตามมาด้วยการเพิ่มการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และการออกกำลังที่เพิ่มความทนทาน (endurance performance) ดังเช่นผลการศึกษาของ Ekblom and Bergland (1991), Chapman et al. (1998) และ Birkeland et al. (2000) การฝึกบนที่สูงจะเน้นไปที่ความทนทาน โดยมีเหตุผลเป็นไปได้ว่าการขาดออกซิเจนควรจะส่งเสริมความสามารถในการแข่งขันซึ่งจะถูกจำกัดโดยความสามารถในการใช้ออกซิเจน แต่มีข้อบ่งชี้มากว่าความสามารถในการออกกำลังแบบสั้น ๆ (sprint performance) ซึ่งได้พลังงานจากกระบวนการแลนแอโรบิก อาจได้ประโยชน์จากการฝึกบนที่สูง โดยเห็นได้จากการศึกษาโดย Martino ในปี 1995 ผู้ซึ่งพบว่ามีการดีขึ้นอย่างมากในการว่ายน้ำ 100 เมตร เช่นเดียวกับการศึกษาของ Levine & Stray-Gundersen (1997) พบว่ามีการดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในการวิ่งถึง 2.30 นาที อย่างไรก็ตามในทาง

ตรงข้าม Rusko et al. (1990) ค้นพบกลไกที่เป็นไปได้ในการอธิบายการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการออกกำลังกายระยะสั้น ดังนี้คือ ภายหลังการฝึกบนที่สูงกล้ามเนื้อของอาสาสมัครมีการเพิ่มความสามารถที่จะกำจัดความเป็นกรดซึ่งความเป็นกรดที่สะสมไว้ดังกล่าวอาจจะเป็นปัจจัยที่ไปจำกัดและขัดขวางความสามารถในการออกกำลังกายระยะสั้น ดังนั้นความสามารถที่จะกำจัดกรดเกิดได้ดีขึ้น ดังนั้นการฝึกบนที่สูงอาจเพิ่มความสามารถแบบอดทน โดยไม่เพียงแต่ไปเพิ่มการนำออกซิเจนให้กล้ามเนื้อแต่ยังเพิ่มความสามารถในการกำจัดกรดที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อดีขึ้นด้วย

ผลต่อแอโรบิก (Aerobic Exercise)

ในการทดลองครั้งนี้ พบว่าการฝึกบนที่สูงทำให้การออกกำลังกายแบบแอโรบิกเพิ่มขึ้น ซึ่งรายงานการศึกษาในอดีตพบว่าการฝึกบนที่สูง ฯ ให้ผลแตกต่างกันมากคือมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นการลดลง การไม่เปลี่ยนแปลง หรือการเพิ่มขึ้นของการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) จึงทำให้การเปรียบเทียบผลการศึกษาต่าง ๆ เป็นไปได้ยาก เนื่องจากการศึกษาเหล่านั้นมีการใช้แบบแผนการฝึกที่แตกต่างกันและฝึกซ้อม ณ ความสูงที่ไม่เหมือนกัน มีการศึกษารายงานว่ามีการลดลงของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) 3.2 % ในขณะที่มีอีกหลายการศึกษามีข้อบ่งชี้ถึงผลลดลงของสมรรถภาพการทดสอบปั่นจักรยาน 5 นาที 5.9 % ที่ระดับความสูง 600 เมตร (Gore et al. 1997) สอดคล้องกับข้อบ่งชี้ว่าการอยู่บนที่สูงมีผลลดลงของสมรรถภาพทางกายโดยระดับความดันในการขนถ่ายออกซิเจนซึ่งเป็นผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพ Vo_2 Max ลดลงประมาณ 5-7% ต่อความสูง 1,000 เมตร (Fulco, Rock, & Cymerman 1998) ซึ่งเป็นไปตามข้อค้นพบของงานวิจัยก่อนหน้านี้ โดยผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าสมรรถภาพทางกายดีขึ้นเนื่องจาก กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบการออกกำลังกายแบบแอโรบิก ณ ความสูงปกติคือ ที่ราบ (โรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่น) ที่ไม่ผลการลดลงของความดันดันอากาศเช่นการขึ้นไปอยู่บนที่สูง 1,300 เมตร ดังนั้นเมื่อทดสอบกลุ่มตัวอย่างหลังจากกลับมาอยู่ที่ราบก็จะพบความแตกต่างเพราะนักกีฬามีผลเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาจากการขึ้นไปอยู่บนที่สูง ถึงแม้จะไม่มีการเพิ่มความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ณ ระดับน้ำทะเล แต่การวิ่ง 10 กิโลเมตรก็พบว่าเวลาที่ใช้ดีขึ้นถึง 6 % ดังนั้นการฝึกบนที่สูงสามารถเพิ่มความอดทนได้ คำอธิบายที่เป็นไปได้อีกประการคือ เมื่อไปอยู่ในสภาวะพร่องออกซิเจน (การไปอยู่บนที่สูงความดันในการขนถ่ายออกซิเจนลดลง) ร่างกายจึงได้รับออกซิเจนน้อยลงและมีการลดลงของแอโรบิก (เนื่องจากออกซิเจนน้อยลง) ร่างกายจึงมีการกระตุ้นระบบซิมพาเทติก (sympathetic nervous system) เกิดขึ้นซึ่งจะคล้ายกับสภาวะในนักกีฬาที่ใช้ความอดทนต่อเวลา (ระยะเวลาที่อยู่ ณ ที่สูง 1,300 เมตร) เมื่อมีการปรับตัวต่อสภาวะความสูง อาจเกิดจากการลดลงในการพึ่งพาไกลโคเจนและมีการเพิ่มการใช้ไขมันเป็นพลังงาน เนื่องจากพร่องออกซิเจนต่อการสลายไกลโคเจน ไขมันจึงถูกใช้เป็นพลังงานทดแทนระหว่างออกกำลังกาย เมื่อกลับลงสู่พื้นราบ (ร่างกายได้รับความดันและการขนถ่ายออกซิเจนตามปกติ) จึงเห็นผลได้ชัดว่าร่างกายยังชินกับสภาวะการใช้ไขมัน และการสร้างเม็ดเลือดในระหว่างการปรับเปลี่ยนสรีรวิทยาบนที่สูง

ร่างกายจึงได้รับการเผาผลาญไขมันเพิ่มเติมจากผลขึ้นที่ขึ้นไปอยู่บนที่สูง ดังนั้นทันทีที่กลับสู่พื้นราบ การใช้ออกซิเจนจึงมีผลมากขึ้นจากผลกำไรที่ได้รับบนที่สูง อาจเป็นเหตุผลบ่งบอกว่าร่างกายมีความสามารถในด้านทนทานมากขึ้นกว่าเดิม

6. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

ผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้นำผลการวิจัยไปใช้โดยเฉพาะผู้ที่เป็นผู้ฝึกสอนกีฬาและนักกีฬา เพื่อสนับสนุนการฝึกซ้อมให้เกิดประโยชน์ต่อไปดังนี้

(1) ผลการวิจัยด้านผลเลือดสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ออกแบบโปรแกรมฝึกเพื่อเพิ่มปริมาณเม็ดเลือดแดงขึ้นจากการฝึกซ้อมและออกกำลังกายตามโปรแกรมการฝึกระยะเวลาสถานที่ดังการทดลองนี้

(2) ผลการวิจัยด้านสมรรถภาพการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิกและแบบแอโรบิกข้อมูลที่ได้นำไปใช้วางแผนโปรแกรมการฝึกนักกีฬาเพื่อสร้างสมรรถภาพได้อย่างเหมาะสมกับระยะเวลาที่ฝึก

(3) ควรมีการศึกษาระยะเวลาในการคงอยู่ของผลการวิจัยของเลือดและผลสมรรถภาพการออกกำลังกายแบบแอนแอโรบิกและแบบแอโรบิกเพิ่มเติมเมื่อนำกลุ่มนักกีฬากลับสู่ที่ราบ (ผลวิจัยนี้มิได้ทำการศึกษาความคงอยู่ของสมรรถภาพทางกายและเม็ดเลือด)

(4) ควรมีการศึกษาระยะเวลาในการเพิ่มของเม็ดเลือดและสมรรถภาพทางกายแบบแอโรบิกและแบบแอนแอโรบิกตั้งแต่เริ่มขึ้นอยู่บนที่สูงจำนวนวันและอัตราการเปลี่ยนแปลงต่อวัน

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญ ดร.ไวพจน์ จันทร์เสม ผศ.ดร.สมทรง ณ นคร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้ ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านทับเบิกร่วมใจ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ในความกรุณาสถานที่ฝึกซ้อมและที่พักระหว่างทดลอง คณะผู้ตรวจเลือดโรงพยาบาลศรีนครินทร์จังหวัดขอนแก่น และนักกีฬาฟุตบอลโรงเรียนกีฬาจังหวัดขอนแก่นที่เป็นกลุ่มอาสาสมัครเข้ารับการทดลอง ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ท้ายที่สุดขอขอบคุณสถาบันการพลศึกษาที่ได้สนับสนุนงบประมาณเพื่อการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

วิไลวรรณ กฤษณะพันธ์และคณะ (2547). ผลการฝึกออกกำลังกายต่อสมรรถภาพปอดและหัวใจในนักเรียนกีฬา. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, คณะ แพทย์ศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปณคพร วรรณานนท์และคณะ (2547). ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจในนักเรียนกีฬา รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, คณะแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Fulco C.S., Rock P.B. en Cymerman A., (1998). Maximal and submaximal exercise performance at altitude. Aviat. Space Environ. Med., Vol. 69 No. 8 793-801.

Gore C.J., Little S.C., Hahn A.G., Scroop G.C., Norton K.I., Bourdon P.C., Woolford S.M., Buckley J.D., Stanef T., Campbell D.P., Watson D.B. en Emonson D.L., (1997). Reduced performance of male and female athletes at 580 m altitude. Eur. J. Appl. Physiol., 75 136-143.

HIGH ALTITUDE and ATHLETIC TRAINING (http://www.rice.edu/~jenky/sports/altitude.html)

Baker A & Hopkins W.G. (1998). Altitude Training for Sea-Level Competion,

Bell C. Morphology of the erythron (1996). In Hematology: clinical and laboratory practice I, edited by R.L. Bick, pp. 163-183. St Lois: Mosby.

Birkeland, K.I., Stray-Gundersen, J. & Hemmersbach, P. (2000). Effect of EPO administration on serum levels of cycling performance. Med Sci Sport Exerc 32:1238-1243.

Chapman, R.F., Stray-Gunderson, J. & Levine, B.D. (1998). Individual variation in response to altitude training. Apple Physiology 85: 1448-1456.1998.

Ekblom B & Berglund, (1991). Effect of erythropoietin dministration on maximal aerobic power. Scan J Med Sci Sports 1: 88-93.

Flaharty, K.K., Caro, J. & Erslev A, (1990). Pharmacokinetics and erythropoietic response to human recombinant erythropoietin in heathy man. Clin Phar Ther 47: 557-564, 1990.

Levine, B. & Stray-Gundersen, J. (1997). Living high-training low : effect of moderate-altitude training on performance. J Appl Physiol 83: 102-112.

Martino M, Myers K, Bishop, P. (1995). Effects of 21 days training on sea-level anaerobic performance in competition swimmer. Med Sci Sports Exerc 27: 57 (Abstract).

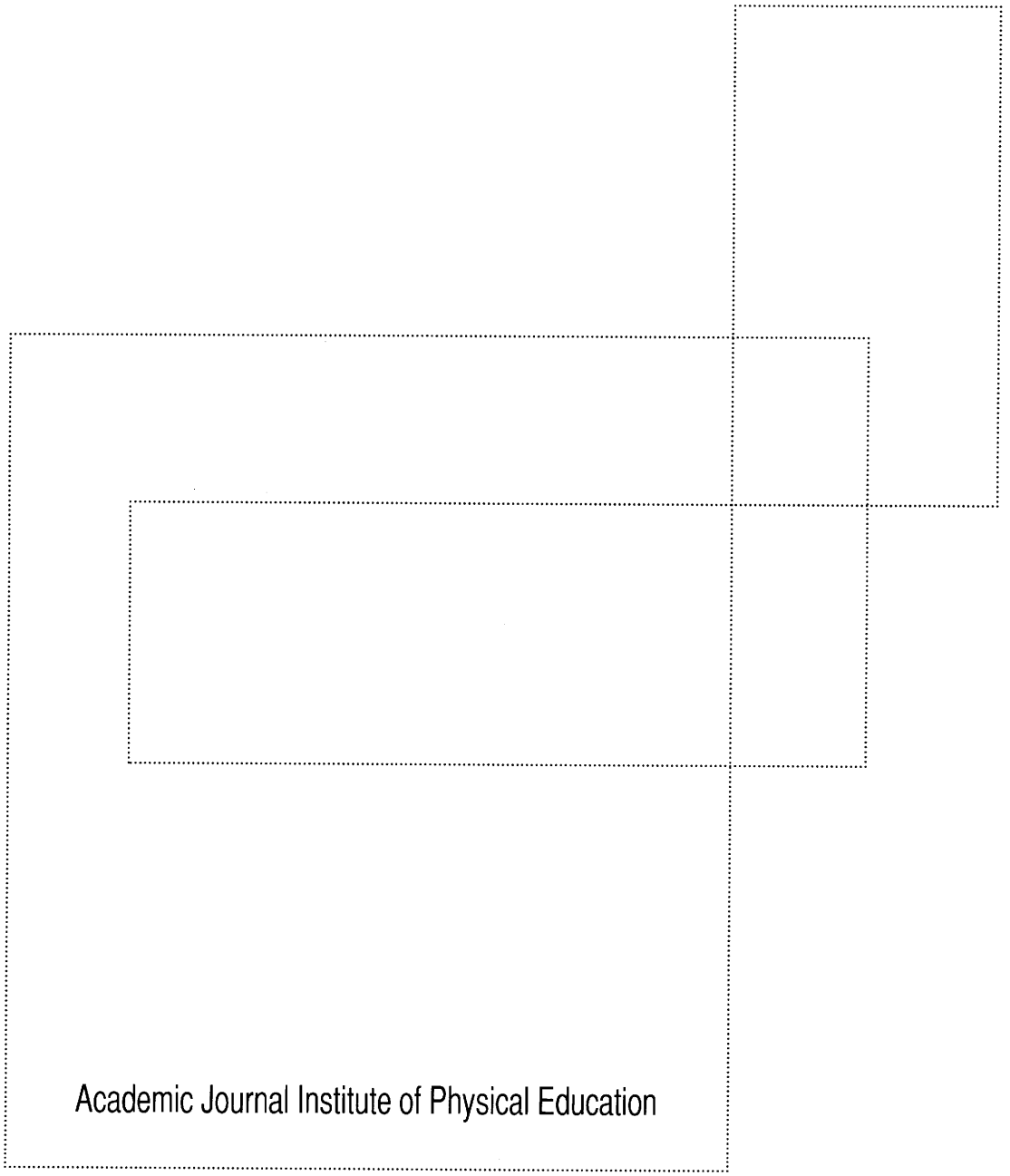
Ou LC, Salceda S, Schuster SJ, et al. Polycythemic responses to hypoxia: Molecular and genetics mechanisms of chronic mountain sickness. J Appl Physiol 84: 1242-1251.

Porter DL, & Goldberg, M.A.(1994). Physiology of erythropoietin production. Sem. Hematol. 31: 112-121,

Richalet JP, Souberbielle JC, Antezana AM, et al. Control of erythropoiesis in humans during prolonged exposure to the altitude of 6,542 m. Am J Physiol. 266: R756-R764, 1994.

Rusko H. New aspects of altitude training. Am J Sports Med 24: S48-S52, 1996. Wilber RL. Altitude Training and Athletic Performance. Human Kinetics Publisher. USA 2004.

West JB. Respiratory physiology, Williams Wilkins, Baltimore, 1995.


Academic Journal Institute of Physical Education