

**ผลของการนอนในสภาวะออกซิเจนต่ำในระดับความสูงปานกลางที่ความดันบรรยากาศปกติต่อ
ความเข้มข้นของฮอโมนอิริโทรพอยอิติน เม็ดเลือดแดงและ ฮีโมโกลบิน**

สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล และ ถนอมศักดิ์ เสนาคำ

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาผลในสภาวะออกซิเจนต่ำที่ความสูงปานกลางที่ความดันบรรยากาศปกติ ต่อระดับความเข้มข้นของฮอโมนอิริโทรพอยอิติน เม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบินและเรติคูลไฮซ์

วิธีการทดลอง ชายไทย อายุระหว่าง 19- 22 ปี จำนวน 26 คน แบ่งอาสาสมัครออกเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (ดัชนีมวลกาย, 22 ± 2 กิโลกรัม/เมตร²; เปอร์เซ็นต์ไขมัน 12 ± 3 ; เปอร์เซ็นต์ส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน 59 ± 8 ; สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด 51 ± 6 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที : ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) กลุ่มทดลองนอนในที่ที่มีเครื่องปรับความเข้มข้นของออกซิเจนให้ต่ำที่ความเข้มข้นของออกซิเจนประมาณ 15-16 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เก็บเลือดก่อนการทดลอง (วันที่ 1) วันที่ 5 และวันที่ 10 ในทั้งสองกลุ่ม เปรียบเทียบความแตกต่างของความเข้มข้นของฮอโมนอิริโทรพอยอิติน เรติคูลไฮซ์ เม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน ในทั้งสองกลุ่ม

ผลการทดลอง ระดับความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในวันที่ 5 ในกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม (ควบคุม: 14 ± 0.7 ; ทดลอง: 14.5 ± 0.8 , $P = 0.02$) แต่ไม่พบความแตกต่างของ ฮอโมนอิริโทรพอยอิติน เรติคูลไฮซ์ เม็ดเลือดแดงในทั้งสองกลุ่ม อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่า ระดับความเข้มข้นของฮอโมนอิริโทรพอยอิติน ในกลุ่มทดลอง มีค่าความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ในวันที่ 5 (15.0 ± 9.5 , $P = 0.02$) และวันที่ 10 (13.4 ± 9.3 , $P = 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 1 (11.6 ± 6.1) ระดับความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในวันที่ 5 มีค่ามากกว่าวันที่ 1 ควบคุม (วันที่ 1: 14.1 ± 1.0 ; วันที่ 5: 14.5 ± 0.8 , $P = 0.01$) ความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 ภายในกลุ่มทดลอง (วันที่ 1: 5.1 ± 0.6 ; วันที่ 5: 5.3 ± 0.7 , $P = 0.01$)

สรุปผลการทดลอง การนอนในที่ที่มีความดันปกติและมีการปรับความเข้มข้นของออกซิเจนให้ลดลงประมาณ 16.6 เปอร์เซ็นต์ เทียบเท่ากับระดับความสูงประมาณ 2164 เมตร เป็นระยะเวลา 9 วัน ส่งผลให้เพิ่มระดับความเข้มข้นของฮอโมนอิริโทรพอยอิติน เม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบิน แต่ความเข้มข้นของเรติคูลไฮซ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ: อิริโทรพอยอิติน เม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน เรติคูลไฮซ์

Effects of sleep in a normobaric moderate hypoxia on erythropoietin, red blood cell and hemoglobin concentrations

Supaporn Silalertdetkul and Tanormsak Senakham

Abstract

Objective: To investigate the effect of sleep in normobaric moderate hypoxia on erythropoietin, reticulocyte, red blood cell, and hemoglobin concentrations.

Method: Twenty- six male age between 19 and 22 participated in this study (Body mass index, $22 \pm 2 \text{ kg/m}^2$; percent body fat, 12 ± 3 ; percent fat free mass, 59 ± 8 ;maximum oxygen consumption, $51 \pm 6 \text{ ml/kg/min}$:mean $\pm$ SD). There were divided in control and hypoxic group. Hypoxic group were slept in hypoxic tent for 9 day for 8 hours per day at target oxygen concentration with 15-16 percent. Blood sample were collected before (day 1) and on day 5 and day 10 in both groups. Compared the difference of erythropoietin, reticulocyte, red blood cell, and hemoglobin concentrations in two groups.

Results: Hemoglobin concentrations in sleep group was higher than control group in day 5 (control: 14 ± 0.7 ; hypoxic : 14.5 ± 0.8 , $P= 0.02$). There was no difference in erythropoietin, reticulocyte, red blood cell between two group. However, erythropoietin concentrations was increased on day 5 in hypoxic group (15.0 ± 9.5 , $P=0.02$) and day 10 (13.4 ± 9.3 , $P=0.05$) when compared with day 1 (11.6 ± 6.1) the level of hemoglobin concentration on day 5 was greater than day 1 (Day 1 : 14.1 ± 1.0 ; Day 5 : 14.5 ± 0.8 , $P= 0.01$) red blood cell increased on day 5 with in hypoxic group (day 1 : 5.1 ± 0.6 ; day 5 : 5.3 ± 0.7 , $P= 0.01$)

Conclusion: Slept in in a normobaric with low concentration around 16 percentage and 2164 meter above sea level nine day induced increased in erythropoietin concentrations, hemoglobin, red blood cell however there was no change in reticulocyte

Key words: Normobaric hypoxic, erythropoietin, red blood cell, hemoglobin, reticulocyte

สารบัญ

	หน้า
บัญชีตาราง	4
บัญชีภาพประกอบ	4
บทนำ	5
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
วิธีดำเนินการวิจัย	9
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	11
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	16
หน้าบรรณานุกรม	18
หน้าอภิธานศัพท์	21
หน้าประวัติย่อผู้วิจัย	22

บัญชีตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	แสดงลักษณะของอาสาสมัครในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 24 คน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	11

บัญชีภาพประกอบ

		หน้า
ภาพที่ 1	แสดงการทดลอง	10
ภาพที่ 2	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	12
ภาพที่ 3	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเรติคูลโลไซต์ ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	14
ภาพที่ 4	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	15
ภาพที่ 5	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	16

บทที่ 1 บทนำ

การนอนอยู่ในที่สูง ประมาณ 1500-3000 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลทำให้เพิ่ม การไหลเวียนของ อากาศผ่านปอด (Racinais et al. 2010) เพิ่มประสิทธิภาพของความสามารถในการใช้ออกซิเจน สูงสุดในระดับน้ำทะเล (Christoulas et al. 2011, Schmitt et al. 2008, Saunders et al. 2010) อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดนี้อาจขึ้นอยู่กับระดับของความสูง (Robach et al. 2006) แม้ว่าการขึ้นไปอาศัยอยู่ในที่สูงจะนำมาใช้สำหรับฝึกนักกีฬาที่ต้องการฝึกความทนทานแต่ อย่างไรก็ตามผลการตอบสนองและการปรับตัวของร่างกายยังไม่เป็นที่แน่ชัด การไปอาศัยอยู่ในที่สูง อาจจะทำให้เกิดการกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของระบบหัวใจและไหลเวียน ประกอบด้วย องค์ประกอบใน เลือด และฮอร์โมนในร่างกาย จนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพของหัวใจและการไหลเวียน

เลือด (Blood) ทำหน้าที่ขนส่งสารต่าง ๆ ในร่างกาย รวมทั้งออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อและออกซิเจน จากเนื้อเยื่อไปยังปอด เลือดประกอบด้วย น้ำเลือด (Plasma) และเม็ดเลือด (Blood cell) เม็ดเลือดแดง (Red blood cell) เป็นส่วนหนึ่งของเม็ดเลือด ทำหน้าที่ในการขนส่งออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) เป็นโปรตีนที่อยู่ในเม็ดเลือดแดง ทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนและ คาร์บอนไดออกไซด์ ฮีโมโกลบินจับกับออกซิเจนเป็นออกซิฮีโมโกลบิน(Oxyhemoglobin) อิริโทรพอย อิติน(Erythropoietin) เป็นฮอร์โมนที่ควบคุมการสร้างเม็ดเลือดแดงที่ไขกระดูก ส่วนเรติคูลไลไซต์ เป็น เซลล์อ่อนของเม็ดเลือดแดงที่หลั่งมาจากไขกระดูก การจับของออกซิเจนกับฮีโมโกลบินนี้ขึ้นอยู่กับ ค่า ความเป็นกรดต่าง อุณหภูมิ ความดันของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ของเลือด (ผลประมูล และคณะ 2552)

ความดันย่อยของก๊าซออกซิเจนมีค่าลดลงเมื่อขึ้นไปอยู่บนที่สูง เมื่อความดันย่อยลดลงร่างกาย จะกระตุ้นให้ทำการสังเคราะห์และสร้างฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน ซึ่งจะทำการกระตุ้นไขกระดูกร่างกาย ให้มีการสร้างปริมาณเซลล์เม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบินเพิ่มขึ้นมาใหม่ การเพิ่มขึ้นของเม็ดเลือดแดงและ ปริมาณฮีโมโกลบินนี้จะทำให้ร่างกายสามารถจับออกซิเจนได้มากขึ้นและทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย ซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นความทนทาน (Endurance) ของนักกีฬา (Wilmore et al. 2008)

จากที่กล่าวมานี้การกระตุ้นการสร้างฮอร์โมนอิริโทรพอยอิตินนี้จะต้องขึ้นไปอยู่ในที่สูงเหนือ ระดับน้ำทะเล 2000 - 3000 เมตร เนื่องจากว่าในประเทศไทยมีพื้นที่ที่มีระดับเหนือระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 2500 - 3000 เมตร เป็นปริมาณที่น้อย และก็ยากลำบากต่อการขึ้นไปยังที่ระดับสูงดังกล่าว ดังนั้นการ นอนในเต็นท์จำลองสภาพอากาศในที่สูง โดยลดปริมาณความเข้มข้นออกซิเจน 15 – 16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง

เทียบเท่าที่ระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 2500 - 3000 เมตร ที่ความดันบรรยากาศปกติจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง แทนการขึ้นไปอยู่ในที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของนอนเต็นท์ 8 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 9 วัน ที่มีออกซิเจนความเข้มข้นต่ำและความดันปกติต่อความเข้มข้นของ ฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน เม็ดเลือดแดงและ ฮีโมโกลบิน

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ที่ระดับน้ำทะเล (0 เมตร) ความดันบรรยากาศ (Barometric pressure) มีค่าประมาณ 760 mmHg ความดันย่อยของก๊าซออกซิเจน (Partial pressure of oxygen) มีค่าประมาณ 159 mmHg เมื่อขึ้นไปในระดับความสูง 2000 เมตร ความดันบรรยากาศมีค่าประมาณ 569 mmHg ความดันย่อยของก๊าซออกซิเจน มีค่าประมาณ 125 mmHg ในขณะที่ระดับความสูง 4000 เมตร ความดันบรรยากาศมีค่าประมาณ 462 mmHg ความดันย่อยของก๊าซออกซิเจนมีค่าประมาณ 97 mmHg (Wilmore et al. 2008)

ร่างกายของเราจะมีการปรับตัวและการตอบสนองต่อการลดลงของแรงดันออกซิเจนบางส่วนของเลือดแดง (PaO_2) โดยจะกระตุ้นให้ไตมีการสร้างฮอร์โมนอีริโทรพอยอิตินเพิ่มขึ้นหลังจาก 90-120 นาที เมื่อ PaO_2 ลดลง และ อีริโทรพอยอิตินจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ใน 24 – 48 ชั่วโมงแรก และจะลดลงสู่ระดับปกติเมื่อเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์ จากการศึกษาวิจัยในนักวิ่งมาราธอนจำนวน 48 คน โดยให้ให้เข้าไปอยู่ในห้องปรับลดความดันบรรยากาศต่ำ (Simulated hypobaric hypoxic chamber) เทียบเท่าที่ระดับความสูง 4 ระดับ (1780, 2085, 2454 และ 2800 เมตร) เป็นเวลาต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง พบว่าฮอร์โมนอีริโทรพอยอิตินเพิ่มขึ้นหลังจาก 6 ชั่วโมง ทั้ง 4 ระดับความสูง และคงที่ต่อไปถึงชั่วโมงที่ 24 ในระดับความสูง 1782 และ 2085 เมตร แต่ที่ระดับความสูง 2454 และ 2800 เมตร พบว่า ฮอร์โมน EPO เพิ่มขึ้นร้อยละ 77-92 ต่อไปถึงชั่วโมงที่ 24 (Ge et al. 2002 และ Wrrkowski et al. 2001) การเพิ่มขึ้นของฮอร์โมน EPO จะเริ่มกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดงในสัปดาห์ที่ 2 และค่อยๆเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 (Ashenden et al. 2001 และ Birkeland et al. 2000)

ในระยะหลังรูปแบบการฝึกในที่สูงจึงได้ถูกพัฒนา (Levine and Stray-Gundersen 1992 และ Levine 2002) ขึ้นซึ่ง เรียกการฝึกแบบนี้ว่า “อาศัยอยู่ที่สูง ฝึกในที่ต่ำ” (Live high-Train Low:LHTL) โดยให้ผู้ถูกฝึกอยู่หรืออาศัยนอนอยู่ในระดับที่สูงเหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 2000 – 3000 เมตร และฝึกที่ระดับต่ำกว่าระดับน้ำทะเลน้อยกว่า 1500 เมตร โดยมีการสร้างเครื่องมือจำลองที่สูงขึ้นมา เช่น เครื่องผสมก๊าซไนโตรเจนในออกซิเจน (Nitrogen House) เครื่องกรองออกซิเจนให้ต่ำ (Altitude Tent) หรือเครื่องปรับการให้ออกซิเจนเปอร์เซ็นต์ต่ำ (Oxygen Supplement) โดยเครื่องมือทั้งหลายดังกล่าวเหล่านี้จะจำลองความสูงเหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 2000 – 3000 เมตร โดยการลดปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนให้เบาบางลงให้เหลือประมาณ 14 – 16 % ที่ระดับความดันบรรยากาศปกติ

การศึกษาโดยใช้เครื่องปรับความดันออกซิเจน (Altitude tent) โดยให้ฝึกแบบ LHTL พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของเม็ดเลือดแดงและปริมาณฮีโมโกลบินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Brugniaux et al.

2006 และ Robach et al. 2006) แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาอื่นๆ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเม็ดเลือดแดงต่อการฝึกแบบ LHTL (Hinckson et al. 2005a, Hinckson et al. 2005b, McLean et al. 2006 และ Robach et al. 2006)

การฝึกและขึ้นไปอาศัยอยู่ในที่สูง(1500 – 3000 เมตร) ถูกนำมาใช้สำหรับเพื่อฝึกนักกีฬาประเภทที่ต้องการฝึกความทนทาน (Endurance athletes) โดยนักกีฬาจะต้องขึ้นไปอาศัยอยู่บนบริเวณที่สูง หรือภูเขาสูง และทำการฝึกในบริเวณดังกล่าวเป็นระยะเวลานานหลายสัปดาห์ ซึ่งเรียกวิธีการฝึกดังกล่าวว่านี้ว่า “การอาศัยอยู่ในที่สูงและ ฝึกในที่สูง” (Live High-Train High; LHTH) โดยปกติแล้วการฝึกดังกล่าวจะใช้เวลาประมาณ 2 – 4 สัปดาห์ แต่อย่างไรก็ตามการฝึกแบบดังกล่าวนี้มีข้อจำกัดคือนักกีฬาที่ไปอยู่ที่ในที่สูงหลายคนยังไม่สามารถที่จะฝึกด้วยความหนักสูงๆ ได้ ซึ่งจะส่งผลให้ไม่มีการพัฒนาต่อประสิทธิภาพในด้านความอดทนของนักกีฬาดังกล่าวที่ระดับน้ำทะเล (Bailey et al. 1997 และ Levine et al. 2002)

การอาศัยอยู่ในที่ระดับความสูงมากกว่า 3000 เมตรขึ้นไปในทันทีจะส่งผลทำให้เกิดอาการในระยะเฉียบพลัน ดังต่อไปนี้ คือ ปวดศีรษะ คลื่นไส้ หายใจลำบาก ปวดท้อง ซึ่งโดยปกติแล้วจะพบในช่วง 6-48 ชั่วโมงหลังจากไปอาศัยอยู่ในที่สูง ซึ่งสาเหตุดังกล่าวนี้ยังไม่เป็นที่แน่ชัด แต่อาจจะเป็นเพราะว่าเนื้อเยื่อได้รับออกซิเจนในปริมาณที่น้อยและมีคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่สูง อย่างไรก็ตามสามารถหลีกเลี่ยงอาการที่จะเกิดขึ้นดังกล่าวโดยค่อยๆปรับระดับความสูงไม่เกิน 300 เมตร เมื่อต้องปีนขึ้นเขาที่ระดับความสูงมากกว่า 3000 เมตร นอกจากนี้ยังพบว่าอาการบวม น้ำที่ปอดซึ่งเกิดจากมีน้ำเข้าไปปอด เมื่อไปอยู่ในที่สูงเกิน 2500 เมตรอย่างรวดเร็ว ยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่นอน แต่อาจจะเกี่ยวข้องกับการที่หลอดเลือดที่ปอดมีการหดตัว ซึ่งเกิดจากการที่มีภาวะออกซิเจนต่ำ ทำให้เกิดการอุดกั้นของหลอดเลือดที่ปอดเกิดการไหลของน้ำและโปรตีนเข้าไปซึ่งอาการนี้มักจะเกิดขึ้นในเด็ก การที่มีน้ำมากทำให้ช่วงการหายใจสั้น มีอาการไอ แน่นหน้าอกและอ่อนล้า ทำให้การหายใจผิดปกติ ส่งผลให้การแลกเปลี่ยนอากาศลดลง เกิดอาการเขียวที่ปากและเล็ก มึนงง และสูญเสียความรู้สึกตัว ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยให้ออกซิเจนและคลีนผู้ป่วยมายังบริเวณที่ต่ำ (Wilmore et al. 2008) ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงทำการปรับระดับความเข้มข้นของออกซิเจนที่เทียบได้กับระดับความสูงประมาณ 2000 เมตร นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้เตรียมออกซิเจนไว้ให้อาสาสมัครดังกล่าวด้วย

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

อาสาสมัครในการวิจัยนี้เป็นนิสิตชาย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ อายุระหว่าง 19- 22 ปี จำนวน 26 คน ข้อมูลจากแบบสอบถามสุขภาพและ PAR-Q questionnaire พบว่า อาสาสมัครไม่มีประวัติการสูบบุหรี่ โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูงหรือต่ำและน้ำหนักตัวของอาสาสมัครไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา ก่อนการทดลอง อาสาสมัครเซ็นชื่อในหนังสือยินยอมหลังจากอ่านรายละเอียดในเอกสารคำชี้แจงผู้เข้าร่วมงานวิจัย

การทดสอบก่อนเริ่มการทดลอง

บันทึกน้ำหนัก ส่วนสูง ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน ทดสอบสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นอย่างน้อย 7 วันก่อนเริ่มการทดลอง อาสาสมัครงดกิจกรรมทางกายอย่างหนักอย่างน้อย 48 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดทำการวัดโดยใช้ลู่วิ่งไฟฟ้า โดยให้อาสาสมัครวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า ที่ความเร็วคงที่และปรับระดับความชันจนกระทั่งอาสาสมัครไม่สามารถวิ่งต่อไปได้และอัตราการเต้นของหัวใจเป็นสูงสุด เปอร์เซ็นต์ไขมันและส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน ทำการวัดโดยใช้ BIA (Bioelectrical impedance analysis ,BioScan; Maltron, United Kingdom)

การควบคุมก่อนเริ่มการทดลอง

อาสาสมัครงดกิจกรรมทางกายอย่างหนัก อย่างน้อย 48 ชั่วโมงก่อนการทดลอง นอกจากนี้ อาสาสมัครต้องงดเครื่องดื่ม ชา กาแฟ แอลกอฮอล์ อย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนการทดลอง

การทดลอง

แบ่งอาสาสมัครทั้งหมดออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

กลุ่มควบคุม

อาสาสมัครมาที่ห้องปฏิบัติการ เวลา 7.00-8.30 น. หลังการงดอาหารเป็นเวลาอย่างน้อย 8-10 ชั่วโมงก่อนทำการเจาะเลือด เก็บเลือดจากหลอดเลือดดำที่แขน จำนวนปริมาณ 20 มิลลิลิตร/ครั้ง ในวันที่ 1 หลังจากเจาะเลือดแล้วให้อาสาสมัครดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติ อาสาสมัครรับการเจาะเลือดอีกสองครั้งในวันที่ 5 และ 10 รวมเลือดทั้งหมดประมาณ 60 มิลลิลิตร

กลุ่มทดลอง

อาสาสมัครมาที่ห้องปฏิบัติการ เวลา 7.00-8.30 น. หลังการงดอาหารเป็นเวลาอย่างน้อย 8-10 ชั่วโมงก่อนทำการเจาะเลือด เก็บเลือดจากหลอดเลือดดำที่แขน จำนวนปริมาณ 20 มิลลิลิตร/ครั้ง ในวันที่ 1 หลังจากเจาะเลือดแล้วให้อาสาสมัครนอนที่เตียงที่ปรับความเข้มข้นของออกซิเจนประมาณ 15-16 เปอร์เซ็นต์ โดยเริ่มตั้งแต่วันที่ 22.00-6.00 เป็นเวลา 8 ชั่วโมง อาสาสมัครรับการเจาะเลือดอีกสองครั้งในวันที่ 5 และ 10 หลังจากนอนในเตียง รวมเลือดทั้งหมดประมาณ 60 มิลลิลิตร

เต็นท์ปรับความเข้มข้นออกซิเจน

อาสาสมัครนอนเต็นท์ที่มีเครื่องปรับความเข้มข้นของออกซิเจนให้ต่ำลง ที่ความดันบรรยากาศปกติ (hypoxia generator device; CAT 315) การปรับความเข้มข้นของออกซิเจน จะค่อย ๆ ปรับจนกระทั่งความเข้มข้น มีค่าประมาณ 15- 16 เปอร์เซ็นต์ ความเข้มข้นของออกซิเจนในการทดลองนี้มีค่ามีเฉลี่ยเท่ากับ 16.59 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 60 อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 29 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์เลือด

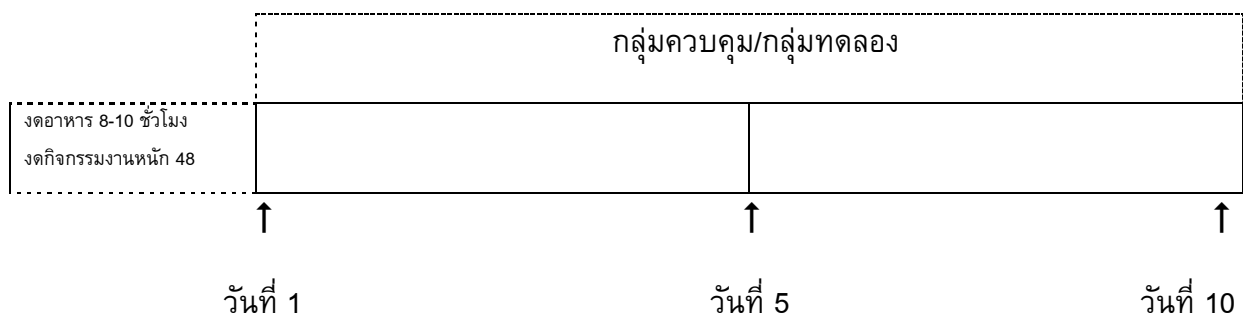
เลือดที่เจาะแต่ละครั้งจะมีปริมาณประมาณ 20 มิลลิลิตรต่อครั้ง หลังจากเจาะแล้วจะใส่ในหลอดพลาสมา และหลอดเปล่า เลือดที่ใส่ในหลอดเปล่าจะทำการพักเลือดไว้ประมาณ 30 นาที ส่วนเลือดที่ใส่ในพลาสมาจะทำการปั่นเลือดทันที ที่จำนวนรอบที่ 5000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เลือดที่ทำการปั่นการปั่นแล้วจะนำเข้าเก็บที่ตู้ที่มีความเย็นต่ำและส่งไปวิเคราะห์หลังจากสิ้นสุดการทดลอง

พลาสมานำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ความเข้มข้นของเรติคูลูไรซ์ (Sysmex, United of America) ซึ่งนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฮอริโมนอิริโทรพอยอิติ (CMA: Chemiluminometric Assay) วิเคราะห์หลังสิ้นสุดการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ความเข้มข้นของฮอริโมนอิริโทรพอยอิติ ปริมาณเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน เรติคูลูไรซ์ ในควบคุมและกลุ่มทดลอง ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของฮอริโมนอิริโทรพอยอิติ ปริมาณเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน เรติคูลูไรซ์ ในควบคุมและกลุ่มทดลอง ในช่วงเวลาต่างๆ ก่อนเริ่มทดลอง (วันที่ 1) วันที่ 5 และวันที่ 10 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (One-Way Repeated measure) หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้สถิติแบบที (Independent Samples t-test) โดยวิธีบอนเฟอรอนี (Bonferroni) กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ภาพที่ 1 แสดงการทดลอง

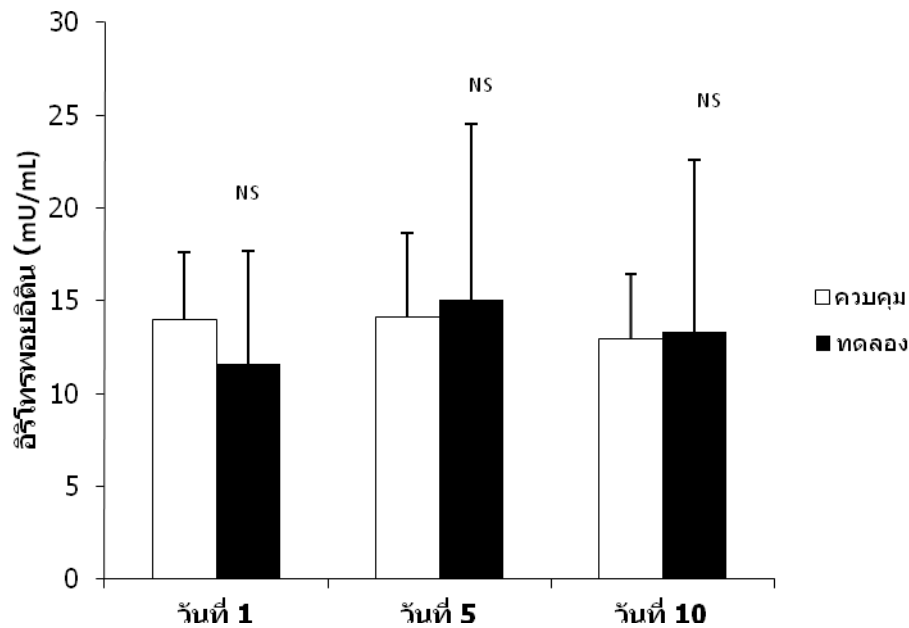


บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะของอาสาสมัครในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

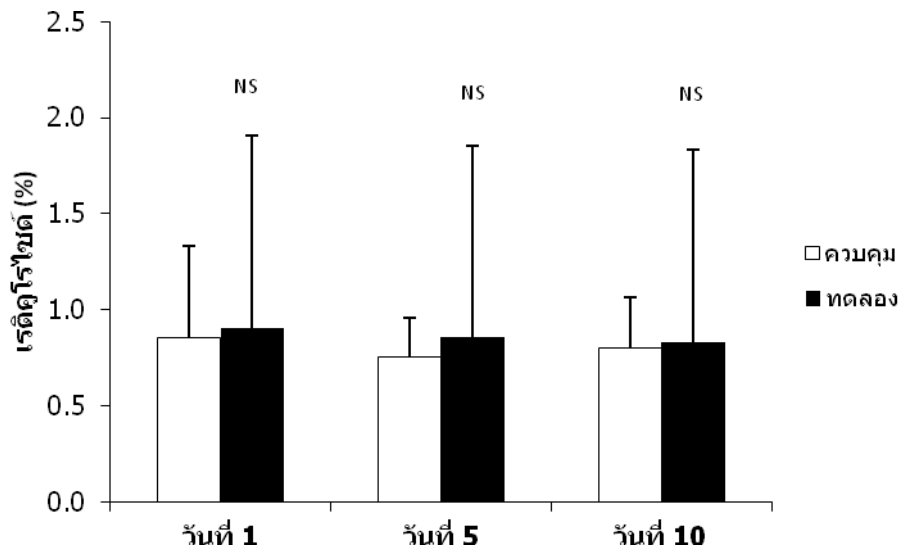
	กลุ่มควบคุม (N=13)	กลุ่มทดลอง (N=13)
อายุ (ปี)	20 $\pm$ 1	21 $\pm$ 1
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	65 $\pm$ 10	66 $\pm$ 7
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	173 $\pm$ 5	174 $\pm$ 6
ดัชนีมวลกาย (เมตร/ส่วนสูง)	21 $\pm$ 2	22 $\pm$ 2
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	11 $\pm$ 2	11 $\pm$ 2
เปอร์เซ็นต์มวลของร่างกายส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน	88 $\pm$ 2	86 $\pm$ 9
ความดันโลหิต (มิลลิเมตรปรอท)	121 $\pm$ 4 /63 $\pm$ 7	119 $\pm$ 6 /62 $\pm$ 8
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	63 $\pm$ 8	63 $\pm$ 10
ประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที)	50 $\pm$ 5	52 $\pm$ 7

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะของอาสาสมัครจำนวน 26 คน จากตารางที่ 1 พบว่า อายุ น้ำหนัก ความสูง ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมัน เปอร์เซ็นต์ส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ของอาสาสมัครในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทั้งสองกลุ่มก่อนเริ่มการทดลอง



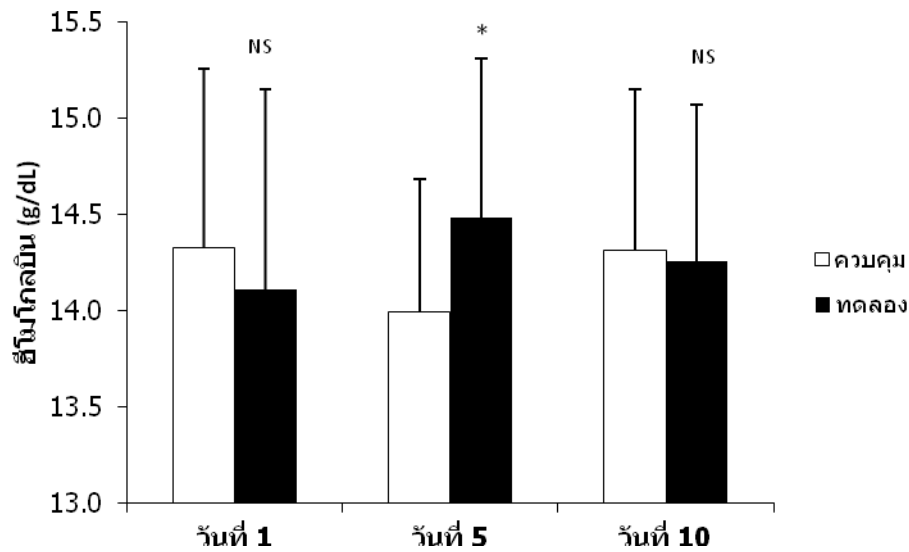
ภาพที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) *, ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ($P < 0.05$) NS, ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ($P > 0.05$)

ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันในวันที่ 1 วันที่ 5 และวันที่ 10 ของการทดลอง อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่าระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน ในกลุ่มทดลอง มีค่าความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ในวันที่ 5 (15.0 ± 9.5 , $P=0.02$) และวันที่ 10 (13.4 ± 9.3 , $P=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 1 (11.6 ± 6.1)



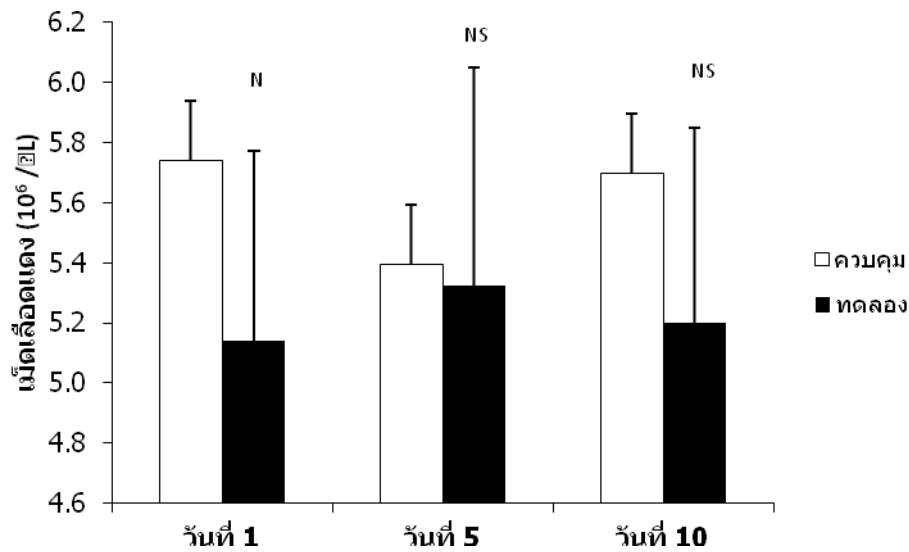
ภาพที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเรติคูลocyte ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) *, ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ($P < 0.05$) NS, ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ($P > 0.05$)

ความเข้มข้นของ เรติคูลocyte ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันก่อนการทดลองและในวันที่ 5 และวันที่ 10 และไม่มีความแตกต่างของความเข้มข้นเรติคูลocyte ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองในทั้งสามช่วงเวลา



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของอีโมโกลบิน ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) *, ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ($P < 0.05$) NS, ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ($P > 0.05$)

ความเข้มข้นของอีโมโกลบิน ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันก่อนการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของอีโมโกลบินระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองพบว่าระดับความเข้มข้นของอีโมโกลบินในวันที่ 5 ในกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม (ควบคุม: 14 ± 0.7 ; ทดลอง : 14.5 ± 0.8 , $P = 0.02$) และเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มทดลองพบว่าระดับความเข้มข้นของอีโมโกลบินในวันที่ 5 มีค่ามากกว่าวันที่ 1 ควบคุม (วันที่ 1 : 14.1 ± 1.0 ; วันที่ 5 : 14.5 ± 0.8 , $P = 0.01$) (interaction trial and time $P < 0.05$)



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) *, ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ($P < 0.05$) NS, ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ($P > 0.05$)

ความเข้มข้นของเม็ดเลือดก่อนการทดลองในทั้งสองกลุ่มความแตกต่างกัน ($P=0.05$) แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของความเข้มข้นของ เม็ดเลือดแดง ในทั้งสองกลุ่ม ความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 ภายในกลุ่มทดลอง (วันที่ 1 : 5.1 ± 0.6 ; วันที่ 5 : 5.3 ± 0.7 , $P= 0.01$) (interaction trial and time $P < 0.05$)

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สรุปได้ว่าการนอนในเตียงที่มีความดันปกติและการปรับความชื้นของออกซิเจนให้ลดลงประมาณ 16.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเทียบเท่ากับระดับความสูงประมาณ 2030 เมตร เป็นระยะเวลา 9 วัน ส่งผลทำให้เพิ่มระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน เม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบิน แต่ความเข้มข้นของเรติคูลอไซต์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิตินในการงานวิจัยนี้ มีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 ของการนอน หลังจากนั้นจะมีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในวันที่ 10 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่าระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิตินมีการเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการนอนในเตียงที่มีระดับความเข้มข้นของออกซิเจนในระดับต่ำ (Berglund B et al. 2002, McLean et al. 2006, Robach et al. 2006, Basset et al. 2006, Hahn et al. 2001, Piehl et al. 1998) การเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน อาจมีความสัมพันธ์กับระดับความสูง ระยะเวลาที่นอน รวมทั้ง เวลาที่นอน หรือการอาศัยอยู่ งานวิจัยส่วนมากจะกำหนดความสูงอยู่ที่ประมาณ 2500- 3636 เมตร (Berglund B et al. 2002, Basset et al. 2006, Koistinen et al. 2000) และที่ระดับความสูงประมาณ 1800 เมตร ระยะเวลาในการนอนประมาณ 23 วัน (Hahn et al. 2001) ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าถ้าระดับความสูงไม่มาก ระยะเวลาในการนอนต้องนานถึงจะสามารถกระตุ้นการสร้างของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิตินได้ดี มีข้อเสนอแนะว่าการเพิ่มการกระตุ้นการสร้างของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน นี้ควรจะไปอยู่ในที่มีระดับความสูงมากกว่า 3500 เมตร และจึงจะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ (Robach et al. 2006) ดังนั้นงานวิจัยนี้อาจจะเป็นงานวิจัยที่ศึกษาผลการนอนในระดับความสูงน้อยและระยะเวลาไม่นานที่เห็นการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนดังกล่าว

ความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงมีค่าเพิ่มขึ้นในกลุ่มทดลอง ในงานวิจัยนี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Basset et al. 2006, Brugniaux et al. 2006, Robach et al. 2006) แต่อย่างไรก็ตามบางงานวิจัยพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเม็ดเลือดแดง เมื่ออาศัยอยู่ในระดับสูง (Hinckson et al. 2005, McLean et al. 2006 และ Robach et al. 2006)

ความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมในวันที่ 5 และยังพบว่าระดับความเข้มข้นของฮีโมโกลบินภายในกลุ่มทดลองในวันที่ 5 มีค่ามากกว่าวันที่ 1 ในงานวิจัยนี้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Basset et al. 2006, Saunders et al. 2010) แม้ว่าบางวิจัยไม่พบความเปลี่ยนแปลงของระดับฮีโมโกลบิน (Koistinen et al. 2000) ที่ระดับความสูง 1800 เมตร เมื่อนอนอยู่ประมาณ 23 วัน (Hahn et al. 2001) ที่ระดับความสูงประมาณ 3800 เมตร เป็นระยะเวลา 12 วัน (Garcia et al. 2000) บางงานวิจัยพบว่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบินเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 (Berglund B et

al. 2002, Racinais et al. 2010) และวันที่ 7 หลังจากนอนในเตียงที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำ (McLean SR et al. 2006) ปริมาณฮีโมโกลบินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Brugniaux et al. 2006 และ Robach et al. 2006)

ความเข้มข้นของเรติคูลိုไซต์ในการทดลองนี้ไม่มีความเปลี่ยนแปลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมามีพบว่า (McLean et al. 2006) การอาศัยอยู่ในที่สูงประมาณ 2650 เมตร เป็นระยะเวลา 12 วัน (Ashenden et al. 1999) อย่างไรก็ตามบางงานวิจัยพบว่า ความเข้มข้นของเรติคูลိုไซต์ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อนอนอยู่ในระดับความสูงประมาณ 3800 เมตร เป็นระยะเวลา 12 วัน (Garcia et al. 2000) 2000 เมตร 7 วัน (Piehl et al. 1998) บางงานวิจัยพบว่าคนที่ปรับตัวที่ปรับความเข้มข้นต่ำที่สูงประมาณ 2500 เมตร 12 ต่อวัน เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ส่งผลให้เพิ่มความเข้มข้นของเรติคูลိုไซต์ (Koistinen et al. 2000) อาจจะเป็นไปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของเรติคูลိုไซต์มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาของนอนกับระดับความสูง ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าระดับความสูงและระยะเวลาในการทดลองนี้ยังไม่มากพอจนทำให้กระตุ้นการผลิตเรติคูลိုไซต์

งานวิจัยนี้พบว่าการนอนในเตียงที่มีความดันปกติและระดับความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำ ส่งผลให้เกิดการเพิ่มความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน เม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน การเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน มีความสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของระดับความเข้มข้นของเม็ดฮีโมโกลบินและเม็ดเลือดแดงในงานวิจัยนี้

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้คือผู้วิจัยไม่ได้วัดการตอบสนองของร่างกายต่อการนอนในที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำทุกวัน ซึ่งจะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน รวมทั้งสมรรถภาพทางกาย เช่น สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรวัดการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนและตัวแปรอื่นๆที่เกี่ยวข้องทุกวัน
2. เพิ่มระยะเวลาในการนอนเพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
3. เพิ่มจำนวนเวลาที่นอนให้มากขึ้น
4. เพิ่มระดับความสูงให้มากขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของออกซิเจนให้น้อยลง
5. นำไปประยุกต์ใช้ในนักกีฬา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากคณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่เข้าร่วมงานวิจัยในครั้งนี้

หน้าบรรณานุกรม

Ashenden MJ, Gore CJ, Martin DT, Dobson GP, Hahn AG. (2005). Effects of a 12-day "live high, train low" camp on reticulocyte production and haemoglobin mass in elite female road cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*.80(5):472-8.

Bailey, D. M., and B. Davies. (1997). Physiologal implications of altitude training for endurance performance at sea level: a review. *Br. J. Sports Med.* (31): 183-190.

Basset FA, Joanisse DR, Boivin F, St-Onge J, Billaut F, Doré J, Chouinard R, Falgairette G, Richard D, Boulay MR. (2006). Effects of short-term normobaric hypoxia on haematology, muscle phenotypes and physical performance in highly trained athletes. *Exp Physiol*. 91(2): 391-402.

Berglund B, Gennser M, Ornhaugen H, Ostberg C, Wide L. (2002). Erythropoietin concentrations during 10 days of normobaric hypoxia under controlled environmental circumstances. *Acta Physiol Scand*. 174(3): 225-9.

Birkeland, K. I., J. Stray-Gundersen, P. Hemmersbach, J. Hallen, E. Haug, R. Bahr. (2000). Effect of rhEPO administration on serum level of sTfR and cycling performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* (32): 1238-1243.

Brugniaux J et al. (2006). Eighteen days of "Living high Train low" simulate erythropoiesis and enhance aerobic performance in elite middle distance runner. *J.Appl.Physiol.* (100): 203-211.

Christoulas K, Karamouzis M, Mandroukas K. "Living high - training low" vs. "living high - training high": erythropoietic responses and performance of adolescent cross-country skiers. *J Sports Med Phys Fitness*. 2011 Mar;51(1):74-81.

Garcia N, Hopkins SR, Powell FL. (2000). Effects of intermittent hypoxia on the isocapnic hypoxic ventilatory response and erythropoiesis in humans. *Respir Physiol*. 123(1-2): 39-49.

Ge, R. L., S. Witkowski, Y. Zhang, et al. (2002). Determinants of erythropoietin release in response to short term, hypobaric hypoxia. *J. Appl Physiol*. (92): 2361- 2367.

Hahn AG, Gore CJ, Martin DT, Ashenden MJ, Roberts AD, Logan PA. (2001). An evaluation of the concept of living at moderate altitude and training at sea level. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. 128(4): 777-89.

Hahn, A. G., and C. J. Gore. (2001). The effect of altitude on cycling performance: a challenge to traditional concepts. *Sports Med*. (31): 533-557.

- Hinckson E et al. (2005a). Changes running endurance performance following intermittent altitude exposure simulated tents. *Eur. J. Sports Sci.* (5): 15-24.
- Hinckson E et al. (2005b). Sea-level performance in runners using altitude tents : a field study. *J. Sci. Med. Sport.* (8): 451-457.
- Koistinen PO, Rusko H, Irjala K, Rajamäki A, Penttinen K, Sarparanta VP, Karpakka J, Leppäluoto J. (2000). EPO, red cells, and serum transferrin receptor in continuous and intermittent hypoxia. *Med Sci Sports Exerc.* 32(4): 800-804.
- Levine, B. D. and J. Stray-Gundersen. (1992). A Practical approach to altitude training: Where to live and train for optimal performance enhancement. *Int J Sports Med.* 13 (Suppl.1): S209-212.
- Levine, B.D. (2002). Intermittent hypoxic training: fact and fancy. *High Alt. Med. Biol.* (3): 177-193.
- McLean SR, Kolb JC, Norris SR, Smith DJ. (2006). Diurnal normobaric moderate hypoxia raises serum erythropoietin concentration but does not stimulate accelerated erythrocyte production. *Eur J Appl Physiol.* 96(6): 651-658.
- Piehl Aulin K, Svedenhag J, Wide L, Berglund B, Saltin B. Short-term intermittent normobaric hypoxia--haematological, physiological and mental effects. *Scand J Med Sci Sports.* 1998 Jun;8(3):132-7.
- Racinais S, Millet GP, Li C, Masters B, Grantham J. (2010). Two days of hypoxic exposure increased ventilation without affecting performance. *J Strength Cond Res.* 24(4): 985-991.
- Robach P et al. (2006). Living high training low: effect on erythropoiesis and aerobic performance in highly train swimmers. *Eur. J. Appl Physiol.* (96): 423-433.
- Robach P et al. (2006). Living high training low: effect on erythropoiesis and maximal aerobic performance in Nordic skiers. *Eur. J. Appl Physiol.* (97): 695-705.
- Saunders PU, Ahlgrim C, Vallance B, Green DJ, Robertson EY, Clark SA, Schumacher YO, Gore CJ. (2010). An attempt to quantify the placebo effect from a three-week simulated altitude training camp in elite race walkers. *Int J Sports Physiol Perform.* 5(4): 521-534.
- Schmitt L, Fouillot JP, Millet GP, Robach P, Nicolet G, Brugniaux J, Richalet JP. (2008). Altitude, heart rate variability and aerobic capacities. *Int J Sports Med.* 29(4): 300-306. Epub 2007 Aug 9.
- Witkowski, S., T. Karlsen, G. Resaland, et al. (2001). Optimal altitude for "living high-training low". *Med Sci. Sports Exerc.* 33(Suppl.5): S292.

Wilmore, JH., Costill, D L., Kenney, W. Larry. (2008). Physiology of sport and exercise; 4th edition. Human Kinetic. United of America.

ผลประมุล ชุมพล และคณาจารย์ (2552). ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล สรีรวิทยา 2 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 4.กรุงเทพมหานคร : บริษัท เท็ก แอนด์ เจอร์นัล
พับลิเคชั่น จำกัด.

หน้าอภิธานศัพท์

-

หน้าประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติคณะผู้วิจัย: 1

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวสุภาภรณ์ ศีลาเลิศเดชกุล
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Supaporn Silalertdetkul
- เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3331000342559
- ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
- หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร 02649-5000 ต่อ 2549
email: supapornsi@swu.ac.th
- ประวัติการศึกษา
วท.บ.(กายภาพบำบัด) มหาวิทยาลัยรังสิต
วท.ม. (สรีรวิทยาการออกกำลังกาย) มหาวิทยาลัยมหิดล
Ph.D. (Exercis Physiology), University of Bath, United Kingdom
- สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
กายภาพบำบัด
Body composition
Physical activity
Energy intake and energy expenditure
Exercise and hormones
Sport rehabilitation
Sport injury

ประวัติคณะผู้วิจัย: 2

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายถนอมศักดิ์ เสนาคำ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Tanormsak Senakham
- เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3430200179412

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะพลศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร 02649-5000 ต่อ 2502
email: tanormsa@swu.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

วท.บ.(วิทยาศาสตร์การกีฬา) มหาวิทยาลัยมหิดล

วท.ม.(เวชศาสตร์การกีฬา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

D.S.M. (Sport Management), United State Sports Academy, USA

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

Clinical Exercise Physiology: Cardiac rehabilitation

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ
สถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วม
วิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

- ผลการให้คำปรึกษาต่อสมรรถภาพความอดทน จุดสูงสุดอัตราการเผาผลาญไขมันระหว่างการ
ออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างๆ ในเพศหญิง

- ผลการให้คำปรึกษาต่อสมรรถภาพความอดทน 2549 วารสารคณะพลศึกษา ทุนรายได้

คณะพ

ศึกษา

- จุดสูงสุดอัตราการเผาผลาญไขมันระหว่างการออกกำลังกายที่ระดับความหนักต่างๆ ในเพศ

หญิง 2551 วารสารคณะพลศึกษา ทุนรายได้คณะพลศึกษา

- การศึกษาระดับความหนักเบาของการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนขณะนั่งและยืนในคน

ปกติ

วารสารเวชศาสตร์ฟื้นฟู

- การศึกษาการประยุกต์วิทยาศาสตร์การกีฬาแบบองค์รวม ในการคัดเลือกตัวและเก็บตัวฝึกซ้อม
ของนักกีฬาเซปักตะกร้อหญิงทีมชาติไทย 2551 ได้รับทุนจาก การกีฬาแห่งประเทศไทย

กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา