ผลของการนอนในสภาวะออกซิเจนต่ำในระดับความสูงปานกลางที่ความดันบรรยากาศปกติต่อความเข้มข้นของฮอร์โมนเออริโทรพอยอิติน เม็ดเลือดแดงและ ฮีโมโกลบิน

EFFECTS OF SLEEP IN A NORMOBARIC MODERATE HYPOXIA ON ERYTHROPOIETIN, RED BLOOD CELL AND HEMOGLOBIN CONCENTRATIONS

สุภาภรณ์ ศิลาเลิศเดชกุล[*] **Supaporn Silalertdetkul**[*]

ถนอมศักดิ์ เสนาคำ[*] **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 males age between 19 and 22 participated in this study (Body mass index, 22± 2 kg/m^2 ; percent body fat, 12 ± 3 ; percent fat free mass, 59 ± 8 ;maximum oxygen consumption, 51± 6 ml/kg/min :mean ± SD). There were divided into control and hypoxic group. Hypoxic group were slept in hypoxic tent for 9 days 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 hypoxic 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) 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

[*] อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

[*] อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาตร์การกีฬา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

; 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 a normobaric with low concentration around 16 percentage of oxygen and 2,164 meter above sea level for nine days 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

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาผลในสภาวะออกซิเจนต่ำที่ความสูงปานกลางที่ความดันบรรยากาศ ปกติ ต่อระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน เม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบินและเรติคูโลไซต์

วิธีการทดลอง ชายไทย อายุระหว่าง19- 22 ปี จำนวน 26 คน แบ่งอาสาสมัครออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (ดัชนีมวลกาย, 22 ± 2 กิโลกรัม/เมตร^2 ; เปอร์เซ็นต์ไขมัน 12 ± 3 ; เปอร์เซ็นต์ส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน 59 ± 8 ;สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด 51 ± 6 มิลลิลิตร/กิโลกรัม/นาที : ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) กลุ่มทดลองนอนเต็นท์มีเครื่องปรับความเข้มข้นของออกซิเจนให้ต่ำที่ความเข้มข้นของออกซิเจนประมาณ 15-16 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างเลือดก่อนการทดลอง (วันที่ 1) วันที่ 5 และวันที่ 10 ในทั้งสองกลุ่ม เปรียบเทียบความแตกต่างของความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน เรติคูโรไซต์ เม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน ในทั้งสองกลุ่ม

ผลการทดลอง ระดับความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในวันที่ 5 ในกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม (ควบคุม: 14± 0.7 ; ทดลอง : 14.5 ± 0.8, *P*= 0.02) แต่ไม่พบความแตกต่างของ ฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน เรติคูโลไซต์ เม็ดเลือดแดงในทั้งสองกลุ่ม อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่า ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน ในกลุ่มทดลอง มีค่าความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ในวันที่ 5 (15.0±9.5, *P*=0.02) และวันที่ 10 (13.4±9.3, *P*=0.05) เมื่อเปรียบกับวันที่ 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 การนอนในเต็นท์ที่มีความดันปกติและมีการปรับความเข้มของออกซิเจนให้ลดลงประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ เทียบเท่ากับระดับความสูงประมาณ 2,164 เมตร เป็นระยะเวลา 9 วัน ส่งผลให้เพิ่มระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน เม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบิน แต่ความเข้มข้นของของเรติคูโลไซต์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ: อิริโทรพอยอิติน เม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน เรติคูโลไซต์

บทนำ

การนอนอยู่ในที่สูง ประมาณ 1,500-3,000 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลทำให้เพิ่ม การไหลเวียนของอากาศผ่านปอด (Racinais et al., 2010) เพิ่มประสิทธิภาพของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดในระดับน้ำทะเล (Christoulas et al., 2011; Schmitt et al., 2008; Saunders et al., 2010) อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดนี้อาจขึ้นอยู่กับระดับของความสูง (Robach et al., 2006a; Robach et al., 2006b) แม้ว่าการอาศัยอยู่ในที่สูงจะนำมาใช้สำหรับฝึกนักกีฬาที่ต้องการฝึกความทนทาน แต่อย่างไรก็ตามผลของการตอบสนองและการปรับตัวของร่างกายภายหลังการไปอาศัยอยู่ในที่สูงยังไม่เป็นที่แน่ชัด อาจเป็นไปได้ว่าการอาศัยอยู่ในที่สูงทำให้เกิดการกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของระบบหัวใจและไหลเวียนประกอบด้วย องค์ประกอบในเลือด และฮอร์โมนในร่างกาย จนอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพของระบบหัวใจและการไหลเวียน

เลือด (Blood) ทำหน้าที่ขนส่งสารต่างๆ ภายในร่างกาย รวมทั้งขนส่งออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อและออกซิเจนจากเนื้อเยื่อไปยังปอด เลือดประกอบด้วย น้ำเลือด (Plasma) และเม็ดเลือด (Blood cell) เม็ดเลือดแดง (Red blood cell) เป็นส่วนหนึ่งของเม็ดเลือด ทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) เป็นโปรตีนที่อยู่ในเม็ดเลือดแดง ทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ฮีโมโกลบินจับกับออกซิเจนกลายเป็น ออกซีฮีโมโกลบิน (Oxyhemoglobin) ส่วนอิริโทรพอยอิติน (Erythropoietin) เป็นฮอร์โมนที่ควบคุมการสร้างเม็ดเลือดแดงที่ไขกระดูก ส่วนเรติคูโลไซต์ เป็นเซลล์อ่อนของเม็ดเลือดแดงที่หลั่งมาจากไขกระดูก การจับของออกซิเจนกับฮีโมโกลบินนี้ขึ้นอยู่กับ ค่าความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ ความดันของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ของเลือด (ผลประมูล และคณะ 2552)

ความดันย่อยของก๊าซออกซิเจนมีค่าลดลงเมื่อขึ้นไปอยู่บนที่สูง เมื่อความดันย่อยลดลงร่างกายจะกระตุ้นไตให้สังเคราะห์และสร้างฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดการกระตุ้นไขกระดูกภายในร่างกายให้มีการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบินเพิ่มขึ้นมาใหม่ การเพิ่มขึ้นของเม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบินนี้ส่งผลทำให้สามารถจับออกซิเจนได้มากขึ้นและทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย ซึ่งส่งผลต่อการ เพิ่มความทนทาน (Endurance) ของนักกีฬา (Wilmore et al., 2008)

จากที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่า การกระตุ้นการสร้างฮอร์โมนอิริโทรพอยอิตินนี้ต้องขึ้นไปอยู่ในที่สูงเหนือระดับน้ำทะเล 2,000 – 3,000 เมตร อย่างไรก็ตามพบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่เหนือระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 2,500 – 3,000 เมตร เป็นบริเวณน้อย และยากลำบากต่อการขึ้นไปยังที่ระดับสูงดังกล่าว ดังนั้นการนอนในเต็นท์จำลองสภาพอากาศในที่สูง โดยลดปริมาณความเข้มข้นออกซิเจนลง 15 – 16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเทียบเท่ากับระดับความ

สูงเหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 2,500 – 3,000 เมตร ที่ความดันบรรยากาศปกติจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ไม่ควรจะมองข้าม

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการนอนเต็นท์ 8 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 9 วัน ที่มีออกซิเจนความเข้มข้นต่ำและความดันปกติต่อความเข้มข้นของ ฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน เม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบิน

วิธีดำเนินการวิจัย

อาสาสมัครในการวิจัยนี้เป็นชาย อายุระหว่าง 19 - 22 ปี จำนวน 26 คน ข้อมูลจากแบบสอบถามสุขภาพและ PAR-Q questionnaire พบว่า อาสาสมัครไม่มีประวัติการสูบบุหรี่ โรคหัวใจ ความดันโลหิตสูงหรือต่ำและน้ำหนักตัวของอาสาสมัครไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมาก่อนการทดลอง อาสาสมัครเซ็นชื่อในหนังสือยินยอมหลังจากอ่านรายละเอียดในเอกสารคำชี้แจงผู้เข้าร่วมงานวิจัย

การทดสอบก่อนเริ่มการทดลอง

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

สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดทำการวัดโดยใช้ลู่วิ่งไฟฟ้า h/p/ Cosmos Merry, Germany) และเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (COSMED; Quark PFT Ergo, Italy) โดยให้อาสาสมัครวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าที่ความเร็วคงที่และปรับระดับความชันจนกระทั่งอาสาสมัครไม่สามารถวิ่งต่อไปได้และอัตราการเต้นของหัวใจเป็นสูงสุด ประเมินเปอร์เซ็นต์ไขมันและส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน (Bioelectrical impedance analysis ,BioScan; Maltron, United Kingdom)

การควบคุมก่อนเริ่มการทดลอง

อาสาสมัครงดกิจกรรมทางกายอย่างหนัก อย่างน้อย 48 ชั่วโมงก่อนการทดลอง นอกจากนี้อาสาสมัครงดเครื่องดื่ม ชา กาแฟ แอลกอฮอล์ อย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนการทดลอง

การทดลอง

แบ่งอาสาสมัครทั้งหมดออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

กลุ่มควบคุม

อาสาสมัครมาที่ห้องปฏิบัติการ เวลา 7.00 – 8.30 น. หลังการงดอาหารเป็นเวลาอย่างน้อย 8 - 10 ชั่วโมงก่อนทำการเก็บตัวอย่างเลือด ปริมาณ 20 มิลลิลิตร/ครั้ง จากหลอดเลือดดำที่แขน ในวันที่ 1 หลังจากเก็บตัวอย่างเลือดแล้วให้อาสาสมัครดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติ เก็บตัวอย่างเลือดอาสาสมัครในวันที่ 5 และ 10

กลุ่มทดลอง

อาสาสมัครมาที่ห้องปฏิบัติการ เวลา 7.00 – 8.30 น. หลังการงดอาหารเป็นเวลาอย่างน้อย 8 - 10 ชั่วโมงก่อนทำการเก็บตัวอย่างเลือด ปริมาณ 20 มิลลิลิตร/ครั้ง จากหลอดเลือดดำที่แขน ในวันที่ 1 หลังจากเก็บตัวอย่างเลือดแล้วให้อาสาสมัครนอนในเต็นท์ปรับความเข้มข้นของออกซิเจนประมาณ 15-16 เปอร์เซ็นต์

โดยเริ่มตั้งแต่เวลา 22.00-6.00 น. เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างเลือดอาสาสมัครในวันที่ 5 และ 10 หลังจากนอนในเต็นท์

เต็นท์ปรับความเข้มข้นออกซิเจน

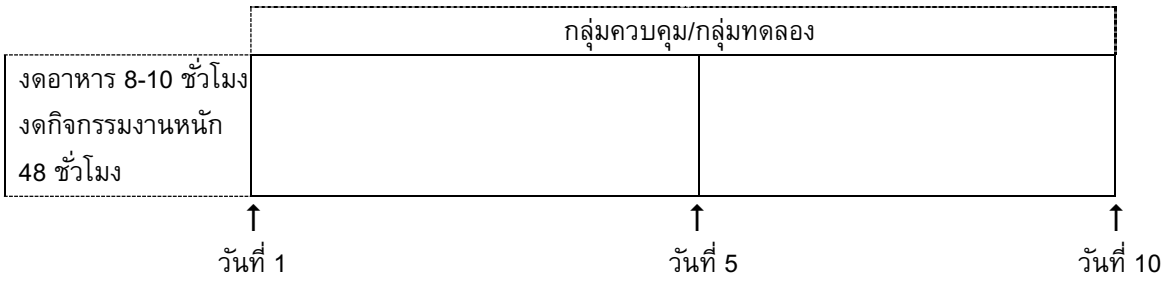
อาสาสมัครนอนในเต็นท์ที่มีเครื่องปรับความเข้มข้นของออกซิเจนให้ต่ำลง ที่ความดันบรรยากาศปกติ (hypoxia generator device; CAT 315) การปรับความเข้มข้นของออกซิเจน จะค่อย ๆ ปรับจนกระทั่งความเข้มข้นของออกซิเจน มีค่าประมาณ 15- 16 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองนี้พบว่าความเข้มข้นของออกซิเจนในการทดลองนี้มีค่ามีเฉลี่ยเท่ากับ 16.59 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 60 และอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 29 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์เลือด

นำตัวอย่างเลือดใส่ในหลอดเปล่าและหลอดพลาสมาที่ใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (EDTA, ethylenediaminetetra) นำตัวอย่างเลือดไปปั่นที่ความเร็ว ถ,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แยกพลาสมาและซีรัม เก็บที่ตู้ที่มีอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส
นำพลาสมาไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ความเข้มข้นของเรติคูโรไซต์ (Sysmex,United of America) ส่วนซีรัมนำไปวิเคราะห์หาความเข้มของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน (CMA:Chemiluminometric Assay) หลังสิ้นสุดการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน ปริมาณเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน เรติคูโรไซต์ ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน ปริมาณเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน เรติคูโรไซต์ ในควบคุมและกลุ่มทดลอง ในช่วงเวลาต่างๆ ก่อนเริ่มทดลอง (วันที่ 1) วันที่ 5 และวันที่ 10 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (One-Way Repeated measure) หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบรายคู่โดยใช้สถิติแบบที (Independent Samples t-test) โดยวิธีบอนเฟอโรนี (Bonferroni) กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



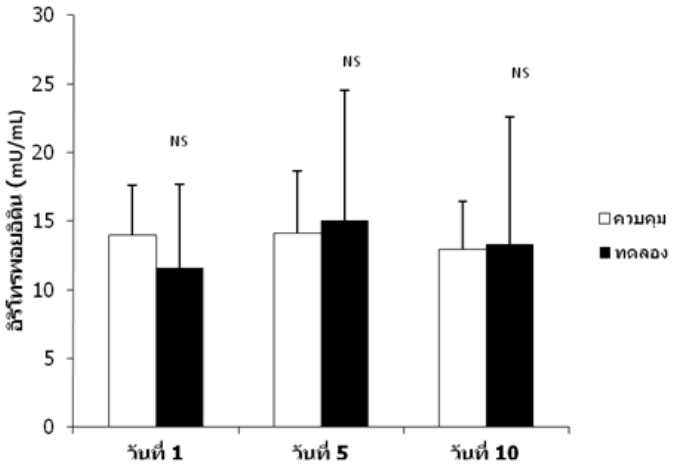
ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 1 แสดงลักษณะของอาสาสมัครในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

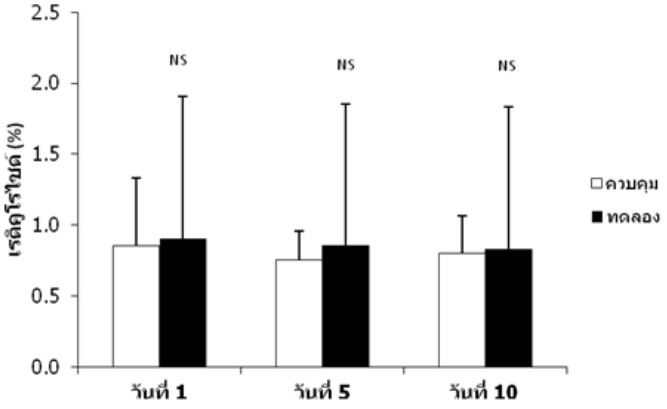
	กลุ่มควบคุม (N=13)	กลุ่มทดลอง (N=13)
อายุ (ปี)	20±1	21±1
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	65±10	66±7
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	173±5	174±6
ดัชนีมวลกาย (เมตร/ส่วนสูง^2)	21±2	22±2
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	11±2	11±2
เปอร์เซ็นต์มวลของร่างกายส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน	88±2	86±9
ความดันโลหิต (มิลลิเมตรปรอท)	121±4 /63±7	119±6 /62±8
อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก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

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



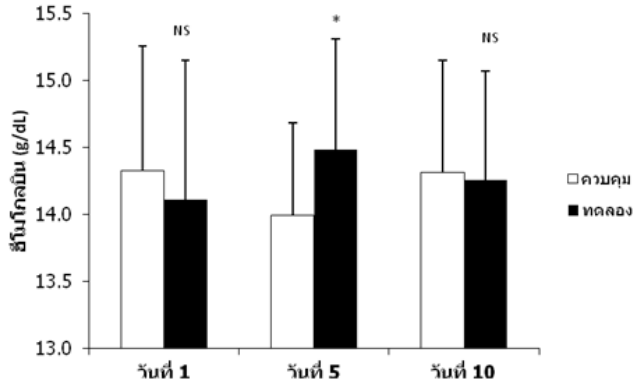
ภาพประกอบที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ✳, ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (P<0.05) NS, ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (P>0.05)

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) เมื่อเปรียบกับวันที่ 1(11.6± 6.1)



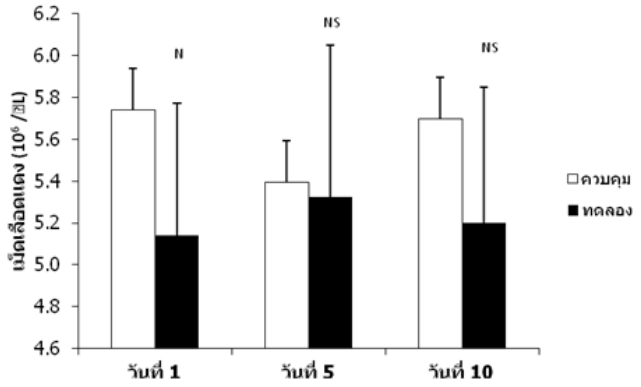
ภาพประกอบที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเรติคูโลไซต์ ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ✳, ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (*P*<0.05) NS, ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (*P*>0.05)

ความเข้มข้นของ เรติคูโลไซต์ ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันก่อนการทดลองและในวันที่ 5 และวันที่ 10 และไม่มีความแตกต่างของความเข้มข้นเรติคูโรไซต์ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองในทั้งสามช่วงเวลา



ภาพประกอบที่ 4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน (ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ✳, ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (*P*<0.05) NS, ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (*P*>0.05)

ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันก่อนการทดลอง เมื่อเปรียบระดับความเข้มข้นของฮีโมโกลบินระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองพบว่าระดับความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในวันที่ 5 ในกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม (ควบคุม: 14± 0.7 ; ทดลอง : 14.5 ± 0.8, *P*= 0.02) และเมื่อเปรียบภายในกลุ่มทดลองพบว่าระดับความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในวันที่ 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)



ภาพประกอบที่ 5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน (ค่าเฉลี่ย ± 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)

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้พบว่า การนอนในเต็นท์ที่มีความดันปกติและการปรับความเข้มของออกซิเจนให้ลดลงประมาณ 16.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเทียบเท่ากับระดับความสูงประมาณ 2,030 เมตร เป็นระยะเวลา 9 วัน ส่งผลทำให้เพิ่มระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน เม็ดเลือดแดงและฮีโมโกลบิน แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของเรติคูโลไซต์

ความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิตินในการงานวิจัยนี้ มีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 ของการนอนหลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในวันที่ 10 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่า ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิตินมีการเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการนอนในเต็นท์ที่มีระดับความเข้มข้นของออกซิเจนในระดับต่ำ (Berglund et al., 2002, McLean et al., 2006, Robach et al., 2006a; Robach et al., 2006b;

Basset et al., 2006; Hahn et al., 2001a; Piehl et al., 1998) การเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิตินอาจมีความสัมพันธ์กับระดับความสูง ระยะเวลาที่นอน รวมทั้ง เวลาที่นอน จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ระดับความสูงจะมีค่าประมาณ 2,500- 3,636 เมตร (Berglund et al., 2002; Basset et al., 2006; Koistinen et al., 2000) ซึ่งมีค่ามากกว่าการวิจัยนี้ นอกจากนี้ยังพบว่าที่ระดับความสูงประมาณ 1,800 เมตร ระยะเวลาในการนอนจะเพิ่มขึ้นเป็น 23 วัน (Hahn et al. 2001a) ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าถ้าระดับความสูงไม่มากเพียงพอ ระยะเวลาในการนอนต้องเป็นระยะเวลานานเพียงพอ จึงทำให้สามารถกระตุ้นการสร้างฮอร์โมนอิริโทรพอยอิตินได้ มีผู้ให้ข้อเสนอแนะว่าการเพิ่มการกระตุ้นการสร้างของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน นี้ควรไปอยู่ในที่มีระดับความสูงมากกว่า 3,500 เมตร จึงจะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดได้ (Robach et al., 2006b) ดังนั้นงานวิจัยนี้อาจจะเป็นงานวิจัยที่ศึกษาผลการนอนในระดับความสูงไม่มากและระยะเวลาไม่นานที่เห็นการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนดังกล่าว

ความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงมีค่าเพิ่มขึ้นในกลุ่มทดลองในการทดลองนี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Basset et al., 2006; Brugniaux et al., 2006; Robach et al., 2006a; Robach et al., 2006b) แต่อย่างไรก็ตามบางงานวิจัยพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเม็ดเลือดแดง เมื่ออาศัยอยู่ในระดับสูง (Hinckson et al., 2005a; Hinckson et al., 2005b; McLean et al., 2006; Robach et al., 2006a; Robach et al., 2006b)

ความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมในวันที่ 5 และยังพบว่าระดับความเข้มข้นของฮีโมโกลบินภายในกลุ่มทดลองในวันที่ 5 มีค่ามากกว่าวันที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Basset et al., 2006; Saunders et al., 2010) แม้ว่าบางวิจัยไม่พบความเปลี่ยนแปลงของระดับฮีโมโกลบิน (Koistinen et al., 2000) ที่ระดับความสูง 1,800 เมตร เมื่อนอนอยู่ประมาณ 23 วัน (Hahn et al., 2001a) และที่ระดับความสูงประมาณ 3,800 เมตร เป็นระยะเวลา 12 วัน (Garcia et al., 2000) บางงานวิจัยพบว่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบินเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 (Berglund et al., 2002; Racinais et al., 2010) และวันที่ 7 ภายหลังจากนอนในเต็นท์ที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำ (McLean et al., 2006) ปริมาณฮีโมโกลบินมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Brugniaux et al., 2006; Robach et al., 2006a; Robach et al., 2006b)

ความเข้มข้นของเรติคูโลไซต์ในการทดลองนี้ไม่มีความเปลี่ยนแปลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า (McLean et al., 2006) การอาศัยอยู่ในที่สูงประมาณ 2,650 เมตร เป็นระยะเวลา 12 วัน ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของเรติคูโลไซต์ (Ashenden et al., 1999) อย่างไรก็ตามบางงานวิจัยพบว่า ความเข้มข้นของเรติคูโลไซต์ มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อนอนอยู่ในระดับความสูงประมาณ 3,800 เมตร เป็นระยะเวลา 12 วัน (Garcia et al., 2000) และที่ความสูง 2,000 เมตร เป็นระยะเวลา 7 วัน (Piehl et al., 1998) บางงานวิจัยพบว่านอนในเต็นท์ที่ปรับความเข้มข้นต่ำที่ความสูงประมาณ 2,500 เมตร เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ส่งผลให้เพิ่มความเข้มข้นของเรติคูโลไซต์ (Koistinen et al., 2000) อาจจะเป็นไปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของเรติคูโลไซต์มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาของนอนกับระดับความสูง ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าระดับความสูงและระยะเวลาในการทดลองนี้ยังไม่มากพอจนทำให้กระตุ้นการผลิตเรติคูโลไซต์

จากงานวิจัยนี้พบว่าการนอนในเต็นท์ที่ความดันปกติและระดับความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำ ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของฮอร์โมนอิริโทรพอยอิติน เม็ดเลือดแดง ฮีโมลโกบิน การเพิ่มขึ้นของฮอร์โมนอิริ

โทรพอยอิติน ซึ่งมีความสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของระดับความเข้มข้นของเม็ดฮีโมโกลบินและเม็ดเลือดแดงในงานวิจัยนี้

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้คือผู้วิจัยไม่ได้ประเมินการตอบสนองของร่างกายต่อการนอนในที่มีความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำทุกวัน ซึ่งจะทำให้ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน รวมทั้งสมรรถภาพทางกาย เช่น สมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด

ข้อเสนอแนะ

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

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากคณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่เข้าร่วมงานวิจัยในครั้งนี้

บรรณานุกรม

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.

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, Ornhagen 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.

Brugniaux JV, Schmitt L, Robach P, Nicolet G, Fouillot JP, Moutereau S, Lasne F, Pialoux V, Saas P, Chorvot MC, Cornolo J, Olsen NV, Richalet JP (2006). Eighteen days of “Living high Train low” simulate erythropoiesis and enchance aerobic performance in elite middle distance runner. J.Appl.Physiol. (100): 203-211.

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

Hahn AG, Gore CJ, Martin DT, Ashenden MJ, Roberts AD, Logan PA. (2001a). 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 (2001b). The effect of altitude on cycling performance: a challenge to traditional concepts. Sports Med. (31): 533-557.

Hinckson EA and Hopkins WG (2005a). Changes running endurance performance following intermittent altitude exposure simulated tents. Eur: J. Sports Sci. (5): 15-24.

Hinckson EA, Hopkins WG, Edwards JS, Pfitzinger P, Hellemans J (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.

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 (1998). Short-term intermittent normobaric hypoxia--haematological, physiological and mental effects .Scand J Med Sci Sports. 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, Schmitt L, Brugniaux JV, Roels B, Millet G, Hellard P, Nicolet G, Duvallet A, Fouillot JP, Moutereau S, Lasne F, Pialoux V, Olsen NV, Richalet JP (2006). Living high training low: effect on erythropoiesis and aerobic performance in highly train swimmers. Eur. J.Appl Physiol. (96): 423-433.

Robach P, Schmitt L, Brugniaux JV, Nicolet G, Duvallet A, Fouillot JP, Moutereau S, Lasne F, Pialoux V, Olsen NV, Richalet JP (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.

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

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