



7 JUL 1993

EFFECT OF HYPOXIA ON AEROBIC CAPACITY IN
ATHLETES WITH LOW BLOOD HEMOGLOBIN LEVEL

CHANTANA AKARATHAM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
(PHYSIOLOGY)

อภินันท์นากา
๑๓๓
"อภินันท์นากา น. อภินันท์"

IN
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY

1993

23113

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของสภาวะขาดออกซิเจนต่อความสามารถทางแอโรบิก
ในนักกีฬาที่มีระดับฮีโมโกลบินในเลือดต่ำ

ผู้วิจัย ฉันทนา อัครธรรม

ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สรีรวิทยา)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

พวัฒน์ เจิดรังษี , M.S.

ทศพล สง่าเนตร, M.D.

จตุรพร ณ นคร , M.D.

วันที่สำเร็จการศึกษา 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2536

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษา อิทธิพลของระดับฮีโมโกลบินในเลือดต่อความสามารถทางแอโรบิกในสภาวะขาดออกซิเจนในนักกีฬาทหารอากาศชายจำนวน 11 คนอายุระหว่าง 20 - 29 ปี ความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเลือด 12.1-14.9 กรัมต่อเดซิลิตร ได้แบ่งนักกีฬาทั้งหมดออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีระดับฮีโมโกลบินในเลือดน้อยกว่า 14 กรัมต่อเดซิลิตร เรียกกลุ่มที่มีเลือดจาง (anemia) และกลุ่มที่มีความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเลือดตั้งแต่ 14 กรัมต่อเดซิลิตรขึ้นไป เรียก กลุ่มควบคุม (control) ทำการทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) และค่าแอนแอโรบิกเชอร์ชไฮลด์ในนักกีฬาแต่ละคน โดยให้ออกกำลังกายแบบเพิ่มความหนักของงานอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงงานสูงสุดที่ผู้ถูกทดสอบสามารถทำได้ โดยใช้จักรยานวัดงาน ในสภาวะอากาศที่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนปกติ (normoxia) และในสภาวะขาดออกซิเจน (hypoxia) ซึ่งกรณีหลังนี้กระทำโดย ให้ผู้ถูกทดสอบหายใจแก๊สผสมที่มีปริมาณออกซิเจน 14.5 % และไนโตรเจน 85.5 % ซึ่งเทียบเท่ากับการอยู่บนที่สูงประมาณ 10,000 ฟุตเหนือระดับน้ำทะเล ผลการทดสอบพบว่าค่า VO_2max ของผู้ทดสอบทั้งหมดไม่ขึ้นกับระดับฮีโมโกลบินในเลือดเมื่ออยู่ในสภาวะ normoxia แต่จะลดลงในสภาวะ hypoxia และการลดลงนี้เป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับค่า VO_2max ในสภาวะ normoxia แต่เป็นปฏิกิริยาผกผันกับระดับฮีโมโกลบินในเลือด นอกจากนี้ยังได้ทำการวัดค่าเปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวของเม็ดเลือดแดงที่มีต่อออกซิเจน (SaO_2), อัตราเต้นของหัวใจ และอัตราการเคลื่อนที่ของลมหายใจออก (V_E)

ในขณะที่พักและขณะออกกำลังกายพร้อมทั้งวัดค่าแลคเตทในเลือดทั้งก่อนและหลังออก-
 กำลังกาย พบว่าในสภาวะ hypoxia ค่า SaO_2 ทั้งในขณะที่พักและขณะออกกำลังกาย
 ภายมีค่าต่ำกว่า SaO_2 ในสภาวะ normoxia และในขณะที่ออกกำลังกายสูงสุด SaO_2
 ลดลงมากในนักกีฬาที่มี VO_2max ต่ำลงมากด้วย การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ปรากฏมาก
 ในนักกีฬาที่มีระดับฮีโมโกลบินในเลือดต่ำ จากการสำรวจกลุ่มนักกีฬาที่มีเลือดจางพบ
 ว่า อัตราเต้นของหัวใจสูงสุด (HRmax) ในสภาวะขาดออกซิเจน ต่ำกว่าค่าที่ได้ใน
 สภาวะอากาศที่มีปริมาณออกซิเจนปกติ ในสภาวะขาดออกซิเจนพบว่า ผู้ที่มี HRmax
 ลดลงมากมีค่า VO_2max ลดลงมากด้วย ในขณะที่ความสัมพันธ์แบบนี้ไม่พบในนักกีฬา
 ที่มีระดับฮีโมโกลบินปกติ ภายใต้สภาวะขาดออกซิเจนการลดลงของแลคเตทในเลือด
 ภายหลังจากการออกกำลังกาย สอดคล้องกับการลดลงของงานที่ทำได้สูงสุดอย่างไรก็
 ตาม ในสภาวะขาดออกซิเจนนี้ ปริมาณแลคเตทในเลือดภายหลังจากการออกกำลังกาย
 ของกลุ่มเลือดจางมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมแม้ว่างานสูงสุดที่ทำได้ของทั้งสองกลุ่มเท่ากัน
 นอกจากนี้ยังพบว่า ขณะออกกำลังกายแบบเพิ่มความหนักของงานอย่างต่อเนื่องภาย
 ใต้สภาวะอากาศที่มีปริมาณออกซิเจนปกติ อัตราการเคลื่อนที่ของลมหายใจออก ณ
 จุดที่มีการใช้ออกซิเจนสูงสุด (V_E at VO_2max) ของผู้ถูกทดสอบทั้งสองกลุ่ม ไม่ถูก
 เปลี่ยนแปลงโดยสภาวะขาดออกซิเจน ในทำนองเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของ
 VO_2max การลดลงของอัตราการใช้ออกซิเจน ณ ตำแหน่งของแอนแอโรโรบิคเชอร์ช-
 ไรลด์ (VO_2 at AT) ในเชิงสัมพันธ์กับน้ำหนักตัว (หน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อ
 นาที) อันเนื่องมาจากสภาวะขาดออกซิเจน มีมากในนักกีฬาที่มีค่า VO_2 at AT สูง
 โดยค่าที่ลดลงนี้สัมพันธ์กับค่า SaO_2 ที่ลดลง ภายใต้สภาวะอากาศที่มีปริมาณออกซิ-
 เจนปกติและสภาวะขาดออกซิเจน หากเปรียบเทียบกลุ่มที่มีระดับฮีโมโกลบินปกติ
 กับกลุ่มเลือดจาง พบว่า ระดับฮีโมโกลบินในเลือดไม่มีผลต่อ AT ตลอดจนค่าตัวแปร
 ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น SaO_2 , อัตราการใช้ออกซิเจนต่อการบีบตัวของหัวใจ 1
 ครั้ง (O_2 pulse), ความหนักของงาน, และอัตราการเคลื่อนที่ของลมหายใจออก
 ภายใต้สภาวะขาดออกซิเจน อัตราเต้นของหัวใจ ณ ตำแหน่งแอนแอโรโรบิคเชอร์ช-
 ไรลด์ (HR at AT) เป็นตัวแปรตัวเดียวของกลุ่มเลือดจางที่พบว่ามีค่าต่ำกว่ากลุ่มฮีโม
 โกลบินปกติ ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า 1) ความสามารถทางแอโรโรบิคซึ่ง
 แสดงโดย VO_2max และ VO_2 at AT ลดลงเมื่ออยู่ในสภาวะขาดออกซิเจน ซึ่ง

การลดลงนี้เป็นสัดส่วนกับความสามารถทางแอโรบิกในสภาวะอากาศที่มีปริมาณออกซิเจนปกติ 2) การลดลงของความสามารถทางแอโรบิกสืบเนื่องมาจากค่า SaO_2 ที่ลดลง 3) ระดับฮีโมโกลบินที่ต่ำในกลุ่มนักกีฬาเลือดจาง มีผลให้การลดลงของ $\text{VO}_{2\text{max}}$ อันเนื่องมาจากสภาวะขาดออกซิเจนรุนแรงมากขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ AT เมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะขาดออกซิเจน ข้อมูลเหล่านี้บ่งชี้ว่า ภายใต้ออกซิเจน การมีเลือดจางก่อให้เกิดผลเสียต่อความสามารถในการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกายสูงสุดแต่ไม่มีผลขณะออกกำลังกายปานกลางจนถึงระดับของแอนแอโรบิกเธรชโฮลด์ 4) ในสภาวะอากาศที่มีปริมาณออกซิเจนปกติ การมีเลือดจางไม่มีผลกระทบต่ออัตราการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกาย ณ ความหนักใด ๆ 5) ยังไม่ทราบกลไกที่แท้จริงสำหรับการที่ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดที่สภาวะขาดออกซิเจนในกลุ่มเลือดจางลดลงมากกว่ากลุ่มฮีโมโกลบินปกติ อย่างไรก็ตาม อาจเป็นไปได้ว่าปัจจัยที่ทำให้การขนส่งออกซิเจนในเลือดแดงลดลงน่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นี้ ปัจจัยดังกล่าวรวมถึง ระดับฮีโมโกลบินในเลือดต่ำ , การลดลงของปริมาณออกซิเจนในเลือดแดง (CaO_2) และการลดลงของอัตราเต้นของหัวใจสูงสุด

Thesis Title Effect of Hypoxia on Aerobic Capacity in
Athletes with Low Blood Hemoglobin Level

Name Chantana Akaratham

Degree Master of Science (Physiology)

Thesis Supervisor Committee

Pipat Cherdrungsi , M.S.

Thossaphol Sa-nganetra , M.D.

Chaturaporn Na nakorn , M.D.

Date of Graduation 20 May B.E.2536 (1993)

Abstract

The influence of blood hemoglobin concentration (Hb) on the reduction in aerobic capacity during acute exposure to hypoxia was investigated in eleven healthy male athletes of the Royal Thai Air Force (R.T.A.F.). Their ages and Hb ranged from 20-29 years and 12.1-14.9 g/dl, respectively. According to their Hb, the subjects were divided into two groups: control and anemia. For the subjects whose Hb equal or more than 14 g/dl were defined as the control and those who had Hb level less than 14 g/dl were stood for the anemia. Each subject performed an incremental exercise test until exhaustion on a bicycle ergometer at both normoxia and hypoxia. Hypoxia was induced by inspiration of 14.5 %O₂ with N₂ balance (equivalent to an altitude of approximately 10,000 feet). The maximum rate of O₂ consumption (VO₂max) and anaerobic threshold (AT) of each subject were determined. The results showed that despite the difference in Hb, the normoxic VO₂max and the VO₂ at AT of the two groups of subjects were similar. It was also found that for all

subjects at normoxia the $VO_2\text{max}$ was independent on Hb and was significantly decreased at hypoxia. The reduction in $VO_2\text{max}$ at hypoxia from that at normoxia ($\Delta VO_2\text{max}$) was directly correlated with the normoxic $VO_2\text{max}$ but was inversely correlated with Hb. That is, at any Hb, the higher in normoxic $VO_2\text{max}$ the greater $\Delta VO_2\text{max}$ occurred, and at any normoxic $VO_2\text{max}$, the lower in Hb the greater $\Delta VO_2\text{max}$ was observed. Hence, the athletes with high normoxic $VO_2\text{max}$ and low Hb exhibited considerably high $\Delta VO_2\text{max}$. Percent arterial oxygen saturation (SaO_2), heart rate (HR) and minute ventilation (V_E) at rest and during exercise were also determined. Blood lactate was measured before and immediately after the exercise test. SaO_2 was found to be decreased from normoxic values both at rest and during maximal exercise at hypoxia. The effect of hypoxia on the exercise-induced decrease in SaO_2 was more pronounced in athletes who exhibited high $\Delta VO_2\text{max}$ compared to those with low $\Delta VO_2\text{max}$ and also in the high $\Delta VO_2\text{max}$ athletes with low Hb than those with normal Hb. Only in the anemic athletes, maximal exercise heart rate (HR_{max}) at hypoxia was lower than the normoxic value. It was also found that subject who exhibited great reduction in HR_{max} at hypoxia showed high $\Delta VO_2\text{max}$ while such relationship was not appeared in the non-anemic athletes. Under hypoxic condition, the decline in postexercise blood lactate was corresponded to the reduction in maximal work load; however, the former values in the anemia was higher than the control even though the hypoxic maximal work load was similar between the two subject groups. During

incremental exercise, V_E at the point where VO_2 max was achieved in both subject groups under normoxia were not changed by hypoxic exposure. Similar to VO_2 max change, the level of VO_2 at AT expressed in term of ml/kg/min was markedly decreased by hypoxia in athletes who possessed high VO_2 at AT. The decrease was correlated with the lowering in SaO_2 . Under both environmental conditions, comparison between the anemic and the control athletes showed no effect of Hb on the AT and its related parameters such as SaO_2 , O_2 pulse, V_E , and work load. Only HR at the AT showed lower in the anemia than the control under hypoxia. The results of this study indicated that: 1) aerobic capacity determined by VO_2 max and VO_2 at AT, was decreased at hypoxia in proportion to its normoxic level; 2) the reduction in the aerobic capacity was attributed to the decreased SaO_2 ; 3) low Hb in the anemic athletes could magnify ΔVO_2 max but not ΔVO_2 at AT during acute hypoxic exposure indicated that, under hypoxic condition, the anemia exerted deterioration on VO_2 during maximal exercise but not submaximal exercise at the level of AT; 4) no effect of anemia on VO_2 at any level of exercise intensity could be found under normoxic condition; 5) the exact mechanisms responsible for the more marked reduction in VO_2 max at hypoxia in the anemia than the control were unknown. However, possible contributing factors for this might be those which caused lowering in arterial O_2 transport. These might include the low Hb, the reduction in CaO_2 and HR_{max} .