

〈원 저〉

# 유효의식시간 종료 후 말초동맥혈 산소 포화도의 변화

항공의학적성훈련원

대 위 이 학 룡  
소 령 조 규 섭

## A study of the changes in peripheral arterial oxygen saturation after the time of useful consciousness(T.U.C.) ending

Aeromedical Research Center, ROKAF

Capt. Lee Hak - Lyong M.C.

Maj. Cho Gyu - Seob M.C.

---

\* 본 논문은 '94년도 항공의학연구비의 지원으로 이루어졌음.

— Abstract —

Hypoxia was a serious aviation problem in previous wars and remains a potential threat even in today's military aviation.

Hypoxia, which is a possibility on each exposure to altitude, has been, and will continue to be, a source of dangerous aerospace incidents and accidents.

Time of useful consciousness(T.U.C.) the period of time from the interruption of oxygen supply or exposure to an oxygen poor environment, to the time when useful function is lost.

The individual is no longer capable of taking proper corrective and protective action.

Pulse oximeter measure arterial oxygen saturation( $\text{SaO}_2$ ) continuously and noninvasively.

We want to know about the changes in peripheral oxygen saturation after T.U.C. ending.

Our study examines the changes of  $\text{SaO}_2$  by pulse oximeter during hypoxia demonstration training in chamber flight.

Our study examines twenty pilot and the following results were obtained.

1. In the recovery period, it taked 5.5sec to 87% of  $\text{SaO}_2$ .
2. In the recovery period, it taked 11.75sec to 97% of  $\text{SaO}_2$ .

## 서 론

저산소증은 예전이나 지금에도 고공비행에서 중요한 문제점이다. 그리고 저산소증이 고공에서 비행 중 발생시에는 여러가지 사고의 원인이 되어 위험한 항공기 재해를 일으킬 수 있다.<sup>1)2)3)4)5)</sup>

항공생리 교육훈련분야에서 다루는 문제 중에서 중요한 것의 하나로서 다루는 것이 저산소증으로서 이것이 인체생리에 어떠한 장애를 주며 또한 이를 예방하기 위하여 만들어 놓은 여러가지 장구를 어떻게 정확하고 적절하게 사용하는가를 교육 훈련시키는 과정이 저압실 비행훈련이며 이중에도 저산소증 비행훈련은 저산소증이 발생시 본인이 느낄 수 있는 자각적 증상을 체험하게 하고 다른 훈련생의 훈련을 관찰하여 저산소증의 타각적 증상을 관찰하게 하여 저산소증의 신속한 발견과 빠른 대처를 할 수 있는 능력을 길러주는 훈련이다.<sup>3)</sup>

저산소증은 각 개인에 따른 여러가지 증세와 양상을 보이고 있어 이를 가지고 각 개인의 저산소증에 대한 내성을 판단하기 어려워 훈련 중 각 개인의 유효의식시간(Time of useful consciousness, T.U.C)을 적용하여 저산소증에 대한 개인적 내성을 저압실 비행훈련에서 저산소증 체험훈련시 측정하고 있다.<sup>1)2)3)4)</sup>

저산소증의 개인적인 내성을 유효의식시간이란 개념을 도입하여 측정하고 있으나 이 또한 저산소증 체험훈련시 관찰자에 의한 타각적 증세에 의한 관찰에서 나온 것으로 정확한 수치적 개념이 도입되지 않은 단점이 있다.

이에 저자들은 Pulse Oximeter를 이용한 말초동맥혈 산소포화도를 측정하여 유효의식시간과의 관계를 알기위한 관찰을 하였었고 말초동맥혈 산소포화도의 변화로 저압실 비행훈련에서 저산소증 체험 훈련시 훈련진행중에 저산소증의 정도를 말초동맥혈 산소포화도를 통하여 어느 정도 판단할 수 있었고 이에 따른 유효시간의 종료도 예측할 수 있었다.<sup>6)</sup>

저산소증 체험 훈련이 끝날 때는 유효의식시간 측정 후에 산소투여를 하여 훈련생들의 저산소증에서 회복시키고 있는데 이때 회복정도와 회복의 속도와 시간을 Pulse

Oximeter를 이용하여 말초동맥혈 산소포화도를 측정함으로써 정량적으로 평가할 수 있을 것으로 착안하여, 저압실 비행훈련에서 유효의식시간이 끝난 후 산소투여시에 Pulse Oximeter를 이용하여 말초동맥혈 포화도를 측정하여 문헌적 고찰과 함께 보고하는 바이다.

## 연구 대상 및 방법

1994년 1월부터 동년 9월까지 항공의학적성훈련원에 항공생리 보수과정의 기성조종사 20명을 대상으로 하였으며 이들은 신체검사상 심폐질환이나 심폐, 대사 기능에 이상이 없는 자를 대상으로 하였다. 대상자들의 나이는 28세에서 33세였고 계급은 대위, 소령급이었다.

저압실 비행훈련의 형은 조종사 보수과정인 V형을 훈련한 보수과정 조종사를 대상으로 하였다. V형 저압실 비행형은 25,000feet에서 저산소증 체험훈련을 실시한다.

저압실 비행훈련 전과정에서 Pulse Oximeter의 Finger Probe를 이용하여 관찰 대상자의 왼쪽 두번째 손가락 끝마디에 부착하여 말초동맥혈 산소포화도를 측정하였다.

말초동맥혈 포화도는 Pulse Oximeter를 이용하여 저압비행훈련전에 측정하고, 모의 고공고도 25,000feet에서 저산소증 체험 훈련직전에 측정하고 저산소증 체험 훈련이 시작되고 난 후 매 30초마다 측정하였으며 유효의식시간 종료시간과 종료시 말초동맥혈 산소포화도를 측정하였고 유효의식시간 측정직후 산소투여에 따른 말초동맥혈 산소포화도( $\text{SaO}_2$ )의 변화를  $\text{SaO}_2$  87% 회복까지 걸린 시간과 완전회복으로 사료되는  $\text{SaO}_2$  97%까지의 시간을 측정하였다.

## 결 과

저압실 비행훈련 중 저산소증 체험을 한 대상자 20명은 항공생리 보수과정에 적용하는 V형을 이용한 훈련을 하였고 V형은 모의 고공고도 25,000feet에서 저산소증 체험

훈련을 하였다.

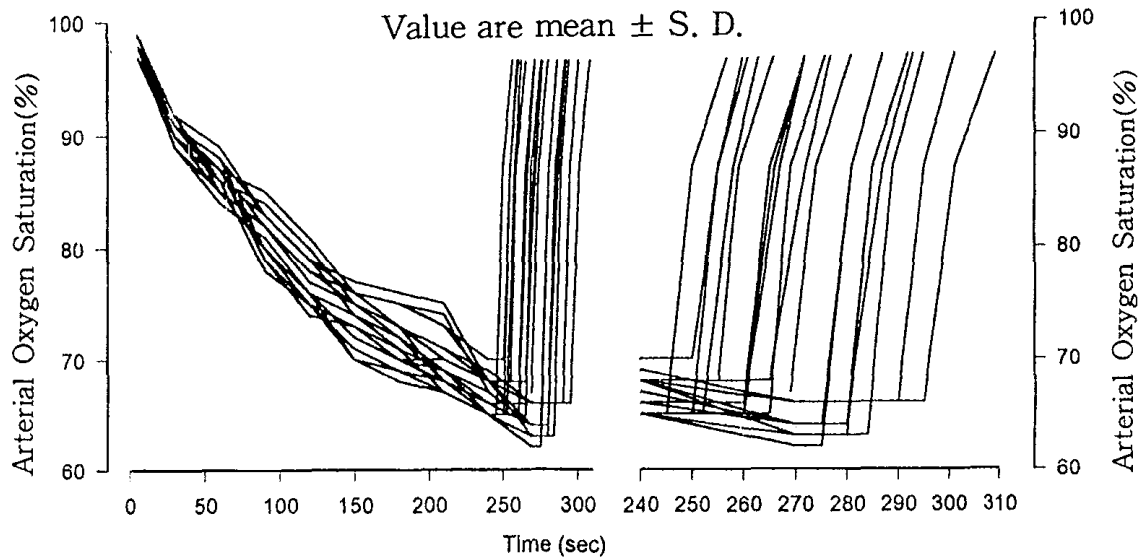
대상자들이 저압실 비행훈련 전 말초동맥혈 산소포화도(SaO<sub>2</sub>)와 저산소증 체험훈련 직전의 SaO<sub>2</sub>와는 유의한 차이는 없었고 저산소증 체험훈련이 시작되고 난 후 매 30초마다 관찰한 SaO<sub>2</sub>는 유효의식시간이 끝날 때까지 지속적인 감소가 있었다. 대상자 중 12명은 240초에 270초 사이에 유효의식시간의 종료가 있었고 나머지 8명이 270초를 넘는 유효의식시간을 보이고 있었다(표 1).

연구 대상자 20명의 유효의식시간의 평균은 267.75±14.18초였고 유효의식시간 종료시 SaO<sub>2</sub>는 64.30±1.34%였다.

이번 관찰에서 저자들이 유의하여 관찰한 SaO<sub>2</sub>의 회복은 SaO<sub>2</sub> 87%까지 걸린 대상자들의 평균경과시간은 5.5±0.89초였고 SaO<sub>2</sub> 97%까지의 경과시간은 유효의식시간 종료 후부터 평균 11.75±0.85초로 관찰되었다(그림 1).

〈표 1. SaO<sub>2</sub> change after hypoxia exposure of 25,000feet altitude〉

	SaO <sub>2</sub> (%)
Initial SaO <sub>2</sub>	98.00 ± 0.80(n=20)
25,000feet SaO <sub>2</sub>	98.25 ± 0.64
After hypoxia exposure 30"	90.45 ± 0.89
60"	86.55 ± 1.28
90"	81.25 ± 1.83
120"	77.05 ± 1.93
150"	73.90 ± 2.10
180"	71.85 ± 2.28
210"	69.65 ± 2.43
240"	66.60 ± 1.57
270"	64.00 ± 1.41(n=8)



〈그림 1. SaO<sub>2</sub> change after hypoxia exposure at 25,000feet altitude and SaO<sub>2</sub> change after T.U.C. ending〉

## 고 안

저산소증이란 인체의 생리기능을 저하시킬 만큼 혈액이나 세포 및 조직에 산소가 저하된 상태로 원인별로는 여러가지 형태가 있으나 비행과 관련된 것은 저산소성 저산소증으로 호흡환경의 산소분압이 낮기 때문에 폐내의 산소 분압이 떨어져 혈류로 확산되는 산소량이 감소함에 따라서 조직이 충분한 산소를 공급받지 못하게 된다. 비행 중 고공으로 상승할수록 기압은 저하되고 이와 비례하여 산소 분압도 낮아지게 되며 이러한 공기를 흡입하게 되면 저산소증에 빠지게 되는 것이다.<sup>1)2)5)7)</sup>

금번 연구 대상자들이 항공생리 보수과정에서 저압실 비행훈련 중 실시한 저산소증 체험훈련은 모의 고공고도가 25,000feet로 여기서의 대기압은 281.8mmHg이고 대기 중 산소분압은 49mmHg여서 해수면 고도의 산소분압 149.7mmHg에 비하여 3분의 1 수준이며 폐포 내 산소분압은 계산에 의하여 9mmHg 정도 밖에 되지 않으나 실제로는 25,000feet 고공에 인체가 노출되면 호흡률의 변화와 저산소증의 보상에 의한 과호흡증의 결과로 실제 폐포 내의 산소분압은 30mmHg 정도로 유지한다.<sup>1)2)5)</sup>

이 감소된 폐포 내 산소분압은 폐포에서 혈류로 가는 산소량이 감소하여 인체내 조직에 충분한 산소를 공급하지 못하게 되어 저산소증을 발생시키게 된다. 25,000feet에서의 실제 폐포내 산소분압인 30mmHg는 이에 상응하는 동맥혈 산소포화도는 57%로 이 상태가 계속 지속되면 저산소증 뇌손상을 일으킬 수 있는 최소한의 지표인 동맥혈 산소분압 36mmHg 이상 동맥혈 산소포화도 68% 이상의 기준이하로 극히 위험한 상태에 이를 수 있다.<sup>8)</sup>

그러나 저압실 비행훈련 중 저산소증 체험훈련은 대상자들을 저산소증의 깊은 심도까지, 즉 의식소실, 발작증상 등을 보는 것이 아니라 저산소증에서 폭로된 순간부터 정상적인 작업수행 장애가 일어나는 시간인 유효의식시간(Time of Useful Consciousness, T.U.C.)을 측정하고 바로 산소공급을 시작하므로 신체 여러 장기 및 조직에 손상을 줄만한 상황이 지속되지 않으므로 별 위험은 없다.<sup>1)2)</sup>

유효의식시간 종료 후나 저압실 비행훈련 중에 저산소증의 회복에 관한 여러 보고에서는 저산소증에 빠진 대상자에게 산소를 투여하면 수초이내 의식을 회복한다든지 혹은 한두번의 호흡으로 정상 상태를 회복한다는 보고들이 있고,<sup>1)2)</sup> 또 다른 보고에서는 15초 이내에 정상적인 작업수행능력을 회복할 수 있다고 보고하고 있다.<sup>9)</sup>

금번 저자들의 관찰에서는 임상적으로 최소한으로 요구하는 동맥혈 산소분압 60mmHg에 상응하는 동맥혈 산소포화도 87%까지 회복되는 시간을 관찰하였고<sup>10)</sup>, 동맥혈 산소포화도의 정상치인 97%까지의 회복을 측정하여 유효의식시간 종료에서 산소투여후 SaO<sub>2</sub> 87%까지 회복에 걸린 시간을 측정한 결과 대상자들의 평균 소요시간은 5.5±0.89초였고 유효의식시간 종료에서 산소 투여후 SaO<sub>2</sub> 97%까지 회복에 걸린 대상자들의 평균시간은 11.75±0.85초로 관찰되었다.

이와 같은 결과는 상기의 보고에 의한 결과와 본 실험이 일치함을 나타내고 있다.<sup>1)2)9)11)12)13)</sup>

저자들이 관찰한 저산소증에서의 회복을 SaO<sub>2</sub> 87%를 측정한 이유는 또한 동맥혈 산소분압의 임상적 최소 기준인 60mmHg에 상응하는 SaO<sub>2</sub>가 87%라는 점과 저산소증의 동맥혈 산소포화도에 따른 구분을 살펴보면 SaO<sub>2</sub>가 98%에서 87%까지를 정상단계

(indifferent stage)로 보고 87%에서 80%까지를 대상단계(compensatory stage)로 나누고 80%에서 65%까지를 장애단계(disturbance stage)로 하고 65%에서 60%까지를 위험단계(critical stage)로 나누는데,<sup>1)2)</sup> 본 실험에서는 장애단계 말기와 위험단계 초기에서 대상자들의 유효의식시간의 종료를 관찰할 수 있었으며 이 단계에서 저산소증의 동맥혈 산소포화도에 따른 정상단계의 최소치인 87%까지의 회복시간을 측정하였다.

이번 연구에서 저산소증 체험훈련에서 저산소성 환경에 노출되고 난후 Pulse Oximeter를 이용하여 비침습적이고 지속적으로 동맥혈 산소포화도를 측정하여 저산소증의 시간에 따른 정도를 정량적으로 평가할 수 있었고 유효의식시간 종료를 동시에 관찰하므로 동맥혈 산소포화도의 변화로 유효의식시간을 어느 정도 추정할 수 있다고 생각되며 유효의식시간 종료 후 pulse oximeter를 이용하여 말초동맥혈 산소포화도를 측정하여 평가 저산소증의 회복을 정량적으로 측정하여 할 수 있었다.

이번 연구 대상은 건강한 심폐기능 및 질환이 없는 조종사들이므로 이번 연구에 나타난 모의고공고도 25,000ft에서의 저산소증 체험 훈련에서 동맥혈 산소포화도의 변화 양상과 유효의식시간과의 관계와 유효의식시간 종료 후 산소투여시에 동맥혈 산소포화도의 회복은 공중근무자들의 비행적성 자문에 참고할 수 있을 것으로 사료된다.

## 요 약

항공생리 보수과정의 기성조종사 20명을 대상으로 저압실 비행훈련시 저산소증 체험훈련에서 pulse oximeter를 이용한 말초동맥혈 산소포화도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 관찰대상 조종사들의 25,000feet에서의 평균 유효의식시간은 267.75초였다.
2. 관찰대상 조종사들의 25,000feet에서의 유효의식시간 종료 후 평균 말초동맥혈 산소포화도는 64.30초였다.



3. 관찰대상 조종사들의 25,000feet에서 유효의식시간 종료 후 산소투여에서 말초동맥혈 산소포화도의 87%까지 회복에는 평균 5.5초가 소요되었고 97%까지의 경과시간은 평균 11.75초였다.

이상의 관찰에서 고도 25,000feet에서 유효의식시간의 종료 후 저산소증의 단계적 구분에서 정상단계(indifferent stage)까지의 회복에는 비교적 짧은 시간이 걸렸고 이상의 관찰은 건강의 이상이 없는 기성조종사 20명을 대상으로 한 관찰이므로 이 자료를 조종사들의 비행적성 자문에 참고할 수 있다고 사료된다.

### <참 고 문 헌>

1. Ernsting J. King P : Aviation Medicine 2nd ed. 35~71 London Butterworths 1988.
2. Rardel Hw : Areospace Medicine 2nd ed. 56~85 Baltimore Williams & Wilkins 1971.
3. US Air Force Department : Physiological training AFP 160-5 Jan 1976.
4. US Navy Department : Flight Surgeon's Manual 2nd ed. 1978.
5. Guyton : Textbook of Medical Physiology 8th ed. 464~467 Saunder Philadelphia 1991.
6. 이학룡, 조규섭 : 말초동맥혈 산소포화도와 유효의식시간과의 관계에 관한 고찰. 항공의학 57 : 99~110 1993.
7. Shapiro B.A, Kacmark RM, Came RD, Peruzzi WT, Hauptman D : Clinical Application of Respiratory care 4th ed. 110~120 St. Louis Mosby year Book 1991.
8. Nimm JF : Applied respiratory physiology 3rd ed. 470~473 London Butterworth 1987.

9. Armstrong H G : Principles & Practice of aviation medicine 3rd ed. 226~250  
Baltimore William & Wilkins 1952.
10. Severinghaus J.W, Astrub P : The history of blood gas analysis int.  
Anesthesiol clinics 25 : No.4 224 1987.
11. Thornsteinsson A, Christer J, Larson A : Funtional residual capacity in  
anesthetized children : normal values and values in children with cardiac  
anomalies, Anesthesiology 73 : 876~881 1990.
12. 서인옥, 최택규, 전재규 : 산소 전투여한 산모의 폐쇄성 무호흡기 동안의 동맥혈  
산소포화도의 감소속도에 대한 마취과 학회지 24 : 787~794 1991.
13. Young D, Jewkes C, Spittal M, Blogg C, Weissman J, Gradwell : Response  
time of pulse oximeters assed using acute decompression Anesth Analg 74,  
189~195 1992.