

<원 저>

## 비행 중 고막의 압력 외상 발생의 위험 인자

제 3 훈련비행단 항공의무대대

대위 손정협

## Risk Factors of Middle Ear Barotrauma in Flight

Aero-medical Corp., The 3<sup>rd</sup> Flight Training Wing,  
ROKOF

Capt. Sohn Jung-hyeob, M.D.

### 요 약

**연구 배경** : 고막의 압력 외상은 흔히 기압성 중이염으로 불려 왔으며, 공군 조종사의 경우 급격한 압력 변화를 자주 경험하게 되어 고막의 압력 외상 발생 빈도가 높다. 저자는 이관 기능에 영향을 미칠 수 있는 요인의 유무에 따른 고막 압력 외상 발생 정도를 조사하였다. 이를 통해 조종사의 고막 압력 외상에 대한 이해를 넓히고, 일선 비행단에서 고막 압력 외상의 발생을 예방하는데 도움이 되고자 하였다.

---

※ 주 소 : 경남 사천군 사천읍 수석리 사서함 336-17

제 3훈련비행단 항공의무대대, 손 정협

전 화 : 011-873-7036

E-mail : gruntdoc@hanmail.net

**대상 및 방법** : 2009년 5월부터 8월까지KT-1 훈련기에 탑승하여 비행 훈련을 실시하는 조종 학생 38명을 대상으로 하였다. 조종사 1인마다 5회의 비행 훈련을 전후하여 비행 전 상기도 감염 여부, 비행 전 Valsalva법 가능 여부, 하비갑개 비후와 비중격 만곡, 알레르기성 질환 병력의 유무, 비행 훈련 후 하강 시 Valsalva법 시행 여부를 확인하여 대상 조종사를 분류하였고 이에 따른 중이의 압력 외상 발생 정도를 확인, 비교하였다

**결 과** : 고막의 압력 외상이 발생한 경우는 17명에서 18명으로 전체 비행 횟수에서 9.5%의 발생률을 보였다. 일측성으로 발생한 경우는 13예, 양측성으로 발생한 경우가 5예였다. 압력 외상이 재발한 경우는 1명이었다. 압력 외상은 비행 후 수분 내에 증상이 발생하였으며 14예(78%)에서 이충만감, 5예(28%)에서 이통을 호소하였다. 위험 인자 중에서 상기도 감염 여부와 비행 전 Valsalva법 가능 여부만이 압력 외상이 발생한 군과 정상 군 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있었다.

**결 론** : 비행 전 상기도 감염 여부와 Valsalva법 가능 여부가 조종사들의 비행 훈련 후 고막의 압력 외상의 발생과 관련이 있는 것으로 확인되었다.

**중심 단어** : 압력 외상, 비행, 중이염, 위험 인자

## I. 서 론

고막의 압력 외상은 흔히 기압성 중이염으로 불려 왔으며, 주로 기압이 낮은 곳에서 높은 곳으로 빠르게 이동할 때 중이강과 외이 또는 내이 사이의 기압 차이에 의해 발생하고 주로 이관의 기능과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 왔다. 특히 공군 조종사의 경우 급격한 압력 변화를 자주 경험하게 되어 고막의 압력 외상 발생 빈도가 높다.<sup>1)</sup> 대부분의 환자들은 이관의 환기와 배출 기능을 돕도록 대증 치료를 시행하면 별다른 합병증 없이 회복되지만, 회복에 필요한 기간 동안 비행을 쉬게 되어 환자 개인이나 해당 부대에 부담으로 작용한다. 그러나 높은 유병률에도 불구하고, 고막의 압력 외상은 발생에서 회복까지의 병태 생리에 대한 연구가 많지 않으며 치료도 확립된 지침 없이 군의관 개인의

소견에 따라 천차만별로 이루어지고 있다.

따라서 저자는 기압성 중이염의 발생에 영향을 미칠 것으로 생각되는 요인을 정리하여 해당 요인의 유무에 따른 고막 압력 외상 발생 정도를 조사하였다. 이를 통해 조종사의 고막 압력 외상에 대한 이해를 넓히고, 일선 비행단에서 고막 압력 외상의 발생을 예방하는데 도움이 되고자 하였다.

## II. 연구 대상 및 방법

본 연구는 2009년 5월부터 2009년 8월까지 KT-1 훈련기에 탑승하여 비행 훈련을 실시하는 조종 학생 38명을 대상으로 하였다. 조종 학생들은 비행 훈련 시 고도 18000ft 이상 상승하지만 그들이 탑승하는 KT-1 훈련기에는 여압 장치가 없으므로 급격한 압력차를 경험할 확률이 높고 하강 시 Valsalva법 등의 이관 환기 보조술을 시행하는 것을 잊어버리는 경우가 많아 고막의 압력 외상 발생 빈도가 높다.

연구의 대상이 된 조종사에 대해 이비인후과 수술 병력이나 비강이나 고막의 해부학적 이상 여부를 확인하였으며 순음청력검사를 통해 청력을 확인하고 두개골 방사선 검사를 시행하여 유양돌기의 함기 정도를 측정하였다. 이후 조종사 개인마다 5회의 비행 훈련을 전후하여 비행 전 Valsalva법 가능 여부와 상기도 감염 여부를 확인하고 비행 후 고막의 압력 외상 발생 여부를 관찰하였다. 순음청력은 4분법을 이용하여 구하였다. 상기도 감염 여부는 인후부의 관찰과 문진으로 확인하였으며 비행 후 고막 소견은 portable otoscope(Welch Allyn, Germany)으로 관찰하였다. 상기의 모든 이비인후과 신체 검사는 저자 1인에 의해 시행되어 기록되었다. 조종사들은 실제 1주에 수 회 비행 훈련을 실시하고 있으나 연구의 대상이 된 비행 훈련은 연구 기간 중 무작위로 선정되었으며, 개인에 있어 5회의 측정 시기의 간격은 평균 8.5일이었다. 연구 기간에 고막의 압력 외상이 발생한 것으로 확인된 경우에는 비행휴를 부과하고 경구 점막수축제(Pseudoephedrine, bid)와 해열진통제(Acetaminophen, 650mg, tid)를 처방하고 자주 Valsalva법을 시행토록 하였으며 매일 항의대대를 방문토록 하여 비강 국소점막수축제(Oxymetazoline)를 분무하며 경과 관찰을 시행하였다. 상기도 감염의 소견이 명확한 경우에는 항생제(Augmentin, 375mg, tid.)를 5일 간 처방하였다. 이후 주관적 증상과 고막의 육안적 소견, pneumatic

otoscope을 통해 확인한 고막운동성 계측을 통해 정상 회복 여부를 판단하여 비행 훈련을 재개토록 하고, 회복 1주 후의 비행 훈련부터 다시 측정하여 총 5회의 관찰을 시행하였다.

현재까지 발표된 기압성 중이염에 대한 논문의 대부분에서 고막의 압력 외상을 이관의 환기, 배출 이상이 기인하는 것으로 보고하고 있으므로<sup>2)</sup>, 이관 기능과 관계 있을 것으로 생각되는 비행 전 상기도 감염 여부, 비행 전 Valsalva법 가능 여부, 하비갑개 비후와 비중격 만곡, 알레르기성 질환 병력의 유무에 따라 연구 대상이 된 조종사들을 분류하고<sup>2)</sup> 고막의 압력 외상 발생 정도를 비교하였으며, 추가적으로 비행 훈련 후 하강 시 Valsalva법 시행 여부와 압력 외상 발생의 유병률을 확인하였다.

고막 압력 외상의 위험 인자와 그 유병률에 대한 통계적 유의성의 검증은 Student t-test를 사용하였고 유의 수준은  $p < 0.05$ 로 하였다.

### III. 결 과

38명의 조종 학생의 평균 연령은 23세로 남자 35명, 여자 3명으로 구성되었다. 알레르기성 비염으로 진단된 병력을 가진 조종 학생은 없으나 유사 비염 증상으로 치료 받은 적이 있는 경우는 2명이었다. 1명이 비중격 만곡증으로 이비인후과에서 수술 받은 병력이 있었으며 그 외에 이비인후과 수술이나 질환의 병력을 가진 경우는 없었다. 4분법으로 측정된 순음청력 역치의 평균은 우측  $3.3 \pm 3.14$  dB HL, 좌측  $3.6 \pm 3.47$  dB HL로 모든 조종사들이 정상 청력을 보이고 있었다. 또한 38명 모두가 두개골 방사선 검사에서 양측 유양돌기의 함기화가 양호하였으며, 연구 초기 관찰한 고막의 육안 소견도 정상이어서 기질적인 이관 기능의 문제와 중이 질환은 없는 것으로 확인되었다.

연구 기간 중 고막의 압력 외상이 발생한 경우는 17명에서 18예로 전체 비행 횟수에서 9.5%의 발생률을 보이고 있어 Kim 등<sup>2)</sup>과 Behnke<sup>3)</sup>가 보고한 고막의 기압 외상의 빈도와 유사하였다. 일측성으로 발생한 경우는 13예, 양측성으로 발생한 경우가 5예였다. 압력 외상이 2회 발생한 1인의 경우 고막 압력 외상이 발생하고 난 후 3개월 후에 다시 발생하였으며, 2회 모두 대증 요법만으로 수일 내에 호전되었고 후유증은 없었다. 압력 외상이 발생한 18예 모두에서 비행 후 수분 내에 증상이 발생하였으며 14예(78%)에서 이충만감,

5예(28%)에서 이통을 호소하였다. 그러나 청력 소실이나 저하를 호소한 경우는 없었다. 압력 외상에 따른 고막의 육안 소견은 Edmond 등<sup>4)</sup>이 제시한 6등급의 기준에 따라 분류(Table. 1)하였으며 grade 1이 2예(11%), grade 2이 1예(6%), grade 3이 15예(83%)로 관찰되었다.

비행 전 상기도 감염 여부는 압력 외상이 발생한 18예 중 11예(61%)에서 있었으며, 비행 후 이상이 없었던 172예에서는 45예(26%)에서 상기도 감염이 있었다(Table. 2). 증상 별로 구분하면 압력 외상이 발생한 군에서는 비폐색이 7예, 인후 발적이 8예, 후비루가 1예, 기침이나 가래가 2예에서 있었으며, 정상 군에서는 비폐색이 18예, 인후 발적이 3예, 기침이나 가래가 30예에서 나타났다.

압력 외상이 발생한 군에서 비행 전 Valsalva법이 불가능했던 경우는 8예(44%)였으며, 정상 군에서는 24예(14%)에서 비행 전 Valsalva법이 되지 않았다(Table. 3). 상기도 감염 여부와 비행 전 Valsalva법 가능 여부는 압력 외상이 발생한 군과 정상 군에서 통계적으로 분명한 차이를 보이고 있었다( $p < 0.05$ ).

하비갑개 비후는 압력 외상을 경험한 17명 중 4명(24%)이, 압력 외상을 경험하지 않은 21명 중 5명(24%)에서 관찰되었으며(Table. 4), 비중격 만곡의 경우 압력 외상을 경험한 조종사 중 2명(12%), 압력 외상을 경험하지 않은 조종사 중 1명(5%)이 관찰되었다(Table. 5). 알레르기성 비염의 과거력의 경우 두 군에서 각각 1명이(6%, 5%) 비염으로 치료 받은 병력이 있었다(Table. 6). 하비갑개 비후나 비중격 만곡과 같은 비강의 해부학적 이상이나 비염으로 치료 받은 병력의 경우 압력 외상을 경험한 군과 경험하지 않은 군에서 그 빈도의 차이가 통계적 유의성을 보이지 않았다( $p > 0.05$ ).

고막의 압력 외상이 발생한 18예에서 비행 훈련 후 하강할 때 Valsalva법을 시행한 경우는 3예(17%), 정상의 172예 중에서는 50예(29%)에서 하강할 때 Valsalva법을 시행하였다(Table. 7). 하강 시 Valsalva법의 시행 여부는 훈련 후 고막의 압력 외상의 발생에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다( $p > 0.05$ ).

## IV. 고 찰

고막의 압력 외상은 일선 비행단의 의무대대에서 조종사를 진료하면서 가장 흔하게

접하는 질환이다. 18세기 말 Rozier가 기압성 중이염을 처음 기술하였고 1898년 Leberster와 Gomez는 고압 환경이 인체의 청력에 미치는 영향은 외부 압력의 정도와 비례하며 저압에서 고압으로의 압력 변화 시 이관이 열려주지 않으면 고막이 파열될 수 있다고 보고하였다<sup>2)</sup>. 압력에 의한 고막 외상은 2차 대전 때 항공과 잠수가 발달하면서 더욱 많은 연구가 이루어졌으며, 1980년대 들어 Summit과 Remers가<sup>5)</sup> 고압실을 이용하여 기압성 중이염 발생의 실험 모델을 개발하면서 그 이해를 넓힐 수 있었다. 이후 고막의 압력 외상과 기압성 중이염에 대한 여러 연구에서 그 발생 기전을이관의 기능 장애에 기인하는 것으로 보고하였다.<sup>2,6,7)</sup>

그러나 최근 Sade 등<sup>8)</sup>은 삼출성 중이염이나 진주종성 중이염 등 기질적으로 이관 기능이 저하되어 있는 "만성 중이염 증후군" 환자의 경우 비행기에 탑승했을 때 정상 이관 기능을 가진 경우에 비해 오히려 고막의 압력 외상의 발생이 현저히 낮다고 보고하였다. 이에 대해 Sade 등은 만성적인 이관 기능의 장애로 고막이 유착되고 유양돌기의 함기화가 불량하여 중이강의 부피가 감소하는 경우 중이강 내 공기의 분압도 줄어들기 때문에 급격한 압력 환경의 변화에서 이관을 통해 빠져나가거나 혈관으로 확산되어야 하는 공기의 양이 줄어들기 때문으로 보고 있다. 따라서 고막의 압력 외상은 단순히 이관의 환기 기능의 저하에 의한 것이 아니라 중이강의 압력과 부피를 조절하는 system의 이상으로 인한 복잡한 기전으로 인해 발생하는 것으로 보아야 할 것이며<sup>9,10)</sup> 이에 대한 더욱 많은 연구가 필요하겠다.

조종사들에게 고막의 압력 외상이 발생한 경우 지금까지의 치료는 증상을 경감시키거나 이관 점막의 부종을 감소시키는 약제를 투여하면서 고막 소견이 정상화될 때까지 지켜보는 소극적인 2차 진료에 머물러 있었다<sup>11)</sup>. 따라서 고막의 압력 외상이 발생하는 데 영향을 미칠 수 있는 인자들을 확인하고, 이를 미리 예방하여 조종사들의 전투력을 보존하려는 시도는 의미 있는 일이 될 수 있다.

본 연구에서는 비행 전 상기도 감염 여부가 고막의 압력 외상 발생에 영향을 미치는 것으로 확인되었다. Schwartz 등<sup>12)</sup>은 만성 삼출성 중이염을 가진 소아 환자 그룹이 비행을 하는 데 문제가 없었다고 하였으며, Sade 등<sup>8)</sup>은 유양돌기의 함기화가 좋으면서 급성 상기도 감염이 있는 경우 고막의 압력 외상이 발생 가능성이 높다고 하였다. 이러한 결과가 더욱 의미를 갖기 위해서는 구체적으로 어떤 증상이 통계적 유의성과 관련이 있는지 확인이 필요할 것이며 상기도 감염의 심한 정도에 대한 평가 기준도 마련되어야 할 것이다.

비행 전 Valsalva법 가능 여부는 일시적인 이관 환기 기능의 저하 여부를 쉽게 확인할 수 있는 방법으로 고려된다. 다만 본 연구에서 고막의 압력 외상이 발생한 18예 중 10예 (66%)에서 비행 전 Valsalva법이 가능하였다는 점에서 비행 제한의 기준으로 삼기에는 민감도와 특이도가 떨어진다고 볼 수 있다. 이에 대한 정확한 결과를 얻기 위해서는 더 많은 수의 조종사를 대상으로 한 연구가 필요하겠다.

또한 본 연구에서는 비강의 해부학적 구조는 고막의 압력 외상에 별다른 영향을 주지 않는 것을 확인할 수 있었다. 다만 본 연구에서는 후비강의 기류에 영향을 줄 만한 해부학적 이상을 가진 예는 없어, 심한 골성 비중격 만곡이나 심한 비용종 등 후비강의 해부학적 이상이 고막의 압력 외상에 영향을 미칠 수 있는지의 여부는 확인할 수 없었다.

## V. 결 론

본 연구에서 고막의 압력 외상의 발생률은 9.5%로 나타났다. 그리고 비행 전 상기도 감염 여부와 Valsalva법 가능 여부가 조종사들의 비행 훈련 후 고막의 압력 외상의 발생과 관련이 있는 것으로 확인되었다. 연구 대상이 된 조종사들은 모두 함기화가 좋은 유양돌기를 가지고 있으며 평상시 고막 소견이 정상이었다. 따라서 고막의 압력 외상 발생을 기질적인 이관의 환기 기능 장애만으로 설명하는 것은 한계가 있는 것으로 보이며 이에 대해 더욱 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

## - 참고 문헌 -

1. 공군 본부. Flight Surgeon's Handbook. 1995; 94-6.
2. 김형중, 황명순, 박병옥, 박홍진. 저압실 비행시 기압성 중이염의 발생기전에 관한 실험적 연구. 항공의학 1988; 35(1); 93-108.
3. Behnke AK. Physiologic Effect of Pressure Changes with Reference to Otolaryngology. Trans Am Acad Ophthal Otolaryngol 1944; 48; 63-71.
4. Edmonds C, Lowry C, Pennefether J. Diving and Subaquatic Medicine. 1<sup>st</sup> ed. New South Wales, Australia: AustraliaDiving Medical Center; 1976. p. 74.
5. Summit J, Reimers J. Noise: A Hazard to Divers and Hyperbaric Chamber Personnel. Aerospace Med. 1971; 42; 1173.
6. Newett LM. Otolaryngology and Sport Scuba Diving, Update and Guidelines. Ann Otolaryngol; 1985; 94(1 Suppl 115); 2-8
7. Hills BA. Aural Barotrauma and Surfactant. Av Space Env Med. 1983; 54(11); 1039.
8. Sade J, Amos AR, Camil F. Barotrauma via The Chronic Otitis Media Syndrome: Two Conditions with Middle Ear Gas Deficiency. Ann Otol Rhinol Laryngol. 2003; 112(3); 230-5.
9. Sade J, Fuchs C. Secretory Otitis Media in Adults. I. The Role of Mastoid Pneumatization as a Risk Factor. Ann Otol Rhinol Laryngol. 1996; 105; 643-7.
10. Rockley TJ, Hawke WM. Middle Ear as a Baroreceptor. Acta Otolaryngol. 1992; 112; 816-23.



11. 김동규. 기압성 중이염이 생긴 조종사에서의 치료 방향. 항공우주의료원 학술지 2009; 56(1); 83-9.
12. Schwartz RH. Hazards of Air Travel for a Child with Otitis. *Pediatr Infect Dis J.* 1989; 8; 542-3.

Table. 1. Six Point Grading System for Middle Ear Barotrauma.

|         |                                        |
|---------|----------------------------------------|
| Grade 0 | Symptoms with normal TM* in appearance |
| Grade 1 | Hyperemic TM                           |
| Grade 2 | TM with petechiae                      |
| Grade 3 | TM with effusion                       |
| Grade 4 | Severe hemorrhagic TM                  |
| Grade 5 | Perforation of TM                      |

\* TM : Tympanic membrane

Table. 2. Comparison on the Presence of Upper Airway Infection between the Normal Group and the Barotrauma Group.

|            | Presence of Upper Airway Infection | Absence of Upper Airway Infection | Total     |
|------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------|
| Normal     | 45(26%)                            | 127(74%)                          | 172(100%) |
| Barotrauma | 11(61%)                            | 7(39%)                            | 18(100%)  |
|            | 56                                 | 134                               | 190       |

$\chi^2 = 0.00197$  (P<0.05)

Table. 3. Comparison on the Possibility of Valsalva Maneuver before Flight Mission between the Normal Group and the Barotrauma Group.

|            | Possible | Impossible | Total     |
|------------|----------|------------|-----------|
| Normal     | 148(86%) | 24(14%)    | 172(100%) |
| Barotrauma | 10(56%)  | 8(44%)     | 18(100%)  |
|            | 158      | 32         | 190       |

$$\chi^2 = 0.00101 \quad (P < 0.05)$$

Table. 4. Comparison on the Presence of Inferior Turbinate Hypertrophy between the Normal Group and the Barotrauma Group.

|            | Presence | Absence | Total    |
|------------|----------|---------|----------|
| Normal     | 5(24%)   | 16(76%) | 21(100%) |
| Barotrauma | 4(24%)   | 13(76%) | 17(100%) |
|            | 9        | 29      | 38       |

$$\chi^2 = 0.9838 \quad (P > 0.05)$$

Table. 5. Comparison on the Presence of Deviation of Nasal Septum between the Normal Group and the Barotrauma Group.

|            | Presence | Absence | Total    |
|------------|----------|---------|----------|
| Normal     | 1(5%)    | 20(76%) | 21(100%) |
| Barotrauma | 2(12%)   | 15(76%) | 17(100%) |
|            | 3        | 35      | 38       |

$\chi^2 = 0.426$  (P>0.05)

Table. 6. Comparison on the Presence of History of Allergic Rhinitis between the Normal Group and the Barotrauma Group.

|            | Presence | Absence | Total    |
|------------|----------|---------|----------|
| Normal     | 1(5%)    | 20(95%) | 21(100%) |
| Barotrauma | 1(6%)    | 16(94%) | 17(100%) |
|            | 9        | 29      | 38       |

$\chi^2 = 0.7148$  (P>0.05)

Table. 7. Comparison on the Completion of Valsalva Maneuver at the end of Flight Mission between the Normal Group and the Barotrauma Group.

|            | Done    | Not      | Total     |
|------------|---------|----------|-----------|
| Normal     | 50(29%) | 122(71%) | 172(100%) |
| Barotrauma | 3(17%)  | 15(83%)  | 18(100%)  |
|            | 53      | 137      | 190       |

$$\chi^2 = 0.2643 \text{ (P>0.05)}$$