

<원 저>

# 전투기 조종사에서 건성안(안구 건조증)의 유발요인

공군 항공우주의료원

대위 박종화, 대위 송홍섭, 중령 허강철, 하사 장세인

## Causative Factors of Dry Eye in ROKAF Fighter Pilots

Aerospace Medical Center, ROKAF

Jonghwa Park, Heungseop Song, Kangcheol Huh, Sein Jang

### I. 서 론

건성안이란 눈물의 부족 및 눈물막의 과도한 증발로 노출된 눈꺼풀틈새의 안구 표면의 손상으로 눈의 불편감 및 자극증상을 일으키는 눈물막의 질환으로 정의할 수 있다. 안과

---

※ 주 소 : 충북 청원군 남일면 쌍수리 사서함 335-21호, 우편번호 363-849

항공우주의료원 진료부, 박 종화

전 화 : 043-290-5454

E-mail : pjh75@af.mil

※ 본 논문은 '08년도 항공우주의학연구비의 지원으로 이루어졌음.

적으로 매우 흔한 질환으로 나이가 들수록 증가하며 독서나 TV시청, 컴퓨터 작업 등과 관련하여 증상이 악화되며, 에어컨이나 전열기가 작동되는 실내에서 증상이 심해지는 특징을 나타낸다.

비행환경이 항공기 승무원이나 조종사들의 신체에 미치는 영향에 대해 많은 연구가 시행되었다. 이 연구들은 대부분 민간 항공기(commercial aircraft)를 대상으로 시행되었는데, 이 연구들에 의하면 항공기의 조종사와 승무원들은 항공기 내부의 공기, 온도, 습도, 진동 등의 환경적 요인에 의해 건강상의 많은 문제가 야기될 수 있으며, 특히 눈과 피부 점막의 건조가 유발되어 건성안과 같은 질환에 이환되거나 질환이 악화될 수 있는 위험에 노출될 수 있다고 한다.

공군의 전투기 조종사의 경우 비교적 짧은 시간에 고도의 집중력이 필요한 비행임무를 수행하며, 헬멧과 바이저와 같은 특수장비를 사용하는 경우가 많고, 조종석이 좁은 공간에 위치하면서, 캐노피에 의해 외기와 폐쇄되어 있는 등 민간항공의 조종사들과는 많은 환경적인 차이점이 존재한다. 또한 근무지 환경에 따라 벙커에서 생활하는 경우가 있으며, 임무에 따라 컴퓨터 작업과 서류 작업을 주로 담당하는 경우도 있다. 따라서 이러한 차이로 인해서 건성안의 발생과 악화에 영향을 미치는 요인에도 차이가 있을 수 있다.

저자들은 공군 전투기 조종사들의 건성안 발생율을 알아보고, 조종사들의 건성안이 총 비행시간과 같은 비행관련 요소와 일상 근무환경과 같은 환경적 요소 중 어떤 요소와 보다 관련이 있는지를 알아보고자 하였다.

## II. 대상 및 방법

전신질환과 다른 안과적 질환이 없는 현역 공군 전투기 조종사 123명을 대상으로 하였으며, 조종사들의 전투기 기종은 F-16, F-4, F-5만을 대상으로 하였다. 모든 대상자들은 설문조사를 시행한 후에 시력과 안압측정, 세극등 현미경검사 등을 포함한 안과적 검사를 시행하였고, 눈물막 파괴시간 및 쉬르머 값을 측정하였다.

먼저 설문조사를 시행하였는데 설문내용은 비행과 관련하여 현재의 전투기 기종, 총 비행시간, 1회 평균 비행시간을 조사하였고, 일상 근무 환경과 관련하여 Bunker에서 생활하는지 여부와 하루 4시간 이상의 컴퓨터 작업을 하는지 여부를 조사하였다. 건성안

관련증상에 관한 설문조사는 이물감, 작열감, 안통, 건조감 등의 6가지 건성안과 관련된 안구 자극 증상(Table 1)을 제시하고 각각의 증상이 비행이나 일상 근무와 관련하여 발생되는지를 알아보았다. 그 후에 세극등 현미경을 이용한 안구 표면의 이학적 검사를 시행하여 실모양체(filament), 눈물띠 부유물(meniscus floater), 점액가닥(mucous strand) 등 건성안에서 관찰될 수 있는 이학적 소견이 있는지 여부를 검사하였다.

눈물막 파괴시간은 형광염색제가 묻은 검사지에 방부제를 첨가하지 않은 식염수 1방울을 떨어뜨린 후에 아래구석결막에 묻히고 눈을 몇 차례 감았다 뜨게 한 후 염색된 눈물막에 분산된 건조점(dry spot) 또는 구멍(hole)을 관찰하고 첫 번째 결손이 생길 때까지의 시간을 측정하였다. 검사는 3회를 시행하고 그 평균치를 기록하였다.

쉬르머 검사는 눈물막 파괴시간 검사 후 5분 이상의 간격을 두고 시행하였다. 쉬르머 검사용지(EagleVision, U.S.)의 끝 부분을 접어 아래결막낭 외측 1/3 위치에 넣고, 5분 후에 검사용지를 꺼내어 눈물이 젖은 부위의 길이를 밀리미터로 기록하였다.

건성안과 관련된 안과적 증상여부, 건성안과 관련된 세극등 현미경소견, 눈물막 파괴시간 5초 미만, 쉬르머 값 10mm 미만의 4가지 조건 중 2가지 이상에 해당되는 경우에 건성안으로 진단하였다. 건성안 진단기준에 부합하는 전투기 조종사들을 건성안군으로 부합하지 않는 조종사들을 비건성안군으로 분류한 후에 사전에 시행한 설문조사 내용 중 비행관련 인자와 업무환경 관련 인자 중 전투기 조종사의 건성안이 어떤 요소와 관련이 있는지의 여부를 통계학적인 분석을 통하여 알아보았다.

통계학적인 분석은 SPSS 12.0K를 사용하였으며, p값이 0.05미만일 경우 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

### III. 결 과

총 대상 조종사 123명의 전투기 기종은 F-5가 61명으로 가장 많았으며, F-4가 39명, F-16이 23명이었다. 전체 대상의 평균 연령은  $31.51 \pm 0.67$ 세 였으며, 기종에 따라 약간의 차이가 존재하기는 하나, 조종사들의 총 비행시간은  $1215 \pm 118$ 시간 이었고, 1회 평균 비행시간은  $1.01 \pm 0.01$ 시간 이었다(Table 2).

건성안에서 관찰될 수 있는 이학적 소견은 13명(10.5%)에서 관찰되었으며, 각막미란

9명(7.3%), 점액가닥 3명(2.4%), 눈물띠 부유물 1명(0.8%) 순이었다(Table 3).

비행이나 근무와 관련하여 나타났던 건성안 관련 증상에 대한 설문조사에서는 22명(17.9%)이 안구 자극 증상을 느낀다고 응답하였다. 건조감을 느끼는 경우가 12명(9.8%)으로 가장 많았고, 작열감 4명(3.3%), 이물감 3명(2.4%)의 순으로 나타났다(Table 4).

평균 눈물막 파괴시간과 쉬르머 값은 대상들의 전투기 기종간의 큰 차이 없이 각각  $8.95 \pm 3.83$ 초와  $18.84 \pm 8.64$ mm로 나타났다(Table 5).

지금까지의 결과를 이용하여 위에서 제시한 건성안의 4가지 진단기준 중 2가지 이상을 만족시키는 경우를 건성안군으로 분류한 결과, 전체 대상 중 30명(24.39%)이 건성안군으로 분류되었으며 93명(75.61%)이 비건성안군으로 분류되었다.

건성안군과 비건성안군에 대해 총 비행시간과 1회 평균 비행시간의 비행관련 인자와 근무지가 Bunker인지 혹은 하루 4시간 이상의 컴퓨터 작업에 노출되어 있는지 여부의 근무 환경 인자와의 통계학적인 관련성을 분석해 본 결과 근무 환경적인 요소가 비행관련 요소보다 전투기 조종사의 건성안과 통계적으로 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다(Table 6).

## IV. 고 찰

눈물막은 가장 바깥쪽에 위치한 지방층을 포함하여 수성층, 점액층의 모두 세층으로 이루어지며 각막과 결막의 여러 세포에 수분과 산소를 공급하며, 항균작용 및 유해한 자극에 대한 희석 및 보호작용 등을 담당한다. 또한 시기능적인 측면에 있어서도 안구표면을 매끄럽게 하여 사물이 뚜렷하게 보이도록 하는 중요한 기능을 담당하기 때문에, 항공기 조종사들에게 중요한 영향을 미친다고 할 수 있다.

정상적인 안구표면을 유지하는 것은 시력 보존에 필수적인 요소이며 이를 유지하기 위해서는 여러 가지 방어기전이 필요하다. 눈물막은 이 방어기전 중에서 가장 중요한 역할을 담당하게 되는데 이러한 눈물막의 이상이 건성안을 일으키는 원인으로 작용한다. 1993~1994년도 건성안 임상시험에 관한 미국 국립 안연구소(National Eye Institute; NEI/Industry Workshop)에서는 건성안을 '눈물의 부족 및 눈물막의 과도한 증발로 노출된 눈꺼풀틈새의 안구표면 손상으로 눈의 불쾌감 및 자극증상을 일으키는 눈물막의 질환'

으로 정의하고 있다.<sup>1</sup> 그러나 최근 눈물의 생성과 배출이 안구표면, 눈꺼풀 그리고 눈물샘이 신경되돌림회로(neural feedback loop)와 연결되어 새로운 눈물을 생성하고 안구표면으로부터 사용된 눈물을 배출하는 기능을 지닌 하나의 통합된 단위(Integrated ocular surface/lacrimal functional unit)에 의해 이루어진다는 개념이 받아들여지고 있다.<sup>2</sup> 이러한 눈물샘의 기능적 단위에 이상이 생기면 눈물의 순환에 장애가 생기고 불안정한 눈물막이 형성되며, 이로 인해 안구에 자극증상이 생기고 상피병변이 발생하게 된다. 또한 눈물의 생성이 감소하면서 눈물 청소율이 떨어지고 안구표면에 여러 염증성 매개체들이 나타나게 되고 이로 인해 염증반응이 시작되어 건성안이 발생하게 된다는 면역학적 개념에 기초한 염증성 질환으로써 건성안을 이해하게 되었다.<sup>3,4)</sup>

건성안의 진단에서 객관적인 이학적 검사는 매우 중요하다. 건성안에서 관찰되는 소견은 실모양체(filament), 눈물띠(tear meniscus) 높이 감소, 눈물띠 부유물(meniscus floater), 점액가닥(mucus strand)등이 있다. 이 중에서 실모양체는 주로 건조에 의해서 형성되며, 각막표면에 붙어 있어 심한 자극증상을 유발할 수 있어서 조종사들에게 발생한다면 임무수행에 많은 지장을 초래할 수 있다. 하지만 본 연구에서는 검사상 각막표면에 실모양체가 관찰된 전투기 조종사는 없었다. 이학적 검사상 가장 많이 관찰된 소견은 각막미란(corneal erosion)이었는데, 각막미란도 적절한 치료 없이 장기간 반복되거나 지속될 경우 각막에 반흔을 형성하여 시력저하 등의 심각한 문제를 일으킬 수 있으므로 정기적인 안과 검사를 통해 조기에 발견하여 치료하는 것이 바람직 할 것이다.

건성안에서 안구 자극 증상은 다양한 형태로 나타난다. 안구표면에는 건조함을 느끼는 특이적인 감각기가 없기 때문에 환자들이 자신의 증상을 각자 다양하게 표현하는 경우가 많다. 본 연구에서는 증상을 호소하는 조종사중 뻑뻑하다는 느낌의 건조감(dry eye sensation)을 호소하는 경우가 9.8%로 가장 많았다. 그 외에도 비눗물이 들어간 듯한 작열감(burning sensation)을 호소하는 경우와 이물감(foreign body sensation)을 호소하는 경우가 비교적 많은 것으로 나타났다.

건성안의 진단에 사용되는 객관적인 진단방법 중 눈물막 파괴시간의 감소는 눈물막의 불안정을 의미한다. Lemp et al<sup>5</sup>의 보고에 의하면 형광염색액을 이용한 눈물막 파괴시간의 측정은 믿을 수 있고 재현성 있는 검사이며, 10초 이하인 경우 비정상이라 한다. Norn et al<sup>6</sup>의 보고에서는 눈물막 파괴시간이 정상인에서 평균 30초지만 변이가 심했다고 했으며, 국내에서는 Lee et al<sup>7</sup>이 건강한 남녀 300명을 대상으로 눈물막 파괴시간을 측정하

결과, 남자의 평균은  $13.59 \pm 4.62$ 초였고, 여자의 평균은  $13.15 \pm 4.03$ 초였다고 하였다. 본 연구에서 대한민국 공군 전투기 조종사들의 평균 눈물막 파괴시간은  $8.95 \pm 3.83$ 초로 나타났다. 절대적인 수치 의미는 중요성이 비교적 떨어지며, 눈물막 파괴시간이 나이가 증가함에 따라 감소하는 사실을 감안하더라도 조종사들의 눈물막 파괴시간이 상대적으로 짧은 것으로 나타났다는 사실은 조종사들이 건성안에 이환될 수 있는 가능성이 일반인에 비해 상대적으로 높을 수 있음을 나타내는 임상소견이라고 할 수 있다.

쉬르머 검사는 가장 흔히 사용되는 눈물 생성량의 측정 방법이다. 일정시간 동안 검사지에 눈물이 젖은 정도를 측정하는데, 그 정확성이 떨어지고 변이도와 재현성이 나쁘다는 점에서 한계를 내포하고 있는 검사방법이다. 그러나 검사의 편이성으로 인하여 임상에서는 건성안의 진단을 위해 눈물막 파괴시간과 함께 널리 사용되고 있다.<sup>8-10)</sup> 점안 마취를 하는 경우를 쉬르머 II, 점안 마취를 하지 않는 경우를 쉬르머 I 검사라고 한다. Van Bijsterveld<sup>11)</sup>는 쉬르머 I을 이용해 5분간 5.5mm가 젖는 것을 경계로 수성눈물 결핍을 진단하였는데, 이 결과 건성안 환자의 83%에서 정확한 진단이 가능했다고 하였다. 이번 조사에서 나타난 조종사들의 쉬르머 검사결과를 해석하는 데에도 이러한 여러 가지 면을 고려해야 할 것으로 생각된다.

일반적으로 건성안 환자의 유병율은 14~33%로 매우 높은 것으로 알려져 있다.<sup>12-14)</sup> 인종에 따른 차이가 있어서 특히 동양인과 히스패닉계에서 건성안의 유병율이 더 높은 것으로 알려져 있으며 일본에서 시행된 연구에 의하면 일반인의 17%가 건성안으로 진단되기도 하였고,<sup>15)</sup> 대만에서의 한 연구는 1361명을 대상으로 하여 33.7%의 건성안 유병율을 보고하기도 하였다.<sup>13)</sup> 이러한 유병율의 차이는 건성안의 진단기준을 어떻게 설정하느냐에 따라서 차이가 날 수 있기 때문에 직접적인 비교에는 무리가 따른다. 본 연구에서는 대상 조종사들 중 24.39%가 건성안으로 진단되었는데, 이는 비행환경과 관련하여 항공기 조종사와 승무원들에서 건성안의 발생이 많을 수 있다는 여러 연구 결과와도 일치하는 점이다.<sup>16,17)</sup>

건성안은 환자 개인의 안구표면 상태나 눈물분비의 변화, 눈물의 증발량 증가 등으로 내인적 요인으로 인해 발생하거나 악화될 수 있지만, 환경요인이나 콘택트렌즈, 장기간의 모니터 사용과 같은 외부 환경의 영향을 크게 받는 질환이다. 특히 항공기의 경우 낮은 습도와 높은 온도로 인하여 건성안의 증상을 크게 악화시키는 것으로 알려져 있는데, 전투기의 경우에도 민간 항공기와 비교하여 조종석이 좁은 공간에 위치하면서, 캐노피에

의해 외기와 폐쇄되어 있는 등의 차이점이 존재하기는 하지만 조종사들이 시기능을 고도로 집중해야 하는 상황에 오래 노출되어 있는 점과 급격한 기압변화에 자주 노출된다는 점 등으로 인하여 안구 자극과 눈물층의 불안정성이 증가할 가능성이 높아지게 된다.

저자들의 연구에서 전투기 조종사들의 건성안에 주로 영향을 미치는 요인으로 나타난 것은 장시간의 컴퓨터 작업과 Bunker 근무였다. 군내에서도 이제 대부분의 업무를 컴퓨터를 이용하여 처리하게 되면서 조종사들의 컴퓨터 이용 시간도 크게 증가하고 있다. 과도한 컴퓨터 작업은 visual display terminal(VDT) 증후군을 일으킬 수 있고, 안구건조, 결막충혈, 이물감, 따가움, 피로감, 두통 등과 같은 안과적 증상을 일으킬 수 있다.<sup>18)</sup> 이 중에서 안구건조는 컴퓨터 작업으로 인하여 눈깜박임 횟수의 감소와 안검열의 확장으로 인한 눈물의 빠른 증발 및 눈물 분비의 감소 때문에 발생하며 이러한 경우 건성안 증상을 호소하게 된다.<sup>19-21)</sup> Bunker는 공간의 특수성으로 인하여 공기의 순환 장애가 발생하며 습도와 온도 조절에 많은 어려움이 있다. 따라서 근무자들의 비강과 인두 점막, 안구, 호흡기계에 건강상의 문제를 야기하게 된다.

본 연구가 대한민국 공군 조종사들의 건성안에 대한 명쾌한 해답을 제시하지는 못하지만, 지금까지 상대적으로 거의 연구가 이루어지지 못했던 공군 전투기 조종사들의 건성안을 이해하고 악화요인을 포함한 문제점을 파악하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다. 검사 대상이 전체 전투기 조종사들을 대상으로 하지 못했던 점과 수송기, 정찰기, 헬기와 같은 공군에서 운용중이 다른 항공기 기종에 대한 연구 및 고찰이 추가적으로 필요한 부분으로 여겨진다.

## - 참고 문헌 -

1. Lemp MA. Report of the National Eye Institute/Industry workshop on Clinical Trials in Dry Eyes. *CLAO J* 1995;21:221-32.
2. Stern ME, Beuerman RW, Fox RI, et al. The pathology of dry eye: the interaction between the ocular surface and lacrimal glands. *Cornea* 1998;17:584-9.
3. Stern ME, Gao J, Siemasko KF, et al. The role of the lacrimal functional unit in the pathophysiology of dry eye. *Exp Eye Res* 2004;78:409-16.
4. Dana MR, Hamrah P. Role of immunity and inflammation in corneal and ocular surface disease associated with dry eye. *Adv Exp Med Biol* 2002;506:729-38.
5. Lemp MA, Hanmil JR. Factors affecting tear film break-up in normal eyes. *Arch Ophthalmol* 1973;89:103-5.
6. Norn MS. Demodex folliculorum. *Acta Ophthalmol* 1970;108:85.
7. Lee JK, Ki CW, Roh KG. The significance of the tear film break-up time (BUT) in the diagnosis of the dry eye syndrome. *J Korean Ophthalmol Soc* 1985;26:1311-5.
8. Lee JH, Hyun PM. The reproducibility of Schirmer test. *J Korean Ophthalmol Soc* 1986;27:31-5.
9. Lambert DW, Foster CS, Perry HD. Schirmer test after topical anesthesia and the tear meniscus height in normal eyes. *Arch Ophthalmol* 1979;97:1082-5.
10. Vanley GT, Leopold IH, Gregg TH. Interpretation of tear film break up. *Arch Ophthalmol* 1977;95:445-8.
11. Van Bijsterveld OP. Diagnostic tests in sicca syndrome. *Arch Ophthalmol* 1985;82:10-4.
12. Schein OD, Munoz B, Teilsch JM, et al. Prevalence of dry eye among the elderly. *Am J Ophthalmol* 1997;124:723-8.
13. Lin PY, Tsai SY, Cheng CY., et al. Prevalence of dry eye among an elderly Chinese population in Taiwan: the Shihpai Eye Study. *Ophthalmology* 2003;110:1096-101.



14. Brewitt H, Sistani F. Dry eye disease: the scale of the problem. *Surv Ophthalmol* 2001;45:199-202.
15. Hikichi T, Yoshida A, Fukui Y, et al. Prevalence of dry eye in Japanese eye centers. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1995;233:555-8.
16. Eng WG. Survey on eye comfort in aircraft. I. Flight attendants. *Avit Space Environ Med* 1979; 50:401-4.
17. Smolensky MH, Lee E, Mott D, et al. A health profile of american flight attendants (FA). *J Human Ergol* 1982;11(Suppl):103-19.
18. Thompson WD. Eye problems and visual display terminals the facts and the fallacies. *Ophthalmic Physiol Opt* 1998;18:111-9.
19. Boss SR, Calissendorff BM, Knave BG, et al. Work with video display terminal among office employees. III Ophthalmic factors. *Scand J Work Environ Health* 1985;11:475-81.
20. Yaginuma Y, Yamada H, Nagai H. Study of the relationship between lacrimation and blink in VDT work. *Ergonomics* 1990;33:799-809.
21. Cho YA, Won JS, An GJ. The effect on the eye dryness of dye during VDT works. *J Korean Ophthalmol Soc* 1996;37:1991-5.

Table 1. Dry eye related ocular symptoms in our questionnaire

<b>Dry eye symptoms</b>
1) Foreign body sensation
2) Burning sensation
3) Ocular pain
4) Itchiness
5) Dry eye sensation
6) Epiphora

Table 2. Demographics of pilots

<b>Demographics</b>	<b>F-4</b>	<b>F-5</b>	<b>F-16</b>	<b>Total</b>
No. of pilots	39	61	23	123
Ages (years)	31.35±0.42	29.73±0.84	33.45±0.74	31.51±0.67
Total flying hours	1049±121	892±85	1705±148	1215±118
Mean flying hours	1.05±0.01	0.97±0.01	1.01±0.01	1.01±0.01

Table 3. Number of pilots with dry eye related ocular findings

<b>Types</b>	<b>No. of pilots</b>			<b>Total (%)</b>
	<b>F-4</b>	<b>F-5</b>	<b>F-16</b>	
Corneal erosion	3	4	2	9 (7.3)
Corneal filament	0	0	0	0 (0.0)
Meniscus floater	1	0	0	1 (0.8)
Mucous strands	0	2	1	3 (2.4)
Normal finding	35	55	20	110 (89.5)

Table 4. Number of pilots with dry eye related symptoms

Types	No. of pilots			Total (%)
	F-4	F-5	F-16	
Foreign body sensation	0	2	1	3 (2.4)
Burning sensation	1	3	0	4 (3.3)
Ocular pain	1	0	0	1 (0.8)
Itchiness	0	0	1	1 (0.8)
Dry eye sensation	3	7	2	12 (9.8)
Epiphora	0	1	0	1 (0.8)
No symptom	34	48	19	101 (82.1)

Table 5. Tear break-up time and Schirmer test

Types	F-4	F-5	F-16	Total
TBUT*(sec)	9.23±3.01	8.58±4.81	9.03±3.67	8.95±3.83
Schirmer test <sup>†</sup> (mm)	18.92±7.46	18.36±10.42	19.25±8.04	18.84±8.64

\*TBUT : Tear break-up time

‡ Schirmer test : Schirmer test without anesthesia (Schirmer test I)

Table 6. Environmental risk factors for dry eye

Risk factors	Dry eye group	Non dry eye group	P value
No. of pilots	30 (24.39%)	93 (75.61%)	
Flight environmental factor			
Total flying hours	1266±101	1149±89	0.508 <sup>†</sup>
Mean flying hours	1.02±0.01	1.00±0.01	0.635 <sup>†</sup>
Office environmental factor			
Bunker (No.)	9	0	0.021 <sup>‡</sup>
VDT* ≥4 hours (No.)	7	1	0.037 <sup>‡</sup>

\* VDT : Visual display terminal

† Student t-test

‡ Chi-square test