

중 · 저배율 의료용 망원경의 설계 및 제작

Design & Manufacturing of Surgical Telescope with Medium and Low Magnification.

김선희, 이호찬, 이재형, 이하덕*, 김재순
서울대학교 물리학과, *Xenosys. Co.
shkim@photon.snu.ac.kr

일반적인 눈의 분해능은 1분으로, 400mm의 거리에 있는 0.06mm 크기의 물체(9lp/mm)를 구분할 수 있다.⁽¹⁾ 굵은 혈관의 경우 지름이 30~40 μ m, 치아 속 굵은 신경의 경우 지름이 2.8 μ m에 지나지 않기 때문에 의사들이 수술과 같은 섬세한 임상작업을 하기 위해서는 광학장비가 필요하다. 이를 위해 수술용 현미경을 사용하거나 갈릴레이 망원경의 대물렌즈에 줌 렌즈방식 초점거리 가변형 증거리용 망원경(telemicroscope)을 사용한다. 그러나 수술용 현미경은 부피가 크고 무거워서 이동을 하거나 사용하기에는 약간 번거로운 뿐만 아니라 의사의 활동성을 제한하고 장시간 사용시 눈의 피로를 유발할 수 있고, 또한 증거리 망원경을 사용자의 눈에 배열할 때 상이 왜곡되거나 선명도가 감소된다. 그러므로 의사들은 이러한 단점을 보완하기 위해 특수하게 고안된 광학장비인 의료용 망원경(Surgical Telescope; 이하 ST)을 필요로 하게 된다.

ST는 과도한 눈의 운동과 두뇌에서 느끼는 혼돈으로 인한 피로를 없애기 위하여 시준, 분해능, 상면만곡, 왜곡, 시계, 배율, 착용편의성 등을 고려하여 제작하되 눈간거리, 작업거리, 경사각, 수렴각 등을 고려하여 개인의 특성에 맞게 설계해야 한다. 또한, 사용자가 이미 가지고 있는 난시나 원, 근시 등도 조립시 보정되어야 한다.

일반적으로 신경외과, 정형외과 등에서는 고배율 ST를 사용하고, 치과, 안과, 이비인후과 등에서는 중 · 저배율 ST를 사용한다. 고배율인 배율 3.5 \times ST의 경우 대부분 케플러식 망원경을 적용하고, 중 · 저배율인 배율 2.5 \times ST와 배율 1.8 \times ST의 경우 갈릴레이식 망원경을 적용한다. 갈릴레이식 망원경은 운동량이 작기 때문에 flip-up형 ST가 가능하다. flip-up형은 안경렌즈의 교체없이 확대시계에서 실시계로 전환과 맨눈의 넓은 시야가 요구되는 작업이 용이하고 눈간거리와 경사각의 조정이 가능하다. flip-up형은 출사동공거리(eye relief)가 변하기 때문에 이에 따른 시야(field)의 변화도 설계시 고려되어야 한다.⁽²⁾

배율 2.5 \times ST와 배율 1.8 \times ST는 각각 눈의 일반적인 눈의 분해능을 기준으로 400mm의 거리에 있는 대략 0.024mm 크기의 물체(21lp/mm)와 0.033mm 크기의 물체(15lp/mm)를 구분할 수 있어야 한다.

그림 1과 2는 설계된 광학계의 형태이며, 그림 3과 4는 광학 성능을 나타낸다.

ST의 제작을 위해서는 대물렌즈부를 조절하여 망원경의 초점거리와 사용자의 작업거리를 일치시키기 위한 초점조절기, 안경에 telescope assembly(TA)를 부착하기 위해 안경렌즈에 TA의 직경과 일치하는 구멍을 뚫기 위한 천공기, 좌우 망원경이 맺는 상이 정확하게 일치하도록 수렴각도를 조절하고, 사용자의 눈간 거리와 일치하도록 망원경을 배치하기 위해서 광축 조절기 및 배율, 분해능 시험기 등의 여러 가지 조립 및 측정 장치에 관한 연구가 이루어져야 한다. 특히, 고배율 ST의 모양이 원통형인 것과 달리 중 · 저배율 ST의 모양은 원뿔형이라서 안경렌즈에 TA의 직경과 일치하는 구멍을 뚫기 어렵기 때

문에 천공기에 관한 연구는 중요하다.

그림 5는 완성된 ST의 사진으로, 일반 망원경을 근거리 망원경으로 수정한 경우의 성능을 비교해 본 결과 그 성능이 월등히 좋은 것으로 확인되었다.

앞으로의 연구과제는 흉부외과·신경외과의 심장수술, 혈관수술, 뇌수술 등을 할 때 사용할 수 있는 배율 4.5× ST를 제작하는 것과, 수술시 그림자를 제거해주면서 머리위의 수술조명을 맞추기 위한 시간적 낭비를 없애주기 위하여 ST와 같은 축 상에 광섬유를 이용한 조명(co-axial illumination)을 부착하는 것이다.

T
C

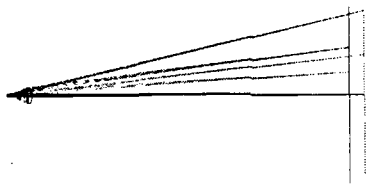
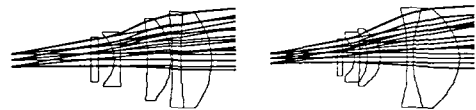


그림 1. 물체와 상을 포함한 전체 렌즈계의 형태



(a) 1.8배 ST (b) 2.5배 ST

그림 2. 렌즈계의 형태

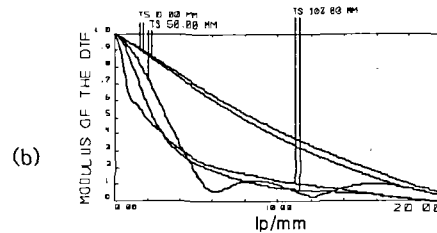
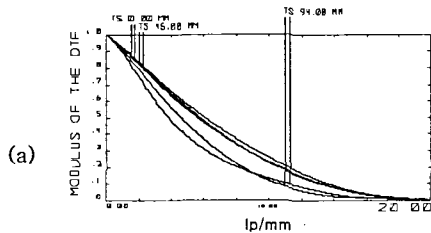


그림 3. 분해능 그래프 (a) 1.8배 ST (b) 2.5배 ST

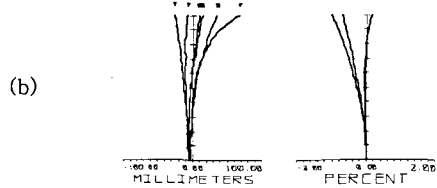
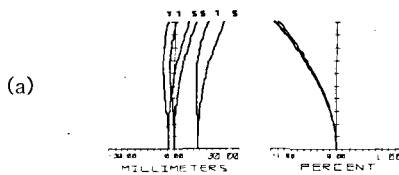
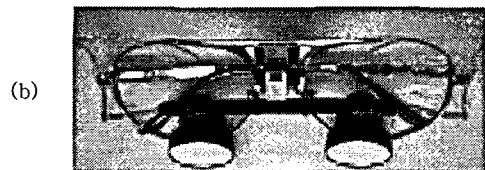


그림 4. 상면만곡과 왜곡 (a) 1.8배 ST (b) 2.5배 ST



참고문헌

1. Pantazis Mouroulis, "Visual Instrumentation", McGraw-Hill Professional (1999).
2. Warran J. Smith, "Modern Optical Engineering", McGraw-Hill, pp.257-267 (1991).
3. 이호찬, 김재순, 이재형, 이하덕, "배율 3.5× 의료용 망원경의 설계 및 제작", 한국광학회 2003년도 동계학술발표회 논문집, pp.112-113.