

망막조도 변화가 시력과 융합에
미치는 영향

연세대학교 대학원

의과학 사업단

김 남 수

망막조도 변화가 시력과 융합에
미치는 영향

지도 이 종 복 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2001년 6월 일

연세대학교 대학원

의과학 사업단

김 남 수

김남수의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

심사위원 _____ 인

연세대학교 대학원

2001년 6월 일

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 세심한 지도를 베풀어 주시고 여러 가지로 부족한 저를 이끌어 주신 이종복 교수님께 진심으로 감사를 드립니다.

논문을 준비하는 동안 지도 편달을 아끼지 않으신 한승한 교수님과 고희준 교수님께 감사를 드리며, 연구 과정에서 자료 수집에 도움을 아끼지 않은 유혜린 선생, 장윤희 선생, 최철명 선생, 성열석 선생에게도 특별한 고마움을 전합니다.

사랑하는 아내와 아들 성원에게도 고마움을 전하며 끝으로, 지금까지 사랑과 믿음으로 길러주신 부모님께 이제서야 고마움을 표합니다.

저 자 씀

차 례

국문요약	1
I. 서 론	2
II. 대상 및 방법	4
1. 대상	4
2. 방법	5
III. 결 과	7
1. 망막조도 변화가 시력에 미치는 영향	7
2. 망막조도 변화가 융합에 미치는 영향	8
IV. 고 찰	9
V. 결 론	12
참고문헌	13
영문요약	16

그림 차례

그림 1. 망막조도 변화가 시력에 미치는 영향	7
그림 2. 망막조도 변화가 융합에 미치는 영향	8

표 차례

표 1. 중성필터	4
표 2. Fusion slide	4

망막조도 변화가 시력과 융합에 미치는 영향

양안시 기능에 영향을 주는 요인으로는 망막에 맺히는 상의 크기와 선명도, 밝기의 차이 등이 있으며 본 연구는 상의 밝기 변화에 따른 시력과 융합의 변화를 관찰하여 상의 밝기 또는 망막의 조도 변화가 양안시 기능에 어떤 영향을 주는지 알아보려고 하였다.

양안시 기능이 정상인 성인에서 양안의 최대 교정시력과 대약시경을 이용한 최소 크기의 융합 능력을 측정한 후 중성필터 (Neutral density filter)를 이용하여 양안의 망막조도를 단계적으로 감소시킬 때 최대교정시력과, 좌안에만 중성필터를 착용한 후 양안의 최소크기의 융합 능력을 측정하였다. 양안시 기능이 정상인 50명 100안을 대상으로 하였고 평균 연령은 31.9세였다. 중성필터를 0.1 ND (80%투과율)부터 1.0 ND (10%투과율)까지 단계적으로 착용하여 검사한 결과, 최대 교정시력과 융합 능력은 중성필터를 착용하지 않은 상태와 차이가 없었으나 2.0 ND (1%투과율)에서는 최대 교정시력과 융합 능력이 의미있게 저하되었다 ($p < 0.01$).

이러한 실험의 결과 망막의 조도 변화가 2.0 ND 이상에서 의미있게 시력과 융합에 영향을 줌 ($p < 0.01$)으로 90% 이하의 빛의 차단은 시력과 융합에 영향을 주지 않는 것으로 나타났으며, 심한 조도의 감소시에는 시력과 융합이 같이 감소되었다. 향후 양안시 기능에 영향을 주는 다른 요인에 대해서도 지속적인 연구가 필요하며 이러한 연구를 통해 약시의 예방과 조기 진단에 도움이 될 것이다.

핵심 되는 말: 망막조도, 중성필터, 시력, 융합

망막조도 변화가 시력과 융합에 미치는 영향

< 지도 이 중 복 교수 >

연세대학교 대학원 의과학 사업단

김 남 수

I. 서론

양안시 기능이란 두 눈으로 물체를 보는 기능이며 융합에 의해 두 눈에 맺혀진 상이 대뇌에서 하나의 구체적인 상으로 해석되어 받아들여짐을 뜻한다. 임상적으로 양안시 기능이란 입체시 기능을 뜻하며 입체시는 두 눈이 옆으로 약간 떨어져 있으므로 두 눈에 들어오는 상의 모습이 약간 차이가 나서 생기는 양안시차에 의한 시각현상이다.¹

입체시 기능을 갖기 위해서는 융합의 기능이 필수적으로 존재하여야 하며 감각융합과 운동융합이 있다. 감각융합은 양안 중심좌에 결상되는 두 개의 물체를 동시에 지각하는 제1도 융합, 하나로 인식하는 2도 융합, 입체시를 뜻하는 제3도 융합이 있으며 운동융합은 비슷한 상이 망막의 대응점에 떨어지도록 눈을 움직임을 뜻한다.^{2,3,4}

양안시 기능은 발달에 결정적인 시기가 있어 이 시기에 시력발달에 필수적인 적절한 시각적 자극이 차단되는 경우에 약시가 되기 때문에 양안시 기능에 영향을 줄 수 있는 요소에 대한 연구는 매우 중요하다.^{5,6} 양안시 기능 또는 융합의 기본조건으로는 상의 크기, 선명도, 밝기가 있으며 소아 약시 발생의 흔한 원인인 부동상시 (두 눈의 상의 크기의 차이)와 굴절부동 (두 눈의 상의 선명도 차이)에 대해서는 많은 연구가 발표되었으나 상의 밝기 변화에 대한 시력과 융합에 대한 연구는 매우 적은 형편이다.^{7,8,9,10,11,12} 망막의 조도 변화시 란도트 입체시검사와 티티무스검사로

입체시력을 검사한 보고는 있으나 시력과 대약시경을 이용한 융합의 변화를 관찰한 보고는 없다.^{13,14}

본 연구는 양안 시기능이 정상인 성인에서 중성필터를 사용하여 실험적으로 야기된 상의 밝기 또는 망막조도를 변화시켜 최대 교정시력에 미치는 영향과 대약시경을 이용하여 융합에 미치는 영향을 관찰하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 대상

20세부터 40세까지 건강한 성인 50명 (100안)을 대상으로 시력검사, 안압 측정, 세극등 현미경 검사, 사시검사, 굴절검사, 안저검사 등을 시행하였다. 안과적 질환이 있거나, 양안 최대교정시력이 1.0이 안 되거나, 사시 검사상 근거리 또는 원거리에서 사시각이 5프리즘 이상인 대상자는 제외하였다.

망막 조도, 즉, 상의 밝기의 차이를 인위적으로 만들기 위해 중성필터를 사용했으며 중성필터는 빛의 투과도를 감소시켜 망막 조도를 감소시키는데 (표 1) Kodak사 (Kodak Co., Rochester, N.Y., U.S.A)의 75mm × 75mm 크기의 젤라틴 필터 (gelatin filter)를 사용했다.

표 1. 중성필터 (Kodak Co, Rochester, N.Y., U.S.A.)

ND filter (ND)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	2.0	3.0	4.0
% Transmit	80	63	50	40	32	25	20	16	13	10	1	0.1	0.01

망막 조도 변화가 융합에 주는 영향을 알아보기 위해 대약시경 (Synoptophore, Clement Clarke, Haag-Streit international)으로 융합이 가능한 최소 크기의 Fusion slide (Green card test)를 찾아 융합 능력을 구하였다 (표 2).

표 2. Fusion slide

Fusion slide	F 155	F 201	F 9	F 51	F 13	F 17	F 27	F 99
	F 156	F 202	F 10	F 52	F 14	F 18	F 28	F 100
Fusion size vertical	2 °	4.5 °	6.5 °	8 °	9 °	9.5 °	9.5 °	11 °
Fusion size horizontal	1 °	3.5 °	6.5 °	7 °	10 °	9.5 °	12 °	16 °

대약시경은 양안이 두 개의 관통 봉해 서로 다른 상을 보게 고안된 장치로 각각의 눈에 유사하지만 조금 다른 그림 (예를 들면 똑같은 토끼에 하나는 오른손에 당근을, 다른 하나는 왼손에 바구니를 들고 있음)을 보여 주고 두 상이 하나로 인식되는지 즉, 융합 정도를 알 수 있는 검사이다.

2. 방법

가. 망막조도 변화가 시력에 미치는 영향

양안의 최대 교정시력을 측정한 다음 각 안에 중성필터를 0.1 ND부터 4.0 ND까지 (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 ND) 착용하고 빛의 투과율을 감소시켜 상의 밝기를 단계적으로 감소시킨 후, 각 단계의 조도에서 최대 교정시력을 측정하였다. 각 측정 단계마다 30분 이상의 시간을 두어 기억 효과나 피로로 인한 오차를 예방했다.

나. 망막 조도 변화가 융합에 미치는 영향

대약시경으로 융합이 가능한 최소 크기의 Fusion slide (Green card test)를 찾아 융합 능력을 구한 후, 좌안의 Fusion slide에 중성필터를 0.1 ND부터 4.0 ND까지 단계적으로 추가하고 빛의 투과율을 감소시켜 상의 밝기를 단계적으로 감소시킨 후, 대약시경을 이용해 각 단계의 망막조도에서 융합이 가능한 최소 크기의 Fusion slide를 찾아냈다. 각 측정 단계마다 30분 이상의 시간을 두어 잔상 효과나 피로로 인한 오차를 예방했다.

다. 통계

각각의 증성필터를 착용했을 때, 망막 조도 변화와 최대 교정시력과의 상관관계, 망막 조도 변화와 융합과의 상관관계를 알아보기 위해 Chi-square test를 사용하여 분석하였다.

Ⅲ. 결과

1. 망막조도 변화가 시력에 미치는 영향

검사 대상은 남자 28명, 여자 22명, 평균 연령은 31.9세이었다.

검사 전 최대 교정시력은 50명 전원에서 1.0이었다. 0.1 ND에서 1.0 ND (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0)까지는 모든 대상 안에서 최대 교정시력이 1.0으로 검사 전과 차이가 없었다. 2.0 ND에서는 최대 교정시력이 25명 (47안)에서 검사 전에 비하여 의미있게 감소하였는데 ($p<0.01$), 0.9로 감소한 경우가 4안, 0.8이 33안, 0.7이 8안, 0.6이 2안이었다. 3.0 ND에서는 50명중 49명 (98안)에서 최대 교정시력이 감소하였고, 0.9가 2안, 0.8이 29안, 0.7이 16안, 0.6이 10안, 0.5가 32안, 0.4가 6안, 0.3이 3안이었다. 4.0 ND에서는 대상자 모두에서 최대 교정시력이 감소하였는데 0.5가 13안, 0.4가 8안, 0.3이 25안, 0.2가 44안, 0.1이 10안이었다 (그림1).

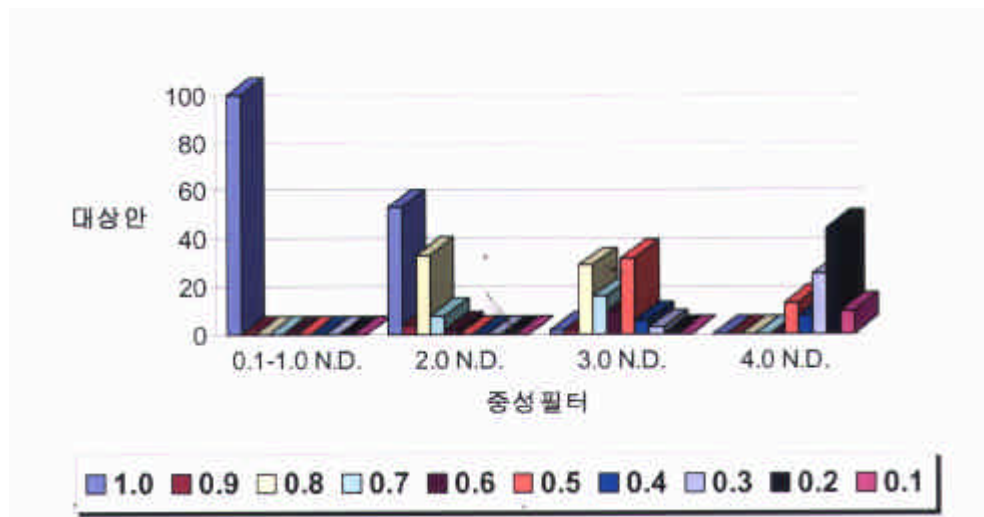


그림 1. 망막조도가 시력에 미치는 영향. 1.0 ND이하에서는 전원에서 최대교정시력이 차이가 없었고, 2.0 ND에서는 25명 (47안)에서 최대 교정시력이 의미있게 감소하였다 ($p<0.01$). 4.0 ND에서는 대상자 모두에서 최대 교정시력이 감소하였다.

2. 망막조도 변화가 융합에 미치는 영향

50명 모두에서 융합이 가능한 최소크기의 Fusion slide는 F155, 156 (수직 2°, 수평 1°)이었다. 0.1 ND에서 4.0 ND까지 망막조도를 단계적으로 좌안에 변화시킬 때에 융합이 가능한 최소 크기의 Fusion slide를 검사하였다.

0.1 ND에서 0.9 ND까지의 망막조도 변화에서는 50명 전원에서 최소 크기의 Fusion slide는 F155, 156이었으며 중심 융합을 하였고 중성필터 착용 전과 차이가 나타나지 않았다. 1.0 ND에서는 1명만 중성필터 착용 전과 차이가 나타났고, 2.0 ND에서는 50명 중 31명이 Fusion slide의 융합 크기를 중성필터 착용 전보다 크게 하였을 때 (표 2) 융합을 할 수 있었고, 융합 능력이 의미있게 저하되었다 ($p < 0.01$) (그림2).

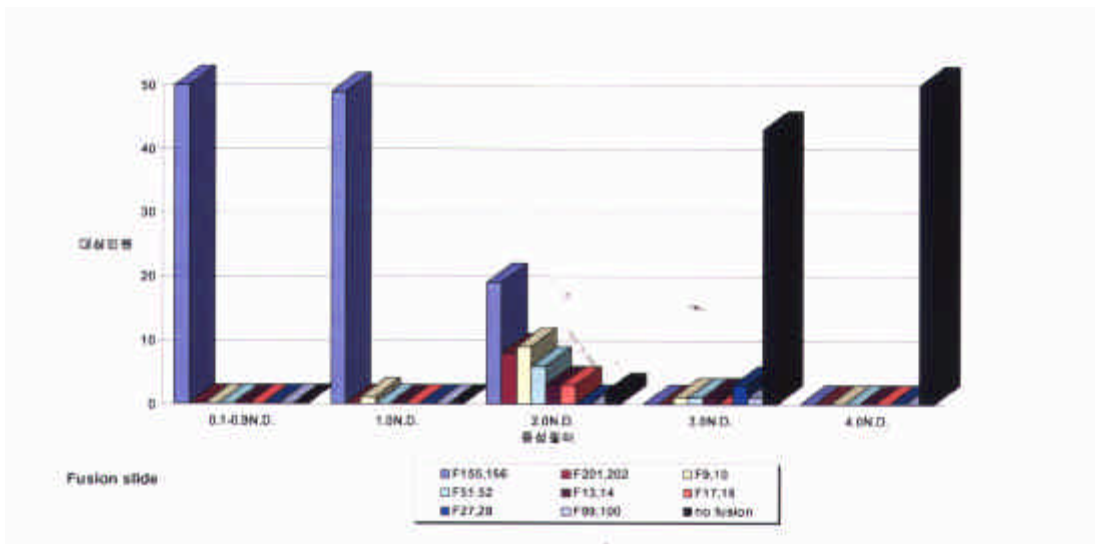


그림 2. 망막조도 변화가 융합에 미치는 영향. 0.9 ND이하의 망막조도 변화에서는 전원에서 최소크기의 Fusion slide는 F155, 156으로 중성필터 착용 전과 차이가 나타나지 않았다. 1.0 ND에서는 1명만 중성필터 착용 전과 차이가 나타났고, 2.0 ND에서는 50명 중 31명이 융합 능력이 의미있게 저하되었다 ($p < 0.01$).

IV. 고찰

양안시란 양안시차 (binocular disparity)에 의해 발생하는 시각 현상이며 양안시 장애를 일으키는 요소는 많이 연구되어 왔다. 임상적으로 양안시 기능이란 입체시 기능과 밀접한 관계가 있다. 입체시의 역치는 상대적인 깊이를 느낄 수 있는 두 지점이 망막 위에 맺히는 최소한의 망막 위 수평 거리를 말하며, 이 거리를 시각으로 표시하고 단위는 초 (arc of second), 분 (arc of minute), 도 (arc of degree)등으로 표현되는데 두 눈과 물체가 이루는 각의 차이이다. 정상인의 최소 입체시 능력은 검사 기구에 따라 다르나 대략 30-50초이며, 생후 3개월 이후 급격히 발달하여 6개월이 지나면서 거의 성인의 수준에 도달하고, 9세가 지나면 거의 일정해진다고 알려져 있다.^{15,16}

양안시 기능 또는 융합의 기본 조건으로는 상의 크기, 선명도, 밝기가 있으며 소아 약시의 흔한 원인인 부등상시 (양안의 상의 크기 차이)와 굴절부등 (양안의 상의 선명도 차이)에 대한 연구가 주로 되어 있으나 상의 밝기에 대한 연구는 매우 적은 형편이다.^{7,8,9,10,11,12,17}

양안에 상의 크기를 변화시켰을 때에 Campos등은 5%이상의 상의 크기의 차이가 나면 란도트 입체시 검사상에서 섬세한 입체시가 불가능하다고 보고하였고, Katsumi등은 시유발전위 검사로 3.0%까지의 상의 크기 차이에서는 양안시를 유지하기 하기 위한 반응이 나타나지만 5%이상의 상의 크기 차이에서는 양안시가 나타나지 않는다고 보고하였다.^{8,9} Lavasik등은 티티무스검사로 2%, 란도트 입체시 검사로 6%이하의 상의 차이만이 40초시차의 입체시가 가능하다고 보고하였다.⁷

Schmidt등은 굴절부등으로 선명도를 떨어뜨렸을 때에 시력보다 란도트 입체시 검사상 더 예민하게 반응하므로 소아의 약시 집단 검진시 시력검사 보다 란도트 입체시 검사가 더 유용하다고 보고하였다.¹³ Brooks등은 근시나 난시 1디오퍼의 양안 선명도 차이 (굴절부등)에서도 티티무스 검사상 40초시차의 입체시가 불가능하다고 보고하였으며 Lavasik등은 란도트입체시 검사로는 1디오퍼, 티티무스검사로 0.5디오퍼이내에서 40초시

차의 입체시가 가능하다고 보고하였다.^{7,14}

망막조도를 변화시켰을 때 입체시의 변화에 대한 과거의 문헌을 보면, Lavasik등은 중성필터로 망막조도를 감소시키면서 란도트 입체시 검사와 티티무스검사로 입체시를 관찰하였는데 1.7 ND (2%투과율)보다 더 망막조도를 감소시킬 때에 입체시가 감소하였다고 보고하였다.⁷ 그러나, 망막조도를 변화시켰을 때 시력의 변화와 대약시경을 이용한 융합의 변화를 관찰한 보고는 없다.

본 연구에서는 이전의 연구들과 달리 망막의 조도 변화시 시력과 융합의 변화를 함께 관찰하였고 융합을 관찰하는데 대약시경을 사용하였다.

본 연구에서 망막조도가 0.1 ND (80%투과율)에서 1.0 ND (10%투과율)까지 변화했을 때 시력과 융합에 영향을 주지 않았다. 이것은 망막에 조도를 90%까지 차단해도 시력과 융합에는 전혀 영향이 없다는 것을 의미한다. 망막의 조도를 2.0 ND (1%투과율)로 변화시켰을 때 시력은 50명중 25명이 감소하였고 융합은 30명이 감소하여 망막에 99%의 빛을 차단할 때에 시력과 융합에 의미있게 영향을 준다는 것을 보여 주었다. 본 연구는 이전의 보고와 같은 결과를 보여주고 있으나 약간의 차이가 있다. Lavasik등의 보고에서는 1.7 ND에서 입체시의 감소가 있었으나 본 연구에서는 2.0 ND에서 의미있는 융합의 감소를 보여 0.3 ND의 차이가 난다. Lavasik등의 연구에서는 1.0 ND 이상에서도 0.1 ND단위로 중성필터를 착용하고 란도트 입체시 검사와 티티무스 검사로 입체시를 관찰하였는데, 본 연구에서는 대약시경을 이용한 융합의 변화를 측정하였으며 이 검사 방법의 차이 때문인 것으로 사료된다.

이상의 결과로 망막조도 변화에 의한 시력과 융합의 변화는 정상적인 생리 범위에서는 나타나지 않으나 심한 조도의 감소시에는 시력과 융합이 같이 감소되며, 시력보다 융합이 더 많이 감소됨을 본 연구에서 보여 주고 있다. 따라서 융합 능력의 검사가 시력 검사보다 더 예민한 선별검사로 의미를 가질 수 있겠다.

향후 양안시 기능에 영향을 주는 다른 요인에 대해서도 지속적인 연구가 필요하며 망막조도를 변화시켰을 때 입체시에 미치는 영향에 대한 연

구도 수행되어야 할 것이다. 또한 여러 가지 입체시 검사 방법의 차이에 관한 연구도 수반되어야 할 것이다.

시력과 융합, 즉, 양안시에 영향을 주는 여러 요인들과 그들 상호간의 관련성에 대한 연구를 통해 약시의 예방과 조기 진단에 도움이 될 것이다.

V. 결론

중성필터를 이용하여 망막조도를 감소시킬 때에 시력과 융합의 변화를 알아 보고자 정상 시기능인 건강한 성인 50명 (100안)을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 망막조도를 2.0 ND로 감소시킬 때에 50명 중 25명 (41안)에서 최대 교정 시력이 의미있게 감소하였다 ($p < 0.01$). 99%의 빛이 차단될 때 (1%의 투과율) 시력이 의미있게 떨어지므로 정상 생리 범위에서는 망막의 조도 변화는 시력에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

2. 망막조도를 2.0 ND로 감소시킬 때에 50명중 31명이 융합의 변화를 보였고, 융합 능력이 의미있게 저하되었다 ($p < 0.01$). 정상 생리 범위에서는 망막의 조도 변화는 융합에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

3. 시력과 융합은 망막조도 변화에서 모두 의미있게 감소하였으나 심한 조도 변화에서는 시력보다 융합이 더 영향을 받았다.

참고 문헌

1. Romano PE, Romano JE, Puklin JE. Stereoacuity development in children with normal binocular single vision. *Am J Ophthalmol* 1975;79(6):966-971.
2. Crawford ML, von Noorden GK. The effects of short term experimental strabismus on the visual system in *Macaca mulatta*. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1979;18:496-505.
3. Wright KW, Matsumoto E, Edelman PM. Binocular fusion and stereopsis associated with early surgery for monocular congenital cataracts. *Arch Ophthalmol* 1992;110:1607-1609.
4. Wiesel TN, Hubel DH. Single cell responses in striate cortex of kittens deprived of vision in one eye. *Neurophysiol* 1963;26:1003-1017.
5. Ikeda H, Tremain KE. Amblyopia resulting from penalization, neurophysiological studies of kittens reared with atropinization of one or both eyes. *Br J Ophthalmol* 1978;62:21-28.
6. Ikeda H, Tremain K. Amblyopia and cortical binocularity. *Trans Ophthalmol Soc UK* 1980;100:450-452.
7. Lavasik JV, Szymkiw M. Effect of anisometropia, accommodation, retinal illuminance, and pupil size on stereopsis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1985;26:741-750.

8. Campos EC, Enoch JM. Amount of aniseikonia compatible with fine binocular vision: some old and new concepts. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 1980;17:22-44.
9. Katsumi O, Tanino T, Hirose T. Effect of aniseikonia on binocular function. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1986;27(4):601-604.
10. Kruza WJ. Dark vergence in relation to fixation disparity at different luminance and blur level. *Vision Res* 1994;34:1197-1204.
11. Westheimer G, Mckee SP. Stereoscopic acuity with defocused and spatially filtered retinal images. *Opt Soc Am* 1980;70:772-783.
12. Troost JM, Weert CM. Binocular measurements of chromatic adaptation. *Vision Res* 1992;32:1987-1997.
13. Schmidt PP. Sensitivity of random dot stereoacuity and snellen acuity to optical blur. *Optom Vis Sci* 1994;71(7):466-471.
14. Brooks SE, Johnson D, Fischer N. Anisometropia and binocularity. *Ophthalmol* 1996;103:1139-1143.
15. Scott WE, Mash J. Stereoacuity in normal individuals. *Ann Ophthalmol* 1974;6:99-101.
16. Nagata S. The binocular fusion of human vision on stereoscopic displays field of view and environment effects. *Ergonomics* 1996;39:1273-1284.
17. Sharma P, Prakash P. Effect of aniseikonia on fusion. *Ind Ophthalmol*

1991:39:170-173.

Abstract

Effects of retinal illuminance on visual acuity and fusion

Nam Soo Kim

*Brain Korea 21 Project for Medical Sciences
The Graduate School, Yonsei University*

(Directed by Professor Jong Bok Lee)

The normal binocular vision is known to be affected by interocular differences in retinal image size (aniseikonia), clarity (anisometropia), brightness. We examined the effects of induced retinal illuminance on visual acuity and fusion.

Fifty adults, whose best corrected visual acuity were 20/20 or better with normal binocularity and fusion by major amblyoscope, were examined. Twenty eight subjects were men and twenty two subjects were women. The mean age was 31.9 years. To examine the effect of retinal illuminance on visual acuity and fusion, we used neutral density filter from 0.1 ND to 4.0 ND. While neutral density filter values were increased, we examined the best corrected visual acuity and least size fusion slide by major amblyoscope. The best corrected visual acuity and level of fusion were decreased significantly when monocular retinal illuminance was reduced to 2.0 ND ($p < 0.01$, $p < 0.01$, respectively).

Although the visual acuity and fusion was equally influenced by retinal illuminance, the effect on fusion was more prominent under large decrease of retinal illuminance.

Further study will be needed in order to fully evaluate the influences of other factors on binocular fusion, and these studies will

be of help for prevention and early detection of amblyopia.

Key Words: retinal illuminance, visual acuity, fusion, neutral density filter, binocular vision