



약시치료로 시력이 호전된 한 눈 굴절부등약시 환자의 입체시 평가

Stereoacuity after Successful Occlusion Therapy in Children with Anisometropic Amblyopia

이상욱 · 정은혜

Sang Wook Lee, MD, Eun Hye Jung, MD

을지대학교 의과대학 노원을지대학교병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Nowon Eulji Medical Center, Eulji University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To compare the stereoacuity between patients with anisometropic amblyopia who were treated and achieved normal visual acuity (VA) and normal children and evaluate the factors associated with stereoacuity.

Methods: We retrospectively reviewed the records of 37 pediatric patients with anisometropic amblyopia who recovered to normal VA with glasses and occlusion treatment (amblyopia group) and 34 normal children (control group). The Worth 4-dot test, Lang II test, Titmus test, and TNO test were performed to measure stereoacuity. Clinical characteristics were compared between the two groups, and factors affecting stereoacuity outcomes were also analyzed in the amblyopic group.

Results: The mean age at diagnosis of amblyopia was 5.3 ± 1.4 years, and the mean VAs at diagnosis were 0.41 ± 0.24 and 0.06 ± 0.07 in amblyopic and fellow eyes, respectively. The mean duration of occlusion was 19.00 ± 9.44 months, and VA of amblyopic eyes improved to 0.04 ± 0.04 after occlusion treatment. The patient characteristics did not differ significantly between the two groups, except for the final VA of the amblyopic eye. The final mean logarithm of minimal angle of resolution VA of the amblyopic eye in the amblyopia group was significantly worse than that in the control group. The number of patients with normal stereoacuity was significantly lower in the amblyopia group than in the control group on Lang II, Titmus, and TNO tests. Factors associated with poor stereoacuity were severe amblyopia in the Lang II test and poor post-treatment VA of the amblyopic eye in the Titmus test.

Conclusions: Stereoacuity was worse in the amblyopia group than in the control group, despite normal visual development. The depth of amblyopia and post-treatment VA were associated with stereoacuity outcomes. Thus, VA improvement should be closely monitored in the amblyopic eye to obtain good stereoacuity.

J Korean Ophthalmol Soc 2021;62(11):1539-1546

Keywords: Amblyopia, Anisometropia, Anisometropic amblyopia, Binocular vision, Stereopsis

■ **Received:** 2021. 6. 3. ■ **Revised:** 2021. 8. 6.

■ **Accepted:** 2021. 10. 26.

■ Address reprint requests to **Eun Hye Jung, MD**
 Department of Ophthalmology, Nowon Eulji Medical Center,
 #68 Hangeulbiseok-ro, Nowon-gu, Seoul 01830, Korea
 Tel: 82-2-970-8271, Fax: 82-2-970-8862
 E-mail: halogenlove@naver.com

* This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2020R1G1A1101341).

* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

약시는 시각이 미성숙한 시기에 안구의 기질적, 신경학적 이상이 없이 사시, 굴절부등, 형태시결핍 등의 원인에 의해 나타나는 한 눈 또는 두 눈의 시력저하를 말한다.¹ 유병률은 취학 전 및 학동기 아동의 약 0.5-3.5%로, 소아에서 교정시력저하의 가장 흔한 원인이다.¹⁻³ 이 중 한 눈 굴절부등약시는 비정상적인 두눈상호작용과 시각차단에 의해 발생하며, 순수한 굴절부등약시의 경우 사시약시와는 달리 외견상 이상 소견이 없기 때문에 어린이가 상당히 자란 후 시력검사를 통해 발견되는 경우가 많다. 하지만 약시는 조

기에 발견하여 굴절 이상의 교정, 가림치료, 처별치료 등의 적절한 치료를 시행한다면 치료 가능한 질환으로, 비교적 시력예후도 양호한 것으로 알려져 있다.⁴

입체시는 융합 상태에서 물체의 상대적인 깊이를 인지하는 능력으로서, 양안시 기능의 척도로 활용된다.⁵ 입체시의 저하는 입체(3D) 영화 등의 생생한 깊이 경험을 감상할 수 없다는 사소한 불편으로 보일 수 있지만, 공간 지각 능력의 부족으로 다양한 미세 운동 작업에서 결손을 보여 삶의 질적인 측면에도 여러 영향을 미칠 수 있다.⁶⁻⁸

약시의 경우 시력저하와 함께 양안시 기능이 저하되는 것은 잘 알려져 있다.^{9,10} 약시 환아에서 가림치료를 시행한 후의 시력회복에 대한 결과는 많이 보고되었으나, 입체시의 평가에 대해서는 상대적으로 보고가 적었다.¹⁰ 가림치료 후 시력회복과 더불어 양안시 기능도 향상된다고 보고하였으나,¹⁰⁻¹² 대부분 사시와 굴절부등이 혼합된 형태에서 평가되어 순수 한 눈 굴절부등약시만 있는 환아에서의 치료 후 양안시 기능에 대한 평가는 많지 않았으며,^{4,11} 더불어 정상 소아와 비교한 논문 역시 적었다.^{3,13} 이에 저자들은 사시가 없는 순수한 한 눈 굴절부등약시 환아에서 약시치료에 성공하여 시력이 회복된 경우의 입체시검사 결과를 정상 소아와 비교해보고, 시력회복 후 입체시검사 결과에 영향을 주는 요인에 대해 평가해보고자 하였다.

대상과 방법

본원에 내원하여 한 눈 굴절부등약시로 진단받고 안경착용 및 가림치료로 정상 시력으로 호전된 후에 입체시가 시행된 환아를 대상으로 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 약시는 기질적인 이상 없이 두 눈의 최대교정시력이 logarithm of the minimum angle of resolution (logMAR) 시력표상 2줄 이상 차이를 보이는 경우로 정의하였으며, 굴절부등은 두 눈의 원시 또는 근시 구면렌즈 차이가 1.0디옵터(diopters, D), 난시는 1.5 D 이상 차이가 나는 경우로 정의하였다.¹⁴ 만 18세 이상, 발달지체 및 전신질환이 있는 환자, 사시가 있는 경우, 초진 시 좋은 눈의 시력이 logMAR 시력 0.30 이하인 경우, 시력저하를 초래하는 다른 안과적 과거력이 있는 경우, 초진 시 나이가 어려 정확한 시력 측정과 입체시검사가 어려운 경우, 가림치료로 시력개선이 없거나 비협조적인 경우, 시력이 회복되었다가 약시가 재발한 환아는 연구 대상에서 제외하였다. 약시치료의 성공은 두 눈의 시력 차이가 같아지거나 logMAR 시력표상 한 줄 이하인 경우로 연속하여 2번 이상 측정된 경우로 정의하였으며,¹⁵ 감량치료를 유지 중에 있거나 종료된 환자 모두 대상에 포함되었다. 본 연구는 본원임상연구윤리위원회(Institutional Review

Board, IRB)의 승인을 얻었다(승인 번호: 2021-04-020).

굴절부등은 두 눈의 원시 또는 근시 구면렌즈 차이가 1.0 D 이상인 경우를 각각 원시성 굴절부등(hyperopic anisometropia) 또는 근시성 굴절부등(myopic anisometropia), 난시가 1.5 D 이상 차이 나는 경우를 난시성 굴절부등(astigmatic anisometropia), 두 조건에 모두 해당하는 경우를 혼합 굴절부등(combined anisometropia)으로 분류하였다.^{11,16} 약시의 정도에 따른 구분은 두 눈의 시력 차이가 logMAR 시력표상에서 2줄에서 4줄 미만인 경우를 경도(mild) 약시, 4줄에서 6줄 미만인 경우를 중등도(moderate) 약시, 6줄 이상인 경우를 심한(severe) 약시로 분류하였다.¹⁷ 정상대조군(정상군)은 시력검진을 위해 본원에 내원하여 현성굴절검사상 구면렌즈대응치가 -2.00 D에서 +1.0 D 이내이고 사시 및 다른 안과적 이상 소견 없이 정상 시력 발달을 보이는 건강한 소아를 대상으로 하였으며, 난시가 1.5 D 이상이거나, 굴절부등 정도가 1.0 D 이상인 경우는 제외하였다.^{13,14}

모든 환아를 대상으로 시력 측정, 세극등현미경검사, 안구운동검사, 교대프리즘가림검사, 현성굴절검사를 시행하였다. 모든 약시 환아의 경우 굴절마비굴절검사를 시행하여 초진 시 검사한 조절마비굴절검사 수치를 바탕으로 안경을 착용하였고,¹⁶ 심한 약시의 경우 초진 시부터, 그 외의 경우 1-2달 내 내원하여 시력 차이가 호전되지 않을 경우 가림치료를 시작하였다. 가림 시간은 환아의 나이, 약시 정도 등에 따라 하루 평균 2-6시간으로 시작하여, 경과에 따라 조정하였다. 두 눈의 시력 차이가 같아지거나 logMAR 시력표상 한 줄 이내인 경우로 연속하여 2번 이상 측정된 경우 감량치료를 시행하였고, 가림치료 종료 후 정기적으로 경과 관찰을 시행하였다.^{4,10}

입체시검사는 워트4등 검사(Worth 4-dot test), 랑II검사(Lang II stereo test, Haag-Streit USA, Mason, OH, USA), 티트무스검사(Titmus stereo test, Stereo Optical Inc., Chicago, IL, USA), 티엔오검사(Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek [TNO] stereo test, Lameris Tech., Ede, the Netherlands)를 시행하였다. 모든 근거리 입체시검사는 40 cm 거리에 평행하게 위치시킨 후 검사를 시행하였고 표면반사를 줄이기 위하여 약간의 기울임은 허용하였다. 굴절 이상이 있는 환아는 자신의 안경을 착용하고 검사에 응하도록 하였는데, 검사 결과가 틀린 경우 이전 단계의 검사를 다시 시행하여 정확한 반응을 보인 시차를 환아의 입체시로 정하였다.⁵ 랑II검사는 200초(seconds of arc, arcsec)에서 600 arcsec 까지 3단계로 측정하였으며, 한 눈으로도 인식할 수 있는 ‘별’ 그림에만 반응하는 경우는 입체시가 결여된 것으로 간주하였다.⁵ 티트무스검사는 편광안경을 추가적으로 착용한 후 시행하였으며 40 arcsec에서 3,000 arcsec까지의 입체시

를 측정하였다. 양안시 기능에 문제가 있는 환자에서 단안 단서로 입체시검사를 통과할 수 있어, 검사판의 위아래를 바꾼 후 재검사하여 단안 단서에 의한 편의(bias)가 없도록 하였다. 티엔오검사는 적록안경을 추가적으로 착용한 후 15 arcsec에서 1,980 arcsec까지의 입체시를 측정하였다. 입체시는 랑II검사에서는 200 arcsec 이상을 정상으로, 티트무스검사에서는 100 arcsec 이상을 정상으로, 티엔오검사에서는 120 arcsec 이상을 정상으로 간주하였으며, 융합력은 워트4등검사를 사용하여 근거리 및 원거리 융합 유무를 측정하였다.^{8,18,19}

시력이 회복된 약시 환자군(약시군)에서 성별, 약시 진단 및 회복 시 나이, 약시안 및 정상안의 시력, 구면렌즈대응치, 약시의 정도와 굴절부등 종류, 가림치료 기간, 최근 감량치료 여부에 대해 알아보았다. 약시군과 정상군 두 군의 입체시검사 시 나이, 성별, 약시안 및 정상안의 시력, 구면렌즈대응치를 살펴보고, 각 군 사이에 입체시를 비교 분석하였다. 또한 약시군의 입체시검사 결과에 영향을 미치는 인자들을 분석하였다. 정상군에서는 우안을 약시안, 좌안을 정상안으로 지정한 후 약시군과 비교하였다.^{2,19} 모든 시력은 한천척시력표로 최대고정시력을 측정한 후 logMAR 시력으로 환산하여 분석하였다.

통계 분석은 SPSS 25.0 통계프로그램(IBM Corp., Armonk, NY, USA) 및 SAS Enterprise Guide 7.1 (SAS Institute, Cary, NC, USA)을 사용하였다. 정상군과 약시군 두 군 간의 비교에는 independent *t*-test, chi-square test, Fisher's exact test, Mann-Whitney test를 이용하였다. 약시군에서 입체시검사 결

과에 영향을 미치는 인자들을 알아보기 위해 단변량 및 다변량 로지스틱 회귀분석을 이용하였고, *p*값이 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

약시군은 37명, 정상군은 34명으로 총 71명이 연구에 포함되었다. 약시군 37명 중 남자는 18명, 여자는 19명이었고, 약시 진단 시 평균 나이는 5.3 ± 1.4 세였다(Table 1). 초진 시 구면렌즈대응치의 평균은 약시안에서 1.92 ± 3.04 D, 정상안에서 1.05 ± 1.88 D였으며 약시안의 방향은 우안이 21안, 좌안이 16안이었다. 약시 진단 시 logMAR 시력의 평균은 약시안은 0.41 ± 0.24 , 정상안은 0.06 ± 0.07 이었다. 약시 정도는 경한 약시가 26명(70.3%)으로 가장 많았고, 중등도 약시는 7명(18.9%) 심한 약시는 4명(10.8%)이었다. 굴절값에 따른 약시의 분류는 원시성 17명, 근시성 3명, 난시성 5명, 혼합 12명이었다. 가림치료는 평균 19.00 ± 9.44 개월 동안 시행하였고, 입체시는 마지막 가림치료 후 평균 23.42 ± 26.37 개월이 지나 시력이 회복된 것을 확인하고 시행하였으며, 당시 감량치료를 시행 중인 환자는 11명(29.7%)이었다. 최종 약시안의 logMAR 시력은 평균 0.04 ± 0.04 로 호전되었다.

정상군과 시력이 회복된 약시군으로 구분하여 입체시 시행 시의 임상 특성을 비교하였다(Table 2). 정상군 34명 중 남자는 22명, 여자는 12명으로 약시군과 유의한 차이는 없었다(*p*=0.173). 약시군의 평균 나이는 9.1 ± 2.9 세로, 정상

Table 1. Clinical characteristics of the successfully treated anisometropic amblyopia group

Characteristic	Successfully treated amblyopia group (n = 37)
Age (years)	
At diagnosis	5.3 ± 1.4 (2.9 to 10.0)
At the last occlusion treatment	7.1 ± 1.7 (4.5 to 13.4)
Sex (M:F)	18:19
Refractive error (SE) at the initial visit (D)	
Amblyopic eye	1.93 ± 3.03 (-6.00 to 8.00)
Fellow eye	1.05 ± 1.88 (-4.25 to 6.50)
Laterality of amblyopic eye (right:left)	21:16
Visual acuity at diagnosis (logMAR)	
Amblyopic eye	0.41 ± 0.24 (0.20 to 1.30)
Fellow eye	0.06 ± 0.07 (0.00 to 0.22)
Depth of amblyopia (mild:moderate:severe)	26:7:4
Type of anisometropia (HA:AA:MA:CA)	17:5:3:12
Duration of occlusion (months)	19.00 ± 9.44 (6 to 44)
Time elapsed from the last occlusion to stereoacuity test (months)	23.42 ± 26.37 (0 to 105.80)
Patients undergoing weaning occlusion therapy at the time of stereoacuity test	11 (29.7)

Values are presented as means \pm standard deviation (range) or number (%) unless otherwise indicated.

M:F = male:female; SE = spherical equivalent; D = diopters; logMAR = logarithm of the minimum angle of resolution; HA = hyperopic anisometropia; AA = astigmatic anisometropia; MA = myopic anisometropia; CA = combined anisometropia.

군의 평균 나이 8.6 ± 3.0세와 유의한 차이를 보이지 않았으며($p=0.536$), 약시안의 평균 구면렌즈대응치는 약시군 0.39 ± 2.93, 정상군 -0.50 ± 0.71로 유의한 차이가 없었다($p=0.082$). 이외에도 정상안의 평균 구면렌즈대응치 및 정상안 logMAR 시력은 두 군 사이에 유의한 차이가 없었으나, 약시군의 최종 약시안 logMAR 시력은 평균 0.04 ± 0.04로 정상군 0.01 ± 0.02에 비해 유의한 차이를 보였다($p=0.001$, Table 2).

약시군과 정상군의 입체시검사 결과를 비교해 보면 약시군에서 정상 입체시를 보인 환자는 랑II검사에서 31명(83.8%), 티트무스검사에서 31명(83.8%), 티엔오검사에서 11명(29.7%)로, 정상군의 각각 34명(100%), 34명(100%), 23명(67.6%)에 비해 3가지 입체시검사 모두에서 유의하게 적었다(각각 $p=0.026$, $p=0.026$, $p=0.001$, Table 3). 윌트4등검사에서 약시군 36명(97.3%), 정상군 33명(97.1%)으로 두 군 간에 유의한 차이를 보이지는 않았다. 약시군에서 입체시검사가 결여된 경우는 티트무스검사 0명, 랑II검사 4명, 티엔오검사 5명이었고, 정상군은 모두 측정 가능하였다. 입체시가 결여된 환자를 제외하고 측정된 약시군의 입체시검사 평균 수치는 랑II검사 212.12 ± 48.46 arcsec (200-400)였으며, 정상군은 모두 200.00 arcsec으로 측정되었다($p=0.160$). 티트무스검사에서는 약시군 평균 134 ± 173.17 arcsec (40-800),

정상군 평균 68.82 ± 25.08 arcsec (40-100), 티엔오검사에서는 약시군 평균 474 ± 669.54 arcsec (30-1980), 정상군 평균 202.94 ± 326.31 arcsec (60-1980)로 두 검사에서 약시군이 정상군에 비해 유의하게 입체시가 낮았다(각각 $p=0.029$, $p=0.044$).

약시군에서 입체시 저하에 영향을 미치는 요인에 대하여 분석하였을 때 랑II검사의 경우 단변량 분석에서 최종 약시안의 시력이 나쁠수록(odds ratio [OR]=4.10, $p=0.033$), 고도약시의 경우(OR=36.00, $p=0.009$) 입체시의 저하를 보였으며, 다변량 분석 시 최종적으로 고도약시(OR=36.00, $p=0.009$)가 유의하게 입체시검사 결과에 영향을 주는 것으로 나타났다(Table 4). 티트무스검사의 경우 진단 시 약시안의 시력이 나쁠수록(OR=1.49, $p=0.046$), 최종 약시안의 시력이 나쁠수록(OR=14.72, $p=0.008$), 고도약시의 경우(OR=36.00, $p=0.031$) 입체시 저하와 관련이 있었고, 다변량 분석 시 최종 약시안의 시력이 나쁠수록(OR=14.54, $p=0.008$) 유의하게 입체시검사 결과에 영향을 주었다. 티엔오검사에서는 모든 인자들이 통계학적으로 유의하지 않았다(Table 4).

고 찰

본 연구는 한 눈 굴절부등약시로 진단받고 안경착용 및

Table 2. Comparison of clinical characteristics between successfully treated anisometropic amblyopia group and normal group at the time of stereoacuity assessment

Characteristic	Successfully treated amblyopia group (n = 37)	Normal group (n = 34)	p-value
Age (years)	9.1 ± 2.9 (4.5 to 16.3)	8.6 ± 3.0 (4.7 to 16.6)	0.536*
Sex (M:F)	18:19	22:12	0.173†
Refractive error (D)			
Amblyopic eye‡	0.39 ± 2.93 (-8.13 to 6.00)	-0.50 ± 0.71 (-2.00 to 1.00)	0.082*
Fellow eye	-0.30 ± 1.82 (-5.38 to 3.75)	-0.56 ± 0.64 (-2.00 to 0.75)	0.424*
Visual acuity (logMAR)			
Amblyopic eye‡	0.04 ± 0.04 (0 to 0.10)	0.01 ± 0.02 (0 to 0.05)	0.001*
Fellow eye	0.00 ± 0.01 (0 to 0.05)	0.01 ± 0.02 (0 to 0.05)	0.343*

Values are presented as mean ± standard deviation (range) unless otherwise indicated.

M:F = male:female; D = diopters; logMAR = logarithm of the minimum angle of resolution.

*Independent t-test; †Pearson's χ^2 test; ‡spherical equivalent and visual acuity of the right eye in normal group.

Table 3. Comparison of stereoacuity between successfully treated amblyopia group and normal group

	Successfully treated amblyopia group (n = 37)	Normal group (n = 34)	p-value
Worth-4-dot-test (fusion:nonfusion)	36:1	33:1	1.000*
LANG II test (good:bad)	31:6	34:0	0.026*
Titmus test (good:bad)	31:6	34:0	0.026*
TNO test (good:bad)	11:26	23:11	0.001†

*Analyzed with Mann-Whitney test; †analyzed with chi-square test.

Table 4. Factors affecting poor stereoacuity in amblyopia group

	Lang test			Titmus test			TNO test		
	Univariate analysis		Multivariate analysis	Univariate analysis		Multivariate analysis	Univariate analysis		Multivariate analysis
	OR (95% CI)	p-value	OR (95% CI)	OR (95% CI)	p-value	OR (95% CI)	OR (95% CI)	p-value	
Age at diagnosis (years)									
At diagnosis	0.68 (0.27-1.35)	0.336		0.37 (0.11-0.91)	0.061		0.92 (0.55-1.55)	0.725	
At the last occlusion treatment	0.80 (0.39-1.37)	0.483		0.62 (0.27-1.16)	0.201		1.08 (0.71-1.76)	0.738	
At stereoacuity test	1.12 (0.82-1.52)	0.461		1.13 (0.83-1.54)	0.417		1.17 (0.91-1.59)	0.254	
Sex		0.419			0.942			0.641	
Male	Ref		Ref			Ref			Ref
Female	2.13 (0.36-17.06)		0.94 (0.15-5.77)			1.40 (0.34-6.00)			
Refractive error in amblyopic eye									
At the initial visit	1.03 (1.00-1.08)	0.114		1.03 (1.00-1.08)	0.097		1.02 (1.00-1.06)	0.083	
At stereoacuity test	1.04 (1.00-1.09)	0.071		1.02 (0.99-1.06)	0.310		1.02 (1.00-1.05)	0.136	
Visual acuity									
At diagnosis	1.33 (0.95-1.99)	0.100		1.49 (1.05-2.40)	0.046		1.85 (1.09-4.01)	0.061	
At stereoacuity test	4.10 (1.25-18.34)	0.033	2.32 (0.63-9.78)	14.72 (2.92-174.67)	0.008	0.80 (0.35-1.63)	14.54 (2.86-173.57)	0.008	1.52 (0.60-4.38)
Depth of amblyopia	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031			0.212	0.405
Mild	Ref		Ref			Ref			Ref
Moderate	2.00 (0.09-24.62)	0.596	2.00 (0.09-24.62)	2.00 (0.09-24.62)	0.596	3.24 (0.16-82.97)	2.76 (0.48-29.24)		
Severe	36.00 (3.13-978.53)	0.009	36.00 (3.13-978.53)	36.00 (3.13-978.53)	0.009	28.67 (0.29->999.99)	5.73 (0.52-788.66)		
Type of anisometropic amblyopia									
HA	3.08 (0.23-441.42)	0.537		2.33 (0.17-337.06)	0.644		9.33 (0.69-246.37)		
AA	2.33 (0.09-385.76)	0.676		0.64 (0.00-131.48)	0.849		3.00 (0.16-97.54)		
MA	Ref		Ref			Ref	Ref (0.06-2.15)		
CA	0.28 (0.00-56.35)	0.580		1.67 (0.10-251.93)	0.787		4.00 (0.30-103.12)		
Duration of occlusion (months)	1.03 (0.94-1.13)	0.535		1.04 (0.95-1.14)	0.420		1.10 (1.00-1.23)	0.065	
Time elapsed from the last occlusion to stereoacuity test (months)	1.03 (0.99-1.06)	0.131		1.03 (1.00-1.07)	0.055		1.02 (0.99-1.06)	0.244	

OR = odds ratio; CI = confidence interval; HA = hyperopic anisometropia; AA = astigmatic anisometropia; MA = myopic anisometropia; CA = combined anisometropia.

가림치료로 원거리 시력이 회복된 환아를 대상으로 입체시 정도를 정상 소아와 비교하였으며, 입체시검사 결과에 영향을 주는 요인을 알아보려고 하였다. 약시가 치료된 이후에도 근거리 입체시는 정상군에 비해 유의하게 낮았으며, 약시 환자에서 입체시에 영향을 주는 인자는 치료 전 약시 정도 및 최종 약시안의 시력으로 나타났다.

입체시는 시공간에서 심도인지를 가능하게 하는 양안의 독특한 시기능으로 생후 3개월 이후 발달하기 시작하고 급격히 성숙하여 생후 12-24개월 사이에 성인 수준에 도달한다.^{5,10,13} 정상 입체시를 얻으려면 두 눈의 좋은 시력, 정확하고 안정적인 시각 축 정렬, 손상되지 않은 양안 시피질 메커니즘이 필요하다.⁸ 두 눈의 입력이 사시, 굴절부등으로 인해 크게 다를 경우 감각융합이 불가능하고 시피질은 한 눈의 불일치 입력을 차단하기 위해 억제에 의존하며 비정상적인 양안시를 나타낸다.⁸ 약시 환자에서 이러한 억제의 정도와 약시안의 시력 사이에는 상관관계가 있으며,²⁰ 억제는 굴절부등약시보다 사시약시에서 더 강하고,²¹ 다른 종류의 약시에 비해 굴절부등약시가 비교적 입체시가 좋다고 보고된 바 있다.¹³ 본 연구에서는 환자 대부분이 정도의 굴절부등약시임에도 불구하고, 치료 후 정상적으로 시력발달이 이루어지더라도 정상 소아와 비교하여 입체시는 유의하게 저하되어 있었다. Chung et al¹³은 사시약시군에 비해 굴절부등약시군의 입체시는 약시치료 후 정상대조군에 비하여 저하되어 있었으나, 그 정도가 적어 유의한 차이를 보이지는 않는다는 결과를 보고하여 본 연구 결과와 차이를 보였다. 이는 약시군 설정 시 두 눈 시력 차이가 전혀 없는 교정시력 0.8 이상의 환아를 대상으로 하였고, 본 연구는 logMAR 시력으로 두 눈의 시력 차이가 한 줄 이하인 환자를 대상으로 설정한 점에서 차이가 있을 수 있다.

많은 연구에서 시력과 입체 시간의 상관관계에 대해 보고하였고,^{22,23} Levy and Glick²²은 정상인에서 한 눈의 볼록 렌즈 fogging을 이용해 부동시를 유발하여 시력을 저하시킨 후 입체시를 측정하였을 때, 시력이 나쁠수록 대체로 입체시도 떨어진다고 보고하였다. 실제 약시 환자의 경우에도 약시안의 시력이 나쁠수록 입체시가 좋지 않았으며, 가림치료 후 시력호전과 더불어 입체시도 호전된다고 보고되었다.^{9,10,12} Lee and Isenberg¹⁰은 23명의 굴절부등약시에서 0.37에서 0.74로 시력이 호전되면서 티트무스검사도 평균 837.7 arcsec에서 65.8 arcsec로 호전되었다고 보고하였고, Sen⁴ 역시 약시치료 전 입체시가 결여되었던 환자 61명 중 20명이 치료 후 200-600 arcsec의 입체시를 획득하였다고 했다. 하지만 안경착용 및 가림치료로 시력이 회복되어 약시치료가 성공하였을 때의 입체시를 정상군과 비교하였을 때 입체시가 유의하게 낮음을 볼 수 있었다.¹¹ 이전 Wallace

et al¹¹의 연구에서도 3세에서 18세 사이의 굴절부등약시 환아를 대상으로 가림 또는 처벌치료 후 Randot preschool stereoacuity 검사를 이용해 입체시의 변화에 대해 알아보았으며, 다수의 굴절부등약시 환아에서 시력회복 후에도 입체시 저하가 남았다고 하였다.²⁴ 가림치료로 시력이 호전되어도 약시 환아의 경우 지속적으로 주시선호가 남아있을 수 있으며,¹⁰ 약시를 두 눈의 상호 견제작용(binocular interaction)이라는 관점에서 본다면 한 눈 가림치료는 양안시 억제와 장애가 지속되기 때문에 완전한 약시회복을 기대하기 어렵고,⁸ 입체시에 대한 약간의 이득이 있다고 생각해 볼 수 있다.¹² 대규모 Monitored Occlusion Treatment of Amblyopia Study (MOTAS)와 Pediatric Eye Disease Investigator Group (PEDIG) 그룹에서도 약시 환아의 37-66%에서 초기에 입체시가 없고, 치료 후에도 24-44%에서 입체시를 보이지 않았다고 하였으며,^{11,12} 이에 입각하여 아트로핀치료, 양안시 자극치료가 개발되기도 했다.^{8,10} Stewart et al¹²은 가림치료가 한 눈 보기로 인하여 양안시 개선에 부정적인 영향을 미친다고 가정할 수 있겠으나, 가림치료로 더 나은 시각적 명료성을 획득하면서 치료 중 및 치료 이후에도 양안시가 계속 개선될 수 있다고 하였다. 본 연구를 통해서도 안경착용 및 가림치료로 정상적인 시력 발달이 이루어지더라도, 두 눈의 상호견제가 남아 비정상적인 양안 시기능 상태에 남아있음을 생각해 볼 수 있다. 이러한 가림치료의 한계를 고려하여 최근에는 약시에 대해 양안시 기능 장애를 일차적 결점, 단안 시력저하를 이차적 결점으로 보고, 약시치료에 대한 새로운 양안시적 접근이 이뤄지고 있다. 양안 상호작용을 완전히 복원하는 것은 불가능하더라도 시력회복뿐 아니라 잔여 약시의 유병률을 줄이고 약시의 재발 방지를 위해 양안시자극치료가 시도되고 있다.^{2,25}

본 연구에서 입체시검사 결과에 영향을 줄 수 있는 인자로는 약시 진단 시 고도약시인 경우 및 치료 후 최종 약시안의 시력이었다. 한천석시력표상 약시안의 시력이 0.8-0.9로 회복되었다 하더라도 완전한 1.0에 도달한 경우 입체시도 좋았다. MOTAS 연구에서 약시안의 시력이 치료 전후 낮은 경우와 큰 사시각을 가지는 경우에서 약시치료 후 Frisby 입체시검사상 입체시에 호전이 없었다고 보고한 바 있는데, 본 연구의 결과와 유사하였다.¹² PEDIG 연구에서도 Randot Preschool 입체시검사로 평가 시 치료 전 입체시가 좋고, 치료 후 약시안 시력이 좋을수록 입체시가 좋다고 보고한 바 있다.¹¹

본 연구에서 입체시검사의 종류에 따라 약시군과 정상군 모두에서 동일한 환자에서도 입체시의 정도가 서로 다른 양상을 보였는데 이는 정상인에서 입체시검사 간의 상관관계가 낮음을 보고한 Cho et al¹⁸의 연구와 유사하였다. Cho et

al¹⁸은 정상인에서 티트무스검사, 란도트검사, 티엔오검사를 시행하여 티엔오검사와 다른 두 검사 간의 낮은 상관관계를 보고하였는데 이는 본 연구에서도 같은 결과를 보였다. 랑 검사는 검사용 안경이 필요하지 않아 안경을 쓰기 싫어하는 저연령의 소아에서도 쉽게 검사할 수가 있고 검사에서 사용되는 도형 또한 소아에게 친숙하다는 장점이 있다. 티트무스검사 역시 비교적 쉽게 입체시를 측정할 수 있으나 편광 안경을 착용하고, 한 눈 단서를 쉽게 얻을 수 있다는 단점이 있다. 티엔오검사의 경우 한 눈 단서를 없애기 위해 난점(random dot)을 이용하였고, 정확한 답을 맞추기 위해서는 깊이지각 뿐만 아니라 형태지각까지 필요하여 가장 고도의 입체시를 검사할 수 있는 장점이 있다.⁵ 하지만 적록안경을 사용하여 양안 분리현상이 심하며, 이해하기 어렵다는 단점이 있어 다른 검사에 비해 높은 실패율을 보이며 위양성률도 높다.^{18,26} 본 연구에서도 입체시가 결여되거나 비정상 입체시를 보인 경우가 티엔오검사에서도 가장 높았다. 본 검사에서 정상군에서의 비정상 입체시를 보이는 경우가 있었는데 Westheimer and McKee²⁷은 시력이 좋은 정상인에서도 입체도(stereogram)를 구성하는 요소 간의 contour interaction으로 인하여 입체시가 낮을 수 있다고 보고하였다.

입체시의 저하는 입체(3D) 기술 접근에 대한 제한뿐 아니라, 다양한 미세운동 작업에서도 속도 저하, 정확도 저하 등을 보이게 된다. 입체시를 가진 사람들은 결점이 있는 사람보다 구슬을 꿰는 것, 공을 잡는 것, 시간에 맞춰서 하는 손재주 작업 등에 더 우월한 것으로 나타났다.^{6,7} 또한 장애물 회피나 보행 시 속도 감소 등 대근육 운동 기술에도 영향을 주어 낙상의 위험에도 영향을 줄 수 있으며,²⁸ 운동 능력뿐 아니라 학업 수행에도 제한이 발생할 수 있다.²⁹ 양안 시장애가 미칠 수 있는 광범위한 영향을 고려할 때 약시치료 시 시력회전과 더불어 입체시의 회복 역시 중요한 목적이 되어야 할 것이다.⁸

본 연구의 한계점은 적은 환자들을 대상으로 한 후향적 연구인 점과, 약시군에서 가림치료 후 입체시검사까지의 기간이 일정하지 않고 입체시검사 나이가 4-16세까지로 다양하여 시각경로 신경계가 고정 확립된 환아와 미성숙하여 추후 시력 퇴행이 가능한 환자가 혼합되어 있다는 점, 약시 전후 입체시를 비교하지 못하였다는 점이 있다. 향후 이들을 보완한 연구가 필요하겠다. 이상으로 약시 환아는 정상 굴절 정도를 가지는 환아에 비해 입체시가 낮고, 약시 환아에서 좋은 입체시는 치료 전 약시 정도와 치료 후 시력과 관련되므로 고도약시를 가지는 환아는 보다 더 주의를 기울이고, 약시 환아에서 약시안의 최종 시력을 조금 더 좋게 회복하는 것이 좋은 입체시를 획득하는 데 도움을 줄 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) von Noorden GK, Campos EC. Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus, 6th ed. St. Louis: Mosby, 2002;246-97.
- 2) Birch EE. Amblyopia and binocular vision. Prog Retin Eye Res 2013;33:67-84.
- 3) Levi DM, Knill DC, Bavelier D. Stereopsis and amblyopia: a mini-review. Vision Res 2015;114:17-30.
- 4) Sen DK. Results of treatment of anisohypermetropic amblyopia without strabismus. Br J Ophthalmol 1982;66:680-4.
- 5) Chung YR, Yang H, Lew HM, et al. The assessment of stereoacuity in patients with strabismus. J Korean Ophthalmol Soc 2008;49:1309-16.
- 6) Webber AL, Wood JM, Gole GA, Brown B. The effect of amblyopia on fine motor skills in children. Invest Ophthalmol Vis Sci 2008;49:594-603.
- 7) O'Connor AR, Birch EE, Anderson S, et al. The functional significance of stereopsis. Invest Ophthalmol Vis Sci 2010;51:2019-23.
- 8) Lambert SR, Lyons CJ. Taylor and Hoyt's pediatric ophthalmology and strabismus, 5th ed. Amsterdam: Elsevier, 2016;746-53.
- 9) Mitchell DE, Howell ER, Keith CG. The effect of minimal occlusion therapy on binocular visual functions in amblyopia. Invest Ophthalmol Vis Sci 1983;24:778-81.
- 10) Lee SY, Isenberg SJ. The relationship between stereopsis and visual acuity after occlusion therapy for amblyopia. Ophthalmology 2003;110:2088-92.
- 11) Wallace DK, Lazar EL, Melia M, et al. Stereoacuity in children with anisometropic amblyopia. J AAPOS 2011;15:455-61.
- 12) Stewart CE, Wallace MP, Stephens DA, et al. The effect of amblyopia treatment on stereoacuity. J AAPOS 2013;17:166-73.
- 13) Chung JK, Choi KS, Park SH. Qualitative assessment of binocular and monocular visual function in successfully treated amblyopes. J Korean Ophthalmol Soc 2006;47:947-53.
- 14) Tittes J, Baldwin AS, Hess RF, et al. Assessment of stereovision with digital testing in adults and children with normal and impaired binocularity. Vision Res 2019;164:69-82.
- 15) Cotter SA, Edwards AR, Wallace DK, et al. Treatment of anisometropic amblyopia in children with refractive correction. Ophthalmology 2006;113:895-903.
- 16) Weakley DR Jr. The association between nonstrabismic anisometropia, amblyopia, and subnormal binocularity. Ophthalmology 2001;108:163-71.
- 17) Donahue SP. Relationship between anisometropia, patient age, and the development of amblyopia. Am J Ophthalmol 2006;142:132-40.
- 18) Cho YA, Cho SW, Roh GH. Evaluation of criteria of stereoacuity for Titmus, Randot & TNO stereotests. J Korean Ophthalmol Soc 1999;40:532-7.
- 19) Jeon HS, Choi DG. Stereopsis and fusion in anisometropia according to the presence of amblyopia. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2017;255:2487-92.
- 20) Li J, Hess RF, Chan LY, et al. Quantitative measurement of interocular suppression in anisometropic amblyopia: a case-control study. Ophthalmology 2013;120:1672-80.
- 21) Narasimhan S, Harrison ER, Giaschi DE. Quantitative measurement of interocular suppression in children with amblyopia. Vision Res 2012;66:1-10.

- 22) Levy NS, Glick EB. Stereoscopic perception and Snellen visual acuity. *Am J Ophthalmol* 1974;78:722-4.
- 23) Donzis PB, Rappazzo JA, Burde RM, Gordon M. Effect of binocular variations of Snellen's visual acuity on Titmus stereoacuity. *Arch Ophthalmol* 1983;101:930-2.
- 24) Wallace DK, Repka MX, Lee KA, et al. Amblyopia preferred practice pattern(R). *Ophthalmology* 2018;125:P105-42.
- 25) Kelly KR, Jost RM, Dao L, et al. Binocular iPad game vs patching for treatment of amblyopia in children: a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol* 2016;134:1402-8.
- 26) Lee BH, Kim MM. Comparisons of the Lang, Randot, TNO and new stereo tests in screening and office use in children. *J Korean Ophthalmol Soc* 1990;31:651-60.
- 27) Westheimer G, McKee SP. Stereogram design for testing local stereopsis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1980;19:802-9.
- 28) Nevitt MC, Cummings SR, Kidd S, Black D. Risk factors for recurrent nonsyncopal falls. A prospective study. *JAMA* 1989;261:2663-8.
- 29) Kelly KR, Jost RM, De La Cruz A, Birch EE. Amblyopic children read more slowly than controls under natural, binocular reading conditions. *J AAPOS* 2015;19:515-20.

= 국문초록 =

약시치료로 시력이 호전된 한 눈 굴절부등약시 환자의 입체시 평가

목적: 약시치료 후 시력이 회복된 한 눈 굴절부등약시 환자의 입체시검사 결과를 정상 소아와 비교하고 입체시검사 결과에 영향을 주는 요인에 대해 분석해보고자 하였다.

대상과 방법: 한 눈 굴절부등약시로 진단받고 안경 및 가림치료로 시력이 회복된 후 입체시가 시행된 약시 환자(약시군) 37명과 정상 소아 34명의 의무기록을 후향적으로 조사하였다. 약시군과 정상군의 임상 특성을 살펴보고, 각 군 간의 입체시(워드4등검사, 랭II 검사, 티트무스검사, 티엔오검사)검사 결과를 비교 분석하였다. 또한 약시군의 입체시검사 결과에 영향을 주는 인자들을 분석하였다.

결과: 입체시 시행 시 나이, 성별, 평균 구면렌즈대응치, 정상안 logMAR 시력은 두 군 사이에 유의한 차이가 없었으나, 약시군의 최종 약시안 logMAR 시력(0.04 ± 0.04)은 정상군(0.01 ± 0.02)에 비해 유의하게 나뉘었다($p=0.001$). 약시군에서 정상 입체시를 보인 환자는 정상군에 비해 랭II 검사, 티트무스검사, 티엔오검사 모두에서 유의하게 적었다. 랭II 검사에서는 고도약시인 경우, 티트무스검사의 경우 최종 약시안의 시력이 나쁠수록 유의하게 입체시 저하를 보였다.

결론: 약시 환아는 안경착용 및 가림치료로 시력이 회복되었더라도 정상 소아에 비해 입체시가 낮았다. 약시 환아에서 치료 전 약시 정도와 치료 후 약시안의 시력은 입체시검사 결과에 영향을 주는 인자로, 좋은 입체시 획득을 위해서 고도약시의 환아 치료 시 더 주의를 기울이고 약시안의 최종 시력을 조금 더 좋게 회복하는 것이 도움이 될 것이다.

(대한안과학회지 2021;62(11):1539-1546)

이상욱 / Sang Wook Lee

을지대학교 의과대학 노원을지대학교병원 안과학교실
Department of Ophthalmology,
Nowon Eulji Medical Center,
Eulji University College of Medicine

