

## 성공적인 외사시수술 후 삼차원영상 인지양상

김진선<sup>1</sup> · 이승구<sup>2</sup> · 이형근<sup>1</sup> · 이종복<sup>1</sup> · 한승한<sup>1</sup>

연세대학교 의과대학 안과학교실, 시기능개발연구소<sup>1</sup>, 연세대학교 의과대학 영상의학과교실<sup>2</sup>

**목적:** 성공적인 외사시수술을 받은 환자 및 정상군에서 3D영상 인지양상을 분석하고 그 결과를 기존의 티트무스 입체시검사와 비교하고자 하였다.

**대상과 방법:** 본원에서 간헐외사시로 수술받은 환자 23명 및 정상군 28명을 대상으로 3D노트북 시청 후 3D영상 인지양상을 조사하고 티트무스 입체시검사를 시행하였다.

**결과:** 외사시군에서 입체감을 느끼는 최소 3D장면 깊이레벨의 평균값은  $38.26 \pm 19.69$ , 정상군에서는  $33.21 \pm 16.11$ 이었고, 통계학적 차이는 보이지 않았다( $p=0.319$ ). 티트무스 입체시검사 결과 외사시군에서는 평균 입체시가  $60.97 \pm 34.23$ 초각, 정상군에서는  $76.69 \pm 93.81$ 초각으로 측정되었고 통계학적 차이는 보이지 않았다( $p=0.444$ ). 최소 3D장면 깊이 레벨의 평균값과 티트무스 입체시검사 결과간의 상관분석을 시행한 결과 외사시군( $p=0.024$ ) 및 정상군( $p=0.026$ )에서 통계학적으로 유의한 양의 상관관계를 나타냈다.

**결론:** 성공적인 외사시수술을 받은 환자들은 정상군과 큰 차이 없이 3D영상을 실감나게 느낄 수 있었으며 기존의 입체시검사 결과가 좋을수록 3D영상을 더 실감나게 느낄 수 있을 것이다.

〈대한안과학회지 2013;54(6):932-937〉

최근 점차 3D영상 기술을 보다 쉽게 접할 수 있게 됨에 따라 사시수술 후 단순한 정위획득이나 정상시력획득 외에도 입체시획득의 중요성이 점점 강조되고 있다. 입체시란 융합상태에서 물체의 상대적인 깊이를 인지하는 능력으로서 가장 고도의 기능에 속하는 양안시기능의 척도라고 할 수 있다. 입체시는 사시환자의 상태 및 사시수술의 시기를 결정하는 척도로 유용하게 활용될 수 있음이 제시되었고<sup>1-3</sup> 기능적으로도 실제생활에 중요하다는 것이 밝혀진 바 있다.<sup>4</sup>

3D영상은 1800년대부터 시작되어 사진이나 그림을 입체로 볼 수 있는 장치가 만들어졌으며 1922년에는 최초의 상업용 3D영화로 알려진 'The Power of Love'가 개봉하였다. 이후 3D영화는 주로 놀이공원 등에서 상영되어 왔으나 크게 주목받지는 못하다가 최근 3D 영화 '아바타'의 선풍적인 흥행을 시작으로 전세계적으로 3D로 제작된 영화가 많은 극장에서 개봉하게 되었으며 또한 남아공 월드컵과 런던 올림픽의 3D방송 중계로 대표되는 3D방송의 도입으로

전세계 가정에 3D TV 및 3D컴퓨터모니터 등의 보급이 점차 광범위하게 이루어지고 있다.<sup>5</sup> 그러나 사시 수술 후 단순히 정위 및 정상시력의 획득만으로 이러한 3D영상을 실감나게 느낄 수 있을지 예측가능 여부에 대해서는 아직 정확히 연구된 바가 없다.

정상인에서 기존의 검사를 통한 입체시는 대체로 60초각(arc sec) 이하로 알려졌으며 생후 6개월에서 만 1세경까지 대부분 완성되고 일부 연구에서는 3세에서 5세경까지 대부분의 환아가 정상 어른 수준의 입체시를 획득한다는 보고도 있다.<sup>6-10</sup> 현재 주로 사용되는 입체시검사는 검사용 목표물에 따라 윤곽입체시와 난점입체시로 분류된다.<sup>11,12</sup> 이러한 기존의 입체시검사와 3D영상 시청 시 느끼는 실제 입체감간의 상관관계에 대해서도 연구가 거의 이루어져 있지 않다.

본 연구에서는 간헐외사시로 성공적인 수술 후 정위를 획득한 환자 및 정상군에서 현재 시판 중인 3D영상 매체를 이용하여 3D영상 인지양상을 분석하고 그 결과를 윤곽입체시를 반영하는 티트무스 입체시검사와 비교하고자 하였다.

### 대상과 방법

2012년 2월부터 2012년 9월까지 강남세브란스병원 안과 외래에 내원한 환자 중 간헐외사시로 수술을 받은 지 6개월 이상 경과하였고 현재 10프리즘디옵터 미만의 사시각

■ Received: 2012. 12. 8.      ■ Revised: 2013. 1. 20.

■ Accepted: 2013. 4. 10.

■ Address reprint requests to Sueng Han Han, MD  
Department of Ophthalmology, Gangnam Severance Hospital,  
#211 Eonju-ro, Gangnam-gu, Seoul 135-720, Korea  
Tel: 82-2-2019-3440, Fax: 82-2-3463-1049  
E-mail: shhan222@yuhs.ac

\* 이 논문의 요지는 2012년 대한안과학회 제108회 학술대회에서 구연으로 발표되었음.

을 보이는 성공적인 수술 환아를 대상으로 하여 3D영상 인지양상 및 티트무스 입체시검사를 시행하였고 이 결과를 안과적 특이질환이나 수술력이 없는 정상군에서의 결과와 비교하였다. 시력으로 인한 영향을 배제하기 위해 한천석 시력표상 양안 교정 시력 0.7 이하인 경우는 제외되었다.

의무기록을 근거로 하여 환아의 나이, 성별, 수술 전 평균 원거리 및 근거리시각도, 가림치료 과거력 여부를 조사하였다.

3D영상 인지양상을 평가하기 위해 본 연구에서는 편광 안경 방식을 채택하여 사용하였다. 3D영상 시청을 위한 매체로는 현재 시판 중인 3D노트북(엑스노트 A530 TE1BK, LG 전자)을 사용하였고 노트북에서 제공되는 TriDef 3D media player (DDD™) 프로그램을 통하여 일반 애니메이션 DVD 영상을 3D영상으로 변환하였다. 애니메이션 영상은 미국 20세기 폭스사의 '아이스에이지2'의 DVD를 사용하였다.

3D영상 시청은 일반조명의 실내에서 3D노트북 액정화면과의 거리는 60 cm, 시선과의 각도는 90도를 유지한 상태에서 이루어지도록 하였다(Fig. 1A). TriDef 3D media

player 프로그램을 통하여 영상의 3D장면 깊이레벨(3D scene depth level)을 조절하였고 3D장면 깊이레벨 값이 높을수록 더 입체감이 강하게 변환되는 방식이었다(Fig. 1B). 3D장면 깊이레벨을 최소 0부터 최대 100까지 조절하면서 환아가 입체감을 느끼는 최소 레벨을 조사하였다.

추가로 기존의 입체시검사로는 티트무스 입체시검사(Titmus stereotest: Stereo Optical Co. Inc., USA)를 시행하였다. 티트무스 입체시검사는 일반 조명의 실내에서 검사표를 환아로부터 40 cm 거리에 평행하게 위치시킨 후 9단계의 circle 중에서 떠 보이는 원을 고르게 하였다.

통계학적 검정은 통계프로그램 SPSS (Version 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)의 독립표본 *t* 검정과 Pearson 상관 분석을 사용하여 비교, 검토하였다. 통계학적 유의성의 기준은  $p < 0.05$ 로 정의하였다.

## 결 과

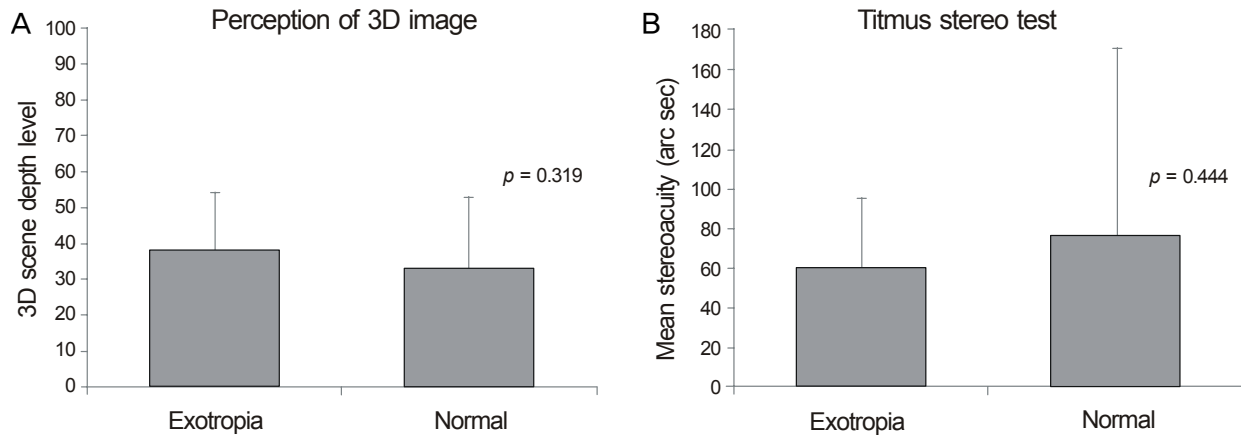
총 대상군 중 외사시군은 23명(남:녀=7:16)이었으며 정



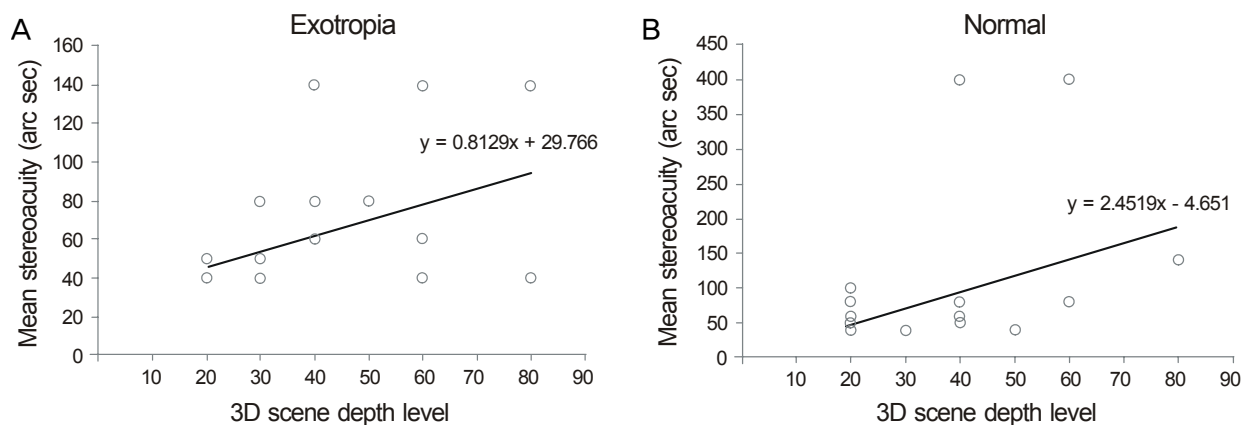
**Figure 1.** (A) The patient watches the 3D image displayed by 3D laptop computer. (B) Animation is converted into 3D image by TriDef 3D media player.

**Table 1.** Characteristics of subjects

	Exotropia group	Normal group
Number of subjects (n)	23	28
Sex (n)		
Male	7	9
Female	16	19
Age (year)		
Mean $\pm$ SD	10.78 $\pm$ 3.13	11.39 $\pm$ 2.50
Range	7-18	8-17
Preoperative mean deviation angle $\pm$ SD (PD)		
At distance	26.87 $\pm$ 6.97	
At near	25.78 $\pm$ 6.62	
Mean BCVA (log MAR)		
OD	0.014	0
OS	0.010	0.005



**Figure 2.** Comparison between exotropia group and normal group. (A) The mean minimal 3D scene depth level didn't show significant difference ( $p = 0.319$ , independent samples  $t$ -test). (B) The mean stereoacuity by Titmus stereo test didn't show significant difference ( $p = 0.444$ , independent samples  $t$ -test).



**Figure 3.** Correlation between mean minimal 3D scene depth level and mean stereoacuity by Titmus test (A) in exotropia group (Pearson correlation coefficient 0.468,  $p = 0.024$ ), (B) in normal group (Pearson correlation coefficient 0.421,  $p = 0.026$ ).

상군은 28명(남:녀=9:19)이었다. 대상 환자들의 연령분포는 7세에서 18세까지로 평균나이는 외사시군에서  $10.78 \pm 3.13$ 세, 정상군에서  $11.39 \pm 2.50$ 세였다. 외사시군의 수술 전 평균 원거리사시각도는  $26.87 \pm 6.97$ 프리즘디옵터, 수술 전 평균 근거리사시각도는  $25.78 \pm 6.62$ 였으며 수술 후에는 모두 10프리즘디옵터 미만의 사시각도를 보였다. 한천식 시력표로 소수시력을 측정하여 기하평균값을 구한 평균 최대교정시력을 logMAR로 환산한 결과 외사시군에서 우안 logMAR 0.014, 좌안 logMAR 0.010 이었고 정상군에서 우안 logMAR 0, 좌안 logMAR 0.005였다. 과거에 약시로 가림치료를 한 환아는 외사시군에 1명 포함되었고 이 환아도 현재는 양안 교정시력 0.8 이상이었다(Table 1).

외사시군에서 입체감을 느끼는 최소 3D장면 깊이레벨의 평균값은  $38.26 \pm 19.69$ , 정상군에서는  $33.21 \pm 16.11$ 이었고 독립 표본  $t$  검정을 시행한 결과 두 군간의 통계학적 차이는 보이지 않았다( $p=0.319$ ) (Fig. 2A).

티트무스 입체시검사 결과 외사시군에서는 평균입체시가  $60.97 \pm 34.23$ 초각, 정상군에서는  $76.69 \pm 93.81$ 초각으로 측정되었고 독립 표본  $t$  검정을 시행한 결과 두 군간의 통계학적 차이는 보이지 않았다( $p=0.444$ ) (Fig. 2B).

3D영상 인지양상과 기존의 티트무스 입체시검사간의 상관관계를 알아보기 위해 외사시군 및 정상군에서 각각 최소 3D장면 깊이레벨의 평균값과 티트무스 입체시검사 결과간의 상관 분석을 시행한 결과 외사시군에서는 Pearson 상관계수 0.468 ( $p=0.024$ ), 정상군에서는 Pearson 상관계수 0.421 ( $p=0.026$ )로 통계학적으로 유의한 양의 상관관계를 나타냈다(Fig. 3A, B).

## 고 찰

본 연구에서 성공적인 수술을 받은 간헐외사시 환아군 및 정상군에서 3D영상 인지양상 및 티트무스 입체시검사

결과 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 그리고 3D영상 인지양상과 티트무스 입체시검사를 비교한 결과 두 검사간에는 유의한 양의 상관관계가 있었다.

3D영상은 특수안경을 쓰고 강제로 원근감을 재현하는 방식이며 현재 우리나라의 대표 전자회사인 삼성전자의 제품은 셔터글래스방식, LG 전자의 경우 편광안경방식을 이용하고 있다. 셔터글래스방식은 좌안과 우안의 이미지를 빠른 속도로 교대로 보여주는 방법으로 좌안의 영상을 보여줄 때는 우안을 가리고 우안의 영상을 보여줄 때는 좌안을 가리게 된다. 두 영상이 바뀌는 속도가 매우 빠르기 때문에 뇌에서는 이를 하나의 영상으로 인지하여 입체감을 느끼게 되는 것이다. 편광안경방식의 경우는 편광필터를 이용한 것으로 편광필터는 편광되지 않은 빛을 특정한 방향의 빛으로 선택적으로 통과시켜 한 방향으로 편광된 빛을 만드는 것이다. 편광안경의 좌우 두 렌즈에 사용되는 편광필터는 서로 90도 어긋난 각도로 이루어져 있는데 이를 통해 좌우에서 차이가 있는 영상을 보게 되어 뇌에서 입체로 인지하게 된다. 편광안경 방식이 더 안경구조가 간단하고 저렴하며 더 밝은 영상을 구현할 수 있다는 장점이 있어 현재 극장에서는 대부분 편광안경방식이 사용되고 있다.<sup>13</sup> 본 연구에서는 편광안경방식을 채택하여 사용하였으며 이는 가장 흔하게 접하게 되는 형식의 3D영상 매체를 대변한다고 볼 수 있다.

티트무스 입체시검사도 편광안경을 사용하는 방법으로 기본 원리는 본 연구에서 사용된 3D노트북의 입체영상구현 방식과 동일하다. 그러나 3D노트북을 통해 시청한 애니메이션의 경우 티트무스 입체시검사와는 달리 정지화면이 아니라 충전연색의 화면 내에 다양한 크기와 형태의 사물들이 등장하며 또한 시청하는 동안 그 사물들이 끊임없이 움직이게 되고 화면 전환도 여러번 이루어진다. 따라서 같은 편광안경방식이라고 해도 3D영상 시청과 기존의 티트무스 입체시검사간에는 큰 차이가 존재한다고 볼 수 있다.

본 연구의 대상이 된 간헐외사시는 동양인의 경우 가장 높은 빈도의 사시이며 대부분 18-24개월 사이에 가장 많이 발병하는 것으로 보고되고 있다.<sup>14,15</sup> 간헐외사시 환자들의 경우 원거리 입체시는 정상인에 비해 불량하나 성공적인 수술 후 호전되는 것으로 알려졌다.<sup>2,3</sup> 근거리 입체시는 여러 연구에서 수술 여부와 상관없이 간헐외사시 환자와 정상인 사이에 큰 차이가 없는 것으로 보고되었다.<sup>2,16</sup> 이는 기존의 근거리입체시검사에 의한 결과로 실제 3D영상 인지양상은 수술과 어떤 연관이 있는지 밝혀져 있지 않다. 본 연구에서는 성공적인 외사시수술이 이루어진 환아들을 대상으로 3D영상 인지양상을 조사하기 위해 화면으로부터 60 cm의 근거리에서 시청하는 3D 노트북을 사용하였으며 그 결과 간헐외사시 환자 및 정상군간에 유의한 차이가 없

었고( $p=0.319$ ) 기존의 근거리 입체시 검사인 티트무스 입체시검사 결과에서도 기존의 연구들과 마찬가지로 두군 사이에 유의한 차이가 없었다( $p=0.444$ ). 즉 정상인과 근거리 입체시에서 큰 차이가 없는 것으로 알려진 간헐외사시 환자의 경우 성공적인 외사시수술 후 일반인들과 큰 차이 없이 3D영상을 실감나게 느낄 것으로 생각된다. 본 연구에서는 수술이 성공한 환아들만을 대상으로 하였으나 추후에는 수술 후 과교정된 환자 및 부족교정된 환아를 대상으로 한 연구도 필요할 것이다.

또한 외사시군 및 정상군 모두에서 3D영상 인지양상과 티트무스 입체시검사 결과가 유의한 양의 상관관계를 보여 기존의 입체시검사 결과 양호한 입체시를 보인 환아들이 실제 3D영상 시청 시에도 3D영상을 더 실감나게 느낄 것이라고 예상할 수 있다. 단, 본 연구에서는 근거리 입체시만을 조사하였는데 실제 극장에서 시청하는 3D 영화의 경우는 원거리 입체시에 의해 영향을 받을 것이므로 원거리에서의 3D영상 인지양상에 대한 추가 연구가 필요할 것이다.

또한 사시 외에도 시력 및 동공간 거리가 입체시에 영향을 주는 것으로 알려졌다. 시력이 좋지 않을 수록 입체시가 떨어지거나 정비례관계를 갖지는 않으며 또한 두 눈의 동공간 거리가 클수록 시차각이 커져서 입체시가 더 좋아진다.<sup>4,11</sup> 본 연구에서는 시력이 미치는 영향을 배제하기 위해 최대 교정 시력 0.8 이상인 환아만을 대상으로 하였으나 추후 시력이나 동공간 거리 등이 3D영상 인지에 미치는 영향에 대한 연구도 이루어져야 할 것이다.

향후 미래에는 3D영상이 단순히 오락분야뿐만 아니라 보다 전문적인 분야에서도 많이 사용될 것으로 예상된다. 따라서 입체시 및 3D영상 인지양상이 삶의 질에 미치는 영향은 앞으로 더 커지게 될 것이며 보다 많은 사람들이 효과적으로 3D영상을 이용할 수 있도록 하기 위해서는 정상인보다 입체시가 떨어지는 것으로 알려져 있는 사시환자나 약시환자 등에서의 정확한 인지양상을 조사하고 이를 향상시키기 위한 연구가 활발히 이루어져야 할 것이다.

결론적으로 성공적인 외사시수술이 시행될 경우 정상군과 큰 차이 없이 3D영상을 느낄 것이며 또한 기존의 입체시검사 결과가 좋을수록 3D영상을 더 실감나게 느낄 수 있을 것이라고 예측할 수 있었다. 현재 본 연구와 같이 실제 시판 중인 3D영상 매체를 이용한 연구는 거의 이루어져있지 않으며 본 연구의 이러한 결과는 3D영상의 기술개발에 활용되어 향후 3D영상 분야의 발전에 기여할 수 있을 것이다.

## REFERENCES

- 1) Morrison D, McSwain W, Donahue S. Comparison of sensory out-

- comes in patients with monofixation versus bifoveal fusion after surgery for intermittent exotropia. *J AAPOS* 2010;14:47-51.
- 2) Stathacopoulos RA, Rosenbaum AL, Zaroni D, et al. Distance stereoacuity. Assessing control in intermittent exotropia. *Ophthalmology* 1993;100:495-500.
- 3) Adams WE, Leske DA, Hatt SR, et al. Improvement in distance stereoacuity following surgery for intermittent exotropia. *J AAPOS* 2008;12:141-4.
- 4) O'Connor AR, Birch EE, Anderson S, Draper H; FSOS Research Group. The functional significance of stereopsis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51:2019-23.
- 5) Park DC. Quality assessment and analysis of stereoscopic 3D television pictures. *J Institute of Signal Processing and Systems* 2010;11:278-88.
- 6) Fawcett SL. An evaluation of the agreement between contour-based circles and random dot-based near stereoacuity tests. *J AAPOS* 2005;9:572-8.
- 7) Romano PE, Romano JA, Puklin JE. Stereoacuity development in children with normal binocular single vision. *Am J Ophthalmol* 1975;79:966-71.
- 8) Takai Y, Sato M, Tan R, Hirai T. Development of stereoscopic acuity: longitudinal study using a computer-based random-dot stereo test. *Jpn J Ophthalmol* 2005;49:1-5.
- 9) Fox R, Patterson R, Francis EL. Stereoacuity in young children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1986;27:598-600.
- 10) Hong SW, Park SC. Development of distant stereoacuity in visually normal children as measured by the Frisby-Davis distance stereotest. *Br J Ophthalmol* 2008;92:1186-9.
- 11) Chung YR, Yang H, Lew HM, et al. The assessment of stereoacuity in patients with strabismus. *J Korean Ophthalmol Soc* 2008;49:1309-16.
- 12) Cho YA, Cho SW, Roh GH. Evaluation of criteria of stereoacuity for Titmus, Randot & TNO stereotests. *J Korean Ophthalmol Soc* 1999;40:532-7.
- 13) Park DJ, Kwak SH, Kim CM, Kim TG. Low-power discrete-event SoC for 3DTV active shutter glasses. *J Institute of Electronics Engineers of Korea* 2011;48:18-26.
- 14) Yu CB, Fan DS, Wong VW, et al. Changing patterns of strabismus: a decade of experience in Hong Kong. *Br J Ophthalmol* 2002;86:854-6.
- 15) Rah SH, Jun HS, Kim SH. An epidemiologic survey of strabismus among school-children in Korea. *J Korean Ophthalmol Soc* 1997;38:2195-9.
- 16) Yildirim C, Mutlu FM, Chen Y, Altinsoy HI. Assessment of central and peripheral fusion and near and distance stereoacuity in intermittent exotropic patients before and after strabismus surgery. *Am J Ophthalmol* 1999;128:222-30.

**=ABSTRACT=**

## Perception of 3-Dimensional (3D) Image after Successful Exotropia Surgery

Jinsun Kim, MD<sup>1</sup>, Seung-Koo Lee, MD<sup>2</sup>, Hyung Keun Lee, MD<sup>1</sup>, Jong Bok Lee, MD<sup>1</sup>, Sueng-Han Han, MD<sup>1</sup>

*The Institute of Vision Research, Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine<sup>1</sup>, Seoul, Korea  
Departments of Radiology, Yonsei University College of Medicine<sup>2</sup>, Seoul, Korea*

**Purpose:** To investigate the perception of 3-dimensional (3D) image after successful exotropia surgery and compare with Titmus stereo test.

**Methods:** A total of 23 children who underwent surgery for intermittent exotropia and 28 normal children were evaluated with a 3D laptop computer and Titmus stereo test.

**Results:** The mean minimal 3D scene depth level was  $38.26 \pm 19.69$  in the exotropia group and  $33.21 \pm 16.11$  in the normal group with no significant difference ( $p = 0.319$ ). The mean stereoacuity was  $60.97 \pm 34.23$  arc sec in the exotropia group and  $76.69 \pm 93.81$  arc sec in the normal group with no significant difference ( $p = 0.444$ ). The mean minimal 3D scene depth and mean stereoacuity showed statistically significant positive correlation in both the exotropia group ( $p = 0.024$ ) and normal group ( $p = 0.026$ ).

**Conclusions:** After a successful exotropia surgery, patients can normally perceive 3D images. Better 3D image perception can be predicted if a previously established stereo test shows good results.

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(6):932-937

**Key Words:** 3D image, Exotropia, Stereopsis

---

Address reprint requests to **Sueng Han Han, MD**  
Department of Ophthalmology, Gangnam Severance Hospital  
#211 Eonju-ro, Gangnam-gu, Seoul 135-720, Korea  
Tel: 82-2-2019-3440, Fax: 82-2-3463-1049, E-mail: shhan222@yuhs.ac