

## The Impact of Amblyopia on Postural Control Abilities

Ryun-Young Kim<sup>1,a</sup>, Hyun Gug Cho<sup>2,b</sup>, Dong-Sik Yu<sup>2,c</sup>, Sang-Yeob Kim<sup>2,d</sup>, Jae-Hyeon Noh<sup>2,e</sup>, and Byeong-Yeon Moon<sup>2,f,\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Medical Health Science, Graduate School, Kangwon National University, Student, Samcheok 25949, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Optometry, Kangwon National University, Professor, Samcheok 25949, Korea

(Received May 1, 2024; Revised May 8, 2024; Accepted May 19, 2024)

**Purpose:** This study was conducted to evaluate the impact of amblyopia on postural control abilities and to analyze the role of visual function in influencing the postural stability of patients with amblyopia empirically. **Methods:** The study involved 44 participants, divided into 20 in the normal group and 24 in the amblyopic group. Participants' visual capabilities and postural stability were analyzed. Postural stability was measured using the BTrackS balance assessment system. **Results:** The amblyopic group exhibited significantly higher body sway than did the normal group ( $p<0.05$ ), particularly in the path length measured while the eyes were open. Additionally, a trend of decreasing body sway with increasing age was noted ( $p<0.05$ ), and a significant decline in postural control abilities was observed in participants with reduced stereopsis ( $p<0.05$ ). **Conclusions:** Amblyopia negatively affects postural control abilities. Visual information plays a crucial role in maintaining postural stability.

**Key words:** Amblyopia, Postural stability, Balance, Stereopsis, Body sway

### 서 론

약시(amblyopia)는 어린이에게서 주로 발견되며, 한쪽 또는 양쪽 눈이 비정상적인 시각 자극을 받아 교정 시력이 저하되고, 다양한 시각적 결함이 수반되는 장애이다.<sup>[1]</sup> 주요 원인으로는 사시(strabismus)와 부등시(anisometropia)가 있으며<sup>[2]</sup>, 이러한 원인에 의해 발생한 약시는 눈의 정상적인 시각 발달을 방해하며 시력 감소와 시각 기능의 결손을 초래한다. 이러한 약시는 단순히 시력 문제에 그치지 않고, 신체의 균형 조절 능력에까지 영향을 미칠 수 있다. 이는 정상적인 시력이 신체의 균형 조절을 발달시키고 유지하는데 매우 중요하기 때문이다.<sup>[3,4]</sup> 특히 소아기에 사시나 약시로 인한 양안시기능 장애는 신체 균형에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.<sup>[3,4]</sup> 이와 관련해 신체균형은 시각(vision), 전정감각(vestibular sense), 고유수용성감각(proprioceptive sensibility) 등이 복잡하게 상호 작용하여 자세 안정성을 유지하는데 기여하는 것으로 알려져 있다.<sup>[5]</sup> 특히 시각은 외부 환경에 대한 정보의 80% 이상을 제공하여 신체 위치와 움직임에 대한 지속적인 정보를 통해 자세 안정성과 신체 균형을 유지하는데 중요한 역할을 한다.<sup>[6,7]</sup> 선행 연구<sup>[4,8]</sup>에서 서양권의 약시나 사시 환자들은 정적

및 동적인 상황에서 자세 안정성이 감소되었다는 보고가 있으며, 약시 환자들은 시각운동능력(visual-motor skill)이 저하되어 특히 물체를 잡는 것과 같은 일상적인 시각 운동 과제에서 정확도와 속도가 떨어지는 것으로 나타났다.<sup>[9]</sup> 또한, 사시나 부등시가 있는 소아는 MABC-2(Movement Assessment Battery for Children 2nd edition) 검사에서 대 근육과 소근육의 운동 능력이 낮게 나올 가능성이 3~6배 더 높은 것으로 나타났다.<sup>[10]</sup>

운동 기능 장애는 약시의 주요 증상으로 자존감과 신체 능력 인식에 영향을 줄 수 있다.<sup>[11,12]</sup> 이에 따라 Webber 등<sup>[13]</sup>은 약시 치료의 결과 평가에 운동 기능 검사를 포함시킬 것을 제안하였다. 약시가 운동 기능과 자세 안정성에 밀접하게 연관되어 있음에도 불구하고, 국내에서는 이와 관련된 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 약시 환자의 신체 흔들림 패턴을 평가하고 약시의 정도와 연관성을 분석하였다. 특히, 눈을 뜨고 있을 때와 감았을 때의 신체 흔들림을 비교하여 약시 환자에게 시각이 신체 균형과 자세 제어에 미치는 영향을 구체적으로 파악하고자 하였다. 이러한 비교는 약시 환자들의 일상생활 및 활동 수행 능력에 대한 더 깊은 이해를 제공하고, 약시의 진단 및 치료 방법을 개선하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

\*Corresponding author: Byeong-Yeon Moon, TEL: +82-33-540-3412, E-mail: bymoon@kangwon.ac.kr

Authors ORCID: <sup>a</sup>https://orcid.org/0009-0009-0899-1017, <sup>b</sup>https://orcid.org/0000-0002-8267-3801, <sup>c</sup>https://orcid.org/0000-0002-4387-4408, <sup>d</sup>https://orcid.org/0000-0001-6806-3305,

<sup>e</sup>https://orcid.org/0000-0003-2384-9536, <sup>f</sup>https://orcid.org/0000-0003-0645-4938

## 대상 및 방법

### 1. 대상

문진과 검사를 통하여 약물복용경험, 전신질환, 근-골격계 장애, 안질환, 발달 장애(예: 자폐 스펙트럼 장애, 지적 장애 등), 신경 질환(예: 뇌졸중, 뇌종양 등)이 없는 본 연구의 취지에 동의한 평균 연령  $14.41 \pm 9.44$ 세의 44명(남 22, 여 22)을 대상으로 하였다(Table 1).

정상군(N=19)의 분류는 양안 및 단안 시력이 0.8(0.1 logMAR) 이상으로 하였고, 약시군(N=25)은 약시안의 최대 교정 시력이 0.6(0.18 logMAR) 이하, 양안의 시력이 2 줄 이상 차이인 경우로 하였다.<sup>[14]</sup>

본 연구에 참여한 대상자들 중 정상군에서는 18명이 외편위, 1명이 내편위를 보였으며, 약시군에서는 외편위가 18명, 내편위가 7명으로 관찰되었다. 또한, 약시군에서 사시를 가진 대상자는 20명이었다.

### 2. 연구방법

#### 1) 시기능검사

##### (1) 교정 굴절력 및 시력 측정

교정 굴절력 및 시력을 측정하기 위해 포롭터(APH-550, Essilor, France)와 5 m용 LCD polar(24") chart(CSPOLA600, Essilor, France)를 사용하여 자각적 굴절검사를 실시하였고, 측정된 교정시력은 logMAR 시력으로 환산하였다. 정상군의 등가구면굴절력은  $-1.30 \pm 1.75$  D였고, 약시군은  $-0.18 \pm 2.24$  D였다. logMAR 교정시력은 정상군과 약시군에서 각각  $-0.04 \pm 0.06$ ,  $0.16 \pm 0.11$ 로 나타났다.

##### (2) 교대프리즘가림 검사

대상자의 편위방향과 양을 측정하기 위해 교대프리즘가림 검사(alternated prism cover test)를 하였다. 측정에 사용된 프리즘바(B-16, Gulden Ophthalmics, USA)는 1  $\Delta$ 부터 45  $\Delta$ 까지의 범위를 포함한다. 검사 시, 비우위안에 프

리즘을 위치시키고, 대상자가 5 m 거리의 20/30의 날개 시표를 주시하도록 하여 차안기로 두 눈을 번갈아 가리면서 안구의 복구 운동이 일어나지 않는 프리즘 굴절력을 편위각으로 결정하였다.

##### (3) 입체시

입체시 검사는 편광안경을 착용한 상태에서 Titmus-fly stereotest(Stereo Optical Ca., INC., USA)를 통해 40 cm 거리에서 측정하였다. 이 검사는 Titmus circle이 포함된 시표를 이용해 40초각(seconds of arc)부터 800초각까지 9단계로 초각을 구분하는지 평가할 수 있다. 측정은 800초각부터 시작하여 연속적으로 2번 틀릴 경우, 바로 이전에 맞힌 초각을 입체시로 기록하였다.

#### 2) 신체 흔들림 분석

신체 흔들림을 평가하기 위해 BTrackS™(Balance Tracking Systems, Inc., USA) 균형측정기기를 사용하였다(Fig. 1). BTrackS™ 균형판은 0.4 m×0.6 m의 지면 반력 장치(force plate)와 모서리 아래쪽의 4개의 측정센서를 사용한다. 균형판 위의 압력 중심점(COP, center of pressure) 변화를 통



Fig. 1. The BTrackS analyzer used in this study.

Table 1. Characteristics of the study participants

Characteristics	NE	AMB	p-value
Number of subjects (male / female)	19 (13/6)	25 (9/15)	
Age (years)	$16.84 \pm 9.91$	$12.56 \pm 8.81$	$p=0.138$
Visual acuity (logMAR)	$-0.04 \pm 0.06$	$0.16 \pm 0.11$	$p<0.001^*$
Spherical equivalent (D)	$-1.30 \pm 1.75$	$-0.18 \pm 2.24$	$p=0.121$
Deviation ( $\Delta$ ) <sup>†</sup>	$-2.68 \pm 2.65$	$-7.72 \pm 21.69$	$p=0.321$
Stereopsis (seconds of arc)	$46.32 \pm 13.00$	$507.28 \pm 716.11$	$p=0.008^*$

NE: normal eyes group, AMB: amblyopia group.

Data presented as mean  $\pm$  standard deviation (SD).

<sup>†</sup>Plus and minus sign in phoria indicate esophoria and exophoria, respectively.

\* $p<0.05$ : A significant difference by independent sample *t*-test.

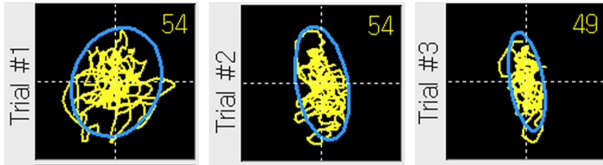


Fig. 2. Representative screens of the results of body sway analysis.

해 신체 흔들림(postural sway)을 측정하며, 발생한 신체 흔들림의 전체 경로는 센티미터 단위로 산출한다(Fig. 2).

본 연구에서는 대상자가 측정판 위에 서서, 눈을 뜨거나 감은 상태에서 양발을 어깨너비만큼 벌리고, 양손을 허리에 얹은 자세로 20초 동안 신체 흔들림을 총 3회 측정하였다. 측정된 압력중심점 흔들림 경로 길이(PL, path length), 내외측 흔들림 범위(ML, range medial lateral of sway), 전후방 흔들림 범위(AP, range anterior posterior of sway)를 평가 요소로 하였다(Table 2).<sup>[15,16]</sup>

3. 통계분석

수집된 데이터는 SPSS for Windows, ver. 23.0를 사용하여 통계 분석하였다.

분석에 이용한 방법은 모수와 비모수적 방법에서 각각 독립표본(independent samples)과 Wilcoxon 검정을 하였으며, 또한 상관분석(Pearson's correlation coefficient)을 하였다. 통계 분석에서 유의확률(p) 0.05 이하일 때 유의한 것으로 판정하였다.

결과 및 고찰

1. 정상군과 약시군의 자세 조절 능력 비교

신체 흔들림 평가에 참여한 총 44명의 대상자(남 22명, 여 22명)의 임상적 특성은 Table 1과 같다. 정상군과 약시군의 임상적 특성을 비교한 독립표본 검정 결과, 정상군과 약시군의 logMAR 시력은 각각  $-0.04 \pm 0.06$ ,  $0.16 \pm 0.11$ 로 나타나 유의미한 차이가 있었으며( $p < 0.001$ ), 입체시에서도 정상군과 약시군 각각  $46.32 \pm 13.00$ 초각,  $507.28 \pm 716.11$ 초각으로 두 그룹 간에 유의미한 차이가 있었다( $p = 0.008$ ).

Table 3과 4는 정상군과 약시군 간의 신체 흔들림을 독립표본 검정으로 비교 분석한 결과이다. Table 3에서 눈을

Table 3. Comparison of postural control assessment in the two groups under the eyes-open conditions

Group		NE (N=19)	AMB (N=25)	p-value
OE	PL (cm)	25.68±9.76	37.68±18.79	$p=0.010^*$
	ML (cm)	1.15±0.76	2.04±1.83	$p=0.044^*$
	AP (cm)	1.91±0.87	2.80±1.48	$p=0.016^*$

NE: normal eyes group, AMB: amblyopia group, OE: open eyes, PL: path length ML: medial lateral of sway, AP: anterior posterior of sway.

Data presented as mean±standard deviation (SD).

\* $p < 0.05$ : A significant difference by Independent samples t-test.

Table 4. Comparison of postural control assessment in the two groups under the eyes-closed conditions

Group		NE (N=19)	AMB (N=25)	p-value
CE	PL (cm)	31.79±14.62	40.20±18.89	$p=0.082$
	ML (cm)	1.36±1.02	2.08±1.81	$p=0.101$
	AP (cm)	2.78±1.81	3.19±1.49	$p=0.340$

CE: close eyes, AMB: amblyopia group, PL: path length ML: medial-lateral sway, AP: anteriorposterior sway.

Data presented as mean ± standard deviation (SD).

\* $p < 0.05$ : A significant difference by independent samples t-test.

뜨 상태로 측정한 흔들림 경로길이는 정상군이  $25.68 \pm 9.76$  cm, 약시군이  $37.68 \pm 18.79$  cm로, 약시군에서 흔들림이 더 크게 나타났다( $p = 0.010$ ). 또한, 내외측 흔들림 범위는 정상군이  $1.15 \pm 0.76$  cm, 약시군이  $2.04 \pm 1.83$  cm, 전후방 흔들림 범위는 정상군이  $1.91 \pm 0.87$  cm, 약시군이  $2.80 \pm 1.48$  cm로 측정되었으며, 이 또한 통계적으로 유의미한 차이가 있었다(각각  $p = 0.044$ ,  $p = 0.016$ ). 반면, Table 4에서 눈을 감은 상태로 측정된 모든 흔들림 측정 요소(PL, ML, AP)에서는 통계적으로 유의한 차이는 없었으나(각각  $p = 0.082$ ,  $p = 0.101$ ,  $p = 0.340$ ), 약시군에서 더 큰 경향을 보였다. 이 결과는 약시가 시각적 처리에 문제를 일으켜 자세 안정성에 영향을 줄 수 있음을 나타낸다.

선행 연구<sup>[4,17-20]</sup>들은 눈을 감은 상태에서 자세 안정성이 감소하며, 이때 신체의 동요도가 20 ~ 70% 정도 증가하는 것으로 보고하였다.<sup>[20]</sup> 이는 시각 정보가 자세 조절에 중요한 역할을 한다는 것을 입증한다. Fig. 3과 4는 이러한 결과를 더욱 명확하게 보여준다. 정상군은 눈을 감았을 때 신체 흔들림(PL)이  $25.68 \pm 9.76$  cm에서  $31.79 \pm 14.62$  cm

Table 2. Definition of evaluation factors measured using Btracks

Evaluation factors	Definition	Formula
COP-PL	The cumulative sum of the total length of deviation from the center of pressure during the occurrence of body sway	$\sqrt{(COP_{x2} - COP_{x1})^2 + (COP_{y2} - COP_{y1})^2}$
Range-ML	The maximum distance between two points of the ML time series	$\max_{1 < n < m < N}  X_n - X_m $
Range-AP	The maximum distance between two points of the AP time series	$\max_{1 < n < m < N}  Y_n - Y_m $

COP: center of pressure, PL: path length, ML: medial-lateral sway, AP: anterior-posterior sway

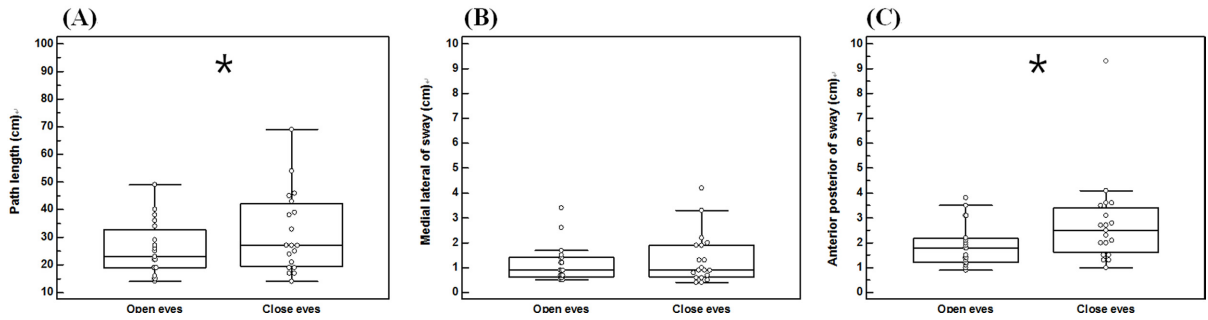


Fig. 3. Comparison of postural control assessment with eyes open and eyes closed in the normal eyes group. A. Length of sway path at the center of pressure, B. Range of medial–lateral sway, C. Range of anterior–posterior sway. \* $p < 0.05$  indicates a significant difference.

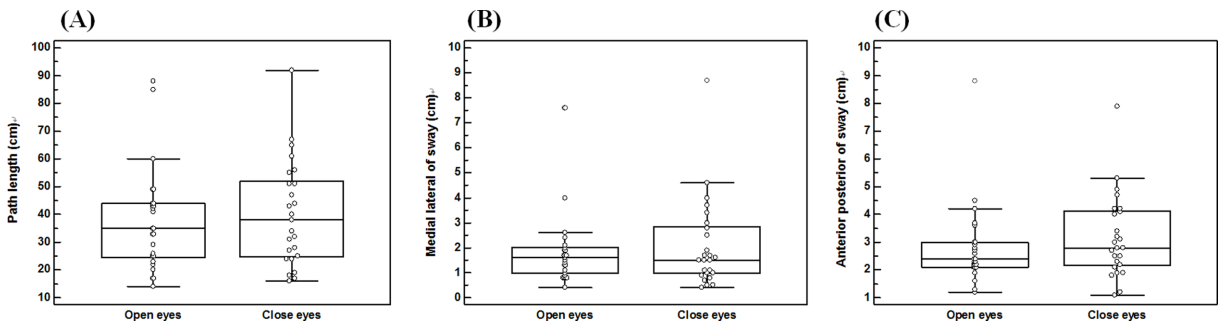


Fig. 4. Comparison of postural control assessment with eyes open and eyes closed in the amblyopia group. A. Length of the sway path at the center of pressure, B. Range of medial–lateral sway, C. Range of anterior–posterior sway. \* $p < 0.05$  indicates a significant difference.

로 약 24% 증가하는 반면(Wilcoxon 검정,  $p=0.01$ ), 약시군에서는  $37.68 \pm 18.79$  cm에서  $40.20 \pm 18.89$  cm로 약 7%의 증가에 그쳤으며, 이 차이는 통계적으로도 유의하지 않았다(Wilcoxon 검정,  $p=0.21$ ). 이는 약시군이 눈을 뜨거나 감는 조건에서 신체 흔들림에 큰 차이를 보이지 않으므로써, 시각적 정보에 대한 의존도가 낮아질 수 있음을 나타냈다. 또한, 시각 정보가 결여되었을 때 균형을 위해 다른 감각 입력, 예를 들어 전정감각과 고유감각이 보상할 수 있다는 가정을 제기할 수 있다.

## 2. 약시군의 연령에 따른 신체 흔들림 분석

Fig. 5와 6은 약시군에서 실시한 신체 흔들림 측정 요소와 연령 간의 Pearson 상관분석을 한 결과이다. 눈을 뜬 상태에서 전체 흔들림 경로 길이와 연령에 대한 상관관계수  $r$ 은  $-0.392(p=0.052)$ 으로 나타나, 통계적으로 유의미한 상관성은 없었지만, 음의 상관관계를 보였다. 내외측 흔들림과 전후방 흔들림 또한 연령과 음의 상관관계를 보였으나 통계적으로 유의미하지 않았다(각각  $p=0.204, 0.169$ ). 반면, 눈을 감은 상태에서의 전체 흔들림 경로 길이와 연령에 대한 상관관계수  $r$ 은  $-0.506(p=0.001)$ 로, 통계적으로 유의미한

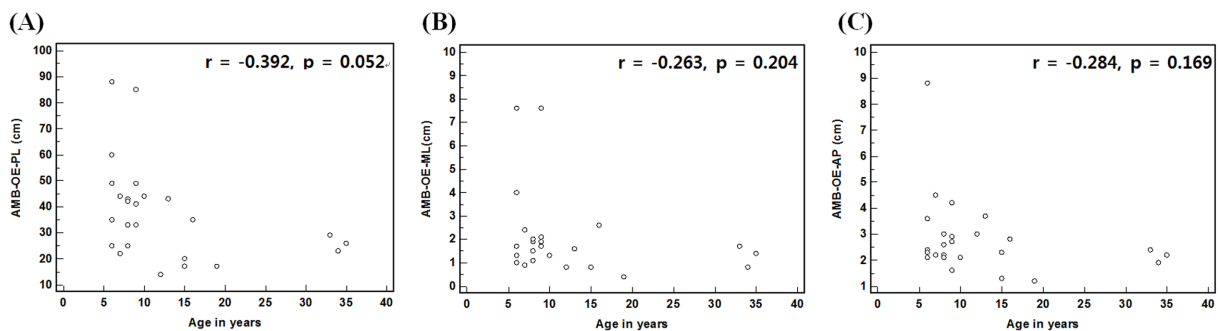


Fig. 5. Analysis of correlation between age and postural control in the amblyopia group under eyes-open conditions. AMB: amblyopia group, OE: eyes-open, PL: path length ML: medial–lateral sway, AP: anterior–posterior sway. \* $p < 0.05$ : Significant difference by Pearson’s correlation analysis.



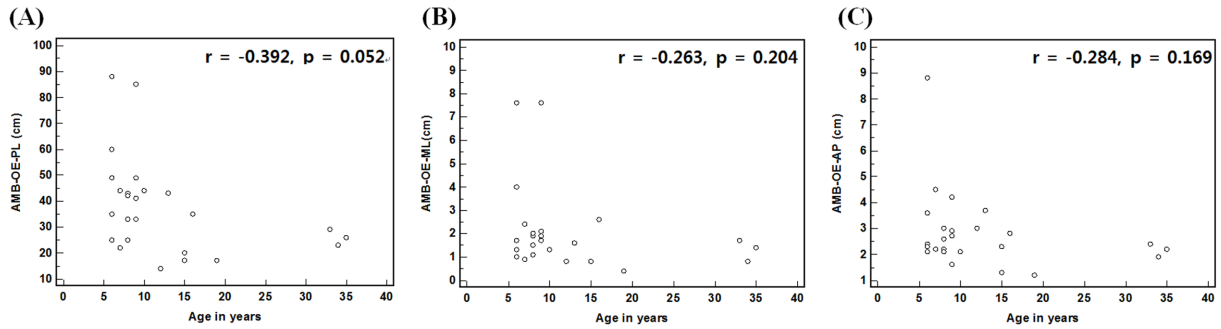


Fig. 6. Analysis of correlation between age and postural control in the amblyopia group under eyes-closed conditions. AMB: amblyopia group, CE: eyes-closed, PL: path length ML: medial-lateral sway, AP: anterior-posterior sway. \* $p < 0.05$ : A significant difference by Pearson's correlation analysis.

음의 상관관계를 나타냈다. 내외측 흔들림 또한  $r = -0.401$  ( $p = 0.047$ )로 유의미한 상관성을 보였다.

이 상관분석 결과로 볼 때, 약시를 가진 개인의 연령이 자세 조절에 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있으며, 이는 시각적 정보를 활용한 균형 유지 능력이 연령에 따라 변화할 수 있음을 나타낸다. 균형 조절에 대한 시각계의 상대적 기여도는 성인에 비해 어린이가 더 큰 것으로 알려져 있다.<sup>[21,22]</sup> 균형 조절 능력은 생애 초기에 확립되며, 각각의 감각(시각, 전정, 고유수용성 감각)이 복잡한 상호관계에 따라 잘 발달할수록 자세 안정성이 향상된다. 고유수용성 감각은 생후 초기부터 균형 조절을 지배하며, 3~4세에 성인 수준의 기능에 도달한다.<sup>[22,23]</sup> 시각계는 이후 약 15세까지 발달하며<sup>[22,23]</sup>, 감각계가 성숙하면 전정 감각이 우세해진다.<sup>[22,23]</sup> 약시는 감각계 발달이 중요한 어린 시기에 더 자주 발생하며, 조기에 치료하는 것이 효과적이다.<sup>[24]</sup> 실제로, 7세 미만 아동이 약시 치료에 더 좋은 반응을 보이고<sup>[24]</sup>, 약시는 평균 41개월에 발병하는 것으로 보고 되었다.<sup>[25]</sup> 따라서 약시의 발병과 치료에 있어 연령이 중요한 요소임을 시사하며, 약시 치료와 예방을 계획하는 데 있어 연령과 감각 발달의 상호작용을 고려하는 것의 중요성을 강조한다.

이와 같이 시각이 차단된 상태에서 연령이 증가함에 따라 신체 흔들림이 줄어드는 경향은 약시 아동들이 시각이 아닌 다른 감각을 통해 균형 능력을 개선할 수 있음을 보여준다. 또한, 약시 환자들이 시각적 정보에 의존하기보다는 다른 감각적 입력을 활용해 균형을 잡는 보상 메커니즘을 발달시킬 수 있다는 가능성을 뒷받침한다. 따라서, 약시 아동과 성인을 위한 치료 및 중재 전략을 개발할 때 다감각적 접근을 고려하는 것이 중요하다. 또한, 연령과 전체 흔들림 경로 길이 간의 상관관계는 연령이 자세 안정성에 미치는 복잡한 영향을 나타내며, 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Table 5. Comparison of postural control according to deviation

Group	Low deviation <sup>†</sup> (N=23)	High deviation <sup>‡</sup> (N=13)	p-value	
OE	PL (cm)	27.87±10.65	34.38±19.75	$p = 0.205$
	ML (cm)	1.27±0.73	1.78±1.83	$p = 0.241$
	AP (cm)	2.00±0.87	2.49±0.69	$p = 0.092$
CE	PL (cm)	33.52±15.06	33.85±12.60	$p = 0.948$
	ML (cm)	1.51±1.08	1.48±0.88	$p = 0.919$
	AP (cm)	2.93±1.73	2.80±0.97	$p = 0.811$

OE: eyes-open, CE: eyes-closed, PL: path length, ML: medial-lateral sway, AP: anterior-posterior sway.

Data are presented as mean ± standard deviation (SD).

<sup>†</sup>Low deviation:  $\leq 10 \Delta$ ; <sup>‡</sup>High deviation:  $> 10 \Delta$ .

\* $p < 0.05$ : A significant difference by independent samples *t*-tests.

### 3. 편위량이 신체 흔들림에 미치는 영향

본 연구에 참여한 외편위를 가진 대상자 36명을 대상으로 신체 흔들림 측정 요소를 독립표본 검정으로 분석하였다(Table 5). 총 대상자 44명 중 36명(81%)이 외편위를 보였으며, 외편위의 크기에 따라 작은 편위군( $\leq 10 \Delta$ , N=23)과 큰 편위군( $> 10 \Delta$ , N=13)으로 나누었다. 눈을 뜬 상태에서 경로 길이는 작은 편위군에서  $27.87 \pm 10.65$  cm, 큰 편위군에서  $34.38 \pm 19.75$  cm로 나타났으며, 두 그룹간 차이는 통계적으로 유의하지 않았다( $p = 0.205$ ). 동일한 조건에서 좌우 흔들림과 전후 흔들림 또한 유의미한 차이를 보이지 않았다( $p = 0.241$  및  $p = 0.092$ ). 눈을 감은 상태에서도 모든 흔들림 측정 요소에서 두 그룹간 유의미한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).

본 연구 결과는 외편위의 정도가 신체 흔들림에 미치는 영향이 크지 않음을 시사한다. 이는 Zipori<sup>[4]</sup> 등이 보고한 바와 유사하며, Zipori<sup>[4]</sup> 등은 사시 환자의 안구 편위량을 기준으로 한 BOT2(Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency 2) 균형 수행 능력 검사에서도 통계적 차이가 없었다고 보고하였다. 또한, 다른 선행 연구에서 내사시

Table 6. Comparison of postural control according to stereopsis

Group		Normal stereopsis <sup>†</sup> (N=20)	Abnormal stereopsis <sup>‡</sup> (N=24)	p-value
OE	PL (cm)	26.10±10.16	37.83±18.97	$p=0.017^*$
	ML (cm)	1.15±0.75	2.08±1.86	$p=0.041^*$
	AP (cm)	1.81±0.67	2.93±1.52	$p=0.004^*$
CE	PL (cm)	31.40±14.50	40.88±18.88	$p=0.073$
	ML (cm)	1.41±1.05	2.08±1.83	$p=0.155$
	AP (cm)	2.88±1.79	3.13±1.52	$p=0.607$

NE: normal eyes group, AMB: amblyopia group, OE: open eyes, CE: close eyes, PL: path length ML: medial lateral of sway, AP: anterior posterior of sway.

Data presented as mean±standard deviation (SD).

<sup>†</sup>Normal stereopsis:  $\leq 60$  arc sec; <sup>‡</sup>Abnormal stereopsis:  $>60$  arc sec.

\* $p<0.05$ : A significant difference by Independent samples t-test.

[26,27] 및 외사시[28] 환자 모두에서 자세 안정성이 저하된 것으로 나타났으나, 본 연구에서는 유의미한 차이를 찾지 못한 것은 연구 대상의 외편위 정도나 측정 방법의 차이 일 수 있다.

따라서, 편위가 큰 환자들의 자세 안정성을 평가할 때는 다양한 요인이 고려되어야 할 필요가 있다. 예를 들어, 사시의 유형, 편위의 정도, 그리고 다른 신경학적 또는 근골격적 요인 등이 포함될 수 있다. 향후 연구에서는 더욱 정교한 연구 설계와 다양한 인구 집단에서의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### 4. 입체시가 신체 흔들림에 미치는 영향

본 연구에 참여한 대상자의 입체시를 60초각을 기준[4,29]으로 하여 정상 입체시군(N=20)과 낮은 입체시군(N=24)으로 대상자를 분류하고, 신체 흔들림을 독립표본 검정으로 비교 분석하였다(Table 6). 눈을 뜬 상태에서, 정상 입체시군은 흔들림 경로길이가 26.10±10.16 cm였으며, 낮은 입체시군에서는 37.83±18.97 cm로 유의하게 더 큰 흔들림을 보였다( $p=0.017$ ). 또한, 좌우 흔들림과 전후 흔들림에서도 낮은 입체시군이 더 큰 값을 나타냈으며, 이 또한 통계적으로 유의했다( $p=0.041$ ,  $p=0.004$ ). 반면, 눈을 감은 상태에서의 흔들림 측정은 통계적으로 유의하지 않았지만( $p>0.05$ ), 낮은 입체시군이 더 큰 경향을 보였다.

본 연구 결과는 입체시 저하가 신체 균형에 미치는 영향을 실증적으로 보여준다. 입체시는 두 눈으로 보는 이미지의 차이를 통해 깊이를 인식하는 능력이며, 이는 공간 인식과 밀접한 관계가 있다.[30,31] 입체시 저하는 특히 신체 흔들림의 증가와 연관되어 있으며, 이는 Nevitt 등[32]의 연구에서 입체시 저하가 낙상 위험을 증가시키는 중요한 시각적 요인이라고 보고한 것과 일치한다. 본 연구에서 입체

시 저하군이 특히 눈을 뜬 상태에서 유의미하게 높은 흔들림 값을 보인 것은, 시각 정보의 저하가 자세 안정성을 직접적으로 방해할 수 있음을 시사한다.

Zipori[4] 등의 연구에서는 입체시 능력과 균형 능력 사이에 큰 차이가 없다고 보고되었지만, 본 연구에서는 입체시 저하가 있는 대상자들에서 유의미한 신체 흔들림 증가를 관찰하였다. 이러한 결과의 차이는 사용된 평가 도구의 민감도, 실험 설계, 그리고 대상자의 특성이 다르기 때문일 수 있으며, 이는 향후 연구에서 입체시 측정 및 균형 평가의 방법을 더욱 정교하게 할 필요가 있음을 시사한다.

약시 환자들의 경우, 정확한 거리 판단과 공간 인식에 어려움을 겪을 수 있으며, 이는 Nevitt 등[32]의 연구에서도 언급된 바 있다. 이러한 환자들은 특히 균형을 유지하는데 필요한 시각적 정보의 정확성이 저하되어, 일상 활동 중 불안정한 자세를 유지할 가능성이 높다. 따라서, 약시 환자들의 균형 감각 향상을 위한 맞춤형 프로그램 개발이 필요하며, 이는 시각적 개선뿐만 아니라 다감각 통합을 촉진해야 한다.

이 결과들을 종합하면, 약시를 가진 사람들이 일상에서 시각적 정보를 활용하는 데 어려움을 겪을 수 있다는 점을 보여준다. 시각 의존도가 낮다는 것은 약시가 있는 개인이 빠른 시각 반응을 필요로 하는 다양한 행동이나 인지 활동에서 제한을 받을 수 있다는 의미이다. 다른 감각들이 서로 보완해줌으로써 일부는 극복할 수 있지만, 이는 약시 환자들이 일상에서 마주하는 모든 문제를 해결하지는 못한다.

#### 결론

본 연구는 약시가 있는 대상자들의 신체 흔들림과 자세 안정성에 미치는 영향을 평가하여, 시각장애가 균형 유지 능력에 중요한 영향을 미칠 수 있음을 실증적으로 보였다. 특히 입체시 저하가 있는 대상자에서 신체 흔들림이 유의미하게 증가하는 결과를 관찰하였고, 이는 시각 정보의 저하가 자세 안정성을 방해할 수 있음을 나타낸다. 이러한 발견은 시각 장애가 있는 대상자들의 일상생활 적응력을 향상시키기 위한 구체적인 전략 개발이 필요함을 시사하며, 맞춤형 균형 향상 프로그램 개발의 필요성을 강조한다.

또한, 약시 환자들은 특히 시각보다 전정 감각이나 고유수용성 감각에 더 의존하는 경향을 보여, 이는 낮은 연령대의 시력 저하가 있는 대상자에서 두드러졌다. 이는 자세 안정성과 균형 조절 능력이 개인의 발달 단계와 밀접하게 연관되어 있음을 보여준다.

따라서, 약시 및 관련 시각 장애의 치료와 예방 전략을 수립할 때 연령, 감각 발달, 및 시각 기능의 상호작용을 고

려하는 것이 중요하다. 본 연구는 약시 환자들의 자세 안정성과 관련된 감각 및 운동 기능에 대한 더 깊은 이해를 제공하며, 약시 및 기타 시각 장애를 가진 사람들을 위한 효과적인 치료법 개발에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 이는 시각 정보 저하의 영향을 최소화하고 다감각 통합을 촉진하는 방식으로 접근해야 함을 강조한다.

## REFERENCES

- [1] Kiorpes L, McKeet SP. Neural mechanisms underlying amblyopia. *Curr Opin Neurobiol.* 1999;9(4):480-486. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0959-4388\(99\)80072-5](https://doi.org/10.1016/s0959-4388(99)80072-5)
- [2] Holmes JM, Clarke MP. Amblyopia. *The Lancet.* 2006; 367(9519):1343-1351. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68581-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68581-4)
- [3] Brin TA, Xu Z, Zhou Y, et al. Amblyopia is associated with impaired balance in 3–6-year-old children in China. *Frontiers in Neuroscience.* 2022;16:993826. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.993826>
- [4] Zipori AB, Colpa L, Wong AMF, et al. Postural stability and visual impairment: assessing balance in children with strabismus and amblyopia. *PLoS ONE.* 2018;13(10):e0205857. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205857>
- [5] Shumway-Cook A, Woollacott MH. The growth of stability: postural control from a developmental perspective. *J Mot Behav.* 1985;17(2):131-147. DOI: <https://doi.org/10.1080/00222895.1985.10735341>
- [6] Kim SY, Moon BY, Cho HG. Changes of body balance on static posture according to types of induced ametropia. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014;19(2):239-246. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2014.19.2.239>
- [7] Lord SR. Visual risk factors for falls in older people. *Age and Ageing.* 2006;35(Suppl 2):ii42-ii45. DOI: <https://doi.org/10.1093/ageing/afl085>
- [8] Dickmann A, Di Sipio E, Simbolotti C, et al. Balance in subjects with congenital or early onset strabismus: influence of age. *Neurosci Lett.* 2016;623:28-35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2016.04.041>
- [9] Grant S, Moseley MJ. Amblyopia and real-world visuo-motor tasks. *Strabismus.* 2011;19(3):119-128. DOI: <https://doi.org/10.3109/09273972.2011.600423>
- [10] Kelly KR, Morale SE, Beauchamp CL, et al. Factors associated with impaired motor skills in strabismic and anisometropic children. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2020;61(10):43. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.61.10.43>
- [11] Kelly KR, Jost RM, De La Cruz A, et al. Amblyopic children read more slowly than controls under natural, binocular reading conditions. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus.* 2015;19(6): 515-520. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2015.09.002>
- [12] Birch EE, Castañeda YS, Cheng-Patel CS, et al. Self-perception of school-aged children with amblyopia and its association with reading speed and motor skills. *JAMA Ophthalmol.* 2019;137(2):167-174. DOI: <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2018.5527>
- [13] Webber AL, Wood JM, Thompson B. Fine motor skills of children with amblyopia improve following binocular treatment. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2016;57(11): 4713-4720. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.16-19797>
- [14] Doshi NR, Rodriguez MLF. Amblyopia. *Am Fam Physician.* 2007;75(3):361-367.
- [15] Goble DJ, Conner NO, Nolff MR, et al. Test-retest reliability of the balance tracking system modified clinical test of sensory integration and balance protocol across multiple time durations. *Med Devices(Auckl).* 2021;14: 355-361. DOI: <https://doi.org/10.2147/MDER.S339187>
- [16] Quijoux F, Nicolai A, Chairi I, et al. A review of center of pressure (COP) variables to quantify standing balance in elderly people: algorithms and open-access code. *Physiol Rep.* 2021;9(22):e15067. DOI: <https://doi.org/10.14814/phy2.15067>
- [17] Nieto-Guisado A, Solana-Tramunt M, Marco-Ahulló A, et al. The mediating role of vision in the relationship between proprioception and postural control in older adults, as compared to teenagers and younger and middle-aged adults. *Healthcare.* 2022;10(1):103. DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare10010103>
- [18] Day BL, Steiger MJ, Thompson PD, et al. Effect of vision and stance width on human body motion when standing: implications for afferent control of lateral sway. *The Journal of Physiology.* 1993;469(1):479-499. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1993.sp019824>
- [19] Bucci MP, Villeneuve P. Interaction between feet and gaze in postural control. *Brain Sci.* 2022;12(11):1459. DOI: <https://doi.org/10.3390/brainsci12111459>
- [20] Paulus WM, Straube A, Brandt TH. Visual stabilization of posture: physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain.* 1984;107(4):1143-1163. DOI: <https://doi.org/10.1093/brain/107.4.1143>
- [21] Nolan L, Grigorenko A, Thorstensson A. Balance control: sex and age differences in 9-to 16-year-olds. *Dev Med Child Neurol.* 2005;47(7):449-454. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2005.tb01170.x>
- [22] Steindl R, Kunz K, Schrott-Fischer A, et al. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Dev Med Child Neurol.* 2006;48(6):477-482. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2006.tb01299.x>
- [23] Hirabayashi S-i, Iwasaki Y. Developmental perspective of sensory organization on postural control. *Brain and Development.* 1995;17(2):111-113. DOI: [https://doi.org/10.1016/0387-7604\(95\)00009-Z](https://doi.org/10.1016/0387-7604(95)00009-Z)
- [24] Holmes JM, Lazar EL, Melia BM, et al. Effect of age on response to amblyopia treatment in children. *Arch Ophthalmol.* 2011;129(11):1451-1457. DOI: <https://doi.org/10.1001/archophthalmol.2011.179>
- [25] Keech RV, Kutschke PJ. Upper age limit for the develop-

- ment of amblyopia. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2013;32(2):89-93. DOI: <https://doi.org/10.3928/0191-3913-19950301-07>
- [26] Odenrick P, Sandstedt P, Lennerstrand G. Postural sway and gait of children with convergent strabismus. *Dev Med Child Neurol*. 1984;26(4):495-499. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1984.tb04477.x>
- [27] Legrand A, Quoc EB, Vacher SW, et al. Postural control in children with strabismus: effect of eye surgery. *Neurosci Lett*. 2011;501(2):96-101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.06.056>
- [28] Matsuo T, Narita A, Senda M, et al. Body sway increases immediately after strabismus surgery. *Acta Medica Okayama*. 2006;60(1):13-24. DOI: <https://doi.org/10.18926/AMO/30754>
- [29] Cho YA, Cho SW, Roh GH. Evaluation of criteria of stereoacuity for Titmus, Randot & TNO stereotests. *J Korean Ophthalmol Soc*. 1999;40(2):532-537.
- [30] Elliot DB, Patla AE, Flanagan JG, et al. The waterloo vision and mobility study: postural control strategies in subjects with ARM. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1995;15(6):553-559. DOI: [https://doi.org/10.1016/0275-5408\(95\)00025-9](https://doi.org/10.1016/0275-5408(95)00025-9)
- [31] Ibrahimi D, Rodríguez-Reséndiz J, Mendiola-Santibañez JD. Differences in the visual performances of patients with strabismus, amblyopia, and healthy controls. *Bioengineering*. 2022;9(11):626. DOI: <https://doi.org/10.3390/bioengineering9110626>
- [32] Nevitt MC, Cummings SR, Kidd S, et al. Risk factors for recurrent nonsyncopal falls: a prospective study. *JAMA*. 1989;261(18):2663-2668. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.1989.03420180087036>

## 약시가 자세 조절 능력에 미치는 영향

김륜영<sup>1</sup>, 조현국<sup>2</sup>, 유동식<sup>2</sup>, 김상엽<sup>2</sup>, 노재현<sup>2</sup>, 문병연<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 일반대학원 보건의료과학과, 학생, 삼척 25949

<sup>2</sup>강원대학교 안경광학과, 교수, 삼척 25949

투고일(2024년 5월 1일), 수정일(2023년 5월 8일), 게재확정일(2024년 5월 19일)

**목적:** 약시가 자세 조절 능력에 미치는 영향을 평가하고, 약시 환자의 자세 안정성에 영향을 미치는 시각 기능의 역할을 실증적으로 분석하기 위해 수행되었다. **방법:** 44명을 대상으로 진행되었으며, 정상군 20명과 약시군 24명으로 구분하여 시각적 능력 및 자세 안정성을 평가하였다. 자세 안정성은 BTrackS 균형측정기기를 사용하여 측정하였다. **결과:** 약시군은 정상군에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 신체 흔들림을 보였으며( $p<0.05$ ), 특히 눈을 뜬 상태에서 측정된 경로 길이에서 큰 차이를 나타냈다. 또한, 연령이 증가함에 따라 신체 흔들림이 감소하는 경향을 보였으며( $p<0.05$ ), 입체시가 저하된 대상자에서 자세 조절 능력이 현저히 저하되었다( $p<0.05$ ). **결론:** 약시는 자세 조절 능력에 부정적인 영향을 미치며, 시각적 정보가 자세 안정성 유지에 중요한 역할을 함을 확인하였다.

**주제어:** 약시, 자세 안정성, 균형, 입체시, 신체 흔들림