

Changes in Falling Risk of Intermittent Exotropia after Vision Therapy

Ryun-Young Kim^{1,a}, Hyun Gug Cho^{2,b}, Dong-Sik Yu^{2,c}, Sang-Yeob Kim^{2,d}, and Byeong-Yeon Moon^{2,e,*}

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

²Dept. of Optometry, Kangwon National University, Professor, Samcheok 25949, Korea

(Received March 3, 2023; Revised March 24, 2023; Accepted March 27, 2023)

Purpose: To investigate the changes in visual functions and the fall risk index after vision therapy for intermittent exotropia. **Methods:** Twenty-nine subjects, diagnosed with intermittent exotropia, were subjected to vision therapy for 50 minutes once a week for 6 months. The changes in visual functions and body sway before and after training were measured. Visual therapy involved accommodation training and fusional vergence training. As for visual functions, distance corrected visual acuity, the amount of deviation, positive convergence vergence, and stereopsis were measured. Fall risk assessment was performed using the BTrackS™ balance measuring device and was calculated based on the change in sway path length at the center of body pressure. **Results:** After 6 months of vision therapy, distance logMAR corrected visual acuity improved from 0.02 ± 0.11 to -0.04 ± 0.08 ($p < 0.001$), and the amount of deviation decreased from $-24.69 \pm 11.37 \Delta$ to $-12.56 \pm 7.11 \Delta$ ($p < 0.001$). The break point of positive fusion vergence increased from $3.66 \pm 4.97 \Delta$ to $32.10 \pm 13.52 \Delta$, and the recovery point increased from $2.10 \pm 3.57 \Delta$ to $26.45 \pm 11.69 \Delta$ ($p < 0.001$). Stereopsis decreased from 219.66 ± 264.35 sec to 101.03 ± 194.83 sec ($p < 0.05$). After vision therapy, the body sway path changed from 41.00 ± 15.20 cm to 33.52 ± 12.26 cm, which indicated a reduced risk of falling ($p < 0.001$). Based on the results of our correlation analysis improvement following corrected visual acuity was correlated with a reduction in body sway (dominant eye: $r = 0.366$, $p = 0.005$ /non-dominant eye: $r = -0.356$, $p = 0.006$). **Conclusions:** Vision therapy applied to patients with intermittent exotropia can reduce the risk of falls due to improved corrected visual acuity.

Key words: Vision therapy, Fall risk, Intermittent exotropia, Body sway, Visual acuity

서론

신체 균형은 시각(vision), 전정감각(vestibular sense), 고유수용성감각(proprioceptive sensibility)이 포함되어 복잡한 감각 처리 과정을 통해 자세 안정성 유지에 관여하는 것으로 알려져 있다.^[1] 이 서로 다른 감각계의 상호작용이 발달할수록 자세 안정성은 향상된다.^[1] 선행 연구^[2]에서 알려진 바로는 위의 세 가지 감각계 가운데 시각의 기능이 외부 환경에 대한 정보의 80% 이상에 관여하며 신체 위치와 움직임에 대한 지속적인 정보의 전달을 통해 자세 안정성과 신체 균형을 유지하는 데 중요한 역할을 한다. 여러 연구에서 안대를 착용하거나 눈을 감아 시각을 차단함으로써 시각이 균형 조절에 우위를 차지함을 알아냈고^[3], 이러한 시각 정보가 결여된 상태로 서 있을 때 자세 동요가 20~70% 정도 증가한다고 하였다.^[4] 신체 균형 능력의 저하로 낙상의 위험이 증가될 수 있으며, 낙상은 이환율

(morbidity rate), 사망률 측면에서 특히 노인에게 치명적인 결과를 초래한다.^[5] 낙상의 약 5%는 골절로 이어지고 추가로 5~11%는 다른 심각한 부상을 초래할 수 있다. 게다가 낙상으로 인한 부상은 노인의 주요 사망 원인이다.^[6] 알려진 낙상 위험 요소는 고령, 만성 질환, 근력 약화, 보행 장애, 정신 상태 변화 및 약물이 있다.^[7]

간헐성 외사시(intermittent exotropia)는 한 눈의 정렬이 간헐적으로 어긋나는 것을 의미하며, 우리나라를 비롯한 동양, 중동지방, 아프리카에서 빈도가 높은 것으로 알려져 있다.^[8] 증상은 주로 피곤하거나, 감기나 열이 있을 때 나타나고 두통, 안정피로, 간헐적 복시, 멀미, 눈부심을 호소하기도 한다. 치료 및 처치에는 수술적 처치와 비수술적 처치가 있다. 먼저, 수술적 처치는 두 눈 위치를 정상으로 재정렬하여 미용적 개선을 목적으로 한다. 하지만 Baker 등^[9]과 Noorden 등^[10]은 수술 후에도 양안시 기능에 문제가 여전히 발견되며, 안정된 정상 양안시 기능을 얻기는

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

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

^e<https://orcid.org/0000-0003-0645-4938>

쉽지 않다고 보고하였다. 따라서 수술을 시도할 때는 사시 재발, 부작용, 속발 사시를 신중히 고려해야 한다.^[11] 반면에 시기능훈련(vision therapy, vision training, orthoptics)은 렌즈, 프리즘, 필터(적녹, 편광 필터) 및 훈련기구를 이용하여 양안 단일시를 회복시키고, 사시의 편위 상태 조절 능력을 향상시키는 비수술적 처치이다.^[12]

선행연구^[13]에서 양안시이상은 신체 자세 조절 능력에 불안정성을 유발할 수 있다고 보고되었고, 사시가 있는 소아의 신체 균형 능력을 평가한 연구에서는 외사시보다 내사시가 있는 소아의 자세 안정성이 좋은 것으로 나타났다. Fox^[14]의 연구에 따르면 안구 근육의 고유수용성 신호는 자세 안정성에 중요한 역할을 한다. Legrand 등^[15]은 사시 수술이 외안근의 고유수용성감각을 변동시켜 신체 안정성을 향상시킬 수 있다고 하였고, Bucci 등^[16]의 결과에 의하면 사시가 아닌 버전스 문제가 있는 아동도 정상인 아이보다 자세 안정성이 떨어지는 것으로 나타났다. 이외에도 현재까지 사시가 신체 균형에서 시각의 역할과 자세 안정성에 영향을 미치는 연구가 활발하게 이루어지고 있다.^[17-18] 하지만 시기능훈련이 사시 환자의 시각 기능을 향상시킨다는 선행연구 결과는 보고되고 있지만, 훈련을 통해 낙상 위험성에 대한 구체적인 분석을 한 연구는 미흡한 실정이다.^[19] 따라서 본 연구는 간헐성 외사시에 대한 시기능훈련으로 양안시 기능의 변화와 신체 흔들림의 변화를 평가하여, 시기능훈련의 효과와 효능, 성공적인 시기능훈련을 위해 고려해야 할 요소 그리고 간헐성 외사시에 대한 신체 균형 능력 검사의 중요성 및 유용성을 알아보고자 한다.

대상 및 방법

1. 대상

문진과 검사를 통하여 약물복용 경험, 전신질환, 안과 수술 경력, 안질환, 근·골격계 장애, 발달 장애가 없으며, 본 연구의 취지에 동의한 평균 연령 11.76±5.54세의 29명(남 19, 여 10)을 대상으로 하였다.

2. 연구 방법

1) 시기능검사

(1) 굴절검사 및 교정시력 측정

굴절검사와 교정시력을 측정하기 위해 포롭터(APH-550, Essilor, France)와 5 m용 LCD polar(24") chart를 사용하여 자각적 굴절검사를 실시하였고, 측정된 교정시력은 logMAR 시력으로 환산하였다. 대상자들의 평균 교정 굴절력은 오른쪽 눈 S-0.68±1.25 D, C-0.86±1.17 D, 왼쪽 눈 S-0.38±1.30 D, C-0.95±1.35 D로 나타났다.

(2) 편위량 측정

대상자의 편위량을 측정하기 위해 교대프리즘가림 검사(alternated prism cover test)를 실시하였다. 사용된 프리즘바(B-16, Gulden Ophthalmics, USA)의 프리즘은 1 Δ부터 45 Δ까지 측정할 수 있다. 측정은 대상자에게 5 m 거리의 0.7의 날개 시표를 주시하도록 하여 프리즘을 비우위안 앞에 기저내방(Base-In)으로 놓고, 차안기로 교대 가림으로 안구의 복구 운동이 일어나지 않는 프리즘 굴절력을 편위각으로 정하였다.

(3) 양성융합버전스

양성융합버전스(PFV, positive fusional vergence)를 측정에서 프리즘 바를 이용한 측정 방법은 집중력이 떨어지고 주의가 산만하여 신뢰성이 낮다고 판단되는 대상자, 특히 아이들을 효율적으로 검사할 수 있다. 본 연구는 양성융합버전스를 측정하기 위해 5 m 거리의 0.7 시표를 사용하였으며, 비우위안 앞에 기저외방(Base-out)의 프리즘바를 유지하여 2초당 한 스텝씩 증가시키면서 최초로 흐려 보이면 보고하도록 지시하였고, 다시 증가시켜 시표가 두 개로 분리되면 다시 보고하도록 지시하여 분리점을 측정하였다. 그리고 다시 프리즘양을 감소시켜 하나가 되면 보고하도록 지시하여 회복점을 측정하였다.^[20]

(4) 입체시

입체시 측정은 편광안경을 착용한 상태에서 Titmus-fly stereotest(Stereo Optical Co, Inc, Chicago, IL, USA)를 이용하여 근거리(40 cm)에서 측정하였다. 검사시표내의 Titmus circle은 40초부터 800초까지 9단계로 초각(seconds of arc)을 구분하는지 평가할 수 있다. 측정은 800초부터 차례대로 찾게 하여 2번 이상 틀렸을 때 그 전에 찾은 것을 입체시로 기록하였다.

2) 낙상 위험성 분석

시기능훈련 후 낙상 위험성의 변화를 평가하기 위해



Fig. 1. BTrackS analyzer used in this study.

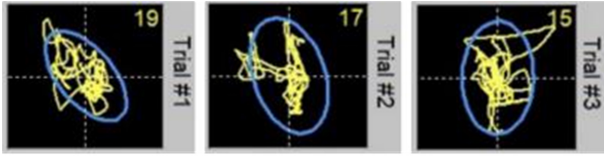


Fig. 2. Example results screens for the body sway.

BTrackS™(Assess balance, Balance tracking systems, USA) 균형 측정기기를 사용하였다(Fig. 1). BTrackS™ 균형판은 0.4 m × 0.6 m의 힘판(force plate)으로 4개의 측정 센서를 사용한다. 힘판의 신체 압력중심점(COP, center of pressure) 변화로 신체 흔들림(postural sway)을 측정하고, 측정 중 발생한 신체 흔들림의 전체 경로는 센티미터(cm) 단위로 계산하여 산출한다(Fig. 2). 경로 길이는 아래 공식에 따라 연속적으로 표시된 COP 위치의 거리를 계산하여 결정된다.

$$distance = \sqrt{(COP_{x2} - COP_{x1})^2 + (COP_{y2} - COP_{y1})^2}$$

본 연구에서는 BTrackS™ 측정기기의 평가 옵션인 CTSIB(clinical test of sensory interaction in balance)^[21] 기법을 이용하여 낙상 위험성을 분석하였다. CTSIB는 감각 자극에 따른 자세 조절 수행력을 파악하기 위한 검사로써 어떤 감각 정보가 부정확하게 제공되거나 부재할 경우, 균형을 유지하는데 어떻게 기여하는지 알아보기 위한 평가

방법이다. 특히, 고유수용성감각 정보의 평가는 낙상 위험성과 밀접한 관련이 있어, 이때 산출된 신체 흔들림의 경로 길이값은 낙상 위험성을 분석하는 데 활용된다^[22]. 그 측정조건으로는 눈을 감은 상태로 측정 힘판 위에 서서 신체 흔들림 경로 길이를 측정하게 된다. 본 연구에서는 대상자에게 측정 판 위에 올라가 양발을 어깨너비로 벌리고 양손을 허리에 얹은 상태로 눈을 감고 있게 지시한 후 20초 동안 신체 흔들림 경로를 3회 반복 측정하였다. 이때, 측정된 흔들림 경로 길이가 길수록 낙상 위험성은 높다는 것을 의미한다.

3) 시기능훈련

시기능훈련 절차는 Fig. 3에 나타내었다. 조절력 및 조절용이 검사를 통하여 조절력이 저조할 때 조절력, 유연성, 정확성을 증강하기 위하여 Lens sorting, Hart chart rock, Pointer in straw, MFBF(monocular fixation in binocular field)법을 이용하여 훈련을 하였으며, 양성융합력, 눈모임 근점, 버전스용이성, 입체시를 개선하기 위하여 Vectograms (SOV2 and 6, Bernell, USA), Aperture rule(BC1050BK, Bernell, USA), Brock string(BC109, Bernell, USA)을 이용하여 융합버전스 훈련을 실시하였다. 시기능훈련 기간은 6개월 동안 주 1~2회, 50분간 하였다. 절차는 2개월 동안 단안 및 양안 상태로 조절훈련을 하였고, 2개월 동안 버전스 훈련을 하였으며, 자동성 발달을 위해 2개월 동안 조절-버

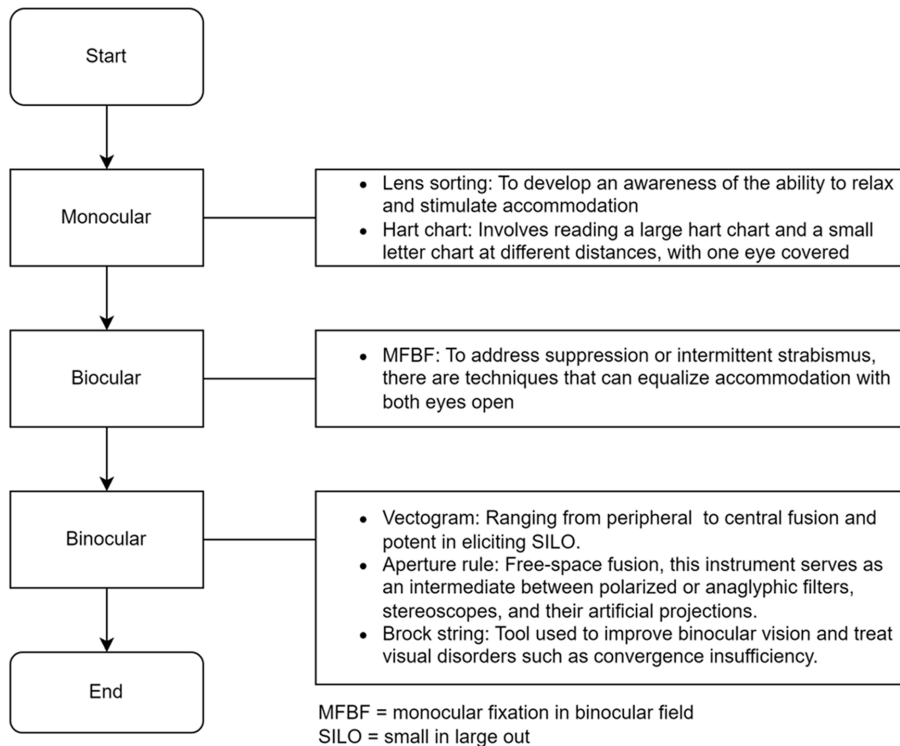


Fig. 3. The flow chart of vision therapy process for intermittent exotropia.

전스 통합 훈련을 하였다.

3. 분석

각 항목의 변화를 분석하기 위해 SPSS for Windows, ver. 23.0를 이용하였다. 시기능훈련 전·후의 시기능의 변화, 낙상 위험성의 변화를 비교하고 분석하기 위하여 대응 표본 t 검정(paired t-test)를 사용하였다. 또한, 시각적 요소와 낙상 위험성 간에 상관분석(Pearson's correlation coefficient)을 하였다. p-value가 0.05보다 작은 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 보았다.

결과 및 고찰

1. 시기능훈련 후 시기능의 변화

시기능훈련 후 각 시기능의 평균 변화는 Table 1과 같다. 먼저 교정시력의 변화를 살펴보면 우위안의 logMAR 교정시력의 변화는 시기능훈련 전 0.02±0.11, 6개월 후 -0.04±0.08로 각각 측정되었으며, 통계적으로 유의한 시력 향상을 보였다(p<0.001). 비우위안의 logMAR 교정시력의 변화는 시기능훈련 전 0.08±0.12, 6개월 후 -0.02±0.08로 각각 측정되었으며, 통계적으로 유의하게 감소하였다(p<0.001). 편위량의 변화는 시기능훈련 전 24.69±11.37 △외편위였으나, 시기능훈련 6개월 후 12.56±7.11 △의 외편위로 현저하게 감소하였다(p<0.001). 편위량은 시기능훈련 후 대상자 전원 일정하게 감소하였고, 감소율의 평균은 약 49%로 나타났다. 양성융합버전스의 분리점(break point) 변화는 시기능훈련 전 3.66±4.97 △, 6개월 후 32.10±13.52 △으로 큰 폭의 증가를 보였고 통계적으로 유의하였다(p<0.001). 회복점(recovery point) 변화는 시기능훈련 전 2.10±3.57 △, 6개월 후 26.45±11.69 △으로 각각 측정되었으며, 통계적으로 유의하게 증가하였다(p<0.001). 입체시의 변화는 시기능훈련 전 219.66±264.35 sec, 6개월 후 101.03±194.83 sec로 각각 측정되었으며, 통계적으로 유의하게 개선되었다(p=0.003). 선행 연구^[23]에 따르면 대

뇌 후두엽의 시각 피질은 신경가소성(neuroplasticity)을 갖고 있어 시기능훈련을 통하여 성공적으로 양안시이상을 개선할 수 있다고 알려져 있다. Huang^[23]의 연구에서 시기능훈련의 효과는 시냅스 연결을 개선하고 피질 조직을 재조직화(reorganization)하여 시각적 효율성을 최대화하는 것이라고 하였다. 간혈성 외사시에서 시기능훈련은 시기능 가운데 눈 모음 운동기능에 큰 효과를 볼 수 있으며, 억제 및 감각 이상 개선에도 좋은 결과를 가져올 수 있다.^[24] 이러한 이유로 미국에서는 간혈성 외사시 환자의 1차 처치법으로 시기능훈련을 우선적으로 활용하고 있으며, 많은 임상 연구와 문헌에 의해 그 유용성이 증명되었다.^[24,25] 본 연구에서도 선행 연구와 마찬가지로 간혈성 외사시의 시기능훈련의 효과를 재입증할 수 있었다.

2. 시기능훈련 후 정적 자세에서 낙상 위험성의 변화

시기능훈련을 수행한 후 흔들림 경로 길이의 평균 변화는 Table 2와 같다. 신체 흔들림 경로 길이의 변화는 시기능훈련 전 41.00±15.20 cm, 6개월 후 33.52±12.26 cm로 각각 측정되어 훈련 후 간혈성 외사시 환자의 낙상 위험성을 뚜렷하게 감소시키는 것으로 나타났다(p<0.001). 선행 연구에서는 사시가 있는 아동에서의 사시 수술이 운동 발달에 도움을 줄 수 있다고 보고하였다.^[15] Przekoracka 등^[26]은 안구 운동 및 안구 정렬 능력은 신체 균형 조절에 중요한 영향을 줄 수 있으므로 시기능훈련을 고려하는 것이 합리적이라고 하였다. 또한, 조절훈련으로 인한 시력 향상은 실제 공간에서 다양한 크기와 거리의 물체를 인지하고 구별하는 능력을 발달시키며, 버전스훈련은 안구 협응 및

Table 2. Change of fall risk index before and after vision therapy

Period	Means±SD (unit: cm)
Before	41.00±15.20
After	33.52±12.26
p-value [†]	p<0.001

†p-values for paired t-test.

Table 1. Change of binocular vision function before and after vision therapy

Binocular test (unit)	Means ± SD			
	Before	After	p-value [†]	
VA (logMAR)	Dominant eye	0.02±0.11	-0.04±0.08	p<0.001
	Non-dominant eye	0.08±0.12	-0.02±0.08	p<0.001
APCT (△)		-24.69±11.37	-12.56±7.11	p<0.001
PFV (△)	Break point	3.66±4.97	32.10±13.52	p<0.001
	Recovery point	2.10±3.57	26.45±11.69	p<0.001
Stereopsis (seconds of arc)		219.66±264.35	101.03±194.83	p=0.003

Minus sign denotes exophoria. †p-values for paired t-test.

VA=visual acuity, SD=standard deviation, APCT=alternated prism cover test, PFV=positive fusional vergence

정렬 능력을 안정화하는데 도움을 준다.

본 연구에서는 간헐성 외사시 환자를 대상으로 6개월 간의 시기능훈련을 실시하여 시각 기능의 향상과 더불어 신체 흔들림 경로 길이를 약 18% 감소시켜 낙상 위험의 예방효과를 이끌었다. Przekoracka 등^[26]은 능동적인 시기능훈련으로 외안근 탄력성이 증가하고 주변시(peripheral vision)가 강화되어, 훈련 대상자의 시력뿐만 아니라 운동(motor) 조절 및 자세 안정성에도 영향을 미칠 수 있다고 하였다. 본 연구에서 간헐성 외사시 환자를 대상으로 실시한 시기능훈련을 통해 대상자들의 약시 개선, 입체시 능력 향상, 그리고 불안정한 시차(vergence disparity)^[27] 정보가 개선되면서 고유수용성 안구운동 신호^[28]가 안정화되어 전반적인 자세 조절 능력에 긍정적 영향을 미친 것으로 생각된다.

본 연구를 통해 시기능의 저하는 낙상 위험성을 증가시킬 가능성을 예측할 수 있고, 시기능훈련은 사시안의 시기능 향상과 더불어 운동 조절 및 자세 안정성 향상에도 효과가 있는 비수술적 처치 옵션임을 강조하는 바이다. 따라서 시기능훈련을 계획할 때는 시력과 양안시의 기능 개선뿐만 아니라 시각-운동 협응(visual-motor coordination)과 신체 균형과 연관 지어 자동화(automatize)^[29] 발달이 이루어질 수 있도록 정기적이고 장기적인 시기능훈련을 계획해야 한다. 또한, 국민들의 낙상사고를 예방하기 위한 안전한 개입 방법으로 시기능훈련이 좋은 대안이 될 수 있을 것으로 사료된다.

3. 시기능훈련 후 측정된 시기능과 낙상 위험성의 상관성

Fig. 4는 6개월동안 시기능훈련을 수행하고 변화된 차이에 대한 낙상 위험성과 시기능 요소 간의 상관관계를 분석한 결과이다. 교정시력 간의 상관관계는 우위안($r=0.366, p=0.005$)과 비우위안($r=0.356, p=0.006$) 모두 교정시력이 향상될수록 신체 흔들림 경로 길이가 감소하는 뚜렷한 상관성을 보였다. 편위량과 상관관계는 편위량($r=0.167, p=0.210$)이 감소할수록 신체 흔들림 경로 길이가 감소하는 양(+)의 상관성을 보였지만 통계적으로 유의하지는 않았다($p>0.05$). 마찬가지로 양성융합버전스가 증가할수록 신체 흔들림 경로 길이가 감소하는 음(-)의 상관성을 보였지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$). 반면에 입체시는 초각이 증가할수록 신체 흔들림 경로 길이가 감소하는 음(-)의 상관성을 보였고, 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$). 선행 연구에서 사시성 약시가 있는 환자는 깊이 인식(depth perception)에 큰 손실을 겪는다고 하였으며^[30], 시력이 낮을수록 입체시가 떨어지는 높은 상관성을 보였다.^[31] 이와 유사하게 Kim 등^[32]의 연구에서도 미교정된 굴절이상은 신체균형의 안정성을 감소시키고, 낙상 위험도를 증가시킨다고 하였고, Engel 등^[33]은 어린이의 운동 능력을 평가한 결과 약시가 있는 어린이에서 저조한 수행을 보인다고 보고하였다. 이러한 시력 저하는 고르지 않거나 불안정한 지면에 서거나 걸을 때 유발되는 신체 움직임을 인식하고 반응하는 데 어려움 유발할 수 있으며, 움직임이나 시차의 착시를 유발하는 부정확한 시각적 입력이 자세를 불안정하게 만들 수 있다.^[34]

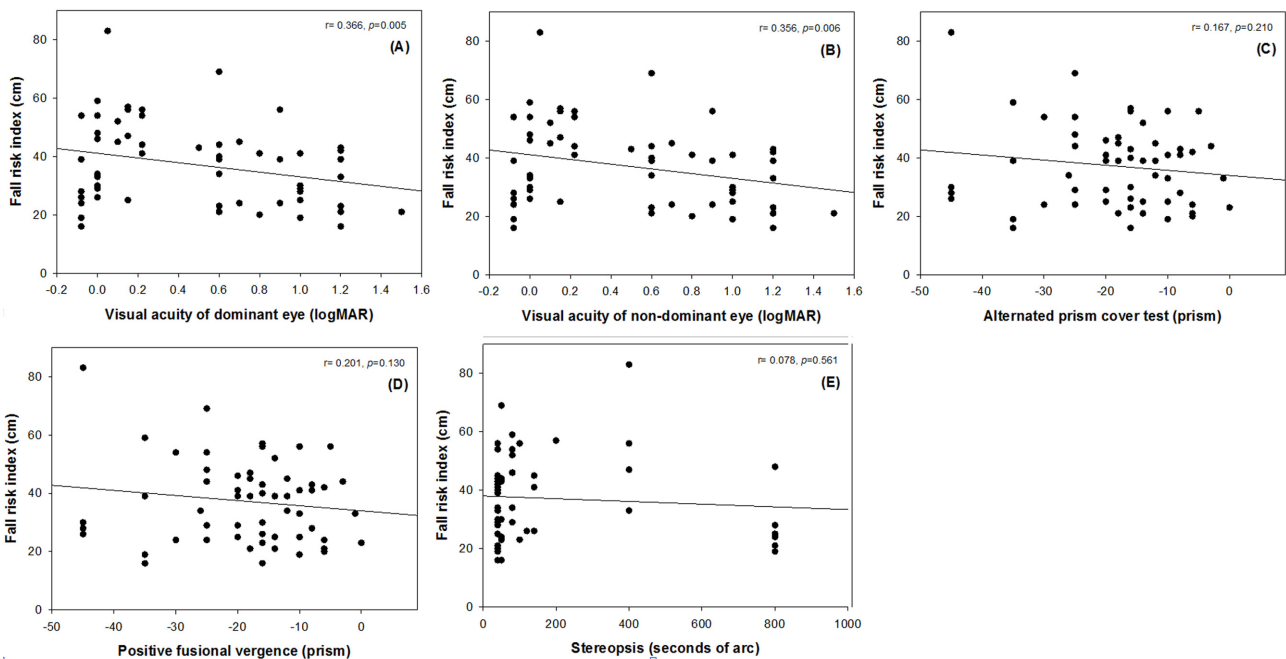


Fig. 4. Correlation between fall risk and visual functional element.

본 연구에 참여한 대상자의 교정시력이 약시 훈련을 통해 향상되었고, 향상된 교정시력은 실제 공간에서 깊이 및 거리 인식 능력의 발달에 큰 영향을 끼쳤을 것이다. 본 연구에서 측정된 시각의 기능 중에 우위안 및 비우위안의 교정시력이 신체 흔들림과 가장 밀접한 상관성이 있는 것으로 나타났다(Fig. 4-A, B). 결과적으로 정확한 시각적 입력이 신체 움직임을 인식하고 반응하는 데 중요한 역할을 하여 신체 흔들림이 적어져 낙상 위험성을 줄이는데 효과가 있음을 뒷받침한다. 마찬가지로 낙상 위험성과 편위량 및 융합버전스의 상관관계는 통계적으로 유의하지는 않았지만 시기능훈련으로 기능이 개선되면서 낙상 위험성이 줄어드는 경향을 보였다. 또한, Kim 등^[35]의 연구에서도 낮은 융합버전스의 분리점은 자세 안정성에 더 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

고유수용감각은 신체의 움직임, 위치, 행동을 감지하는 능력으로 신경계(nervous system), 연조직(soft tissues), 고유수용기(proprioceptors)와 관련되어 있다.^[36,37] 고유수용기는 근육, 힘줄, 관절, 피부 및 내이의 신경 말단에 위치한 특수한 감각이며, 움직임, 위치, 긴장, 힘 및 환경의 변화와 관련된 정보를 뇌에 전달한다.^[37,38] 이러한 고유수용감각의 손상은 나이, 부상 및 질병에 따라 악화될 수 있고 낙상으로 인한 부상사고를 야기할 수 있다. 불량한 융합버전스는 버전스 신호의 질이 감소시키고, 고유수용성 피드백 기전의 변경을 초래하여 자세 조절 능력을 방해한다.^[16] 이러한 이유로 정상군과 사시군의 신체 흔들림을 비교한 Przekoracka 등^[26]과 Reche-Sainz 등^[38]의 연구에서는 사시군이 정상군보다 흔들림 영역이 더 큰 것으로 나타났다. 본 연구의 목적은 시기능 훈련을 통해 개선된 시각적 변화가 신체균형에 미치는 영향을 확인하기 위함이지만, 개선된 시각 정보가 차단된 상태로 측정된 신체 흔들림 경로 길이가 줄어드는 결과를 도출하였다. 이러한 결과로 시기능훈련이라는 처치법은 시각뿐만 아니라 신체 균형에 관여하는 고유수용성감각의 기능 개선에도 큰 효과를 가져올 수 있다는 것을 강조하는 바이다.

요약하면, 시기능훈련으로 시기능이 개선되면서 전반적인 낙상 위험성이 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 훈련을 통한 교정시력 향상이 신체 흔들림을 감소시켜 낙상 위험성을 낮추는 주요 요인으로 분석되었다. 낙상 위험성에 관한 대부분의 선행 연구들은 노인과 관련되어 있다. 노인의 백내장 수술 후 자세 조절 능력 변화에 대한 연구에서 자세 안정성은 굴절 흐림, 시야의 흐림, 백내장의 영향을 받는 것으로 나타났으며, 실제로 백내장 수술 후 자세 조절능력이 더 좋아졌다.^[39,40] 또한, 주변시야가 차단된 상태에서 노인의 안정성이 크게 감소하는 것 나타났다.^[41] 이러한 결과를 토대로 사시가 있는 아이들뿐만 아니라 상

대적으로 시력이 떨어지는 노인도 시기능훈련이 필요로 하며, 시기능훈련을 통하여 낙상 위험을 예방하는데 긍정적인 효과가 있을 것으로 예상된다. 앞으로의 연구에서 신체 흔들림은 전정기능, 촉각 감도(tactile sensitivity), 발목 및 고관절 강도 측정과 같은 감각 및 운동 기능을 추가적으로 측정하여 흔들림 변화를 세부적으로 살펴보아야 할 것으로 판단된다.

결 론

본 연구는 간헐성 외사시 환자를 대상으로 시기능훈련을 수행한 후 신체 흔들림 경로 길이를 측정하여 낙상 위험성에 미치는 영향을 조사하였다. 시기능훈련 후 교정시력, 편위량, 버전스, 입체시 등 모든 시기능이 향상되었고, 그에 따라 신체 흔들림 경로 길이도 짧아져 낙상 위험성이 감소하였다. 신체 흔들림 경로 길이를 감소시키는데 뚜렷한 상관성이 있었던 시기능 항목으로는 교정시력의 향상으로 분석되었다. 결론적으로 시기능훈련은 사시안의 시기능의 향상과 더불어 운동 조절 및 자세 안정성 향상에도 효과가 있는 비수술적 처치 옵션임을 강조하고, 시기능훈련을 계획할 때는 시각기능 개선뿐만 아니라 신체 균형 훈련과 연관 지어 프로그램을 계획하여야 한다. 시기능훈련은 국민들의 낙상사고를 예방하기 위한 안전하고 효과적인 대안이 될 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] Forssberg H, Nashner LM. Ontogenetic development of postural control in man: adaptation to altered support and visual conditions during stance. *J Neurosci.* 1982;2(5):545-552. DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.02-05-00545.1982>
- [2] Lord SR. Visual risk factors for falls in older people. *Age Ageing.* 2006;35(2):42-45. DOI: <https://doi.org/10.1093/ageing/af085>
- [3] Diener HC, Horak FB, Nashner LM. Influence of stimulus parameters on human postural responses. *J Neurophysiol.* 1988;59(6):1888-1905. DOI: <https://doi.org/10.1152/jn.1988.59.6.1888>
- [4] 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>
- [5] Cutson TM. Falls in the elderly. *Am Fam Physician.* 1994;49(1):149-156.
- [6] Rivara FP, Grossman DC, Cummings P. Injury prevention: second of two parts. *N Engl J Med.* 1997;337(9):613-618. DOI: <https://doi.org/10.1056/nejm199708283370907>

- [7] Robbins AS, Rubenstein LZ, Josephson KR, et al. Predictors of falls among elderly people: results of two population-based studies. *Arch Intern Med*. 1989;149(7):1628-1633. DOI: <https://doi.org/10.1001/archinte.1989.00390070138022>
- [8] Lee JE, Kim CZ, Nam KY, et al. An epidemiologic survey of strabismus and nystagmus in South Korea: KNHANES V. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2017;58(11):1260-1268. DOI: <https://doi.org/10.3341/jkos.2017.58.11.1260>
- [9] Baker JD, Davies GT. Monofixational intermittent exotropia. *Arch Ophthalmol*. 1979;97(1):93-95. DOI: <https://doi.org/10.1001/archophth.1979.01020010033007>
- [10] Von Noorden GK. Divergence excess and simulated divergence excess: diagnosis and surgical management. *Doc Ophthalmol*. 1969;26:719-728. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00944028>
- [11] Hatt SR, Gnanaraj L. Interventions for intermittent exotropia. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013;(5):CD003737. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003737.pub3>
- [12] Wick B. Vision training for presbyopic nonstrabismic patients. *Optom Vis Sci*. 1977;54(4):244-247. DOI: <https://doi.org/10.1097/00006324-197704000-00009>
- [13] 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>
- [14] Fox CR. Some visual influences on human postural equilibrium: binocular versus monocular fixation. *Percept Psychophys*. 1990;47(5):409-422. DOI: <https://doi.org/10.3758/bf03208174>
- [15] 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>
- [16] Bucci MP, Lê TT, Wiener-Vacher S, et al. Poor postural stability in children with vertigo and vergence abnormalities. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2009;50(10):4678-4684. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.09-3537>
- [17] Bronstein A. Visual vertigo syndrome: clinical and posturography findings. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1995;59(5):472-476. DOI: <https://doi.org/10.1136/jnnp.59.5.472>
- [18] 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>
- [19] Lee Y, Kim H. Six-month follow-up of binocular visual function after vision therapy in intermittent exotropia with three types. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2020;25(1):89-97. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2020.25.1.89>
- [20] Alvarez CP, Puell MC, Sánchez-Ramos C, et al. Normal values of distance heterophoria and fusional vergence ranges and effects of age. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2006;244(7):821-824. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00417-005-0166-5>
- [21] Shumway-Cook A, Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction of balance: suggestion from the field. *Physical Therapy*. 1986;66(10):1548-1550. DOI: <https://doi.org/10.1093/ptj/66.10.1548>
- [22] Toosizadeh N, Ehsani H, Miramonte M, et al. Proprioceptive impairments in high fall risk older adults: the effect of mechanical calf vibration on postural balance. *Biomed Eng Online*. 2018;17(1):51. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12938-018-0482-8>
- [23] Huang JC. Neuroplasticity as a proposed mechanism for the efficacy of optometric vision therapy and rehabilitation. *J Behav Optim*. 2009;20(4):95-99.
- [24] Lee SW, Lee HM. Effect of visual perception by vision therapy for improvement of visual function. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2015;20(4):491-499. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2015.20.4.491>
- [25] Cooper J. Intermittent exotropia of the divergence excess type. *J Am Optom Assoc*. 1977;48(10):1261-1273.
- [26] Przekoracka-Krawczyk A, Nawrot P, Czaińska M, et al. Impaired body balance control in adults with strabismus. *Vision Res*. 2014;98:35-45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.visres.2014.03.008>
- [27] Bucci MP, Lê TT, Wiener-Vacher S, et al. Poor postural stability in children with vertigo and vergence abnormalities. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2009;50(10):4678-4684. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.09-3537>
- [28] Roll JP, Vedel JP, Roll R. Eye, head and skeletal muscle spindle feedback in the elaboration of body references. *Prog Brain Res*. 1989;80:113-123. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(08\)62204-9](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(08)62204-9)
- [29] Nawrot P, Michalak KP, Przekoracka-Krawczyk A. Does home-based vision therapy affect symptoms in young adults with convergence insufficiency?. *Optica Applicata*. 2013;43(3):551-566. DOI: <https://doi.org/10.5277/oa130314>
- [30] Levi DM, Knill DC, Bavelier D. Stereopsis and amblyopia: a mini-review. *Vision Res*. 2015;114:17-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.visres.2015.01.002>
- [31] Levi DM, McKee SP, Movshon JA. Visual deficits in anisometropia. *Vision Res*. 2011;51(1):48-57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.visres.2010.09.029>
- [32] Kim SY, Yu DS, Moon BY, et al. Cause analysis in decrease of body stability according to the induced astigmatic blur. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2016;21(3):259-264. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2016.21.3.259>
- [33] Engel-Yeger B. Evaluation of gross motor abilities and self perception in children with amblyopia. *Disabil Rehabil*. 2008;30(4):243-248. DOI: <https://doi.org/10.1080/09638280701257221>
- [34] Lord SR, Menz HB. Visual contributions to postural stability in older adults. *Gerontology*. 2000;46(6):306-310. DOI: <https://doi.org/10.1159/000022182>
- [35] Kim SY, Cho HG, Moon BY, et al. Fusional single vision with prism-induced vergence has more influence than diplopia on postural stability. *Optom Vis Sci*. 2020;97(3):

- 218-226. DOI: <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001483>
- [36] Han J, Waddington G, Adams R, et al. Assessing proprioception: a critical review of methods. *J Sport Health Sci.* 2016;5(1):80-90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.10.004>
- [37] Aman JE, Elangovan N, Yeh IL, et al. The effectiveness of proprioceptive training for improving motor function: a systematic review. *Front Hum Neurosci.* 2015;8:1075. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.01075>
- [38] Reche-Sainz JA, Ruiz-Aimituma F, Toledano-Fernández N. Comparison of postural control between strabismic and non-strabismic children. *Arch Soc Esp Ophthalmol.* 2021; 96(1):10-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oftal.2020.06.008>
- [39] Schwartz S, Segal O, Barkana Y, et al. The effect of cataract surgery on postural control. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2005;46(3):920-924. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.04-0543>
- [40] Heasley K, Buckley JG, Scally A, et al. Falls in older people: effects of age and blurring vision on the dynamics of stepping. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2005;46(10):3584-3588. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.05-0059>
- [41] Manchester D, Woollacott M, Zederbauer-Hylton N, et al. Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. *J Gerontol.* 1989;44(4):118-127. DOI: <https://doi.org/10.1093/geronj/44.4.M118>

시기능훈련 후 간헐성 외사시안의 낙상 위험성의 변화

김륜영¹, 조현국², 유동식², 김상엽², 문병연^{2,*}

¹강원대학교 일반대학원 보건의료과학과, 학생, 삼척 25949

²강원대학교 안경광학과, 교수, 삼척 25949

투고일(2023년 3월 3일), 수정일(2023년 3월 24일), 게재확정일(2023년 3월 27일)

목적: 간헐성 외사시를 대상으로 시기능훈련 후 시기능과 낙상 위험성의 변화에 대해 알아보려고 하였다. **방법:** 간헐성 외사시를 진단받은 29명을 대상으로 시기능훈련을 1주일에 한 번 50분씩 6개월간 실시하여 훈련 전과 후의 시기능과 신체 흔들림의 변화를 측정하였다. 시기능훈련은 조절 훈련과 융합버전스 훈련을 수행하였다. 시기능은 원거리 교정시력, 편위량, 양성융합버전스, 입체시를 측정하였다. 낙상 위험성 평가는 BTrackS™ 균형 측정 장비를 이용하여 실시하였고, 신체 압력 중심점에서 흔들림 경로의 길이 변화를 근거로 계산하였다. **결과:** 6개월간의 시기능 훈련을 수행한 후, 원거리 logMAR 교정시력은 0.02 ± 0.11 에서 -0.04 ± 0.08 로 향상되었고($p < 0.001$), 편위량은 $-24.69 \pm 11.37 \Delta$ 에서 $-12.56 \pm 7.11 \Delta$ 로 감소하였다($p < 0.001$). 양성융합버전스의 분리점은 $3.66 \pm 4.97 \Delta$ 에서 $32.10 \pm 13.52 \Delta$ 로 증가하였으며, 회복점은 $2.10 \pm 3.57 \Delta$ 에서 $26.45 \pm 11.69 \Delta$ 로 증가하였다($p < 0.001$). 입체시는 $219.66 \pm 264.35 \text{ sec}$ 에서 $101.03 \pm 194.83 \text{ sec}$ 로 감소하였다($p < 0.05$). 시기능훈련 후 신체 흔들림 경로는 $41.00 \pm 15.20 \text{ cm}$ 에서 $33.52 \pm 12.26 \text{ cm}$ 으로 변화하여 낙상 위험성이 감소하였다($p < 0.001$). 시기능의 변화와 낙상 위험성 간에 상관분석 결과, 교정 시력이 개선될수록 신체 흔들림도 뚜렷하게 감소하는 상관성을 보였다(우위안: $r = 0.366$, $p = 0.005$ /비우위안: $r = -0.356$, $p = 0.006$). **결론:** 간헐성 외사시 환자에게 적용한 시기능훈련은 교정시력 향상을 기반으로 낙상 위험성을 감소시키는 효과를 가져올 수 있다.

주제어: 시기능훈련, 낙상 위험성, 간헐성 외사시, 신체 흔들림, 시력