



# The Effect on the Improvement of Eye Function in Refractive Amblyopia with Visual Sence Vision Therapy using Optical Prism and Lens

Seung Wook Lee and Hyun Mee Lee\*

Dept. of Optometry & Vision Science, Catholic University of Daegu, Institute for Eye-functional Promotion, Gyeongbuk 38430, Korea

(Received February 5, 2018: Revised March 12, 2018: Accepted April 12, 2018)

**Purpose:** This study investigated the effect of optical prism and lens on the enhancement of eye function when performing vision therapy. **Methods:** In this study, we performed vision therapy in corrected visual acuity  $0.55 \pm 0.19$  in 15 children to expand the disjunctive movement and accommodative system of eye using the image movement by the optical prism and the characteristic of lens focus change. **Results:** The results showed that the corrected visual acuity improved by  $0.95 \pm 0.05$  with the improvement of the accommodation and disjunctive movement by  $2.88 \pm 0.90$  D (diopter) and  $18.33 \pm 4.85 \Delta$  (prism), respectively. **Conclusions:** It was confirmed that vision therapy with visual sense using prism and lens can improve refractive amblyopia within a relatively short period of time around  $63.33 \pm 48.38$  days and this has a great effect on extension of intraocular optics.

**Key words:** Optical prism, Optical lens, Vergence, Accommodation, Amblyopia, Vision therapy

## 서 론

빛은 시각에 있어서 인간이 기본적으로 인지하고 정보를 전달하는 외부자극이다.<sup>[1]</sup> 안광학계에서의 빛은 각막을 통과하여 앞방수, 수정체, 유리체를 통과하며 망막의 중심외에 상이 맺힐 때 가장 선명하게 볼 수가 있다.<sup>[2]</sup> 망막 중심외에 정확하게 상을 맺도록 하는 것은 수정체의 조절작용과 외안근의 이항운동이다.<sup>[3]</sup> 시기능이란 사물의 위치에 따라 안광학계 조절작용으로 정확하게 움직일 때 선명하고 정확한 초점을 맺을 수 있으며, 이러한 기능을 유도하고 유지하는 것이다.<sup>[4]</sup> 시기능은 물체가 움직이거나 환경의 변화에 대한 자극에서 정확한 양 눈의 움직임과 조절 반응에 따라서 시기능 부족으로 인한 이상 발생 시 망막 이미지에 큰 영향을 미친다.<sup>[5,6]</sup> 이는 근거리 정보처리를 하는 과정에서도 조절과 안구의 움직임 사이에 정확하게 볼 수 있는 힘과 역력이 있을 때 선명하고 양안 동시에 볼 수 있는 능력을 유지한다.<sup>[7]</sup>

프리즘렌즈와 광학렌즈는 시기능 저하로 인한 이상이 발생할 때 부족한 양만큼 보충을 하거나 망막의 주변부 및 중심부에서 제 기능을 할 수 있도록 도움을 준다.<sup>[8]</sup> 눈의 기능이 저하되어 있을 경우 프리즘렌즈의 특성인 빛의 꺾임 증상은 안구운동에 도움을 줄 수 있으며,<sup>[9]</sup> 렌즈는

초점의 이동을 유도하여 중심외에 초점을 정확하게 맺도록 한다. 하지만 이러한 부분을 보완하는 것은 정상적인 역력이 있을 때 도움이 될 수 있지만 안구의 움직임과 시기능이 제한적인 경우에는 큰 도움이 되지 않는다. 이런 경우에 프리즘의 기저 방향과 굴절력에 따라서 눈의 이항운동중 개산력과 폭주력에 영향을 줄 수 있을 것이며,<sup>[10]</sup> 렌즈의 굴절력 변화를 유도하여 수정체의 기능을 확장시킬 수 있다.<sup>[11]</sup>

프리즘에 의한 빛의 꺾임 증상에 대한 굴절력을 프리즘 디옵터라고 하며 1 m의 거리에서 1 cm 변화가 있을 때 1 프리즘디옵터( $\Delta$ )라고 한다. 이때 빛의 꺾임은 기저방향(Base)으로 꺾이며, 상은 그 반대방향인 정각(Apex)쪽으로 이동하게 된다. 프리즘 디옵터는 안광학계 내에서 빛의 꺾임을 유도할 수 있으며, 망막의 정확한 부분에 맺히게 할 수 있다. 그리고 안광학계를 프리즘을 통해서 관찰할 때 선명한 상을 위해서 안구는 정각 방향으로 이동하게 되며, 선명한 상을 맺으려고 한다. 이러한 부분을 프리즘 적응력이라고 한다.<sup>[12,13]</sup>

렌즈인 경우 형태에 따라서 발산과 수렴이 될 수 있으며 초점거리에 따른 굴절력을 디옵터라고 하며, 초점거리가 1 m인 경우 1 디옵터(D)라고 한다. 안광학계 내에서 수정체가 초점조절을 담당하며 근거리에서 초점거리는 수

\*Corresponding author: Hyun Mee Lee, TEL: +82-53-850-2552, E-mail: hmlee@cu.ac.kr

정체의 움직임으로 조절이 가능하며, 렌즈의 수렴 광선과 발산 광선에 따라서 수정체의 긴장과 이완을 유도 할 수 있다.

프리즘과 렌즈의 특성 및 이에 대한 적응능력은 이항 운동과 초점의 변화를 유도할 수 있으며 시기능을 확장하도록 한다. 따라서 본 연구에서는 광학 프리즘과 렌즈의 특성을 이용한 시기능 훈련이 시기능의 향상과 굴절성 약시안의 안기능 증진에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상

기질적인 문제가 없는 약시안의 교정시력이 평균  $0.55 \pm 0.19$  인 13세 미만( $9.12 \pm 2.16$ ) 아동 15명을 대상으로 실시하였으며 그중 내사위 유형의 아동 이 9명, 외사위 유형 아동은 6명이었으며, 프리즘과 렌즈를 이용한 시기능 훈련(Vision therapy)을 통해 아동의 교정시력향상에 대한 부분과 조절 기능 및 이항 운동의 변화를 살펴보고 분석하였다.

시기능 훈련대상의 13세 미만의 아동은 Table 1에서 보여주듯이 평균 나이  $9.12 \pm 2.16$  세이며 약시 치료를 위한 시기능 훈련 기간은 평균  $63.33 \pm 48.38$  일이었으며, 훈련 횟수는  $9.00 \pm 4.48$  회이었다. 이러한 시기능 훈련의 기간과 횟수는 기존의 약시 치료에 관한 여러 연구<sup>[21-23]</sup>에서 보다 짧은 기간 내에 시행되었으며 개선 효과가 좋았다. 훈련대상 중 억제가 심하게 관찰되지 않는 비사시안의 시기능 이상 중 평균적인 기준보다 개산력이 약한 유형(Weak Divergence amplitude type)을 내사위형(WDAT)으로 구분하고, 폭주력이 약한 유형(Weak Convergence amplitude type)을 유형을 외사위형(WCAT)으로 구분하였다.

### 2. 방법

본 연구에서는 시기능 부족으로 인한 약시안을 가진 대상자를 광학 프리즘과 렌즈를 이용한 시기능 훈련을 통해서 시기능의 향상 및 약시안의 교정시력 향상을 평가하고 비교 분석하였다. 이를 위하여 약시안을 교정하기 전의 시기능 특징과 약시안을 교정한 후의 시기능을 분석하고 특징을 살펴보았다.

시기능을 평가하기 위해서 시기능 훈련 전후의 시력과

Table 1. Object and Period of Vision Therapy

	Day	Age	Frequency Count
Mean	$63.33 \pm 48.38$	$9.12 \pm 2.16$	$9.00 \pm 4.48$
Number	15	15	15

조절 기능의 + 렌즈에 대한 반응과 - 렌즈에 대한 반응을 측정하였으며, 이항 운동의 기능인 폭주력의 분리점 측정과 개산력의 분리점 측정을 함께 하였다.

굴절검사 및 타각적 굴절교정을 위해서 자동굴절검사장비(HRK-8000A, Huvitz(Korea))를 사용하였으며, 원거리 시표는(Visuscreen, Carl Zeiss(Germany))를 사용하였다.

버전스의 여력 측정은 프리즘바(Astron HB16 International (U.S.A))를 사용하여 흐린점/분리점/회복점을 단계적으로 측정하였으며 측정에 따른 수치는  $\Delta$ (Prism)으로 표기하였다. 본 연구에서는 대상자에게 프리즘을 눈앞에 대고 프리즘 디옵터를 높여갈 때 적응이 힘들어지는 지점 즉 분리되는 지점의 수치를 기준으로 연구하고, 그 수치의 변화를 관찰하였다.

조절에 대한 평가는 + 렌즈와 - 렌즈의 반응법을 사용하였으며, 검사에 따른 수치는 D(Diopter)로 표기하였다. 그리고 시표는 약시안의 교정시력에 따라서 시표의 크기를 조정하여 측정하였다.

시기능 훈련의 난이도는 사물의 선명한 상에 대한 기준, 그리고 자연스러운 안구의 이동 및 이항운동의 범위 내에서 훈련의 범위 및 강도를 조정 할 수 있으며, 이러한 과정에서 시기능훈련을 하는 아이들과 소통하면서 수의적인 상황을 최소화하는 방식이 기존의 시기능훈련과는 다른 점이다. 이 같은 시기능훈련은 아이들과 같은 공간에서 같이 상황에 맞는 대처 할 수 있으며, 그 과정에서 시각의 운동성과 감각성을 동시에 만족시킬 수 있는 훈련법이다.

렌즈와 프리즘 양의 증가는 운동성의 증가를 나타내고, 거기에 따른 크기 지각과 깊이 지각의 변화가 망막 상에 맺어지는 상의 정밀한 위치는 망막 주변부와 중심와의 활성화에 따라서 달라지기 때문에 감각성의 변화와 밀접한 관련이 있다는 것을 알 수 있으며, 자유공간 훈련법의 장점인 피검자의 상태를 관찰하며, 일반적인 시생활 환경과 비슷한 상태에서 훈련이 가능하다는 장점이 있다.

본 연구에서는 이러한 시기능 훈련을 통해서 나타난 조절 범위와 이항 운동의 특징을 살펴보았다.

#### 1) 광학 프리즘 기능을 활용한 시기능훈련 방법

이항운동은 양쪽 눈이 목표점을 주시할 때 두 눈을 일치시키는 기능으로 사물을 한 개로 볼 수 있는 기능이며, Fig. 1과 같이 근거리를 볼 때 더 많은 폭주량을 요구한다.

이항운동의 확장을 위해서는 날개 프리즘(loose prism, Astron international (U.S.A))의 상의 정각방향에 이동을 이용한 시기능훈련방법을 수행하였으며, 조절기능의 확장을 위해서는 날개 렌즈(loose lens, 60SC DAEMYUNG (Korea))의 초점변화를 이용하여 시기능훈련을 수행하였다(Fig. 2).

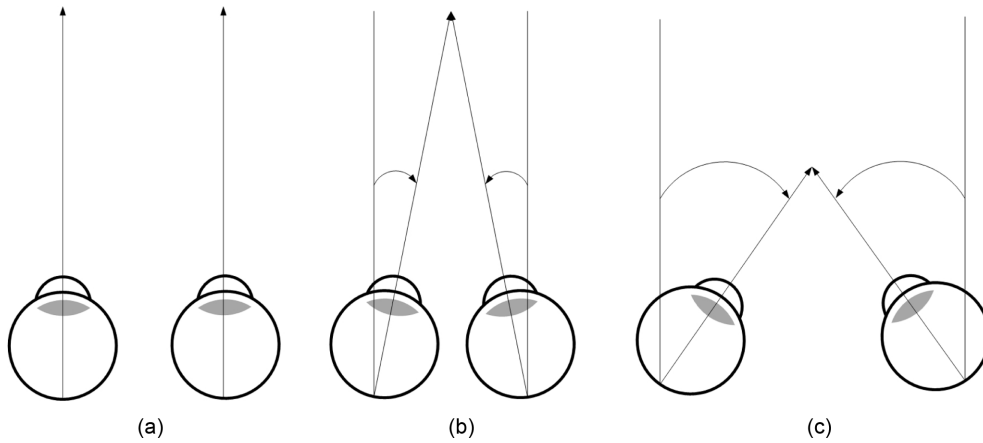


Fig. 1. Movement of the eyeball according to the distance (vergence ability)



Fig. 2. Loose prism for vergence training and Loose lens for accommodation training.

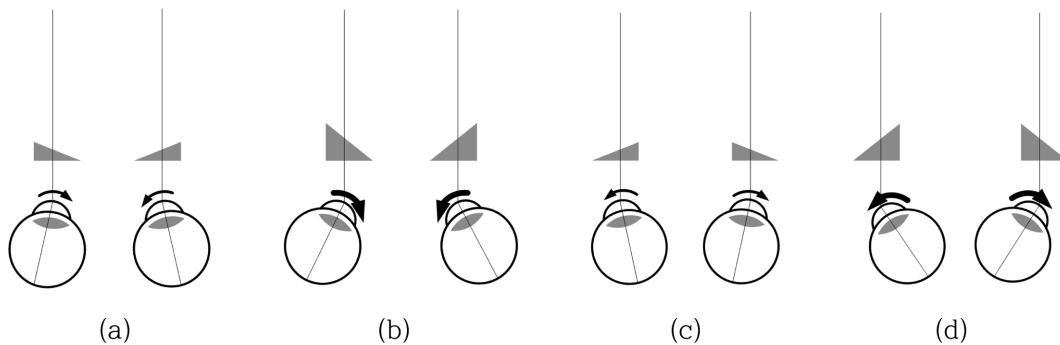


Fig. 3. Position of prism base direction for convergence width measurement of optical system is Base Out, degree of convergence : (a) < (b), Position of prism base direction for divergence width measurement of optical system is Base In, degree of divergence : (c) < (d).

이러한 이항운동이나 조절기능의 확장은 대상자의 시기능 능력보다 한 단계 정도 약한 프리즘 및 렌즈의 굴절력을 활용하였으며, 관찰대상의 정면에 프리즘이나 렌즈를 위치시켜 사물을 관찰하는 방법으로 수행하였다. 대상자의 능력이 향상될 때마다 굴절력을 한 단계씩 올려가면서 확장을 유도하였다. 이때 렌즈와 프리즘을 이용한 방법을 수행하면서 나타날 수 있는 약시안을 가진 아동의 지각적인 변화를 관찰하고, 대상자가 수의적인 상황을 최소화 하도록 하였다.

개산과 폭주는 Fig. 3과 같이 프리즘의 Base In과 Base Out에 의해 유도되며, 수치는 폭주를 유도하는 Base Out

프리즘과 개산에 대한 적응을 유도하는 Base In 을 눈앞에 대고 측정되는 수치를 확인할 수 있다.<sup>[14,15]</sup>

**2) 광학 렌즈를 이용한 시기능훈련 방법**

시기능의 조절력의 측정은 여러 방법이 있을 수 있으나 본 연구에서는 렌즈 부과법을 사용하였다. 0.4 m 근거리 에 대한 사물을 관찰하는 데는 Fig. 4 처럼 안광학계에서는 수정체가 2.5 D의 조절이 개입될 때 선명한 상을 볼 수 있을 것이며, 볼록렌즈가 정면에 있을 경우에는 볼록렌즈의 수렴된 굴절력만큼 눈의 조절력이 거리에 대한 조절력 보다 이완되었을 경우 선명한 상이 맺혀질 것이며, 오목렌

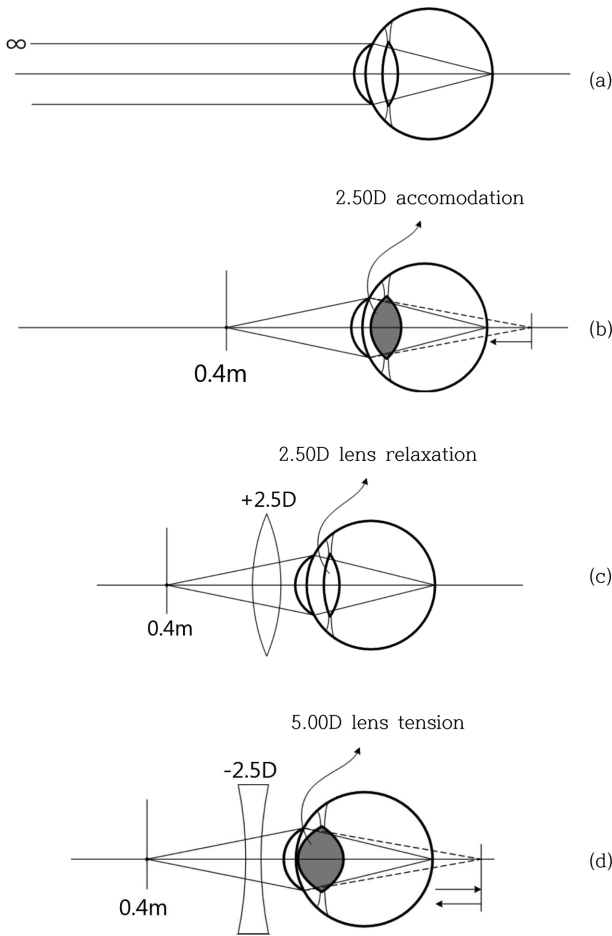


Fig. 4. (a), (b) Variability of lens power with focal length ( $\infty$  Distance and 0.4 m), (c) Plus variability of the lens's ability to control the lens reaction (Looking at 0.4 m) : Lens relaxation, (d) Minus variability of the lens's ability to control the lens reaction (Looking at 0.4 m) : Lens tension.

즈가 정면에 있을 경우에는 오목렌즈의 발산되는 굴절력 만큼 눈이 수축하여 조절기능을 증가하였을 때 선명한 상을 맺는다.<sup>[16]</sup>

본 연구에서는 0.4 m의 거리에서 긴장을 이완시켜주는 기능은 볼록(+ ) 렌즈를 안구 정면에 가입시켜서 나타나는

흐려지는 도수를 측정하여 수정체의 이완되는 능력을 관찰하였으며, 긴장을 유도하는 (-) 렌즈를 안구 정면에 가입시켜 나타나는 흐린 점에 대한 수치인 수축되는 능력을 측정하였다.<sup>[17]</sup>

시기능의 이항운동량의 측정을 원거리와 근거리로 나눠 질 수 있으며, 개산력의 측정을 기저방향을 코쪽으로 위치(Base In)시켜서 프리즘 디옵터의 량을 차츰 증가시켜 측정이 가능하며 이러한 부분을 NRC(Negative Relative Convergence)라고 하며, 폭주력의 측정은 기저방향을 귀쪽(Base Out)으로 위치시켜 프리즘 디옵터의 량을 측정하며 이러한 측정치를 PRC(Positive Relative Convergence)라고 나타낸다. 이때 나타나는 자각증상은 프리즘의 량에 따라서 흐린 점이 먼저 발생하고, 그리고 상이 분리되는 분리점 그리고 다시 분리되었던 상이 합쳐지는 회복점이 나타나며 표기는 흐린점/분리점/회복점으로 나타내며, 여기에서 흐린점이 나타나는 이유는 안구의 폭주를 용이하게 하기 위한 눈의 초점변화 때문에 나타날 수 있으며, 이러한 원인은 수정체의 조절력 개입 때문에 나타난다.<sup>[18-20]</sup>

본 연구에서 사용한 통계분석방법은 SPSS(ver.20)로 분석하였다. 정규성 검정을 통해 paired t-test를 시행하고, 표본수가 적은 관계로 wilcoxon signed rank test를 함께 시행하였다. 그리고 그룹별 검정을 위해 Independent two-sample t-test를 사용하였으며 방법에 따라 평균(Mean)과 표준편차(SD)를 산출하였으며, 유의 수준은 \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001로 하였다.

**결과 및 고찰**

1. 내사위 유형(WDAT)과 외사위 유형(WCAT)의 특성 비교  
약시안의 광학 프리즘 방향과 렌즈 종류에 따른 결과를 Table 2에 제시 하였다.

본 연구 에서 내사위형과 외사위형의 검정을 비교하기 위해 독립표본 t 검정을 사용하였으며, 검정 결과 실험참가자의 전체적인 이항운동 및 조절기능의 범위가 좁은 것

Table 2. Reaction of prism direction and lens type of optical system type of amblyopia

	WDAT	WCAT	t.test	p	SD	ED
Corrected visual acuity	0.48±0.18	0.66±0.15	2.23	0.055	0.18	0.08
Plus lens	1.50±0.18 D	2.17±0.20 D	6.53***	0.000	0.67	0.10
Minus lens	2.06±0.43 D	0.96±0.29 D	5.89***	0.000	1.10	0.19
Break point of divergence	5.67±3.87 Δ	4.67±1.96 Δ	0.66	0.523	1.00	1.52
Break point of convergence	3.44±1.23 Δ	6.00±1.26 Δ	3.87**	0.003	2.56	0.66

\*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001,

D (Diopter), Δ (prism diopter), SD (Standard Deviation), WDAT (Weak Divergence amplitude type), WCAT (Weak Convergence amplitude type), ED (Error of difference), t.test (Independent two-sample t-test)

을 알 수 있다. 이완운동의 기능을 측정하는 plus렌즈를 이용하여 내사위형 약시안의 반응을 살펴보면, 1.50±0.18 D로서 외사위형 약시안의 2.17±0.20 D보다 통계적으로 유의미한(p = 0.000) 특성을 나타내었다. 원거리에 대한 개산력 측정 결과에서도 내사위형 NRC가 3.44±1.23 Δ로서 외사위형의 6.00±1.26 Δ보다 p = 0.003으로 통계적으로 유의미한 특성을 나타냈다. 약시안의 특징인 조절기능의 저하와 양안시 이상은 이항운동의 기능저하가 원인이 될 수 있다는 것을 기존 연구에서도 많이 언급되고 있다.<sup>[24-27]</sup>

Table 2 결과를 볼 때 외사위형과 내사위형의 시기능 차이점은 안광학계의 조절기능 중 plus 렌즈의 이완 반응 및 minus 렌즈에 대한 수축 반응 양방향에서 모두 유의한 차이점을 나타내는 것을 볼 수 있었다. 그리고 이 같은 결과는 사위의 특성에 따른 약시의 차이는 이항운동 기능 영향보다는 조절 기능이 더 영향을 주는 것을 알 수 있다. 그리고 수정체의 기능 중 이완의 기능에 영향을 주는 plus 렌즈 반응 차이가 더 유의미한 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 이 같은 결과는 망막상의 초점을 맞추기 위한 조절기능의 역할이 두 눈의 단일시를 위한 이항운동의 역할보다 약시안의 영향에 더 많은 영향을 끼치는 것을 알 수 있다.

**2. 테라피 대상 나이와 횡수에 대한 상관관계(Pearson상관계수)**

테라피 대상 나이와 시기능 향상에 소요되는 훈련횡수의 상관관계를 Table 3에 나타내었다.

시기능훈련의 기간은 앞서 언급한 바와 같이 평균기간이 63.33±48.38일이며, 훈련횡수는 9.00±4.48회로 나타났으며, 나이와 횡수에 따른 상관관계계수가 0.85, p = 0.00으로 유의미한 결과를 나타내었으며, 이 같은 결과로 나이

Table 3. Correlation coefficient (CC) between age and frequency

Age	Frequency	
	Pearson CC	0.853***
	p	0.000
	N	15

\*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

Table 4. Lens reaction in optical system according to pre and post VT

	Pre-VT	Post-VT	PD	Paired t test	Wilcoxon signed ranks test
Plus lens	1.77±0.38 D	2.43±0.11 D	0.67±0.39 D***	0.000	0.001
Minus lens	-1.62±0.67 D	-3.83±0.80 D	2.22±0.99 D***	0.000	0.001
Amplitude of accommodation	3.38±0.44 D	6.27±0.82 D	2.88±0.90 D***	0.000	0.001

\*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

VT (Vision therapy), PD (Paired Differences),

가 많을수록 시기능 훈련의 횡수가 증가하였다는 것을 알 수 있었다.

**3. 시기능 훈련 전후 조절기능의 변화**

안광학계에서의 시기능 훈련 전 조절기능의 측정을 위해 단안인 상태에서 눈앞 0.4 m에서 plus 렌즈 및 minus 렌즈를 서서히 가입했을 때 흐려지는 최초의 지점을 나타내었다. 시기능 훈련 전의 측정에서의 범위는 +1.77±0.38 D에서 -1.62±0.67 D로 나타내었으며 시기능 훈련 후의 조절기능 변화는 plus 렌즈반응에 대한 변화는 +2.43±0.11 D로 측정되었고, minus 렌즈의 반응에 대한 변화는 -3.83±0.80 D로 측정되었다.

렌즈의 디옵터 변화를 이용하여 조절 범위를 확장하면 조절력에 여유가 있어서 망막 상에 상을 정확하게 맺도록 할 수 있다는 것을 확인하였다. 시기능 훈련 전과 후의 결과는 Table 4와 같으며 변화에 대한 검정은 paired t-test 검정을 통해서 실시하였다. Plus 렌즈에 대한 변화는 0.67±0.39 D이었으며, minus 렌즈에서는 2.22±0.99 D의 변화가 있었다. 유의확률은 양방향의 조절반응 모두 p = 0.00으로 유의한 결과를 나타내었다. 이 같은 결과는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 조절기능이 확장되는 것을 확인 할 수 있다. 비정규성 검정인 Wilcoxon signed rank test

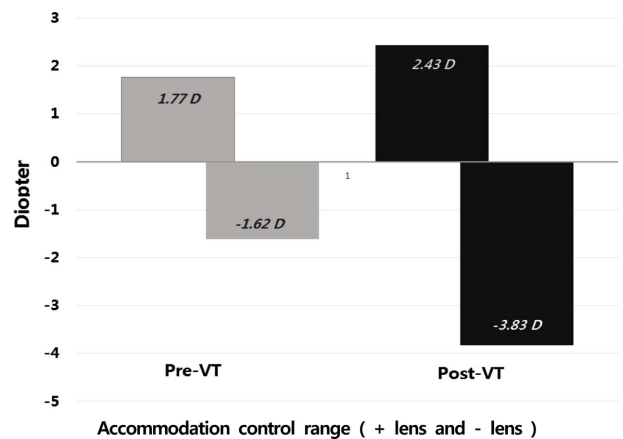


Fig. 5. Variation of accommodation control range before and after VT using lens

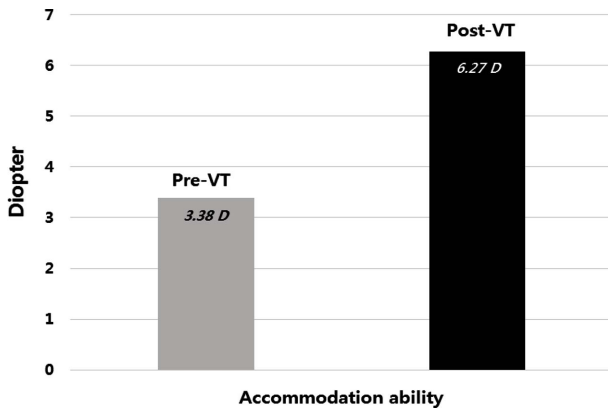


Fig. 6. Accommodation ability before and after VT using lens.

를 통해서도 양측의 유의확률이  $p = 0.001$ 으로 유의한 결과를 나타내었다.

Table 4에서 보는 바와 같이 조절반응의 범위는 + 렌즈의 반응에서 - 렌즈의 반응 사이의 간격을 나타내었으며, 시기능 훈련 전후의 범위를 측정하고 통계적인 유의성을 관찰하였다. 시기능 훈련전의 조절범위는  $3.38 \pm 0.44$  D였으며, 시기능 훈련후의 조절범위는  $6.27 \pm 0.82$  D로 나타났다(Fig. 6). 조절 범위의 전후의 차이는  $2.88 \pm 0.90$  D으로 유의확률  $p = 0.000$ 으로 조절의 범위가 확대되는 것을 알 수 있다. 시기능 훈련후의 결과는 Wold의 3인이 정상인을 대상으로 한 연구에서 조절의 진폭은 평균 약 7.0 D 정도로 관찰된 결과와 유사한 결과를 나타내었다.<sup>[28]</sup>

**4. 시기능 훈련 전후 원거리 이항운동기능의 변화**

양안시 평가로 사용되는 눈 벌림 능력인 개선기능의 평가는 눈앞에 Base In(BI) prism을 통해서 실시하고, 눈 모음 능력인 폭주 기능의 평가는 눈앞에 Base Out(BO) prism의 측정으로 판단하였으며, 흐린 점의 평가는 아동의 분별력의 저하로 인해 분리점으로 대신하여 평가하였다.

Table 6에서와 같이 시기능 훈련 전에 측정한 BI 분리 점은  $4.47 \pm 1.77 \Delta$  이었으며, BO의 분리점은  $5.27 \pm 3.20 \Delta$ 으로 측정되었으며, 시기능 훈련 후의 측정에서의 BI 분리 점은  $7.87 \pm 1.40 \Delta$ 이였으며, BO의 분리 점은  $20.87 \pm 5.66 \Delta$ 으로 측정되었다. 이와 같은 시기능 훈련을 통해 개선기능과 폭주기능이 향상되었음을 알 수 있다.

시기능 훈련 전후에 대한 변화의 검정은 정규성 검정한 뒤 paired t-test 검정을 통해서 실시하였으며, 이항운동의 변화는 BI 분리점인 경우  $15.60 \pm 3.74 \Delta$ 의 변화가 있었으며, BI 분리점의 변화는  $3.40 \pm 1.72 \Delta$ 의 변화가 있었다. 유의확률은 양방향의 이항 운동 모두  $p = 0.000$ 으로 유의한 결과를 나타내었다. 비정규성 검정인 Wilcoxon signed rank test를 통해서도 양측의 유의확률이  $p = 0.001$ 로써 유의한 결과를 나타내었다(Table 5).

이항운동의 범위는 Base In PRISM의 반응에서 Base Out PRISM 반응 사이의 여력의 범위를 나타내었으며, 시기능 훈련전후의 범위를 측정하고 통계적인 유의성을 관찰하였다. 시기능 훈련 전의 이항운동범위는 전체  $9.73 \pm 3.71 \Delta$ 이였으며, 시기능 훈련후의 이항운동의 범위는  $28.07 \pm 6.86 \Delta$ 으로 나타났다. 전후의 차이는  $18.33 \pm 4.85 \Delta$ 로써 유의확률  $p = 0.000$ 으로 조절의 범위와 같이 이항운동의 범위 또한 확대되는 것을 알 수 있다.

**5. 시기능 전후의 교정시력변화**

교정시력의 측정은 5 m의 거리에서 CARL ZEISS 사의 VISUSCREEN으로 실시하였으며, 양안중 약시안의 소수시력으로 표시하였으며, 시기능 훈련전의 교정시력은 평균  $0.55 \pm 0.18$ 로 측정되었다.

시기능 훈련 전후의 교정시력의 변화는 교정 전  $0.55 \pm 0.18$ 에서 교정 후에  $0.95 \pm 0.05$ 로 변화하였으며, 변화량은  $0.40 \pm 0.18$ 이며  $P = 0.000$ 으로써 유의한 결과를 나타내었다.

Table 5. Reaction change of prism direction in optical system of pre and post VT

	pre-VT	post-VT	PD	Paired t test	Wilcoxon signed ranks test
Base out Break point	$5.27 \pm 3.20 \Delta$	$20.87 \pm 5.66 \Delta$	$15.60 \pm 3.73 \Delta^{***}$	0.000	0.001
Base in Break point	$4.47 \pm 1.77 \Delta$	$7.87 \pm 1.41 \Delta$	$3.40 \pm 1.72 \Delta^{***}$	0.000	0.001
Vergence amplitude	$9.73 \pm 3.71 \Delta$	$28.07 \pm 6.87 \Delta$	$18.33 \pm 4.85 \Delta^{***}$	0.000	0.001

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

Table 6. Corrected visual acuity change of pre and post VT

	pre-VT	post-VT	PD	Paired t test	Wilcoxon signed ranks test
Corrected visual acuity	$0.55 \pm 0.19$	$0.95 \pm 0.05$	$0.40 \pm 0.18^{***}$	0.000	0.001

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

Table 7. Kruskal-wallis test of optical system change from pre and post VT

	Ranks			Chi-square	ASymptotic Sig.
	GROUP	N	Mean Rank		
Plus lens	WDAT	9	10.83	9.453**	0.002
	WCAT	6	3.75		
Minus lens	WDAT	9	10.33	6.225*	0.013
	WCAT	6	4.50		
Corrected visual acuity	WDAT	9	9.39	2.246	0.274
	WCAT	6	5.92		
Break point of convergence	WDAT	9	8.44	0.228	0.633
	WCAT	6	7.33		
Break point of divergence	WDAT	9	6.72	2.184	0.139
	WCAT	6	9.92		

\*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

WDAT:Weak Divergence amplitude type, WCAT:Weak Convergence amplitude type

비정규성 검정인 Wilcoxon signed rank test를 통해서도 양측의 유의확률이  $p = 0.001$  로서 유의한 결과를 나타내었다(Table 6).

이와 같은 결과는 앞서 언급된 렌즈의 디오퍼터 변화를 활용한 조절기능의 확장과 프리즘렌즈의 상의 이동의 기능을 활용한 이항운동의 기능 확장으로 정확하고 편안한 상을 맺게 할 수 있는 안광학계의 기능향상으로 인한 결과이다.

## 6. 유형에 따른 상관관계 분석

Table 2에서 언급된 유형에 따른 영향을 Table 4 & 5 기준으로 분석한 결과를 Table 7에서 나타내었으며, 유형에 따른 차이에서는 이항운동의 영향보다는 조절기능 영향인 + 렌즈 및 - 렌즈의 변화에서 각각 유의수준  $p = 0.002$  와  $p = 0.013$ 으로써 더 차이가 있음을 알 수 있으며, 안광학계에서 광학렌즈의 반응에 해당되는 조절기능의 차이가 약시안에 밀접한 영향이 있는 것을 확인 할 수 있다. 그리고 조절의 - 렌즈의 수축에 대한 반응 보다는 + 렌즈의 이완 기능에 대한 영향이 더 유의한 변화가 있음을 알 수 있었다.

이러한 결과는 - 렌즈를 활용한 조절기능의 강화보다는 눈의 긴장을 이완시켜주는 + 렌즈의 기능이 개선여력이 약한 유형(WDAT)의 약시안에서 더 필요하다는 것을 알 수 있으며, 유형에 따른 이항운동의 변화는 초점기능의 역할을 하는 조절의 영향에 따른 변화가 크다고 볼 수 있다.

따라서 약시안의 시기능은 이항운동의 기능 향상도 중요하지만, 조절의 기능이 우선되어야 할 것이며, 시기능 훈련 시에도 먼저 조절의 기능훈련 강화에 따른 이항운동의 변화를 살피는 것이 중요할 것이다. 그리고 조절의 기

능 중에서도 안광학계의 눈의 긴장을 완화해 줄 수 있는 기능인 + 렌즈의 반응이 더 중요하다고 볼 수 있으며, 이러한 결과는 약시안 에서의 조절균형과 조절 범위의 중요성은 기존의 많은 연구와 일치 한다.<sup>[29-33]</sup> 그리고 조절기능의 향상은 이항운동의 기능을 유지하는데 많은 역할을 한다고 할 수 있으며, 본 연구에서의 결과와 같이 두 가지 기능 중 한 가지라도 불균형이 이루어 질 때 안광학 기능의 회복 및 지속성이 떨어 질 수 있을 것이다.

우리 눈의 안광학계의 기능 중 초점의 기능을 정확하게 하여 선명하게 볼 수 있게 하는 것은 조절 기능과 이항운동 기능이 큰 비중을 차지하고 있다. 안기능의 저하는 사물을 선명하게 볼 수 없는 약시로 진행이 될 수도 있다.

본 연구에서는 이러한 기능의 중요성을 다시 한번 확인 하고, 이러한 안광학계의 기능저하로 인한 기능의 감소는 프리즘과 안경렌즈를 활용한 시기능 훈련이 많이 도움이 되는 것을 알 수 있다.

## 결 론

광학 프리즘 및 렌즈의 기능을 활용한 시기능훈련은 이항운동 및 조절기능 개선을 통해 기존의 가림 치료보다는 짧은 기간 내에 굴절성 약시안의 개선을 확인하였다. 약시안의 개선은 안광학 기능 확장과 밀접한 영향이 있음을 알 수 있으며, 이항운동 및 조절능력의 확장은 시기능의 오류를 줄여 교정시력에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 이 같은 시기능 향상은 광학프리즘의 빛 꺾임을 이용한 상의 이동 및 렌즈의 초점 변화를 활용한 시기능훈련이 안 광학 기능 확장에 큰 영향을 줄 수 있으며, 광학 프리

즘 및 렌즈의 기능을 활용한 시기능 훈련의 교육적 가치가 충분히 있을 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. NRF-2014R1A1A2058664)으로 연구되었습니다.

### REFERENCES

- [1] Anderson CW, Smith EL. Children's conceptions of light and color: understanding the role of unseen rays. *Research Series*. 1986;166:1-36.
- [2] Banks MS, Sekuler AB, Anderson SJ. Peripheral spatial vision: limits imposed by optics, photoreceptors, and receptor pooling. *J Opt Soc Am A*. 1991;8(11):1775-1787.
- [3] Sur M, Leamey CA. Development and plasticity of cortical areas and networks. *Nat Rev Neurosci*. 2001;2(4): 251-262.
- [4] Hainline L, Riddell P, Grose-Fifer J, Abramov I. Development of accommodation and convergence in infancy. *Behav Brain Res*. 1992;49(1):33-50.
- [5] Howland HC, Dobson V, Sayles N. Accommodation in infants as measured by photorefracton. *Vision Res*. 1987;27(12):2141-2152.
- [6] Hung GK, Ciuffreda KJ. Dual-mode behaviour in the human accommodation system. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1988;8(3):327-332.
- [7] Rayner K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychol Bull*. 1998; 124(3):372-422.
- [8] Grosvenor T. Primary care optometry, 5th Ed. Philadelphia: Butterworth-Heinemann, 2007;224-231.
- [9] Carter DB. Fixation disparity and heterophoria following prolonged wearing of prisms. *Am J Optom Arch Am Acad Optom*. 1965;42(3):141-152.
- [10] Schor CM. The influence of rapid prism adaptation upon fixation disparity. *Vision Res*. 1979;19(7):757-765.
- [11] Vera-Diaz FA, Gwiazda J, Thorn F, Held R. Increased accommodation following adaptation to image blur in myopes. *J Vis*. 2004;4(12):1111-1119.
- [12] Serino A, Barbiani M, Rinaldesi ML, Ládavas E. Effectiveness of prism adaptation in neglect rehabilitation: a controlled trial study. *Stroke*. 2009;40(4):1392-1398.
- [13] Rode G, Rossetti Y, Boisson D. Prism adaptation improves representational neglect. *Neuropsychologia*. 2001;39(11): 1250-1254.
- [14] Lança CC, Rowe F. Measurement of fusional vergence: protocol for a systematic review. *PROSPERO*. 2016; CRD42016037133.
- [15] Fu T, Wang J, Levin M, Su Q, Li D, Li J. Fusional vergence detected by prism bar and synoptophore in chinese childhood intermittent exotropia. *J Ophthalmol*. 2015;2015: 987048.
- [16] Sreenivasan V, Irving EL, Bobier WR. Binocular adaptation to near addition lenses in emmetropic adults. *Vision Res*. 2008;48(10):1262-1269.
- [17] Momeni-Moghaddam H, Wolffsohn JS, Azimi A, Babaei-Malekkolaei E. Effect of target distance on accommodative amplitude measured using the minus lens technique. *Clin Exp Optom*. 2014;97(1):62-65.
- [18] Morgan MW Jr. Accommodation and its relationship to convergence. *Optom Vis Sci*. 1944;21(5):183-195.
- [19] Morgan MW Jr. The clinical aspects of accommodation and convergence. *Optom Vis Sci*. 1944;21(8):301-313.
- [20] Folland CK, Renwick JA, Salinger MJ, Mullan AB. Relative influences of the interdecadal Pacific oscillation and ENSO on the South Pacific convergence zone. *Geophys Res Lett*. 2002;29(13):21.
- [21] Loudon SE, Polling JR, Simonsz HJ. Electronically measured compliance with occlusion therapy for amblyopia is related to visual acuity increase. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2003;241(3):176-180.
- [22] Mintz-Hittner HA, Fernandez KM. Successful amblyopia therapy initiated after age 7 years: compliance cures. *Arch Ophthalmol*. 2000;118(11):1535-1541.
- [23] Oliver M, Neumann R, Chaimovitch Y, Gotesman N, Shimshoni M. Compliance and results of treatment for amblyopia in children more than 8 years old. *Am J Ophthalmol*. 1986;102(3):340-345.
- [24] Joly O, Frankó E. Neuroimaging of amblyopia and binocular vision: a review. *Front Integr Neurosci*. 2004;8:62.
- [25] Ciuffreda KJ, Hokoda SC, Hung GK, Semmlow JL, Selnow A. Static aspects of accommodation in human amblyopia. *Am J Optom Physiol Opt*. 1983;60(6):436-449.
- [26] Green DG. Visual resolution when light enters eye through different parts of pupil. *J Physiol*. 1967;190(3):583-593.
- [27] Kirschen DG, Kendall JH, Riesen KS. An evaluation of accommodation response in amblyopic eyes. *Am J Optom Physiol Opt*. 1981;58(7):597-602.
- [28] Wold JE, Hu A, Chen S, Glasser A. Subjective and objective measurement of human accommodative amplitude. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29(10):1878-1888.
- [29] Abraham SV. Accommodation in the amblyopic eye. *Am J Ophthalmol*. 1961;52(2):197-200.
- [30] Ciuffreda KJ, Hokoda SC. Spatial frequency dependence of accommodative responses in amblyopic eyes. *Vision Res*. 1983;23(12):1585-1594.
- [31] Winn B, Heron G, Pugh JR, Eadie AS. Amblyopia, accommodation and colour. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1987;7(4):365-372.
- [32] Hung GK, Ciuffreda KJ, Semmlow JL, Hokoda SC. Model of static accommodative behavior in human amblyopia. *IEEE Trans Biomed Eng*. 1983;30(10): 665-672.
- [33] Manh V, Chen AM, Tarczy-Hornoch K, Cotter SA, Candy TR. Accommodative performance of children with unilateral amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015;56(2):1193-1207.



## 광학 프리즘과 렌즈를 이용한 시각각 시기능훈련이 굴절성 약시안의 안기능 증진에 미치는 영향

이승욱, 이현미\*

대구가톨릭대학교 안경광학과, 시기능증진연구소, 경북 38430

투고일(2018년 2월 5일), 수정일(2018년 3월 12일), 게재확정일(2018년 4월 12일)

**목적:** 본 연구는 광학 프리즘과 렌즈를 이용하여 시기능 훈련을 시행하였을 때 안기능 증진에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. **방법:** 본 연구에서는 교정시력  $0.55 \pm 0.19$  아동 15명을 대상으로 광학 프리즘의 상의 이동과 렌즈 초점 변화의 특성을 이용하여 안기능의 조절 및 이항 운동 확장을 위한 시기능 훈련을 수행하였다. **결과:** 수행한 결과 교정시력은  $0.95 \pm 0.05$  D로 개선되었고, 조절 기능과 이항 운동의 범위가  $2.88 \pm 0.90$  D(디옵터) 및  $18.33 \pm 4.85$  Δ(프리즘) 만큼 각각 향상되었다. **결론:** 프리즘 및 렌즈를 이용한 시각각 시기능 훈련의 기간은  $63.33 \pm 48.38$  일 정도의 비교적 짧은 기간 내에 약시 안의 개선을 확인할 수 있었으며, 안광학 기능 확장에 큰 영향을 미치는 것을 확인하였다.

**주제어:** 프리즘, 렌즈, 이항 운동, 조절, 약시, 시기능 훈련