

## 정상인의 안구 운동 범위와 연령과의 연관성

### Range of Eye Movement in a Normal Population and Its Relationship to Age

김지홍 · 임한웅

Ji Hong Kim, MD, Han Woong Lim, MD, PhD

한양대학교 의과대학 한양대학교병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Hanyang University Seoul Hospital, Hanyang University College of Medicine, Seoul, Korea

**Purpose:** The purpose of this study is to measure the range of normal eye movement and to evaluate the effect of age on the range of ocular movement in a normal population.

**Methods:** We conducted a prospective observational study of 85 subjects aged between 5 and 91 years. Photographs were taken of the cardinal position, and these images were analyzed using an image analysis software (Adobe Photoshop 6.0, Adobe, San Jose, CA, USA). To measure the range of eye movement, the preprocessed images were analyzed using the Image J program. The range of movement of the eyeball was quantitatively measured using corneal limbal analysis. Specifically, the ranges of ocular movement according to adduction, abduction, elevation, and depression were measured.

**Results:** The normal movement ranges were  $44.4 \pm 6.9^\circ$  in adduction,  $44.8 \pm 5.5^\circ$  in abduction,  $27.7 \pm 7.6^\circ$  in elevation, and  $46.7 \pm 8.4^\circ$  in depression. Adduction, abduction, and elevation were negatively correlated with age ( $R^2 = 0.220$ ,  $R^2 = 0.126$ , and  $R^2 = 0.304$ , respectively, all  $p < 0.001$ ). However, there was no significant correlation between age and depression ( $R^2 = 0.030$ ,  $p = 0.113$ ).

**Conclusions:** For all ages, the range of normal ocular movement in the horizontal direction was symmetric, while the range of ocular movement in elevation was smaller than that of depression. As age increased, the range of ocular movement decreased in all directions except depression, but depression did not decrease with age. When assessing eye movement, it is necessary to consider the range of ocular movements relative to both the movement direction and changes in the ocular movement range according to age.

J Korean Ophthalmol Soc 2017;58(6):698-705

**Keywords:** Aging, Ocular movement

안구 운동은 시각적 자극의 획득, 고정 및 추적을 돕는

인간의 시각계에 필수적인 부분이다.<sup>1</sup> 이러한 안구의 움직임은 시각적인 인식에 있어 매우 중요한데, 인간과 같은 전두 안구의 동물은 매우 작은 망막의 영역인 중심 오목을 통해서만 시자극을 얻으며 인간의 중심 오목은 약 2°의 범위만을 인식할 수 있기 때문이다.<sup>2</sup> 명확한 상을 얻기 위해 두뇌는 초점 대상의 이미지를 중심 오목의 시야 내에 있도록 눈을 이동시켜야 한다.<sup>3</sup> 안구 운동 장애가 있으면 이러한 과정에 문제가 생겨 심각한 시각 장애를 발생시킬 수 있다.

안구 운동에 관한 많은 연구들이 있음에도 불구하고 안구 운동의 정상 범위를 평가한 연구는 거의 없다. 일부 연구에서는 각막 반사 또는 시야계를 이용하여 안구 운동 범위를 측정하였다.<sup>4-8</sup> 그러나 이러한 방법은 종종 부정확한

- Received: 2017. 2. 16.      ■ Revised: 2017. 4. 18.
- Accepted: 2017. 5. 25.
- Address reprint requests to **Han Woong Lim, MD, PhD**  
Department of Ophthalmology, Hanyang University Seoul Hospital,  
#222-1 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 04763, Korea  
Tel: 82-2-2290-8570, Fax: 82-2-2291-8517  
E-mail: limhw@nate.com

- \* This study was presented as a narration at the 116th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2016.
- \* This paper was supported by the Sodam Scholarship Foundation of Busan Sungmo Eye Hospital

© 2017 The Korean Ophthalmological Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

결과를 가져올 뿐만 아니라 표준화하기도 어렵다.<sup>9,10</sup> 안구 운동에 관한 최근 연구들에서는 정확한 안구 운동 측정을 위해 공막탐지코일(scleral search coil) 혹은 영상눈전위도(videoculography)를 사용하였다.<sup>11-13</sup> 그러나 이러한 방법으로 측정된 값들은 운동 범위가 너무 커 신뢰할 수 있는 정확한 값을 얻기 어렵기 때문에 안구 운동 범위 측정에 적용하기가 어렵다.<sup>14,15</sup>

저자들은 이전에 사진을 통해 안구가 움직인 각도를 정량화하는 방법을 제시하였다.<sup>10,16</sup> 이는 정량적이고 객관적인 방법으로서 기본주시안위에서의 사진과 컴퓨터를 이용한 분석을 요구하였다. 사진을 이용하는 비슷한 방법으로 사시각을 측정하는 방법과 사근의 기능 장애를 평가하는 방법에 대한 연구들이 국내에도 있었다.<sup>17,18</sup> 그러나 정상인을 대상으로 안구 운동 범위를 측정할 보고는 없었다. 이 연구의 목적은 정상인의 안구 운동 범위를 측정하고 안구 운동 범위에 연령이 미치는 영향을 알아보는 것이다.

## 대상과 방법

이 전향적 연구는 5세에서 91세까지의 건강한 85명의 피험자(43명의 남성과 42명의 여성)를 대상으로 하였으며 피험자를 연령에 따라 9개의 그룹으로 나누었다. 각 연령군은 5명의 남성과 5명의 여성을 포함하였으며 80세 이상 그룹에서만 3명의 남성과 2명의 여성을 포함하였다. 시력 검사를 포함한 기본적인 안과 검사와 전안부, 안저검사를 시행하였고, 자동 굴절측정계(model ARK-700A; Nidek Co. Ltd, Gamagori, Japan)를 이용하여 굴절이상을 측정하였으며, IOL master (Zeiss Humphrey System, Dublin, CA, USA)를 이용하여 안축장 길이를 측정하였다. 제외 기준은 신경계 질환, 안구 운동 장애, 안과 질환, 사시 수술 병력, 이전의 안과 수술력 및 안축장이 너무 길거나(>26 mm) 짧은 경우(<21 mm)를 포함하였다. 본 연구는 헬싱키 선언을 따르며 본원의 기관생명윤리위원회(Institutional Review Board)의 승인을 받았다. 연구의 세부 사항에 대한 설명 후 모든 참가자로부터 동의를 얻었다.

사진을 얻는 방법과 안구 움직임의 각도를 측정하는 방법은 이전 연구에서 소개한 바 있다.<sup>10,16</sup> 피험자로부터 1 m 거리에서 디지털카메라(D800, Nikon Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 사진을 얻었다. 모든 이미지의 해상도는 5,520 × 3,680픽셀이었다. 피험자의 머리는 턱받침에 단단히 고정되었으며 머리 움직임을 막기 위해 피험자의 머리 주변에 밴드를 감았으며 피험자는 고개를 움직이지 말도록 지시를 받았다. 관찰 가능한 기술기 및 턱이 올라가거나 내려가는 자세가 없음을 확인한 후 제일안위에서의 사진을 얻었다.

그런 다음 피험자는 최대 상방, 하방, 좌측, 우측으로 시선을 이동하게끔 지시를 받아 제일안위에서의 사진을 얻었다(Fig. 1A).

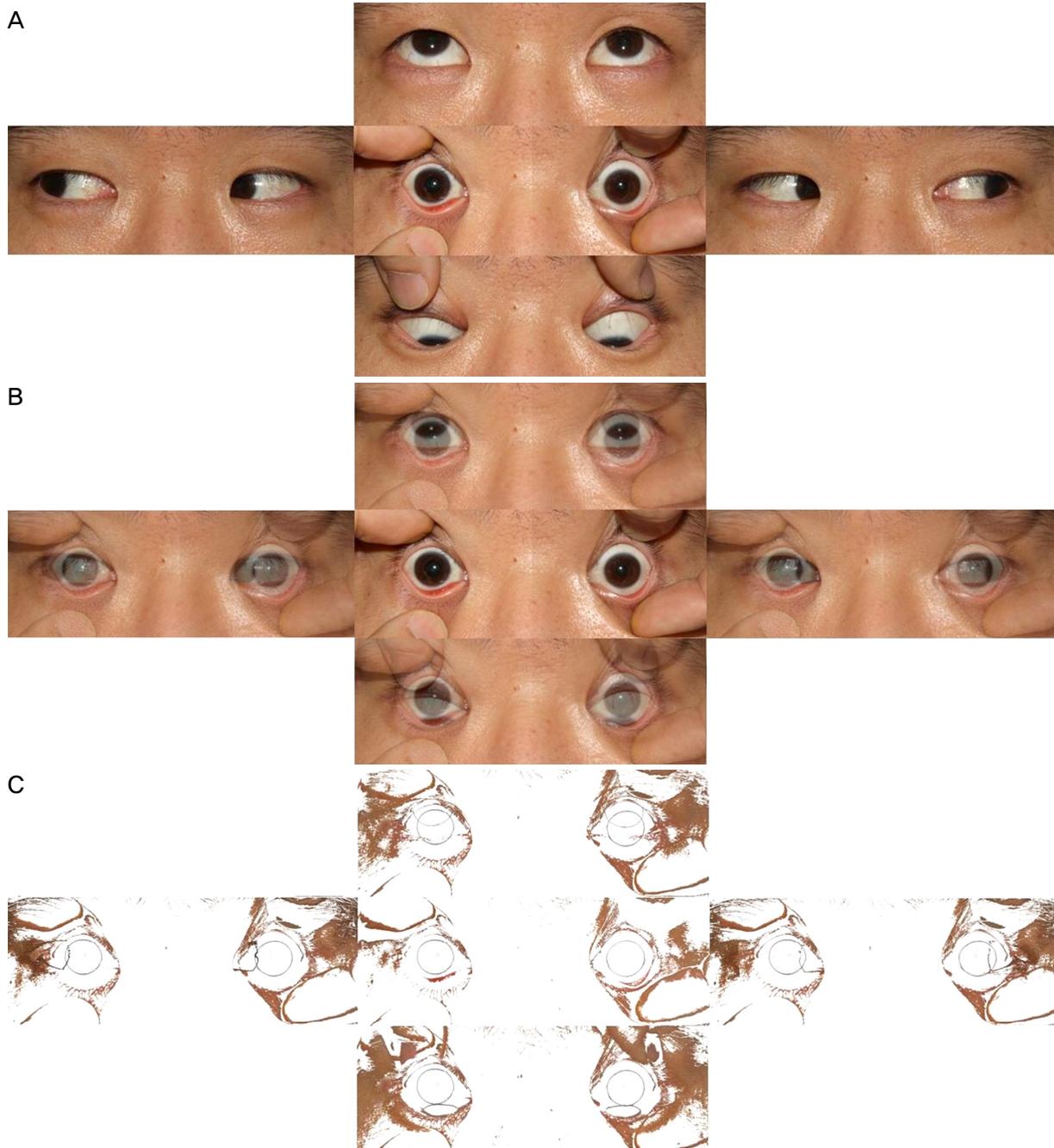
기본주시안위에서의 사진을 얻은 후 Photoshop 6.0 (Adobe, San Jose, CA, USA)을 사용하여 이미지를 처리하였다. Photoshop으로 제일안위에서의 이미지를 먼저 연 다음 제일안위에서의 이미지를 선택하여 클립보드에 복사하였다. 그런 다음 클립 보드의 내용을 제일안위 이미지 위에 붙여 넣어 별도의 레이어를 만들었다. 다음으로 붙여 넣은 레이어가 제일안위에서의 이미지와 더 잘 겹치도록 반투명한 이미지로 변환하였다(Fig. 1B). 블렌딩 도구를 사용하여 윤곽선 경계를 잘 식별하기 위해 특정 레이어의 밝은 부분 또는 어두운 부분을 투명하게 변환하였다(Fig. 1C). 완성된 이미지는 레이어가 없는 TIFF 파일로 저장되었다. 마지막으로 제일안위에서의 사진을 제일안위에서의 사진과 중첩하여 처리하였다.

(1) 안구의 모양이 완벽한 구형이라는 것, (2) 시축은 안구 중심과 각막 중심을 연결하는 선, (3) 안구의 회전 중심은 고정되어 있다는 것, 그리고 (4) 안구 직경이 안축장과 같다는 가정을 한 후 안구 회전 정도를 계산하였다. 각막윤부가 움직인 거리를 정량화하기 위해 처리된 이미지를 Image J 프로그램(software version 1.46; National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA)에 불러오기를 하였다. 분석/측정 메뉴 옵션을 사용하여 픽셀 치수를 측정하고 그 값을 기록한 다음 후속 이미지에 대해서도 반복하였다. Image J의 “Set Scale” 기능을 통해 픽셀 수를 표준 단위로 변환하였다.

SPSS for Windows version 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 모든 통계 분석을 수행하였다. 우안과 좌안의 측정값 평균값을 구한 뒤 전체 피험자에서 내전과 외전 간, 상전과 하전 간의 안구 운동 범위를 독립표본 *t*-검정을 사용하여 각각 비교하였다. 이원분산분석으로 연령군과 안구 운동 방향이 운동 범위에 미치는 영향에 대하여 분석하였고 사후 검정을 통해 각 운동 방향에 따른 운동 범위에 대한 차이를 분석하였다. 선형 회귀 분석으로 안구 운동의 범위와 연령의 관계를 평가했다. 안구 운동 범위는 평균 ± 표준 편차(standard deviation)로 표현되었다.  $p < 0.05$ 는 유의한 것으로 간주하였다.

## 결 과

총 85명이 연구에 포함되었다(남자 43명, 여자 42명; 연령 범위 5-91세; 평균 45.2세). 저자들은 피험자들을 연령에 따라 10년 단위로 나누었으며 80세 이상은 하나의 군으로 정의하였다. 각 연령군의 특성은 Table 1에 나타내었다. 피



**Figure 1.** The composite photograph shows how the subject looks at the primary position and secondary position. (A) We got pictures from five cardinal positions. The subjects tracked the fixating target and moved their eyes as far up, down, left, and right as possible. (B) Using Photoshop, the photographs in the semitransparent second position were superimposed on the pictures in the primary position. (C) Photoshop was used to convert the overlapping photographs to fit the edges of the limbus of the cornea.

험자들의 평균 굴절 이상은  $-0.52 \pm 1.05$ 디옵터(diopter, D), 평균 장축 길이는  $23.58 \pm 0.84$  mm였다.

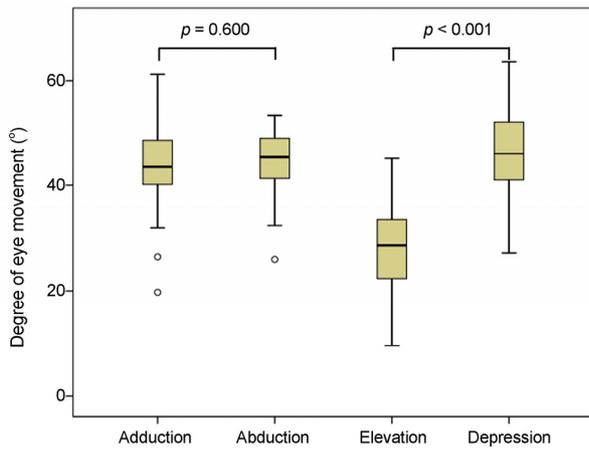
각 주시 위치에서의 안구 운동의 범위는 내전에서  $44.4 \pm 6.9^\circ$ , 외전에서  $44.8 \pm 5.5^\circ$ , 상전에서  $27.7 \pm 7.6^\circ$ , 그리고 하전에서  $46.7 \pm 8.4^\circ$ 로 측정되었다. 내전과 외전 사이에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p=0.600$ ). 반면에 상전은 하전보다 유의하게 작았다( $p<0.001$ ) (Fig. 2).

내전, 외전, 상전, 그리고 하전에서의 안구 운동 범위를 Fig. 3에서 나이와 함께 표시하였다. 연령과 운동 방향, 그리고 두 가지 요소를 함께 고려하였을 때 모두 안구 운동 범위에 대하여 각각 유의한 차이를 보였다( $p<0.001$ , all). 상전 범위는 내·외전 및 하전 범위보다 통계적으로 유의하게 작았다( $p<0.001$ , all). 내전, 외전, 그리고 하전 간에는 운동 범위의 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ , all).

**Table 1.** Demographics and characteristics of subjects

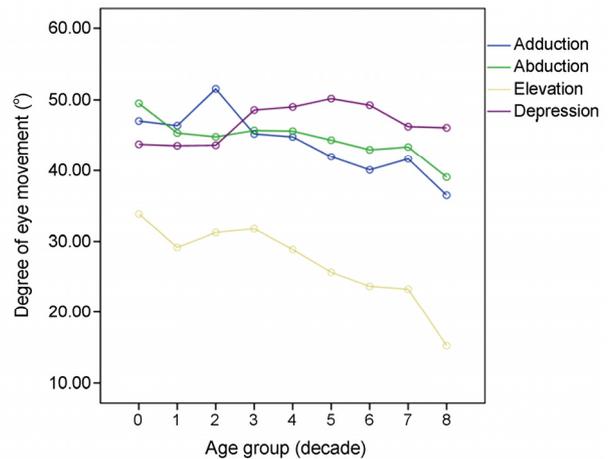
Age group (years)	Gender	Number of subjects	Age (years)	Spherical equivalent (diopters)	Axial length (mm)
5-10	Male	5	6.4	-1.10	23.74
	Female	5			
10-20	Male	5	12.8	-1.11	23.95
	Female	5			
20-30	Male	5	24.8	-1.03	24.06
	Female	5			
30-40	Male	5	34.6	-0.84	23.85
	Female	5			
40-50	Male	5	45.1	-0.85	23.71
	Female	5			
50-60	Male	5	55.7	-0.33	23.26
	Female	5			
60-70	Male	5	64.0	0.29	23.18
	Female	5			
70-80	Male	5	73.0	0.08	23.28
	Female	5			
80-91	Male	3	83.8	0.93	23.59
	Female	2			

Data are presented as mean values.



**Figure 2.** Box plot shows the mean range of eye movements. The mean angle in the horizontal direction was not statistically significant (adduction  $44.4 \pm 6.9^\circ$  vs. abduction  $44.8 \pm 5.5^\circ$ ;  $p = 0.600$ ). On the other hand, the angle in elevation was significantly smaller than that of depression (elevation  $27.7 \pm 7.6^\circ$  vs. depression  $46.7 \pm 8.4^\circ$ ;  $p < 0.001$ ).

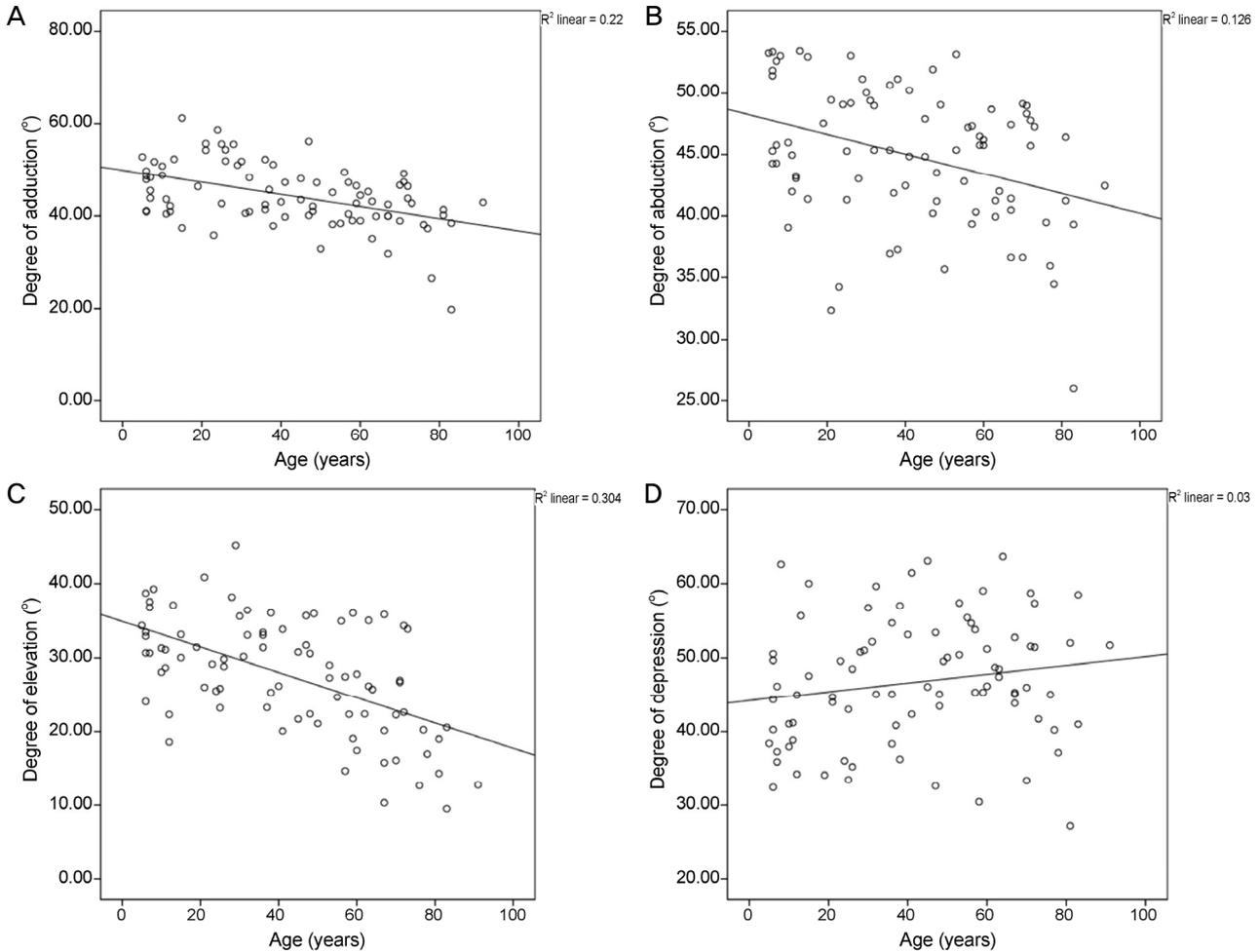
수평 주시와 연령 사이에는 유의한 음의 상관 관계가 있었다(내전  $R^2=0.220$ , 외전  $R^2=0.126$ ; all  $p<0.001$ ; Fig. 4A, B). 상전의 범위는 수평 주시에서의 범위보다 연령에 따라 더 빠르게 감소하였다( $R^2=0.304$ ,  $p<0.001$ ; Fig. 4C). 수평 및 상전과는 달리 하전과 연령 사이에는 상관 관계가 없었다( $R^2=0.030$ ;  $p=0.113$ ; Fig. 4D).



**Figure 3.** The graph shows the changes in eye movement according to age for each direction. The range in the horizontal direction tends to decrease with increasing age, and the range in elevation tends to decrease faster than in the horizontal direction. On the other hand, there was no significant relationship between the range in depression and age.

## 고찰

저자들은 정상인의 안구 운동 범위에 대하여 사진을 촬영하는 방법을 통해 범위를 조사하였다. 저자들은 수평 주시에서의 운동 범위가 모든 연령대에서 대칭적이라는 것을 발견하였다. 수직 주시에서의 운동 범위는 비대칭적이었고 상전이 하전에 비하여 각도가 현저히 작았다. 각각의 방향에 대한 안구 운동의 연령별 변화를 개별적으로 분석한 결



**Figure 4.** Scatter plot shows the distribution of the range of eye movement according to age. (A-C) It shows a significant negative correlation between the range of eye movement and age ( $R = 0.220$  in adduction,  $R = 0.126$  in abduction, and  $R = 0.304$  in elevation; all  $p < 0.001$ ). (D) Unlike other directions, there was no significant relationship between the range in depression and age ( $R = 0.030$ ;  $p = 0.113$ ).

과 수평 주시에서의 운동 범위는 나이가 증가함에 따라 감소하고, 상전에서의 범위는 수평 주시에서보다 더 빠르게 감소하였다. 한편, 하전에서의 범위와 연령 사이에는 연관성이 없었다.

안구 운동 범위를 평가하는 것은 신경계의 이상을 진단하는 데 중요하다. 이 평가는 신경 장애의 국소화에 대해 정보를 제공하여 안과 의사가 개별적인 근육 또는 뇌신경의 이상을 진단할 수 있도록 도와준다.<sup>19</sup> 안구 운동 범위를 정량적으로 측정하기 위해 다양한 방법이 사용되었다. 몇몇 연구에서는 각막 빛 반사를 사용하여 안구 운동의 범위를 측정하였다.<sup>4,20</sup> 임상적으로 유용하나 이 방법은 시차에 의한 오류가 발생할 수 있으며, 빛 반사를 측정할 때 표준화 오차의 영향을 받는다. 다른 연구에서는 시야계가 안구 운동 범위를 측정하는 데 유용한 방법이라고 소개하였다.<sup>5-8</sup> 그러나 시야계를 이용한 방법은 검사 장비가 필요하며, 숙

련된 기술자의 주관적인 경험에 의존하기 때문에 잠재적인 부정확성에 취약하다.

공막탐지코일과 영상눈전위도(videooculography, VOG)는 일반적으로 안구 운동을 측정하는 신뢰할 수 있는 방법으로 알려져 있다.<sup>13</sup> 안구 운동의 정확한 측정은 가능하지만, 이러한 방법들은 광범위한 안구 운동 측정의 정확성을 감소시킬 수 있다. 공막탐지코일은 미세한 와이어와 눈꺼풀 사이의 간섭을 통해 과소 측정이 이루어질 수 있다.<sup>4,15</sup> 영상눈전위도에서는 위치 측정이 왜곡되고 초점이 맞지 않는 이미지에 의해 영향을 받을 수 있다.<sup>21</sup> 따라서 이러한 추적을 통한 안구 운동 범위 측정 방법은 오류가 발생할 수 있다. 더구나 이러한 방법은 어린이에게는 적용하기가 쉽지 않아 실용적이지도 않다.

본 연구에서 저자들은 정량적이며 객관적인 안구 운동 범위를 측정하기 위해 사진을 사용하여 컴퓨터를 이용한

분석 방법을 설명하였다. 20에서 40세의 피험자에 대한 이전 연구에서, 저자들은 사진을 이용한 방법이 객관적으로 안구 운동 범위를 측정할 수 있고 재현성 있고 사용하기 쉬우며 저렴하며 비침습적이기 때문에 임상에서 쉽게 적용할 수 있음을 보여주었다.<sup>10</sup> 이 방법은 큰 범위의 안구 운동 각도를 측정할 수 있을 뿐만 아니라 아이들에게도 편안하게 적용할 수 있다. 따라서 어린이 및 노인을 포함한 모든 연령대에서 안구 운동 범위를 측정하는 데 사용할 수 있다.

본 연구에서 저자들은 수평 주시에서의 평균 안구 운동 범위가 대칭임을 알았고 이는 모든 연령군에서 일관된 결과를 보여주었다. 모든 연령군에서의 대칭적인 수평 주시 안구 운동 범위는 수평 안구 운동에 대한 뇌간의 경로가 연령에 따른 신경 퇴행에 영향을 받지 않음을 시사한다. 수평 안구 운동을 만드는 뇌간 경로는 뇌간에 위치한 많은 수의 신경핵과 신경들로 구성되어 있다.<sup>22,23</sup> 따라서 연령 증가에 따른 수평 주시에서의 대칭성 유지는 신경 퇴행에도 불구하고 이러한 뇌간 경로의 선택적 보전을 나타낼 수 있다. 이 발견의 중요성은 모든 연령층의 수평 안구 운동의 적합성에 대한 적절한 인식에 있는 것으로 보인다.

대칭적인 수평 주시와는 달리, 상전에서의 평균 운동 범위는 하전에서보다 현저히 작았으며 이러한 차이는 모든 연령군에서 나타났다. 이러한 수직 주시에서의 비대칭은 빛 반사, 비디오 카메라 및 다양한 기술을 사용하였던 이전 연구들에서 보고한 바와 유사하지만,<sup>4-7,10,24</sup> 본 연구는 어린이에서 수직 주시의 비대칭을 처음으로 보고하였다. 모든 연령군에서 상전의 제한은 길항제의 제한 또는 작동제의 작용 감소로 인한 것일 수 있다. 사체 검사에서 하직근 주변의 결합 조직이 가장 발달되어 있었고, 하직근 근육은 인접한 안와 주변 부위와 연결 수가 가장 많았다.<sup>25</sup> 게다가 하직근의 최대 단면적은 상직근보다 더 컸다.<sup>26</sup> 저자들은 이러한 본질적인 해부학적 요인이 모든 연령대에서의 상전의 제한에 영향을 준다고 가정하였다.

본 연구에서 상전 범위는 연령에 따라 가장 많이 감소하였다. 연관성은 약하였지만 수평 주시 범위 또한 연령이 증가할수록 감소하였다. 이러한 결과는 안구 운동에 연령이 미치는 영향에 대한 다른 연구들과 일치하는 결과를 보였다.<sup>4,7,11,12</sup> 그러나 이전 연구들과는 달리 저자들은 하전에서는 연령과의 의미 있는 연관성을 보여주지 못하였다. 다른 주시에서 연령에 따른 감소가 발생하였던 것과는 달리 하전에서는 안구 운동 범위가 일정하게 유지되었다. Chamberlain은 정확한 값을 제시하지는 않았지만 하전은 연령에 따라서 변하지 않는 것으로 보이며, 개인의 눈꺼풀과 볼에 의해 제한 받는 범위까지 접근한다고 하였다.<sup>7</sup> 이러한 결과는 연령에 따른 안구 운동 범위의 변화가 안구 운동 방향에

따라 다르다는 것을 제시한다.

안구 운동의 노화 기전은 알려져 있지 않지만 운동 신경의 퇴행성 신경 손실이 나이와 관련된 변화의 기전일 수 있다. 수평 주시에 대한 명령은 뇌교와 연수에 있는 전운동 신경에 의해 생성된다.<sup>27</sup> 수직 단속 운동은 중심결다리뇌교물체(paramedian pontine reticular formation)에서 생성되며,<sup>28</sup> 긴장성 지배는 전정 신경핵(vestibular nuclei)과 카잘간질핵(interstitial nucleus of Cajal)에서 생성된다.<sup>29</sup> 안구 운동의 진폭은 운동 신경 집단의 방출 속도에 의해 결정된다. 따라서 노화와 관련된 선택적인 신경 결손이 안구 운동 방향 사이에서의 감소율의 차이를 유발할 수 있다. 그러나 조직학적 연구에서는 눈운동신경 또는 외전신경에서의 노화와 관련된 운동 신경 결손을 확인하지 못하였다.<sup>30,31</sup>

노인에서 올림근을 사용하지 않는 것이 상전 범위의 감소를 일으키며 하전의 사용 증가가 하전 범위의 감소를 초래하지 않을 수도 있다고 생각할 수 있다. Clark and Demer<sup>32</sup>는 자기 공명 영상을 이용한 연구에서 노인에서 수평 외안근의 하방 편위가 나타나는데 이를 중요한 기전으로 제시하였다. 그들은 수평 외안근의 하방 편위가 외안근의 힘을 하방으로 증가시키는 반면, 상방으로는 감소시킨다고 하였다. 안구 운동의 노화 기전이 중추 또는 주변 요인과 관련이 있는지, 그리고 이러한 기전이 신경 퇴행 또는 불용의 결과로 분류되는지를 이해하기 위해서는 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구는 상전 범위가 하전 범위보다 현저히 작으며 연령에 따른 안구 운동 범위의 변화가 안구 운동 방향에 따라 다르다는 것을 보여주었다. 이 결과는 수직 주시가 연령과 상관 없이 비대칭적이며, 주시 방향에 따라 안구 운동의 노화 기전이 다르다는 임상적으로 중요한 정보를 제공한다. 또한 본 연구는 안구 운동을 평가하는 데 있어서 연령과 관련된 예상되는 안구 운동 변화를 고려하여야 한다는 것을 강조한다. 마지막으로, 본 연구 데이터는 신경학적 검사 중 안구 운동 장애의 임상적인 평가를 위한 진단 기준으로서 제공될 수 있다고 생각한다.

## REFERENCES

- 1) Leigh RJ, Zee DS. The Neurology of Eye Movements, 4th ed. New York: Oxford University Press, 2006.
- 2) Jacobs RJ. Visual resolution and contour interaction in the fovea and periphery. Vision Res 1979;19:1187-95.
- 3) Ramat S, Leigh RJ, Zee DS, Optican LM. What clinical disorders tell us about the neural control of saccadic eye movements. Brain 2007;130(Pt 1):10-35.
- 4) Clark RA, Isenberg SJ. The range of ocular movements decreases with aging. J AAPOS 2001;5:26-30.

- 5) Mourits MP, Prummel MF, Wiersinga WM, Koorneef L. Measuring eye movements in Graves ophthalmopathy. *Ophthalmology* 1994; 101:1341-6.
- 6) Gerling J, Lieb B, Kommerell G. Duction ranges in normal probands and patients with Graves' ophthalmopathy, determined using the Goldmann perimeter. *Int Ophthalmol* 1997-1998;21:213-21.
- 7) Chamberlain W. Restriction in upward gaze with advancing age. *Am J Ophthalmol* 1971;71(1 Pt 2):341-6.
- 8) Haggerty H, Richardson S, Mitchell KW, Dickinson AJ. A modified method for measuring uniocular fields of fixation: reliability in healthy subjects and in patients with Graves orbitopathy. *Arch Ophthalmol* 2005;123:356-62.
- 9) Dolman PJ, Cahill K, Cysz CN, et al. Reliability of estimating ductions in thyroid eye disease: an International Thyroid Eye Disease Society multicenter study. *Ophthalmology* 2012;119:382-9.
- 10) Lim HW, Lee DE, Lee JW, et al. Clinical measurement of the angle of ocular movements in the nine cardinal positions of gaze. *Ophthalmology* 2014;121:870-6.
- 11) Human AG, Sharpe JA. Vertical saccades in senescence. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1993;34:2588-95.
- 12) van der Geest JN, Frens MA. Recording eye movements with video-oculography and scleral search coils: a direct comparison of two methods. *J Neurosci Methods* 2002;114:185-95.
- 13) Houben MM, Goumans J, van der Steen J. Recording three-dimensional eye movement: scleral search coils versus video oculography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:179-87.
- 14) Frens MA, van der Geest JN. Scleral search coils influence saccade dynamics. *J Neurophysiol* 2002;88:692-8.
- 15) Smeets JB, Hooge IT. Nature of variability in saccades. *J Neurophysiol* 2002;90:12-20.
- 16) Lim HW, Lee JW, Hong E, et al. Quantitative assessment of inferior oblique muscle overaction using photographs of the cardinal positions of gaze. *Am J Ophthalmol* 2014;158:793-9.e2.
- 17) Yang HK, Seo JM, Hwang JM, Kim KG. Automated analysis of binocular alignment using an infrared camera and selective wavelength filter. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54:2733-7.
- 18) Yoon CK, Yang HK, Kim JS, Hwang JM. An objective photographic analysis of ocular oblique muscle dysfunction. *Am J Ophthalmol* 2014;158:924-31.
- 19) Campbell WW, DeJong RN. DeJong's the neurologic examination, 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.
- 20) Urist MJ. A lateral version light-reflex test. *Am J Ophthalmol* 1967;63:808-15.
- 21) Bos JE, de Graaf B. Ocular torsion quantification with video images. *IEEE Trans Biomed Eng* 1994;41:351-7.
- 22) Frohman TC, Galetta S, Fox R, et al. Pearls & Oy-sters: the medial longitudinal fasciculus in ocular motor physiology. *Neurology* 2008;70:e57-67.
- 23) Serra A, Liao K, Matta M, Leigh RH. Diagnosing disconjugate eye movements: phase-plane analysis of horizontal saccades. *Neurology* 2008;71:1167-75.
- 24) Oguro H, Okada K, Suyama N, et al. Decline of vertical gaze and convergence with aging. *Gerontology* 2004;50:177-81.
- 25) Koorneef L. Eyelid and orbital fascial attachments and their clinical significance. *Eye (Lond)* 1988;2(Pt 2):130-4.
- 26) Miller JM. Functional anatomy of normal human rectus muscles. *Vision Res* 1989;29:223-40.
- 27) Horn AK. The reticular formation. *Prog Brain Res* 2006;151:127-55.
- 28) Hepp K, Henn V. Spatio-temporal recoding of rapid eye movement signals in the monkey paramedian pontine reticular formation (PPRF). *Exp Brain Res* 1983;52:105-20.
- 29) Fukushima K. The interstitial nucleus of Cajal in the mid-brain reticular formation and vertical eye movement. *Neurosci Res* 1991; 10:159-87.
- 30) Brody H, Vijayashankar N. Anatomical changes in the nervous system. In: Finch CE, Hayflick L, eds. *Handbook of the Biology of Aging*. New York: Van Nostrand, 1977; 241-61.
- 31) Vijayashankar N, Brody H. Neuronal population of human abducens nucleus. *Anat Record* 1971;169:447.
- 32) Clark RA, Demer JL. Effect of aging on human rectus extraocular muscle paths demonstrated by magnetic resonance imaging. *Am J Ophthalmol* 2002;134:872-8.

---

= 국문초록 =

## 정상인의 안구 운동 범위와 연령과의 연관성

**목적:** 정상인의 안구 운동 범위를 측정하고 연령이 안구 운동 범위에 미치는 영향에 대해 알아보하고자 하였다.

**대상과 방법:** 5세부터 91세까지의 연령으로 구성된 85명을 대상으로 전향적 관찰 연구를 시행하였다. 기본주시안위에서의 사진을 얻은 뒤 이미지 분석 소프트웨어(Photoshop 6.0 [Adobe, San Jose, CA, USA])를 이용하여 처리하였다. 안구 운동 범위를 측정하기 위해 전처리된 이미지를 Image J 프로그램을 이용하여 분석하였다. 안구 운동 범위를 각막 윤부 분석법을 통해 각도로 정량화하였다. 내전, 외전, 상전, 그리고 하전에서 안구 운동 범위를 측정하였다.

**결과:** 안구 운동의 정상 범위는 내전에서  $44.4 \pm 6.9^\circ$ , 외전에서  $44.8 \pm 5.5^\circ$ , 상전에서  $27.7 \pm 7.6^\circ$ , 그리고 하전에서  $46.7 \pm 8.4^\circ$ 로 측정되었다. 내전, 외전 및 상전과 연령은 유의미한 음의 상관관계를 보였다( $R^2=0.220$  in adduction,  $R^2=0.126$  in abduction, and  $R^2=0.304$  in elevation, all  $p<0.001$ ). 그러나, 하전은 연령과 유의미한 상관관계를 보이지 않았다( $R^2=0.030$ ,  $p=0.113$ ).

**결론:** 모든 연령에서 수평 방향의 정상 안구 운동 범위는 대칭적인 반면, 수직 방향의 정상 안구 운동 범위는 상전이 하전보다 작았다. 연령이 증가하면서 하전 이외의 모든 방향에서는 안구 운동 범위의 감소가 나타났으나, 하전은 연령이 증가해도 감소하지 않았다. 안구 운동을 평가할 때, 운동 방향에 따른 안구 운동 범위의 차이와 연령에 따른 안구 운동 범위의 변화를 고려해야 할 것이다.

<대한안과학회지 2017;58(6):698-705>

---