

## 안구돌출도와 시기능의 상관관계 분석

김근희<sup>1</sup>, 노혜란<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>서울과학기술대학교 의공학 바이오소재(융합협동 프로그램), 서울 01811

<sup>2</sup>서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 01811

투고일(2015년 7월 24일), 수정일(2015년 8월 28일), 게재확정일(2015년 9월 9일)

**목적:** 안구돌출도와 시기능의 상관관계를 알아보고자 하였다. **방법:** 안질환과 전신질환이 없는 성인 남녀 200명(20~50대 각 50명)을 대상으로 안구돌출도와 시기능을 검사하였다. 허텔 안구돌출계로 안구돌출도를 측정하였고, 근시, 외사위, 내사위, 폭주 근점, 조절 근점 등 시기능 요소에 대한 검사를 3회 반복하여 실시하였다. **결과:** 안구돌출도는  $13.59 \pm 1.10$  mm, 근시, 원거리 외사위, 근거리 외사위, 폭주 근점 그리고 조절 근점은  $-2.48 \pm 1.91$  D,  $3.51 \pm 1.78$  Δ,  $5.73 \pm 2.44$  Δ,  $9.63 \pm 2.82$  cm,  $21.73 \pm 10.28$  cm로 나타났다. 안구돌출도가 증가할수록 나안시력, 근시 그리고 난시도는 유의하게 감소하였다. 반면 원거리 외사위, 원거리 내사위, 근거리 외사위, 폭주 근점 그리고 조절 근점은 안구돌출도가 증가할수록 유의하게 증가하였다. **결론:** 시기능과 안구돌출도의 유의한 관계는 양안시 처방과 검사를 위한 임상적 기준이 될 수 있을 것으로 사료된다.

**주제어:** 안구돌출도, 근시, 난시, 외사위, 내사위

### 서 론

눈 검사에 필요한 과정은 눈병 유무검사, 굴절이상 및 시기능 검사, 시기능 훈련, 콘택트렌즈의 처방과 훈련 그리고 약시 안경처방과 훈련이 있다. 시기능 검사는 양안시 검사에 필요한 기본적 검사로 폭주와 조절의 균형을 확인하는데 사용된다. 특히 조절 검사는 상대조절, 조절 용이성, 조절력 검사, 조절 자극과 반응이 같아지는 조절자극값을 찾는 검사 그리고 조절 래그 검사 총 5가지로 나뉜다. 6~10세 때 조절력이 최고가 되며 그 후 서서히 감소한다.<sup>[1-2]</sup> Hofstetter는 평균조절력이 연령에  $-0.3$ 을 곱하여  $18.5$ 를 더하는 공식을 제안하고, 조절력은 생활 습관과 검사 방법 등의 요소에 영향을 받는다고 보고하였다.<sup>[3]</sup>

사위 검사는 융합성 폭주가 불완전한 상태에서 양안의 위치를 검사하는 것으로 각 눈에 맺히는 상이 다르거나 유사한지 여부를 확인하는 검사법이다. 융합제거사위는 조절이 없는 상태에서 측정하고, 일부 융합제거사위는 주변 직상을 남겨 검사한다. 피검사자의 완전 교정 여부, 피로와 질환, 신체 컨디션 그리고 자세와 머리의 기울어짐에 사위는 영향을 받는다.<sup>[4-5]</sup>

안구돌출도 검사는 안와 위중양, 안와 골절 그리고 안구구조의 이상과 진단에 활용되고 있다. 성인과 소아의 안구

돌출도를 측정하고, 평균값을 비교하여 기본적 질환과 처방에 참고한다. 연령이 증가하고 안축장이 증가할수록 안구돌출도는 크게 나타나는 경향이 있다.<sup>[6-7]</sup> 40 cm 근거리 작업의 경우 평균조절력이 2.5 D일 때 거리가 1 cm 증가하면 조절력은 0.06 D 줄어든다.<sup>[8]</sup> 이러한 현상은 안구돌출도가 조절력에 영향을 주는 것으로 알려져 있다.

이처럼 안구돌출도와 안질환 그리고 조절력과의 상관성에 관해서는 연구된 바 있으나 그 외 시기능과의 상관성에 관한 연구는 미미한 실정이다. 따라서 본 연구는 안구돌출도와 조절 근점 거리를 포함하는 시기능 요소와의 상관관계를 확인하고 통계적으로 유의한 변화의 차이가 있는지 비교 분석하였다.

### 대상 및 방법

#### 1. 대상

안질환과 전신질환이 없는 성인 연령 20대부터 50대까지 각 50명씩 총 200명을 대상으로 하였다. 안구돌출도를 측정하고 나안시력, 근시, 난시, 원·근거리 사위, 폭주 근점 그리고 조절 근점을 검사하였다. 검사자의 오차를 최소화하기 위해 검사자는 한 사람으로 실시하고 각 과정별 3회 반복 측정하였다. 검사실의 조도는 50~100 lux를 유지

\*Corresponding author: Hyeran Noh, TEL: +82-2-970-6231, E-mail: hrnoh@seoultech.ac.kr

<sup>19)</sup>하고, 조도측정기(Testo545, Testo, Germany)를 사용하여 정확히 확인 후 검사하였다. 측정된 값은 SPSS Ver. 12.0 통계프로그램의 student t-test와 one-way ANOVA로 상관관계와 유의성을 분석하였다.

## 2. 방법

### 1) 안구돌출도 측정

안구돌출도는 허텔 안구돌출계를 사용하여 피검사자 외 안와연의 가장 심부에서 각막정점까지 지나는 수직거리를 측정<sup>10-11)</sup>하였다. 측정단위는 mm이며 반사거울을 통해 표시된 눈금을 측정하였다.

### 2) 나안시력 측정

란돌트 고리 시력표를 이용하여 5 m거리에서 피검사자의 교정 전 시력을 검사하였다. 0.1시력 이하는 0.1시력표 기준을 하였으며, 피검사자가 읽을 수 있는 최초 거리까지 이동하여 거리를 환산하여 소수 둘째자리까지<sup>8)</sup> 기록하였다{(판독한 검사거리(m)/5 m) × 0.1}.

### 3) 근시, 난시 측정

예비검사 후 자동 안굴절계(HRK-7000, Huvitz, Korea)와 포롭터(HDR-7000, Huvitz, Korea)를 사용하여 타각적 검사를 실시하였다. 그리고 크로스 실린더법과 적록이색 검사로 단안의 교정구면 굴절력, 교정 실린더 렌즈의 축 방향 그리고 실린더 굴절력을 정밀 검사 하였다. 마지막으로 양안 조절균형 검사로 양안시력 측정 후 시험렌즈와 시험테를 피검사자에게 착용하여 최종 처방 값<sup>8)</sup>을 확인하여 기록하였다.

### 4) 원·근거리 사위 측정

원거리와 근거리 사위 검사는 완전 교정된 상태에서 측정하였다. 하웰시표를 이용하여 6 Δ B.D.을 부가하여 시표를 상하로 분리하고 위의 화살표가 숫자를 가리키는 프리즘 양<sup>12)</sup>을 확인하였다.

### 5) 폭주 근점 측정

피검사자 전방 50 cm 거리에 조절타깃을 놓고 양안 한 가운데 선상을 똑바로 주시<sup>13)</sup>하게 하였다. 타깃을 피검사자의 눈높이로 천천히 움직여 주시점이 두 개로 보이던 그만이라는 신호를 보내도록 하였다. 이때 검사자는 피검사자 눈이 자연스럽게 모아지는 것을 확인할 수 있으며 정지된 지점에서 눈과 타깃 거리를 PD자로 측정하였다.

### 6) 조절 근점 측정

검사자는 피검사자 전방 50 cm 거리에 있는 타깃의 끝을 지정하여 선명하게 보도록 지시<sup>14)</sup>하였다. 피검사자가 바라보는 타깃의 끝이 흐려 보이던 그만이라는 신호를 보내도록 하였다. 흐려 보이는 지점을 PD자로 검사하고, 타깃과 PD자를 사용하여 피검사자의 눈과 지정시표 사이 거리를 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 안구돌출도 기초 분석

본 연구는 각 연령대(20~60대)별 50명씩 총 200명을 대상으로 하였다(Table 1). 남자는 총 131명(65.5%), 여자는 69명(34.5%)이었다. 전체 피검사자의 안구돌출도 평균은

Table 1. General characteristics of total subjects (N = 200 person)

	Frequency		M	SD
Age (year)	200		39.57	11.41
Unaided visual acuity	200		0.46	0.37
Exophthalmometry (mm)	200		13.59	1.10
	Right eye	168(84%)	13.75	1.02
	Left eye	32(16%)	13.43	1.17
Myopia (D)	175		-2.48	1.91
Astigmatism (D)	153		-0.87	0.52
Distance exophoria (Δ)	162		3.51	1.78
Distance esophoria (Δ)	38		1.28	0.70
Near exophoria (Δ)	182		5.73	2.44
Near esophoria (Δ)	18		2.94	1.51
Near point of convergence (cm)	200		9.63	2.82
Near point of accommodation (cm)	200		21.73	10.28

13.59±1.10 mm로 나타났다. 우안은 13.75±1.02 mm, 좌안은 13.43±1.17 mm로 우안이 좌안에 비하여 약 1.5% 크게 나타났다(p=0.00). 또한, 남자는 13.75±1.07 mm, 여자는 13.33±1.11 mm로 남자가 여자에 비하여 약 3.2% 크게 나타났다(p=0.49).

한국인 705명을 대상으로 한 기존연구<sup>[15]</sup>에서 안구돌출도 전체 평균은 13.6±1.8 mm이었고, 118명의 여자 대학생을 대상으로 한 연구에서는 12.70±2.28 mm이었다.<sup>[16]</sup> 외국인의 안구돌출도 평균은 8.5~19.5 mm 사이로 검사자, 인종, 성별에 따라 다르게 나타났다.<sup>[15-17]</sup> 다양한 인자로 인해 전체 피검사자의 안구돌출도의 평균값의 차이가 있음을 인지할 수 있었으며 본 연구에서도 남자와 여자간 성별에 의한 안구돌출도의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.

## 2. 안구돌출도와 연령, 나안시력 관계

Fig. 1은 안구돌출도와 피검사자의 연령과의 상관관계를 나타낸 그래프이다. 20대에서 50대까지 성인을 대상으로 검사하였고, 연령 평균은 39.57±11.41세 이었다. 안구돌출도가 11 mm, 12 mm, 13 mm, 14 mm, 15 mm, 16 mm 인 경우의 평균 연령은 각각 34±15.53세, 30.14±10.03세, 35.10±9.59세, 43.09±11.04세, 48.33±9.73세, 49.25±15.52세로 나타났다. 안구돌출도가 12 mm일 때 평균 연령은 11 mm에 비하여 3.86년 줄어들었으나 전체적으로 안구돌출도 증가는 연령과 유의한 상관관계를 갖는 일차 직선의 그래프로 나타났다. 상관계수 R=0.50, p=0.00으로 신뢰도 95% 기준에서 통계적으로 유의하였다.

안구돌출도와 연령과의 상관성은 기존 논문에도 연구되어진 바 있는데<sup>[16]</sup> 18세에서 21세까지 각 연령별 안구돌출도는 12.47±2.47, 12.46±2.50, 12.85±1.97, 13.04±2.20 mm로 본 연구 결과와 마찬가지로 연령에 따라 안구돌출도도 증가하는 양상이었고, 김 등<sup>[18]</sup>도 안질환이 없는 정상 피검사자를 대상으로 한 연구에서 연령이 증가할 때 안구돌출도도 유의하게 증가하는 결과를 보고하였다. 일

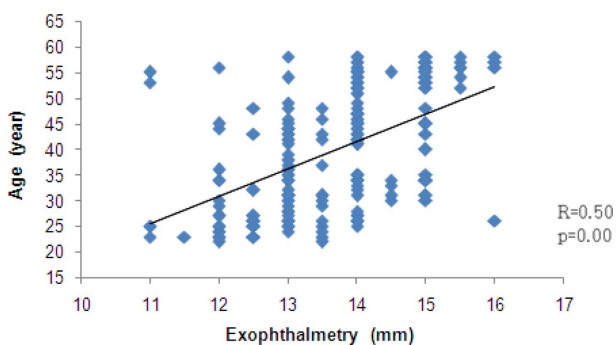


Fig. 1. Relationship between the exophthalmometry and the age.

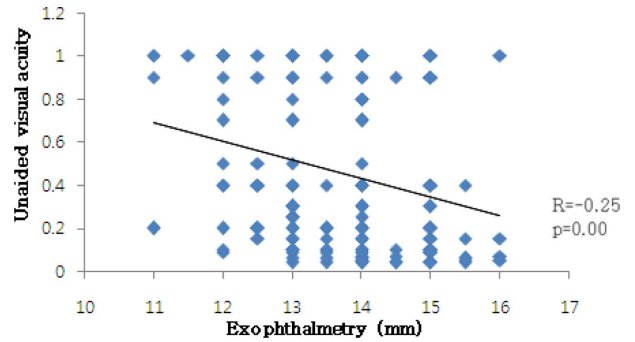


Fig. 2. Change of the unaided visual acuity as a function of exophthalmometry.

반적으로 나이가 들어감에 따라 안구의 안축장이 길어지는데 이에 따라 안구돌출도가 유의하게 증가하는 것으로 해석될 수 있다.

Fig. 2는 안구돌출도와 나안시력의 관계를 나타낸 그래프이다. 전체 피검사자의 나안시력의 전체 평균은 0.46±0.37이고, 안구돌출도가 증가할수록 나안시력이 감소하는 음의 기울기를 갖는 일차 직선의 형태로 나타났다. 상관계수 R = -0.25, p=0.00으로 통계적으로 유의하였다. 나안시력은 시표의 형태, 검사자의 자세, 조명 그리고 개인의 성격 등에 영향을 받지만, 일반적으로 망막 중심와에 맺는 착란원의 크기가 작을수록 나안시력이 좋다고 알려져 있으며, 나안시력의 감소는 굴절이상과 상관관계가 높은 특징이 있다.<sup>[19-20]</sup> 안구돌출도가 증가할수록 증가된 안축장 길이로 인해 상의 위치가 망막 중심와 앞쪽으로 당겨지는 현상이 발생하는 것으로 판단된다.

## 3. 안구돌출도와 굴절이상 관계

Fig. 3은 안구돌출도 증가에 따른 구면렌즈 도수의 변화를 나타내었다. 구면렌즈 도수 평균은 -2.48±1.91 D이고, 남자는 -2.71±1.86 D, 여자는 -2.30±1.60 D로 나타났다. -6 D 이상 고도근시의 안구돌출도 평균은 14.25±0.75

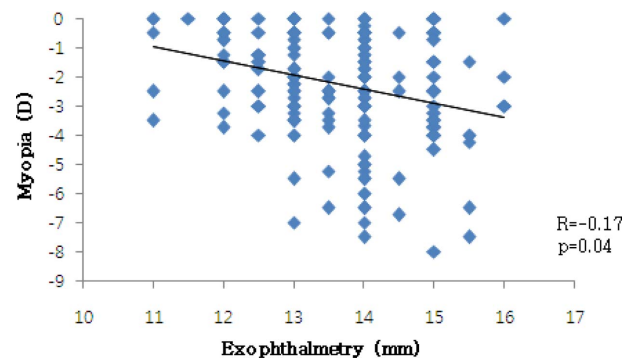


Fig. 3. Relationship between the exophthalmometry and the myopia.

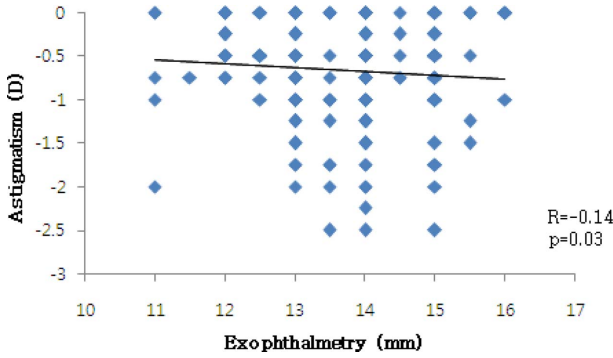


Fig. 4. Correlation between the exophthalmetry and the astigmatism.

mm로 전체와 비교하여 0.57 mm 크게 나타났고, 본 연구 결과 안구돌출도와 근시도는 통계학적으로 유의한 관계로 나타나( $R=0.50, p=0.04$ ) 안구돌출도와 구면렌즈 도수는 관련이 있음을 예측할 수 있다.

굴절이상과 안구돌출도의 관계에서 상이 망막 중심와 앞에 맺히는 굴절이상 정도는 안축장의 길이에 영향을 받는다.<sup>[20-21]</sup> 따라서, 안구돌출도의 정도는 나안시력 외에도 근시도에도 영향을 미침을 알 수 있다.

Fig. 4는 안구돌출도 증가에 따라 원주렌즈 도수 변화를 나타내었다. 난시가 있는 피검사자 총 153명의 안구돌출도 평균은  $13.81 \pm 0.95$  mm이었다. 전체 평균과 비교하여 난시가 있는 피검사자의 안구돌출도는 0.22 mm 정도 크게 나타났다. 다시 말해 안구돌출의 정도가 커질수록 원주렌즈의 도수는 점점 작아지는 현상이 나타났다( $R = -0.14, p=0.03$ ). 굴절이상의 경우 안구돌출도 정도는 근시와 비교하여 난시의 경우 상대적으로 작게 나타났으며, 그래프 기울기 형태는 근시보다 난시에서 완만한 직선으로 나타났다. 피검사자 중 근시 인원은 175명, 난시는 153명 이었으며 구면렌즈 도수 평균은  $-2.48 \pm 1.91$  D로  $-8 \sim 0$  D의 넓은 범위에서 측정되었다. 난시의 원주렌즈 도수 평균은  $-0.87 \pm 0.52$  D로  $-2.5 \sim 0$  D의 좁은 범위에서 나타났다.

눈의 굴절이상은 형태학적 구조에 영향을 받는데 근시와 난시는 안구 중심와에 초점을 맺는 부분이 개인 안축장 길이에 따라 다르게 나타난다. 특히 난시는 눈의 상공간에 경선별 굴절력이 다르며 망막 중심와에 선명한 상을 맺지 못한다.<sup>[8,22]</sup> 따라서, 안구돌출도 크기가 증가하면 상측 초점이 망막 중심와에 정확히 맺기가 어렵고 안구의 안축장 거리를 증가시켜 근시와 난시의 굴절력에 영향이 나타난 것으로 사료된다.

4. 안구돌출도와 원·근거리 사위 관계

Fig. 5은 안구돌출도 증가에 따른 원거리 외·내사위를 나타내었다. 원거리에서 외사위 평균은  $3.51 \pm 1.78 \Delta$ , 내사

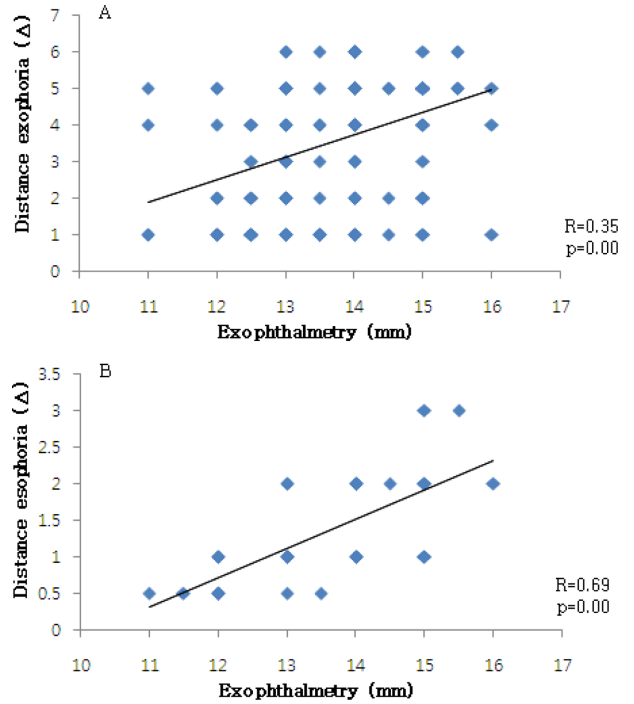


Fig. 5. Change of the distance phoria as increasing exophthalmetry A. Exophopia. B. Esophopia.

위는  $1.28 \pm 0.70 \Delta$ 로 나타났다. 외사위는 162명(81%), 내사위는 38명(19%)으로 외사위가 내사위에 비해 상대적 비율이 높았고, 외사위의 안구돌출도 평균은  $13.67 \pm 1.03$  mm로 전체 돌출도 평균과 비교하여 0.08 mm 크게 나타났다. 외사위의 사위량이 1~3 Δ인 피검사자 70명의 안구돌출도는  $13.28 \pm 0.97$  mm, 4~6 Δ에서는  $13.96 \pm 0.97$  mm이었다. 두 등<sup>[23]</sup>이 원거리를 대상으로 한 연구에서 외사위는 51%, 내사위는 15% 빈도를 보였으며, 본 실험은 기존 연구 결과와 비슷한 사위 분포가 나타났다. 특히 남자( $3.43 \pm 1.73 \Delta$ )보다 여자( $3.66 \pm 1.87 \Delta$ )에서 사위가 높게 나타났다. 따라서 안구돌출도와 원거리의 외사위, 내사위는 통계적으로 유의하게 상관성이 있었다( $R=0.35 p=0.00, R=0.69 p=0.00$ ).

Fig. 6은 안구돌출도에서 근거리 외·내사위를 나타낸 그림이다. 외사위의 안구돌출 평균은  $13.58 \pm 1.08$  mm로 전체 평균보다 0.01 mm 낮게 나타났다. 반면, 피검사자가 18명인 근거리 내사위는  $14.06 \pm 0.80$  mm로 전체 안구돌출도보다 0.47 mm 크게 측정되었다. 근거리 외사위가 4 Δ이상의 안구돌출도는  $13.82 \pm 1.00$  mm이고 돌출도가 증가할수록 사위도 절대값이 증가하는 양의 기울기를 보이는 일차 직선으로 나타났다( $R=0.49 p=0.00$ ). 근거리에서 외사위와 내사위의 비율은 182(91%)명과 18명(9%)으로 외사위가 높게 나타났다. 조 등<sup>[15]</sup>은 외사위는 원거리에서 32%, 근거리에서 48%이었고, 근거리 외사위의 비율이 높

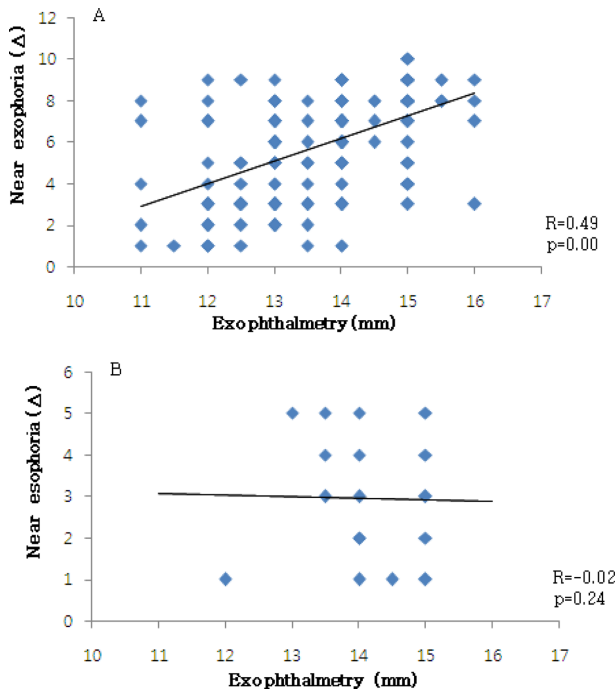


Fig. 6. A. Correlation between the exophthalmometry and the near exophoria. B. Correlation between the exophthalmometry and the near esophoria.

은 본 연구 결과와 부합하였다. 수평사위는 원거리에서 180명, 근거리에서 200명이 사위를 가지고 있었다. 그러나, 내사위에서는 일정한 변화가 없었고, 완만한 기울기를 보이는 직선으로 안구돌출도와 관계는 통계적으로 유의하지 않았다( $R = -0.02$ ,  $p=0.24$ ).

1996년 강 등<sup>[23]</sup>은 측정방식, 주변 환경 그리고 직업에 따라 측정값이 다를 수 있지만 수평사위가 없는 사람은 측정 대상자 중 9.9%로 나타났고, 이는 측정 방법에 따라 사위량이 다를 수 있지만 대상자 대부분에서 사위가 존재 한다는 의미로 해석할 수 있다. 따라서, 원거리와 근거리에서 사위량은 근거리 내사위를 제외하고 안구돌출도가 증가할수록 증가하는 경향이 나타났다. 안구돌출도의 변화는 근거리와 원거리에서 측정되는 사위량 변화와 관련이 있음을 유추해 볼 수 있다.

##### 5. 안구돌출도와 폭주 근점, 조절 근점 관계

폭주 근점 평균은  $9.63 \pm 2.82$  cm, 남자  $9.59 \pm 2.68$  cm, 여자  $9.71 \pm 3.09$  cm이었다(Fig. 7A). 남자는  $9.59 \pm 2.68$  cm, 여자는  $9.71 \pm 3.09$  cm이었다. 또한 전체 안구돌출도는  $13.59 \pm 1.10$  mm로 남자  $13.77 \pm 1.02$  mm, 여자는  $13.33 \pm 1.11$  mm로 나타났다. 안구돌출도가 증가할수록 폭주 근점 거리가 증가하였다. 폭주 근점 거리의 증가는 눈을 한곳에 모을 수 있는 힘이 떨어짐을 의미하는데 안구돌출도와 폭주 근점은 통계적으로 유의한 상관관계가 있

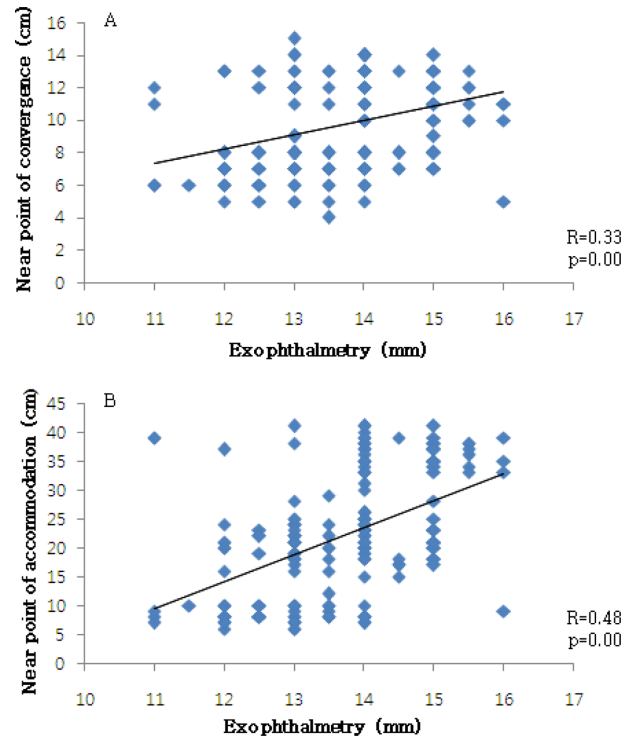


Fig. 7. A. Relationship between the exophthalmometry and the near point of convergence. B. Relationship between the exophthalmometry and the near point of accommodation.

었다( $R=0.33$ ,  $p=0.00$ ).

Fig. 7B는 안구돌출도와 조절 근점과의 관계를 나타낸 그림이다. 조절 근점 평균은  $21.73 \pm 10.28$  cm 이다. 남자  $21.48 \pm 9.38$  cm, 여자  $22.20 \pm 11.87$  cm로 안구돌출도가 13 mm 미만 일 때  $14.09 \pm 9.37$  cm, 13 mm 이상 일 때  $23.35 \pm 9.74$  cm로 돌출도가 크면 조절할 수 있는 조절력이 떨어짐이 확인되었고, 근점 거리의 증가로 나타났다( $R=0.48$ ,  $p=0.00$ ). 근점 거리가 5 cm 증가하면 조절력은 1 D 감소하는 현상<sup>[24-25]</sup>이 나타나 이는 가까운 거리의 사물을 볼 때 불편함을 느낄 수 있다. 결국, 조절 근점의 증가는 안구돌출도 길이 증가를 유발하여 같은 거리에 있는 사물을 동시에 볼 때 한 쪽은 상대적으로 흐려 보이는 현상이 유발될 수 있다.

이번 연구는 안구돌출도의 크기가 증가할수록 폭주 근점과 조절 근점의 길이가 증가하는 결과로 나타났다.  $-4.25$  D 이상 고도근시에서 폭주 근점 평균이 9.64 cm 이고<sup>[13]</sup> 폭주 근점 거리가 증가하는 기존 논문 결과와 부합하는 것이었다. 따라서 안구돌출도 변화는 굴절이상에 영향을 주어 폭주 근점과 조절 근점의 거리 증가로 나타났다. 안구의 크기가 커질수록 안축장 길이는 늘어나며, 조절과 폭주에 관계되는 근육의 힘은 자연스럽게 떨어지는 현상이다. 즉, 기존에 보유한 근육 힘으로 사물 초점을 일치시키는 작용에 대한 한계로 나타나 근점거리의 증가로

이어진 것으로 판단된다.

## 결 론

총 200명을 대상으로 안구돌출도가 시기능에 어떠한 영향이 있는지 확인하였다. 그 결과, 안구돌출도는  $13.59 \pm 1.10$  mm, 근시는  $-2.48 \pm 1.91$  D, 원거리 외사위는  $3.51 \pm 1.78$  Δ, 근거리 외사위는  $5.73 \pm 2.44$  Δ, 폭주 근점은  $9.63 \pm 2.82$  cm 그리고 조절 근점은  $21.73 \pm 10.28$  cm로 나타났다. 안구돌출은 연령, 원거리 외·내사위, 근거리 외사위, 폭주 근점 그리고 조절 근점이 증가할수록 증가하였고, 양의 기울기를 보이는 통계학적으로 유의한 관계로 나타났다. 나안시력, 근시 그리고 난시는 안구돌출도가 증가할수록 감소하는 음의 기울기로 나타났으며, 통계학적으로 유의하였다. 안구돌출도 증가는 굴절이상 정도를 증가시키고, 사위와 근점 거리의 증가로 이어졌다. 그러나 근거리 내사위는 안구돌출도와 상관관계를 찾을 수 없었고, 통계학적으로 유의하지 않았다. 가까운 곳에서 작업 시 모양체 소대는 이완작용으로 수정체가 근거리 초점을 맞춰주는 과정을 거치는데, 근점 거리의 증가는 수정체 조절 기능이 저하되어 눈이 쉽게 피로해 지고 심하게는 흐릿하게 보이는 현상이 나타난다. 연령이 증가하면 노안이 오는 현상과 같이 연령이 증가하면 안구돌출도도 증가하고, 안구돌출도가 증가할수록 굴절이상 정도 증가, 사위량 증가 그리고 근점 거리가 증가하는 현상이 나타났다. 따라서 정확한 양안시 검사를 위해 안구돌출도 검사 역시 필요하며 본 연구 결과는 안구돌출도와 시기능 상관관계를 판단하는 객관적 자료로 유용할 것으로 판단된다. 추후 관찰 대상의 확대와 지속적인 연구를 통하여 보완한다면 시기능의 참고 자료로서 가치가 있을 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비로 연구되었습니다.

## REFERENCES

- [1] McLellan JS, Marcos S, Burns SA. Age-related changes in monochromatic wave aberrations of the human eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2001;42(6):1390-1395.
- [2] Sudasethya. *Visual testing and analysis*, 1st Ed. Seoul: ShinKwang, 1996;13-199.
- [3] Hofstetter HW. A useful age-amplitude formula. *Optom World.* 1950;38(12):42-45.
- [4] Goss DA. Clinical accommodation testing. *Curr Opin Ophthalmol.* 1992;3(1):78-82.
- [5] Cho YR, Park HJ, Seo JK, Seong JS, Kim JM. The study of binocular function of college students. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2005;10(2):103-110.
- [6] Kim HE, Lew H, Yun YS. Exophthalmometric values with hertel exophthalmometers in children. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2009;50(3):336-339.
- [7] Koo HM, Shin SG, Yoon IH, Won IG. A clinical study of cause of unilateral exophthalmos. *J Korean Ophthalmol Soc.* 1995;36(8):1384-1389.
- [8] Sung PJ. *Optometry*, 6th Ed. Seoul: Daehakseolim. 2009;73-573.
- [9] Kang HS. *Ophthalmic Introduction*, 6th Ed. Seoul: Shinkwang, 2011;97-413.
- [10] Chung TM. The exophthalmometry extraorbital width and height of lid fissure of Koreans. *J Korean Ophthalmol Soc.* 1974;15(4):305-311.
- [11] Barretto RL, Mathog RH. Orbital measurement in black and white populations. *Laryngoscope.* 1999;109(7):1051-1054.
- [12] Doo HY, Sim SH, Choi SM, Jang JU, Jeong JH. A study on long distance heterophoria of college students by the difference of testing method. *J Korean Vis Sci.* 2011; 13(1):43-49.
- [13] Choi SM. A study about N.P.C. heterophoria and near convergence and divergence by amount of the refractive errors. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2009;14(4):53-57.
- [14] Kim JG, Park DW. *Visual inspection and analysis*, 1st Ed. Seoul: Shinkwang, 1996;33-196.
- [15] Kwark YJ. Normal range of exophthalmos in Korea. *J Korean Ophthalmol Soc.* 1974;15(4):312-315.
- [16] Kim DH, Kwok LS. The analysis of normal values on the ocular protrusion and height of palpebral fissure on women university students in Korean. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2005;10(2):139-144.
- [17] Wang FM, Millman AL, Sidoti PA, Goldber RB. Ocular findings in treacher collins syndrome. *Am J Ophthalmol Soc.* 1990;110(3):280-286.
- [18] Kim KH, Moon HK, Noh HR. Correlation between age and visual performance. *J Korean Vis Sci.* 2014;16(3): 301-310.
- [19] Seo YW. A study of relationship between refractive error and unaided visual acuity. *J Korean Vis Sci.* 2000;2(1):7-16.
- [20] Smith G. Angular diameter of defocus blur discs. *Am J Optom Physiol Opt.* 1982;59(11):885-889.
- [21] Yeatts RP. Exophthalmometry. *Ophthalmology.* 1995;102(1): 3-4.
- [22] Phillips RA. Changes in corneal astigmatism. *Am J Optom Arch Am Acad Optom.* 1952;29(7):379-380.
- [23] Kang HS, Seo YW, Kang IS. Measurement of the phoria for Korean male and female adults by maddox rod method. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 1996;1(2):77-84.
- [24] Kim JD. *Clinical optometry and visual dysfunction*, 2nd



Ed. Seoul: Shinkwang, 2007;121-294.  
 [25] Kim IS, Oh YS, Jang JU. The study of near addition for

presbyopia in accordance with distance · near phoria. J  
 Korean Vis Sci. 2012;14(3):197-203.

## Correlations between Exophthalmometry and Visual Functions

Guenhei Kim<sup>1</sup> and Hyeran Noh<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup>Convergence Institute of Biomedical Eng. & Biomaterial, Seoul National University of Science  
 and Technology, Seoul 01811, Korea

<sup>2</sup>Department of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Korea

(Received July 24, 2015; Revised August 28, 2015; Accepted September 9, 2015)

**Purpose:** This study was to find the correlation between exophthalmometry and visual functions. **Methods:** Exophthalmometry and visual functions of 200 adults without ophthalmopathy and general disease were examined. Exophthalmometry were measured with Hertel's exophthalmometer. Visual functions (myopia, distance exophoria, near exophoria, near point of convergence, near point of accommodation) were measured for three times. **Results:** The exophthalmometry was  $13.59 \pm 1.10$  mm. Myopia, distance exophoria, near exophoria, near point convergence, and near point accommodation were measured as  $-2.48 \pm 1.91$  D,  $3.51 \pm 1.78$  Δ,  $5.73 \pm 2.44$  Δ,  $9.63 \pm 2.82$  cm, and  $21.73 \pm 10.28$  cm. With increasing exophthalmometry, the unaided visual acuity, myopia and astigmatism were decreased. On the other hand, distance exophoria, distance esophoria, near exophoria, near point of convergence and near point of accommodation were significantly increased, while exophthalmometry was increased. **Conclusions:** The relationship between visual functions and exophthalmometry were found to be statistically significant. It could be used as the clinical criteria for prescription of binocular inspections.

**Key words:** Exophthalmometry, Myopia, Astigmatism, Exophoria, Esophoria