

사진촬영으로 측정한 카파각

신형섭, 장준규*

가야대학교 안경광학과, 김해 50830

투고일(2015년 11월 12일), 수정일(2015년 12월 18일), 게재확정일(2015년 12월 22일)

목적: 눈의 카파각을 사진촬영방법으로 확인하였으며, 우세안과 원점굴절도와의 상관관계를 연구하였다. **방법:** 성인 112명, 평균나이는 22.54 ± 5.90 세를 대상으로 카메라 플래시를 터트리면서 양안의 사진을 촬영하였다. 촬영된 사진으로 카파각을 측정하였으며, 우세안과 원점굴절도와의 관계를 비교분석하였다. **결과:** 카파각의 부호는 양성이 78.6%(176안), 음성이 15.2%(34안), 0°가 6.2%(14안)이었고, 크기는 우세안 $+4.50 \pm 4.70^\circ$, 비우세안 $+4.93 \pm 4.34^\circ$ 로 나타났으며, 원시안에서 $+6.00 \pm 2.22^\circ$, 정시안에서 $+4.91 \pm 4.97^\circ$, 근시안에서 $+4.61 \pm 4.49^\circ$ 로 원시안에서 가장 크고 정시안, 근시안의 순으로 감소하였다. **결론:** 우세안의 카파각이 비우세안보다 작았으며, 원점굴절도가 작을수록 카파각이 작았다. 사진촬영 방법으로 카파각을 직접 평가할 수 있었다.

주제어: 카파각, 사진촬영, 우세안, 원점굴절도

서 론

일상생활에서 어느 쪽 손이나 발을 많이 사용하는 것처럼 우리가 양안을 사용하더라도 어느 한 쪽 눈을 많이 사용하는데, 이러한 현상을 우세안 또는 이안(dominant eye)이라고 하며, 우세안의 결정에는 시력, 감각, 운동, 안질환 등 매우 다양한 요소와 관련이 있다고 알려져 있다.^[1,2] 정상안에서 우안이 우세안인 경우가 66.1%로 빈도를 높게 보고하고 있으며, 사시환자에서는 비편위안이 우세안인 경우가 78.5%였고, 좋은 시력과도 상관관계가 있다고 하였다.^[3]

카파각(angle kappa, κ)은 동공중심선과 시축이 절점에서 이루는 각을 말하며, 실제로 측정하기가 곤란하므로 동공중심선과 조준선이 입사동점에서 이루는 람다각(angle lambda, λ)을 카파각의 임상적 대용각으로 측정한다.^[4,5] 시축(각막반사상)이 동공축(동공중심)에 비해 코 쪽에 있을 때를 양성(+) 카파각이라 하고, 반대로 귀 쪽에 있을 때를 음성(-) 카파각이라고 한다.^[6] 양성 카파각이 크면 외사시 같이 보이고 음성 카파각이 크면 내사시 같이 보여서 사시가 없는 환자도 외관상 사시가 있는 것처럼 보일 수 있으며, 일반적으로 정상인은 $+2.6 \sim 5^\circ$ 의 카파각을 갖는다고 보고되고 있다.^[5,7-9]

카파각을 측정하는 방법으로는 일반적으로 대약시경(synoptophore)이나 마독스 탄젠트스케일(maddox tangent

scale)로 측정하는 방법, 펜라이트를 이용하는 허쉬버그검사법(Hirschberg's test), 각막지형도검사기(Orbscan)를 이용하는 방법 등이 있으나, 대약시경(synoptophore)에 의한 방법은 폭주와 검사환경에 의한 영향으로 사시각 크기오차가 크고, 마독스 탄젠트스케일(maddox tangent scale)과 허쉬버그검사법(Hirschberg's test)은 각막반사상 확인하여 카파각을 측정하므로 인위적인 오차가 크며^[10], 각막지형도검사기는 일반적으로 보유하기가 어렵다. 따라서 좀 더 신뢰성 있고 정확하며, 편리한 측정방법이 연구될 필요가 있다. Kim 등^[11]은 디지털 영상을 기반으로 사시각을 측정하여 높은 재현성을 나타냈다고 보고하였는데, 본 연구에서도 카파각을 사진촬영방법으로 양안을 촬영하여 측정하려고 한다.

본 연구에서는 디지털카메라로 플래시를 터트리며, 양안의 사진을 촬영하여 각막의 불빛반사상으로 시선위치를 확인하였고, 동공중심과 편위된 거리로 카파각을 측정하였다. 그리고 조사대상자의 우세안 검사와 원점굴절도를 측정하고, 서로의 상관관계에 대하여 비교분석하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구는 실험의 목적과 취지에 동의하고 전신질환이나 안질환 등의 시력장애를 일으킬만한 기저질환이 없으

*Corresponding author: JunKyu Jang, TEL: +82-55-330-1119, E-mail: jkjang10@kaya.ac.kr

Table 1. The distribution of dominant eyes

Dominant eye	Male	Female	Total
	Ratio (No. of subjects)		
OD	73.4% (47)	64.6% (31)	70.0% (78)
OS	26.6% (17)	35.4% (17)	30.0% (34)

Table 2. The average values of far refractivity

Eye	Male	Female	Total
OD	-3.16±2.55 D	-2.69±2.53 D	-2.96±2.54 D
OS	-2.88±2.47 D	-2.58±2.72 D	-2.75±2.57 D

Table 3. The distribution of refractive state

Refractive state	Ratio (No. of subjects)	Average refractivity
Hypermetropia (+0.75 D ~)	3.6% (8)	+2.03±1.53 D
Emmetropia (+0.50 D ~ -0.50 D)	19.2% (43)	-0.13±0.37 D
Myopia (-0.75 D ~)	77.2% (173)	-3.76±2.13 D

며, 교정시력이 0.9이상의 성인 112명(남자 64명, 여자 48명) 224안을 대상으로 실시하였다. 조사대상자의 평균나이는 22.54±5.90세(19~54세)였다.

전체 조사대상자 112명 중 우안 우세안 78명(70.0%), 좌안 우세안 34명(30.0%)으로 우안 우세안이 많았고, 성별로 구분했을 때, 남자는 우안 우세안 47명(73.4%), 좌안 우세안 17명(26.6%)이었고, 여자는 우안 우세안 31명(64.6%), 좌안 우세안 17명(35.4%)이었다(Table 1). 이는 Shim 등^[2]이 발표한 우안 우세안(77.52%), Choi 등^[12]이 발표한 우안 우세안 73.7%, Cho 등^[11]이 발표한 우안 우세안 66%와 유사하고, Kim 등^[7]이 연구한 우세안이 우안인 경우 34명(59.6%)보다는 높았지만, 우세안이 좌안인 경우 보다는 높은 경향을 보였다.

전체적인 원점굴절도의 평균치는 -2.85±2.55 D였고, 성별로 구분했을 때, 남자는 -3.02±2.50 D, 여자는 -2.64±2.61 D였으며, 좌우안별로 구분했을 때, 우안은 -2.96±2.54 D, 좌안은 -2.75±2.57 D였다(Table 2).

원점굴절도의 종류별로는 원시안이 8안(3.6%), 정시안이 43안(19.2%), 근시안이 173안(77.2%)이었고, 원점굴절도의 평균치는 원시안이 +2.03±1.53 D, 정시안이 -0.13±0.37 D, 근시안이 -3.76±2.13 D였다(Table 3).

2. 방법

1) 우세안 측정

우세안은 hole-in-the-card법^[13]으로 측정하였다. 조사대상자는 나안 또는 시력교정 후 hole-in-the-card의 구멍을

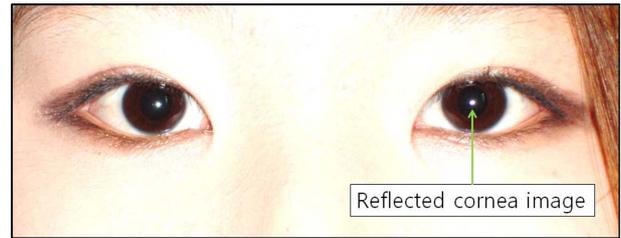


Fig. 1. The photograph of eye taken with a DSC camera.

통하여 3 m 전방의 단일시표를 주시하게 하고 좌우안을 교대로 눈가리개로 번갈아 가리면서 우세안을 결정하였다.

2) 원점굴절도와 P.D. 측정

자동굴절검사기(KR-8100P, TOPCON, Japan)를 이용하여 원점굴절도와 P.D. 측정을 실시하였으며, 굴절검사 값의 Cylinder도수는 등가구면(SE; spherical equivalent)으로 환산하였다. 원점굴절도 종류는 크게 원시안(+0.75 D이상), 정시안(+0.50 ~ -0.50 D), 근시안(-0.75 D이상)으로 나누었다.

3) 카파각(kappa angle) 측정

조사대상자를 의자에 앉게 하고, 정중정면을 바라보는 자세를 유지하게 한 다음, 전방 50 cm 위치에 디지털카메라(DSC-P150, SONY, Japan)를 눈높이로 조정하여, 플래시를 터뜨려 사진을 촬영하였다. 촬영된 사진에는 플래시에 의해 각막반사불빛인 제1푸르키네상(the first purkinje image)이 나타났다(Fig. 1).

촬영된 사진은 프로그램 microsoft powerpoint를 화면 배율 100%로 하고, 눈금자 및 눈금선을 설정하여 가로 및 세로 눈금의 간격을 20 mm인 상태에서 사진의 좌우 각막 반사불빛을 광학중심점간 거리와 동일하도록 크기를 조정하였으며, 동공중심을 기준으로 불빛반사상과의 거리를 확인하고, 각막정점에서 입사동점의 거리를 3 mm로 하여 카파각을 산출하였다. 통계분석은 SPSS(Ver. 12.0)을 이용하여 T-test 및 분산분석을 하였으며, p값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 하였다.

결과 및 고찰

1. 카파각 측정 분석

Table 4와 Table 5는 성별 및 좌우안에 대한 카파각의 빈도를 나타내었다. 전체 112명 (224안) 중 양성 카파각은 78.6%(176안)이고 0°인 경우는 6.2%(14안)이었으며, 음성 카파각은 15.2%(34안)으로 양성 카파각의 빈도가 제일 높았고, 다음으로 음성, 0°의 순이었다. 성별 및 좌우안별 카파각의 빈도도 전체적인 카파각의 빈도와 비슷하였으며,

Table 4. The distribution of kappa angle in according a sex

Kappa angle	Male	Female	Total
	Ratio (No. of subjects)		
Positive	71.9% (92)	87.5% (84)	78.6% (176)
0°	9.4% (12)	2.1% (2)	6.2% (14)
Negative	18.7% (24)	10.4% (10)	15.2% (34)

Table 5. The distribution of kappa angle in both eyes

Kappa angle	OD	OS	Total
	Ratio (No. of subjects)		
Positive	71.4% (80)	85.7% (96)	78.6% (176)
0°	8.1% (9)	4.5% (5)	6.2% (14)
Negative	20.5% (23)	9.8% (11)	15.2% (34)

양성, 음성, 0°의 순이었다. 이 결과는 양성 카파각 80.5%, 음성 카파각 14.2%, 0° 경우 5.3%로 발표한 Lee 등^[5]의 결과와 유사하였다.

카파각의 평균값은 $4.71 \pm 4.52^\circ$ 였고, 성별로 구분했을 때, 남자는 $3.86 \pm 4.93^\circ$, 여자는 $5.85 \pm 3.63^\circ$ 였으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($p=0.001$). 좌우안별로 구분했을 때, 우안은 $4.20 \pm 4.61^\circ$, 좌안은 $5.22 \pm 4.40^\circ$ 였다 (Table 6). 측정된 카파각 평균값들은 5° 보다는 약간 작은 크기로 정상값이었다.^[9,10,14] Choi 등^[15]은 통계적으로 유의하지 않지만 카파각이 남자는 $4.70 \pm 2.70^\circ$, 여자는 $4.89 \pm 2.14^\circ$ 으로 여자를 크게 보고하였으며, 그 원인을 남녀 신체적 차이와 여자가 남자보다 근시도가 낮기 때문이라고 했다. 본 연구에서도 P.D.가 남자는 64.27 ± 2.63 mm, 여자는 61.06 ± 2.86 mm으로 여자가 더 작으며, 여자가 남자보다 근시도가 약간 낮아 카파각이 크게 나타났다.

2. 우세안과 카파각과의 상관관계

카파각은 우세안이 $4.50 \pm 4.70^\circ$, 비우세안이 $4.93 \pm 4.34^\circ$ 로 우세안에서 작게 나타났으나, 통계적으로 유의하지 않았다($p=0.479$). 성별로 구분했을 때, 남자는 우세안이 3.60

Table 6. The average values of kappa angle in according a sex

Kappa angle	Male	Female	Total
OD	$+3.15 \pm 4.93^\circ$	$+5.60 \pm 3.75^\circ$	$+4.20 \pm 4.61^\circ$
OS	$+4.58 \pm 4.87^\circ$	$+6.10 \pm 3.53^\circ$	$+5.22 \pm 4.40^\circ$
OU	$+3.86 \pm 4.93^\circ$	$+5.85 \pm 3.63^\circ$	$+4.71 \pm 4.52^\circ$
T-value	-3.328		
P-value	0.001		

Table 7. The kappa angles of the dominant eye and the non-dominant eye

Kappa angle		Male	Female	Total
Dominant eye	OD	$+2.76 \pm 5.27^\circ$	$+5.26 \pm 3.79^\circ$	$+3.75 \pm 4.87^\circ$
	OS	$+5.93 \pm 4.96^\circ$	$+6.49 \pm 2.36^\circ$	$+6.21 \pm 3.83^\circ$
	OU	$+3.60 \pm 5.34^\circ$	$+5.70 \pm 3.38^\circ$	$+4.50 \pm 4.70^\circ$
Non-Dominant eye	OD	$+4.24 \pm 3.75^\circ$	$+6.21 \pm 3.70^\circ$	$+5.22 \pm 3.80^\circ$
	OS	$+4.09 \pm 4.80^\circ$	$+5.88 \pm 4.06^\circ$	$+4.80 \pm 4.58^\circ$
	OU	$+4.13 \pm 4.51^\circ$	$+6.00 \pm 3.90^\circ$	$+4.93 \pm 4.34^\circ$
T-value		-0.708		
P-value		0.479		

$\pm 5.34^\circ$, 비우세안이 $4.13 \pm 4.51^\circ$, 여자는 우세안이 $5.70 \pm 3.38^\circ$, 비우세안이 $6.00 \pm 3.90^\circ$ 로 차이를 보였다(Table 7). 이는 Kim 등^[7]이 발표한 우세안 $3.91 \pm 1.54^\circ$, 비우세안 $4.59 \pm 2.27^\circ$ 와 크기는 조금 차이가 있지만, 우세안에서 카파각이 작게 나타난 경향은 동일하며, 카파각이 작을수록 시축이 동공축에 가까워지기 때문에 각막이나 렌즈의 영향을 더 적게 받아, 망막중심오목에서 상을 더 선명하게 인지할 수 있기 때문에 우세안의 카파각이 유의하게 작게 측정되는 것이라고 하였다. 또 우안의 카파각이 좌안보다 적게 측정된 것은 우세안이 우안인 경우가 우세안이 좌안인 경우보다 많기 때문인 것으로 Basmak 등^[16]의 연구에서 발표하였다.

3. 원점굴절도와 카파각과의 상관관계

굴절이상에 대한 카파각의 변화를 Fig. 2에 나타냈으며, 평균값을 Table 7에 나타내었다. 카파각은 원점굴절도가 증가할수록 약간 증가하는 추세를 보였다. 카파각이 원시안에서 $+6.00 \pm 2.22^\circ$, 정시안에서 $+4.91 \pm 4.97^\circ$, 근시안에서 $+4.61 \pm 4.49^\circ$ 로 원시안에서 가장 크고 정시안, 근시안

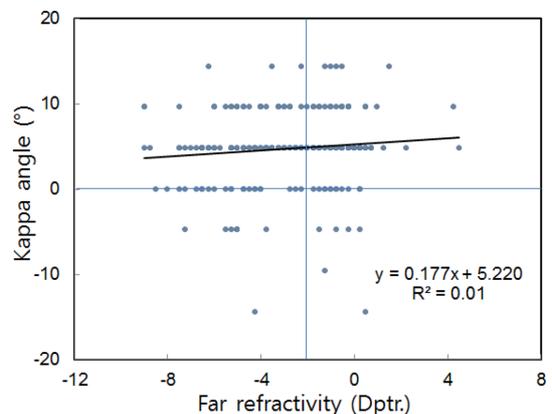


Fig. 2. Kappa angles vs. far refractivity.

Table 8. The relations between the far refractivity and kappa angle

Refractive state	Far refractivity	Kappa angle
Hypermetropia	+2.03±1.53 D	+6.00±2.22°
Emmetropia	-0.13±0.37 D	+4.91±4.97°
Myopia	-3.76±2.13 D	+4.61±4.49°
F-value	0.412	
P-value	0.663	

의 순으로 감소하였으나, 각 군 사이의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다($p=0.663$). Lee 등^[5]은 카파각이 정시안에서 $+1.71 \pm 1.03^\circ$, 원시안에서 $+2.52 \pm 0.81^\circ$, 근시안에서 $+0.90 \pm 1.37^\circ$ 라고 발표하였고, Basmak 등^[16]이 Orbscan II로 측정된 정상인에서 굴절력이 근시성인 그룹(mean SE < $-0.50D$)에서 측정된 카파각은 우안 $4.51 \pm 0.11^\circ$, 좌안 $4.73 \pm 0.11^\circ$, 정시성인 그룹(mean SE -0.50 to $0.50D$)에서 카파각은 우안 $5.55 \pm 0.13^\circ$, 좌안 $5.62 \pm 0.10^\circ$, 원시성인 그룹(mean SE > $+0.50D$)에서 우안 카파각은 $5.65 \pm 0.10^\circ$, 좌안 $5.73 \pm 0.10^\circ$ 이라고 것과 비교해보면 크기가 유사하고 같은 경향을 가진다. 또 Scott^[17]는 굴절이상의 종류에 따른 카파각의 빈도를 조사하여 원시안에서는 $+3^\circ$ 이상의 양성 카파각의 빈도가 높고 근시안에서는 -3° 이상의 음성 카파각의 빈도가 높다고 보고하였다.

4. 카메라 촬영에 의한 카파각 측정

사진촬영 방법으로 카파각을 측정하고, 우세안과 원점 굴절도를 비교 분석한 결과, 우세안의 카파각이 비우세안보다 작았고, 원점굴절도가 작을수록 카파각이 작았으며, 기연구보고와 유사하였다. 따라서 사진촬영 방법으로 카파각을 직접 평가하는 방법이 효율적이었다.

결 론

본 연구에서는 사진촬영 방법으로 카파각을 측정하고, 우세안과 원점굴절도와의 비교분석하였다. 카파각의 빈도는 양성이 78.6%(176안), 음성이 15.2%(34안), 0° 이 6.2%(14안)으로 양성, 음성, 0° 의 순으로 감소하였다. 카파각의 크기는 우세안 $4.50 \pm 4.70^\circ$, 비우세안 $4.93 \pm 4.34^\circ$ 로 우세안이 비우세안보다 작게 나타났다. 그리고 원시안에서 $+6.00 \pm 2.22^\circ$, 정시안에서 $+4.91 \pm 4.97^\circ$, 근시안에서 $+4.61 \pm 4.49^\circ$ 로서 원시안에서 가장 크고 정시안, 근시안의 순으로 감소하였다. 사진촬영 방법으로 카파각의 측정은 안구

편위 측정에 유용하게 사용할 수 있었다.

REFERENCES

- [1] Cho KJ, Kim SY, Yang SW. The refractive errors of dominant and non-dominant eyes. J Korean Ophthalmol Soc. 2009;5(2):275-279.
- [2] Shim JB, Joo SH, Shim HS. The direction and level of dominant eye according to the tests. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2015;20(3):363-368.
- [3] Koo BS, Cho YA. The relationship of dominant eye, dominant hand, and deviated eye in strabismus. J Korean Ophthalmol Soc. 1996;37(8):1277-1282.
- [4] Jeong YH. The analysis of eye position by hirschberg's test and alternating prism cover test. Korean J Vis Sci. 2014;16(2):199-205.
- [5] Lee NK, Lee JI, Ahn CS. Interrelationship between refractive error and angle kappa. J Korean Ophthalmol Soc. 1992;33(2):171-175.
- [6] Koran Association of Pediatric Ophthalmology and Strabismus. Current concepts in strabismus, 3rd Ed. Korea: Naewae haksool, 2013;146-164.
- [7] Kim HK, Cho KJ. The angle kappa in dominant and non-dominant eye. J Korean Ophthalmol Soc. 2015;56(4):494-498.
- [8] Von Noorden GK. Binocular vision and ocular motility, 5th Ed. London: Mosby, 1996;163-168.
- [9] Jin YH. Strabismology, revised Ed. Ulsan: UUP, 1999;152-153.
- [10] Kim DN. Binocular vision, Seoul: shinkwang PUB, 2010; 218-227.
- [11] Kim TY, Seo SS, Kim YJ, Yang HK, Hwang JM, Kim KG. A new software for quantitative measurement of strabismus based on digital image. Journal of Korea Multimedia Society. 2012;15(5):595-605.
- [12] Choi JS, Ko CJ. A study on dominant eye. J Korean Ophthalmol Soc. 1983;24(3):459-462.
- [13] Sung PJ. Optometry, 8rd Ed. Seoul: Daihakseorim, 2013; 298-299.
- [14] Eom JH, Lee HJ, Kim JH, Kim HS, Park HJ, Sung DY et al. Funtion tests of binocular vision, Seoul: Daihakseorim, 2011;194.
- [15] Choi SR, Kim US. The correlation between angle kappa and ocular biometry in koreans. Korean J Ophthalmol. 2013;27(6):421-424.
- [16] Basmak H, Sahin A, Yildirim N, Papakostas TD, Kanellopoulos AJ. Measurement of angle kappa with synoptophore and Orbscan II in a normal population. J Refract Surg. 2007;23(5):456-460.
- [17] Scott WE, Mash AJ. Kappa angle measures of strabismic and nonstrabismic individuals. Arch Ophthalmol. 1973; 89(1):18-20.

Measured Kappa Angles by Photographing

Hyung-Sup Shin and Jun-Kyu Jang*

Dept. of Optometry, Kaya University, Gimhae 50830, Korea

(Received November 12, 2015; Revised December 18, 2015; Accepted December 22, 2015)

Purpose: The kappa angles of human eye were measured by photographs. The relationship between the dominant eye and far refractivity is studied. **Methods:** 112 adults participated in this study. The mean age was 22.54 ± 5.90 years. The kappa angles were measured by the deviation of the flash image in the photographs of eye. the dominant eye and the far refractivity were analyzed. **Results:** The distributions of kappa angles were 78.6% (176 eyes) in the positive angle, 15.2% (34 eyes) in the negative angle, and 6.2% (14 eyes) in the 0° . The kappa angles were $4.50 \pm 4.70^\circ$ for the dominant eye, $4.93 \pm 4.34^\circ$ for the non-dominant eye, $+6.00 \pm 2.22^\circ$ for the hypermetropia, $4.91 \pm 4.97^\circ$ for the emmetropia, and $+4.61 \pm 4.49^\circ$ for the myopia. The biggest kappa angles was observed in the hypermetropia and the angles was getting smaller in the emmetropia, and the myopia. **Conclusions:** The kappa angle of the dominant eye was smaller than non-dominant eye. The kappa angle was smaller as the far refractivity is lower. The kappa angle can be directly measured by the photographic method.

Key words: Kappa angle, Photography, Dominant eye, Far refractivity