

굴절교정수술시 Colvard 동공측정기, ORBScan II, Sirius로 측정한 동공크기의 비교

백지선¹ · 박지현² · 유은석³ · 권영아¹ · 송상률¹ · 김병엽¹ · 정재림¹

건양대학교 김안과병원 안과학교실¹, 대성연세안과², 대전 민들레안과³

목적: Colvard와 ORBScan II, Sirius 세 장비로 측정한 동공크기를 비교하고, 굴절교정수술 후 야간시력불편함과 동공크기의 상관관계를 비교하였다.

대상과 방법: 굴절교정수술 전 Colvard, Sirius, ORBScan II로 동공크기를 측정한 환자 100명 200안의 의무기록을 후향분석하였다. 암순응 상태의 동공크기는 Colvard와 Sirius를, 명순응 상태의 동공크기는 ORBScan II와 Sirius를 비교하였다. 수술 3개월 후 야간시력불편함 정도를 설문조사하여 동공크기와의 상관관계를 검사방법에 따라 비교하였다.

결과: 암순응 상태의 동공크기는 Colvard 6.76 mm로 Sirius 6.53 mm 보다 유의하게 크게($p < 0.001$), 명순응 상태의 동공크기는 ORBScan II 3.98 mm가 Sirius 4.41 mm 보다 유의하게 작게 측정되었다($p < 0.001$). 술 후 야간시력불편함은 동공크기에 유의한 영향을 받으며, 암순응 상태에서 Sirius로 측정한 동공크기가 가장 상관관계가 높았다($r = 0.44$).

결론: Sirius로 측정한 암순응 상태의 동공크기는 Colvard의 값보다 작게 측정되는 경향이 있었으나, 굴절교정수술 후 야간시력불편함과 가장 높은 상관 관계를 보였다.

〈대한안과학회지 2013;54(8):1175-1179〉

현재까지 많은 수의 환자들이 굴절교정수술을 받았고 대부분의 환자들은 수술 결과에 만족하고 있으나 일부 환자에서는 수술 후 발생한 달무리, 빛번짐, 별모양의 광채 등 야간시력불편함을 호소한다.^{1,2} 굴절교정수술 후 발생할 수 있는 야간시력불편함은 나이, 동공크기, 근시 및 난시의 정도, 광학부의 크기, 이행부의 크기, 광학부와 동공크기의 차이, 이행부와 동공크기의 차이, 술 전 K값 등에 영향을 받는다고 알려졌으나,³ 이 중에서도 동공크기가 큰 영향을 미친다고 알려져 있다.^{4,5} 특히 암순응 상태에서의 동공크기가 클수록 술 후 야간시력불편함이 발생할 확률이 높다고 알려져 있다.⁶ 수술 후 야간시력불편함은 줄이고 환자의 만족도를 높이기 위해 술자들은 수술 전 암순응 상태에서의 동공크기를 측정하여 이에 따라 레이저조사범위의 크기를 결정하게 된다.⁷

동공크기를 측정하는 장비에는 여러 가지가 있으며 본 연

구에서는 Colvard®pupillometer (OasisMedical, Glendora, CA, USA), ORBScan II® (Bausch & Lomb,Orbtek Inc., Salt Lake City, UT, USA)와 combined Scheimpflugcamera with placido-disc topographer의 원리를 이용한 Sirius® (Costruzionestrumentioftalmici, Florence, Italy)를 사용하였다. Colvard®동공측정기는 약 4 cd/m² 정도의 어두운 장소에서 반대편 눈은 먼 곳의 한 지점을 주시하도록 한 상태에서 동공크기를 측정하게 되며, ORBScan II®은 명순응 상태의 동공크기를 측정하고, Sirius®는 내장된 동공측정기로 밝은 상태, 약한 빛 상태, 어두운 상태 모두에서 동공크기를 측정할 수 있다.

본 연구에서는 굴절교정수술 전 세 가지 검사장비를 이용하여 측정한 동공크기를 비교하고, 굴절교정수술 후 야간시력불편함 정도를 조사하여 동공크기와의 상관관계를 검사장비에 따라 비교하고자 하였다.

대상과 방법

2011년 6월부터 2011년 8월까지 본원에서 굴절교정수술을 받은 환자 100명 200안의 의무기록을 후향적으로 조사하였고 수술 후 3개월째 내원시 야간시력불편함에 대하여 설문조사를 하였다. 굴절이상 이외에 다른 안과적 질환이나 외상, 안내 수술병력이 있는 경우, 동공크기에 영향을

■ Received: 2012. 10. 5. ■ Revised: 2013. 2. 12.

■ Accepted: 2013. 6. 1.

■ Address reprint requests to **Jae Lim Chung, MD**
Kim's Eye Hospital, #136 Yeongsin-ro, Yeongdeungpo-gu,
Seoul 150-034, Korea
Tel: 82-2-2639-7812, Fax: 82-2-2633-3976
E-mail: jlchung@kimeye.com

* This study was presented as a narration at the 106th Annual Meeting of the Korean Ophthalmology Society 2011.

미칠 수 있는 안과적, 내과적 질환이나 약물복용력이 있는 환자들은 대상에서 제외하였다.

의무기록을 통하여 환자의 나이, 성별, 수술 전 콘택트렌즈 착용 여부 및 착용기간, 술 전 구면렌즈 대응치, 수술 시 레이저조사부위의 크기, 동공크기를 조사하였고 굴절교정 수술 3개월 후 야간시력불편함의 정도를 설문 조사하였다. 야간시력불편함은 달무리, 빛번짐, 별모양의 광채 등이 있는 경우로 정의하였다. 야간시력불편함의 정도는 4 cd/m²

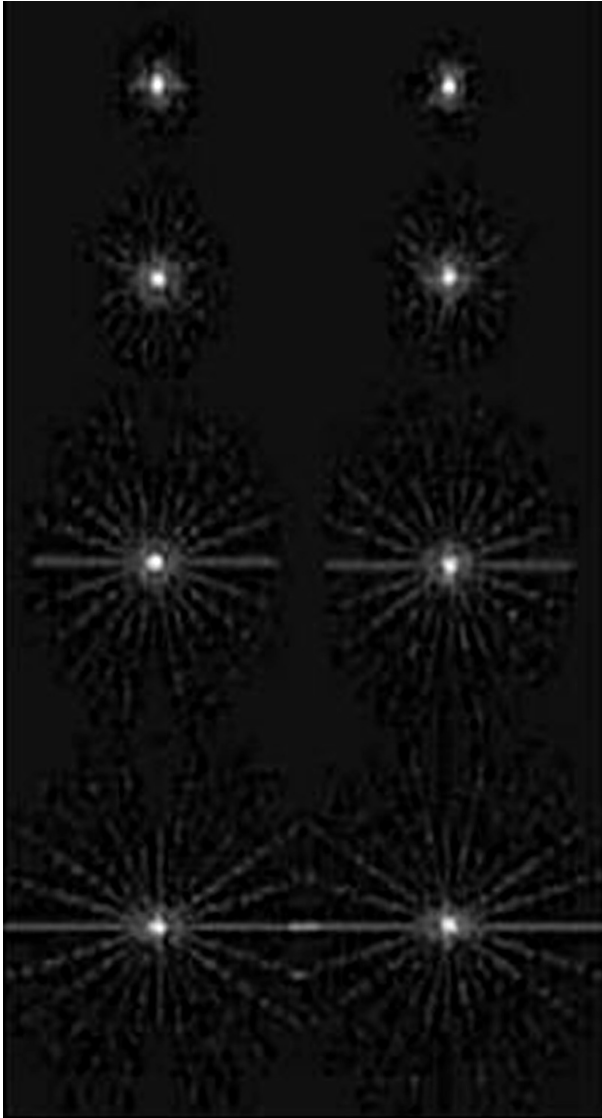


Figure 1. Grading picture of subjective night vision disturbance.

Table 1. Grading system of night vision disturbance

Grade	
1	Doesn't have night visual disturbance
2	Has night visual disturbance but doesn't cause discomfort
3	Has night visual disturbance and cause discomfort
4	Has night visual disturbance and it is difficult to drive in night

조도의 어두운 곳에서 일정한 펜라이트 불빛을 보게 한 후, 80 cd/m² 조도의 밝은 곳에서 Fig. 1⁸을 보여주면서 1단계부터 4단계 중 어떻게 보였는지 고르도록 하여 Table 1과 같이 분류하였다.

동공크기는 Colvard[®]동공측정기, ORBScan II[®], Sirius[®]를 이용하여 측정하였다. Colvard[®]동공측정기는 약 4 cd/m²의 어두운 장소에서 반대편 눈은 먼 곳의 한 지점을 주시하도록 한 상태에서, 검사자가 기계를 앞뒤로 움직여서 초점을 맞추고 동공크기를 측정하였다. ORBScan II[®], Sirius[®]는 환자가 기계 내부의 중심 주시등을 주시하면 자동으로 측정되는 동공크기를 조사하였다.

암순응 상태에서의 동공크기는 Colvard[®]동공측정기와 Sirius[®]를 이용하였고 Colvard[®]동공측정기 측정시 조도는 0.15 cd/m²였으며, Sirius[®] 측정 시 조도는 0.04 cd/m²였다. 명순응 상태에서의 동공크기는 ORBScan II[®]와 Sirius[®]를 이용하였고, ORBScan II[®] 측정시 조도는 43 cd/m²였고, Sirius[®] 측정시 조도는 40 cd/m²였다.

Colvard[®]동공측정기 및 ORBScan II[®]를 이용하여 동공크기 측정할 때 Digital Lux Meter (LX-1010B, Shenzhen Graigar Technology Co., Ltd, China)를 사용하여 조도를 측정하였다. Digital Lux Meter는 배터리를 연결하고 전원을 켜 후, 빛 감지장치의 뚜껑을 벗기고 광원에 수평하게 빛 감지장치를 놓아두면 조도가 측정되고 이를 기록하였다. Sirius[®]는 매뉴얼에 명순응 상태 및 암순응 상태의 동공크기 측정시 각각의 조도가 명시되어 있었다.

통계학적 분석은 SPSS version 12.0 (SPSS, Inc, Chicago, IL)을 이용하였고, paired samples *t*-test와 Bland-Altman procedure⁹를 사용하여 비교하였으며, *p*-value가 0.05 보다 낮은 것을 통계학적으로 유의하다고 정의하였다.

결 과

총 100명의 평균연령은 26세였고 여자의 비율이 남자보다 높았다. 콘택트렌즈를 착용한 사람은 74명, 이중 32명은

Table 2. Patient demographics and characteristics at baseline

Factor	N = 200 eyes
Sex (M : F)	36 : 64
Age at surgery (years)	26.0 ± 6.4
Contact lens use (years)	3.5 (none to 15)
≥5 years	32
<5 years	42
None	26
Refractive error	-5.41D (-10.25 to -0.75)
Ablation zone	6.25 ± 0.25 mm

Values are presented as mean ± SD.

Table 3. Comparisons of pupil size according to measuring method

Pupil size	Colvard®	Sirius®	ORBScan II®	p-value
Scotopic state (mm)	6.76 ± 0.68	6.53 ± 0.81		<0.001
Photopic state (mm)		4.41 ± 0.74	3.99 ± 0.59	<0.001

Values are presented as mean ± SD.

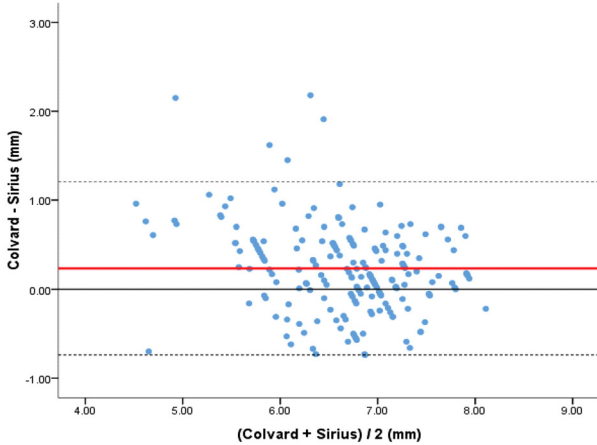


Figure 2. Bland-Altman plot of pupil size by Colvard® versus Sirius® in scotopic condition.

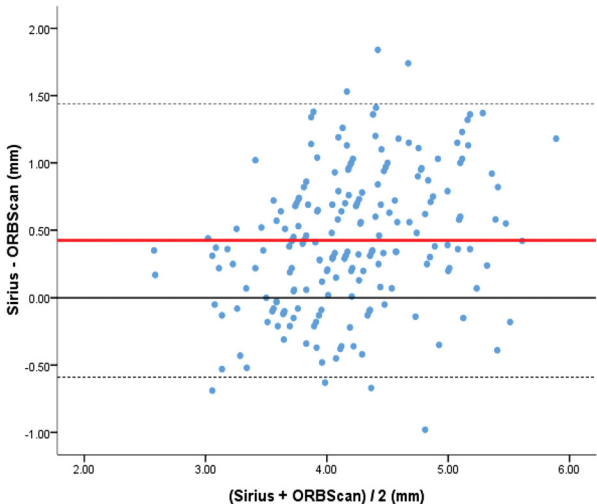


Figure 3. Bland-Altman plot of pupil size by Sirius® versus ORBScan II® in photopic condition.

5년 이상 콘택트렌즈를 착용하였다. 100명 200안의 굴절 이상은 평균 -5.5D였으며, 레이저조사범위는 6 mm 또는 6.5 mm에서 시행하였다. 양안의 굴절이상이나 레이저조사 범위 크기의 차이는 없었다(Table 2).

측정 기기에 따른 동공크기를 비교해보면, 암순응 상태에서 측정한 경우 Sirius®는 6.53 ± 0.81 mm로 Colvard® 동공측정기 6.76 ± 0.68 mm 보다 0.23 mm 작게 측정되었고 명순응 상태에서 측정한 경우 Sirius®는 4.41 ± 0.74 mm로 ORBScan II® 3.99 ± 0.59 mm 보다 0.42 mm 크게

Table 4. Grading system of night vision disturbance

Grade	N = 100
1	57
2	31
3	10
4	2

Table 5. Correlation of night vision disturbance with pupil size according to measuring method

	Pearson correlation coefficient	p-value
Colvard®	0.341	0.034*
Sirius®scotopic	0.440	0.005*
Colvard®- ablation zone	0.259	0.111*
Sirius®scotopic-ablation zone	0.385	0.015*

*Pearson correlation.

측정되었다. 암순응 및 명순응 상태에서 측정한 동공크기는 두 기간간에 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$) (Table 3).

암순응상태에서 Colvard®동공측정기와 Sirius®로 측정한 동공크기를 비교하는 Bland-Altman plot을 보면 앞의 Table 3과 비슷하게 Colvard®동공측정기로 측정한 경우 Sirius®보다 약간 크게 측정되나, 두 검사치의 차이가 대부분 2SD안에 들어와 있는 것을 알 수 있다(Fig. 2). 명순응 상태에서 ORBScan II®와 Sirius®를 비교한 Bland-Altman plot 역시 Sirius®가 약간 크게 측정되나 두 기기의 차이가 2SD내에 있어 두 검사간에 신뢰도가 좋을 것을 보여주고 있다 (Fig. 3).

굴절교정수술 3개월 후 야간시력불편함을 호소하는 환자는 100명 중 43명이었으며, 이 중 2명은 저녁에 운전을 하기 힘든 정도의 불편함을 호소하였다(Table 4).

검사장비별 암순응 상태에서의 동공크기와 야간시력불편함의 상관관계를 보면 Colvard®동공측정기 및 Sirius®로 측정한 경우 모두에서 야간시력불편함과 동공크기가 유의한 상관 관계를 보였다. 레이저조사범위가 작을수록 야간시력불편함은 더 발생할 수 있으므로 이것을 고려하였을 때 Colvard®동공측정기로 측정한 경우는 유의한 관계를 보이지 않았으며, Sirius®를 사용하여 측정한 경우 유의한 상관 관계를 보였다(Table 5).

고찰

최근 굴절교정수술분야에서 굴절교정수술 후 암순응 상태에서의 동공크기와 야간시력불편함과의 상관관계는 중요한 화제가 되고 있다.¹⁰ 일반적으로 암순응 상태에서 동공크기가 클수록 굴절교정수술 후 야간시력불편함을 더 많이 초래한다고 알려졌다.⁶ 최근 연구들 중에는 암순응 상태에서의 동공크기가 야간시력불편함과 관계가 없다고 보고하는 연구도 있으나,^{2,11} 암순응 상태에서 동공크기가 레이저 조사범위의 크기보다 크면 고위 수차가 생겨서 시력의 질이 떨어질 수 있기 때문에¹² 대부분의 술자들이 굴절교정수술 후 야간시력불편함에 취약할 수 있는 환자를 사전에 알기 위해 재연성이 높은 검사를 통해 수술 전 정확한 동공크기를 재는 것이 중요하다는 것에 동의한다.^{13,14}

동공크기를 측정하는 방법에는 여러 가지가 있으며, 재는 기계마다 조금씩 다르게 측정된다.¹⁵ 장비의 가격이 싸고, 휴대성이 있으며, 비교적 쉬운 사용 방법으로 인하여 Colvard®동공측정기가 널리 이용되고 있으나, Colvard®동공측정기는 검사자가 눈금을 직접 읽어야 하므로 검사자에 따른 오차가 있으며 학습 곡선을 갖는 단점이 있다.¹⁶

Sirius®는 한번의 측정으로 암순응, 명순응 상태의 동공크기를 잴 수 있고, 환자가 기계 내부의 중심 주시등을 주시하면 자동으로 시축이 맞추어지고 내장된 자동 동공측정기에 의하여 동공크기가 측정되기 때문에 초보자도 쉽게 검사할 수 있으며 검사자에 따른 오차가 적고 재연성이 뛰어나다는 장점이 있다.¹⁷

야간시력불편함에는 동공크기 이외에도 여러 가지 요인들이 작용하게 된다. 그 중에서도 동공크기 이외에 술 전 구면렌즈 대응치가 영향을 미친다고 알려졌다.³ 굴절교정수술시 근시가 심할수록 레이저를 조사받는 각막 두께를 얇게 하기 위해 레이저조사범위의 크기는 좁아지게 되고 레이저조사범위의 크기가 좁아지면 야간시력불편함의 가능성이 증가하게 된다. 본 연구에서는 레이저조사범위는 6 mm zone 또는 6.5 mm zone이었고, 평균 6.25 mm로 야간시력불편함과 레이저조사범위간에 통계학적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았고 야간시력불편함과 술 전 구면렌즈 대응치간에도 통계학적으로 유의한 상관관계를 보이지 않았으며, 이는 대상 환자들의 평균 구면렌즈 대응치가 -5.5D로 근시가 심하지 않았기 때문으로 생각한다. 또한 이 결과를 통하여 본 연구에서 구면렌즈 대응치 및 레이저조사범위의 차이에 의한 야간시력불편함의 차이는 배제되었다고 볼 수 있다.

본 연구에서 Colvard®동공측정기는 Sirius®에 비해 동공크기가 크게 측정되었으며 이는 통계학적으로 유의한 차이

를 보였고, Sirius®로 측정한 동공크기가 Colvard®동공측정기로 측정한 동공크기보다 굴절교정수술 후 야간시력불편함과 더 높은 상관관계를 보였다. 야간시력불편감을 초래할 수 있는 인자 중 레이저조사범위가 작을수록 야간시력불편함은 증가할 수 있음을 고려하여 동공크기와 레이저조사범위의 차이와 야간시력불편함과의 상관관계를 보면 Colvard®동공측정기에서는 유의한 상관관계를 보이지 않았으며, Sirius®에서는 유의한 상관관계를 보였다.

결론적으로 세가지 측정방법 모두에서 굴절교정수술 전 측정한 동공크기와 야간시력불편함은 유의한 상관관계가 있음을 알 수 있었고, 세 가지 측정방법 중 Sirius®로 측정한 동공크기가 야간시력불편함과 가장 높은 상관관계를 보였다. 또한 레이저조사범위의 크기를 고려하였을 때 Sirius®는 야간시력불편함과 동공크기간에 유의한 상관관계를 보이는 것으로 보아 굴절교정수술 전 동공크기를 측정함에 있어서 Sirius®가 가장 객관적인 자료를 제공할 것으로 생각되었다.

REFERENCES

- 1) Kim HM, Jung HR. Laser assisted in situ keratomileusis for high myopia. *Ophthalmic Surg Lasers* 1996;27(5 Suppl):S508-11.
- 2) Stephenson CG, Gartry DS, O'Brart DP, et al. Photorefractive keratectomy. a 6-year follow-up study. *Ophthalmology* 1998;105:273-81.
- 3) Pop M, Payette Y. Risk factors for night vision complaints after LASIK for myopia. *Ophthalmology* 2004;111:3-10.
- 4) Martinez CE, Applegate RA, Klyce SD, et al. Effect of papillary dilation on corneal optical aberrations after photorefractive keratectomy. *Arch Ophthalmol* 1998;116:1053-62.
- 5) Helgesen A, Hjortdal J, Ehlers N. Pupil size and night vision disturbances after LASIK for myopia. *Acta Ophthalmol Scand* 2004;82:454-60.
- 6) Mantry S, Banerjee S, Naroo S, Shah S. Scotopic measurement of normal pupil size with the Colvardpupillometer and the Nidek auto-refractor. *Cont Lens Anterior Eye* 2005;28:53-6.
- 7) Wang Y, Zhao K, Jin Y, et al. Changes of higher order aberration with various pupil sizes in the myopic eye. *J Refract Surg* 2003;19(2 Suppl):S270-4.
- 8) Salz JJ, Trattler W. Pupil size and corneal laser surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2006;17:373-9.
- 9) Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1:307-10.
- 10) Fan-Paul NI, Li J, Miller JS, Florakis GJ. Night vision disturbances after corneal refractive surgery. *Surv Ophthalmol* 2002;47:533-46.
- 11) Tahzib NG, Bootsma SJ, Eggink FA, Nuijts RM. Functional outcome and patient satisfaction after Artisan phakic intraocular lens implantation for correction of myopia. *Am J Ophthalmol* 2006;142:31-9.
- 12) Chalita MR, Chavala S, Xu M, Krueger RR. Wavefront analysis in post-LASIK eyes and its correlation with visual symptoms, re-

- fraction, and topography. *Ophthalmology* 2004;111:447-53.
- 13) Kohnen T, Terzi E, Bühren J, Kohnen EM. Comparison of a digital and a handheld infrared pupillometer for determining scotopic pupil diameter. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:112-7.
- 14) Rosen ES, Gore CL, Taylor D, et al. Use of a digital infrared pupillometer to assess patient suitability for refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:1433-8.
- 15) Bootsma S, Tahzib N, Eggink F, et al. Comparison of two pupillometers in determining pupil size for refractive surgery. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85:324-8.
- 16) Pop M, Payette Y, Santoriello E. Comparison of the pupil card and pupillometer in measuring pupil size. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:283-8.
- 17) Savini G, Barboni P, Carbonelli M, Hoffer KJ. Repeatability of automatic measurements by a new Scheimpflug camera combined with Placido topography. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:1809-16.

=ABSTRACT=

Comparison of Colvardpupillometer, ORBScan II and Sirius in Determining Pupil Size for Refractive Surgery

Ji Sun Baek, MD¹, Ji Hyun Park, MD², Eun Seok Yoo, MD³, Young A Kwon, MD¹,
Sang Wroul Song, MD¹, Byoung Yeop Kim, MD¹, Jae Lim Chung, MD¹

Department of Ophthalmology, Konyang University, Kim's Eye Hospital¹, Seoul, Korea

Daesung Yonsei Eye Clinic², Bucheon, Korea

Minduelle Eye Clinic³, Daejeon, Korea

Purpose: To compare pupil size measured by Colvard[®]pupillometer, ORBScan II[®], Sirius[®] and analyze correlation between pupil size and night vision disturbance after refractive surgery according to measuring methods.

Methods: Two hundred eyes of one hundred patients who underwent refractive surgery were retrospectively evaluated. Pupil size was measured with Colvard[®]pupillometer, Sirius[®] in the scotopic light condition and with ORBScan II[®], Sirius[®] in the photopic light condition. Patients filled out questionnaire about night vision disturbance at postoperative three months. Correlation between pupil size according to measuring methods and night vision disturbance was evaluated.

Results: The mean age of patient was 26 years and number of male patients was 36. In scotopic light condition, pupil size measured with Colvard[®]pupillometer (6.76 mm) was significantly larger than that of Sirius[®] (6.53 mm) ($p < 0.001$). In photopic light condition, pupil size measured with ORBScan II[®] (3.98 mm) was significantly smaller than that of Sirius[®] (4.41 mm) ($p < 0.001$). Night vision disturbance were correlated with pupil size and Sirius[®] in the scotopic light condition had strongest correlation among three measuring method ($r = 0.44$).

Conclusions: Sirius[®] tends to measure pupil size smaller than Colvard[®]pupillometer in the scotopic light condition. The correlation between night vision disturbance and pupil size was highest in Sirius[®].

J Korean Ophthalmol Soc 2013;54(8):1175-1179

Key Words: Colvard[®]pupillometer, Night vision disturbance, ORBScan II[®], Pupil size, Sirius[®]

Address reprint requests to **Jae Lim Chung, MD**

Kim's Eye Hospital

#136 Yeongsin-ro, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-034, Korea

Tel: 82-2-2639-7812, Fax: 82-2-2633-3976, E-mail: jlchung@kimeye.com