

# 한국인에서 자동동공측정계를 이용한 정량적 동공반사 계측

## Quantitative Pupillometry of the Pupillary Light Reflex in Koreans

박은우 · 류영주 · 양희경 · 황정민

Eunoo Bak, MD, Yung Ju Yoo, MD, Hee Kyung Yang, MD, Jeong-Min Hwang, MD, PhD

서울대학교 의과대학 분당서울대학교병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Seoul National University Bundang Hospital, Seoul National University College of Medicine, Seongnam, Korea

**Purpose:** To determine the normal ranges of various indexes of the pupillary light reflex measured by automated pupillometry in Koreans.

**Methods:** We retrospectively analyzed 90 healthy adults who did not have any ocular diseases other than refractive errors. The direct pupillary light reflex was measured with an automated dynamic pupillometer (PLR-200, NeuroOptics Inc., Irvine, CA, USA). A total of 7 indices were measured as follows; the maximum and minimum pupil diameters, constriction latency, constriction ratio, maximum constriction velocity, average constriction velocity and average dilation velocity.

**Results:** There were no significant differences in quantitative indexes of the pupillary light reflex between fellow eyes. A significant decrease in maximum pupil diameter, minimum pupil diameter, maximum constriction velocity, average constriction velocity and average dilation velocity were observed with aging. In contrast, a significant increase in constriction latency was observed with aging. There were no differences in quantitative pupil measurements according to gender ( $p < 0.001$ ).

**Conclusions:** Quantitative measurements of the pupillary light reflex by dynamic pupillometry showed no significant differences between fellow eyes. A significant decrease in pupil size, constriction velocity and dilation velocity, and an increase in pupil constriction latency were observed with aging.

J Korean Ophthalmol Soc 2017;58(6):712-717

**Keywords:** Pupil, Pupillary reflex, Pupillometer

동공검사는 동공질환뿐 아니라 시신경질환과 뇌질환을 평가하는 데 사용된다.<sup>1</sup> 동공검사를 통해 동공반사의 구심로(afferent pathway) 및 원심로(efferent pathway)의 이상을 발견할 수 있다. 망막에서 중간뇌까지의 동공반사 경로에 이상이 있는 경우를 구심동공운동장애(afferent pupillary defect, APD)라 하며, 구심신경에 일측 혹은 비대칭적 병변

에 의해 빛반사가 양안에 차이가 나타나는 것을 상대구심 동공운동장애(relative afferent pupillary defect, RAPD)라 한다.<sup>2</sup> 구심신경 병변에서는 동공의 크기, 모양, 근접 반사에 의한 동공반응이 정상인 경우가 많으므로 직접 및 간접 빛반사만으로는 동공반사의 이상을 판단하기 쉽지 않아 두 눈에 빛을 교대로 옮겨 비추는 교대불빛검사(swinging-flashlight test)로 상대구심동공운동장애를 확인해야 한다.<sup>3</sup> 한편, 동공반응은 뇌질환의 진단에도 매우 중요하며, 환자에게 적합한 처치를 빠르게 시행하도록 도와 중환자실에서 환자의 예후를 평가하는 중요한 단서이다.<sup>4</sup> 하지만 동공반응을 평가하는 직접 및 간접 빛반사, 근접반사, 교대불빛검사는 검사자가 주관적인 방법으로 측정하므로, 결과의 해석이 검사자의 경험에 의해 영향을 받고 검사자 간 차이로

■ Received: 2017. 2. 16.      ■ Revised: 2017. 4. 10.

■ Accepted: 2017. 5. 26.

■ Address reprint requests to Hee Kyung Yang, MD  
Department of Ophthalmology, Seoul National University  
Bundang Hospital, #82 Gumi-ro 173beon-gil, Bundang-gu,  
Seongnam 13620, Korea  
Tel: 82-31-787-7379, Fax: 82-31-787-4057  
E-mail: nan282@snu.ac.kr

© 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.

오차가 있을 수 있다. 그 외에도 빛을 일으키는 장치 및 조도에 차이가 있을 수 있고 검사 결과를 정량화하기 어려우며, 동공크기의 개인차로 인해 동공반응의 차이를 평가하는 데 어려움이 있을 수 있다.<sup>5</sup> Meeker et al<sup>5</sup>은 동공크기를 평가할 때, 수동으로 평가한 것이 자동으로 평가한 것보다 평균 오류가 2배 이상 많고 동공의 크기가 3 mm 이상일 때 그 오차가 더 커진다고 보고하였다. Martínez-Ricarte et al<sup>6</sup>은 뇌손상 환자에서 양안 동공크기의 차이가 0.5 mm보다 작으면 정상 범위로 간주할 수 있으며, 0.5 mm보다 큰 차이는 뇌손상 환자에서 뇌압이 증가할 때 나타남을 관찰하였으나 이는 검사자의 눈으로는 구분하기 어렵다고 보고하였다. Morris et al<sup>7</sup>은 외상성 뇌손상 환자들에서 수동 및 정성적으로 시행하던 동공반응 평가가 환자의 나쁜 예후와 관련이 있고, 그 환자의 의식 저하가 주로 동공의 비대칭 혹은 동공반응의 변화로 감지된다고 발표한 바 있다. 이러한 사실로 검사자 간 오차가 많이 발생할 수 있는 동공검사의 단점을 보완하여 자동동공측정계를 이용한 신뢰할 수 있는 정량적 평가가 진단과 치료에 도움이 될 수 있다.<sup>8</sup>

최근 백내장 수술이나 각막굴절교정수술을 시행하기 전 동공크기를 확인하기 위해 자동동공측정계를 주로 사용한다.<sup>9</sup> 이는 수술 후 발생할 수 있는 야간 빛번짐, 눈부심 등 시력의 질을 떨어뜨리는 부작용의 원인으로 동공크기가 중요한 요소로 알려졌기 때문이다.<sup>10-12</sup> 이 외에도 자동동공측정계를 이용하여 동공의 크기뿐 아니라, 동공수축의 잠복기, 수축속도, 확대속도, 수축비율 등의 지표를 객관적이고 정량적으로 측정할 수 있다.<sup>13</sup> 기존에 한국인을 대상으로 동공크기와 연령에 따른 변화를 보고한 연구가 있었고,<sup>9,14,15</sup> 미국인의 동공반응 속도에 대해 Boev et al<sup>1</sup>, Taylor et al<sup>13</sup> 등이 발표하였으나, 아직까지 한국인의 동공수축 잠복기, 수축속도, 확대속도 등의 동공반응의 다양한 지표를 정량적으로 분석한 연구는 없었다. 이에 저자들은 동공크기 및 동공반응의 여러 지표를 객관적으로 측정하여, 각 지표에 대해 한국인에서의 정상 표준치와 특성을 알아보고, 나이와 성별에 따른 차이가 있는지 알아보고자 하였다.

## 대상과 방법

2011년 1월부터 2016년 2월까지 내원한 20세에서 90세 사이 건강한 성인 중 다른 질환의 과거력이 없고 양안의 굴절이상 외 모든 안과 검사가 정상이며 두 눈의 최대교정시력이 1.0 이상인 사람을 대상으로 하였다. 안과적 질환을 진단받거나 안면부 및 눈 수술의 과거력, 홍채이상, 안면기형, 눈외상의 기왕력, 눈염증으로 인해 동공크기에 비정상적인 변화를 야기하는 질환, 호르몬 질환 등 자율신경계 질환이 있는 환자들은 대상에서 제외하였다. 본 연구는 모든 과정에서 헬싱키선언(Declaration of Helsinki)을 준수하였으며, 연구윤리 심의위원회(institutional review board, IRB)의 승인을 받았다.

한천석시시력표로 나안시력과 최대교정시력을 측정하였으며 자동비접촉안압계(NT-2000, Nidek, Gamagori, Aichi, Japan)를 사용하여 안압을 측정하였다. 세극등 검사와 간접검안경을 이용한 안저검사를 시행하였다. 동공반응은 자동동공측정계(PLR-200, NeuroOptics Inc., Irvine, CA, USA)를 이용하여 평가하였고, 동일한 검사자에 의해 시행하였다. PLR-200 동공측정계는 자동화된 단안 적외선 동공측정계로 각 눈의 영상을 독립적으로 기록한다. 조도 3 lux 이하의 조명에서 환자들을 3분간 암순응시킨 후, 반대눈으로 3 m 이상 거리의 목표물을 주시하게 하고 동공을 촬영하였다. 검사 받는 눈에 기구(Eyecup)를 안와에 장착하여 빛을 180 microWatts/cm<sup>2</sup>의 강도로 185 milliseconds 동안 조사하였다.<sup>16</sup> 평균 초당 32 frames로 5초간 동공반응을 측정하여 동공 수축 후 동공크기가 부분적으로 혹은 완전히 회복될 때까지 시간에 대한 동공크기 변화를 그래프로 제시하였다. PLR-200 동공측정계는 관찰자 간 변이를 최소화하여, 다른 동공측정계와 비교하여 관찰자 간 변이가 가장 적고 재현성이 높다.<sup>5,13,15,17</sup>

자동동공측정계를 이용하여 직접 빛반사에서 총 7가지 지표를 측정하였다. 최대동공지름(maximum pupil diameter, MAX, mm)은 휴식 상태의 동공크기, 최소동공지름(minimum pupil diameter, MIN, mm)은 최대 수축 시의 동공크기로 정의하였다. 동공수축 비율(pupillary constriction percentage, CON, %)은 'MAX-MIN'을 MAX로 나누어 구하였다. 동공수축 잠복기(latency, LAT, sec)는 망막에 빛이 도달하는 순간부터 동공 수축이 일어날 때까지의 시간이다. 평균수축속도(average constriction velocity, ACV, mm/sec)는 동공이 수축되는 크기인 'MAX-MIN'을 수축시간으로 나누었다. 평균확대속도(average dilation velocity, ADV, mm/sec)는 수축 후 다시 회복되는 크기를 확대되는 시간으로 나누었다. 최대수축속도(maximum constriction velocity, mm/sec)는 수축하는 동안의 최고속도를 구한 값이다. 한 사람에서 우안의 측정값을 취해 각 지표의 특성과 나이와 성별에 따른 변화를 분석하였으며, 각 지표에서 양안의 차이를 비교하였다. 한편 측정값의 재현성과 신뢰도 분석을 위하여, 서로 다른 시간에 2회 반복 검사한 측정값의 급내상관계수(intra-class correlation coefficient)를 평가하였다. 반복 측정한 수치는 모두 하루 이상 간격을 두고 측정하였다.

**Table 1.** Quantitative measurements of the pupillary light reflex

	Maximum pupil diameter (mm)	Minimum pupil diameter (mm)	Pupillary constriction percentage (%)	Latency (sec)	Average constriction velocity (mm/sec)	Maximum constriction velocity (mm/sec)	Average dilation velocity (mm/sec)
Average (R)	5.70	3.94	30.8	0.23	3.71	4.85	0.94
SD (R)	0.94	0.74	3.5	0.02	0.75	0.62	0.20
Minimum (R)	3.70	2.50	24.0	0.19	2.12	2.77	0.50
Maximum (R)	7.80	5.90	41.0	0.28	4.97	6.33	1.67
Difference (R-L)	-0.07	-0.05	-0.04	0.00	-0.02	-0.07	0.01
SD (R-L)	0.46	0.34	2.49	0.02	0.39	0.54	0.21
<i>p</i> -value*	0.194	0.213	0.894	0.717	0.629	0.265	0.771

R = right eye; SD = standard deviation; R-L = right eye-left eye.

\*Significance probability of inter-eye difference between fellow eyes.

## 결 과

총 90명의 성인 중 남자 35명, 여자 55명이 포함되었으며, 평균 연령은  $49.9 \pm 14.8$ 세(범위, 21-85)였다. 같은 검사자에 의해 자동동공측정계로 측정된 7가지 지표 중 최대동공크기의 평균은  $5.70 \pm 0.94$  mm (범위, 3.70-7.80), 최소동공크기의 평균은  $3.94 \pm 0.74$  mm (범위, 2.50-5.90), 동공수축비율은  $30.8 \pm 3.5\%$  (범위, 24-41), 동공수축 잠복기는  $0.23 \pm 0.02$  sec (범위, 0.19-0.28), 평균수축속도는  $3.71 \pm 0.75$  mm/sec (범위, 2.12-4.97), 최대수축속도는  $4.85 \pm 0.62$  mm/sec (범위, 2.77-6.33), 평균확대속도는  $0.94 \pm 0.20$  mm/sec (범위, 0.50-1.67)였다. 결정계수( $r$ =Pearson's correlation coefficient)와 유의확률(paired *t*-test)을 분석하였을 때, 우안과 좌안이 통계적으로 유의한 차이를 보이는 지표는 관찰되지 않았다( $p>0.05$ ) (Table 1).

성별 간 차이는 최대동공지름( $p=0.310$ ), 최소동공지름( $p=0.352$ ), 동공수축 비율( $p=0.790$ ), 동공수축 잠복기( $p=0.051$ ), 평균수축속도( $p=0.503$ ), 최대수축속도( $p=0.171$ ), 평균확대속도( $p=0.520$ )의 7가지 지표에서 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

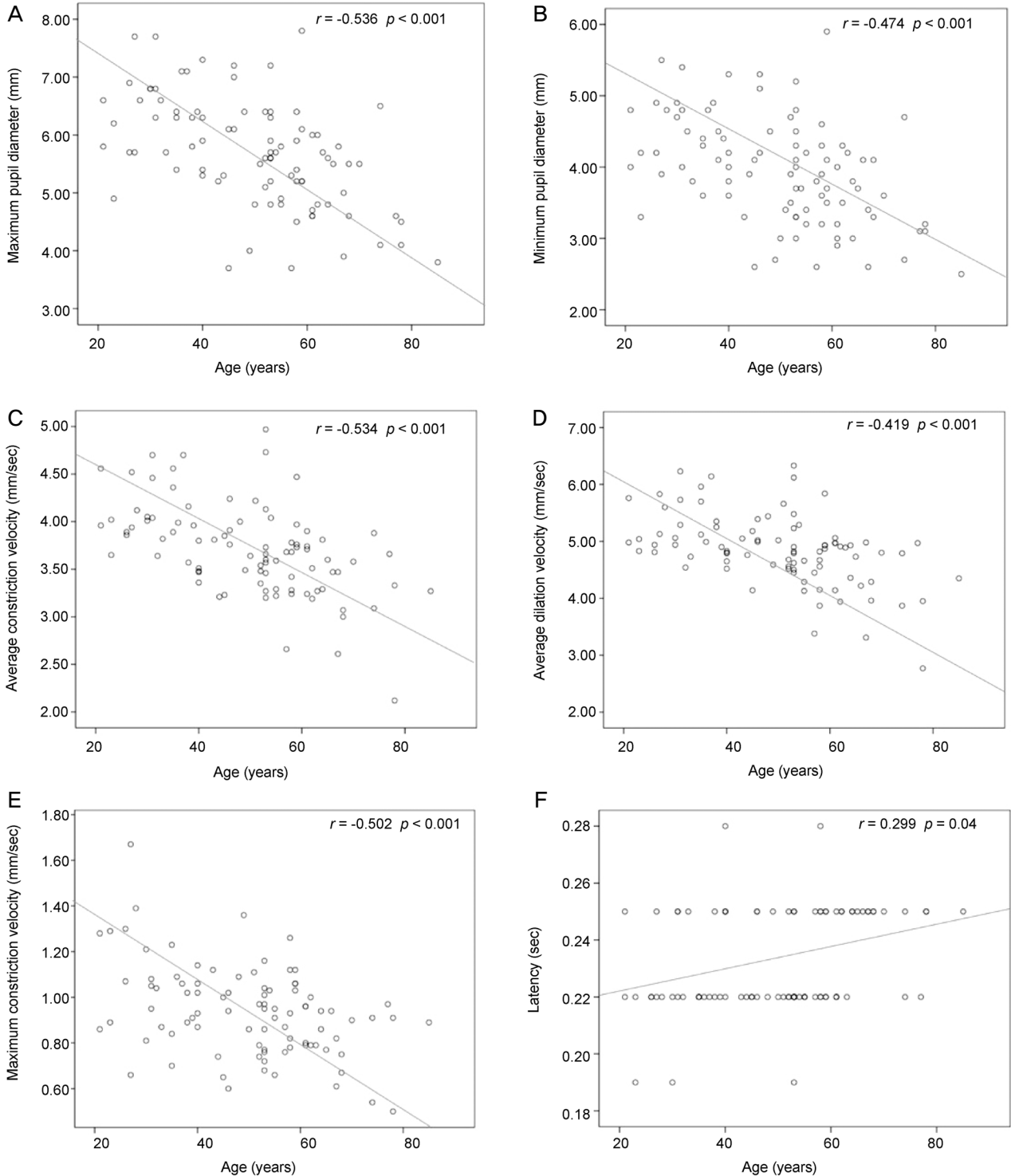
연령이 증가할수록 최대동공크기( $r=-0.536$ ,  $p<0.001$ ), 최소동공크기( $r=-0.474$ ,  $p<0.001$ ), 평균수축속도( $r=-0.534$ ,  $p<0.001$ ), 평균확대속도( $r=-0.419$ ,  $p<0.001$ )와 최대수축속도( $r=-0.502$ ,  $p<0.001$ )는 유의하게 감소하였다(Fig. 1A-E). 반면에 동공수축 잠복기는 연령이 증가함에 따라 유의하게 증가하였다( $r=0.299$ ,  $p=0.04$ ) (Fig. 1F). 자동동공측정계로 측정한 7가지 지표를 반복 측정한 결과 급내상관계수는 최대동공지름 0.960 (95% 신뢰구간, 0.924-0.979), 최소동공지름 0.964 (0.931-0.981), 동공수축 비율 0.956 (0.917-0.977), 동공수축 잠복기 0.666 (0.368-0.823), 평균수축속도 0.932 (0.871-0.964), 평균확대속도 0.925 (0.858-0.960), 최대수축속도 0.814 (0.648-0.901)였으며, 동공수축 잠복기를 제외한 모든 지표가 높은 재현성을 보였다.

## 고 찰

이 연구는 한국인에서 자동동공측정계를 이용하여 측정한 동공반사의 다양한 지표에서의 정상 표준치와, 나이와 성별에 따른 변화를 알아보고자 하였다. 자동동공측정계는 동공수축 잠복기를 제외한 모든 지표에서 반복 측정 시 검사의 신뢰도가 매우 높았으며, 양안 측정값의 일치도가 매우 높았다. 한편 연령이 증가함에 따라 동공크기, 동공수축속도와 동공확대속도가 감소하였으나 동공수축 잠복기는 증가하는 경향을 보였고, 성별에 따른 차이는 없었다.

동공크기를 보여주는 기존 연구에 따르면, Ko et al<sup>9</sup>은 한국인을 대상으로 Colvard 자동동공측정계를 사용하여 60대 이하의 성인에서 어두울 때 동공크기를 측정하면 7 mm가 넘는다고 하였으며, Baek et al<sup>15</sup>은 Colvard 자동동공측정계 사용 시 6.76 mm, Sirius 자동동공측정계(Sirius, Costruzione Strumenti Oftalmici, Florence, Italy) 사용 시 6.53 mm, Lee et al<sup>17</sup>은 VIP-200 자동동공측정계(VIP<sup>TM</sup>-200, NeuroOptics Inc., San Clemente, CA, USA) 사용 시 5.69 mm로 보고한 바 있다. 연구마다 차이가 있는 것은 기계가 가지는 고유의 측정 방식과 조도의 차이에 기인한 것으로 판단된다.<sup>14</sup>

동공반사의 정량적 측정에 대한 기존 연구로, Taylor et al<sup>13</sup>은 1세부터 87세까지의 미국인을 대상으로 정상인과 뇌손상 환자의 동공반응을 비교하였다. ForSite 자동동공측정계(ForSite, NeuroOptics Inc., Irvine, CA, USA)를 사용한 결과, 평균 최대동공크기  $4.1 \pm 0.34$  mm, 최소동공크기  $2.7 \pm 0.21$  mm, 평균수축속도  $1.48 \pm 0.33$  mm/sec, 동공수축 잠복기  $0.24 \pm 0.4$  sec 등으로 보고하였다.<sup>13</sup> Boev et al<sup>1</sup>은 1세부터 18세까지의 미국 소아를 대상으로 조사한 결과, 평균 최대동공크기 4.1 mm, 최소동공크기 2.6 mm, 평균수축속도 2.34 mm/sec, 평균확대속도 2.20 mm/sec로 보고한 바 있다. 이 연구에서 저자들이 측정한 결과가 기존의 연구결과와 다소 차이가 나는 것은, 인종 간 차이뿐 아니라 서로 다른 종류의 기계를 사용하고 포함된 대상의 연령 분포



**Figure 1.** Correlations between age and quantitative measurements of the pupillary light reflex. The maximum pupil diameter (mm) (A), minimum pupil diameter (mm) (B), average constriction velocity (mm/sec) (C), average dilation velocity (mm/sec) (D) and maximum constriction velocity (mm/sec) (E) significantly decreased with age. In contrast, a significant increase in constriction latency (sec) (F) was observed with aging ( $r$  = Pearson' correlation coefficient).

가 일정하지 않은 것에 따른 영향으로 생각된다.

동공부등(anisocoria)은 정상인에서도 관찰될 수 있다. Boev et al<sup>1</sup>은 동공부등이 0.5 mm 이내로 차이가 나는 것

은 두부 손상이 없는 정상인에서 흔하다고 발표하였다. 일반적으로 양안 동공크기의 차이가 1 mm 이상인 경우에 뇌 질환을 시사한다는 연구들이 보고되었다.<sup>7,18-20</sup> 이 논문의

결과에서도 양안의 동공크기가 1 mm 넘게 차이가 나는 환자는 없었고(0%), 최대동공크기가 0.5 mm 이상 차이가 나는 환자가 14%, 최소동공크기가 0.5 mm 이상 차이가 나는 환자가 7.5%로 양안에서 동공크기의 일치도는 매우 높았다. 이 연구에서 제시한 각 지표의 정상 범위가 넓기 때문에 이 범위 내에 있다고 정상으로 단정할 수는 없으나, 동공반응 지표들의 양안 대칭성이 뚜렷하고 표준편차가 작은 점으로 미루어 양안에 차이가 큰 경우에는 이상이 있을 가능성이 높다. 이 경우 동공반사의 이상을 유발하는 동공질환, 시신경질환 및 뇌질환의 가능성을 시사하는 것으로 생각할 수 있으나 이에 대해서는 각 질환별로 추가적인 연구가 필요하다.

이 연구에서 연령에 따라 동공크기가 감소한 사실은 이전 연구에서 보고한 결과와 일치한다.<sup>9,21,22</sup> Taylor et al<sup>13</sup>은 연령이 증가할수록 동공수축 잠복기가 증가함을 관찰하였다. 이 연구에서도 연령이 증가함에 따라 최대 및 최소 동공크기가 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 한편, 동공크기뿐 아니라, 동공반응의 최대수축속도, 평균수축속도 및 확대속도가 모두 연령에 따라 감소하는 경향이 관찰되었는데, 이는 최대동공크기와 최소동공크기의 차이가 연령이 증가함에 따라 감소한 사실과 관련이 있다( $r=0.516$ ).

자동동공측정계의 신뢰도와 재현성을 평가한 이전 연구에서, Couret et al<sup>18</sup>은 NeuroLight Algiscan pupillometer를 사용하여 평가하였을 때 최대동공지름의 급내상관계수는 0.95 (95% 신뢰구간, 0.93-0.97), 최소동공지름의 급내상관계수 0.87 (0.83-0.89)로 보고하였다. 이 연구에서 사용한 PLR-200 자동동공측정계도 직접 빛반사를 통해 측정된 7 가지 동공지표에서 높은 급내상관계수가 관찰되었다. 한편 동공수축 잠복기는 급내상관계수가 0.666으로 다소 떨어졌는데, 이는 평균 초당 32 frames로 측정 시 최소단위가 0.03 sec인데 반해 수축 잠복기의 평균이 0.23 sec, 표준편차가 0.02 sec로 표준편차가 측정의 최소단위보다 작아서 생긴 오차로 생각된다. 실제로 반복 측정된 값의 차이가 0.00 sec로 일치하는 경우가 62.5% (25/40), 차이가 0.03 sec인 경우가 37.5% (15/40)로,  $\pm 0.03$  sec 범위 내에서는 결과의 일치도가 100%로 매우 높았다.

이 연구의 제한점으로는 동공반사에 영향을 미치는 여러 인자들, 예를 들어 광자극, 근거리 주시, 감정 상태, 놀람, 피곤, 졸음, 집중도 등에 의한 영향을 적절히 통제하기 어려웠다는 점과 동일한 시간대에 검사를 시행하지 못한 점이 있다.<sup>23</sup> 각 연령대의 대상 수가 일정하지 않아 연령별로 각 지표의 표준치를 제시하지 못한 것도 제한점이다. 한편, 각 지표의 정상범위가 크기 때문에 결과를 해석할 때 정상 범위 내에 있다고 해서 정상으로 단정할 수 없으며, 이 부

분에 대해서는 추후 시신경질환이나 동공질환 등 다양한 질환과의 비교를 통해 밝혀질 것으로 기대된다. 또한 정상 범위를 벗어나는 경우에는 이상이 있을 가능성이 높지만, 나이에 따라 동공반응의 변화가 뚜렷하므로 각 지표를 해석할 때 반드시 나이를 고려해야 한다. 후속 연구에서는 각 연령대별로 더 많은 수를 대상으로 통제된 시공간에서 전향적인 연구를 시행하여 나이에 따른 표준치를 알아보는 것이 도움이 될 것으로 판단된다.

기존에 한국인을 대상으로 동공크기와 연령에 따른 변화와 관련된 보고는 있었지만, 아직까지 동공수축 비율, 잠복기, 수축속도, 확대속도 등의 다양한 동공반응 지표를 정량적으로 분석한 연구는 없었다. 이 연구에서는 한국인에서 동공반사를 다양한 지표를 통해 정량적으로 조사하여, 다양한 질환의 동공반사를 측정할 때 기준이 될 수 있는 정상 표준치를 알아보았다. 동공반사의 모든 지표에서 양안의 일치도가 매우 높았으며 연령에 따라 동공크기, 수축속도 및 확대속도가 감소하고 잠복기가 증가함을 확인하였다.

## REFERENCES

- 1) Boev AN, Fountas KN, Karampelas I, et al. Quantitative pupillometry: normative data in healthy pediatric volunteers. *J Neurosurg* 2005;103(6 Suppl):496-500.
- 2) Miller NR, Subramanian PS, Patel VR. Walsh and Hyot's Clinical Neuro-Ophthalmology: The Essentials, 3rd ed. Baltimore: Wolters Kluwer, 2016; 264-8.
- 3) Lee IB, Choi BH, Mun YS, Hwang JM. Relative afferent pupillary defect in normal subjects in 10 to 39 years of age. *J Korean Ophthalmol Soc* 2005;46:1034-6.
- 4) Zafar SF, Suarez JI. Automated pupillometer for monitoring the critically ill patient: a critical appraisal. *J Crit Care* 2014;29:599-603.
- 5) Meeker M, Du R, Bacchetti P, et al. Pupil examination: validity and clinical utility of an automated pupillometer. *J Neurosci Nurs* 2005;37:34-40.
- 6) Martínez-Ricarte F, Castro A, Poca MA, et al. Infrared pupillometry. Basic principles and their application in the non-invasive monitoring of neurocritical patients. *Neurologia* 2013;28:41-51.
- 7) Morris GF, Juul N, Marshall SB, et al. Neurological deterioration as a potential alternative endpoint in human clinical trials of experimental pharmacological agents for treatment of severe traumatic brain injuries. Executive Committee of the International Selfotel Trial. *Neurosurgery* 1998;43:1369-72; discussion 1372-4.
- 8) Litvan I, Saposnik G, Mauriño J, et al. Pupillary diameter assessment: need for a graded scale. *Neurology* 2000;54:530-1.
- 9) Ko BU, Ryu WY, Park WC. Pupil size in the normal Korean population according to age and illuminance. *J Korean Ophthalmol Soc* 2011;52:401-6.
- 10) Martinez CE, Applegate RA, Klyce SD, et al. Effect of pupillary dilation on corneal optical aberrations after photorefractive keratectomy. *Arch Ophthalmol* 1998;116:1053-62.

- 11) Murray RB, Loughnane MH. Infrared video pupillometry: a method used to measure the pupillary effects of drugs in small laboratory animals in real time. J Neurosci Methods 1981;3:365-75.
- 12) Roberts CW, Koester CJ. Optical zone diameters for photo-refractive corneal surgery. Invest Ophthalmol Vis Sci 1993;34:2275-81.
- 13) Taylor WR, Chen JW, Meltzer H, et al. Quantitative pupillometry, a new technology: normative data and preliminary observations in patients with acute head injury. Technical note. J Neurosurg 2003;98:205-13.
- 14) Schallenberg M, Bangre V, Steuhl KP, et al. Comparison of the Colvard, Procyon, and Neuroptics pupillometers for measuring pupil diameter under low ambient illumination. J Refract Surg 2010;26:134-43.
- 15) Baek JS, Park JH, Yoo ES, et al. Comparison of Colvard pupillometer, ORBScan II and Sirius in determining pupil size for refractive surgery. J Korean Ophthalmol Soc 2013;54:1175-9.
- 16) Du R, Meeker M, Bacchetti P, et al. Evaluation of the portable infrared pupillometer. Neurosurgery 2005;57:198-203.
- 17) Lee TJ, Kim HS, Jung JW, et al. Comparison of automatic pupillometer and pupil card for measuring pupil size. J Korean Ophthalmol Soc 2015;56:863-7.
- 18) Couret D, Boumaza D, Grisotto C, et al. Reliability of standard pupillometry practice in neurocritical care: an observational, double-blinded study. Crit Care 2016;20:99.
- 19) Chesnut RM, Gautille T, Blunt BA, et al. The localizing value of asymmetry in pupillary size in severe head injury: relation to lesion type and location. Neurosurgery 1994;34:840-5; discussion 845-6.
- 20) Manley GT, Larson MD. Infrared pupillometry during uncal herniation. J Neurosurg Anesthesiol 2002;14:223-8.
- 21) Hsieh YT, Hu FR. The correlation of pupil size measured by Colvard pupillometer and Orbscan II. J Refract Surg 2007;23:789-95.
- 22) Nakamura K, Bissen-Miyajima H, Oki S, Onuma K. Pupil sizes in different Japanese age groups and the implications for intraocular lens choice. J Cataract Refract Surg 2009;35:134-8.
- 23) Libby WL Jr, Lacey BC, Lacey JI. Pupillary and cardiac activity during visual attention. Psychophysiology 1973;10:270-94.

---

= 국문초록 =

## 한국인에서 자동동공측정계를 이용한 정량적 동공반사 계측

**목적:** 한국인에서 자동동공측정계를 이용하여 측정한 다양한 동공반사 지표의 정량적인 표준치를 알아보고자 하였다.

**대상과 방법:** 굴절이상 이외의 다른 안과적인 이상이 없는 건강한 성인 90명에서 자동동공측정계(PLR-200, NeurOptics Inc., Irvine, CA, USA)를 이용하여 직접 동공빛반사를 측정하였다. 자동동공측정계로 최대동공지름, 최소동공지름, 동공수축 잠복기, 동공수축 비율, 최대수축속도, 평균수축속도와 평균확대속도 등 총 7가지 지표를 측정하였다.

**결과:** 한국인에서 자동동공측정계를 이용하여 측정한 동공반사의 7가지 지표는 모두 양안에 유의한 차이를 보이지 않았다. 연령이 증가함에 따라 최대동공지름, 최소동공지름, 최대수축속도, 평균수축속도, 평균확대속도가 감소하였고, 동공수축 잠복기는 증가하였다. 동공반사의 모든 지표에서 성별에 따른 유의한 차이는 관찰되지 않았다( $p < 0.001$ ).

**결론:** 한국인에서 자동동공측정계를 이용하여 측정한 동공반사 지표는 양안에 유의한 차이가 없었고, 연령이 증가함에 따라 동공크기, 수축속도 및 확대속도가 감소하고, 동공수축 잠복기는 증가하였다.

(대한안과학회지 2017;58(6):712-717)

---