

녹내장 환자에 있어 Visual Capacity Analyzer (ACV) 를 이용한 형태시적 대비 감도 검사의 재현성

고일환 · 성공제

연세대학교 의과대학 안과학교실, 시기능 개발 연구소

목적 : 전반적인 시기능을 평가할 수 있도록 고안된 Visual Capacity Analyzer (ACV)를 이용하여 녹내장 환자를 대상으로 시행한 형태시적(morphoscopic) 대비 감도 검사의 재현성을 알아보고자 하였다.

대상과 방법 : 원발 개방각 녹내장으로 진단된 5명의 환자 5안을 대상으로 하여, ACV 를 이용한 대비 감도 검사를 시행하였다. 각각의 안에 대해 서로 다른 두 가지 화면 밝기 (Maximum luminance level 과 3 cd/m² luminance level) 하에서 각각 5회씩 대비 감도 검사를 시행하였다.

결과 : Maximum luminance level 의 화면 밝기하에서는, 측정된 각각의 공간 주파수에 대한 Coefficient of variation (CV)과 Reliability coefficient (RC) 값이 각각 2.1~29.3%, 92.1~100% 이었으며, 3cd/m² luminance level 의 화면 밝기하에서는 2.7~32.0%, 90.7~99.9% 이었다.

결론 : 녹내장 환자에 있어 ACV 를 이용한 형태시적 대비 감도 검사는 높은 재현성을 갖는 것으로 생각된다.
<한안지 44(6):1341-1345, 2003>

Snellen 시표를 통한 시력측정이나, 혹은 이와 유사한 방법을 이용한 시력측정은 높은 대비 조건하에서 이루어진 것으로, 낮은 대비 상태를 흔히 접하게 되는 일상 생활에서의 기능적 시력을 정확히 평가하는데는 한계가 있다.^{1,2} 반면, 대비 감도 검사(contrast sensitivity test)는 다양한 대비 조건하에서의 시기능(visual function)을 평가하는 검사 방법으로 우리의 실제 생활 환경에서의 시력을 더 정확하게 나타낼 수 있고, 따라서 녹내장 환자에 있어서도 병의 조기 진단뿐만 아니라, 병의 진행과정이나 치료에 대한 반응의 미세한 변화를 더 쉽게 찾아 내는데 많은 도움을 줄 수 있다.²⁻⁵

Visual Capacity Analyzer (ACV)는 컴퓨터 모니터를 통해, 대비 감도 검사를 포함한 시기능 전반에 걸친 평가가 빠르고 용이하게 이루어질 수 있도록 개발

된 검사 방법으로, Philippe Liebaert 등에 의해 고안되었으며. 프랑스의 제조회사인 L2 Informatique 에 의해 1998년부터 해외에서 상용화되기 시작하였다. 그러나, 이 검사 방법에 대한 연구가 국내외 모두에서 아직 충분히 이루어지지 않은 상태이므로, 실제 임상에서의 유용성에 대한 평가가 더 필요한 것으로 생각되었다. 이에 본 연구팀은 정상인을 대상으로 ACV를 이용한 대비감도 검사의 재현성을 평가하였고, 그 결과 이 검사 방법이 높은 재현성을 갖고 있음을 확인하였다. 본 연구에서는 대비 감도 검사의 응용 가치가 높은 질환인 녹내장 환자를 대상으로 했을 경우에도 마찬가지로 높은 재현성이 유지 되는지를 확인하고자 원발 개방각 녹내장 환자들을 대상으로 하여 ACV를 이용한 형태시적 대비 감도 검사(morphoscopic contrast sensitivity test)를 반복적으로 시행한 뒤, 그 재현성을 평가해 보았다.

<접수일 : 2002년 8월 19일, 심사통과일 : 2003년 5월 14일>

통신저자 : 성 공 제

서울시 강남구 도곡동 146-92

영동세브란스병원 안과

Tel: 02-3497-3440, Fax: 02-3463-1049

E-mail: gjseong@yumc.yonsei.ac.kr

* 본 논문의 요지는 2002년 대한안과학회 제87회 춘계학술대회에서 포스터로 발표되었음.

대상과 방법

평균 연령 35.4±8.5세(23-47세)의 총 5명(남자 3명, 여자 2명)의 원발 개방각 녹내장 환자 5안을 대상으로 하였다. Humphrey 시야 검사계를 통한 시야 검사상 이들의 평균 mean deviation 은 -8.12±1.83 dB (-6.05~-10.58 dB)이었으며, 현성 굴절 검사상 평균 구면렌즈 대응치는 -0.40±1.93(-3.25~+2.00) 으로

모든 환자에서 교정시력 0.8 이상을 나타내었다. 대상 군 모두에서 녹내장이외의 다른 안과적 질환은 발견되지 않았다.

각각의 안에 대해서는 2001년 11월 23일부터 동년 동월 27일까지 매일 1회씩 총 5회에 걸쳐 Visual Capacity Analyzer 를 이용한 형태시적 대비 감도 검사를 서로 다른 두 가지 화면 밝기(maximum luminance level 과 3 cd/m² luminance level)하에서 시행하였다

환자 전신상태의 변화로 인해 발생할 수 있는 오차 요인을 최소화하기 위해 피검자들의 일상 생활(normal life pattern) 을 그대로 유지하게 하였고, 매일 같은 시간에 검사를 시행하였으며, 눈의 피로도를 일정하게 하기 위해 검사 직전 10여분동안 눈을 감고 휴식을 취하도록 하였다.

검사는 동일한 검사자에 의해 이루어졌으며, 15인치 표준 컴퓨터 모니터를 이용하였다. 피검자와 모니터 사이의 거리는 1 m를 유지하였고, 컴퓨터 모니터가 유일한 광원이 되는 암실에서 시행하였다.

검사에 이용된 시표는 Landolt 고리였으며, 낮은 공간 주파수(spatial frequency) (3.0 cyc/deg) 부터 높은 공간 주파수 (30.0 cyc/deg)에 이르는 여러 공간 주파수(3.0, 3.8,... 30.0)에 대해 각각의 주파수별로 대비 정도를 0.1% 에서 100% 사이에서 변화시켜 가며, 표준화된 서로 다른 크기의 시표들을 모두 읽을 수 있는 최소 대비 수준을 측정하였다. 측정된 대비 정도는 통계 분석을 위해 log unit 으로 환산되었다. 이렇게 측정된 5회의 대비 감도 검사의 재현성을 알아보기 위해 각각의 공간 주파수 별로 Coefficient of variation (CV) 와 reliability coefficient (RC) 값을 계산하였다.

CV는 5회 반복 측정시 측정치의 표준편차를 측정치의 평균값으로 나눈 뒤 이를 백분율로 나타낸 것으로 이 값이 작을수록 높은 재현성을 의미한다. RC는 $\delta_p^2 / (\delta_p^2 + \delta_e^2)$ 으로 계산하여 백분율로 나타내는데 여기서 δ_p 는 5회 반복 측정시 평균치에 있어 피검자들 간의 차이에 기인한 표준편차이며 δ_e 는 피검자 각각의 측정치의 표준편차의 평균이다.⁶

따라서 RC 값이 높을수록 반복 측정시의 오차가 측정 자체의 오차보다 피검자간의 차이에 기인한 비율이 더욱 높은 것을 뜻하므로 검사의 재현성이 높음을 나타내게 된다.

결 과

각각의 공간 주파수에 대해 얻어진 CV 와 RC 값을

Table 1 과 Table 2에 나열하였다. 측정된 각각의 공간 주파수에 대한 CV와 RC 값이 각각 2.1~29.3%, 92.1~100.0% 이었으며, 3 cd/m² luminance level 의 화면 밝기하에서는 2.7~32.0%, 90.7~99.9%의 값을 나타내었다.

Table 1. Coefficient of Variation (CV) and Reliability Coefficient (RC) under maximum luminance level of screen

| Spatial frequency (cpd) | Coefficient of Variation (CV%) | Reliability Coefficient (RC%) |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 3.0 | 27.2 | 93.1 |
| 3.8 | 29.3 | 92.1 |
| 4.8 | 5.5 | 99.7 |
| 6.0 | 12.0 | 98.6 |
| 7.5 | 11.0 | 98.8 |
| 9.5 | 4.8 | 99.8 |
| 12.0 | 7.9 | 99.4 |
| 15.0 | 8.5 | 99.3 |
| 19.0 | 3.0 | 99.9 |
| 24.0 | 3.7 | 99.9 |
| 30.0 | 2.1 | 100.0 |

Table 2. Coefficient of Variation (CV) and Reliability Coefficient (RC) under 3cd/m² luminance level of screen

| Spatial frequency (cpd) | Coefficient of Variation (CV%) | Reliability Coefficient (RC%) |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 3.0 | 30.5 | 91.5 |
| 3.8 | 29.8 | 91.9 |
| 4.8 | 32.0 | 90.7 |
| 6.0 | 19.0 | 96.5 |
| 7.5 | 12.5 | 98.5 |
| 9.5 | 7.4 | 99.5 |
| 12.0 | 3.0 | 99.9 |
| 15.0 | 3.6 | 99.9 |
| 19.0 | 2.7 | 99.9 |
| 24.0 | 5.2 | 99.7 |
| 30.0 | 4.1 | 99.8 |

고 찰

대비 감도(contrast sensitivity)란 주어진 공간에서 어떤 물체나 영역의 밝기(luminance) 차이를 구분해 내는 능력으로 sine wave system이며, 이는

Snellen 시표와 같이 흰 바탕에 검정 글자로서 대비의 변화가 문자와 바탕의 경계부에서 급격히 일어나는 square wave grating system 에 비해 3~5 배 더 민감하게 시기능을 반영한다. 또, Snellen 시표를 이용한 시력 측정은 주로 황반부의 기능만을 반영하는데 반해 대비 감도는 망막의 보다 넓은 부분의 기능을 포함하며, 광학적 혼탁(optical blurring)과 망막 감도(retinal sensitivity) 모두를 반영하므로 안매체(ocular media), 망막, 시신경 및 시중추의 모든 변화를 나타낼 수 있다.^{1,2,7}

Campbell과 Green⁸은 원발 개방각 녹내장 환자에서 대비감도가 감소되는 것을 처음으로 보고하였고, 이후 대비 감도 검사는 녹내장에 의한 시신경의 손상을 확인하는데 유용한 검사로 알려져 왔다.^{3,4} 특히, 녹내장에 의해 쉽게 손상 받는 large retinal ganglion cell axons (optic nerve fiber)은 밝기 대비 (luminance contrast)에 민감한 lateral geniculate nucleus 의 magnocellular layer 의 세포들로 연결되기 때문에, 녹내장에 의해 시신경이 손상될 때에는 대비 감도의 감소가 조기에 나타나게 된다.⁹⁻¹² 이러한 사실은 대부분의 녹내장 환자들이 시신경의 조직학적 손상이 진행되고 있음에도 불구하고 그 손상정도가 일정 수준에 이르기 전까지는 시야 검사상 정상으로 간주되고 있음을 고려해 볼 때, 녹내장으로 이환될 가능성이 높은 고안압증 환자를 찾아내거나 초기 녹내장 환자에 있어 병의 진행 정도를 확인하는데 있어 대비 감도 검사가 많은 도움을 줄 수 있음을 의미한다.^{7,13-18} 다만, 대비 감도 검사 자체만으로는 진단적 특이성이 낮으므로 검사 결과를 해석함에 있어 이에 영향을 미칠 수 있는 다른 요소들(연령, 굴절오차, 시야 및 백내장, 당뇨병성 망막증, 연령 관련 황반 변성등과 같은 다양한 안과적 질환 등)을 함께 고려하는 것이 중요하다.¹⁹

지금까지 Vistech, Cambridge, LH, Regan, Pelli-Robson 등 다양한 종류의 대비 감도 검사 방법이 개발되어 왔는데, 전반적인 시기능을 평가할 수 있도록 고안된 ACV 역시 대비 감도를 측정할 수 있다.²⁰⁻²⁴ 이 경우 검사 방법에는 두 가지가 있는데, 하나는 Landolt ring을 이용한 형태시적(morphoscopic) 대비 감도 검사이고, 다른 하나는 밝은 띠와 어두운 띠가 교차하는 줄무늬를 이용한 비형태시적(amorphous) 대비 감도 검사로서 본 연구에서는 전자의 검사 방법에 대한 재현성을 평가하였다.

우선, Maximum luminance level 의 화면 밝기하에서는 검사가 진행된 모든 공간 주파수에서 29.3% 이하의 낮은 CV 값을 보였으며, 특히 3.0 cyc/deg와 3.8 cyc/deg 의 공간 주파수에 대한 경우를 제외한 나머지

공간 주파수에서 CV 값이 2.1~12.0% 로 상대적으로 낮은 값을 나타내었다. 또, 같은 화면 밝기 하에서의 RC 값은 검사가 행해진 모든 공간주파수에서 92.1% 이상의 높은 값을 나타내었다. 이는 CV 와 RC 값 모두 높은 재현성을 보이고 있음을 의미한다.

3cd/m² luminance level 의 화면 밝기하에서 시행한 검사의 CV 및 RC값 역시 비슷한 양상을 나타내었는데, 검사가 행해진 모든 공간 주파수에서 CV 값은 32.0% 이하로 낮은 수치를 보였고, RC 값은 90.7% 이상의 높은 수치를 나타내었다. 또, Maximum luminance level 에서 얻어진 결과와 비슷하게 3.0, 3.8, 4.8 과 같이 상대적으로 낮은 공간 주파수에서 얻어진 CV 값보다, 그 이상의 높은 공간 주파수에서 얻어진 CV 값이 월등히 낮은 값을 나타내었다.

이처럼 낮은 공간 주파수 영역에서의 CV 값이 상대적으로 높게 나온 이유는 이 영역에서 얻어진 측정치 자체가 매우 작은 수치이기 때문에 반복 측정시 발생하는 작은 차이도 상대적으로 큰 변화량으로 간주되기 때문이며, 따라서 이렇게 매우 작은 수치에 대한 재현성의 척도는 상대적으로 그 영향을 덜 받는 RC 값이 더 적합하리라 생각된다.

결론적으로, 녹내장 환자에 있어 ACV를 이용한 형태시적 대비 감도 검사는 높은 재현성을 갖는 것으로 보이며, 따라서 녹내장의 진행여부와 치료에 대한 반응의 정도를 판단하는데 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 앞에서 언급한 것처럼 녹내장 이외에도 대비 감도에 영향을 미칠 수 있는 다른 요인들이 많이 있으므로, 이들을 효과적으로 배제할 수 있는 방법에 대한 연구가 더 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 1) Hamer RD, Mayer DL. The development of spatial vision. In: Albert DM, Jakobiec FA, eds. Principles and Practice of Ophthalmology: Basic Sciences, 1st ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company 1994;578-602.
- 2) 박성리, 문남주. 저시력환자의 진료에서 대비감도검사의 유용성. 한안지 1998;39:1788-93.
- 3) Bodis-Wollner I. Electrophysiological and psychophysical testing of vision in glaucoma. Surv Ophthalmol 1989;33:301-7.
- 4) Stamper RL. Psychophysical changes in glaucoma. Surv Ophthalmol 1989;33:309-18.
- 5) Bose S, Piltz JR, Breton ME. Nimodipine, a centrally active calcium antagonist, exerts a beneficial effect on contrast sensitivity in patients with normal-tension glaucoma and in control subjects. Ophthalmology 1995;102:1236-41.
- 6) Mikeberg FS, Wijisman K, Schulzer M. Reproducibility of topographic parameters obtained with the Heidelberg Tomo-

- graph. *J Glaucoma* 1993;2:101-3.
- 7) Comerford JP. Vision evaluating using contrast sensitivity functions. *Am J Optom Physiol Opt* 1983;60:394-8.
 - 8) Campbell FN, Green DG. Optical and retinal factors affecting visual resolution. *J Physiol* 1965;181:576-93.
 - 9) Quigley HA, Dunkelberger GR, Green WR. Chronic human glaucoma causing selectively greater loss of large optic nerve fibers. *Ophthalmology* 1988;95:357-63.
 - 10) Quigley HA, Sanchez RM, Dunkelberger GR, et al. Chronic glaucoma selectively damage large optic nerve fibers. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1987;28:913-20.
 - 11) Kaplan E, Shapley RM. X and Y cells in the lateral geniculate nucleus of macaque monkeys. *J Physiol* 1982;330:125-43.
 - 12) Kaplan E, Shapley RM. The primate retina contains two types of ganglion cells, with high and low contrast sensitivity. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1986;83:2755-7.
 - 13) Arden GB. The importance of measuring contrast sensitivity in cases of visual disturbance. *Br J Ophthalmol* 1978;62:198-209.
 - 14) Arden GB, Jacobson JJ. A simple grating test for contrast sensitivity: Preliminary results indicate value in screening for glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1978;17:23-32.
 - 15) Hitchings RA, Powell DJ, Arden GB, Carter RM. Contrast sensitivity gratings in glaucoma family screening. *Br J Ophthalmol* 1981;65:515-7.
 - 16) Greene HA, Madden DJ. Adult age differences in visual acuity, stereopsis, and contrast sensitivity. *Am J Optom Physiol Opt* 1987;64:749-53.
 - 17) Ross JE, Bron AJ, Reeves BL, Emmerson PG. Detection of optic nerve damage in ocular hypertension. *Br J Ophthalmol* 1985;69:897-903.
 - 18) Tyler CW. Specific deficits of flicker sensitivity in glaucoma and ocular hypertension. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1981;20:204-12.
 - 19) Jindra LF, Zemon V. Contrast sensitivity testing : A more complete assessment of vision. *J Cataract Refract Surg* 1989;15:141-8.
 - 20) Ginsburg AP. A new contrast sensitivity vision test chart. *Am J Optom Physiol Opt* 1984;61:403-7.
 - 21) Della Sala S, Bertoni G, Somazzi L, et al. Impaired contrast sensitivity in diabetic patients with and without retinopathy : a new technique for rapid assessment. *Br J Ophthalmol* 1985;69:136-42.
 - 22) Hyvarinen L. Classification of visual impairment and disability. *Bull Soc Belge Ophthalmol* 1985;215:1-16.
 - 23) Regan D, Giaschi DE, Fresco BB. Measurement of glare sensitivity in cataract patients using low-contrast letter charts. *Ophthalmic Physiol Opt* 1993;13:115-23.
 - 24) Pelli DG, Robson JG, Wilkins AJ. The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. *Clin Vision Sci* 1988;2:187-99.

=ABSTRACT=

Reproducibility of Morphoscopic Contrast Sensitivity Obtained with the Visual Capacity Analyzer in Glaucoma Patients

Il Hwan Koh, M.D., Gong Je Seong, M.D.

*The Institute of Vision Research, Department of Ophthalmology, Yonsei University,
College of Medicine, Seoul, Korea.*

Purpose: To determine the reproducibility of morphoscopic contrast sensitivity test values in the patients with primary open angle glaucoma using the Visual Capacity Analyzer (ACV) designed for assessing full visual performance including contrast sensitivity.

Methods: Morphoscopic contrast sensitivity was measured in each five glaucomatous eyes. The measurement was repeated 5 times under two different luminance level of screen (maximum and 3 cd/m²).

Results: Under maximum luminance background, the coefficients of variation (CV) and the reliability coefficients (RC) for the spatial frequencies examined in this study ranged from 2.1% to 29.3%, from 92.1% to 100.0%, respectively. Under 3cd/m² luminance level of screen, the CV ranged from 2.7% to 32.0%, and the RC ranged from 90.7% to 99.9%.

Conclusions: The results indicates that for the spatial frequencies examined, the morphoscopic contrast sensitivity test using ACV shows good reproducibility in glaucomatous patients.

J Korean Ophthalmol Soc 44(6):1341-1345, 2003

Key Words: Contrast sensitivity test, Glaucoma, Reproducibility, Visual capacity analyzer

Address reprint requests to **Gong Je Seong, M.D.**

Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine, Yongdong Severance Hospital
#146-92 Dogok-dong, Kangnam-ku, Seoul 135-720, Korea

Tel: 82-2-3497-3440, Fax: 82-2-3463-1049, E-mail: gjseong@yumc.yonsei.ac.kr