

동적시력과 대비감도의 상관관계

심문식, 강혜숙, 김상현, 심현석*

광주보건대학교 안경광학과, 광주 506-701

투고일(2014년 04월 29일), 수정일(2014년 06월 3일), 게재확정일(2014년 6월 18일)

목적: 동적시력(Kinetic visual acuity, KVA), 대비감도(Contrast sensitivity), 정지시력(정지시각 Static visual angle, SVA) 등의 상관관계를 분석해 보고자 하였다. **방법:** 안경광학과 재학생 99명(남 51명, 여 48명)을 대상으로 Topcon CV-3000 포롭터를 이용하여 완전교정 후 명소시(100 cd/m²)상태에서 Vector Vision CSV-1000E를 이용하여 2.5 m 거리에서 대비감도를 측정하였다. 또한 KVA 측정장치(KOWA AS-4A)을 이용하여 동적시력을 측정하였다. KVA 정도에 따라, 0.1~0.3 L그룹, 0.31~0.60 M그룹, 0.61 이상을 H그룹으로 분류하고 대비감도, 정지시각, 굴절이상량 등의 상관관계를 분석하였다. **결과:** KVA와 대비감도의 상관성은 3 cpd $r=0.26$, 6 cpd $r=0.48$, 12 cpd $r=0.38$, 18 cpd $r=0.47$ 로 저주파수인 3 cpd를 제외하고, 모두 KVA와 SVA의 상관성 $r=-0.37$ 보다 높았다. 주파수별 대비감도는 3, 6, 12, 18 cpd에서 각각 L그룹은 59.41, 92.22, 38.41, 14.39, M그룹은 66.03, 108.78, 53.51, 19.20, H그룹은 70.90, 146.10, 62.90, 25.33이었다. **결론:** KVA와 대비감도의 상관성이 SVA보다 높으며, KVA가 높은 경우 저주파수 이외에서는 대체로 대비감도가 높은 것을 알 수 있었다.

주제어: 동적시력, 대비감도, 정지시력, 정지시각

서 론

동적시력은 크게 두 가지로 분리할 수 있는데 좌우로 이동하는 물체를 인식하는 횡방향 동적시력(Dynamic visual acuity: DVA)과 전후에서 이동하는 시표를 인식하는 종방향 동적시력(Kinetic visual acuity: KVA)이 있다.^[1] 스포츠, 운전 등 일상생활에서 정지 물체를 보는 경우보다 움직임이 있는 물체를 인식하고 식별해야 하는 경우가 훨씬 많아 동적시력이 중요하다고 할 수 있다.

사물의 인지와 분별능력의 수준은 망막상의 질에 의해 달라진다.^[2] 특히 굴절이상이나 적절하지 못한 굴절이상 교정은 망막에 흐린 상을 유발하여 시력 및 대비감도(Contrast sensitivity)를 저하시켜 시각활동을 원활하지 못하게 한다.^[3] 일반적으로 정지시력 검사는 90% 이상의 높은 대비감도수준의 시표를 이용하기 때문에 대비수준이 낮은 일상 시생활을 판단하는데 정확하지 않다. 반면 대비감도 검사는 다양한 크기와 대비에 대하여 시기능을 광범위하게 평가할 수 있다. 실제로 물체를 파악하는 능력을 측정하는 방법으로 일반적 시력검사보다 완전한 형태이기에 임상에서 다양하게 응용될 수 있을 것이다.^[4] 대비감도 검사는 여러 가지 소리의 강도와 주파수에 대한 역치감도

를 측정하는 청력검사와 비슷하며 소리가 순수한 음(tone)으로 분해되는 것과 같은 방식으로 물체도 시력을 측정하는 가장 민감한 표적인 싸인파(sine wave)의 단순한 양식으로 분해될 수 있다.^[5] Jindra 등은^[4] 싸인파 줄무늬가 문자나 막대양식 보다 3~5배 더 민감하다고 하였다. 대비감도가 떨어진다면 밤에 교통 신호등, 차량 등이 잘 보이지 않고, 상대방의 얼굴 표정을 제대로 읽을 수 없으며, 독서를 하기 위해서는 불을 더 밝혀야 하고, TV를 보면서 눈의 피로를 더욱 느끼게 될 것이다.

본 저자들은 이미 선행연구에서 동적시력의 남녀차이^[6]와 굴절상태 교정에 따른 동적시력의 차이^[7] 그리고 20대 대학생의 대비감도^[8] 등을 보고한 바 있다. 본 연구에서는 정지시력 보다 더 일상생활에 필요한 동적시력과 질적 시력이라고 표현되는 대비감도를 각각 측정하여 두 결과의 상관성을 분석해 보고, 더불어 정지시력을 표시하는 정지시각(Static visual angle, SVA)과의 상관성 차이도 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

본 연구는 G시에서 2013년 3월부터 2013년 6월까지 본

*Corresponding author: HyunSuk Shim, TEL: +82-62-958-7706, E-mail: shs8584@hanmail.net

*이 논문 내용은 2013년 한국안광학회 하계 학술대회에서 포스터로 발표되었음.

Table 1. The conversion chart of contrast sensitivity

c.n cpd	S	1	2	3	4	5	6	7	8
A (3.0)	5	10	15	22	31	43	61	85	120
B (6.0)	8	16	24	36	50	70	99	138	193
C (12.0)	4	8	12	18	25	35	50	70	99
D (18.0)	1.5	3	4.5	7	9.5	13	18	25	36

c.n : Chart number, cpd : cycles per degree

연구의 내용을 이해하고 실험에 참여하기로 동의한 안경광학과 재학생 99명(남 51명, 여 48명)을 대상으로 하였다. 대상자의 평균연령은 22.97 ± 1.81 세 이고, 굴절이상량은 평균 -3.07 ± 2.66 D이었다. Topcon CV-3000 포토퍼를 이용 완전교정한 후, 명소시(100 cd/m^2) 상태에서 Vector Vision CSV-1000E를 이용 2.5 m에서 대비감도를 측정하였고, 같은 조건으로 동적시력계(KOWA AS-4A)를 사용하여 양안 KVA를 측정하였다.

대비감도는 공간주파수로 나타내는데 공간주파수는 물체 또는 상 크기를 측정하는 것으로 cycles per degree (cpd)로 표현한다. 공간주파수가 높다는 것은 물체나 상 크기가 작다는 의미이다. 대비감도 측정을 위한 공간주파수는 3.0, 6.0, 12.0, 18.0 cpd를 이용하였으며, 각 주파수에서 1~8 시표번호에 해당하는 대비감도 값은 Table 1에 나타났다. 기존 선행 연구에서는 공간주파수를 1.5, 3.0, 6.0, 12.0, 18.0 cpd,^[9] 또는 저시력자를 대상으로 한 경우는 0.7, 3.0 cpd^[10] 등을 이용하는 경우가 있다. 본 연구는 저시력자나 안저에 이상이 있는 대상자가 아니었기 때문에 1.5 cpd 이하의 저주파수를 사용하지 않은 대신 검사의 정확도를 높이기 위해 양자택일형 검사법(2 alternative forced choice technique)을 사용하였다.

동적시력계의 시표는 란돌트고리도 전방 50 m 위치에서 눈앞 2 m 앞으로 시속 30 km/h(8.33 m/sec) 속도로 이동한다. 이 때 시표의 터진 방향을 30m 위치에서 인식이 가능하면 시력이 1.0에 해당하고 0.1에서 1.6까지 KVA 환산시력은 Table 2에 나타났다. 시표는 상·하·좌·우·우상·우하·좌상·좌하의 8방향을 자유롭게 제시하고, 시표 표준 휘도 160 cd/m^2 이다. 검사방법은 동적시력계에서 양안의 동공간거리에 맞게 간격을 조정하고 검사자가

Table 2. The conversion chart of kinetic visual acuity

Distance (m)	3	9	15	21	27	30	33	39	48
KVA	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	1.1	1.3	1.6

KVA : Kinetic visual acuity

시작 버튼을 누르면, 피검사자는 시표가 전방에서 다가오는 동안 시표방향이 확인되면 재빠르게 스위치를 누르고 그 방향을 맞추도록 한다. 방향이 맞으면 측면에 표시되어 있는 시력을 읽는다. 3~5회의 연습을 거친 후, 본 실험을 같은 방법으로 5회 실시하여 가장 높은 시력과 가장 낮은 시력을 뺀 3회의 평균을 동적시력으로 하였다.

측정된 자료는 엑셀 통계프로그램을 이용하여 동적시력, 정지시각, 대비감도 등의 상관분석과 동적시력을 0.1~0.3 L그룹, 0.31~0.60 M그룹, 0.61 이상을 H그룹으로 분류하여 대비감도, 정지시각, 굴절이상량 등과 분산분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

정지시력은 전통적으로 환자의 시각 능력을 평가하는 기준이 되고 있으나 이는 오직 대비도가 최대인 상태에서의 분리력과 관련된 것이며 큰 물체라 할지라도 낮은 대비도의 물체가 특히 빠르게 움직임이 있는 경우 어떻게 보이는지에 대한 정보를 제공하지 못한다. 예를 들어 얼굴과 같이 크고 낮은 대상을 보는 것이나 구기 종목에서 공 중에서 공의 움직임을 보는 능력 등은 정지시력만으로는 충분히 나타내지 못한다.

대비감도 측정은 일상생활을 하는데 시생활의 질을 평가하는 척도로 사용될 수 있으며 안질환이나 수술 후 시력이 회복되는 정도를 파악할 수 있는 지표로 이용되기도 한다. 대비감도에 영향을 주는 요인은 색수차, 산란, 초점심도, 부등상시, 연령, 굴절이상, 낮은 대비, 색대비, 조명, 눈의 해상도, 다양한 안과적 질환 등으로 알려져 있다.^[9]

동적시력은 스포츠 활동을 하는데 선수가 공이나 주위를 보고 상황 판단을 하기 위해서는 좋은 시기능이 필요하다고 알려져 있으며, 현대사회는 운전자들도 많아지고 사회체육의 발달로 스포츠를 여가로 즐기는 사람이 많아졌다. 이렇듯 움직이는 물체를 봐야할 기회가 많아진 상태에서는 정지시력만으로 시력을 대표하기에는 어려움이 많은 것 같다.^[7]

따라서 본 연구에서는 움직임이 있는 상태에서 시력을 측정하는 동적시력과 시생활의 질을 평가하는 대비감도 등을 측정하여 정지시력과 더불어 각각의 상관성을 비교 분석하였다.

먼저 KVA와 대비감도의 상관성은 표 3에서와 같이 3 cpd는 $r=0.26$, 6 cpd는 $r=0.48$, 12 cpd는 $r=0.38$, 18 cpd는 $r=0.47$ 로 저주파수인 3 cpd만 제외하고, 모두 KVA와 SVA의 상관성 $r=-0.37$ 보다 높았다. SVA와 대비감도의 상관성은 3 cpd는 $r=-0.26$, 6 cpd는 $r=-0.41$, 12 cpd는 $r=-0.49$, 18 cpd는 $r=-0.42$ 로 SVA는 12 cpd에서 가장 높은

Table 3. Coefficient of correlation of contrast sensitivity, refractive error, static visual angle and kinetic visual acuity

	KVA	SVA	O.D. R.E.	O.S. R.E.	3cpd	6cpd	12cpd
KVA							
SVA	-0.37						
O.D. R.E.	-0.01	-0.03					
O.S. R.E.	0.00	-0.04	0.94				
3 cpd	0.26	-0.26	-0.01	-0.03			
6 cpd	0.48	-0.41	-0.06	-0.01	0.51		
12 cpd	0.38	-0.49	-0.03	0.00	0.41	0.58	
18 cpd	0.47	-0.42	-0.03	-0.02	0.40	0.56	0.71

KVA : Kinetic visual acuity, SVA : Static visual angle, R.E.: Refractive error, cpd : cycles per degree

Table 4. Means and standard deviations of contrast sensitivity, refractive error, static visual angle and kinetic visual acuity

		Total (n=99)		High group (n=25)		Middle group (n=47)		Low group (n=27)		p-value
		AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD	AVE	SD	
Kinetic visual acuity		0.46	0.22	0.77	0.13	0.44	0.09	0.21	0.06	0.00
Contrast sensitivity values	3 cpd	65.46	21.82	70.90	20.65	66.03	22.13	59.41	21.63	0.16
	6 cpd	113.69	46.22	146.10	46.34	108.78	44.47	92.22	32.22	0.00
	12 cpd	52.04	28.34	62.90	26.27	53.51	27.73	39.41	27.34	0.00
	18 cpd	19.44	9.99	25.33	8.41	19.20	10.38	14.39	7.79	0.00
Static visual angle		0.79	0.14	0.72	0.15	0.81	0.11	0.84	0.15	0.00
Refractive error(D)		-3.02	2.59	-2.28	2.40	-3.01	2.54	-3.74	2.71	0.01

cpd : cycles per degree

상관성을 보였지만, KVA는 18 cpd에서 가장 높은 상관성을 보였다. 굴절이상과 KVA의 상관성은 우안 $r = -0.01$, 좌안 $r = 0.00$ 로 굴절이상 정도와 KVA는 거의 상관이 없는 것으로 나타났다.

표 4는 동적시력 정도별 단계에 따른 대비감도를 나타내는 것으로 각 그룹의 3, 6, 12, 18 cpd 주파수 별 대비감도는 KVA가 0.1~0.3인 L그룹은 59.41, 92.22, 38.41, 14.39이고, KVA가 0.31~0.60인 M그룹은 66.03, 108.78, 53.51, 19.20이었으며, KVA가 0.61 이상인 H그룹은 70.90, 146.10, 62.90, 25.33이었다. 또한 전체 대상자의 각 주파수별 대비감도는 65.46, 113.69, 52.04, 19.44이었다. 이런 결과로 볼 때 KVA 정도별 대비감도 3 cpd 저 주파수를 제외한 6, 12, 18 cpd 주파수에서 통계적 차이가 있는 것으로 분석되었다. 동적시력 정도별 단계에 따른 SVA는 전체 평균은 0.79이고, 그룹별로는 L그룹 0.84, M그룹 0.81, H그룹 0.72로 KVA가 높을수록 정지시력은 약간씩 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 저자들의 선행 연구⁶⁾와 안병철¹¹⁾ 그리고 Kakiyama T 등¹²⁾의 연구와도 유사하였다. 굴절이상량의 경우는 동적시력이 높은 단계일수록 통계적으로 유의하게 낮아지는 경향을 보였다. 이런 결과는

Table 5. Contrast sensitivity population norms of photopic vision condition (younger age group: 20-55 years of age)

Spatial Frequency	Log Average (Contrast Level)	Standard Deviation
3 cpd	1.84 (6.38)	.14 (0.93)
6 cpd	2.09 (6.67)	.16 (1.08)
12 cpd	1.76 (6.46)	.17 (1.15)
18 cpd	1.33 (6.50)	.19 (1.31)

cpd : cycles per degree

동적시력은 구면과 원주 도수가 증가함에 따라 감소하는 경향이 보였으며, 근시와 0.75 D이상 원주도수에서 유의하게($p < 0.05$) 저하되는 것으로 보고 한 Mochizuki S 등¹³⁾과 유사하였다. 또한 난시가 없는 대상으로 실시해 원시에서 근시방향으로 굴절이상이 증가하면 동적시력이 감소하는 경향을 보인 저자들의 선행 연구⁷⁾와도 유사하였다.

표 5는 20~55세를 대상으로 CSV-1000을 이용하여 측정된 Vector Vision사의 표준 주파수 별 대비감도 표준 로그 값으로 3, 6, 12, 18 cpd에 각각 1.84, 2.09, 1.76, 1.33이고

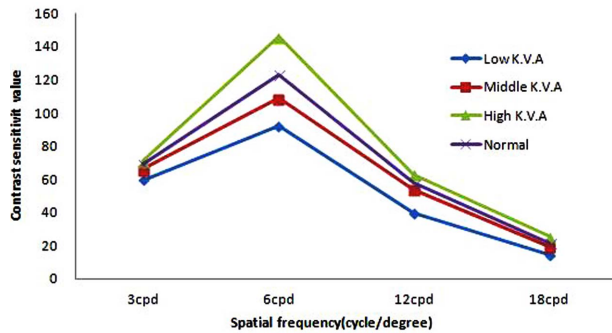


Fig. 1. Changes in contrast sensitivity based on levels of kinetic visual acuity resulting.

대비감도는 69, 123, 58, 21이었다.^[14] 그림 1은 Vector Vision사의 표준값과 본 연구 결과를 비교해 본 것으로 H 그룹은 기존 결과보다 높았으나, M그룹과 L그룹은 낮게 나타났다. 특히 6 cpd에서 동적시력 정도에 따른 차이가 많이 발생하는 것을 알 수 있었다.

이러한 이유는 굴절이상 특히 근시가 높은 경우는 완전 교정을 하여도 대비도 100%에 가까운 정지시력은 정시와 유사한 정도로 상승하나 렌즈의 프리즘 작용과 각종수차 등에 의해 동적시력과 대비감도 시력 등은 정상에 미치지 못하는 것으로 생각된다.

결 론

동적시력과 대비감도 시력 등은 단순한 정지시력보다 스포츠 뿐 아니라 일상생활에 필요한 기능적 시력으로 본 연구에서는 KVA, 대비감도 시력, SVA 등의 상관성을 분석해 보았다. KVA는 저주파수인 3 cpd를 제외하고 모든 주파수에서 SVA 보다 대비감도의 상관성이 더 높았으며, KVA 정도별 대비감도 차이는 3 cpd($p=0.16$)를 제외한 6 cpd 이상 모두에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 또한 6 cpd에서 동적시력 정도에 따른 차이가 많이 발생하는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 결과를 볼 때, KVA와 대비감도는 상관성이 있으며 KVA가 높은 경우 저주파수 이외에서는 대체로 대비감도가 높은 것을 알 수 있었다.

REFERENCES

- [1] Won CH, Mah KC. Sports vision training, 1st Ed. Seoul: Daehakselim, 1993;23-24.
- [2] Campbell FW, Green DG. Optical and retinal factors affecting visual resolution. *J Physiol.* 1965;181(3):576-593.
- [3] Atchison DA, Smoth G, Efron N. The effect of pupil size on visual acuity in uncorrected and corrected myopia. *Am J Optom Physiol Opt.* 1979;56(5):315-323.
- [4] Jindra LF, Zenmon V. Contrast sensitivity testing: A more complete assessment of vision. *J Cataract Refract Surg.* 1989;15:141-148.
- [5] Samuel Masket. Atlas of cataract surgery, 1st Ed. Los Angeles: Martin Dunitz, 1999;3-5.
- [6] Shim MS, Kim SH, Kang HS, Shim HS. The study of kinetic visual acuity in college students. *J Korean Oph Opt Soc.* 2012;17(4):419-424.
- [7] Shim HS, Kim SH, Kang HS. Changes in KVA resulting from correction condition of refractive error. *J Korean Oph Opt Soc.* 2013;18(2):165-171.
- [8] Choi SL, Han KL, Shim HS. Comparison to contrast sensitivity of male and female adults in their 20s. *J Korean Oph Opt Soc.* 2014;19(1):87-92.
- [9] You YC, Choi TH, Lee HB. Normal contrast sensitivity for various ages. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2003;44(1): 150-156.
- [10] Seo JM. Analysis of the visual function in low vision patients and normals in Canada, using contrast sensitivity. *J Korean Oph Opt Soc.* 2009;14(3):83-88.
- [11] Ahn BC. Dynamic and kinetic visual acuity of athletes and nonathletes. *J Korean Sports Med.* 1998;16(2):238-244.
- [12] Kakiyama T, Kushima A, Hirota A. Effects of the correction of visual acuity on kinetic visual acuity (KVA) in high school rugby players. *Japanese J Physical Fitness and Sports Med.* 2004;53(2):255-262.
- [13] Mochizuki S, Edagawa H, Hasuike M. A study of kinetic visual acuity and refraction in athletes. *J Japanese Orthopt.* 1998;26:25-30.
- [14] Pomerance G, Evans D. Test-retest reliability of the CSV-1000 contrast test and its relationship to glaucoma therapy. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1994;35(9):3357-3361.

A Relationship between Kinetic Visual Acuity and Contrast Sensitivity

Moon-Sik Shim, Hye-Sook Kang, Sang-Hyun Kim, and Hyun-Suk Shim*

Dept. of Ophthalmic Optics, Gwangju Health University, Gwangju 506-701, Korea

(Received April 29, 2014: Revised June 3, 2014: Accepted June 18, 2014)

Purpose: The study was to analyze the correlation between kinetic visual acuity (KVA), visual acuity(static visual angle, SVA) and contrast sensitivity. **Methods:** Ninety-nine undergraduate students studying Ophthalmic Optics were fully corrected by the Topcon CV-3000 Phoropter. The contrast sensitivity was measured for the participants under the photopic condition (100 cd/m^2) with Vector Vision CSV-1000E at 2.5 meter, while KVA was measured with KOWA AS-4A. The participants were classified into three groups L, M and H depending on the KVA (0.1~0.3, 0.31~0.6 and greater than 0.61, respectively) and were analyzed whether there was the correlation between the contrast sensitivity, visual acuity and refractive error. **Results:** The KVA was correlated with the contrast sensitivity for 3 cpd ($r=0.26$), for 6 cpd ($r=0.48$), for 12 cpd ($r=0.38$) and 18 cpd ($r=0.47$). Except for the low frequency of 3 cpd, they all were higher than the one of the SVA and the KVA ($r=-0.37$). The contrast sensitivity for 3, 6, 12 and 18 cpd was 59.41, 92.22, 38.41 and 14.39 in the group L, respectively. The contrast sensitivity in the group M was 66.03, 108.78, 53.51 and 19.20 and the one in the group H was 70.90, 146.10, 62.90 and 25.33 for 3, 6, 12 and 18 cpd, respectively. **Conclusions:** The correlation of the contrast sensitivity and the KVA was higher than the one of the contrast sensitivity and the SVA. It can be assumed that the contrast sensitivity will be high if the KVA is high, except for the case for low spatial frequency.

Key words: Kinetic visual acuity, Contrast sensitivity, Static visual acuity, Static visual angle