



A Study on the Change of Dynamic Visual Acuity according to the Addition Power

Ha-Rim Kim¹ and Ju-Hyun Jeong^{2,*}

¹Dept. of Optometry, Konyang University, Student, Daejeon 35365, Korea

²Dept. of Optometry, Konyang University, Professor, Daejeon 35365, Korea

(Received April 30, 2019: Revised June 3, 2019: Accepted June 10, 2019)

Purpose: To assess changes in the dynamic visual acuity (DVA) in the presence of additional power. **Methods:** Forty adults (mean age 24.02 years) without binocular vision disorders were enrolled in the DVA measurement group. Binocular DVA was randomly measured using a 7A lens and a progressive lens with 1 D, 2 D, and 3 D additions. **Results:** Mean DVA for a monofocal lens was 78.45 deg/sec. Mean DVA after the addition of a 1 D, 2 D, or 3 D lens was 69.30°/sec, 68.25°/sec, and 62.85°/sec, respectively. Therefore, mean DVA decreased with an increase in additional power. **Conclusions:** DVA of the lenses with additional power were lower than the mean DVA for a monofocal lens by 15%. DVA values gradually decreased with the subsequent increase in the power of addition.

Key words: Addition power, Monofocal lens, Progressive multifocal lens, Dynamic visual acuity, Static visual acuity

서 론

동체시력에 관하여 많은 관련 연구들이 있었다. Ludvigh와 Miller^[1,2]는 DVA라는 용어를 처음으로 사용하였다. 이들은 동체시력을 움직이는 물체를 보는 시력이라는 뜻으로 Dynamic Visual Acuity라 칭하였다. 또 Cline D^[3-6]등은 동체시력을 관찰자와 테스트 시표의 사이에 상대적인 움직임이 존재할 때 세밀하게 식별하여 알아낼 수 있는 능력이라 정의하였다. DVA는 시표의 변수와 개인의 능력에 따라 달라진다고 보고되어 왔다. 여기서 시표의 변수란 시표의 밝기와 관찰자에게 주어지는 시표의 노출시간을 의미하며, 개인의 능력이란 망막의 해상력이나 주변시능력, 안구운동능력, 자신이 본 것에 대해 해석하는 생리학적 능력을 뜻한다.^[7] 이에 대해 좀 더 예를 들어 설명하자면, DVA는 낮은 밝기의 시표보다 높은 밝기의 시표로 측정했을 때 더 높게 측정된다. 그리고 나이가 어린사람이 상대적으로 더 늙은 사람보다 DVA가 더 높게 측정된다^[8]. 또 Fergenson PE^[9]등은 동체시력이 안구운동계의 전반적인 능력에 영향을 받는다고 이야기 하였다. 물체가 일정한 속도 이상으로 움직일 때, 눈의 추적운동(pursuit movement)은 위치감각의 오류를 보정하기 위한 충동운동(saccadic movement)을 동반한다. 충동운동은 시표를 중심좌에 유지시키기 위한 운동이다. 또한 충동운동과 추적운동과 함께

이루어지는 것이 전정안구반사인데, 이는 갑작스러운 머리의 움직임을 보상하기 위해 일어나는 반사적인 안구운동으로서 안정된 망막 이미지를 유지하기 위해 머리, 신체 및 외부 움직임을 제어하여 이루어진다.^[10,11] 양안의 추적운동이 부정확해지면 망막상이 정적인 상태를 유지하기 어려워져 시력이 감소된다. 따라서 동체시력은 시표의 움직임이 증가할수록 저하된다.^[12] 그러나 시표가 움직일 때 머리가 시표를 따라갈 수 있도록 머리의 움직임이 동반된다면 동체시력은 개선된다.^[4] 정지시력(SVA)과는 다르게 동체시력은 트레이닝 될 수 있다는 선행연구들이 있는데, 특히 스포츠 중 구기종목이나 운전과 같은 높은 동체시력이 요구되는 일들에 효과적이라고 하였다.^[13-15]

따라서 본 연구에서는 단초점렌즈와 가입도에 변화를 준 누진렌즈의 동체시력을 측정하여 가입도가 동체시력에 미치는 영향을 비교 분석하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구는 안질환이 없고 양안시 이상이 없는 양안의 정지시력이 0.8 이상인 사람을 대상으로 선정하여 동체시력을 측정하였다. 성인 40명(남자 20명, 여자 20명)을 대상으로 하였으며 피검자의 평균 나이는 24.02±1.39였다.

*Corresponding author: Ju-Hyun Jeong, TEL: +82-42-600-8426, E-mail: jerngju@konyang.ac.kr

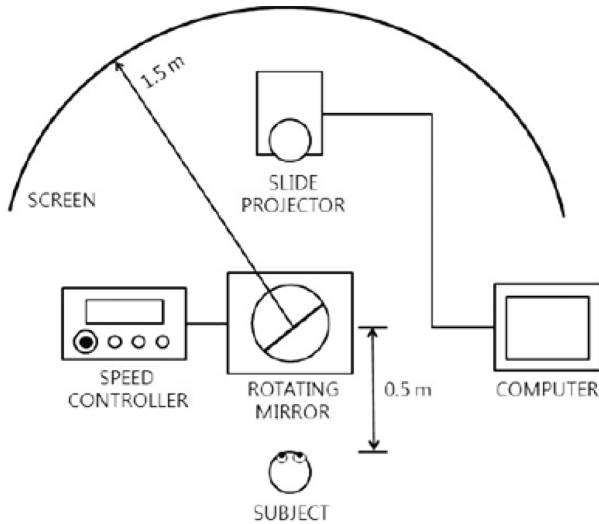


Fig. 1. A schematic diagram of the Dynamic Visual Acuity device.

2. 방법

동체시력은 직접 제작한 회전 거울식 동체시력 측정 장치로 이^[16] 등의 방법에 근거하여 측정하였다(Fig. 1). 이 회전 거울식 동체시력 측정 장치는 Smither와 Kennedy,^[17] wood와 Abernethy^[18]가 사용한 것과 유사하다. 피검자와 스크린의 거리는 2 m이며 시표를 슬라이드 프로젝터를 이용하여 회전거울에 입사시켜 1.5 m 떨어진 스크린에 투사되도록 하였다. 시표를 투사한 스크린은 빛 반사나 상의 왜곡 현상이 없도록 백색 아크릴판을 이용하여 지면과 수직을 이루는 원주면 형태로 제작하였다. 측정실의 조도는 항상 200 Lux로 일정 하게 유지하였다. 시표는 상, 하, 좌, 우 총 4가지 방향으로 뚫린 Landolt C 시표를 사용하여 피검자로 하여금 시표가 뚫린 방향을 위, 아래, 왼쪽, 오른쪽으로 대답하도록 하였다. 시표의 크기는 2 m거리에서 0.8시표를 투사하여 사용하였다. 이 실험에 사용한 안경렌즈는 총 4가지로 피검자 각자에 맞는 7A 교정 단초점렌즈, 가입도 1 D, 2 D, 3 D의 누진렌즈를 번갈아 착용하며 측정하였다. 동체시력 측정의 특성상 매 측정마다 숙련도가 더해져 뒤로 갈수록 점진적으로 검사값에 혼란을 줄 수 있기 때문에 데이터의 객관성을 위하여 모든 측정에 장용하는 렌즈의 순서는 특정 순서를 정하지 않고 랜덤하게 측정하는 무작위추출 방식으로 진행하였다. 측정시 피검자들은 보다 정확한 측정을 위하여 시표가 움직일 때 함께 머리를 따라 움직이는 것을 방지하고 안구의 움직임만으로 시표를 보게 하기 위해 머리고정대가 포함된 테이블에 턱을 고정시킨 상태로 측정하였다. 시표의 이동속도는 40 deg/sec에서 시작하여 점진적으로 속도를 올리며 측정하였다. 피검자가 시표를 정확하게 읽을 수 있는 속도까지 측정하였고 같은 속도로 총 5회 실시하여 가장 높은 수치와 가장 낮은 수치를 뺀 나머지 3회의 평균으로 측정값을 얻었다.

3. 통계처리

통계처리는 SPSS statistics18을 사용하였고, 유의수준 < .05에서 7A값을 장용한 렌즈와 가입도 1 D, 2 D, 3 D를 각각 장용한 렌즈의 DVA 값의 차이를 알아보기 위해 Independent t-test를 실시하였다.

결과 및 고찰

7A값을 장용한 렌즈와 1 D, 2 D, 3 D의 가입도를 더한 렌즈까지 총 4가지의 렌즈를 랜덤으로 착용한 뒤 동체시력을 측정하였다. 편의상 7A값을 장용한 단초점렌즈를 7A, 가입도를 1 D, 2 D, 3 D 더한 누진렌즈를 1 D, 2 D, 3 D라 명명하고 결과에 대한 해석을 진행하였다. 동체시력의 측정은 직접 구성한 회전거울식 측정 장치를 이용하여 시표의 속도는 1 rpm단위로 조정하였고 이를 이용하여 동체시력의 측정은 최대를 알아 볼 수 있는 속도까지 계속 진행하여 평균적으로 60~120 deg/sec 의 범위의 측정값을 얻게 되었다.

7A값을 장용한 렌즈의 평균 동체시력은 78.45 deg/sec이고, 1 D, 2 D, 3 D로 가입도 증가에 따라 평균 동체시력은 69.30 deg/sec, 68.25 deg/sec, 62.85 deg/sec로 측정되었다. 가입도 1D를 더한 렌즈의 평균 동체시력이 69.30 deg/sec으로 가입도를 더한 렌즈 군 가운데서 가장 높은 동체시력 값이 측정되었으며, 가입도 2 D를 더한 렌즈의 평균 동체시력이 68.25 deg/sec 그리고 가입도 3 D를 더한 렌즈의 평균 동체시력은 62.85 deg/sec으로 가장 낮은 동체시력 값으로 측정되었다(Fig. 2).

Table 2와 Fig. 3은 이러한 경향성을 조금 더 시각화 하여 보여주기 위한 데이터이다. 7A렌즈에서 가입도 1 D, 2 D, 3 D렌즈의 측정값으로 갈수록 점점 동체시력이 낮아지는 경향성을 볼 수 있는데, 특히 Fig. 3을 보면 가입도 3 D, 2 D, 1 D를 더한 렌즈들, 그리고 7A렌즈 순으로 점점

Table 1. Frequency distribution of Dynamic Visual Acuity of the 7A lens followed by additional power of 1 D, 2 D, and 3 D

DVA (deg/sec)	7A	1D	2D	3D
40	1	4	7	6
50	2	4	1	8
60	8	14	16	15
70	13	9	9	8
80	6	3	2	1
90	6	3	2	1
100	3	3	3	
110	1			

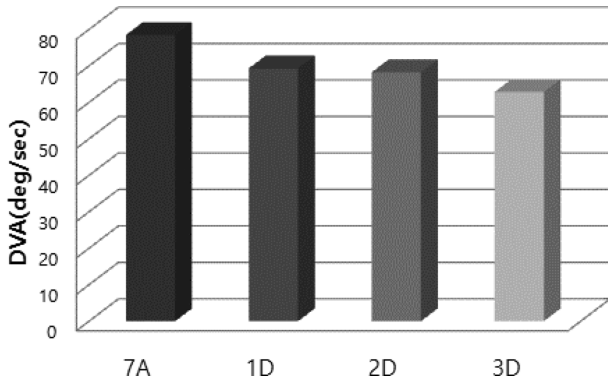


Fig. 2. Mean Dynamic Visual Acuity of the 7A lens followed by additional power of 1 D, 2 D, and 3 D.

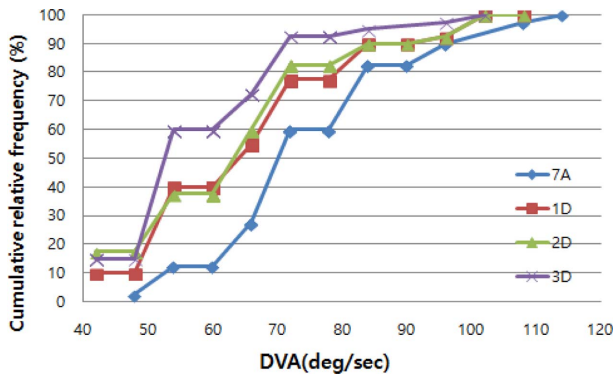


Fig. 3. Cumulative frequency plots of Dynamic Visual Acuity of the 7A lens followed by additional power of 1 D, 2 D, and 3 D.

표의 x축의 오른쪽(더 높은 동체시력의 값)으로 도수들이 밀집하여 뺏어나가는 경향성을 확인할 수 있다. 그리고 이들의 경향성은 동체시력의 실제 감소율을 통해서도 확인할 수 있는데, 동체시력이 가장 높은 7A값을 장용한 렌즈군과 비교하여 가입도 1D를 더한 렌즈의 동체시력은 약 12% 감소하였고, 가입도 2D를 더한 렌즈의 동체시력은 약 13% 감소하였다. 그리고 마찬가지로 동체시력이 가장 높은 7A값을 장용한 렌즈와 비교하여 가입도 3D를 더한 렌즈의 동체시력은 20%가 감소하였다(Fig. 4).

Table 2는 7A값을 장용한 렌즈군과 가입도를 1D, 2D, 3D 더하여 준 렌즈군의 동체시력을 비교한 것이다. 7A를 장용한 렌즈와 가입도 1D를 장용한 렌즈의 비교 t값은 2.576이고 유의확률 .012로 유의미한 차이를 보였다. 7A를 장용한 렌즈와 가입도 2D를 장용한 렌즈의 비교 t값은 2.900이고 유의확률 0.05로 유의미한 차이를 보였다. 그리고 7A를 장용한 렌즈와 가입도 3D를 장용한 렌즈 역시 비교 t값 4.693, 유의확률 0.00으로 유의미한 차이를 보였다. 그리하여 7A를 장용한 군의 동체시력을 측정된 값이 가입도 1D, 2D, 3D로 장용하여 측정된 군의 동체시력 값과 비교하여 모두 $p < .05$ 에서 유의미한 차이를 보였다.

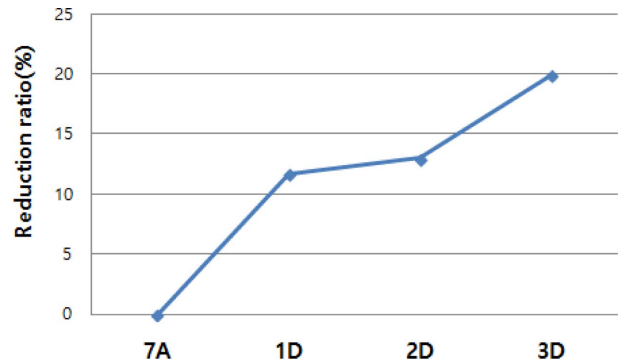


Fig. 4. Reduction ratio of Dynamic Visual Acuity of the 7A lens followed by additional power of 1 D, 2 D, and 3 D.

Table 2. t-test for equality of Mean Dynamic Visual Acuity

DVA	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equal Means		
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
7A 1 D	.032	.857	2.576	78	.012
7A 2 D	.012	.913	2.900	78	0.05
7A 3 D	.420	.519	4.693	78	.000

그러나 가입도를 각각 장용한 1D, 2D, 3D군 끼리의 평균을 통계적으로 비교해 보았을 때 유의미한 차이는 없었다. 즉, 가입도를 1D라도 부가한 렌즈를 착용한 피검자의 동체시력은 감소하는 경향을 보이며 7A값만을 장용한 렌즈의 동체시력과 유의미하게 차이가 난다는 정량적인 결과를 얻을 수 있었다.

본 연구에서는 단초점렌즈와 가입도가 1D, 2D, 3D 누진렌즈의 동체시력을 측정하였다.

단초점 렌즈는 하나의 광학적 중심점에서 수차가 주변부에 고르게 펼쳐지는 것에 비해 누진렌즈는 수차가 넓은 지역에 복잡하게 분포되어 착용하는 사람은 그 수차에 적응하기가 단초점에 비해 어려울 것이다. 누진렌즈 안경 착용 시 주변부 왜곡과 왜곡이 없는 누진대의 폭이 좁아서 발생하는 원치 않은 난시에 적응하는데 어려움을 가지고 있다. 누진렌즈의 원치 않은 난시로 인한 흐림은 고개를 움직일 때 발생하는 울렁임 현상(Swimming effect)이라는 광학적인 중심점이 이동하면서 나타나는 시각적인 불편함이 원인이다. 이에 따른 동체시력의 변화를 정량적 제시하고 한다. 단초점렌즈인 7A값이 장용된 렌즈, 가입도가 1D, 2D, 3D 부가된 누진렌즈로 나누어 동체시력을 검사하였을 때 동체시력은 7A값을 장용시 가장 높고, 가입도가 있는 누진렌즈에서 동체시력이 낮게 측정되었다. 이것은 단초점 렌즈와 달리 누진렌즈의 설계 구조상 누진영역과 근용부 좌우에 몰려있는 비점수차와 왜곡수차 때문일

것이다. 가입도가 증가할수록 좌우 ‘수차몰림부’의 수차량이 많아지기 때문에 동체시력이 감소하는 것으로 사료된다. 본 연구에서는 1D의 작은 가입도 값에서도 수차몰림부의 영향을 받아 수평움직임의 동체시력인 DVA가 감소하였다. 즉, 작은 양의 가입도를 추가하였더라도 야외생활이나 스포츠 활동, 운전 등을 할 때, 누진렌즈를 착용한 사람이라면 눈의 움직임 보다는 머리의 움직임을 이용하여 생활하여야 한다는 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 누진렌즈 특성상 시생활을 할 때 안구의 좌우의 수평움직임 보다는 머리의 움직임을 사용하기 때문에 본 연구에 따라 오는 연구는 수차몰림부의 영향을 배제한 상태로 도수의 차이만을 이용하여 동체시력의 변화를 측정하였다. 이와 관련해서 Long^[19] 등은 머리움직임을 자유롭게 하여 DVA를 측정하는 연구를 하였다. 머리를 고정시켜 DVA를 측정할 때 보다 머리를 자유롭게 한 상태에서 측정한 DVA가 더 높은 값을 얻었다. 이처럼 머리를 자유롭게 한 연구에서 주변의 인식이 좀 더 수월하게 되어 DVA의 증가에 영향을 주었다고 하였다. 이러한 영향을 배제하기 위해서 동체시력을 측정하는 또다른 방법인 KVA(Kinetic visual acuity, KVA)를 함께 측정하여 비교하는 연구를 고려하였다. 그러나 안^[20]의 연구에서 DVA와 SVA(정지시력)은 관계가 없지만 KVA와 SVA(정지시력)은 높은 상관관계를 갖고 있다고 하였다. 그리하여 이에 따르는 연구에서는 누진렌즈의 수차몰림부의 영향을 받지 않으면서 또한 정지시력과 분별력 있는 동체시력을 측정하도록 고안하여 측정할 것이다. 그리하여 본 연구는 누진렌즈 수차몰림부의 영향에 대한 동체시력 변화에 대한 선행연구로 삼는다.

결 론

7A값을 장용한 렌즈를 기준으로 가입도 1D 넣은 렌즈를 착용했을 때 피검자의 동체시력이 12% 감소하였고, 가입도 2D를 넣은 렌즈를 착용했을 때 13% 감소하였다. 그리고 마찬가지로 7A값을 장용한 렌즈를 기준으로 가입도를 3D 넣은 렌즈를 착용했을 때 동체시력이 20% 감소하는 것을 볼 수 있었다.

REFERENCES

- [1] Ludvigh E. The visibility of moving objects. *Science*. 1948;108(2794):63-64.
- [2] Miller JW, Ludvigh E. The effect of relative motion on visual acuity. *Surv Ophthalmol*. 1962;7:83-116.
- [3] Cline D, Hofstetter HW, Griffin JR. *Dictionary of visual science*, 3rd Ed. Radnor: Chilton Book Company, 1980; 532-540.
- [4] Burg A, Hulbert S. Dynamic visual acuity as related to age, sex, and static acuity. *J Appl Psychol*. 1961;45(2): 111-116.
- [5] Long GM, Rourke DA. Training effects on the resolution of moving targets-dynamic visual acuity. *Hum Factors*. 1989;31(4):443-451.
- [6] Demer JL, Amjadi F. Dynamic visual acuity of normal subjects during vertical optotype and head motion. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1993;34(6):1894-1906.
- [7] Hoffman LG, Rouse M, Ryan JB. Dynamic visual acuity: a review. *J Am Optom Assoc*. 1981;52(11):883-887.
- [8] Long GM, Crambert RF. The nature and basis of age-related changes in dynamic visual acuity. *Psychol Aging*. 1990;5(1):138-143.
- [9] Fergenson PE, Suzansky JW. An investigation of dynamic and static visual acuity. *Perception*. 1973;2(3):343-356.
- [10] National Research Council. *Emergent techniques for assessment of visual performance*, 1st Ed. Washington, DC: National Academies, 1985;22-24.
- [11] Banks PM, Moore LA, Liu C, Wu B. Dynamic visual acuity: a review. *The South African Optometrist*. 2004;63(2):58-64.
- [12] Miller JW. Study of visual acuity during the ocular pursuit of moving test objects. II. Effects of direction of movement, relative movement, and illumination. *J Opt Soc Am*. 1958;48(11):803-808.
- [13] Wilkinson S. Effects of training in visual discrimination after one year: visual analysis of volleyball skills. *Percept Mot Skills*. 1992;75(1):19-24.
- [14] Long GM, Riggs CA. Training effects on dynamic visual acuity with free-head viewing. *Perception*. 1991;20(3):363-371.
- [15] Benguigui N, Ripoll H. Effects of tennis practice on the coincidence timing accuracy of adults and children. *Res Q Exerc Sport*. 1998;69(3):217-223.
- [16] Yi MH, Mah KC, Won CH. A study on the measurement of dynamic visual acuity for athletes and nonathletes. *Korean J Vis Sci*. 2000;2(1):1-6.
- [17] Wood JM, Abernethy B. An assessment of the efficacy of sports vision training programs. *Optom Vis Sci*. 1997;74(8): 646-659.
- [18] Al-Awar Smither J, Kennedy RS. A portable device for the assessment of dynamic visual acuity. *Appl Ergon*. 2010;41(2):266-273.
- [19] Long GM, Riggs CA. Training effects on dynamic visual acuity with free-head viewing. *Perception*. 1991;20(3): 363-371.
- [20] Ahn BC. Dynamic and kinetic visual acuity of athletes and nonathletes. *Korean J Sports Med*. 1998;16(2):238-244.

가입도에 따른 동체시력 변화

김하림¹, 정주현^{2,*}

¹건양대학교 안경광학과, 학생, 대전 35365

²건양대학교 안경광학과, 교수, 대전 35365

투고일(2019년 4월 30일), 수정일(2019년 6월 3일), 게재확정일(2019년 6월 10일)

목적: 이 연구에서는 단초점렌즈와 가입도에 변화를 준 누진렌즈의 동체시력을 측정하여 가입도가 동체시력에 미치는 영향을 비교 분석하였다. **방법:** 본 연구는 양안시에 문제가 없으며, 양안의 교정시력이 1.0이상이고 안질환이 없는 대학생 40명을 대상으로 동체시력을 측정 하였다. 7A만을 장용한 단초점 렌즈와 가입도를 변화시켜 가입도 1 D, 가입도 2 D, 가입도 3 D를 장용한 누진렌즈를 이용하여 무작위측정 방식을 통하여 동체시력을 측정하였다. **결과:** 단초점렌즈의 평균 동체시력은 78.45 deg/sec이고, 가입도를 1 D, 2 D, 3 D로 증가시킴에 따라 평균 동체시력은 69.30 deg/sec, 68.25 deg/sec, 62.85 deg/sec 측정되었다. 가입도가 1 D, 2 D, 3 D로 증가할 때 마다 12%, 13%, 20% 씩 동체시력이 감소하였다. **결론:** 가입도를 넣은 렌즈를 장용한 군들의 동체시력은 평균 15%이상 낮게 측정되었으며, 가입도가 증가할수록 동체시력은 점진적으로 감소하였다.

주제어: 가입도, 단초점렌즈, 누진렌즈, 동체시력, 정지시력