ISSN(print) 1226-5012
J Korean Ophthalmic Opt Soc. 24(4):427-431, December 2019
http://dx.doi.org/10.14479/jkoos.2019.24.4.427

A Study on Stereoacuity, Distance Horizontal Phoria according to Dynamic Visual Acuity

Tae-Hong Kim[1,a], Ha-Rim Kim[2,b], and Ju-Hyun Jeong[3,c,*]

[1]Eyegentry Optical Store, Optometrist, Incheon 21614, Korea
[2]Dept. of Optometry, Konyang University, Student, Daejeon 35365, Korea
[3]Dept. of Optometry, Konyang University, Professor, Daejeon 35365, Korea
(Received November 1, 2019: Revised November 20, 2019: Accepted December 11, 2019)

Purpose: The purpose of this study was to measure the dynamic visual acuity (DVA) and investigate the correlation between dynamic and static stereoscopic measurements. **Methods:** Experiments of this study were -performed using a rotating mirror apparatus to measure DVA, which was developed by the researcher and used to project an arbitrary Landolt C on a screen. Dynamic stereopsis was evaluated with the Howard-Dolman test. When the subject determined that both bars were aligned on the horizontal line, the data were averaged from five measurements. Static stereoscopy was evaluated with the Ttitmus fly test and measured bilaterally. In situ examination was performed using a prism bar, and the total level of horizontal prism used in the experiment was manufactured in 16 steps, starting from a low prism amount. **Results:** The overall mean DVA was 79.98 ± 20.98 °/s, and the average dynamic stereoscopic value was 19.28 ± 1.67 s of arc. The average static consolidations were 58.13, 52.50, and 51.00 s of arc in groups A, B, and C, respectively. DVAs based on the amount of inclination were 64.29 °/s, 77.47 °/s, and 87.27 °/s for 0 Δ, 1~3 Δ, and 4 Δ or above, respectively. **Conclusions:** The group with high DVA had higher dynamic and static stereotypes than the group with low DVA. In the analysis based on exophoria, DVA increased up to an exophoria of 4 Δ but decreased at an exophoria of 4 Δ or higher.

Key words: Dynamic visual acuity, Dynamic stereoacuity, Static stereoacuity

서 론

일반적으로 시력은 관찰자나 물체가 정지하고 있는 상태에서 물체를 인식하는 능력을 측정한 정지시력(static visual acuity: SVA)에 국한되어 논의되고 있지만, 인간의 전체적인 시각 능력은 눈의 분해능을 시력으로 결정하는 정지시력 이외에도 동체시력(dynamic visual acuity: DVA), 초점조절능력, 폭주조절능력, 시선의 정렬, 심시력등과 같은 여러 가지 요인의 영향을 받는다고 하였다.[1] 그 요소 중에서 DVA는 눈의 분해능으로 결정되는 SVA와는 달리 운동하는 물체를 정확하게 추적해야 하는 스포츠에서 경기력에 영향을 주는 중요한 요인이라고 하였다.[2] 일반인과 달리 운동선수들은 SVA가 1.0이상 선수라 하더라도 좋은 DVA를 갖지 못하고서는 운동선수로서 좋은 성적을 얻기가 힘들 수 있다. 특히 빠른 공을 활용한 운동인 농구와 배구, 야구, 핸드볼등과 같이 빠른 속도의 물체를 추적해야 하는 구기 종목 등은 운동선수 및 경기심판에게 우수한 DVA가 요구될 수 있다.[3,4] Ludvigh와 Miller[5-8]는 DVA라는 용어를 가장 먼저 사용하였고, DVA에 영향을 줄 수 있는 요인으로는 크게 2가지로 나눌 수 있다. 측정 시스템의 물리적 요인과 측정대상의 생리학적 요인으로 나눌 수 있으며, 물리적 요인은 시표의 밝기, 이동속도, 조사시간, 크기 등이 있으며, 생리적 요인은 눈의 해상력, 주변부 인식능력, 안구운동능력 등이 있으며[9], SVA가 동일하다 하더라도 여러 가지 요인으로 영향을 받는 DVA는 차이가 나는 것으로 지금까지의 연구결과에서 보여 주고 있다.[1,10] 우리 눈의 양안시기능의 최고단계를 입체시(stereopsis)라고 할 수 있으며 사물의 원근감을 인지하는데 중요한 역할을 한다. 시력이 SVA와 DVA로 나누어지는 것처럼 입체시도 정적 입체시(static stereoacuity)와 동적 입체시(dynamic stereoacuity)로 구분될 수 있다. 정적 입체시는 2차원적인 사물에 대한 사물의 원근감을 측정하는 검사이라고 하면 동적 입체시는 3차원적인 움직이는 사물에 대한 입체감을 검사하는 것을 말한다. 여러 가지

*Corresponding author: Ju-Hyun Jeong, TEL: +82-42-600-8426, E-mail: jerngju@konyang.ac.kr
Authors ORCID: [a]https://orcid.org/0000-0003-4261-6092, [b]https://orcid.org/0000-0003-1281-3212, [c]https://orcid.org/0000-0003-4285-9342
This article is a condensed form of the first author's master's thesis from University.

시감각적 요소가 반영되기 때문에 입체시 검사는 눈의 전반적인 기능과 시각적 종합 평가가 가능하며, 최종적으로 양안시기능 이상에 대한 판별을 하는 기준이 되고 있다고 하였다.[11] 따라서 본 연구는 20대 성인 남자 19명, 여자 27명 총 46명을 대상으로 DVA를 측정하여 동적입체시 및 정적입체시와의 상관성을 비교 분석, DVA와 실제 피검자가 가지고 있는 원거리 수평 사위량을 비교 분석하였다.

대상 및 방법

본 연구에 참여한 피검자는 안질환이 없고 단안교정시력 0.9 이상, 양안교정시력 1.0 이상을 대상으로 선정하여 동체시력을 측정하였다. 검사는 교정안경을 착용한 상태에서 DVA를 먼저 측정하였고, 이후 PD측정과 함께 동적입체시, 정적입체시 검사를 1차로 진행하였으며 2차 검사로 원거리 수평사위를 측정하였다. 모든 검사 진행시 데이터의 일관성과 오차를 줄이기 위하여 동일 검사자가 3회 이상 반복 측정하여 평균값을 데이터로 기록하였다. 동체시력은 직접 제작한 회전모터에 장착한 회전거울을 통해 Landolt C 시표를 투사하여 측정하였고, speed controller로 회전속도를 점차 증가시켜 피검자가 시표의 방향을 바르게 대답할 수 있는 가장 최대 rpm(rate per minute)에서 3회 이상 연속으로 Landolt C 시표를 인지할 경우를 동체시력값으로 기록하였다. 피검자와 스크린의 거리는 2 m이며 시표를 슬라이드 프로젝터를 이용하여 회전거울에 입사시켜 1.5 m 떨어진 스크린에 투사되도록 하였다. 시표가 회전투사되는 유효 스크린은 가로 194 cm, 세로 50 cm이다. 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 m 거리에서 0.8시표를 투사하여 사용하였다(Fig. 1). 3~5회의 연습을 거친 후, 본 실험을 진행하였으며 한 rpm당 3회 실시하여 평균으로 점수화하였다. 동적입체시 검사는 Howard-Dolman 검사로 진행하였다. 검사거리 2.5 m를 기준으로 피검자가 위치하여 두 개의 막대기가 수평선상에 맞춰졌다고 판단하면 값을 산출한다. 고정된 한 개의 막대를 기준으로 '0'위치에 두고 기준 막대기보다 앞쪽에서 검사가 끝나게되면 '+값', 뒤쪽이면 '–값'으로 구분하여 수치를 기록한다. 이 검사 역시 피검자의 숙지가 필요한 검사이므로 충분히 숙지하는 시간을 가지고 나서 본검사을 실시하였다. 두 막대의 세로간 거리 값을 5회 반복하여 측정하였고 검사값 중 최대값과

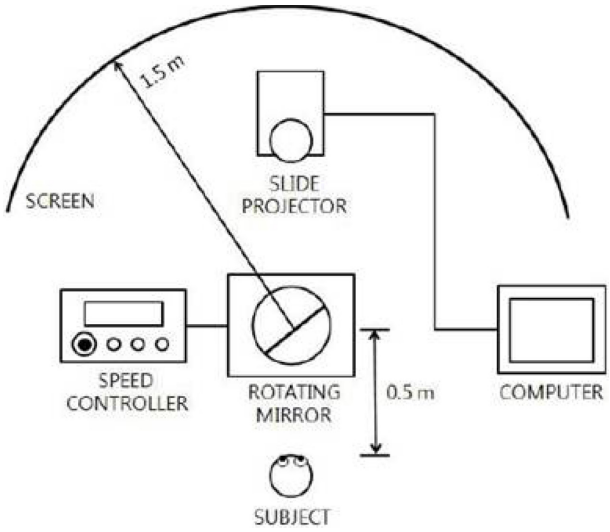

Fig. 1. Schematic diagram of the device used to measure dynamic visual acuity.

최소값을 제외한 나머지 3회의 평균으로 점수화하였다. 정적입체시를 검사는 Titmus-fly test으로 진행하였다. 편광안경을 착용시키고 40 cm 거리를 유지하며 검사를 진행하였고, 안경을 착용한 경우는 안경위에 편광안경을 착용하였다. 시표로 제작된 부분이 윤곽입체시를 활용하여 처음 몇 단계 까지는 단안으로도 구분이 가능하여 위양성의 결과가 나타난다는 단점이 있어 양안으로 검사하기 전 단안으로 몇 단계 까지 확인이 가능한지 확인 후 양안으로 측정하였으며 반복측정 후 동일하게 측정된 값을 기록하였다. 사위 검사의 대부분이 검사를 진행하는 동안 피검자의 응답에 의한 결과를 확인하는 자각식 방법으로 진행되었으나, 본 실험에서는 사위의 측정을 타각식 방법으로 진행하기 위해 프리즘 바를 사용하여 사위 검사를 진행하였다. 실험에 사용된 수평프리즘의 총 단계는 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30, 35, 40, 45 Δ 단계로 제작되었으며 낮은 프리즘 양부터 순서대로 진행하였다. 원거리 사위 검사 피검자와 검사자가 마주본 상태에서 피검자는 전방 6 m 앞에 위치되어 있는 고정된 문자시표를 주시하게

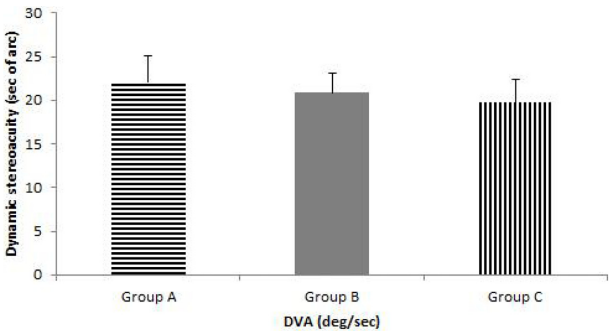

Fig. 2. Dynamic stereoacuity in three groups based on the mean dynamic visual acuity.

한 후 프리즘 바와 차폐판을 이용한 타각적 교대가림검사를 실시하여 사위방향과 사위량을 측정을 하였다.[1,12] 이때 문자시표의 크기는 피검자가 읽을 수 있는 가장 작은 시표보다 2줄 위 시표 중 단일 시표 1개를 선정하였다. 통계처리는 SPSS 20.0을 이용하여 데이터 간 유의성을 확인하기 위해 p<0.05 수준에서 Paired t-test를 실시하였다. 실험 항목 간 상관관계를 파악하기 위해 p<0.001 수준으로 상관분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 동체시력과 동적입체시

DVA를 측정한 전체 평균은 79.98(deg/sec) ± 20.98, 동적입체시 측정 결과의 평균은 19.28 ± 1.67(sec of arc)이였다. DVA와 동적입체시를 비교하기 위하여 DVA의 크기에 따라 그룹 A는 DVA가 72(deg/sec) 미만, 그룹 B는 DVA가 72~90(deg/sec), 그룹 C는 DVA가 96 이상이며 그룹별 평균값은 각각 58(deg/sec), 80.14(deg/sec), 108(deg/sec)로 나타났고, 동적입체시를 각각 그룹별 평균값을 확인해보면 그룹 A가 22.05(sec of arc), 그룹 B가 20.88(sec of arc), 그룹 C가 19.73(sec of arc)로 DVA와 동일하게 낮은 그룹 A보다 그룹 B가 5%, 그룹 A보다 그룹 C가 11% 비교적 높은 결과를 알 수 있었다. DVA와 동적입체시의 관계는 DVA가 좋은 그룹이 동적입체시도 좋게 나오는 경향을 확인 할 수 있었다.

Saladin[13]은 Howard-Dolman 검사를 실시한 결과 내사위, 외사위 및 수직 사위도에 따라 입체 시력이 다르다고 보고 하였다. 사위도와 입체시와의 관계에서는 사위 교정전, 후의 입체 시력에는 별다른 차이가 없으나 사위도가 증가할수록 입체 시력은 감소한다고 하였다. 본 연구에서는 가림검사를 진행하여 타각적으로 피검자의 사위량을 측정하였다. 대부분의 대상자들이 약도의 외사위를 가지고 있었고, 내사위 및 정위는 외사위군에 비해 적었다. 외사위군에 대해서 수평사위도와 Howard-Dolman 검사를 실시한 동적입체시 결과를 비교하였을 때 원거리 외사위도가 증가됨에 따라 동적입체시가 다름을 정 등[14]에 의한 선행연구와는 달리 본 연구에서는 큰 차이가 없다는 결과를 확인하였다.

2. 동체시력(DVA)과 정적입체시

DVA와 동적입체시를 비교한 그룹이었던 DVA 그룹 A,B,C의 정적입체시 데이터와 서로 비교하였고, 각 그룹별 정적입체시의 평균값을 보면 그룹 A가 58.13(sec of arc), 그룹 B가 52.50(sec of arc), 그룹 C가 51.00(sec of arc)로 정적입체시가 낮은 그룹을 기준인 그룹 A보다 그룹 B가 9.6%, 그룹 A보다 그룹 C가 11% 높은 결과를 얻을 수 있었다. 이 또한 동적입체시와 마찬가지로, DVA가 높아질수록 정적입체시도 높아진다는 경향성을 확인 할 수 있었다.

DVA와 입체시를 비교 분석하였을 때, 정적입체시와 동적입체시는 DVA가 증가됨에 따라 입체시 역시 좋게 나오는 경향성을 확인 할 수 있었다. DVA는 보통 선천적이기보다는 지속적이고 반복적인 훈련에 의해 후천적으로 빠르게 움직이는 물체를 망막에 인지시키는 능력이 발달한다고 하였고, 훈련을 통해 SVA는 개선될 수 없지만, DVA는 어느 정도 개선될 수 있음을 나타낸다고 하였다[4]. 또한 임[15]등에 의한 연구에 의하면 정적입체시와 동적입체시 이 2가지의 기능은 서로 다른 기능이기 때문에 한쪽 기능이 뛰어나다고 하여 다른 반대쪽 역시 뛰어나다고 할 수는 없다고 하였고, 두 입체시의 측정방법이 서로 달라야 함을 강조하였다. 본 연구에서 DVA와 동적입체시, DVA와 정적입체시를 비교 연구하였을 때 두 집단 모두 통계적으로 유의한 차이는 없었으나, DVA가 좋으면 입체시도 좋게나오는 경향성을 확인할 수 있었다.

3. 동체시력과 원거리 외사위

본 연구에 참여한 원거리 외사위(exophoria)는 32명으로 그룹별 비교를 위하여 모건의 표준값을 참고하여 0△,

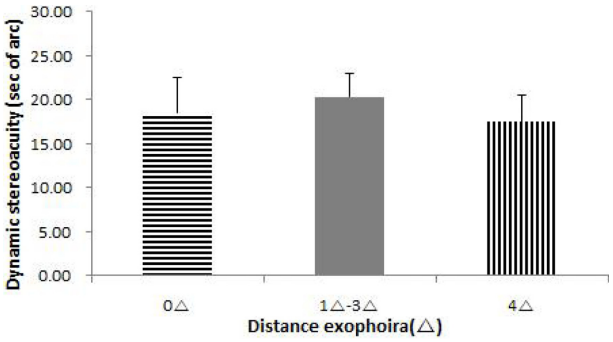

Fig. 3. Dynamic stereoacuity in groups based on the mean value of exophoria at three distances.

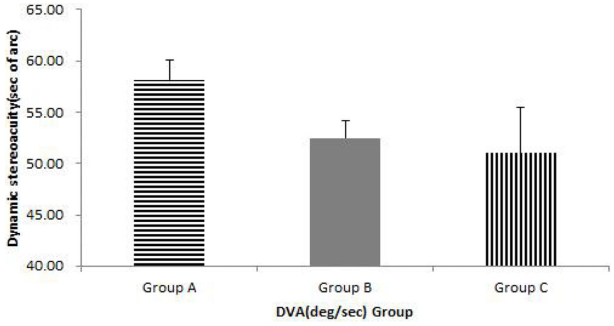

Fig. 4. Dynamic stereoacuity in three groups based on the mean dynamic visual acuity.

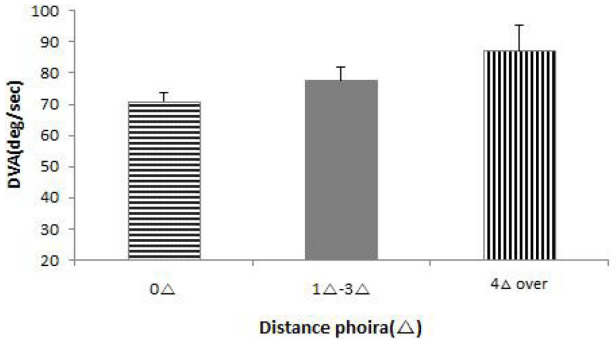

Fig. 5. Dynamic visual acuity in three groups based on the mean value of phoria at three distances.

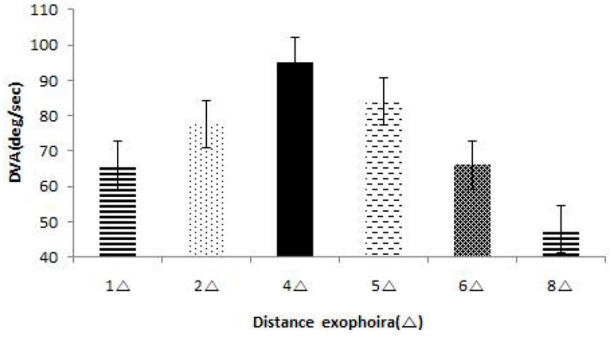

Fig. 6. Dynamic visual acuity in six groups based on the mean value of exophoria at six distances.

1~3 Δ 그리고 4 Δ 이상 총 3개 그룹으로 구분하여 각 그룹별 평균값과 비교 분석하였다. 그룹별 사위량에 따른 DVA 값을 보면 0 Δ은 64.29(deg/sec), 1~3 Δ은 77.47(deg/sec), 4 Δ 이상은 87.27(deg/sec)로 원거리 외사위도가 증가됨에 따라 DVA도 증가되는 것을 볼 수 있고 0 Δ 그룹보다 1~3 Δ 그룹이 17%, 0 Δ 그룹보다 4 Δ 이상 그룹이 26% 정도 DVA가 높은 값이 나타남을 분석하였다.

원거리 1 Δ 외사위부터 원거리 4 Δ 외사위까지는 사위도가 증가됨과 DVA도 같이 증가되었으나, 이후 원거리 1 Δ 외사위부터는 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 명확하진 않지만, 모건의 표준값을 보면 원거리 1 Δ 외사위 ± 2 Δ을 표준치라고 하였다. 이 범위를 고려했을 때 일반적인 표준치 범위에서는 외사위가 증가됨에 따라 DVA도 증가되지만 5 Δ이상의 원거리 외사위에서는 DVA가 감소하는 것으로 사료된다. 하지만 각 사위도별로 나누어 세부적으로 보면 원거리 외사위도가 4 Δ까지는 DVA도 같이 증가하는 추세를 보였으나 이후부터는 원거리 외사위도에 따라 DVA가 감소하는 경향을 알 수 있었다.

결 론

본 연구에서 진행한 DVA와 동적입체시, 정적입체시, 그리고 원거리 수평 사위량에 대해여 연구하였다. 본 연구는 20대 성인 남자 19명, 여자 27명 총 46명을 대상으로 DVA를 측정하여 DVA에 따른 동적입체시 및 정적입체시의 상관성 비교하였다.

첫째, DVA와 하워드-돌먼 검사(Howard-Dolman Test)를 이용한 동적입체시를 검사해본 결과 DVA와 동적입체시는 유의한 상관성은 나타나지 않았다. 하지만 DVA가 높은 사람은 동적입체시도 높은 경향성의 그래프를 확인할 수 있었다. 다양한 측정방법을 고려하여 정적입체시와 동적입체시를 동일한 조건에서 검사할 수 있는 다른 방법들과의 비교 연구를 진행하여 명확한 방향제시가 필요해 보인다.

둘째, DVA와 사위도를 비교하였을 때 외사위도가 증가됨에 따라 DVA도 결과적으로 줄어드는 것을 확인할 수 있었으나, 통계적으로 유의하지는 않았다. 각 원거리 외사위도에 따른 대상자의 수가 일정하지 않은 부분을 고려하여 정확한 연구결과를 위해 각 사위도별 대상자를 더한 후 동일한 실험을 진행한 결과에 대한 연구가 더 필요해 보이며, 추가적으로 사위도에 따라 원거리 외사위, 원거리 내사위에 따른 DVA의 상관성에 관한 연구도 필요해 보인다.

DVA와 동적입체시는 DVA가 높은 그룹이 낮은 그룹보다 동적입체시도 좋게 나오는 것을 확인 할 수 있었고, DVA와 정적입체시는 DVA가 높은 그룹이 낮은 그룹보다 정적입체시도 높은 정적 상관성을 알 수 있었다. 또한 원거리 외사위도가 증가됨에 따라 4 △까지는 DVA가 증가하는 경향이 보였으나 이후 감소하는 것을 알 수 있었다.

REFERENCES

[1] Yi MH, Mah KC. A study on the measurement of dynamic visual acuity. Annual Bulletin of Seoul Health Junior College. 1996;16(1):155-161.
[2] Won CH, Mah KC. Sports vision traning, 1st Ed. Seoul: Daihakseolim, 1993;21-38.
[3] Wilson TA, Falkel J. Sports vision: training for better performance, 1st Ed. Human Kinetics, 2004;184.
[4] Ahn BC. Dynamic and kinetic visual acuity of athletes and nonathletes. Korean J Sports Med. 1998;16(2):238-244.
[5] Ludvigh EJ. The gradient of retinal illumination and its practical significance. Am J Ophthalmol. 1937;20(3):260-265. DOI: https://doi.org/10.1016/s0002-9394(37)91288-1
[6] Ludvigh E. Extrafoveal visual acuity as measured with Snellen test-letters. Am J Ophthalmol. 1941;24(3):303-310. DOI: https://doi.org/10.1016/s0002-9394(41)90648-7
[7] Ludvigh E. Visibility of the deer fly in flight. Science. 1947;105(2720):176-177. DOI: https://doi.org/10.1126/science.105.2720.176-a
[8] Ludvigh E. The visibility of moving objects. Science. 1948;108(2794):63-64. DOI: https://doi.org/10.1126/science.108.2794.63

[9] Hoffman LG, Rouse M, Ryan JB. Dynamic visual acuity: a review. J Am Optom Assoc. 1981;52(11):883-887.
[10] 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.
[11] Kim SJ. The effect of spectacle correction on stereoacuity in anisometropia. MS Thesis. Eulji University, Daejeon. 2014; 48-56.
[12] Carlson NB, Kurtz D. Clinical procedures for ocular examination, 3rd Ed. Seoul: Daihakseolim, 2008;43-51.
[13] Saladin JJ. Effects of heterophoria on stereopsis. Optom Vis Sci. 1995;72(7):487-492.
[14] Chung SJ, Kim HJ, Won CH, et al. Comparison of three different methods of measuring heterophoria and effects of heterophoria on stereopsis. Korean J Vis Sci. 2002;4(1): 19-27.
[15] Lim KH, Hong HJ. Dynamic stereoacuity in normal individuals. J Korean Ophthalmol Soc. 2000;41(11):106-112.

동체시력에 따른 입체시와 원거리 수평사위에 관한 연구

김태홍[1], 김하림[2], 정주현[3,*]
[1]아이젠트리안경원, 안경사, 인천 21614
[2]건양대학교 안경광학과, 학생, 대전 35365
[3]건양대학교 안경광학과, 교수, 대전 35365
투고일(2019년 11월 1일), 수정일(2019년 11월 20일), 게재확정일(2019년 12월 11일)

목적: 본 연구는 동체시력을 측정하여 동적입체시 및 정적입체시와의 상관성을 비교하고, 각 동체시력 측정값에 따른 피검자의 원거리 수평 사위량을 측정하여 분석하였다. **방법:** 본 연구의 실험은 연구자가 직접 제작한 회전거울식 동체시력 측정 장치를 이용하여 측정하였고, 임의의 Landolt C 시표를 사용하여 스크린에 투사하는 방식을 사용하였다. 동적입체시는 Howard-Dolman 검사로 진행하였다. 피검자가 두 개의 막대기를 수평선상에 맞췄다고 판단했을 때 기준으로 5회 반복 측정하여 평균값으로 데이터를 산출하였다. 정적입체시검사는 Titmus-fly tset로 진행하였고 양안으로 측정하였다. 사위검사는 프리즘바를 이용하여 측정하였고, 실험에 사용된 수평프리즘의 총 단계는 16단계로 제작되었으며 낮은 프리즘 양부터 순서대로 진행하였다. **결과:** DVA를 측정한 전체 평균은 79.98 ± 20.98 °/s, 동적입체시 측정 결과의 평균은 19.28 ± 1.67(sec of arc)이였다. 각 그룹별 정적입체시의 평균값을 보면 그룹 A가 58.13(sec of arc), 그룹 B가 52.50(sec of arc), 그룹 C가 51.00(sec of arc)로 측정되었다. 그룹별 사위량에 따른 DVA 값을 보면 0 Δ는 64.29 °/s, 1~3 Δ은 77.47 °/s, 4 Δ 이상은 87.27 °/s로 측정되었다. **결론:** DVA 값에 따라 3개의 그룹으로 나누어 비교분석 하였을 때 DVA가 높은 그룹이 낮은 그룹보다 동적 및 정적입체시가 좋게 측정되었다. 원거리 수평사위에 따른 분석에서는 외사위 4 Δ까지는 동체시력은 증가하였으나, 4 Δ 이상에서 감소하였다.

주제어: 동체시력, 동적입체시, 정적입체시