

하워드-돌먼 입체검사를 이용한 20대 성인의 동적 입체시 평가

심현석¹, 최선미², 김영청^{3,*}

¹광주보건대학교 안경광학과, 광주 506-701

²전북과학대학 안경광학과, 정읍 580-712

³전남대학교 일반대학원 의학과, 광주 500-757

투고일(2014년 11월 15일), 수정일(2015년 2월 7일), 게재확정일(2015년 3월 6일)

목적: 본 연구에서는 하워드-돌먼 입체검사(Howard-Dolman test, HDTEST, Bernell, U.S.A)를 이용하여 20대 성인의 동적 입체시를 측정하여 남녀 간의 동적 입체시를 비교하고, 동공 간거리(PD; pupillary distance)와 좌우안의 구면굴절력의 차이로 인한 굴절부등과 동적 입체시의 상관관계를 분석해 보고자 하였다. **방법:** 평균연령이 22.68 ± 0.50 (20~29)세인 20대 성인 63명(남자 30명, 여자 33명)을 대상으로 실험을 실시하였다. 굴절이상자는 완전교정을 한 후에 Howard-Dolman test(H-D Test)를 이용하여 2.5 m 검사거리에서 동적 입체시를 각각 5회 측정하였다. **결과:** 전체 대상자의 동적 입체시의 평균은 28.44 ± 25.03 초였고, 이들 중 남자는 28.23 ± 23.34 초, 여자는 28.63 ± 26.83 초였다. PD 범위를 기준으로 한 동적 입체시에 있어서 PD가 59.80 mm이하 범위에서는 33.87 ± 18.53 초, 59.81~66.15 mm의 범위에서는 26.24 ± 25.26 초, 66.15 mm를 초과하는 범위에서는 34.60 ± 25.65 초로 나타났고, 유의한 차이는 보이지 않았다($P=0.73$, $r=0.03$). 굴절부등의 차이를 기준으로 할 때 동적 입체시는 굴절부등이 1 D미만인 경우 26.81 ± 24.86 초, 1 D이상인 경우는 1.45 ± 24.18 초였고 유의한 차이는 없었다($P=0.15$, $r=0.15$). **결론:** H-D test를 이용해 20대 성인의 동적 입체시를 평가해 보았을 때, 남녀 간에 큰 차이가 없고, PD와 굴절부등은 동적 입체시에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

주제어: 동적 입체시, 동적 입체시 검사, 하워드 돌먼 입체검사, 굴절부등

서 론

입체시(stereopsis)는 두 눈을 사용하여 상대적인 깊이를 감지하는 능력을 말하며, 상대적인 깊이를 느낄 수 있는 두 지점이 망막 위에 맺는 최소한의 망막시차(retinal disparity)의 시각(visual angle)으로 표시된다.^[1-5] 입체시의 원리는 파뉴(Panum) 융합구역 내에서 서로 떨어져 있는 상이 융합(Fusion)되면서 두 눈으로 원근감을 인지하는 것으로^[2] 양안시(binocular vision)의 가장 수준 높은 형태이다.^[6]

시력과 마찬가지로 입체시도 정적 입체시(static stereoacuity)와 동적 입체시(dynamic stereoacuity)로 구분할 수 있다. Tychsen,^[1] Scott 등^[7]은 시로(visual pathway)에 대한 연구를 통해서 정적 입체시와 동적 입체시 두 기능이 서로 다른 시각경로를 사용한다고 제시하였고, Pettigrew^[8]등 여러 연구보고에서도 입체시를 정적 입체시와 동적 입체시가 서로 다른 기능이라고 보고한 결과에 비추어 볼 때 정적 입체시와 동적 입체시의 검사법은 서로 달라야 할 것으로 생각된다. 현재 입체시 검사법은 임상에서 사용되고 있는

것이 Lang, Titmus, Randot, TNO stereo test 등으로 윤곽이나 난점 타겟을 이용하여 양안으로 보이는 정지된 대상이 배경과 구분되어 일정한 거리로 보이게 하는 원리로 만들어진 것^[9]이다. 반면 동적 입체시 검사법은 Three Needle Test(세막대 심도 지각계),^[10] Howard-Dolman test(H-D test),^[11] Lady^[12]등의 컴퓨터 프로그램을 이용한 검사, Laby^[12]등의 검사법의 오류를 개선한 측정방법 등^[13-15]이 있는데 이와 같이 현재 정적 입체시가 다양한 검사법이 표준화되어 임상에서 사용되고 있는 것과 달리 동적 입체시는 몇 가지 검사법은 제시되어 있으나 검사기기의 미비로 연구에 어려움이 있다는^[15,16]보고도 있듯이 표준화되어 사용되고 있는 동적 입체시 검사법이 다양하지 않고, 국내에서 동적 입체시나 동적 입체시 검사법에 대한 다양한 연구 역시 거의 없는 실정이다.

이러한 상황에서 본 저자들은 H-D test가 입체시 검사법 중 실제 공간 측정법이고, 다른 입체시 검사법들과 비교하였을 때 표준검사역할을 한다^[11]고 제시된 바, 이를 이용해 20대 성인 남녀의 동적 입체시를 각각 측정해서 그 결

*Corresponding author: Young Cheong Kim, TEL: +82-62-232-6520, E-mail: apple9597@hanmail.net

※본 논문의 요지는 2014년 한국안광학회 하계학술대회에서 포스터로 발표되었음

과를 평가해 보고, 또한 입체시에 영향을 미칠 수 있는 요소로는 부등상(aniseikonia), 부등시(anisometropia), 조절(accommodation), 망막조도(retinal illumination), 동공크기(pupillary size) 등이 있으며^[17,18] 특히 동공간 거리(PD: pupillary distance)의 경우 시차각(angle of disparity)이 커져서 입체시의 잠재력이 커진다고 하였기에^[6] 이 중 PD와 양안의 굴절부등이 동적 입체시에 미치는 영향과 그 상관관계를 분석 평가하여 H-D test의 검사법과 동적 입체시에 대한 기초 자료로 활용하고자 한다.

대상 및 방법

안질환의 병력이 없는 20대 성인 63명(남자 30명, 여자 33명)을 대상으로 H-D test(HDTEST, Bernell, U.S.A)를 이용하여 동적 입체시(dynamic stereoacuity)를 측정하였다. 남성 대상자의 평균연령은 $24.20 \pm 1.67(21\sim 29)$ 세, 여성은 $21.30 \pm 0.59(20\sim 23)$ 세였다. 표본 대상자들은 먼저 굴절검사 후 굴절이상자는 완전교정(full correction)을 실시하고 난 후, 검사거리 2.5 m에서 Fig. 1의 H-D test를 이용해 각각 5회 측정을 실시하였다. H-D test는 Fig. 1 처럼 두 개의 막대의 끝을 가린 구멍을 통해 고 대비 바탕을 배경으로 하여 보이게 구성되어 있고, 그 중 한 막대는 줄과 도르래 배열에 의해 관측자로부터 앞으로(가까이) 뒤로(멀리) 움직일 수 있다.

입체시 검사는 H-D test의 검사방법^[14]을 잘 이해한 1명의 숙련된 검사자에 의해서 검사표본 대상자들에게 H-D test의 전체 모습을 보여준 후 기기에 설치된 두 개의 막대 중 한 막대에 연결된 줄을 앞, 뒤로 움직여 조정하여 두 막대가 최대한 수평으로 일직선상에 놓이도록 보일 때를 선택한다는 원리를 설명한 후에 test를 실시하였다. 대상자들을 H-D test를 정면으로 2.5 m 검사거리에 위치하게 하고 측정을 하였으며, 대상자가 한 개의 막대를 움직여 최대한 일직선상에 수평하게 놓여 졌다고 생각해서 선택하여 두 막대의 위치가 결정되면 이들의 수직시차



Fig. 1. Howard-Dolman test (HDTEST, Bernell, U.S.A).

Table 1. Convert binocular disparity into dynamic stereoacuity

*The stereoscopic threshold (n) = $\frac{(\Delta b) \times IPD}{b^2} \times (206,265)$

b : observation distance

Δb : standard deviation or the average of the longitudinal offset

IPD : Interpupillary distance

206,265 : conversion factor between radians and seconds of arc

(vertical disparity)에 해당하는 세로거리 값을 각각 5회 반복수행하여 기록하고, 5회의 검사 값 중 최대값과 최소값을 제외하고 평균과 표준편차를 계산하였다. 이 때 세로거리 값의 측정방법은 두 막대 중 한 개의 기준막대 위치를 '0'으로 놓고, 나머지 한 개의 막대가 앞에 높이면 '+', 뒤로 높이면 '-'로 구분하여, 두 막대가 떨어진 간격만큼의 눈금 수치를 부호와 함께 표시하도록 하였다.

H-D test의 검사 값은 두 막대간의 원근감에 의한 수직시차인 세로거리 값을 측정한 것이므로 이를 동적 입체시로 사용하기 위해서 Table 1에 대입하여 양안시차(binocular disparity) 즉, 입체적 역치로 변환하여 각각 대상의 동적 입체시(단위:초)로 사용하였다. 이 식에서 필요한 IPD는 굴절검사 시 측정된 PD 값을 이용하였다.

또한 본 연구에서는 PD와 동적 입체시, 양안 굴절부등시(binocular anisopia)와 동적 입체시의 상관관계를 알아보기 위해서 PD는 평균 62.98 mm, 표준편차 3.17 mm를 기준으로 세 그룹으로 나누었다. 양안 굴절부등에 따른 동적 입체시는 일반적으로 임상적 굴절 부등시를 양안의 굴절력이 2 D이상의 차이가 날 때를 말하는데 1 D이하의 차이에서도 임상적으로 의미 있는 경우가 있다^[19]는 보고를 참고하여 본 실험의 대상자들을 양안의 굴절부등 1 D를 기준으로 1 D미만, 1 D이상 두 그룹으로 분류하여 동적 입체시의 상관관계를 분석하였다.

이들 상관관계 분석을 위해 필요한 표본 대상자들의 PD와 좌우안의 구면굴절력은 굴절검사 수행 시 측정된 데이터를 사용하였다.

결과의 통계 분석은 Excel 통계프로그램을 이용하여 Student t-test와 One-Way ANOVA, Pearson의 상관계수를 구하여 20대 성인 남녀 간의 동적 입체시의 통계적 유의성을 알아보고, PD 표준편차범위에 따른 동적 입체시의 관계와 양안 굴절부등과 동적 입체시의 관계를 분석해 보았다. P-value가 0.05보다 작은 경우를 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 하였다.

결과 및 고찰

PD는 전체 평균 62.98 ± 3.17 mm, 남자는 64.57 ± 2.74 mm,

Table 2. Clinical Characteristics of in each gender group

Characteristics	Total subjects	Male	Female	p-value*
Age (mean±SD)(years)	22.68±0.50(20~29)	24.20±1.67(21~29)	21.30±0.59(20~23)	0.00
PD (mean±SD)(mm)	62.98±3.17(55~69)	64.57±2.74(57~69)	61.55±2.87(55~68)	0.00
Dynamic Stereoacuity (mean±SD)(sec of arc)	28.44±25.03	28.23±23.34	28.63±26.83	0.95

*t-test, statistically significant if p<0.05
SD; standard deviation, PD; pupillary distance, sec of arc; seconds of arc

Table 3. Testing results of dynamic stereoacuity with H-D test

Dynamic stereoacuity (sec or arc)	Number of achieving	Percentage (%)	Accumulate percentage (%)
0.00 ~ 10.00	15	23.81	23.81
10.01 ~ 20.00	15	23.81	47.62
20.01 ~ 30.00	9	14.29	61.90
30.01 ~ 40.00	11	17.46	79.37
40.01 ~ 50.00	2	3.17	82.54
50.01 ~ 60.00	4	6.35	88.89
60.01 ~ 70.00	2	3.17	92.06
70.01 ~ 80.00	2	3.17	95.24
80.01 ~ 90.00	1	1.59	96.83
90.01 ~ 100.00	1	1.59	98.41
100.01 ~ 110.00	0	0.00	98.41
110.01 ~ 120.00	0	0.00	98.41
120.01 ~ 130.00	1	1.59	100.00

여자는 61.55±2.87 mm이었다. H-D test를 통해 측정된 동적 입체시의 전체 평균은 28.44±25.03초, 남자는 28.23±23.34초, 여자는 28.63±26.83초로(Table 2)이었으나 남녀 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다.

Table 3은 입체시력의 구간에 따른 빈도를 보여주고 있다. 0~40초 범위가 약 79%로 가장 많은 발생 빈도수를 나타내고 있다. PD의 크기에 따라 세 그룹으로 나누어 보았을 때 동적 입체시는, PD가 59.81 mm미만에서는 33.87±18.53초, 59.81~66.15 mm의 범위에서는 26.24±25.26초, 66.15 mm를 초과하는 경우에는 34.60±25.65초로 나타나 PD가 59.81~66.15 mm의 범위에서 입체시력이 가장 낮게 나타났지만 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 4). 또한 Fig. 2에 나타난 바와 같이 PD와 동적 입체시의 상관관계는 거의 없는 것으로 나타났다(p=0.73, r=0.03).

좌우안의 구면 굴절력의 차이로 인한 굴절부등을 1 D미만과 1 D이상 두 그룹으로 나누고 이들 두 그룹 간 동적

Table 4. Dynamic stereoacuity according to the range of the PD

PD(mm)	Number of subjects	Dynamic stereoacuity (mean±SD)(sec of arc)	p-value*
Under 59.80	5	33.87±18.53	0.73
59.81 to 66.15	46	26.24±25.26	
Over 66.15	12	34.60±25.65	

*One-Way ANOVA, statistically significant if p<0.05

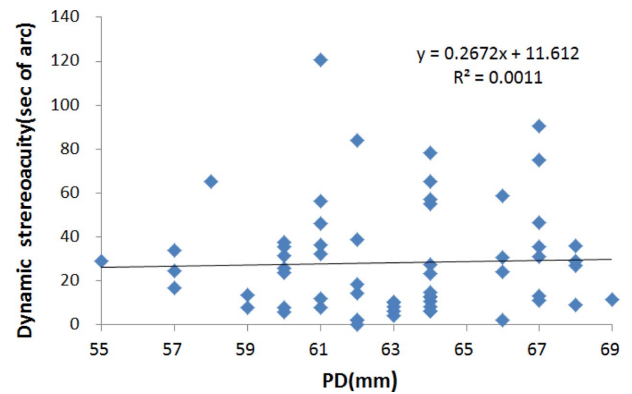


Fig. 2. Distribution of the dynamic stereoacuity and PD.

Table 5. Dynamic stereoacuity according to the range of the size of anisometropia

Range(D)	Number of Subjects	Dynamic stereoacuity (mean±SD)(sec of arc)	p-value*
0.00 to 0.99	56	26.81±24.86	0.15
More than 1.00	7	41.45±24.18	

*t-test, statistically significant if p<0.05
D; diopter

입체시를 차이를 비교해 보았을 때, 굴절부등이 1 D미만인 경우 26.81±24.86초, 1 D이상인 경우는 41.45±24.18초로 나타나 굴절부등 1 D미만인 그룹이 1 D 이상인 그룹보다 입체시력이 좋았지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다(Table 5). 또한 PD와 동적 입체시의 관계에서와 같이 굴절부등과 동적 입체시도 역시 상관관계가 크게 없는 것으로 나타났다(p=0.15, r=0.15) (Fig. 3).

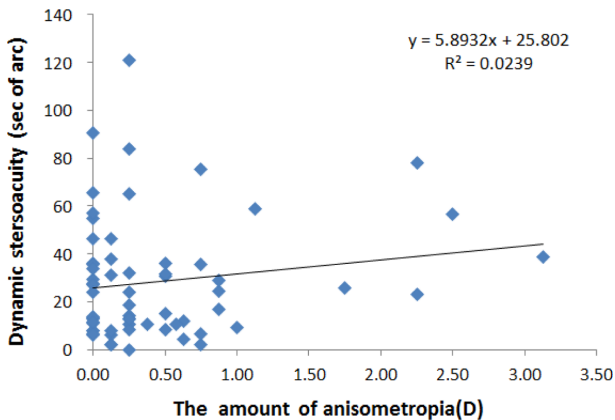


Fig. 3. Distribution of the dynamic stereoacuity and anisometropia.

시도에 대한 연구가 발달하면서 입체시가 정적 입체시 동적 입체시 두 기능이 서로 다른 기능임이 알려져 있다. Tychsen^[1]과 Scott^[7]은 정적 입체시는 작은 세포길(parvocellular pathway)을 따르고 작은 세포길은 높은 공간주파수를 가진 시자극, 정지해 있거나 천천히 움직이는 자극, 또는 색 자극에 반응하는 반면, 동적 입체시는 큰 세포길(magnocellular pathway)을 따르고, 이 길은 낮은 공간주파수를 가진 시자극, 빠른 속도의 움직임에 민감하게 반응하여 두 기능이 서로 다른 경로를 밟는다고 하였고, Pettigrew^[8]는 정적 입체시와 동적 입체시가 망막 위 수평시차의 변화에만 반응하는 신경원(neuron)이 있음을 보고하여 이러한 정적 입체시와 동적 입체시를 관장하는 곳과는 다름을 제시한바 있다. 이것은 정적 입체시와 동적 입체시는 서로 다른 시기능이라는 Laby^[12]의 연구와 일치한다. 이러한 결과는 입체시가 정적 입체시와 동적 입체시로 서로 다르게 측정하는 검사법이 적용되어야 함을 시사하며 또한 본 연구에서 H-D test로 동적 입체시를 검사하고 그 양상을 살펴보는 것과 그 배경이 일치한다.

입체시(stereoacuity)는 상의 시차정도에 따라 정량화하여 초각(초: seconds of arc)으로 표시한다.^[12] 정상인에서 볼 수 있는 최소의 입체시 해상도는 30-40초이다.^[6] Howard^[20]의 보고에 의하면 정상인의 입체시의 한계를 2초까지 볼 수 있다고 하나, Jin^[9]은 정적 입체시의 경우 정상인의 최소 입체시 능력은 5-10초 정도로 보고하였고 정적 입체시의 정상범위에 대해서는 검사방법이나 연구자마다 차이가 있으며 대체로 30-50초 범위가 보편적으로 받아들여지고 있다.

동적 입체시의 경우도 최소 입체시 능력은 30-50초 정도로 알려져 있고,^[19] Kim 등^[16]의 연구에서는 컴퓨터를 이용하여 측정한 동적 입체시 평균을 591.6초(219-1534초), Lim 등^[14]은 평균 290.78초(103-1534초)로 보고하였고, Lee 등^[15]은 일반 여성은 평균 247.10초, 남성은 249.05초

로 결과 값을 말하고 있는데, 본 연구에서 동적 입체시를 검사한 결과는 전체 평균 28.44 ± 25.03 초, 남자는 28.23 ± 23.34 초, 여자는 28.63 ± 26.83 초로 동적 입체시의 최소 입체시 능력의 범위와 일치하는 결과값을 확인할 수 있었고 남자와 여자의 동적 입체시는 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

그런데 컴퓨터를 이용해 동적 입체시를 측정한 Lim 등^[14]의 연구에서는 정상인들의 동적 입체시 평균이 290.0초로 보통의 정적 입체시보다 높은 원인을 물체의 짧은 정지시간과 모니터 상에서 픽셀의 한계 상 시표간의 분리거리가 1 mm이하로 분리하여 움직이려면 검사거리를 200 cm로 늘려야 최소시각을 얻을 수 있으나 입체시의 환경이 선명하지 못해 신방성이 떨어진다는 연구 상의 제한점을 보고하였고, 이는 컴퓨터로 동적 입체시를 유발하고자 하는 검사방법에 있어서 컴퓨터의 화면 그래픽이 만들어내는 픽셀상의 한계로 인한 제한점이다. 이에 반해 본 연구는 H-D test가 이러한 제한적인 요소가 없고 측정의 절대적인 기준을 제공한다는 점, 동적 입체시의 역치(임계값)가 '0'이 사용됨이 다른 점이며, 검사거리도 최소 입체시를 얻기 위해서는 200 cm로 늘려야 하는 조건에서도 H-D test는 2.5 m의 검사거리에서 측정해도 선명한 입체시 환경을 유지할 수 있고, 적록안경을 착용하지 않고 나안으로 측정하는 순수한 동적 입체시 측정방법이라는 점이 기존의 동적 입체시 검사방법과는 다른 점이며서 표준검사역할을 하는 검사법 인정되는 H-D test^[11]를 이용한 본 연구가 다양한 동적 입체시 검사법의 표준화와 동적입체시 평가에 도움이 되는 기초자료로 충분히 활용될 수 있을 거라고 생각된다.

입체시에 영향을 미칠 수 있는 요소로는 부등상(aniseikonia), 부등시(anisometropia), 조절(accommodation), 망막조도(retinal illumination), 동공크기(pupillary size) 등이 있고,^[18,19] 시력이 나빠수록 대체로 입체시도 떨어지며,^[21] 동공크기에 따른 차이나 눈 모양에 따른 차이 등이 입체시에 영향을 미친다는 보고^[18,19]가 있는 반면 이런 것들이 입체시에 큰 영향을 주지 않는다는 보고도 있다.^[11] H-D test에서 측정한 동적 입체시는 PD를 표준편차 범위를 기준으로 세 그룹으로 나누어 비교해 보고, 양안의 구면굴절력의 차이로 인한 굴절부등의 양을 1 D미만, 1 D이상 두 그룹으로 나누어 비교해 보았으나 통계분석 상 모두 유의한 차이가 없었고, 서로간의 상관관계도 낮은 것으로 결과가 나와 H-D Test를 통해서도 굴절부등이나 PD의 크기가 동적 입체시에 미치는 영향은 밝혀내지 못했다. 단 굴절부등의 경우 두 그룹의 표본수가 굴절부등 1 D미만이 56명, 1 D이상이 7명으로 데이터의 고른 분포가 확보되지 못했기에 차 후 실험에서는 데이터 보완의 필요성이 있다고 사

료된다.

Larson 등^[22]은 구면렌즈로 유발된 굴절부등이 증가함에 따라 정적 입체시가 저하됨을 보고하였고, Park 등^[23]은 구면렌즈로 유발된 부동시가 원거리 및 근거리 입체시에 미치는 영향에 대한 연구에서 구면렌즈로 유발된 부동시가 증가함에 따라 마이너스렌즈에 비하여 플러스렌즈에서 원거리 입체시의 저하가 현저함을 보고하였다. 이 중 부동시가 있으면 입체시가 저하된다는 사실은 이미 여러 논문에서 발표되어 왔으나 이는 정적 입체시 검사에 의한 결과^[15,22,24-26]였고, 최근 Kim 등^[16]에 의해 구면렌즈를 이용해 인위적으로 부동시를 유발하여 동적 입체시를 측정할 결과 구면렌즈의 디옵터가 증가함에 따라 동적 입체시가 유의하게 저하됨이 보고된 바 있지만 본 연구는 위 검사와는 달리 피검사자들에게 단계적인 구면렌즈를 부여해 유발된 인위적인 부동상에서 측정할 동적 입체시가 아니라 실험 대상자들의 순수한 양안 굴절부등의 상태에서 측정할 동적 입체시를 평가했다는 것이 선행된 연구들과 다른 점이며, 평가결과에서는 굴절부등과 동적 입체시가 서로 상관관계가 적어서 크게 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.

위와 같이 여러 방법으로 입체시에 관한 연구가 보고되었으나 본 연구가 표준검사역할을 한다고 알려져 있는 H-D test를 이용해 동적 입체시의 측정, 평가를 시도한 점에서 양안시의 기능과 관련한 동적 입체시에 관한 연구에 보탬이 될 것이라고 사료된다.

현대 스포츠과학이 날로 발전하는 가운데 운동선수들의 스포츠 수행능력의 향상에 있어 시력의 중요성이 강조되고 있으며, 특히 스포츠 선수에 있어서 낮은 공간 주파수의 시자극이나 빠른 속도의 움직임에 민감한 동적 입체시의 기능을 정확하게 측정하고, 훈련시킬 수 있는 방법과 장비의 고안이 필요하다^[27]고도 하기에 앞으로 동적 입체시의 측정 방법 및 장비의 지속적인 연구가 필요할 것이다.

본 연구가 20대 성인 남녀를 대상으로 시행하였고, 실험 표준 대상자들의 정적 입체시를 측정하지 않아 정상 입체시의 스크린검사로 적당하지 않았던 점과 두 기능이 서로 다른 시각경로를 갖는 다른 기능이라는 점을 확인하지 못한 점, 그리고 H-D test 검사거리를 2.5 m로 Three Needle Test와 같은 조건을 사용한 점 등이 이번 연구의 제한점이었기에 앞으로 더 넓은 연령층을 대상으로 하여 이들 제한점들을 고려한 동적 입체시에 대한 보다 폭넓은 연구가 필요하다고 사료된다.

결 론

본 연구는 20대 성인 남녀를 대상으로 동적 입체시 검

사법의 하나인 H-D test를 이용하여 남녀 간에 동적 입체시의 차이가 있는지, 또한 입체시에 영향을 줄 수 있는 요소인 PD와 양안의 굴절부등이 동적 입체시에 미치는 영향이 있는지를 평가해 보았다.

H-D test로 검사한 동적 입체시는 남녀 간에 차이가 없었고, PD와 굴절부등도 동적 입체시와 상관관계가 거의 없어 큰 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있었다.

REFERENCES

- [1] Tychsen L. Binocular vision. In: Moses RA et al. Adler's physiology of the eye, 9th Ed. St. Louis: C.V. Mosby, 1990;773-810.
- [2] Von Noorden GK. Binocular vision and ocular motility, 5th Ed. St. Louis: C.V. Mosby, 1996;24-28.
- [3] Newell FW. Ophthalmology, 6th Ed. St. Louis: C.V. Mosby, 1986;399-431.
- [4] Eggers HM. Strabismus. In: Vaughan D. Asbury ed. General Ophthalmology, 18th Ed., Los Altos; Lange Medical Publications, 1986;205-235.
- [5] Romano PE, Romano JA, Puklin JE. Stereoacuity development in children with normal binocular single vision. Am J Ophthalmol. 1975;79(6):966-971.
- [6] Scott WE, Mash J. Stereoacuity in normal individuals. Annals of Ophthalmology. 1974;6(2):99-101.
- [7] Scott BS, Babara AS, Ralph P. Foundation of binocular vision: A clinical perspective, McGraw-Hill Medical Publishing, 2000;240.
- [8] Pettigrew JD. Binocular neurons which signal change of disparity in area 18 of cat visual cortex. Nat New Biol. 1973;241(108):123-124.
- [9] Jin YH. Strabismology, 2nd Ed. Seoul: UUP, 1999;67-75.
- [10] Seng FJ. Optometry, 5th Ed. Seoul: Daihakserim, 2007; 232-235.
- [11] Borish, Irvin M. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. Radarweg, Elsevier, 2006;921-922.
- [12] Laby DM, Kirschen DG. Dynamic stereoacuity; Preliminary results and normative data for new test for the quantitative measurement of motion in depth. Optometry & Optom Vis Sci. 1995;72(12):84.
- [13] Park SE, Lim KH. Reliability of the dynamic stereoacuity using new personal computer program. J Korean Ophthalmol Soc. 2002;43(5):149-154.
- [14] Lim KH, Hong HJ. Dynamic stereoacuity in normal individuals. J Korean Ophthalmol Soc. 2000;41(11):2408-2414.
- [15] Lee MA, Oh JM, Jung JH. Dynamic visual acuity and dynamic stereoacuity of athletes and nonathletes. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2009;14(3):43-49.
- [16] Kim SE, Lim KH. The effect of spherical lens-induced anisometropia on dynamic stereoacuity. J Korean Ophthalmol Soc. 1998;39(10):2426-2431.
- [17] Campos EC, Enoch JM. Amount of aniseikonia compati-

- ble with fine binocular vision: some old and new concepts. *J Pediatric Ophthalmol Strabismus*. 1980;17(1):44-47.
- [18] Lovasik JV, Szymkiw M. Effects of aniseikonia, anisometropia, accommodation, retinal illuminance, and pupillary size on stereopsis. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1985;26(5):741-750.
- [19] Sung PJ. *Optometry*, 7th Ed. Seoul: Daihakselim, 2011; 195-232,305-318.
- [20] Howard HJ. A test for the judgement of distance. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 1919;17:195-235.
- [21] Colenbrander MC. The limits of stereoscopic vision. *Ophthalmologica*. 1948;115(6):363-366.
- [22] Larson WL, Lachance A. Stereoscopic acuity with induced refractive errors. *Am J Optom Physiol Opt*. 1983;60(6):509-513.
- [23] Park MG, Jin YH. Effect of induced anisometropia on stereoacuity by far and near distance dot stereo test. *J Korean Ophthalmol Soc*. 1996;37(5):862-870.
- [24] Levy NS, Glick EB. Stereoscopic perception and snellen visual acuity. *Am J Ophthalmol*. 1974;78(4):722-724.
- [25] Donzis PB, Rappazzo JA, Burde RM, Gordon M. Effect of binocular variations of snellen's visual acuity on titmus stereoacuity. *Arch Ophthalmol*. 1983;101(6):930-932.
- [26] Goodwin RT, Romano PE. Stereoacuity degradation by experimental and real monocular and binocular amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1985;26(7):917-923.
- [27] Lee MA, Oh JM, Jeong JH. The effects of sports vision training on baseball player's visual performance and baseball records. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2010;15(1):87-97.

Assessment of Dynamic Stereoacuity of Adults in their 20s' with Howard-Dolman Test

Hyun-Suk Shim¹, Sun-Mi Choi², and Young-Cheong Kim^{3*}

¹Dept. of Ophthalmic Optics, Gwangju Health University, Gwangju 506-701, Korea

²Dept. of Optometry, Jeonbuk Science College, Jeongeup 580-712, Korea

³Dept. of Medical science, Graduate School Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

(Received November 15, 2014; Revised February 7, 2015; Accepted March 6, 2015)

Purpose: In this study, dynamic stereoacuity of 20s' adults were measured by using the Howard-Dolman test (H-D TEST, Bernell, U.S.A), and compared of male and female. And the correlation between dynamic stereoacuity and PD (pupillary distance), and between dynamic stereoacuity and anisometropia caused by difference in the spherical refractive power of the left and right eyes were analyzed. **Methods:** The mean age of 22.68 ± 0.50 (20~29) years old, 20s' 63 adults (30 male, 33 female) were conducted for this experiments. After the full correction of subject's refractive error, dynamic stereoacuity was measured 5 times for 1 subject at 2.5 m distance using the H-D test. at 2.5 distance. **Results:** The mean of dynamic stereoacuity was 28.44 ± 25.03 sec of arc for total subjects, 28.23 ± 23.34 sec of arc for male, and 28.63 ± 26.83 sec of arc for female. In the dynamic stereoacuity classified by the range of inter-pupil distance (IPD), the dynamic stereoacuity was 33.87 ± 18.53 sec for the IPD being under 59.80 mm, 26.24 ± 25.26 sec of arc for 59.81~66.15 mm, 34.60 ± 25.65 sec of arc for over 66.15 mm. However, there were no significant differences between 3 groups (P=0.73, r=0.03). In dynamic stereoacuity classified by the refractive error difference between two eyes, dynamic stereoacuity was 26.81 ± 24.86 sec of arc for the under 1 D, 41.45 ± 24.18 sec of arc for over 1 D, and there was no significant difference between two groups (P=0.15, r=0.15). **Conclusions:** Dynamic stereoacuity by the H-D test in 20s adults showed that there was no significant differences between male and female, and PD and anisometropia did not have a significant impact upon the dynamic stereoacuity.

Key words: Dynamic stereoacuity, Dynamic stereoacuity test, Howard-Dolman stereo test, Anisometropia