

양안융합의 분리 시간에 따른 사위량 비교에 관한 연구

강석현^{1,*}, 홍형기²

¹서울과학기술대학교 NID융합기술대학원, 서울 139-743

²서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 139-743

투고일(2014년 07월 28일), 수정일(2014년 09월 4일), 게재확정일(2014년 9월 18일)

목적: 본 연구에서는 기존의 사위검사법인 하웰검사와 토링톤검사 및 개발된 사위검사법인 3차원편광검사를 사용하여 양안의 융합제거 시간에 따른 사위량을 측정하고 이를 비교해 보았다. **방법:** 본 연구에서는 융합을 제거하는 시간을 고려하여 여러 사위검사법으로 사위량을 측정하고 비교하였다. 사위 측정에는 하웰검사, 토링톤검사, 3차원 편광검사 등 세 가지 사위검사법을 사용하였다. 실험대상자가 실험 중에 사위성 눈피로가 유발되지 않도록 하기 위해 검사의 신속함을 고려하였다. 신속한 검사를 위해 세 가지 사위검사법에 호환 가능한 검사시표와 검사렌즈를 장착한 시야제한 장치를 제작하고 검사순서를 고안하였다. 순간 분리 사위량은 개발된 시야제한 장치(apparatus)를 통해 양안의 융합 분리 순간(moment separation)에 측정하고, 안정된 분리 사위량은 양안의 융합 분리 순간 후 각각의 지시상자의 움직임이 수평의 숫자배열 위에서 안정된 정지 상태를 보이는 순간(stable separation)에 측정하였다. **결과:** 양안의 융합 분리 순간에 측정한 사위량(이하 “분리 순간 사위량”)과 양안의 융합 분리 후 안정된 안구 정렬 상태에서 측정한 사위량(이하 “분리 안정 사위량”)의 비교 분석에서는 외사위(exophoria)에서 유의한 결과를 보였으며, 외사위일 때 분리 순간 사위량이 분리 안정 사위량보다 상대적으로 컸다. 세 가지 사위 검사법의 비교 분석에서는 개발된 3차원편광검사로 측정했을 때 두 가지 분리 검사 간 차이가 가장 적은 것으로 나타났다. **결론:** 양안의 융합 분리 순간에 측정한 사위량과 양안의 융합 분리 후 안정된 안구 정렬 상태에서 측정한 사위량의 비교 분석에서는 외사위에서 양안의 융합 분리 순간에 측정한 사위량이 양안의 융합 분리 후 안정된 사위량보다 상대적으로 높게 측정되었다. 세 가지 사위 검사법의 비교 분석에서 두 가지 분리 방식의 검사 간 차이량은 비슷한 것으로 나타났다. 사위 검사할 때, 순간 분리 사위량과 안정된 분리 사위량을 구분없이 혼용하는 경우가 많다. 그러나 두 가지 분리 검사로 측정한 사위량 간에는 유의한 차이가 있으므로 처방전에 어떤 조건으로 사위량을 측정했는지에 대해 명확히 기입이 필요하다.

주제어: 사위, 융합, 양안융합, 융합제거, 양안분리, 하웰검사, 토링톤검사, 3차원, 3D

서 론

일반적으로 외계의 상을 인지할 때 양안에 입사되는 각각의 상을 하나로 융합한다. 하나의 상으로 융합하기 위해 양안은 폭주(convergence) 및 개산(divergence) 운동을 한다. 이 때 동공간거리(PD)와 응시거리가 동일한 융합 조건이라 하더라도 개인에 따라 폭주 및 개산 능력이 다르므로 양안의 운동 상태는 다를 수 있다.^[1]

이러한 폭주 및 개산의 능력은 초기의 안구 정렬에 많은 영향을 받는다. 기본적인 안구 정렬은 해당 거리에 따른 원래의 폭주각보다 안쪽으로 배치되는 경우도 있고, 바깥쪽으로 배치되는 경우도 있다. 그 정도가 0~3Δ 정도로 크지 않으면 정위로 판단하나 심한 경우에는 전자는 내사위, 후

자는 외사위로 진단한다.^[2]

사위가 심할 경우 프리즘으로 처방해준다. 수평 보정프리즘을 사용하는 데 있어 셔드식(sheard)과 퍼시벌식(percival) 기준이 많이 사용되며, 이 기준에 의해 계산된 값이 양수일 경우 BI 처방이 필요한 외사위이며, 음수일 경우 내사위이다. 측정된 사위량은 사위자에게 프리즘 및 구면굴절력 렌즈 처방을 위한 셔드식(sheard)과 퍼시벌식(percival)^[3,4]에 대입하거나 비사시성 양안시 이상을 진단 및 처치를 위한 AC/A비^[5]에 대입하여 사용되는 중요한 값이다.

사위는 융합을 제거한 상태에서 측정되며, 사위검사법에 따라 측정되는 사위량에 차이가 있다.^[6,7] 기준에 진행된 사위검사법에 따른 사위량의 비교 연구에서 토링톤검사

*Corresponding author: Seok Hyon Kang, TEL: +82-2-970-6225, E-mail: sehyka@naver.com

(thorington test)가 하웰검사(howell test)보다 비교적 큰 사위량이 측정되었다.⁸⁾ 검사법에 따른 차이는 사위검사에 사용하는 기능렌즈의 종류가 다르기 때문이다.

측정된 사위량은 검사 때마다 다소 다르게 검출될 수 있다. 융합이 제거되었지만 양안의 위치는 계속 움직이기 때문이다. 이러한 이유로 사위검사법 내에서도 융합을 제거하는 시간에 따라 측정되는 사위량에 차이가 생길 수 있다. 융합을 제거하는 시간에는 양안의 융합을 제거한 순간과 양안의 융합이 제거된 후 양안의 상의 흔들림이 안정된 순간 등 두 가지로 생각해 볼 수 있다.

본 연구에서는 기존의 사위검사법인 하웰검사와 토링톤검사 및 개발된 사위검사법인 3차원편광검사를 사용하여 양안의 융합제거 시간에 따른 사위량을 측정하고 이를 비교해 보았다. 사위에 대한 시기능 보정 처방을 내리기 위해서는 하나의 정해진 사위량이 필요하다. 사위량 측정에 있어 같은 검사법으로 다른 값이 측정된다면 융합을 제거하는 시간도 고려되어야 한다.

이론 및 원리

본 연구에서는 사위 측정에 있어 융합을 제거하는 시간을 고려하였다. 사위 측정에는 사위검사법으로 많이 사용되는 하웰검사(howell test)와 토링톤검사(thorington test)⁹⁾로 정하였으며, “개발된 3d Display 장치를 이용한 사위검사법과 기존 사위검사법으로 측정한 사위량 비교에 관한 연구”에서 개발된 3차원 입체영상 표시장치를 이용한 사위검사법인 3차원편광검사도 실시하였다.⁸⁾ Fig. 1과 같이, 3차원편광검사와 마찬가지로 기존의 사위검사법인 하웰검사와 토링톤검사에 필요한 시표도 3차원 입체영상 표시장치에 표시하여 검사 조건을 동일하게 하였다. 검사시표 제작에는 다음과 같은 내용이 고려되었다.

본 연구에 사용될 검사시표(test chart)의 개발은 사위 측정의 원리 및 기존 시표 제작의 기본 원리를 준수 하에 이루어졌다. Fig. 2(a)는 오른쪽 눈으로 보게 될 검사시표 영

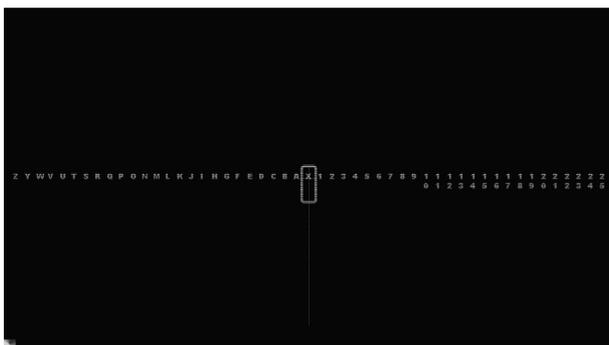


Fig. 1. Developed new test target for quantity of phoria.

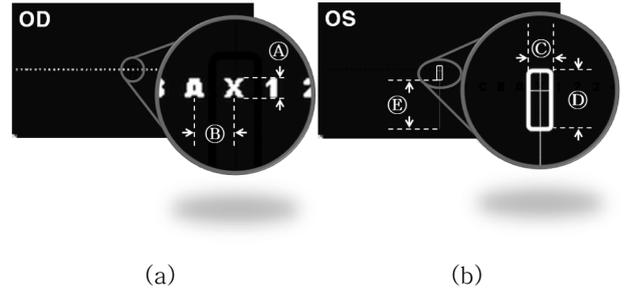


Fig. 2. Perceived view of subjects (a) right eye, (b) left eye.

상이다. 문자와 숫자가 가로 방향으로 배치되어 있다. A는 문자 및 숫자의 세로 길이(height)를 표시한 것이다. 문자 및 숫자의 세로 길이(height)는 17 pixel로 약 9.18 mm이며 검사거리 3 m기준으로 소수시력 0.5 시표에 해당한다. B는 문자 및 숫자 간의 간격을 표시한 것이다. 검사거리 3 m에서 사위량을 1 cm간격으로 세밀하게 측정하여 프리즘(Δ) 값으로 환산에 용이하도록 배치하였으며 그 값은 2 cm이다.

Fig. 2(b)는 왼쪽 눈으로 보게 될 검사시표 영상이다. 검사시표 한 가운데에 지시상자가 표시되어 있으며 지시상자 안에 표시되는 문자 및 숫자가 사위량을 의미한다. 지시상자의 가로 너비 C는 2 cm이고 중앙의 세로 점선에 위치하는 문자 및 숫자를 읽으면 된다. 세로 길이 D는 6 cm이고 숫자 시표의 “10” 이상의 두 자리 숫자가 융합 제거에 방해되지 않게 표시되도록 여유 공간을 두고 만들었다. 지시상자 내부에 표시되어 있는 세로 점선의 연장선 E는 하웰검사 시표(howell test chart)에서 문자 및 숫자 아래에 있는 화살표의 역할을 한다. 즉 하웰검사에서 프리즘렌즈에 의해 분리되었을 때 화살표가 가리키는 문자 및 숫자가 사위량인 것과 마찬가지로 세로 점선이 위치한 문자 및 숫자가 사위량을 의미한다.

본 연구에서 사용된 사위검사법은 하웰검사, 토링톤검사,

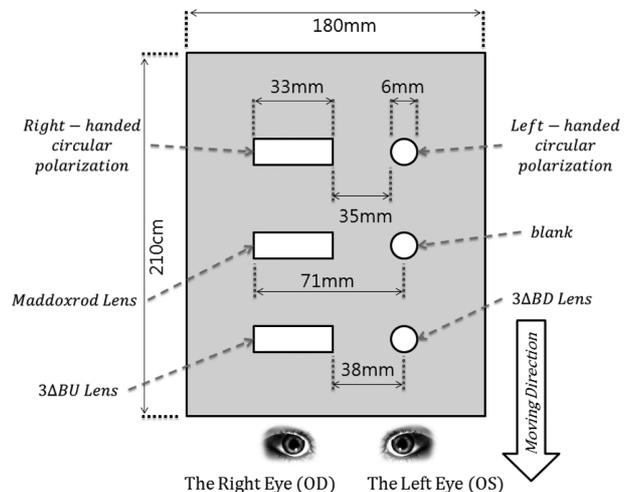


Fig. 3. Diagram of phoria test apparatus.

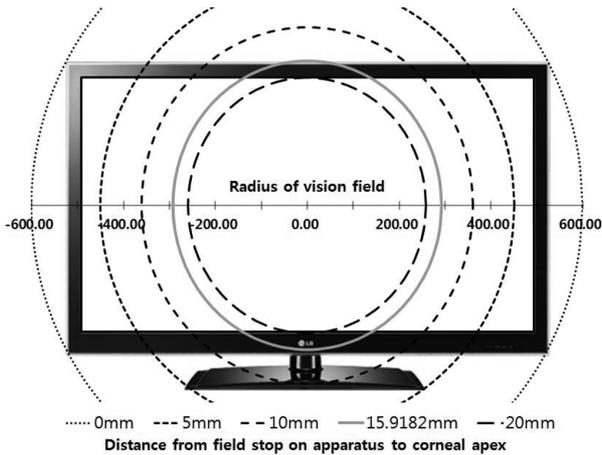


Fig. 4. Field of vision as distance from field stop on apparatus to corneal apex (Unit: cm).

개발된 3차원편광검사(3D polarizing test) 등 모두 세 가지이다. 세 가지 사위검사법에서 모두 활용될 수 있는 3차원 입체영상 표시장치에 표시될 검사시표를 개발하여 제작한 데에는 검사 진행의 신속함이 고려되었다. 이는 검사시표 교환에 따른 시간 지체로 인하여 사위성 눈피로(heterophoric asthenopia)의 유발을 최소한으로 방지하기 위한 것이다.^[10]

이런 맥락으로 추가 개선해야 할 부분은 검사 렌즈 교환이다. 하웰검사에는 프리즘 렌즈가 사용되고, 토링톤검사에는 마독스봉이 사용된다. 또한 개발된 3차원편광검사에는 편광안경이 필요하다. 검사 렌즈 교환 역시 번거롭고 시간 지체가 생길 수 있다. 그러므로 세 가지 종류의 렌즈를 장착한 시야제한 장치(apparatus)를 제작하였다.

조도가 500 lx일 때 20대의 평균 동공의 크기는 5.75 mm 이므로 원형 시야조리개(field stop)의 지름은 6 mm를 기준으로 개발되었으며, 시야제한 장치(apparatus)와 각막정점의 거리에 따른 시야를 계산하였다(Fig. 4). Fig. 4에 따르면 개발된 시야제한 장치와 각막정점의 거리가 5 mm이상일 때 3차원 입체영상 표시장치의 좌우 세로 테두리가 시야에서 제거된다. 또한 테두리 안쪽으로 시야를 제한할 수 있는 장치와 각막정점의 거리는 15.9182 mm로 계산되었다. 개발된 시야제한 장치(apparatus)와 각막정점(corneal apex)의 최소거리는 비침 높이(nasal tip protrusion, snpm)에 의해 제한된다. 한국인의 평균 비침 높이가 남자 20.3±2.4 mm, 여자 18.7±1.7 mm 이므로 원형 시야조리개에 의해 융합 요소인 3차원 입체영상 표시장치의 테두리를 시야에서 제거할 수 있다.

대상 및 방법

본 논문은 안구에 질병이 없고 소수시력 0.8이상(교정시력 포함) 남자 16명, 여자 6명 총 22명을 대상으로 진행하

였다. 실험 대상자의 평균 연령은 남자 23.3±1.7세, 여자 22.0±1.1세이다. 실험 대상자의 안위 경향으로는 원거리 외 사위 및 정위이며, 내사위의 경우 비율은 낮아 통계처리가 불가능하여 제외하였다.

세 가지 사위 검사법의 순서에서 각각의 사위 검사법이 모두 들어가며 중복되지 않게 정할 수 있는 경우의 수는 (factorial), 총 6가지이다. 6가지 검사를 모두 실시하는 것은 실험 대상자(subjects)의 집중도를 떨어뜨리고, 눈피로(asthenopia)를 유발할 수 있다.

본 연구에서는 실험 대상자가 검사 과정에서 사위성 눈 피로(heterophoric asthenopia)를 최소화하기 위해 세 가지 사위 검사법에 모두 사용될 수 있는 검사시표와 시야제한 장치(apparatus)를 개발하여 제작하였고, 이러한 취지에서 검사 순서의 간소화가 필요하였다.^[10]

먼저 검사 순서의 방향에 대해 정의하였다. 개발된 시야 제한 장치(apparatus)는 위에서부터 차례대로 편광렌즈, 마독스봉, 프리즘렌즈가 배치되어 있다. 즉 실험 대상자가 개발된 시야제한 장치를 들고 위로 올리면서 3차원편광검사(이하 3), 토링톤검사(이하 T), 하웰검사(이하 H) 순으로 진행하게 되는데, 이것을 검사의 순방향(이하 TEST A)으로 정하였다. 반대로 토링톤검사(T), 하웰검사(H), 3차원편광검사(3) 순으로 진행되는 방향은 역방향(이하 TEST B)이다.

6가지의 검사 순서는 검사 진행 방향을 기준으로 두 가지 그룹으로 나눌 수 있다. Fig. 5에 나타난 바와 같이 3-T-H, T-H-3, H-3-T 등 세 가지 순서는 순방향이고, 3-H-T, H-T-3, T-3-H 등 세 가지 순서는 역방향이다.

분석을 위해 TEST A (3-T-H-3-T)와 TEST B (H-T-3-H-T) 등 두 가지 순서로 진행된 검사에서 측정된 사위량을 검사 순서의 모든 경우의 수 6가지로 재배열하였다. TEST A의 3-T-H, T-H-3, H-3-T와 TEST B의 H-T-3, T-3-H, 3-H-T 등 이상 총 6가지이다.

본 실험에서는 하웰검사, 토링톤검사, 개발된 3차원편광

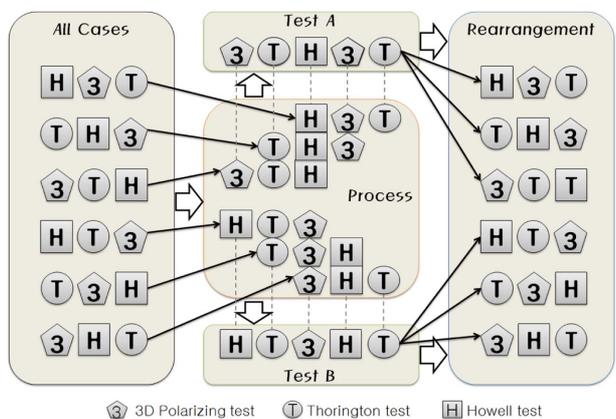


Fig. 5. Process of fixing the order of three phoria tests.

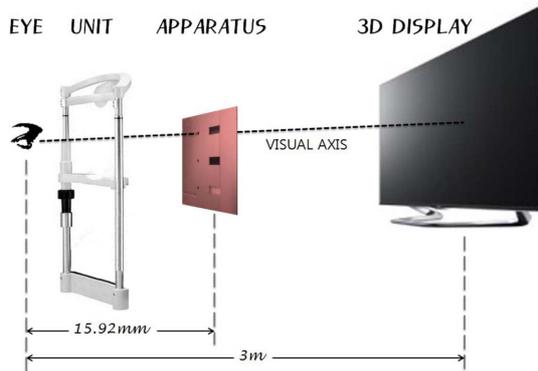


Fig. 6. The arrangement of equipments for testing phoria.

검사(3D polarizing test) 등 세 가지 사위검사를 TEST A와 TEST B의 순서로 모두 진행하였다. 정확한 실험이 진행될 수 있도록 Fig. 6과 같이 고정대를 사용하여 피검자의 안정된 시선을 유지하였다. 먼저 개발된 시야제한 장치(apparatus)를 통해 양안의 융합 분리 순간(moment separation)에 측정하고, 양안의 융합 분리 순간 후 각각의 지시상자의 움직임이 안정된 정지 상태를 보이는 순간(stable separation)에 측정하였다. 지시상자의 안정된 정지 상태는 개인별로 시간의 차이가 있기 때문에 제한 시간을 설정하지 않고 다르게 적용하였으며, 충분한 시간을 주었다.

KS A 3011 기준에서 안경원의 권장 조도를 참고하여 검사실 조도를 500 lx이하로 유지 하였다. 검사거리는 일반적인 시정거리 3 m로 정하였다.

결과 및 고찰

1. 세 가지 사위검사 순서에 따른 통계적 유의차 검정

하웰검사(howell test), 토링톤검사(thorington test), 개발된 3차원편광검사(3D polarizing test) 등 세 가지 사위검사법의 순서가 사위량에 미치는 영향에 관해 분석해 보았다.

분석에 사용된 표본수(sample size)는 순간 분리 사위량과 좌안 주시 안정된 분리 사위량으로 나누어 외사위 각각 135, 정위 각각 63였다. 세 가지 사위검사법으로 측정된 사위량은 외사위(exophoria) 각각 45, 정위(orthophoria) 각각 21이었다.

외사위에 대한 검사 순서에 따른 사위량 측정의 영향 분석에서 표본수가 30이상이므로 통계적 분석에는 대응표본 T-검정(paired T-test)을 이용하였다. 순간 분리 사위량, 좌안 주시 안정된 분리 사위량, 우안 주시 안정된 분리 사위량 등 세 가지 방법에 따라 측정된 사위량을 순방향 순서인 TEST A와 역방향 TEST B으로 대응하여 분석하였다.

Table 1에서 보이는 바와 같이, 외사위의 경우, 전체적으로 순방향인 TEST A와 역방향인 TEST B를 대응표본 T-검정(paired T-test)으로 분석한 결과 유의확률 $p=0.054$ 으로

Table 1. Comparison between TEST A and TEST B as tests in exophoria (Unit : Δ)

	TEST A (M±SD)	TEST B (M±SD)	p-values
Exophoria (total average)	2.45±2.44	2.55±2.45	0.054*
3D Polarizing test	2.11±2.36	2.27±2.32	0.083*
Thorington test	2.83±2.49	2.98±2.66	0.098*
Howell test	2.42±2.46	2.41±2.36	0.859

*0.05<p<1.00, Statistical significance was evaluated by paired T-test.

Table 2. Comparison between TEST A and TEST B as tests in orthophoria. (Unit : Δ)

	TEST A (M±SD)	TEST B (M±SD)	p-values
Orthophoria (total average)	0.29±0.60	0.15±0.75	0.110 ¹⁾
3D Polarizing test	0.35±0.49	0.14±0.96	0.411 ¹⁾
Thorington test	0.24±0.56	0.10±0.67	0.137 ²⁾
Howell test	0.27±0.76	0.22±0.61	0.579 ¹⁾

1) Statistical significance of was evaluated by paired T-test.

2) Statistical significance of was evaluated by Wilcoxon Sign Rank.

경계역의 유의성을 보이지만 순방향과 역방향의 편위량 평균의 차이가 크지 않은 것으로 보인다. 또한 사위검사 별로 분류하여 순방향과 역방향 간의 통계적 분석을 하였을 때 3차원편광검사와 토링톤검사에서 경계역의 유의성을 보였으나 편위량이 크지 않았다. 반면 하웰검사에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

그러므로 외사위에서는 일부 통계적 유의성을 떠나 평균 값 비교에서 큰 차이가 없으므로 사위검사법의 순서가 사위량 측정에 큰 영향을 주지 않는 것으로 보인다.

정위의 통계적 분석에서는 표본수가 30 이상으로 대응표본 T-검정을 실시하였으며, 각 사위검사법의 표본수는 10~30 이므로 콜모고로프-스미르노브 검정(Kolmogorov-smirnov test)과 샤피로-윌크 검정(Shapiro-wilk test)를 통하여 정규성 검정을 실시하였다. 정규성 검정 결과 3차원편광검사(3D polarizing test)와 하웰검사에서 정규성을 만족하여 대응 T-검정을 실시하였으며, 토링톤검사에서는 정규성을 만족하지 못하여 윌콕슨검정을 실시하였다. 정위의 경우, 전체 정위 표본에서 순방향과 역방향 간 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 세 가지 사위검사법에서도 순방향과 역방향 간 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2).

외사위의 경우, 본 연구에서는 앞서 설명한 TEST A와 TEST B로 검사하였으며 그 결과 값은 Fig. 7(a)와 같이 세

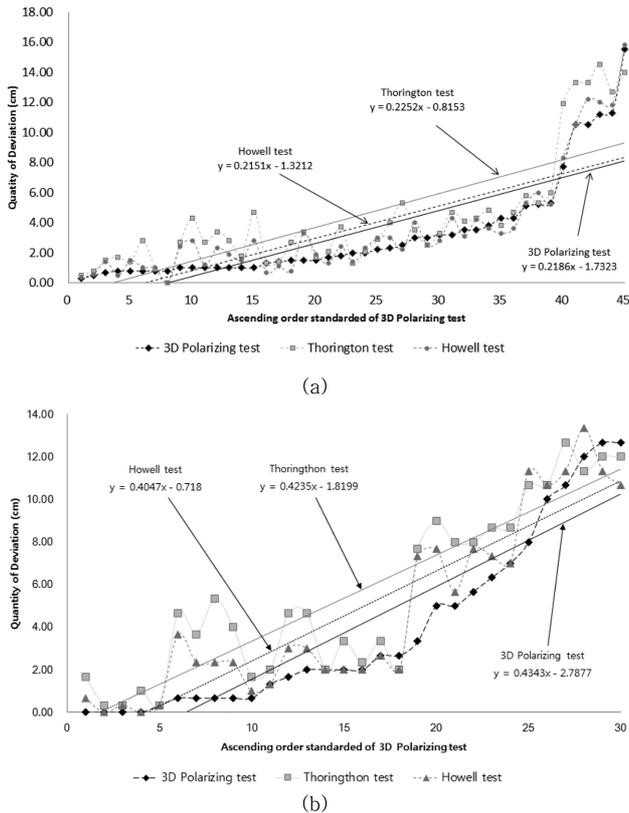


Fig. 7. Quantity of deviation in all phoria tests according to the ascending order standardized of 3D polarizing test in case of exophoria. (a) is result of this study, (b) is result of preceding study.

검사 간 크기 비교에 있어 기존 연구의 결과와 비슷한 경향을 보인다. 기존에 발표된 논문 “개발된 3D display 장치를 이용한 사위검사법과 기존 사위검사법으로 측정된 사위량 비교에 관한 연구”를 보면 세 가지 사위검사로 측정된 사위량의 비교 결과에서 사위량은 토링톤검사, 하웰검사, 개발된 3차원편광검사 순으로 높았다(Fig. 7(b)).^[8] 이 때 검사는 검사순서의 모든 경우의 수 6가지로 검사하였다.

본 연구에서는 앞서 설명한 TEST A와 TEST B로 검사하였으며 그 결과 값은 Fig. 7(a)와 같이 세 검사 간 크기 비교에 있어 기존 연구의 결과와 비슷한 경향을 보인다. 그러므로 안구정위는 TEST A와 TEST B의 통계적인 분석 결과, 사위검사법 순서는 사위량 측정에 대해 영향을 주지 않는 것으로 보인다($p=0.110$).

2. 세 가지 검사법에 대한 순간 분리와 안정된 분리 사위량의 평균 비교

좌안이 시표를 응시하고 우안이 차폐되었을 때, 우안의 차폐 제거와 동시에 측정된 순간 분리 사위량과, 우안의 차폐 제거 후 지시상자의 움직임이 안정되었을 때 측정된 사위량을 비교 분석하였다.

Table 3. Descriptive Statistics about phoria quantity at moment separation and stable separation in exophoria (Unit: Δ)

(exophoria)	N	Mean ± S.D	Minimum	Maximum
Moment separation	45	2.84 ± 2.01	0.72	9.67
Stable separation (on left-eye)	45	2.20 ± 2.41	0.17	8.89

Table 4. Descriptive Statistics about phoria quantity at moment separation and stable separation in orthophoria (Unit: Δ)

(orthophoria)	N	Mean ± S.D	Minimum	Maximum
Moment separation	21	0.74 ± 1.12	-0.75	3.42
Stable separation (on left-eye)	21	0.00 ± 0.58	-1.50	1.00

통계적 분석을 위해 순간 분리(moment separation)와 좌안 주시 안정된 분리 사위량(stable separation left-eye)을 자료로 활용하였다.

외사위의 자료는 15명을 대상으로 표본수 45이다. 순간 분리 사위량은 평균 편위량 4.3 cm으로 2.84 Δ이었으며, 좌안 주시 안정된 분리 사위량은 평균 편위량 3.3 cm으로 2.20 Δ이었다. 순간 분리 되었을 때 측정된 사위량이 높았다(Table 3).

정위의 자료는 7명을 대상으로 표본수 21이다. 순간 분리 사위량은 평균 편위량 0.7 cm로 0.49 Δ이었고, 좌안 주시 안정된 분리 사위량은 평균 이었다. 정위에서도 순간 분리 되었을 때 사위량이 높게 측정되었다(Table 4).

3. 토링톤검사와 하웰검사에 대한 순간 분리와 안정된 분리에 따른 사위량의 통계적 유의차 검정

통계 분석은 순간 분리 사위량과 좌안 주시 안정된 분리 사위량 전체의 통계적 분석과 세 가지 사위 검사법에 대하여 각각 통계적 분석을 실시하였다.

외사위의 경우, 전체 표본에 대해서는 대응 T-검정(paired T-test)를 실시하였으며 세 가지 사위 검사법에 대해 표본수는 15로 10~30 사이이기 때문에 콜모고로프-스미르노브 검정(Kolmogorov-smirnov test)과 샤피로-윌크 검정(Shapiro-

Table 5. Comparison of phoria quantity at moment separation and stable separation in exophoria (Unit: Δ)

(exophoria)	Moment separation	Stable separation	p-values
Thorington test	3.21 ± 2.45	2.62 ± 2.64	0.001*
Howell test	2.72 ± 1.87	2.15 ± 2.31	0.032*

* $p<0.05$, Statistical significance was evaluated by paired T-test.

Table 6. Comparison of phoria quantity at moment separation and stable separation in orthophoria (Unit: Δ)

(orthophoria)	Moment separation	Stable separation	p-values
Thorington test	0.37±0.69	0.04±0.41	0.498
Howell test	0.58±0.87	-0.02±0.24	0.043*

*p<0.05, Statistical significance was evaluated by Wilcoxon Sign Rank.

Table 7. Comparison of phoria quantity at moment separation and stable separation in orthophoria (Unit: Δ)

(3D polarizing test)	Moment separation	Stable separation	p-values
Exophoria	2.59±1.73	1.83±2.37	0.023*
Orthophoria	0.53±0.77	-0.15±0.51	0.225

*p<0.05, Statistical significance was evaluated by Wilcoxon Sign Rank.

Table 8. Comparison of total average of phoria quantity at moment separation and stable separation in exophoria and orthophoria (Unit: Δ)

(total average)	moment separation	stable separation	p-values
Exophoria	2.84±2.01	2.20±2.41	0.000*
Orthophoria	0.49±0.78	-0.04±0.39	0.026*

*p<0.05, Statistical significance was evaluated by Wilcoxon Sign Rank.

wilk test)를 통하여 정규성 검정을 실시하였다. 그 결과, 모두 정규성을 만족하여 통계적 분석에는 대응 T-검정(paired T-test)을 이용하여 분석하였다.

분석 결과, 외사위에서는 순간 분리 사위량과 좌안 주시 안정된 분리 사위량 사이에 유의한 차이를 보였다($p=0.000$). 그러므로 순간 분리 사위량이 안정된 분리 사위량보다 높게 측정된다고 볼 수 있다(Table 5).

정위의 경우, 전체 표본수가 21로 정규성 검정을 실시하였으며, 모두 정규성을 만족하지 못하였다. 그러므로 비모수적 통계 분석으로 웰콕슨 검정(Wilcoxon Sign Rank)을 실시하였다(Table 6).

분석 결과, 토링톤검사에서는 순간 분리와 안정된 분리에 따른 사위량 간에 유의한 차이가 없는 반면, 하웰검사에서는 유의한 차이를 보였으며, 순간 분리 사위량이 안정된 분리 사위량보다 높게 측정된 것으로 나타났다.

4. 개발된 3차원편광검사에 대한 순간 분리와 안정된 분리의 사위량 평균 비교 및 통계적 검정

외사위에서는 개발된 3차원편광검사로 측정된 사위량이

토링톤검사와 하웰검사로 측정된 사위량보다 비교적 적게 측정되었다. 개발된 3차원편광검사에서는 순간 분리와 안정된 분리로 측정된 사위량의 비교에서는 $p=0.023$ 으로 유의한 차이를 보였으며, 순간 분리 때의 사위량이 비교적 높게 측정되었다.

정시인 경우에는 순간 분리 사위량과 안정된 분리 사위량 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 이것은 토링톤검사와 하웰검사에서의 사위량 분석 결과와 같았다(Table 7).

세 가지 사위검사법으로 측정된 모든 사위량을 순간 분리와 안정된 분리 조건으로 나누어 통계적 유의성을 검정해 보았다. 외사위에서는 순간 분리 사위량과 안정된 분리 사위량에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으며 순간 분리 사위량이 안정된 분리 사위량보다 상대적으로 높게 측정되었다. 정시에서도 두 조건 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 외사위에서와 마찬가지로 순간 분리 사위량이 상대적으로 높았다. 즉, 사위검사 시 융합이 분리 순간에 측정된 사위량이 분리 후 안위가 안정된 사위량보다 높게 측정되었다(Table 8).

결론

본 연구에서는 사위를 검사하는 데 있어 양안의 융합을 제거하는 시간에 따른 사위량을 비교하였다. 일반적으로 사위검사를 할 때, 양안의 융합을 제거하는 방법에 대해서는 제거 방법이 고려되어 다양한 사위 검사법이 존재하지만 융합을 제거하는 시간에 대해서는 고려되지 않고 있다.

양안의 융합 분리 순간에 측정된 사위량과 양안의 융합 분리 후 안정된 안구 정렬 상태에서 측정된 사위량의 비교 분석에서 외사위의 경우 양안의 융합 분리 순간에 측정된 사위량이 양안의 융합 분리 후 안정된 사위량보다 상대적으로 컸다. 또한 세 가지 사위 검사법의 두 가지 분리 방식의 검사 간 차이량은 비슷하였다.

사위 검사할 때, 경우에 따라 순간 분리 사위량(moment separation)과 안정된 분리 사위량(stable separation)을 혼용하여 사용한다. 그러나 두 가지 분리 검사로 측정된 사위량 간에는 유의한 차이가 있으므로 사위검사법은 물론 융합 제거에 있어 어떠한 분리 방식으로 사위량을 측정했는지에 관해 명확한 표시가 필요하다.

감사의 글

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술 연구비 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] Kim JW, Mun KA, Ahn CD, Huh NH, Choi JS. Three dimensional technology, 1st Ed. Seoul: The Electronic Times. 2011;48-49.
- [2] Steinman S, Steinman BA, Garzia RP. Foundation of binocular vision : A clinical perspective, 1st Ed. USA: McGraw-Hill. 2000;87-89.
- [3] Mitchell S, Bruce W. Clinical management of binocular vision. 2nd Ed. Seoul: DAIHACK Publishing company. 2010;148-151.
- [4] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, second edition, 2nd Ed. Philadelphia: Butterworth Heinemann Elsevier. 2006;963-967.
- [5] Mitchell S, Bruce W. Clinical management of binocular vision. 2nd Ed. Seoul: Daihack Publishing Company. 2010;293-434.
- [6] Doo HY, Sim SH, Choi SM, Jang JU, Jeong JH. A study on long distance heterophoria of college student by the difference of testing method. Korean J Vis Sci. 2011; 13(1):44-48.
- [7] Oh HJ, Doo HY, Oh SJ. A study on the measurement and tendency of heterophoria using Von Graefe test and Maddox rod test. Journal of Digital Convergence. 2012;10(11): 485-491.
- [8] Kang SH, Hong HK. A Comparative study on quantity of phoria between new phoria measurement with 3D display and existing methods. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2013;18(3):313-320.
- [9] Carson NB, Kurtz D. Clinical procedures for ocular examination, 3rd Ed. Seoul: Daihak Publishing company. 2008;263-266.
- [10] Yoon DH, Lee SW, Choi E. Ophthalmology, 7th Ed. Seoul: Ilchokak. 2007;247.

A Study on Comparison of the Quantity of Phoria as Way to Separation of Binocular Fusion

Seok Hyon Kang^{1,*} and Hyungki Hong²

¹Graduate School of NID Fusion Technology, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea

²Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea

(Received July 28, 2014: Revised September 4, 2014: Accepted September 18, 2014)

Purpose: This is a comparative experimental study on the amount of phoria by the removal time of binocular fusion. In this study, three tests were used for phoria test like Howell test, Thorington test and developed 3D polarizing test. **Methods:** In this study, it was considered the removal time of binocular fusion for measuring phoria. The three methods were used for measuring quantity of phoria: Howell test, Thorington test and developed 3D Polarizing test. The measurements progressed quickly to avoid eye-strain. So we designed the test charts for marking 3D display modules and the apparatus inserted lenses, like Maddox lens and prism, which are compatible with three phoria tests. The phoria at the moment separation was measured when the binocular fusion was broken through the apparatus and the that at the stable separation was measured when activity of the separated two images like indicated box and figure on horizontal axis stopped. **Results:** There were statistically significant difference between quantity of phoria at moment separation and that at stable separation. Amount of phoria at moment separation was relatively larger than amount of that at stable separation. In result in exophoria, the quantity of phoria at moment separation was higher than that at stable separation, and in phoria measured by developed 3D polarizing test, it shows the similar results at two condition. **Conclusions:** For exophoria, the amount of phoria at moment separation of binocular fusion was relatively larger than that at stable separation. The amount of difference between phoria values at moment separation and that at stable separation was alike among three phoria tests. Usually in working, there is no distinction between moment separation and stable separation. But there were definitely the difference between two ways to separate binocular fusion. Therefore, it is need for writing on prescription test name for measuring phoria and condition of separation of binocular fusion.

Key words: Phoria, Fusion, Binocular fusion, Removal fusion, Separation, Howell test, Thorington test, 3D