

개발된 3D Display 장치를 이용한 사위검사법과 기존 사위검사법으로 측정된 사위량 비교에 관한 연구

강석현*, 홍형기

서울과학기술대학교 대학원 안경광학과, 서울 139-743

투고일(2013년 7월 30일), 수정일(2013년 9월 2일), 게재확정일(2013년 9월 14일)

목적: 본 논문에서는 3D display 장치를 활용하여 사위량을 측정하는 새로 고안된 사위검사법이 기존의 사위검사법을 분석 및 비교하여 어떠한 차이가 있는지 알아보았다. **방법:** 실험은 마독스로드법(Maddox rod), 폰 그라페법(von Graefe) 등 기존 사위검사법 2가지와 새로 고안한 3D편광사위검사법으로 사위량을 측정하였다. 3D편광사위검사법은 기존의 편광렌즈를 활용한 사위검사와 달리 편광렌즈와 시야조리개를 사용하여 완전융합사위제거 상태로 사위량을 측정한다. 이를 위해 세 가지 사위검사법에 모두 사용 가능하도록 새로 고안된 사위검사시표와 이를 표시하는 3D display 장치를 활용하였다. 피검사자는 남녀 12명이며, 사위검사에 영향을 줄 수 있는 사위검사순서를 고려하여 3가지 사위검사의 모든 경우의 순서를 고려하여 세 가지 실험 1세트-1회를 기준으로 총 6회의 실험을 하여 총 72세트의 표본을 얻었다. 양안융합의 제거를 위해 실험조건을 어렵게 했으며, 시표의 RGB색상코드(RGB color code)를 기준으로 (20, 20, 20), 실험실의 조명은 10 lx 이하를 유지하였다. **결과:** 실험결과 72세트의 표본 중, 외사위 30세트, 내사위 12세트, 정위 30세트로 분류되었다. 먼저 검사순서에 의한 분석 결과 실험에 영향을 주지 않았다. 사위량의 비교분석 결과, 가장 높은 사위량이 검출된 검사법은 마독스로드법이었고 3D편광사위검사법이 가장 낮은 사위량이 검출되었다. 각 검사법의 사위량은 차이를 보이고, paired t-test 분석 결과 통계적으로 유의하여 사위량이 3D편광사위검사법<폰 그라페법<마독스로드법 순의 경향으로 검출될 확률이 높다. **결론:** 새로 고안된 3D편광사위검사법은 기존 사위검사법보다 상대적으로 낮은 사위량이 검출되었으나 통계적으로 유의한 차이를 보인다. 새로 고안된 3D편광사위검사법은 피검사자의 자연스러운 융합제거와 비교적 안정적인 안위 상태에서 이루어진 검사로 사위량을 검사하는 점에서 의의가 있다.

주제어: 3D Display, 원거리 사위, 외사위, 내사위, 정위, 편광안경, 폰 그라페법, 마독스로드법

서 론

정상인 안구를 가지고 있는 사람이 어떠한 사물을 응시하여 양안시하고 있을 때, 양안의 위치를 정위(orthophoria)라고 한다. 한편 외견상으로 정위와 똑같이 보이나 전위되기 쉬운 상태의 눈을 사위(heterophoria)라고 한다.^[1]

사위는 주시하려는 노력을 하지 않을 때나 한 쪽 눈을 가려 융합을 방해할 때 사시로 보이지만 융합의 의지가 있으면 곧바로 정위 상태로 된다.

일반적으로 증상이 없으면 치료하지 않으나 사위를 가진 눈을 많이 사용한 후 피로감, 충혈, 따가움, 시력장애, 눈의 통증과 두통, 복시 등을 호소하는 등 심한 눈피로(asthenopia)를 느낀다.^[2] 이러한 증상을 줄이기 위해서는 안경의 교정이 필요한데 안경의 처방에 필요한 값이 바로 사위량이다.

시력검사 장비 중 시시력표는 종이, 아크릴 및 빔프로젝트를 활용한 것이 일반적이었으나, 현재 LCD와 같이 표시되는 화면을 전기적 신호로 전하는 영상표시장치가 개발되어 도입되고 있다. 특히 3D display는 현재 도입이 미비하지만 양안에 각각 다른 이미지를 보이는 기능을 활용하여 단순한 안굴절력 검사를 넘어 다양한 시기능 검사에 활용될 가능성이 있다.

본 연구는 3D display를 활용한 사위검사시표를 제작하고 사위량을 측정하여, 동일한 조건에서 기존 사위검사법에 의해 측정된 사위량과 비교 및 고찰한 내용을 소개한다.

이론 및 원리

1. 기존의 사위 검사법

원거리 수평사위검사법에는 대표적으로 폰 그라페법

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

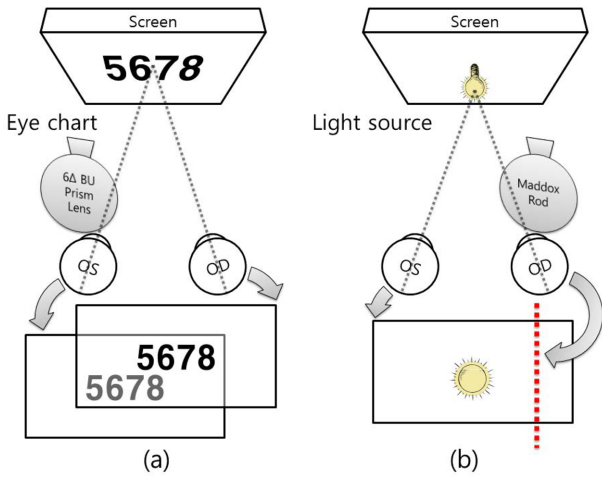


Fig. 1. Principal of distance lateral phoria test by (a) von Graefe and (b) Maddox rod.

(von Graefe)과 마독스로드법(Maddox rod) 등 두 가지 방법이 있다.

폰 그라페법(von Graefe)은 왼쪽 눈 앞(포롭터 기준 장착 방향)의 6 Δ, BU 프리즘에 의해 양안의 원거리 융합상을 상하로 분리한 후, 로터리프리즘(rotary prism unit)이나 프리즘 바(prism bar)를 이용하여 좌우안에 보이는 상하시표가 세로축에 일치하는 때의 편위량을 측정한다(Fig. 1(a)).^[3]

마독스로드법(Maddox rod)은 오른쪽 눈앞의 마독스로드 렌즈의 수평 흡방향에 의해 수직으로 선조상이 생기는데, 좌안에 보이는 주시광선과 우안에 보이는 선조상이 로터리프리즘이나 프리즘 바를 사용하여 일치되는 편위량을 측정한다(Fig. 1(b)).^[4]

기존의 편광렌즈를 활용한 사위 검사법으로는 십자 타겟을 활용한 연합사위(associated phoria) 검사법이 있다. 이 검사법을 통하여 양안의 편광렌즈를 통해 보이는 시표의 어긋난 모양인 주시시차(fixation disparity)의 모양을 통해 사위의 종류만 확인할 수 있으며, 사위량을 측정하기 위해서는 별도의 프리즘 가입 검사가 필요하다.^[5]

2. 새로 고안된 3D Display를 활용한 사위 검사법

기존의 사위검사법을 살펴보면 검사 조건에 한 가지 공통점이 있는데, 사위량 측정을 위해 양안시에 의한 상의 융합을 제거해야 한다는 것이다. 양안융합을 제거하기 위해 폰 그라페법(von Graefe)에서는 프리즘을 사용하고, 마독스로드법(Maddox rod)에서는 마독스로드 렌즈를 사용한다.

3D Display 장치를 통한 입체시의 원리는 각각 좌우안에 양안시차(binocular disparity)가 존재하는 다른 두 영상을 각각 전달하는 방식이다. 3D Display에서는 두 화면을 동시에 보여주지만 양안 각각에는 다른 영상이 전달되어

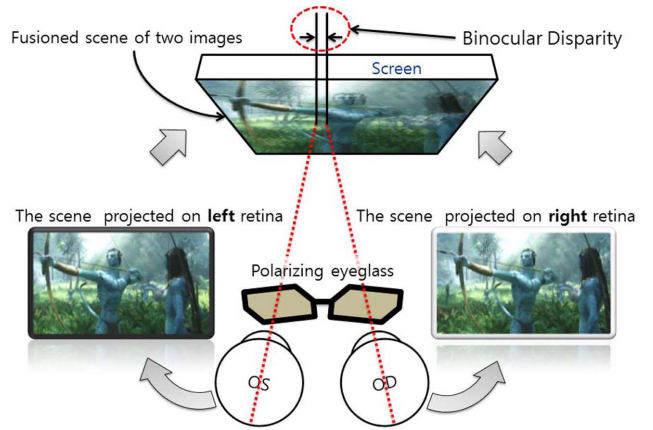


Fig. 2. The principle of stereoscopic Display using polarizing eyeglass.

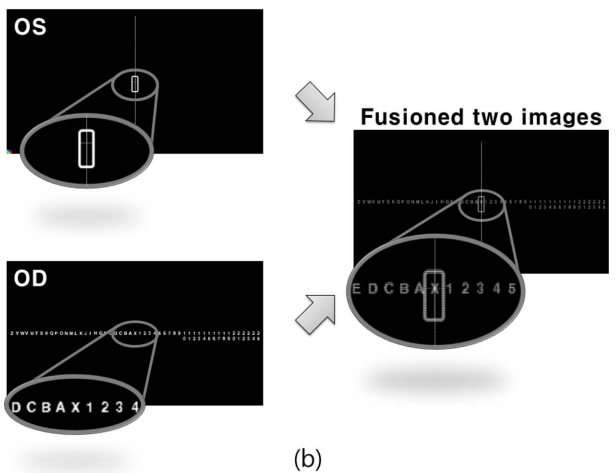
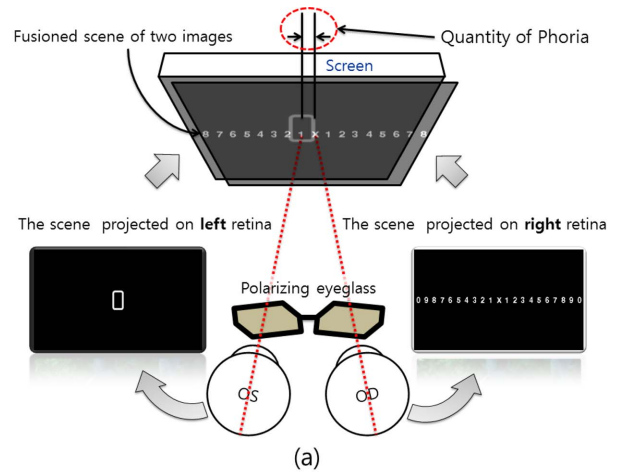


Fig. 3. (a) Principle of newly designed phoria test chart on 3D Display. (b) Perceived view of subjects.

입체감을 느끼게 만드는데, 이러한 역할을 하는 장치가 screen 전면부에 부착한 patterned retarder와 사용자가 사용하는 편광안경(polarizing eyeglass)이다(Fig. 2). 이 원리는 양안 융합제거 상태를 만듦으로 3D Display 장치를 활용하여 사위검사를 할 수 있는 조건을 만들어 준다.

3D display 장치를 활용하여 원거리 사위를 검사하기 위해 조건에 맞는 시표가 필요하다. 원거리 사위를 측정하기 위해 검사거리를 3 m로 정하였다. 이때의 두눈시야(binocular field)는 공통된 부분 약 60°, 공통되지 않는 한쪽의 바깥 부분 약 60°, 총 180° 정도이다. 이 거리에서 디스플레이(3D display 넓이 1040 mm 기준)가 차지하는 각도는 약 20°로 양안의 융합이 발생하는 시야(가로기준) 60° 중 약 32.8%를 차지한다.

폰 그라페법(von Graefe)과 마독스로드법(Maddox rod)은 완전 융합제거 사위(disassociated phoria) 측정법으로, 융합제거는 양안의 모든 시야에서 발생한다. 하지만 새로 고안된 사위 검사법의 경우 일부 융합제거 사위(associated phoria), 두눈시야 중 3D display 내의 한정된 시야각도 약 20°에서만 융합제거가 일어나고 그 외의 시야에서는 융합이 발생한다. 그러므로 주변시야에 들어오는 3D display의 테두리에 의한 융합자극은 사위값을 0으로 고정시켜 사위 측정에 방해가 된다.

위와 같은 실험 조건에서 양안의 융합제거를 유지하기 위해 3D display 테두리 내부로 단안(좌안)의 시야를 제한했다. Fig. 4와 같이 지름 7 mm의 원형 시야조리개(field stop)를 이용하여 시야를 3D display의 테두리 안으로 제한하여 양안의 융합을 제한하고 사위량을 측정하였다.^[6]

일반적으로 야간의 동공직경은 평균적으로 7 mm이다. 피사체심도는 입사동의 직경이 작을수록 깊어지나 본 연구에서는 야간의 동공직경 7 mm를 시야조리개의 지름 크기로 정했으므로 시야조리개에 의한 피사체심도 변화에 대한 영향은 크지 않다.

실험과정 중 세 가지 사위검사 과정을 신속하게 진행하기 위해 각 실험에 필요한 렌즈를 하나의 기구로 제작하였다. 시야조리개(field stop)는 새로 고안된 사위 검사법에

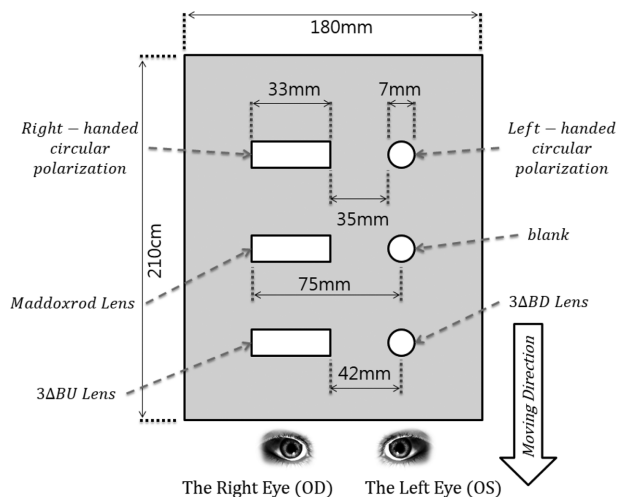


Fig. 4. Diagram of newly modified phoria test apparatus.

Table 1. Radius of vision field through the aperture as distance from corneal apex to aperture (UNIT : cm)

Distance from corneal apex to aperture.	1.0	1.5	2.0	2.5
Radius of vision field through the aperture. (Diameter of vision field)	42 (84)	35 (70)	30 (60)	26.25 (52.5)

만 필요하지만, 세 가지 사위검사법에 의한 사위량의 비교 분석을 위해 제작되는 측정 기구에 동일한 조건을 부여했다. 측정 기구는 Fig. 4에서와 같이 우안에 위치하게 되는 원형 구멍과 좌안에 위치하게 되는 직사각형 구멍 3개씩 구성되어 있으며, 동일한 행의 원형과 직사각형 구멍에 3 가지 사위검사에 사용될 렌즈를 삽입하였다. 삽입되는 렌즈의 위치는 수동포롭터의 렌즈 위치를 참고하였다.

피검사자의 좌안에 놓이게 될 측정 기구의 시야조리개는 지름 7 mm, 측정 기구의 두께는 15 mm 이다. 각막의 위치에 따라 조리개를 통한 시야의 반경이 달라지는데, 그 값은 Table 1과 같다. 화면의 크기가 1040 × 585 mm인 3D Display에서 조리개를 통한 시야를 3D display 화면 안으로 제한하게 되는 각막정점과 시야조리개 사이의 거리는 2.09 cm으로 계산되었다.

원형과 직사각형의 크기 및 간격은 동공간거리를 고려하여 제작하였으며, 별도의 동공간거리 조정 없이 42~75 mm인 피검사자가 사용 가능하다.

3. 새로 고안된 시표

일반적으로 폰 그라페법(von Graefe)은 하웰 시표(Howell chart)를, 마독스로드법(Maddox rod)은 변형된 토링톤 시표(modified Thorington chart)를 활용한다. 또한 새로 고안된 3D Display를 이용한 사위 검사법(이하 “3D편광사위검사법”)에 사용되는 시표는 기능에 맞는 설계가 필요하다.

기존 사위 검사법에 의해 검출된 사위량과 3D편광사위 검사법에 의해 검출된 사위량을 비교하기 위해서는 동일한 조건에서 검사가 이루어져야 한다.

검사법에 필요한 시표를 교체하는데서 발생할 수 있는 검사 간 지체 시간과 피검사자의 집중력 저하 등을 방지하기 위해 폰 그라페법(von Graefe), 마독스로드법(Maddox rod) 및 3D편광사위검사법에 모두 활용될 수 있는 시표를 고안하였다(Fig. 5).

기존 사위 검사법에 사용되는 하웰 시표(Howell chart)나 변형된 토링톤 시표(modified Thorington chart)의 기본 구성에 따라 문자를 배치하고, 3D편광사위검사법에 이용하기 위해 변형이 불가피한 경우에는 Fig. 3과 같은 원리

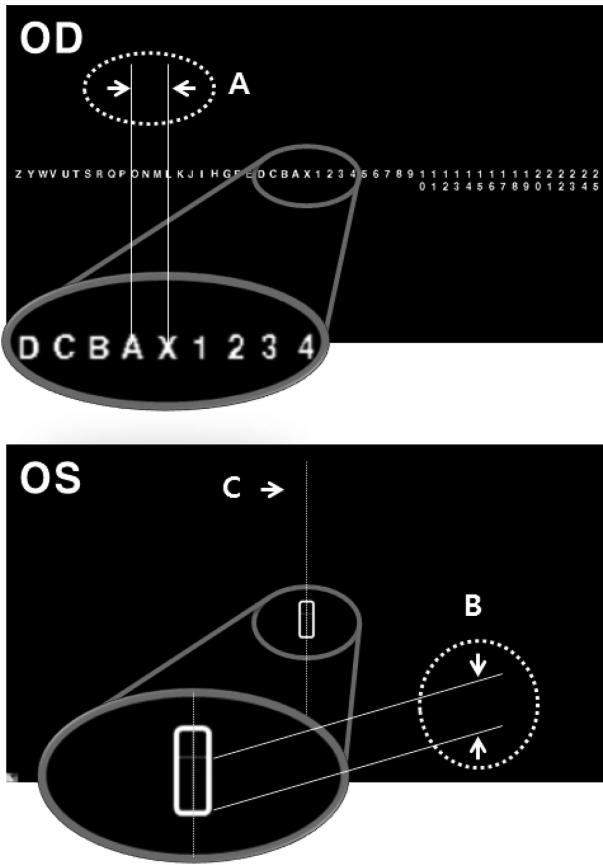


Fig. 5. Newly modified test chart which can be used for existing two test and for 3D Display.

에 따라 전달되는 시표를 활용하되, 변형이 불가피한 경우에만 수정하였다.

시표는 우안에 문자열 시표, 좌안에 주시표가 전달되도록 설계되었다. 이것은 편광안경을 통해서만 분리되어 3D 편광사위검사법에서 활용되는 기능이며, 기존 사위검사에서 활용 시 피검사자에게는 좌우 두 시표가 겹쳐진 시표가 보이게 된다. 우안의 문자열 시표에서 문자 한 칸의 간격 **A**는 2 cm이며 3 m 기준으로 $2/3 \Delta$ 이고, 가운데 **X**를 기준으로 왼쪽에는 알파벳, 오른쪽에는 숫자가 기입되어 있다. 좌안의 주시표의 세로 간격 **B**는 4 cm로 3 m 기준이며 숫자 문자열이 한 자리는 물론 세로로 두 자리일 때 모두 삽입될 수 있다. 3D display에 두 이미지가 겹쳐진 화면을 띄우면 편광안경(polarizing eyeglass)에 의해 양안의 융합이 제거된다.

시표 중 문자열의 오른쪽 숫자는 두 자리 숫자일 경우 숫자를 세로로 표기하였으며, 왼쪽에 보이는 타겟 박스표시를 두 자리 세로 숫자길이에 맞게 **B** 간격으로 만들었다. 폰 그라페법(von Graefe)의 경우 6 Δ 렌즈(좌안 3 Δ, BU, 우안 3 Δ, BI)에 의해 분리되어 보이는 상하 문자열의 어긋난 정도를 읽기 위하여 Fig. 5의 **C**가 되는 위치에 세로 점

선을 삽입하였다.

3D편광사위검사법을 실행하기 위해 융합 가능한 기본 조건을 제거하기 위해 가능한 한 어두운 환경을 만들었다.

시표의 바탕화면은 어두운 색을 기준으로 하였다. RGB 색상코드(RGB Color Code)를 기준으로 배경색상은 검은 색(20, 20, 20), 문자열은 흰색(255, 255, 255)으로 제작하였다. 실험실의 조명 조건은 10 lx이하를 유지하였다.

편광안경을 착용하고 3D display 화면을 볼 때 좌우상이 완전히 분리되지 않는 현상을 crosstalk로 나타낸다. 특히, 3D편광사위검사법으로 사위량 검출 시, 3D display 장치에서 양안의 융합제거를 방해하는 crosstalk 현상이 발생하는데, 이러한 crosstalk는 융합제거를 방해하기 때문에 이러한 영향을 고려하여 시표를 개발하였다.^[7]

연구대상 및 방법

본 연구는 안질환이 없으며, 3 m에서 문자열 시표를 읽을 수 있는 기준 인 양안의 교정시력이 0.8 이상인 성인 남녀 12명을 대상으로 검사하였다.

검사 순서는 폰 그라페법(von Graefe), 마독스로드(Maddox rod), 3D편광사위검사법 3가지를 실험 순서에 따른 차이를 방지하기 위해 Table 2와 같이 모든 경우의 순서, 총 6가지 순서에 따라 차례대로 진행하였다.

실험은 Table 2와 같이 6가지 검사 순서로 6회 실시하며, 실험시간은 회 당 10초 총 소요시간(회간 10초 휴식 포함) 약 2분으로 준수하였다.

시표 표시장치는 “LG전자 47LW4500”을 사용하였다. 이 장치는 편광안경(polarizing eyeglass)의 착용을 통해 좌우안에 서로 다른 영상을 투영하여, 양안의 융합 제거를 가능하게 해준다.

피검사자는 본인이 현재 사용하고 있는 안경을 착용하고 실험하였다. 시력교정 상태에 따라 안위가 달라질 수 있으나 교정한 현재 안위상태에서 다양한 측정방법을 통한 사위량의 상호 비교이므로 본 실험은 시력교정상태에 따른 직접적인 영향을 받지 않는다.^[8]

Table 2. Phoria testing orders in this study

Phoria testing orders	
1	New method - Maddox rod - von Graefe
2	New method - von Graefe - Maddox rod
3	Maddox rod - New Method - von Graefe
4	Maddox rod - von Graefe - New method
5	von Graefe - New method - Maddox rod
6	von Graefe - Maddox rod - New method

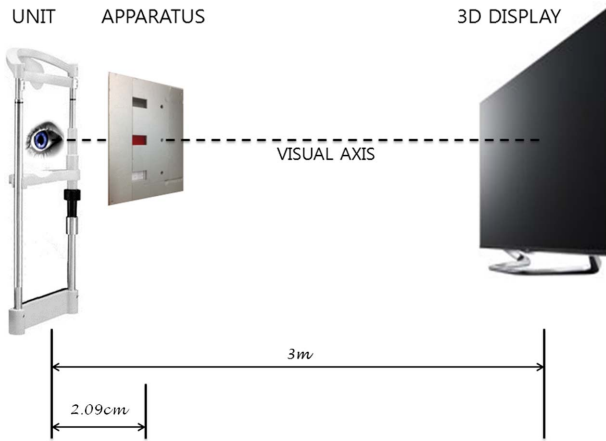


Fig. 6. The arrangement of equipments for testing phoria.

검사 거리는 3 m로 하였으며 일정한 거리 유지 및 피검사자의 머리 고정을 유지하기 위하여 검사용 받침대를 이용하였다.

실험 전에는 피검사자에게 연구내용, 검사횟수 및 소요 시간, 3DTV에 의해 발생할 수 있는 증상에 대해 설명을 하고 피검사자의 실험 동의 확인 후 진행하였다.

실험이 시작되면, 피검사자는 검사용 받침대에 머리를 고정하고 3가지 사위검사에 필요한 렌즈로 구성된 측정기구의 오른쪽 시야조리개 부분은 피검사자가 직접 들고 좌안에 고정시킨다. 양안을 검사장에 맞춰 검사가 끝나면 피검사자는 측정 기구를 상하로 이동하여 다음 검사를 수행한다. 피검사자의 각막정점부터 측정 기구의 시야조리개까지의 거리는 2.09 cm 이상 유지하도록 지도한다.

검사가 빠르게 진행되기 때문에 검사자는 1회 측정 후, 10초 휴식시간 동안 사위검사량을 기록하였다. 검사법의 순서에 의한 사위량의 차이, 기존 검사에 의해 검출된 사위량의 비교 분석 및 기존 검사법과 3D편광사위검사법에 의해 검출된 사위량의 비교 분석은 통계 프로그램인 “PASW(SPSS) Statistics 18”을 이용하였다. 진행되었다.

결과 및 고찰

본 연구는 남자 6명, 여자 6명을 대상으로 진행되었다. 남자의 평균 연령은 만 25.8세, 여자의 평균 연령은 만 23.4세이다. 평균 동공간거리(pupillary distance)는 63.6 mm(61~69 mm)로 검사 가능 동공간거리가 42~75 mm인 측정 기구를 통해 모든 피검사자가 사용 가능했다. 남자는 외사위 2명, 내사위 1명, 정위 3명으로 구성되었으며, 여자는 외사위 3명, 내사위 1명, 정위 2명으로 구성되었다.

3가지 사위검사 1회를 1세트로 정하였을 때, 피검사자 1명 당 검사 수는 6세트이고, 검사를 통해 검출된 표본 수

는 72세트(외사위 30세트, 내사위 12세트, 정위 30세트)이다. 통계 분석은 사위의 종류(외사위, 내사위, 정위)를 기준으로 분류하여 진행하였다. 내사위의 경우 N수가 적어(N≤30) 통계처리에서 제외하고, 사위량 추이 분석만 실시하였다.

1. 검사순서에 따른 사위량 검출의 영향 통계 분석

실험에서 고려된 검사순서에 따른 사위량의 차이가 있었는지에 대해 GLE-반복측정(repeated measures ANOVA) 분석법을 이용하였다. 먼저 Mauchly의 구형성 검정 결과, 유의확률 값으로 볼 때 $p \leq 0.001$ 이므로 구형성이 만족되지 않아 다변량 검정을 하였다. 이에 따른 다변량 검정에서 모든 유의확률 값 $p > 0.05$ 으로 검사순서에 따른 검출된 사위량은 통계적으로 유의하지 않으며, 사위량은 사위검사법에 따른 변화 역시 유의하지 않았다. 개체-간 효과 검정에서는 유의확률 값 0.79($p > 0.05$)로 사위검사법에 따른 사위량의 차이는 없는 것으로 나타났다. 즉, 본 실험에서 검사순서는 사위량 측정에 영향을 주지 않는다.

2. 사위검사법 검출된 외사위 표본의 기술통계량 및 통계, 비교 분석

외사위로 검출된 사위값 30세트 표본의 기술통계는 Table 3과 같다. 기존 사위검사법인 마독스로드법과 본그라페법의 사위량은 3D편광사위법의 사위량에 비해 높게 검출되었다. 특히 마독스로드법에 의해 검출된 사위량이 3가지 사위검사법 중에 상대적으로 높게 측정되었다 (Table 3).

통계적 검정에는 3가지 사위검사법의 “대응표본-T검정 (paired T-Test)”을 실시하여 분석하였다. 분석을 위해 3D 편광사위검사법과 기존 검사법인 마독스로드법(Maddox rod), 폰 그라페법(von Graefe)을 각각 대응시켰다.

먼저 외사위에 대한 기존 사위검사법 간 대응표본-T검정의 결과 유의확률 값 $p \leq 0.001$ 으로 유의한 차이를 보이

Table 3. Descriptive statistics in case of exophoria

	N	Average	Deviation
New method	30	3.9933	4.19416
Maddox rod	30	5.6300	4.06568
von Graefe	30	4.7100	4.12372

Table 4. Paired T-Test in case of exophoria

	Average	Deviation	p-values
Maddox rod-von Graefe	0.8200	0.9514	.000
New method-Maddox rod	-1.6067	1.6150	.000
New method-von Graefe	-0.7867	1.3148	.003

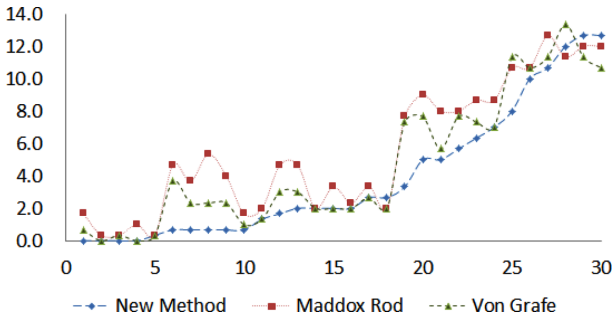


Fig. 7. Prism values according to the ascending order in case of exophoria in black color background test chart.

는 것으로 나타났다. 이는 사위검사 시 마독스로드법의 사위량이 폰 그라페법의 사위량보다 높게 측정될 확률이 높다는 의미를 나타낸다.

3D편광사위검사법과 마독스로드법 간의 유의확률 값은 $p=0.000$ 이고, 3D편광사위검사법과 폰 그라페법 간의 유의확률 값은 $p=0.003$ 이다(Table 4). 분석 결과 모든 대응에서 유의한 차이를 보였으며, 3D편광사위검사법이 기존 사위검사법에 비해 낮게 측정될 확률이 높다는 의미로 해석될 수 있다.

3가지 사위검사법에 의해 도출된 사위량의 비교분석을 하기 위해 3D편광사위검사법으로 검출된 사위값 30세트를 오름차순으로 나열한 후 점그래프(dot graph)로 나타내었다. 점그래프(dot graph)에서 x축은 3D편광사위검사법을 기준으로 오름차순 정렬된 순번이며, y축은 사위량으로 단위는 Δ (prism diopter)이다. 각 점에 해당하는 값은 서로 연관이 없지만, 세 가지 사위검사법으로 검출된 사위량 비교를 위해 점선으로 연결해 나타냈다.

Fig. 7은 3가지 사위검사법에 의해 검출된 외사위량을 나타낸 그래프다. 세 그래프가 놓인 위치는 다르나 비슷한 추세로 오르는 것을 확인할 수 있다. Fig. 7을 보면 오름차순 정렬된 3D편광사위검사법(◆)의 그래프를 기준으로 마독스로드법(■)과 폰 그라페법(▲)의 두 그래프가 비교적 위에 놓여있다. 이것은 외사위의 경우, 마독스로드법의 사위량이 폰 그라페법의 사위량보다 비교적 높게 검출되고, 3D편광사위검사법에 의한 사위량은 기존 사위검사법과 비교하여 상대적으로 낮게 검출된다는 것을 보여준다.

3. 사위검사별 검출된 정위 및 내사위 표본의 기술통계량 및 통계, 비교 분석

본 실험의 피검사자 중에 사위량이 0 Δ 을 기준으로 사위량 1.5 Δ 내에서 외사위량과 내사위량이 불규칙하게 검출되는 경우가 30세트로 상당 수 발견되었다. Morgan의 기준에 의하면 원거리 예상 사위량의 범위를 외사위 1 Δ 에서 $\pm 2 \Delta$ 이내, 즉 $-1 \sim 3 \Delta$ 으로 예상하였다.^[9] 그러므로

Table 5. Descriptive Statistics in case of orthophoria

	N	Average	Deviation
New method	30	0.0067	0.43938
Maddox rod	30	0.0033	0.54297
von Graefe	30	-0.0567	0.58762

Table 6. Paired T-Test in case of orthophoria

	Average	Deviation	p-values
Maddox rod-von Graefe	0.0600	1.0267	.751
New method-Maddox rod	0.0033	0.7976	.982
New method-von Graefe	0.0633	0.6531	.599

이 범위 내에서 검출된 30세트를 정위로 편입하여 표본의 기술통계량 및 통계 분석 및 그래프 비교 분석을 실시하였다.

정위 30세트 표본의 기술통계량은 Table 5과 같다. 정위의 경우, 외사위와 같이 일정한 패턴이 보이지는 않았다. 본 실험에서 정위의 경우 본 그라페법 < 마독스로드법 < 3D 편광사위검사법 순으로 사위량이 검출되었다.

그러나 정위에서는 모든 대응에서 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 6). 정위 표본에서 기존 검사법의 사위량 간의 유의확률 값은 $p>0.05$ 으로 유의한 차이를 보이지 않은 것은 물론 3D편광사위검사법과 기존 검사법 간 모두 유의한 차이를 보이지 않았다.

Fig. 8은 정위 표본을 바탕으로 3가지 사위검사법에 의해 검출된 사위량을 그래프로 나타낸 것이다. 3가지 사위검사법에 의해 검출된 사위량은 안위에 따라 일정한 추이를 보이지 않는 것을 알 수 있다. 그러나 값의 차이는 있으나 정위의 범위인 범위를 벗어나지 않아 정위의 판별이 가능하다.

내사위의 경우 표본수가 30세트 이하로 통계 분석은 실시하지 않았고, 3가지 사위검사법의 사위량 그래프 비교만 분석하였다.

내사위의 경우 사위값이 음수이나 사위량을 비교하는

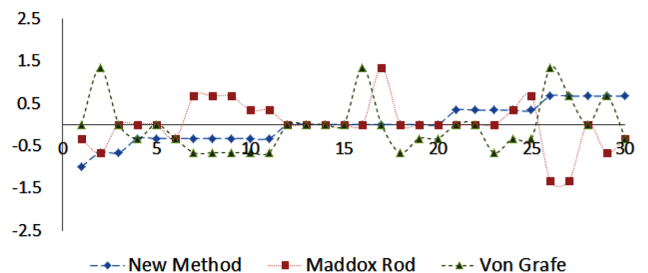


Fig. 8. Prism values according to the ascending order in case of orthophoria in black background color test chart.

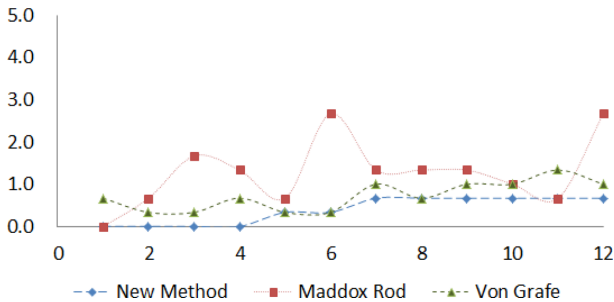


Fig. 9. Prism values according to the ascending order in case of esophoria in black background color test chart.

것이므로 측정된 사위값의 절대값 처리하여 그래프로 나타냈다. 그 결과 Fig. 9와 같이 3D편광사위검사법<폰 그라페법<마독스로드법 순으로 사위량이 측정되었고 이는 외사위와 비슷한 경향을 보인다. 향후 내사위인 피검자를 대상으로 실험하여 내사위의 표본수가 30세트 이상이 확보된다면 기술통계량과 통계 분석이 외사위와 비슷한 결과가 나올 것으로 예상된다.

결 론

본 연구는 기존의 사위검사인 폰 그라페법(von Graefe)과 마독스로드법(Maddox rod)으로 검사한 사위량과 시야조리개로 시야를 제한하여 완전융합사위를 측정하기 위해 새로 고안된 3D편광사위검사에 의해 검출된 사위량을 비교 및 고찰하였다.

분석 결과 3D편광사위검사법은 기존 사위검사법과 마찬가지로 정위나 사위의 종류 확인이 가능했다. 3가지 사위검사법에 의해 검출된 사위량은 차이가 있으며, 사위량 크기가 3D편광사위검사법<폰 그라페법<마독스로드법 순의 경향을 보인다. 3D편광사위검사법에 의해 검출된 사위량은 기존 사위검사법의 사위량과 통계적으로 유의한 차이가 있고, 비슷한 추이를 보이며 상대적으로 낮은 사위량이 검출되는 것으로 나타났다.

일반적으로 사위값은 측정방법에 따라 결과가 다른 것으로 알려져 있다. 이는 측정에 따라 사용되는 기능성 렌즈의 특징과 무관하지 않다.

기존의 사위검사법은 융합을 제거하기 위하여 프리즘 렌즈이나 마독스로드 렌즈를 사용한다. 폰 그라페법(von Graefe)은 상하 프리즘 렌즈로 강제 융합을 제거한다. 이에 따라 피검자는 검사 과정에서 어지러움을 느끼며 피로해지기 쉽다. 반면 3D편광사위검사법은 완전융합사위의 측정이지만 피검자의 시야는 측정기구의 시야조리개에 의해 제한되고 양안에 보이는 시표내용에 융합 자극의

요소가 없기 때문에 피검사자에게 있어 폰 그라페법(von Graefe) 보다 상대적으로 어지러움에 덜 민감한 것으로 보인다.

마독스로드법(Maddox rod)의 경우 점광원이 마독스로드 렌즈에 의해 형성되는 선조상의 위치에 대한 인지가 불완전하여 선조상을 응시할 시, 조절 개입으로 변화가 생긴다. 이에 따른 선조상의 위치 변동은 피검자가 사위량을 확정하는데 방해하는 요소로 작용한다. 그러나 3D편광사위검사법은 양안에 보이는 시표의 위치 정보가 확실하여 마독스로드법 보다는 시표의 위치 변화가 크지 않아 피검자가 사위량을 정하는데 있어 비교적 안정적일 것으로 예상된다.

3D편광사위검사법은 기존 사위검사법에 비해 피검자가 자연스러운 융합제거 상태와 비교적 안정적인 안위로 검사를 받을 수 있다는 점에서 의의가 있다고 하겠다.

감사의 글

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] Kang HS. Introduction to Optometry, 2nd Ed. Seoul: Shinkwang publishing company, 2002;288.
- [2] Yoon DH, Lee SW, Choi E. Ophthalmology, 7th Ed. Seoul: Ilchokak, 2007;247.
- [3] Carlson NB, Kurtz D. Clinical procedures for ocular examination, 1st Ed. Seoul: DAIHAK publishing company, 2008;203-206.
- [4] Carlson NB, Kurtz D. Clinical procedures for ocular examination, 1st Ed. Seoul: DAIHAK publishing company, 2008; 259-262.
- [5] Carlson NB, Kurtz D. Clinical procedures for ocular examination, 1st Ed. Seoul: DAIHAK publishing company, 2008;256-257.
- [6] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision, 1st Ed. Seoul: DAIHAK publishing company, 2009; 16-17.
- [7] Hong HK. Reduction of spatially non-uniform 3D crosstalk for stereoscopic display using shutter glasses. Displays. 2012;33(3):136-141.
- [8] Kim JH. The Factors Influencing the Quantity of Phoria: 1. a study of effects to the quantity of phoria by the refractive error and the conformity to the optical center and the pupillary center. J Korean Ophthalmol Soc. 2004;9(2):361-370.
- [9] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision, 1st Ed. Seoul: DAIHAK publishing company, 2009; 87-89.

A Comparative Study on Quantity of Phoria between New Phoria Measurement with 3D Display and Existing Methods

Seok Hyon Kang* and Hyunki Hong

Graduate School, Department of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea

(Received July 30, 2013; Revised September 2, 2013; Accepted September 14, 2013)

Purpose: This study compared the quantity of phoria for distance by new method with that by existing methods.

Methods: For this study, it was selected to two existing phoria measurements, von Graefe and Maddox rod. And new method named “3D polarizing phoria measurement” was designed to measure the quantity of phoria using polarizing glasses and 3D display. Unlike existing measurement using polarized lens, newly considered method measured the quantity of phoria in condition removed perfect binocular fusion using field stop on apparatus and polarized lens. For using new method for distance, it was developed a phoria test chart. It supports three kinds of phoria measurements. Subjects were 12 (male 6, female 6). They had three phoria tests (1 sets) including new method. It was considered the effect of experimental order, so we tested all cases about experimental order. The number of cases was 6 sets, and the sample size in this experiment was 72 sets. For removing binocular fusion, lighting of the laboratory that was below 10 lx and the background color of phoria test chart was dark, RGB=(20, 20, 20). **Results:** Subjects were sorted into three groups. Samples with exophoria and orthophoria were 30 sets each, and those with esophoria were 12 sets. The quantity of phoria measured three tests differ from each other like “newmethod < von Graefe < Maddox rod”, and there were statistically significant difference each other.

Conclusions: This study has great significance in the sense that new method was the measurement with naturally removing binocular fusion without dizziness during the tests.

Key words: 3D display, Phoria for distance, Exophoria, Esophoria, Orthophoria, Polarizing glasses, von Graefe, Maddox rod