ISSN(print) 1226-5012
J Korean Ophthalmic Opt Soc. 25(4):395-403, December 2020
http://dx.doi.org/10.14479/jkoos.2020.25.4.395

Change in Lateral Phoria under a Phoropter and Trial Frame in Phoria Tests

Kwang-Keun Oh[1,a], Hyun Gug Cho[2,b], Byeong-Yeon Moon[2,c], Sang-Yeob Kim[2,d], and Dong-Sik Yu[2,e,*]

[1]Dept. of Optometry, Kangwon National University, Lecturer, Samcheok 25949, Korea
[2]Dept. of Optometry, Kangwon National University, Professor, Samcheok 25949, Korea
(Received October 14, 2020: Revised November 20, 2020: Accepted November 23, 2020)

Purpose: To evaluate the lateral phoria from several clinical phoria tests using a phoropter and trial frame. **Methods:** Sixty-eight patients (mean age 23.01±1.81 years old) underwent a subjective refraction and lateral phoria test using four clinical phoria tests such as the von Graefe test, the Howell phoria card test, the Maddox rod test, and the alternating cover test under two conditions of phoropter and trial frame. In addition, by classifying the type of phoria and subjects who need to consider prism prescription, and the difference in lateral phoria between the two conditions was compared. **Results:** When the two conditions were compared, a significant reduction was found in the mean lateral phoria in the lateral phoria tests at near and distance using trial frames. In addition, the exophoria group (exophoria greater than normal range) showed a larger mean difference than the orthophoria group (exophoria within normal range). In the group that considered prism correction, only the von Graefe test and the Howell phoria card test showed significant differences. **Conclusions:** The amount of lateral phoria measured in various lateral phoria tests was smaller when the trial frame was used. Therefore, it is desirable to use a trial frame similar to free space when performing the lateral phoria test considering the prism prescription.

Key words: Lateral phoria, Free space, Phoropter, Trial frame, Mechanical space

서 론

사위(phoria)란 양안의 융합(fusion)을 제거하면 나타나는 눈의 편위 상태이며,[1] 융합을 제거한 후의 편위된 방향에 따라 수평사위(lateral phoria), 수직사위(vertical phoria), 회선사위(cyclophoria)로 나뉜다.[2] 이러한 사위들은 외안근의 피로, 길항근 간의 신경자극 불균형, 외안근의 해부학적 정렬 상태 및 신경지배 이상, 안와구조의 이상, 굴절이상 및 조절이상 들에 의해 발생하며,[3,4] 환자가 보유한 융합여력에 따라 안정피로(asthenopia)와 관련된 자각증상을 나타낼 수 있다.[5-8]

사위를 측정하는 방법은 양안의 융합을 완전하게 제거한 상태에서 안구의 위치가 제 1안위에서 편위되는 정도를 측정하는 분리 사위검사(dissociated phoria)와 시야 내의 타겟이 일부 융합한 상태에서 주시시차를 교정하는 연합 사위검사(associated phoria)로 나뉜다.[9-11] 사위검사에는 폰 그라페(von Graefe)검사, 하웰 사위카드(Howell phoria card)검사, 마독스 로드(Maddox rod)검사, 프리즘 교대가림 검사(alternating cover test), 토링톤(Thorington)검사 및 수정된 토링톤(modified Thorington)검사, 대약시경(synoptophore)검사, MKH(Mess-und Korrektionsmethodik nach H.-J. Haases) 편광검사 등이 있으며,[12-17] 이 중 Howell phoria card검사, 프리즘 교대가림검사와 Thorington검사를 제외하면 대부분이 포롭터나 기기를 통해 타겟을 주시하게 한 후 사위를 측정한다.

사위로 인한 안정피로 및 자각적 증상들을 제거하기 위해 프리즘을 처방할 경우, 보통 포롭터를 이용하여 사위를 측정하지만, 근접성 버전스의 작용과 시야의 제한으로 실제 사위량에 영향을 줄 수 있다.[18] 예를 들면, von Graefe 검사와 Howell phoria card검사는 대표적인 분리 사위검사이며, 동일한 양인 6△의 분리 프리즘을 사용한다.[19,20] 그러나, 선행연구들에 의하면 von Graefe검사가 더 큰 평균 외사위량을 나타낸다고 보고되었다.[13,20] 이 두 검사의 가장 큰 차이점은 검사환경이며, von Graefe검사는 기계적 공간(mechanical space)인 포롭터안에서 실시하고 Howell phoria card검사는 자유공간(free spece)인 시험테에서 실시하며,[20] 이는 검사환경이 사위량에 영향을 줄 수 있음을 나타낸다. 또한, von Graefe검사, Maddox rod검사,

*Corresponding author: Dong-Sik Yu, TEL: +82-33-540-3415, E-mail: yds@kangwon.ac.kr
Authors ORCID: [a]https://orcid.org/0000-0001-7638-5654, [b]https://orcid.org/0000-0002-8267-3801,[c]https://orcid.org/0000-0003-0645-4938, [d]https://orcid.org/0000-0001-6806-3305, [e]https://orcid.org/0000-0002-4387-4408

Thorington검사의 검사환경에 따른 신뢰도를 평가한 Casillas와 Rosenfield의 연구[21]에서는 포롭터를 이용한 방법보다 시험테를 이용한 방법이 신뢰도가 높다고 보고하였다. 이와 같이, 다른 여러 사위검사들에서도 검사환경에 따라 동일한 대상자에서 측정된 사위량에 차이가 있을 것으로 생각된다.

실무에서 안경사들이 사위검사를 할 때 가장 많이 사용하는 검사는 von Graefe검사이다.[22] Von Graefe검사는 포롭터를 이용하여 실시하기 때문에, 굴절검사 후 바로 검사를 가능할 수 있어 많은 안경사들에게 선택되는 검사이다. 하지만, 실제 프리즘을 처방할 안경은 시험테와 같은 자유공간이기 때문에, 포롭터를 이용한 사위검사의 측정값을 기준으로 프리즘을 처방할 경우 과도한 프리즘이 처방될 수 있을 것으로 생각된다.

비록 사위검사의 방법은 다르지만, 포롭터와 시험테에 따른 사위량을 평가한 여러 선행연구들이 있다.[20,21,23,24] 하지만, 연구 대상자가 실제 처방해야 하는 대상자가 아니며, 전체 대상자의 평균 사위의 변화량만 측정하였고, 사위의 유형에 따라 분석하지 않았다는 제한점이 있었다. 따라서, 본 연구의 목적은 von Graefe검사, Howell phoria card검사, Maddox rod검사, 프리즘 교대가림검사들에서 포롭터와 시험테에 따른 수평사위량의 변화를 사위의 유형에 따라 알아보고, 실제 프리즘을 처방해야 하는 대상자에게 검사환경이 수평사위량에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구의 목적에 대한 설명을 듣고 연구 참여에 동의한 평균 연령 23.01±1.81세의 68명(남 39, 여 29)을 대상으로 하였다. 모든 대상자들에게 문진을 통해 전신 및 안과 질환의 과거력, 안구 수술 경험 및 약물 복용 유무를 확인하였고 자각적 굴절검사, 사위검사 및 융합버전스 검사(fusional vergence test)를 통해 양안시 기능 이상을 확인하였다. 검사결과, 사시와 융합버전스의 이상 및 약시는 연구에서 제외하였다. 대상자들의 평균 등가구면 굴절력은 –3.04±2.97 △이었으며, 평균 사위량은 원거리에서 2.41±2.8 △ 외사위, 근거리에서는 7.62±5.30 △ 외사위였다. 원거리에서 평균 Base in(B.I) 분리점은 10.90±4.14 △이었고, Base out(B.O) 분리점은 12.78±5.89 △이었으며, 근거리에서는 각각 16.85±7.58, 21.72±5.77 △이었다. 본 연구는 헬싱키 선언을 준수하였으며, 강원대학교 생명윤리위원회(IRB approval number: KWNUURB-2020-07-009-001)의 승인을 받은 후 진행되었다.

2. 연구 방법

수동 포롭터(Phoropter 11625B, Reichert, USA)와 시험테(Trial frame, Dong Yang Optics, Korea)를 이용하여 von Graefe검사, Howell phoria card검사, Maddox rod검사, 프리즘 교대가림검사 순서대로 사위검사를 실시한 후 수평사위량을 비교하였다. Von Graefe검사는 우안에 12 △ B.I의 측정 프리즘(measuring prism)을 가입하고, 좌안에 6 △ B.U의 분리 프리즘(dissociating prism)을 가입한 후 상하로 분리된 0.7 시표가 수직으로 일치되도록 2 △/sec의 속도로 측정 프리즘을 조정하여 수평사위를 측정하였다.[25] Howell phoria card검사는 좌안에 6 △ B.D의 분리 프리즘 가입하고 시표를 주시하게 한 후, 위에 있는 시표의 화살표가 아래 시표에 있는 시표의 숫자를 가리키는 지점을 수평사위로 판단하였다.[20] Maddox rod검사는 우안에 수평 마독스봉을 가입한 후 펜라이트의 광원과 수직 선조광이 일치할 때까지의 측정 프리즘양을 수평사위로 판단하였다.[25] 프리즘 교대가림검사는 우안에 프리즘바를 가입하고 좌안의 움직임이 중화되는 지점의 프리즘을 수평사위량으로 하였다.[26] 포롭터와 시험테를 이용한 검사는 동일한 방법으로 실시하였으며, 시험테를 이용하는 경우 낱개 프리즘과 휴대용 로타리 프리즘을 사용하였다. 또한, 수평사위량의 오차를 최소화하기 위해 각각의 조건별 검사를 실시한 후 변경할 때마다 대상자들은 5분 동안 눈을 감고 휴식을 취하게 하였다. 모든 검사는 3회 반복측정 후 평균값을 수평사위량으로 판단하였다. 사위의 유형별 분석을 위해 Morgan 기준[27]으로 원거리는 0 △에서 2 △ 외사위까지, 근거리는 0 △에서 6 △ 외사위까지 정상범위 그룹으로 분류하였다.

3. 분석

데이터의 분석을 위해 외사위는 음의 부호, 내사위는 양의 부호를 사용하였다. 데이터들의 분석은 SPSS for Windows (Ver. 24.0)를 사용하였고 평균 비교를 위해 모수적 방법인 paired t-test와 비모수적 방법인 Wilcoxon-Sign Rank test를 실시하였으며, 상관분석을 위해 Spearman test를 사용하였다. 또한, 두 조건에서 측정방법의 신뢰도를 분석하기 위해 MedCalc(Ver 10.4)를 사용하여 Bland-Altman 분석을 실시하였다. 모든 분석에서 유의확률이 $p<0.05$일 때, 유의한 차이를 나타내는 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 수평사위량의 변화

포롭터와 시험테에서 실시한 4가지 사위검사(von Graefe

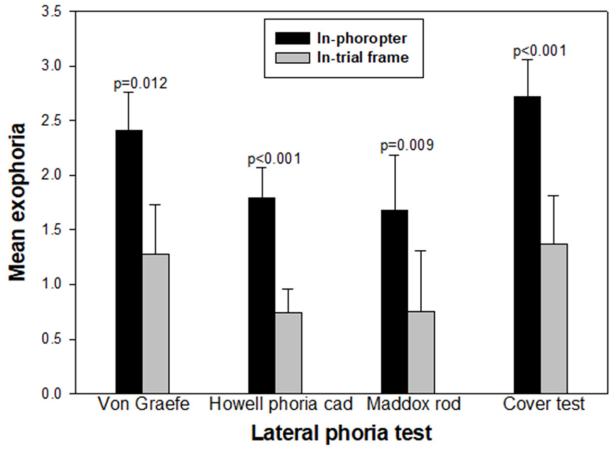

Fig. 1. The mean lateral phoria measured by various methods in phoropter and trial frame at a far distance (Error bar indicates standard deviation).

검사, Howell phoria card검사, Maddox rod검사, 프리즘 교대가림검사)의 원거리와 근거리의 평균 수평사위량은 Fig. 1과 Fig. 2와 같다. 원거리에서는 모든 사위검사에서 포롭터보다 시험테를 이용한 검사들에서 측정한 수평사위량이 더 낮게 측정되었다. Von Graefe검사와 Howell phoria card검사에서 포롭터와 시험테에서 측정한 평균 수평사위량의 차이는 각각 1.13±3.61 △, 1.05±1.70 △이었으며, 시험테를 이용한 조건에서 내사위 방향으로 감소하였다(각각 p=0.012, p<0.001). Maddox rod검사와 프리즘 교대가림검사에서 평균 수평사위량의 차이는 0.93±2.84 △, 1.35±2.58 △ 이었으며, 시험테를 이용한 조건에서 통계적으로 더 낮은 평균 수평사위를 나타냈다(각각 p=0.009, p<0.001). 근거리에서의 평균 수평사위량의 차이는 von Graefe검사에서 1.22±3.65 △, Howell phoria card검사에서 2.13±3.50 △, Maddox rod검사에서 1.03±3.99 △이었으며, 프리즘 교대가림검사에서는 1.06±4.96 △이었다. 근거리에서는 프리즘 교대가림검사를 제외한 von Graefe검사, Howell phoria card검사와 Maddox rod검사에서만 포롭터와 시험테 조건에서의 평균 사위량에 유의한 차이를 보였으며, 시험테 조건에서 더 낮은 평균 수평사위량을 보였다(각각 p=0.007, p<0.001, p=0.037). 프리즘 교대가림검사에서는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았지만(p=0.083), 모든 대상자들에서 포롭터보다 시험테를 이용하였을 때, 평균 수평사위량이 낮아지는 경향을 보였다.

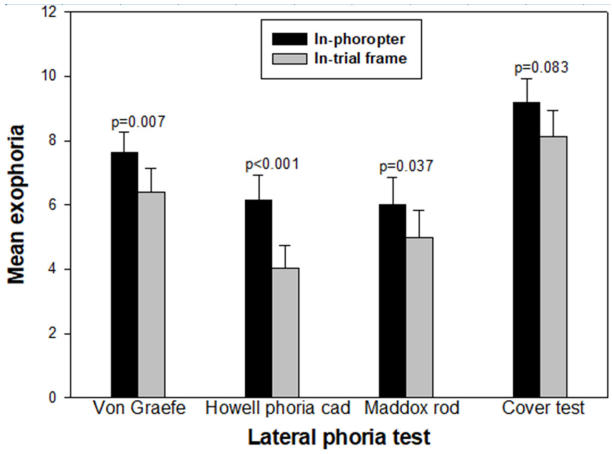

Fig. 2. The mean lateral phoria measured by various methods in phoropter and trial frame at a near distance (Error bar indicates standard deviation).

포롭터와 시험테를 이용한 사위검사들에서 수평사위량이 차이를 보이는 요인은 3가지이며, 첫 번째는 근접성 버전스(proximal vergence), 두 번째는 머리와 눈 위치의 차이, 마지막 세 번째는 주변부 시야의 제한이다.[18,21] 첫 번째 요인인 근접성 버전스는 근거리 물체를 주시할 때 발생하며,[28] 전체 버전스양의 50%를 차지한다고 보고되어 있다.[29] 이론적으로 근접성 버전스가 적은 시험테 조건이 포롭터 조건보다 외사위량이 증가해야 하지만,[30] 본 연구의 결과에서는 시험테 조건이 포롭터 조건보다 외사위량이 감소한 반대의 결과가 나왔다. Casillas와 Rosenfield의 연구[21]에서도 마찬가지로 반대의 결과를 보고하였으며, 통계적으로 유의하지는 않았지만, Jeon의 연구[24]에서도 반대의 결과를 보였다. 이는 검사 조건에 따른 수평사위의 변화가 근접성 버전스의 영향보다 다른 요인의 영향이 더 커서 나타난 결과로 판단된다. 현재 모든 검사들은 제 1안위에서 고정된 타겟을 이용하는데, 눈과 머리의 위치가 정확히 제 1안위를 이루는지 확인하는데 제한이 되기 때문에 두 번째 요인도 영향을 크게 미치지 않을 것으로 판단된다.[21] 마지막 세 번째 요인인 주변부 시야의 제한이 포롭터와 시험테를 이용하여 측정한 수평사위량에 차이를 나타내게 하는 유력한 요인이 된다.[21] 포롭터에서 단안 및 양안시 상태에서의 시야범위는 대략 25~30°이고, 시험테에서는 테의 가장자리를 제외하고 시야의 제한이 최소화되어 있다.[21] Snaker 등[23]은 포롭터와 같은 인공적인 환경보다 자연스럽고 넓은 시야를 제공하는 시험테 환경이 타겟의 깊이에 대한 정확한 단서를 제공하므로 좀 더 정확한 조절을 유발하기 때문에 외사위가 감소한다고 보고하였다. 따라서, 포롭터 조건보다 주변부 시야가 넓은 시험테 조건이 모든 검사에서 평균 외사위량이 감소하게 된 것으로 판단된다.

2. 사위의 유형별 수평사위량 변화

수평사위의 유형별 비교를 위해 Morgan 기준[27]으로 정상범위, 외사위, 내사위 그룹으로 분류한 결과, 원거리에서 정상범위 그룹(0 △에서 2 △ 외사위)은 29명, 외사위(외사위 2 △ 초과) 32명, 내사위 7명이었고, 근거리에서는 각각 정상범위(0 △에서 6 △ 외사위) 30명, 외사위(외사위

Table 1. Changes in the lateral phoria in orthophoria and exophoria group measured by various methods in phoropter and trial frame at a far distance

Group	Method	Test		MD±SD†	*p*	*N*
		Trial frame	Phoropter			
Exophoria (More than 3 △)	Von Graefe	−2.88±3.44	−4.84±2.02	1.97±4.05	*p*=0.010	32
	Howell	−1.30±2.11	−3.00±2.16	1.70±1.54	*p*<0.001	
	Maddox rod	−2.31±3.43	−3.34±3.93	1.03±2.96	*p*=0.057	
	Cover test	−2.38±2.92	−4.31±2.86	1.94±2.27	*p*<0.001	
Orthophoria (0 △ ~ 2 △)	Von Graefe	−0.28±2.85	−0.83±0.80	0.55±2.69	*p*=0.279	29
	Howell	−0.28±1.13	−1.17±1.49	0.90±1.37	*p*=0.001	
	Maddox rod	0.17±4.04	−0.79±2.24	0.97±2.83	*p*=0.077	
	Cover test	−0.28±4.10	−1.45±1.97	1.17±2.69	*p*=0.026	

Analyzed by paired t-tests. Positive and negative values represent eso and exo phoria, respectively. †Mean difference ± standard deviation.

Table 2. Changes in the lateral phoria in orthophoria and exophoria group measured by various methods in phoropter and trial frame at a near distance

Group	Method	Test		MD±SD†	*p*	*N*
		Trial frame	Phoropter			
Exophoria (More than 7 △)	Von Graefe	−10.00±4.83	−11.50±3.97	1.50±3.24	*p*=0.009	36
	Howell	−6.57±5.90	−9.53±5.54	2.96±3.42	*p*<0.001	
	Maddox rod	−7.78±6.69	−9.39±6.15	1.61±3.79	*p*=0.015	
	Cover test	−11.11±6.34	−12.17±5.16	1.06±4.84	*p*=0.199	
Orthophoria (0 △ ~ 6 △)	Von Graefe	−2.70±4.62	−3.63±1.92	0.93±4.21	*p*=0.234	30
	Howell	−1.33±3.58	−2.77±4.42	1.43±3.35	*p*=0.026	
	Maddox rod	−2.20±5.24	−2.97±4.48	0.77±3.95	*p*=0.296	
	Cover test	−5.03±5.54	−6.27±4.67	1.23±5.22	*p*=0.206	

Analyzed by paired t-tests. Positive and negative values represent eso and exo phoria, respectively. †Mean difference ± standard deviation

6 △ 초과) 36명, 내사위 2명이었다. 내사위 그룹의 평균 사위량은 원거리 2.14±0.90 △, 근거리에서 2.50±0.71 △이었으나, 대상자의 수가 적어 분석에 제한이 되었다. 따라서, 내사위 그룹을 제외한 포롭터와 시험테를 이용하여 측정한 원거리 수평사위량의 변화는 Table 1과 같다. 두 그룹 모두에서 시험테에서 측정한 평균 수평사위량이 더 작은 경향을 나타냈지만, 외사위 그룹에서는 von Graefe검사, Howell phoria card검사와 프리즘 교대가림검사가 통계적으로 유의한 차이를 나타내었고(각각 p=0.010, p<0.001, p<0.001), 정상범위 그룹에서는 Howell phoria card검사와 프리즘 교대가림검사가 유의한 차이를 나타내었다(각각 p=0.001, p=0.026). 원거리 외사위 그룹에서 수평사위량의 평균 차이의 범위는 1.03~1.97 △이었고, 정상범위 그룹에서는 0.55~1.17 △이었으며, 모든 검사에서 외사위 그룹이 정상범위 그룹보다 평균 차이가 더 컸다. Table 2는 내사위 그룹을 제외한 포롭터와 시험테를 이용하여 측정한 근거리 수평사위량의 변화를 나타낸다. 근거리 외사위 그룹에서는 von Graefe검사, Howell phoria card검사와 Maddox rod 검사가 유의한 차이를 나타내었다(각각 p=0.009, p<0.001, p=0.015). 정상범위 그룹에서는 Howell phoria card검사만 통계적으로 유의한 차이를 나타내었지만(p=0.026), 근거리 수평사위량이 Morgan 기준[27] 안에 들어가기 때문에, 큰 의미는 없는 것으로 생각된다. 근거리 외사위 그룹의 평균 차이 범위는 1.06~2.96 △이었고, 정상범위 그룹은 0.77~1.43 △으로 원거리와 마찬가지로 외사위 그룹의 평균 차이가 더 크게 나타났다. Miyata 등[31]은 주변부 융합의 손실은 안위를 안정화시키지 못하고 편위를 발생시킨다고 보고하였다. 이를 참고하면, 편위량이 크면 주변부 융합에도 영향을 줄 것으로 생각된다. 편위량이 상대적으로 많은 외사위 그룹이 정상범위 그룹보다 포롭터 조건에서 더 불안정한 안위를 보일 것이고, 시험테 조건에서는 외사위 그룹이 상대적으로 더 큰 주변부 융합을 하여 정상범위 그룹에 비해 수평사위 변화량이 크게 나타난 것으로 판단된다.

3. 프리즘 처방이 필요한 대상자군의 수평사위량 변화

수평사위를 프리즘으로 교정을 해야 하는 대상자들을

분석하기 위해 외사위는 Sheard 기준,[32] 내사위는 Percival 기준[7]을 적용하여 분류하였다. Sheard 기준과 Percival 기준으로 처방에 필요한 프리즘의 양이 0 △을 초과하는 경우 프리즘 처방이 필요한 대상자로 분류하였다. 본 연구에 참여한 원거리 외사위를 가진 대상자 32명 중 15명, 근거리는 36명 중 25명이 프리즘 처방이 필요한 그룹으로 분류되었고, 내사위는 원거리에서 처방해야 할 대상자가 2명, 근거리에서는 없었다. 본 연구에서는 외사위 그룹에서 Sheard 기준으로 프리즘 처방이 필요한 대상자군의 비율이 원거리와 근거리에서 각각 46.9%와 69.4%로 높게 나타났다. Shin 등[33]의 연구에서도 Sheard 기준으로 프리즘 처방이 필요한 대상자의 비율은 47.1%이었으며, 처방할 프리즘의 양이 0.5 △ 이하인 대상자는 제외하였다. 따라서, 실제로는 처방이 필요한 대상자의 비율이 더 높아 본 연구에서의 비율과 유사할 것으로 생각된다.

프리즘 처방이 필요한 대상자에서 포롭터와 시험테를 이용하여 측정한 평균 수평사위량의 변화는 Table 3과 같다. 원거리에서는 von Graefe검사, Howell phoria card검사, 프리즘 교대가림검사에서 통계적으로 유의한 차이를 나타냈고(각각 p=0.036, p=0.003, p=0.007), 근거리에서는 von Graefe검사, Howell phoria card검사만 차이를 나타냈다(각각 p=0.042, p<0.001). 상관분석 결과, 원거리에서 Howell phoria card검사와 Maddox rod검사만 포롭터와 시험테 조건에서 측정된 수평사위량에 유의한 상관성을 나타냈고(Howell phoria card검사: r=0.709, Maddox rod검사: r=0.634), 근거리에서는 모두 유의한 상관성을 나타냈다(Von Graefe검사: r=0.735, Howell phoria card검사: r=0.813, Maddox rod검사: r=0.623, 프리즘 교대가림검사: r=0.687). 원거리에서 수평사위량에 통계적으로 유의한 평균 차이와 낮은 상관성을 보인 검사는 von Graefe검사와 프리즘 교대가림검사였고, 평균 차이가 유의하지 않고 높은 상관성을 보인 검사는 Maddox rod검사였다. 따라서, 원거리 수평사위에서 유의한 평균 차이를 보이고 낮은 상관성을 보인 von Graefe검사와 프리즘 교대가림검사는 포롭터와 시험테 조건이 서로 대체할 수 없는 것으로 나타났다. 하지만, 임상에서 프리즘 교대가림검사는 보편적으로 시험테와 같은 검사환경에서 실시하므로, von Graefe검사로 프리즘 처방을 위한 원거리 수평사위를 측정할 경우, 시험테를 사용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 처방이 필요하지 않은 대상자들에서 평균 수평사위량의 변화는 Table 4와 같으며, 원거리에서 Howell phoria card검사와 프리즘 교대가림검사만 포롭터와 시험테를 이용하여 측정된 수평사위량에 차이를 나타내었고(각각 p=0.002, p=0.003), 근거리에서는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 프리즘 처방이 필요한 대상자 그룹보다 필요하지 않은 그룹이 포롭터와 시험테를 이용하여 측정한 수평사위의 변화량이 상대적으로 적었다. 이는 프리즘 처방이 필요하지 않은 그룹이 평균 사위량이 적으므로 주변부 융합의 안정성이 높아 나타난 결과로 판단된다. 그러나, 앞서 분석한 결과들과 마찬가지로, 모든 검사들에서 시험테로 측정한 평균 외사위량이 낮게 측정되는 경향을 보였다. 포롭터와 시험테 조건간의 상관분석 결과, 원거리에서는 모두 유의한 상관성을 나타내었으며(Von Graefe검사: r=0.831, Howell phoria card검사: r=0.625, Maddox rod검사: r=0.682, 프리즘 교대가림검사: r=0.781), 근거리에서는 Howell phoria card검사와 Maddox rod검사만 유의한 상관성을 나타내었다(Howell phoria card검사: r=0.820, Maddox rod검사: r=0.629). 임상에서 Howell phoria card검사는 보통 시험테를 이용하여 실시하기 때문에, von Graefe검사만 Bland-Altman 분석을 하였다. 또한, von Graefe검사와 일치도 범위를 비교하기 위해 원거리와 근거리에서 모두 수평사위량의 변화에 유의한 차이를 보이지 않은 Maddox rod검사도 Bland-Altman 분석을 하였다. 포롭터와 시험테를 이용하여 von Graefe검사와 Maddox rod검사로 측정한 원거리 수평사위량의

Table 3. Change in lateral phoria by four methods for exophoric subjects who need a prism prescription

Method		Test		MD±SD†	p	$r^{\dagger}$ (p)	N
		Trial frame	Phoropter				
Distance	Von Graefe	−3.13±3.52	−6.00±2.17	2.87±5.15	p=0.036	−0.460 (p=0.084)	15
	Howell	−1.77±2.56	−3.73±2.34	1.97±1.80	p=0.003	0.709 (p=0.003)	
	Maddox rod	−3.00±4.12	−4.53±4.49	1.53±3.62	p=0.254	0.634 (p=0.011)	
	Cover test	−3.07±1.94	−5.00±2.51	1.93±2.12	p=0.007	0.503 (p=0.056)	
Near	Von Graefe	−11.24±4.75	−12.64±4.11	1.40±3.20	p=0.042	0.735 (p<0.001)	25
	Howell	−7.62±5.86	−11.40±4.90	3.78±3.27	p<0.001	0.813 (p<0.001)	
	Maddox rod	−9.44±5.40	−11.04±5.08	1.60±4.26	p=0.113	0.623 (p=0.001)	
	Cover test	−12.40±6.12	−13.24±5.07	0.84±4.40	p=0.322	0.687 (p<0.001)	

Analyzed by Wilcoxon-Sign Rank tests. Positive and negative values represent eso and exo phoria, respectively. ?Mean difference ± standard deviation. †Correlation coefficient analyzed by Spearman test.

Table 4. Change in lateral phoria by four methods for exophoric subjects who do not need a prism prescription

Method		Test		MD±SD†	*p*	*r*† (*p*)	*N*
		Trial frame	Phoropter				
Distance	Von Graefe	−2.65±3.46	−3.82±1.19	1.18±2.67	*p*=0.120	0.831 (*p*<0.001)	17
	Howell	−0.88±1.58	−2.35±1.80	1.47±1.28	*p*=0.002	0.625 (*p*=0.007)	
	Maddox rod	−1.71±2.66	−2.29±3.14	0.59±2.24	*p*=0.253	0.682 (*p*=0.003)	
	Cover test	−1.76±3.51	−3.71±3.08	1.94±2.46	*p*=0.003	0.781 (*p*<0.001)	
Near	Von Graefe	−7.18±3.87	−8.91±2.02	1.73±3.47	*p*=0.111	0.143 (*p*=0.610)	11
	Howell	−4.18±5.53	−5.27±4.58	1.09±3.14	*p*=0.261	0.820 (*p*<0.001)	
	Maddox rod	−4.00±8.01	−5.64±6.95	1.64±2.58	*p*=0.063	0.629 (*p*=0.012)	
	Cover test	−8.18±6.08	−9.73±4.71	1.55±5.92	*p*=0.372	0.486 (*p*=0.067)	

Analyzed by Wilcoxon-Sign Rank tests. Positive and negative values represent eso and exo phoria, respectively. †Mean difference ± standard deviation. †Correlation coefficient analyzed by Spearman test.

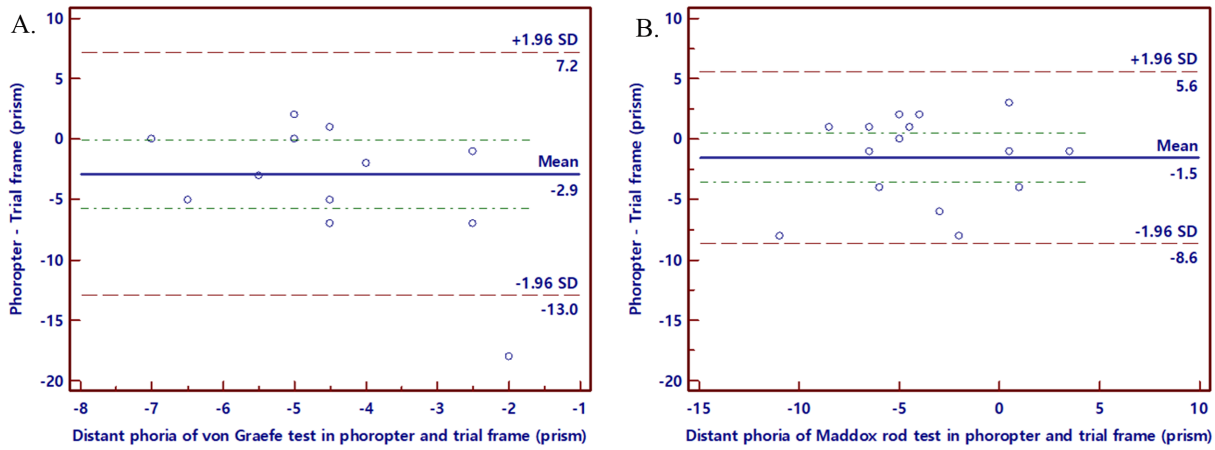

Fig. 3. The Bland-Altman plot of von Graefe and Maddox rod test for distant lateral phoria.

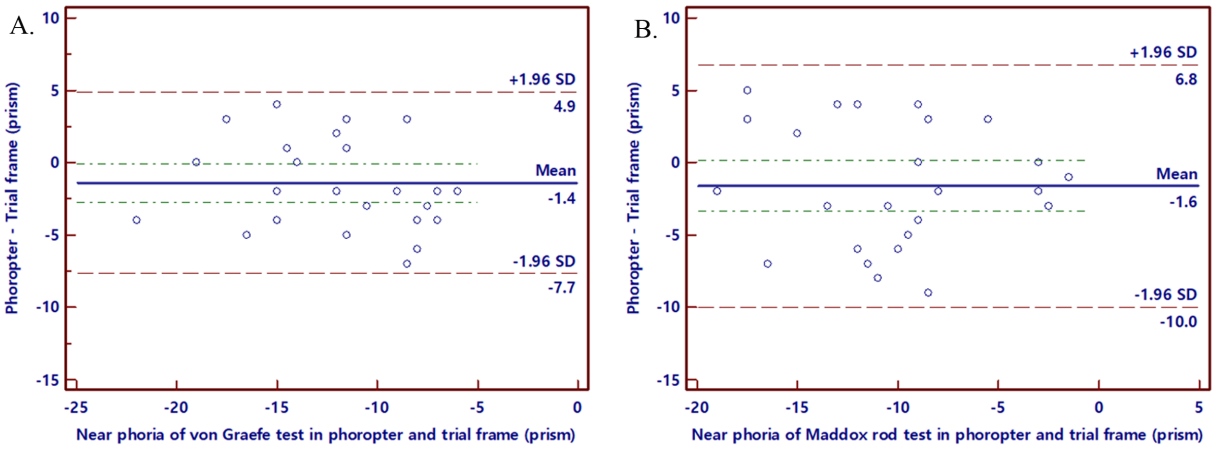

Fig. 4. The Bland-Altman plot of von Graefe and Maddox rod test for near lateral phoria.

95% 일치도 범위는 각각 5.73 △, 4.01 △였으며, 근거리에서는 각각 2.80 △, 3.52 △이었다.

포롭터와 시험테 조건에서 원거리와 근거리에 모두 통계적으로 유의한 차이를 보인 검사는 von Graefe검사와 Howell phoria card검사였다. Von Graefe 검사와 Howell phoria card검사는 융합을 제거하기 위해 분리 프리즘을 사용하는 대표적인 사위검사이다.[22] 하지만, von Graefe 검사는 다른 사위검사방법에 비해 반복성 및 재현성, 신뢰도가 낮고 변동성이 크며, 외사위량이 많이 측정되는 방법으로 보고되어 있다.[34-36] 반면, Howell phoria card검사는

반복성이 좋으며, von Graefe검사보다 외사위가 적게 측정되는 것으로 보고되었다.[20] 두 검사 간의 가장 큰 차이는 검사환경이며, 주변부 융합이 두 검사의 반복성에 차이를 나타내는 것으로 보고되었다.[21] Maples 등[20]은 검사환경이 사위량에 영향을 미치는 근본적인 이유가 망막에서 대뇌 후두엽 시피질로 연결되는 시각경로인 P(parvocellular)경로와 M(magnocelluler)경로에 의해 발생한다고 보고하였다. P경로와 M경로는 각각 망막의 원뿔세포(cone cell)와 막대세포(rod cell)로부터 시작되며, P경로는 중심시, 색각시를 담당하고 높은 공간주파수, 낮은 대비에 민감하며 신경전달 속도가 느리다.[37] 이와 반대로, M경로는 주변시, 운동시를 담당하며 낮은 공간주파수, 높은 대비에 민감하고 신경전달 속도가 빠른 특징이 있다.[37] 따라서, 주변시가 가능한 시험테를 이용하여 사위검사를 하는 것이 포롭터를 이용하는 것보다 M경로를 통해 외부환경으로부터 들어오는 시각정보가 더 많기 때문에, 융합 버전스가 더 활발하게 발생할 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점은 내사위를 가진 대상자의 수가 적었으며, 내사위 교정을 고려해야 하는 대상자의 수도 적어 분석에 제한이 되었다. 따라서, 추후 연구에서 보완이 필요할 것으로 판단된다. 본 연구의 결과들을 종합해 보면, 대부분의 검사들에서 포롭터 조건보다 시험테 조건에서 더 적은 수평사위가 측정되었으며, 평균 차이는 외사위 그룹이 정상범위 그룹보다 더 컸다. 또한, 프리즘 교정을 고려해야 할 그룹이 교정을 고려하지 않아도 되는 그룹보다 통계적으로 더 많은 변화를 보였다. 특히, 원거리 von Graefe검사는 포롭터보다 시험테 조건에서 더 적은 수평사위를 보였고 포롭터와 시험테 조건간의 넓은 95% 일치도를 보인 것으로 보아 프리즘 처방을 위해 von Graefe검사로 원거리 수평사위검사를 하는 경우 시험테를 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

결 론

포롭터와 시험테를 이용한 수평사위검사들에서 수평사위량은 시험테 조건에서 더 적은 수평사위를 나타냈다. 또한, 외사위가 클수록 수평사위량의 차이가 더 큰 경향을 보였다. 프리즘 교정을 고려해야 할 그룹에서 von Graefe검사와 Howell phoria card검사만 포롭터와 시험테 조건간의 수평사위량에 차이를 나타냈다. 비록 위의 두 검사만 원거리 및 근거리 수평사위에 유의한 차이를 보였지만, 실제 프리즘을 처방하는 안경은 시험테와 같은 환경이기 때문에 프리즘 처방을 위한 모든 수평사위검사들은 시험테로 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

REFERENCES

[1] Theodore G. Primary care optometry, 4th Ed. London: Butterworth-Heinemann, 2001;85.

[2] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 4th Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2014;404-405.

[3] Kim JH, Lee DH. The factors influencing the asthenopia of emmetropia with phoria. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2005;10(1):71-82.

[4] Kříž P, Skorkovská Š. Distance associated heterophoria measured with polarized cross test of MKH method and its relationship to refractive error and age. Clin Optom. 2017;9:55-65. DOI: https://doi.org/10.2147/OPTO.S123436

[5] Kommerell G, Kromeier M, Scharff F, et al. Asthenopia, associated phoria, and self-selected prism. Strabismus. 2015;23(2):51-65. DOI: https://doi.org/10.3109/09273972.2015.1036080

[6] Jenkins TCA, Pickwell LD, Yekta AA. Criteria for decompensation in binocular vision. Ophthal Physiol Opt. 1989;9(2):121-125. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.1989.tb00830.x

[7] O'Leary CI, Evans BJW. Double-masked randomised placebo-controlled trial of the effect of prismatic corrections on rate of reading and the relationship with symptoms. Ophthalmic Physiol Opt. 2006;26(6):555-565. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2006.00400.x

[8] Pickwell LD, Kaye NA, Jenkins TC. Distance and near readings of associated heterophoria taken on 500 patients. Ophthalmic Physiol Opt. 1991;11(4):291-296. DOI: https://doi.org/10.1016/0275-5408(91)90044-J

[9] Otto JMN, Kromeier M, Bach M, et al. Do dissociated or associated phoria predict the comfortable prism?. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2008;246(5):631-639. DOI: http://doi.org/10.1007/s00417-008-0798-3

[10] Ogle KN, Mussey F, Prangen AD. Fixation disparity and the fusional processes in binocular single vision. Am J Ophthalmol. 1949;32(8):1069-1087. DOI: https://doi.org/10.1016/0002-9394(49)90649-2

[11] Sung PJ. Optometry, 8th Ed. Seoul: Daihakseolim. 2013;419-454.

[12] Lee KB, Jeon SW, Kim TH, et al. The comparative analysis of various distance phoria tests. Korean J Vis Sci. 2007;9(1):115-125.

[13] Oh KK, Cho HG, Moon BY, et al. The effect of dissociating prism on lateral phoria in von Graefe and Howell phoria card test. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2018;23(2):143-149. DOI: https://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.2.143

[14] Oh KK, Cho HG, Moon BY, et al. Influence of dissociating prism on lateral phoria in von Graefe test. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2017;22(2):167-173. DOI: https://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.2.167

[15] Daum KM. Analysis of seven methods of measuring the angle of deviation. Optom Vis Sci. 1983;60(1):46-51. DOI: https://doi.org/10.1097/00006324-198301000-00008
[16] Hirsch MJ, Bing LB. The effect of testing method on values obtained for phoria at forty centimeters. Optom Vis Sci. 1948;25(9):407-416. DOI: https://doi.org/10.1097/00006324-194809000-00001
[17] Hirsch MJ. Clinical investigation of a method of testing phoria at forty centimeters. Am J Optom Arch Am Acad Optom. 1948;25(10):492-495.
[18] Frantz KA, Scharre JE. Comparison of disparometer fixation disparity curves as measured with and without the phoroptor. Optom Vis Sci. 1990;67(2):117-122. DOI: https://doi.org/10.1097/00006324-199002000-00010
[19] Weymouth FW. An experimental comparison of three common methods of measuring heterophoria. Optom Vis Sci. 1963;40(9):497-503.
[20] Maples WC, Savoy RS, Harville J, et al. Comparison of distance and near heterophoria by two clinical methods. Optom Vis Dev. 2009;40(2):100-106.
[21] Casillas EC, Rosenfield M. Comparison of subjective heterophoria testing with a phoropter and trial frame. Optom Vis Sci. 2006;83(4):237-241. DOI: https://doi.org/10.1097/01.opx.0000214316.50270.24
[22] Sim HS, Lee SW, Jang SJ. Investigation of the horizontal heterophoria measurement at distance by various testing method. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2001;6(2):155-160.
[23] Snaker N, Prabhu A, Ray A. A comparison of near-dissociated heterophoria tests in free space. Clin Exp Optom. 2012;95(6):638-642. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2012.00785.x
[24] Jeon IC. Comparison of binocular vision examination with free space and mechanical space. MS Thesis. Eulji University, Daejeon. 2008;23-47.
[25] Carlson NB, Kurtz D. Clinical procedures for ocular examination, 3rd Ed. New York: McGraw-Hill, 2004;203-261.
[26] Rainey BB, Schroeder TL, Goss DA, et al. Inter-examiner repeatability of heterophoria tests. Optom Vis Sci. 1998;75(10):719-726. DOI: https://doi.org/10.1097/00006324-199810000-00016
[27] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. St.Louis: Butterworth-Heinemann Elsevier, 2006;969-972.
[28] Rosenfield M, Ciuffreda KJ, Hung GK. The linearity of proximally induced accommodation and vergence. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1991;32(11):2985-2991.
[29] Hokoda SC, Ciuffreda KJ. Theoretical and clinical importance of proximal vergence and accommodation. In: Schor CM, Ciuffreda KJ, eds. Vergence eye movement: basic and clinical aspects. Boston: Butterworth-Heinemann, 1983;75-97.
[30] London R. Fixation disparity and heterophoria. In: Barresi BJ, ed. Ocular assessment: the manual of diagnosis for office practice. Boston: Butterworth-Heineman, 1984;141-150.
[31] Miyata M, Oishi A, Ogino K, et al. Relationship between ocular deviation and visual function in retinitis pigmentosa. Sci Rep. 2018;8(1):14880. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-018-33211-6
[32] Sheedy JE, Saladin JJ. Association of symptoms with measures of oculomotor deficiencies. Optom Vis Sci. 1978;55(10):670-676. DOI: https://doi.org/10.1097/00006324-197810000-00002
[33] Shin EH, Kim DH, Hong SI, et al. Comparison between prism dissociation method and MKH in prism prescription for exophoria. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2016;21(4):417-422. DOI: https://doi.org/10.14479/jkoos.2016.21.4.417
[34] Schroeder TL, Rainey BB, Goss DA, et al. Reliability of and comparisons among methods of measuring dissociated phoria. Optom Vis Sci. 1996;73(6):389-397. DOI: https://doi.org/10.1097/00006324-199606000-00006
[35] Rainey BB, Schroeder TL, Goss DA, et al. Reliability of and comparisons among three variations of the alternating cover test. Ophthalmic Physiol Opt. 1998;18(5):430-437. DOI: https://doi.org/10.1016/S0275-5408(98)00002-7
[36] Lee KS, Jung MB, Kim TH, et al. A study on the measurement and tendency of horizontal heterophoria using von Graefe method. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2006;11(2):151-157.
[37] Shapley R. Visual sensitivity and parallel retinocortical channels. Annu Rev Psychol. 1990;41:635-658. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev.ps.41.020190.003223

사위검사들에서 포롭터와 시험테에 따른 수평사위량의 변화

오광근[1], 조현국[2], 문병연[2], 김상엽[2], 유동식[2,*]

[1]강원대학교 안경광학과, 강사, 삼척 25949

[2]강원대학교 안경광학과, 교수, 삼척 25949

투고일(2020년 10월 14일), 수정일(2020년 11월 20일), 게재확정일(2020년 11월 23일)

목적: 여러 사위검사들에서 포롭터와 시험테에 따른 수평사위량의 변화를 알아보고자 하였다. **방법:** 68명의 성인(평균 연령 23.01±1.81세)을 대상으로 완전교정 후 포롭터와 시험테 조건에서 von Graefe검사, Howell phoria card 검사, Maddox rod검사, 프리즘 교대가림검사로 수평사위를 측정하고 비교하였다. 또한, 사위의 유형 및 프리즘 처방을 고려해야 하는 대상자들을 분류하여 두 조건간의 수평사위량 차이를 비교하였다. **결과:** 원거리와 근거리에서 모든 수평사위검사들에서 시험테 조건이 포롭터 조건보다 더 적은 수평사위를 나타내었다. 또한, 외사위 그룹이 정상범위 그룹보다 더 큰 평균 차이를 보였고, 프리즘 교정을 고려해야 할 그룹에서는 von Graefe검사와 Howell phoria card검사에서만 유의한 차이를 나타내었다. **결론:** 여러 수평사위검사에서 측정된 수평사위량은 시험테를 이용한 경우 더 적은 양을 나타내었다. 프리즘 처방을 고려하여 수평사위검사를 실시할 경우 실제 시생활 환경과 유사한 시험테를 이용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

주제어: 수평사위, 자유공간, 포롭터, 시험테, 기계적 공간