

크로스실린더를 이용한 난시정밀검사에서 검사 전 최소착란원 위치에 따른 난시교정값의 변화

김상엽, 이민재, 이강천, 이태희¹, 문병연, 조현국*

강원대학교 안경광학과, 삼척 25949

¹강원대학교 대학원 보건의료과학과, 삼척 25949

투고일(2015년 8월 1일), 수정일(2015년 8월 18일), 게재확정일(2015년 8월 19일)

목적: 크로스실린더를 이용한 난시정밀검사에서 망막 상의 최소착란원 위치가 난시교정값에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. **방법:** 평균나이 22.24±2.48세의 62명(115안)을 대상으로 검사하였다. 방사선시표를 이용한 난시검사 후 최대교정시력이 얻어진 구면굴절력(MPMVA) 상태에서 크로스실린더를 이용한 정밀검사를 실시하였다. 그런 다음 S+0.75 D, S+0.50 D, S+0.25 D, S-0.25 D, S-0.50 D, 그리고 S-0.75 D의 렌즈를 각각 더한 상태(최소착란원의 위치이동)에서 동일한 정밀검사를 실시하고, 얻어진 검사값을 MPMVA 상태에서 얻어진 검사값과 비교하였다. **결과:** MPMVA 상태의 검사값과 비교하여 더해준 (+)구면렌즈와 (-)구면렌즈가 증가할수록 축 변화량은 증가하였다. 동일한 검사상태에서 난시굴절력이 높을수록 축 변화량은 감소하였다(p<0.05). MPMVA 상태의 검사값과 비교하여 더해준 (+)구면렌즈가 증가할수록 난시굴절력은 낮게 나타났고(p<0.05), (-)구면렌즈가 증가할수록 높게 나타났다. (+)구면렌즈를 더해준 경우, 동일한 검사상태에서 난시굴절력이 높을수록 검사값의 차이는 더 크게 나타났다. **결론:** 올바른 난시교정값을 얻기 위해서 크로스실린더를 이용한 난시정밀검사 전 최소착란원 위치를 정확히 조정하여야 한다.

주제어: 크로스실린더, 난시정밀검사, 최소착란원의 위치, 난시교정축, 난시교정굴절력.

서 론

크로스실린더(Cross Cylinder; CC)렌즈는 양주경선 굴절력의 절댓값이 같고 부호가 서로 반대인 토릭렌즈를 말한다.^[1] 일반적으로 ±0.25 D의 크로스실린더는 방사선시표를 통해 검출되고 남아있는 약간의 난시를 미세 교정하는 정밀검사과정에 주로 사용된다.^[2]

CC법과 관련해서 Del Priore와 Guyton^[3]은 난시교정축의 정밀검사에서 반전 후 난시굴절력의 크기에 따른 초기 예상 회전량을 정립하였고, O'leary 등^[4]은 낮은 굴절력의 CC렌즈를 사용할수록 보다 명확한 피검자의 자각적 응답을 유도하여 검사 후 잔여난시량을 최소화할 수 있다고 하였다.

원리적으로, CC렌즈를 이용한 정밀검사는 렌즈의 반전으로 형성되는 망막 상의 최소착란원 크기변화에 근거하고 있어서 검사 전 단계에서부터 검사가 종료될 때까지 최소착란원을 망막 상에 위치하도록 유지하여야 한다.^[5] 하지만 검사 전 조건이 부정확한 상태에서 실시하는 난시정밀검사는 새로운 잔류난시를 형성하여 난시교정 후에도

시력감소, 복시 및 눈의 피로와 같은 시각적 불편함을 일으킬 가능성이 있다.^[6,7]

임상현장의 굴절검사 과정에서 난시교정을 위해 방사선시표를 이용한 검사 후 CC법을 이용한 정밀검사가 가장 보편적으로 사용되고 있다. 그러나 임상현장의 굴절검사 에서 대부분 정밀검사를 생략하거나 정밀검사를 하더라도 검사 전 최소착란원의 정확한 망막 상 위치조정에 대한 이해부족으로 인해 난시교정값의 측정오류가 많이 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 최소착란원이 망막 상에 위치하지 않은 검사 전 상태로 정밀검사를 실시할 때 나타나는 난시교정값의 변화를 분석하여 임상현장에서 발생하는 검사오류를 개선하고자 한다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구의 취지에 동의한 평균나이 22.24±2.48세의 62명(남 39, 여 23) 중 난시가 없는 9안을 제외한 115안을 대상으로 하였다. 대상안의 난시도는 C-0.25 D~C-5.50 D

*Corresponding author: Hyun Gug Cho, TEL: +82-33-540-3411, E-mail: hyung@kangwon.ac.kr

이었고, 문진을 통해 전신질환, 안질환, 양안시기능이상, 굴절교정술 및 눈에 영향을 미치는 약물복용이 없음을 확인하였다. 그리고 단안최대교정시력이 0.9 미만인 대상안의 경우 본 실험에서 제외하였다.

2. 연구방법

측정을 위해 수동포롭터(Phoropter 11625B, Reichert, USA)를 사용하였다. 그리고 운무상태에서 방사선시표를 이용한 난시검사 후 최소착란원이 망막 상에 위치되도록 최대시력이 나오는 최대구면굴절력(maximum plus to maximum visual acuity; MPMVA) 상태에서 CC렌즈와 문자시표를 이용하여 난시정밀검사를 실시하였으며, 여기서 나온 검사값을 기준값으로 기록하였다. 난시축 정밀검사의 경우 대상자가 CC렌즈의 반전 후 더 선명하다고 대답한 위치에서 교정원주렌즈의 축을 CC렌즈의 붉은 점이 있는 방향으로 회전시켰다. 난시교정굴절력 정밀검사의 경우 CC렌즈의 (-)축과 난시교정축이 일치할 때 선명하다고 하면 C-0.25 D를 더하였고, CC렌즈의 (+)축과 난시교정축이 일치할 때 시표가 선명하다고 하면 C+0.25 D를 더하였다. 난시굴절력검사 과정에서 C±0.50 D 더해질 때마다 S±0.25 D를 조정하였다. CC검사법에서는 보다 정확한 자각적 응답을 위한 방법으로 시표를 소리 내어 읽게 하는 검사방법을 이용하였고¹⁸⁾ 운무상태에 따라 저하되는 시력을 고려하여 0.4~1.0 사이의 가로 열 스펀렌 시표를 선택적으로 사용하였다. 모든 과정은 CC렌즈의 반전에도 불구하고 시표의 식별능력 차이가 없을 때까지 진행하였다. 그리고 검사 전 최소착란원의 위치를 이동시킬 목적으로 MPMVA 상태에 각각 S+0.75 D, S+0.50 D, S+0.25 D, S-0.25 D, S-0.50 D, 그리고 S-0.75 D를 차례대로 더한 다음 동일한 방법으로 난시정밀검사를 실시한 후 결과값을 비교하였다. 그리고 최소착란원의 위치에 의한 난시교정

축과 교정굴절력의 변화를 난시도의 정도에 따라 3가지 그룹(그룹 1: C-0.25 D ~ -1.00 D, 그룹 2: C-1.25 D ~ -2.00 D, 그룹 3: C-2.25 D ~)으로 분류하여 분석하였다. 검사는 800±40 lx 밝기 상태에서 6m용 LCD 차트를 사용하였고, 한 번의 검사가 종료될 때마다 5분간의 휴식시간을 제공하였다.

3. 통계처리

자료 분석은 SPSS for Windows, ver. 18.0을 사용하여 실시하였다. 최소착란원의 위치를 망막 앞·뒤로 이동시켰을 때 나타나는 검사값의 변화는 repeated-measures ANOVA 분석하였고, 난시도 그룹별 비교는 one-way ANOVA 분석하였다. 모든 분석은 p<0.05 일 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 최소착란원의 위치에 따른 난시교정축의 변화량

난시정밀검사 과정에서 최소착란원의 위치에 따른 난시교정축의 변화 결과는 Table 1과 같다. MPMVA 상태에서 최소착란원을 각각 S+0.75 D, S+0.50 D, S+0.25 D, S-0.25 D, S-0.50 D, S-0.75 D 이동하였을 때, MPMVA 상태에서의 검사값과 비교하여 각각 6.47±1.00°, 5.98±0.95°, 4.29±0.57°, 3.90±0.63°, 4.38±0.51°, 그리고 5.02±0.64°의 난시축 변화를 보였다. 최소착란원의 위치를 망막 앞·뒤로 이동시키기 위한 (±)구면렌즈의 굴절력이 증가함에 따라 난시교정축의 변화량도 증가하는 경향이었다. 최소착란원의 위치에 따른 그룹별 축 변화량의 차이를 MPMVA 상태에서의 검사값과 비교하여 S+0.75 D 이동하였을 때 그룹1, 2, 3의 평균변화량은 각각 8.66±1.59°, 4.39±1.26°, 2.12±0.87° 였고, S+0.50 D 이동하였을 때

Table 1. Rotation of astigmatic axis after cross-cylinder test depending on positions of circle of least confusion

Group	Rotation of astigmatic axis (°)						N	p
	+0.75	+0.50	+0.25	-0.25	-0.50	-0.75		
1	8.66±1.59 ^a	8.17±1.54 ^a	5.49±0.90 ^a	5.00±0.99	5.46±0.76 ^a	6.65±1.01 ^a	65	0.133
2	4.39±1.26 ^{ab}	3.33±0.86 ^b	3.27±0.67 ^{ab}	2.12±0.65	2.55±0.53 ^b	2.79±0.57 ^b	33	0.434
3	2.12±0.87 ^b	2.76±1.08 ^b	1.65±0.93 ^b	3.18±1.33	3.59±1.31 ^{ab}	3.12±1.12 ^{ab}	17	0.835
p	0.034 [*]	0.029 [*]	0.037 [*]	0.121	0.035 [*]	0.013 [*]	-	-
Total	6.47±1.00	5.98±0.95	4.29±0.57	3.90±0.63	4.38±0.51	5.02±0.64	115	0.089

Data are expressed as mean±SE.

Group 1, C-0.25 D ~ -1.00 D; Group 2, C-1.25 D ~ -2.00 D; Group 3, more than C-2.25 D

+0.75 D, +0.50 D, +0.25 D, -0.25 D, -0.50 D, -0.75 D are added to spherical powers of maximum plus to maximum visual acuity for changing the position of circle of least confusion.

^{a,b,c}: a subgroup by LSD test of one-way ANOVA vertically according to astigmatism group

^{*}p<0.05: degree of significant difference

각각 $8.17 \pm 1.54^\circ$, $3.33 \pm 0.86^\circ$, $2.76 \pm 1.08^\circ$, 그리고 S+0.25 D 이동하였을 때 각각 $5.49 \pm 0.90^\circ$, $3.27 \pm 0.67^\circ$, $1.65 \pm 0.93^\circ$ 였다. 최소착란원이 망막 앞에 위치해 있는 상태에서 측정된 모든 경우에서 난시도가 높을수록 난시교정축의 변화량은 비례적으로 감소하였다($p < 0.05$). S-0.50 D 이동하였을 때 그룹 1, 2, 3의 평균 변화량은 각각 $5.46 \pm 0.76^\circ$, $2.55 \pm 0.53^\circ$, $3.59 \pm 1.31^\circ$, S-0.75 D 이동하였을 때 각각 $6.65 \pm 1.01^\circ$, $2.79 \pm 0.57^\circ$, $3.12 \pm 1.12^\circ$ 로 유의한 변화를 보였다($p < 0.05$).

2. 최소착란원의 위치에 따른 난시교정굴절력의 변화

난시정밀검사 과정에서 최소착란원의 위치에 따른 난시교정굴절력의 변화 결과는 Table 2와 같다. MPMVA 상태에서 검사한 평균 난시교정굴절력은 C-1.23±0.09 D이었고, 최소착란원을 MPMVA 상태에서 S+0.75 D, S+0.50 D, S+0.25 D, S-0.25 D, S-0.50 D, S-0.75 D 이동하였을 때 검사한 평균값은 각각 C-0.94±0.07 D, C-0.99±0.08 D, C-1.08±0.08 D, C-1.28±0.09 D, C-1.33±0.09 D, 그리고 C-1.36±0.09 D이었다. 난시교정굴절력은 최소착란원을 망막 앞쪽으로 이동시키기 위한 (+)구면렌즈의 굴절력이 증가할수록 유의하게 감소하였고, 망막 뒤쪽으로 이동시키기 위한 (-)구면렌즈의 굴절력이 증가할수록 유의하게 증가하였다($p < 0.05$).

난시도에 따른 그룹별 분석에서 그룹 1의 경우, MPMVA 상태에서의 검사값은 평균 C-0.61±0.04 D이었고, 최소착란원을 MPMVA 상태에서 S+0.75 D, S+0.50 D, S+0.25 D, S-0.25 D, S-0.50 D, S-0.75 D 이동하였을 때

검사한 평균값은 각각 C-0.50±0.04 D, C-0.50±0.04 D, C-0.54±0.04 D, C-0.69±0.05 D, C-0.72±0.05 D, 그리고 C-0.72±0.05 D이었다. 최소착란원을 망막 앞쪽으로 이동시킨 상태에서 측정된 모든 경우에서 검사값은 유의하게 감소되었고, 망막 뒤쪽으로 이동시킨 상태에서 측정된 모든 경우에서 검사값은 유의하게 증가되었다($p < 0.05$). 그룹 2의 경우, MPMVA 상태에서의 검사값은 평균 C-1.52±0.04 D이었고, S+0.75 D, S+0.50 D, S+0.25 D, S-0.25 D, S-0.50 D, S-0.75 D 이동하였을 때 검사한 평균값은 각각 C-1.14±0.08 D, C-1.14±0.09 D, C-1.28±0.08 D, C-1.55±0.06 D, C-1.64±0.07 D, 그리고 C-1.70±0.08 D이었다. MPMVA 상태에서 측정된 난시교정굴절력값과 비교하여 최소착란원을 망막 앞쪽으로 이동시킨 모든 경우에서 검사값은 유의하게 감소하였고, 망막 뒤쪽으로 S-0.75 D 이동시킨 검사값은 유의하게 증가되었다($p < 0.05$). 그룹 3의 경우, MPMVA 상태에서의 검사값은 평균 C-3.04±0.22 D이었고, S+0.75 D, S+0.50 D, S+0.25 D, S-0.25 D, S-0.50 D, S-0.75 D 이동하였을 때 검사한 평균값은 각각 C-2.22±0.16 D, C-2.57±0.15 D, C-2.74±0.18 D, C-3.03±0.24 D, C-3.06±0.24 D, 그리고 C-3.15±0.24 D이었다. MPMVA 상태에서의 검사값과 비교하여 최소착란원을 망막 앞쪽으로 이동시킨 모든 경우에서 검사값은 유의하게 감소되었고, 망막 뒤쪽으로 S-0.75 D 이동시킨 검사값은 유의하게 증가되었다($p < 0.05$).

3. 최소착란원의 위치에 따른 난시교정굴절력의 평균차이
난시정밀검사 과정에서 최소착란원의 위치에 따른 난시

Table 2. Change of corrective astigmatism powers depending on positions of circle of least confusion

Added spherical power (D)	Changes of corrective astigmatism power (D)			
	Total	Group		
		1	2	3
+0.75	-0.94±0.07*	-0.50±0.04*	-1.14±0.08*	-2.22±0.16*
+0.50	-0.99±0.08*	-0.50±0.04*	-1.14±0.09*	-2.57±0.15*
+0.25	-1.08±0.08*	-0.54±0.04*	-1.28±0.08*	-2.74±0.18*
MPMVA ^a	-1.23±0.09	-0.61±0.04	-1.52±0.04	-3.04±0.22
-0.25	-1.28±0.09*	-0.69±0.05*	-1.55±0.06	-3.03±0.24
-0.50	-1.33±0.09*	-0.72±0.05*	-1.64±0.07	-3.06±0.24
-0.75	-1.36±0.09*	-0.72±0.05*	-1.70±0.08*	-3.15±0.24*
N	115	65	33	17
p	0.000	0.000	0.000	0.005

Data are expressed as mean±SE.

Group 1, C-0.25 D ~ -1.00 D; Group 2, C-1.25 D ~ -2.00 D; Group 3, more than C-2.25 D

*p<0.05: significantly different from MPMVA according to repeated measurement ANOVA

^aMPMVA: maximum plus to maximum visual acuity

Table 3. Mean difference in each group depending on positions of circle of least confusion compared with values measured under condition of MPMVA[#]

Added spherical power (D)	Total	Mean difference (D)			p
		Group			
		1	2	3	
+0.75	-0.29±0.04	-0.11±0.21 ^a	-0.39±0.42 ^b	-0.82±0.62 ^c	0.000*
+0.50	-0.24±0.04	-0.10±0.26 ^a	-0.38±0.48 ^b	-0.47±0.54 ^b	0.000*
+0.25	-0.15±0.03	-0.07±0.25 ^a	-0.24±0.44 ^b	-0.31±0.45 ^b	0.009*
-0.25	0.05±0.02	0.08±0.24	0.03±0.30	-0.01±0.16	0.326
-0.50	0.10±0.03	0.12±0.24	0.12±0.36	0.14±0.14	0.355
-0.75	0.13±0.03	0.11±0.23	0.17±0.42	0.10±0.20	0.563
N	115	65	33	17	Total 115

Data are expressed as mean±SE.

Group 1, C-0.25 D ~ -1.00 D; Group 2, C-1.25 D ~ -2.00 D; Group 3, more than C-2.25 D

^{a,b,c}: a subgroup of analysis according to group by LSD test of one-way ANOVA

*: p<0.05

[#]MPMVA: Maximum plus to maximum visual acuity

교정굴절력의 평균차이 결과는 Table 3과 같다. 최소착락원을 MPMVA 상태에서 S+0.75 D, S+0.50 D, S+0.25 D, S-0.25 D, S-0.50 D, S-0.75 D 이동하였을 때 검사한 평균값의 차이는 각각 C-0.29±0.04 D, C-0.24±0.04 D, C-0.15±0.03 D, 0.05±0.02 D, 0.10±0.03 D 그리고 0.13±0.03 D이었다.

최소착락원의 위치를 S+0.75 D 이동하였을 때 그룹 1, 2, 3의 평균차이는 각각 C-0.11±0.21 D, C-0.39±0.42 D, 그리고 C-0.82±0.62 D이었고, S+0.50 D 이동하였을 때 그룹 1, 2, 3의 평균차이는 C-0.10±0.26 D, C-0.38±0.48 D, 그리고 C-0.47±0.54 D이었다. 그리고 S+0.25 D 이동하였을 때 그룹 1, 2, 3의 평균차이는 C-0.07±0.25 D, C-0.24±0.44 D, 그리고 C-0.31±0.45 D이었다. 최소착락원이 망막 앞쪽으로 이동할수록, 난시도가 높을수록 난시교정굴절력값의 평균차이는 비례적으로 증가하였다(p<0.05).

정확한 난시정밀검사를 위해서는 검사과정 동안 잔류난시의 최소착락원이 망막 상에 위치하도록 유지시켜 주는 것이 중요하다.^[8,9] 일반적으로 최대시력이 나오는 최대구면굴절력 상태를 최소착락원이 정확히 망막에 위치된 것으로 판단한다.^[2] 또 약한 조절작용을 이용하여 최소착락원을 망막 상에 위치시키기 위해 적록시표의 녹색바탕 문자가 약간 더 진하게 보이는 상태를 이용하기도 한다.^[10] 본 연구에서는 난시정밀검사 전 최소착락원의 위치가 정확하게 조정되지 않았을 때 나타나는 검사값의 변화를 분석하여 임상현장에서 난시교정의 오류를 개선하는데 도움을 주고자 하였다.

실험 결과, (±)구면렌즈를 더하여 최소착락원을 망막

앞·뒤로 이동시킨 후 검사한 값을 MPMVA 상태에서 검사한 값과 비교하였을 때, (+)구면렌즈의 굴절력이 증가함에 따라 난시교정축은 평균적으로 약 4~6.5°의 차이가 나타났고, (-)구면렌즈의 굴절력 증가에 의해서도 약 4~5°의 차이가 나타났다. 그리고 동일한 검사상태에서 난시굴절력이 높을수록 축의 변화량은 적은 것으로 나타났다.^[4] 이러한 축의 오차를 가진 상태로 처방하게 되면 교정에도 불구하고 새로운 난시가 발생하게 되는데,^[9] 동일한 축 오차라 하더라도 난시교정굴절력이 높을수록 발생하는 난시량이 커지게 된다. 특히 (-)구면렌즈를 더하여 최소착락원을 망막 뒤로 이동시킨 상태에서 검사된 난시교정축의 변화는 최소착락원의 위치변화보다는 조절에 의한 수정체의 기울기와 폭주에 따른 각막경선의 만곡도 변화^[11] 등에 의한 것으로 판단되었다.

Williamson-Noble^[12]은 최소착락원이 망막에 위치하지 않은 상태에서 스텝간격을 확장시켜 최소착락원을 크게 만드는 경우, CC렌즈의 방향은 망막에 뚜렷한 수직 또는 수평형의 상이 위치하게 되어 스텝간격이 줄어들 때보다 오히려 피검자의 시력을 증가시켜 검사결과가 반대로 나타나는 문제가 있을 수 있다고 하였다. 본 결과에서도 MPMVA 상태에서의 검사값과 비교하여 최소착락원을 망막 앞쪽으로 이동시킬수록 난시굴절력은 감소되고, 망막 뒤쪽으로 이동시킬수록 증가되어 선행 연구자들의 이론적인 설명과 일치하였다. 좀 더 구체적으로 분석해 보았을 때, 난시도 C-1.25 D 미만인 경우는 통계적인 차이를 보이지 않으나 그 변화량이 임상적 의미는 없었고, 난시도 C-1.25 D 이상인 경우 최소착락원이 S+0.25 D의 약한 근시

성 위치에서도 처방값을 변화시킬 수 있는 약 0.25 D의 차이를 보였다. Del Priore 등^[1]은 난시성 흐름의 인식은 난시도가 높을수록 더 민감하다고 하였는데, 난시도가 높을수록 난시정밀검사 전 최소착란원의 위치의 변화를 더 민감하게 인식하여 검사값의 차이가 더 커지는 것으로 분석되었다.

반면 (-)구면렌즈를 더하여 최소착란원을 망막 뒤쪽에 이동시켰을 때 그 변화는 0.25 D 이하의 차이를 보여 임상적 의미는 없는 것으로 판단되었다. 또한 난시도에 따른 분석에서도 통계적인 차이는 있었지만 임상적으로 고려해야 할 정도의 변화는 아니었다. 이러한 결과는 최대 S-0.75 D를 더해 주었음에도 불구하고 20대의 검사 대상자들이 조절작용으로 최소착란원을 망막에 정확히 유지할 수 있었기 때문으로 판단된다. 그러나 검사값에서 나타난 변화들은 수정체의 곡률증가와 같은 일종의 조절성 난시^[13,14]에 의한 영향이라고 추측되었다.

이와 같은 결과들로 보아 CC렌즈를 이용한 난시정밀검사에서 정확한 검사값을 얻기 위해서는 검사 전 최소착란원의 망막 상 위치조정에 정확성을 기해야 할 것이다.

결 론

방사선시표를 이용한 난시검사 후 최소착란원의 위치를 달리하여 난시정밀검사를 실시하고, MPMVA 상태에서 검사한 결과와 비교하였다.

1. (±)구면렌즈를 더하여 최소착란원의 위치를 망막 앞·뒤로 이동시킨 다음 실시한 난시정밀검사 결과, 최소착란원이 망막에서 떨어질수록 축 변화량은 증가하였다.
2. 난시정밀검사 결과, 난시교정굴절력은 최소착란원이 망막 앞쪽으로 이동할수록 임상적으로 유의하게 감소되었다.
3. 난시정밀검사 결과, 최소착란원을 망막 앞쪽으로 이동한 모든 경우에서 난시도가 높을수록 난시교정굴절력은

더 큰 차이로 나타났다.

REFERENCES

- [1] Anderson P. Cross Cylinders. *The Australasian Journal of Optometry*. 1923;5(8):170-175.
- [2] Carlson NB, Kurtz D. *Clinical procedures for ocular examination*, 3rd Ed. New York: McGraw-Hill, 2003;101-103.
- [3] Del Priore LV, Guyton DL. The jackson cross cylinder: A reappraisal. *Ophthalmology*. 1986;93(11):1461-1465.
- [4] O'leary DJ, Yang PH, Yeo CH. Effect of cross cylinder power on cylinder axis sensitivity. *Am J Optom & Physiol Optics*. 1987;64(5):367-369.
- [5] Dill P. Cross-cylinder methods of measuring astigmatic errors. *The Australasian Journal of Optometry*. 1934;17(1):23-29.
- [6] Von Noorden GK. *Binocular vision and ocular motility*, 5th Ed. St. Louis: Mosby. 1996;216-254.
- [7] Bennet AG. An historical review of optometric principles and techniques. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1986;6(1):3-21
- [8] Benjamin WJ. *Borish's Clinical Refraction*, 2nd Ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006; 812-830.
- [9] Pascal JI. Cross cylinder test-Meridional balance technique. *Optical Journal and Review of Optometry*. 1950;87(18):31-33.
- [10] Sung PJ. *Optometry*, 8th Ed. Seoul: Daihakseorim, 2013; 369-372.
- [11] Fairmaid JA. The constancy of corneal curvature. *Br J Physiol Opt*. 1959;16(1):2-23.
- [12] Williamson-Noble FA. A possible fallacy in the use of the cross-cylinder. *Br J Ophthalmol*. 1943;27(1):1-12.
- [13] Lee HJ. A study on the accommodative astigmatism of near vision. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2011;16(3):327-331.
- [14] Joo SH, Sim HS. A study for the change of astigmatism axis when the fixation point moved for distance to near distance. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2007;12(2):47-59.

Changes of Corrective Astigmatism Values Depending on Position of Circle of Least Confusion in Astigmatic Refining Test Using Cross Cylinder

Sang-Yeob Kim, Min Jae Lee, Kang Cheon Lee, Tae Hui Lee¹, Byeong-Yeon Moon, and Hyun Gug Cho*

Dept. of Optometry, Kangwon National University, Samcheok 25949, Korea

¹Dept. of Medical Health Science, Graduate School, Kangwon National University, Samcheok 25949, Korea

(Received August 1, 2015; Revised August 18, 2015; Accepted August 19, 2015)

Purpose: To investigate the changes of corrective values of astigmatism caused by the position of circle of least confusion on retina in refining astigmatic test using cross cylinder. **Methods:** 62 subjects (115 eyes) aged 22.24 ± 2.48 years participated for this study. After astigmatic test using a radial chart, refining test was performed using a cross cylinder in a condition of maximum plus to maximum visual acuity (MPMVA). Astigmatic refining test was repeatedly performed in each condition of which S+0.75 D, S+0.50 D, S+0.25 D, S-0.25 D, S-0.50 D, and S-0.75 D are added to spherical lenses of MPMVA. The measured values were compared with the values in MPMVA condition. **Results:** As compared with values in condition of MPMVA, change of astigmatic axis was increased with add the power of (+) spherical lenses and (-) spherical lenses. In same spherical condition, change of astigmatic axis was decreased with increment of astigmatic power ($p < 0.05$). The corrective power of astigmatism was reduced with increment of (+) spherical lenses ($p < 0.05$), and was raised with increment of (-) spherical lenses compared with the power in MPMVA condition. In case of adding (+) spherical lenses, difference of astigmatic power increased with increment of corrective astigmatism power in same test condition. **Conclusions:** In order to obtain a proper values for corrective astigmatism, position of circle of least confusion should be accurately adjusted before the performing an astigmatism's refining test.

Key words: Cross cylinder, Refining test for astigmatism, Position of circle of least confusion, Corrective astigmatism axis, Corrective astigmatism power