

Design of Astigmatism Test Chart Using Acuity Charts with Aligned Lines

Se-Hoon Jung*

The Faculty of Beauty Health Sciences, Major in Ophthalmic Optics, Shinhan University, Professor, Uijeongbu 11644, Korea
(Received September 21, 2022; Revised September 25, 2022; Accepted September 27, 2022)

Purpose: This study aimed to present a chart design for an astigmatism test using acuity charts with aligned lines to improve the patient's subjective judgment. **Methods:** Acuity charts with aligned lines were arranged at intervals of 15°, from 90° to 105°, so that all nine acuity charts could be simultaneously discriminated. **Results:** Acuity charts with aligned lines use the same method as with currently used astigmatic dials for the patient to discriminate the sharpness of the line. However, in the case of the presented acuity chart, a criterion for subjective judgment based on minimum separable acuity using bar spacing was added. **Conclusions:** Compared with the conventional astigmatic dial, acuity charts with aligned lines have the advantage of patients being able to make more precise judgment of the change in the chart according to the degree of the astigmatism.

Key words: Astigmatic refining test, Astigmatism test chart, Astigmatic dial, Acuity charts with aligned lines

서 론

비 정시안의 굴절력 교정을 위해서는 구면굴절력과 원주굴절력을 검사하여야 한다. 구면굴절력 검사의 경우에는 안축장 길이와 총 굴절력 상관관계에 따라서 (+), (-) 굴절력 렌즈로 교정하는데 이 경우에 방향은 존재하지 않는다, 그러나 난시안 검사의 경우에는 (+), (-) 원주 굴절력과 방향(axis)을 동시에 교정해야하므로 좀 더 복잡한 검사 과정을 진행해야 한다.

Jang의 연구에 따르면 -0.50 D 이상의 굴절 이상안 중에서 난시가 없는 경우가 6.6%, 난시가 있는 경우가 93.4%로 대부분 난시가 존재한 것으로 조사되었고^[1], 난시가 미교정이나 저교정이 되는 경우에는 교정시력 저하에 직접적인 원인이 되며^[2], 안정피로가 유발되기도 한다. 또한 입체시력 저하에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다^[3]. 특히 난시 교정이 잘못된 경우에는 낮은 교정시력 외에도 대비감도, 최대조절력, 조절용이성, 융합시간 등 다양한 시기능 저하를 유발하기도 한다.^[4-6]

구면 굴절력 검사를 위한 시표에는 숫자, 글자, 그림, 란돌트 시표를 주로 사용하고, 원주 굴절력과 방향 검사에는 방향성이 존재하는 방사전 시표 그리고 방향성이 없는 점군 시표를 사용한다. 그리고 난시 검사에서는 검사방법에 따라 시표가 다르게 적용된다. 방사전 시표는 선들의 선명도 차

이를 이용하여 난시 안의 굴절력과 축 방향을 검사하고 점군시표의 경우에는 크로스 실린더의 반전을 이용하여 점군시표의 선명도 비교로 원주 굴절력과 축 방향 검사를 한다.

방사전 시표와 점군시표를 이용한 난시 검사는 한계점이 존재한다. 원주 굴절력의 최소 단위인 0.25 D 차이를 구분할 수 있는 변별력이 적고 방사전시표의 경우에는 선간의 각도 차이가 10° 내지 15° 간격으로 넓게 구성되어 정밀한 축을 검사하는데 한계가 있고 크로스실린더를 이용한 점군 시표의 경우에는 최소착락원 위치에 따라서 원주교정 굴절력 값과 축 방향 오차에 오차가 발생하게 된다.^[7] 또한 난시검사는 피검사자의 인지반응에 따라서 검사 값을 산출하는데 어려움이 나타날 수 있다.

많은 안경사들이 자동굴절력 측정기기의 값을 처방의 기초 자료로 사용하고 있다. 그러나 자동 굴절력 측정기기의 측정값을 100% 신뢰하는 것은 처방의 오류를 범할 가능성이 존재한다.^[8-9]

자각적 굴절검사에서 시표의 유형에 따라서 상대 가독성의 차이를 보이게 되는데 이는 시표 유형의 중요성을 의미한다.^[10] 따라서 선의 선명도를 판단하는 난시 검사에서도 선들의 유형에 따라서 결과의 차이가 나타날 수 있다.

본 연구는 자각적 난시안 검사에서 최대한 피검사자의 인지반응을 높여 좀 더 정밀한 원주 굴절력과 축 방향을 검사할 수 있는 시표를 제시하였다.

*Corresponding author: Se-Hoon Jung, TEL: +82-31-870-3435, E-mail: hun1433@hanmail.net

Authors ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4475-2493>

이 논문은 2021학년도 신한대학교 교수연구년제도에 의하여 연구된 논문

대상 및 방법

1. 대상

Fig. 1과 같이 ‘난시축과 실린더굴절력의 동시 측정이 가능한 난시 검사시표로 개발된 장치’는 상기 복수 여러 개의 검사선이 사상의 회전중심을 중심으로 하는 가상의 원주에 접선 방향으로 접하는 구조를 갖는다.^[11] 이 장치에 사용된 기본 시표인 여러 개의 막대 선을 사용하여 장치가 아닌 일반 시력표 내에 시표로 사용할 수 있도록 Fig. 2-B와 같이 디자인을 변경하여 그림 하단에는 시표들에 해당하는 교정 축 방향을 나열하였고 이렇게 구성된 시표를 막대 정렬 시표로 정의하였다.

2. 방법

최근 업계에서 막대 정렬 선들을 한 개 또는 두 개의 사용하여 선들의 진하기를 이용하여 난시 유무 검사를 하는데 사용하고 있다. 본 연구에서는 사용된 시표는 막대 정렬 선으로 구성된 시표 9개를 하나의 시표로 구성하였다.

2.1. 시표의 디자인

본 연구에 사용된 시표는 막대 시표를 방사선 시표와 같이 15° 간격으로 회전시킨 총 9개로 정렬하여 시력표 상에 포함할 수 있게 Fig. 2와 같이 구성하였다.

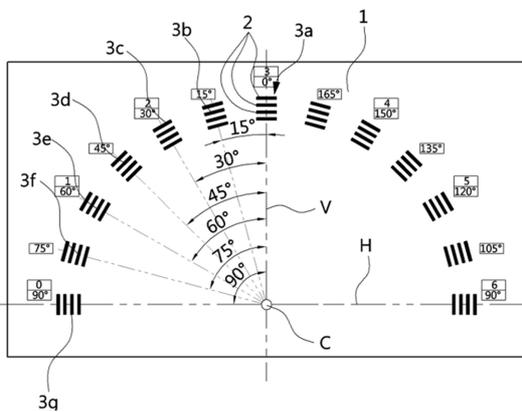


Fig. 1. Eye-sight indicator for measuring cylinder axis and cylinder refracting power simultaneously.

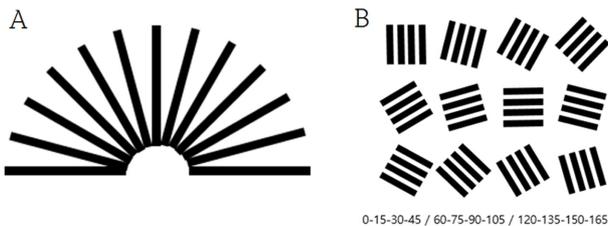


Fig. 2. Astigmatic dial and acuity charts with aligned lines. A. Astigmatic dial B. Aligned lines charts.

방사선 시표와 동시에 구분하기 위해서 두 시표를 동시에 같이 사용하였다.

2.2. 막대 선간의 간격

방사선 시표의 경우에는 시표의 선간 간격의 조정이 불가능하다. 또한 방사선 시표의 선 두께는 시력표에서 0.4에 해당하는 시표와 비슷하여 난시 미교정 상태에서 교정시력이 0.4에 도달되어야 하는데 고도 난시의 경우에는 난시 미교정 상태에서 0.4 시력에 미치지 못해 시표의 선들이 많이 흐려 보이게 되어 검사 초반에 어려움이 발생한다.

막대 정렬시표는 난시 정도에 따라서 선간 간격을 다르게 할 수 있다는 장점이 있다. 막대 선간의 간격을 원주 1.00 D 단위로 해당 시력을 라디안(radian)으로 계산한 (1)식의 결과는 Table 1과 같다.^[12] 또한 난시의 등가 굴절력을 감안하여 결과 값을 1/4과 1/2로 계산하여 추가하였다.

$$\text{시력} = 1 \div \left(\tan^{-1} \left(\frac{\text{선간간격}}{\text{검사거리}} \right) \times 60 \times 0.01741 \right) \quad (1)$$

막대정렬 시표는 시표 선들 간의 간격을 피검사자들의 난시 굴절력에 따라서 각각 설정을 할 수 있는데, 난시 굴절력의 간격을 1.00 DC 단위 또는 2.00 DC 단위로 제작하여 난시 정도에 따라서 시표를 사용할 수 있다는 장점이 있다.

선들 간의 간격은 굴절력 별로 나안 시력에 해당하는 분리 간격을 위 (1)식으로 계산하여 정하였고, 계산된 값에서 등가구면을 감안하여 Fig. 3과 같이 1/2이나 1/4로 간격을 설정하였다.

시표에서의 선간 간격은 두 주경선의 차이로 인한 등가구면 이론을 적용하면 1/2로 정할 수 있고 피검사자의 분리력 반응을 높이기 위해서는 1/4 간격으로 사용할 수 있다. 본 연구에서는 카메라를 이용한 사진에서 시표가 잘 표현되도록 1/4 간격을 사용하였다.

2.3. 두 시표의 비교 방법

두 시표를 동시에 자동포롭터(HRT-7000, Huvitz, Korea) 전방 2 m 거리에 위치시킨 상태에서 포롭터의 검사 창 앞

Table 1. Set the spacing between lines according to the cylindrical diopter

Cyl (D)	Visual acuity	Spacing of lines	Spacing of lines (1/2)	Spacing of lines (1/4)
1.00	0.194	8 mm	4 mm	2 mm
2.00	0.097	15 mm	8 mm	4 mm
3.00	0.065	23 mm	12 mm	6 mm
4.00	0.048	31 mm	16 mm	8 mm
5.00	0.039	38 mm	19 mm	10 mm
6.00	0.032	47 mm	23 mm	12 mm

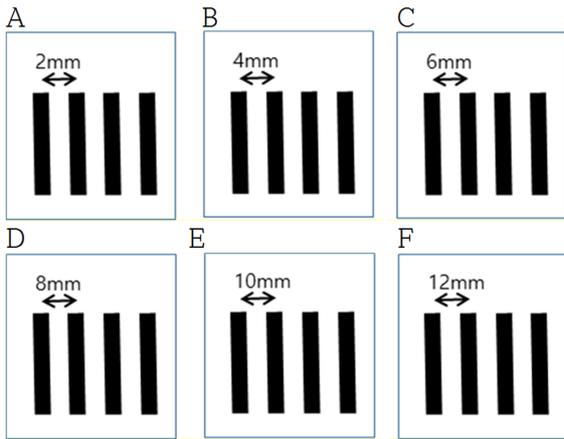


Fig. 3. Figure of the spacing between lines according to the cylindrical (CYL) diopter.
 A. less than CYL 1.00 D, B. CYL : 1.00 D~2.00 D, C. CYL : 2.00 D~3.00 D, D. CYL : 3.00 D~4.00 D, E. CYL : 4.00 D~5.00 D, F. more then CYL 5.00 D.

에 Cylindrical Lens를 장착한 후 원주렌즈의 굴절력과 축 방향을 변화시킨 상태에서 스마트폰(SM-F936N, Samsung, Korea) 카메라를 이용하여 두 시표를 촬영하였다.

결과 및 고찰

두 비교 시표를 디자인에 따른 특성 차이점과 포롭터에 원주렌즈를 장착하여 난시 상태를 유발시킨 상태에서 보여지는 형상을 비교해 보면 다음과 같다.

1. 시표에서 시표 선간의 거리 조정

1.1. 좁게 조정하는 경우

방사선 시표는 시표의 하단 부분의 선들 간의 겹침 현상으로 선들 간의 간격을 좁게 조정하는 것은 불가능한 디자인이다. 막대 정렬 시표는 매우 좁은 간격으로도 조정이 가능하다.

1.2. 넓게 조정하는 경우

방사선 시표의 경우에 선들 간의 간격을 넓게 조정하는 것은 가능하나 전체 시표의 크기가 많이 커지게 된다. 막대 정렬 시표는 선간의 간격을 넓게 조정이 가능하고 방사선 시표에 비해서 크기가 많이 커지지는 않는다.

따라서, 피검사자의 난시 굴절력 정도에 따른 시표의 선 두께나 간격을 조정하기에 막대 정렬 시표가 더 적합한 디자인으로 볼 수 있다.

2. 두 시표의 시인성

2.1. 가독력 판별

난시 검사는 기본적으로 시표 내에 구성된 선들의 진하

기를 이용하여 검사를 한다. 방사선 시표와 막대 정렬 시표의 구성은 선들로 구성된 점에서 그 기본은 같다. 따라서 두 시표 모두 피검사자의 가독력 측정에 있어서의 자각적 판별력 영향은 동일하다.

2.2. 분리력 판별

분리력은 두 점 또는 선이 떨어져 보이는 것을 인식하는 방식으로 방사선 시표의 경우에는 선들 간의 간격이 일정하지 않기 때문에 적용이 되지 않는다. 막대 정렬 시표의 경우에는 포롭터에 원주렌즈를 -0.50 D, Ax 180°, -1.00 D, Ax 180°을 각각 장입하였을 때 선과 선사이 간격에서 Fig. 4와 같이 흰색 바탕이 회색으로 인식되어 분리력을 이용한 난시 검사를 할 수 있다.

2.3. 난시를 유발한 상태에서 시표 변화

난시안이 방사선 시표와 막대 정렬시표를 동시에 보는 경우에 그 차이를 비교하면 다음과 같다.

2.3.1. 교정 된 난시 굴절력 정도에 따른 두 시표의 비교

자동 포롭터에 실린더의 축은 180°으로 고정하고 원주 굴절력을 -0.50 D 단위로 추가하면서 난시 상태를 유발하였을 때 두 시표의 변화를 카메라로 기록한 결과는 Fig. 5와 같다.

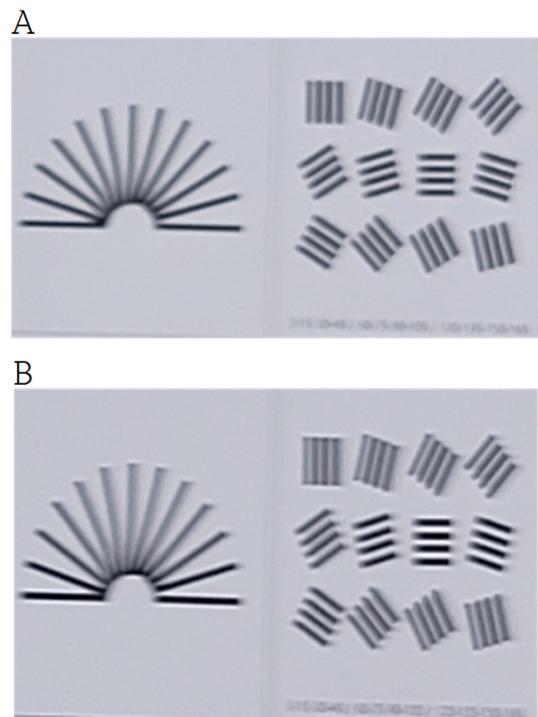


Fig. 4. Comparison of charts after inducing astigmatism (separable acuity).
 A. CYL-0.50 D, Ax 180°, B. CYL-1.00 D, Ax 180°

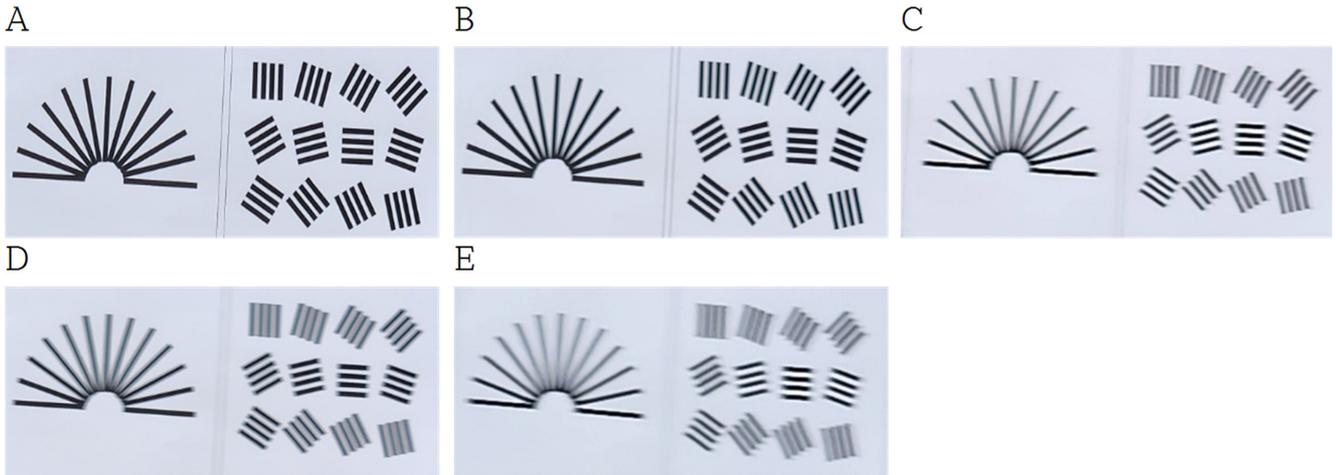


Fig. 5. Chart comparison using an automatic phoropter to induce astigmatism. A. CYL: 0.00 D, B. CYL: -0.50 D, C. CYL: -1.00 D, D. CYL: -1.50 D, E. CYL: -2.00 D.

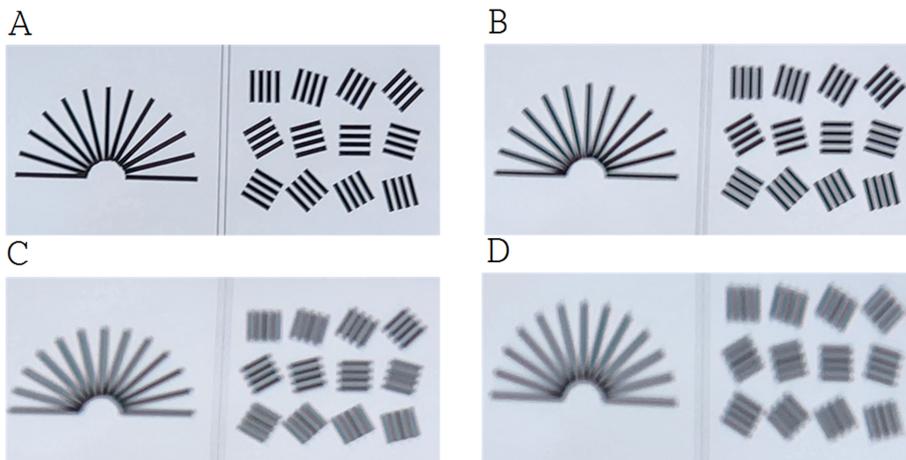


Fig. 6. Change of chart lines according to the cylindrical axis error. A. precise axis, B. degree error -15°, C. degree error -30°, D. degree error -45°.

방사선 시표는 포롭터에 실린더 굴절력이 0.50 D 단위로 증가할수록 90° 방향의 선들이 점점 더 흐려져 보였고 막대 정렬시표의 경우에는 90° 방향의 선들이 점점 흐려져 보이는 동시에 선들 간의 간격이 흰색에서 점점 회색으로 인식되다가 간격의 인식이 어려워지는 것으로 나타났다. 따라서, 막대 정렬시표로 난시검사를 시행하는 경우에는 선들의 진하기와 선들 간의 사이 선명도를 동시에 이용하여 검사할 수 있다.

2.3.2. 난시 교정축 변화에 따른 시표의 변화

자동 포롭터의 검사 창 전면에서 검사(T.R) 렌즈를 Cyl +1.00 D, Ax 90°로 붙인 상태에서 포롭터에 Cyl -1.00 D, Ax 90°로 교정렌즈를 장착한 후 실린더의 축을 90° 기준에서 75°, 60°, 45°로 15°씩 회전시켜 축 교정이 정확하지 않은 상태를 유발하였고 그 결과를 카메라로 촬영한 결과는 Fig. 6과 같다.

난시 굴절력에 따른 두 시표의 변화에서는 선명 방향의 선들은 변화가 없었지만 난시 축이 잘못 교정된 경우에는 전체 선들의 선명도 변화가 있는 것을 알 수 있다. 그런데 축 오차가 45° 일 때, 방사선 시표의 경우에는 전체 선들의 선명도가 거의 동일하게 흐려져 있는 것을 알 수 있다. 이 경우 피검사자가 선들의 진하기가 모두 동일하다고 판단한다면 검사자가 축 교정 설정에 오해가 발생할 수 있다. 그러나 막대 정렬시표의 경우에는 선들의 선명도가 동일하게 흐려져 보여도 선들 간의 간격이 회색 또는 붙어 있는 것처럼 인식되기에 좀 더 정확한 처방을 할 수 있다는 장점이 존재한다.

결론

방사선 시표와 막대 정렬시표는 Fig. 5와 Fig. 6과 같이 난시 검사에 사용되는 시표로 모두 적합한 디자인이다. 또

한 막대정렬 시표는 피검사자의 난시 굴절력 정도에 따라 선간 거리를 조정할 수 있다는 장점이 있다.

난시 굴절력이 증가하면 방사선 시표와 막대정렬 시표 모두 시표 선들의 선명도 변화가 보였다는 점에서 동일하다고 할 수 있다. 그러나 막대정렬 시표는 추가로 선간 사이의 떨어져 있는 공간에서 회색으로 인식되거나 겹쳐 보이는 현상이 생기면서 피검사자의 분리력을 난시 굴절력 검사에 이용이 가능한 것으로 나타났다.

난시 교정된 축 오류에 따른 두 시표의 변화에서도 시표 선들의 선명도 변화가 보였다는 점에서 동일하다고 할 수 있으나 막대 정렬시표에서는 선들 사이의 간격이 난시 축의 오류 정도에 따라서 겹쳐 보이는 현상이 나타나기 때문에 분리력 이용이 축 검사에 매우 용이할 것으로 판단된다. 따라서 난시 검사에서 현재 주로 사용하는 방사선 시표 보다 분리력을 이용하여 한 개의 판단 기준이 더 추가된 막대 정렬시표를 사용하는 것이 자각적 검사에서 더 정확하고 빠른 처방을 할 수 있을 거라 판단된다.

본 연구는 추후에 안경사와 피검사자 대상으로 두 시표를 비교 사용하게 하여 검사의 용이성과 처방 굴절력과 축에 차이 값이 있는지에 관한 후속 연구가 필요하다고 사료된다.

REFERENCES

- [1] Jang JG, Shin JC, Choi WS. Distribution change of myopic astigmatism eyes according to age. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2017;22(3):229-236. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.3.229>
- [2] Jeong HR, Jung SA, Kim HJ. Effect of undercorrected astigmatism on visual acuity according to essential astigmatism power. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2018;23(4):415-422. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.4.415>
- [3] Jeong HR, Jung SA, Kim HJ. A study of the correlation of static stereoacuity according to the astigmatism power and the degree of uncorrected astigmatism. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2018;23(1):19-24. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.1.19>
- [4] Kim BH, Han SH, Park SM, et al. Effect of aberrations and contrast sensitivity due to the amount of astigmatism on vision. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2017;22(2):159-165. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.2.159>
- [5] Lee MA, Kim HJ, Kim JM. Contrast sensitivity and glare with spherical and toric soft contact lenses in low-astigmatic eyes. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2009;14(1):39-45.
- [6] Han SH, Kim BH, Kang HW, et al. Study of visual function changes according to the induced astigmatic axis error. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2020;25(3):283-289. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2020.25.3.283>
- [7] Kim SY, Lee MJ, Lee KC, et al. Changes of corrective astigmatism values depending on position of circle of least confusion in astigmatic refining test using cross cylinder. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2015;20(3):349-354. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2015.20.3.349>
- [8] Lee JW, Lee KS, Hong HK. Research of difference between the refractive powers by autorefractometer and the prescription using phoropter. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014;19(2):231-238. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2014.19.2.231>
- [9] Yoo JS, Sung AY, Kim DH. Clinical study on measurement accuracy of astigmatic components. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2006;11(1):63-69.
- [10] Ha NR, Choi JH, Kim HJ. The effects of the relative legibility of optotypes on corrected visual acuity. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2015;20(2):177-186. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2015.20.2.177>
- [11] Jung SH, Cha JW. Eye-sight indicator for measuring cylinder axis and cylinder refracting power simultaneously. K.R. Patent 1021554320000, 2020.
- [12] Jung SH. Standard research on uncorrected visual acuity mest values. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2020;25(2): 113-118. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2020.25.2.113>

막대정렬 선들을 이용한 난시검사 시표의 디자인

정세훈*

신한대학교 뷰티헬스사이언스학부 안경광학전공, 교수, 의정부 11644
투고일(2022년 9월 21일), 수정일(2022년 9월 25일), 게재확정일(2022년 9월 27일)

목적: 본 연구는 난시 검사에서 피검사자의 자각적 변별력을 높이기 위하여 막대정렬 시표를 사용하여 난시검사를 위한 시표의 디자인을 제시하고자 한다. **방법:** 막대 정렬 시표를 90°에서 180°까지, 15° 간격으로 하여 총 9개 시표를 동시에 판별할 수 있도록 정렬하였다. **결과:** 막대 정렬 시표는 기존에 사용하고 있는 방사선 시표와 비교하였을 때 피검사자가 선의 선명도를 판단하는 방법은 동일하다. 그러나 제시된 시표의 경우에는 막대 간격을 이용한 분리력으로 자각적 판단을 할 수 있는 기능이 추가 되었다. **결론:** 막대 정렬시표는 기존의 방사선 시표와 비교하였을 때 난시 정도에 따라서 자각적으로 시표의 변화를 피검사자가 조금 더 명확히 판단을 할 수 있는 장점이 있다.

주제어: 난시검사, 난시검사 시표, 방사선 시표, 막대정렬 시표