ISSN(print) 1226-5012
J Korean Ophthalmic Opt Soc. 28(4):359-364, December 2023
http://dx.doi.org/10.14479/jkoos.2023.28.4.359

Usefulness of Subjective Refraction Based on Measuring the Far Point of Ametropia

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

[1]Dept. of Optometry, Kangwon National University, Lecturer, Samcheok 25949, Korea
[2]Dept. of Optometry, Kangwon National University, Professor, Samcheok 25949, Korea
(Received November 1, 2023: Revised November 30, 2023: Accepted December 12, 2023)

Purpose: To confirm the usefulness of subjective refraction based on measuring the far point of ametropia. **Methods:** Participants with no ophthalmic problems with more than 0.7 corrected visual acuity (n=43; 20 men and 23 women, average age 22.95±1.53 years) were examined for first far point refraction (FPR), subjective refraction, and second FPR. The mean of three FPR measurements was used, and FPR in the same participants was then measured by another examiner on another day to analyze repeatability and reliability. **Results:** As measured by examiner 1, the ratio of corrected visual acuity over 0.6 was 80.23% in the first and 90.70% in the second FPR. As measured by examiner 2, the ratio was 86.05% in the first and 80.23% in the second FPR. In the endpoint test using a red-green chart after FPR, the ratio of participants who replied 'clearer on red' or 'both the same' was 91.86%, 89.53%, 90.70% and 94.19%, respectively, in the first and second FPR measured by each examiner. Bland-Altman analysis of repeatability and reliability for FPR showed a range between 1st and 2nd was ±0.885 D as measured by examiner 1, ±0.545 D as measured by examiner 2; between examiner 1 and 2, the range was ±1.253 D in the first and ±0.984 D in the second FPR. **Conclusions:** It is suggested that FPR can be used as the simple subjective refraction for visual correction where the optometry system is poor, such as in underdeveloped countries.

Key words: Subjective refraction, Far-point refraction, Simplified refraction

서 론

비정시 교정을 위한 굴절검사는 이미 그 이론과 과정이 명확히 정립되어 있다. 그러나, 많은 국가에서 전문인력의 부재나 장비의 부족으로 굴절검사가 이루어지지 못하고 있다. 2019년 세계 보건기구의 세계 시력 현황 보고서(wworld report on vision)에 따르면, 중·저소득 국가에서 발생하는 시력장애의 주된 원인은 고소득 국가와는 달리 눈 건강에 대한 정보 부족에서 오는 근시와 백내장이라고 하였고, 세계 22억명에 이르는 시력장애 인구 중 10억명 이상이 굴절이상 교정만으로도 장애를 완화할 수 있다고 하였다. 이러한 문제를 해결하기 위한 비용은 약 143억 달러 정도로 추산되며, 2010년 기준으로 시력장애로 인한 세계의 경제적 손실액은 2조 9,540억 달러에 이른다고 추산하였다.[1] 더욱이 2018년 조사에서는 단순 근시 미교정으로 인한 경제적 손실액이 2,440억 달러에 이른다고 하였다.[2] 2021년에는 시각장애와 실명으로 인한 노동 생산성 감소에 의해 구매력 평가 기준으로 세계의 연간 GDP 대비 4,107억 달러(0.3%)의 손실이 발생했다고 하였다.[3] 시각장애로 인한 노동 생산성 감소는 고소득 국가에서도 경제 전반의 문제로 자리잡고 있으며,[4] 시각장애 정도에 따라 사망률과 밀접한 관련성이 있어 인적 손실의 원인이 된다고 하였다.[5-7] 고소득 국가에서의 시각장애 유병률은 사회·경제적 지위와 반비례한다는 조사가 있지만,[8-10] 국제 실명예방기구의 국가별 시력 손실 지도에 따르면, 시각장애의 유병율은 고소득 국가에 비해 저소득 국가에서 높게 나타난다고 하였다.[11] 시각장애로 인한 물적, 인적 자원의 손실은 저개발 국가의 사회·경제적 지위가 낮은 계층에서 가장 심각할 것이라고 유추할 수 있으나, 그에 대한 명확한 조사결과는 제시되지 않고 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 사회적 취약계층 및 저개발 국가에 굴절교정의 비율을 확대해 나가야 함에도 불구하고 공간과 비용, 그리고 전문인력의 부족은 여전히 해결해할 과제로 남아 있다.

본 연구에서는 이러한 문제에 대한 대응의 일환으로 근

*Corresponding author: Hyun Gug Cho, TEL: +82-33-540-3411, E-mail: hyung@kangwon.ac.kr
Authors ORCID: [a]https://orcid.org/0000-0002-6876-4918, [b]https://orcid.org/0000-0003-0645-4938, [c]https://orcid.org/0000-0002-4387-4408, [d]https://orcid.org/0000-0001-6806-3305, [e]https://orcid.org/0000-0002-8267-3801

시의 원점이 눈 앞 유한거리에 위치한다는 원리를 이용하여, 눈광학계의 초점 혹은 초선의 원점 버전스를 측정함으로써 굴절이상도를 결정하는 원점거리굴절검사를 개발하고, 그 사용 가능성을 확인하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구 취지에 동의한 20대 남녀를 대상으로 문진을 통해 안과적 문제나 색각이상이 없고, 굴절검사 결과 단안 교정시력이 0.7 이상인 43명(남 20명, 여 23명, 평균 연령 22.95±1.53세)을 피검사자로 하였다.

2. 방법

검사는 1차 원점거리굴절검사(far point refraction, FPR), 자각적굴절검사(subjective refraction, SR), 그리고 2차 FPR의 순으로 실시하였다. FPR과 SR은 2명의 검사자가 전 검사과정에 참여하였다. FPR은 3회 반복 측정하여 평균값을 취하였고, 반복성과 신뢰성 검증을 위해 동일한 참여자를 대상으로 다른 날, 다른 검사자가 실시하였다. 검사실의 온도는 25±1.5ºC, 습도는 40%, 그리고 조도는 750 lx를 유지하였다.

자각적굴절검사는 수동포롭터(Phoropter 11625B, Reichert, USA)와 LCD chart(LUCID′LC, Everview, Korea, 5 m용)를 이용하여 운무된 상태에서 방사선시표검사와 ±0.25 D 크로스실린더를 이용한 난시정밀검사를 실시한 다음 적녹시표검사로 끝점을 결정하였다.

원점거리굴절검사는 방사선시표와 선형시표(Fig. 1)를 이용하여 다음과 같은 방법으로 실시하였다.

① 시험테를 착용하여 한 눈씩 검사한다. 피검사자의 한 눈을 가리고 눈 앞 50 cm 거리에 있는 방사선 시표를 주시하도록 하여 시표가 흐리게 보이는지 확인한다.

② 시표가 선명하게 보이는 경우 흐려보일 때까지 (+)구면렌즈를 대어 운무시킨다. 만일 시표가 흐리게 보이는 경우 운무없이 검사를 진행한다.

③ 운무된 상태에서 방사선시표 검사를 통해 상대적으로 선명한 선의 방향을 확인한 다음 선형시표의 방향을 검사된 방사선시표의 선명한 선 방향과 일치시킨다.

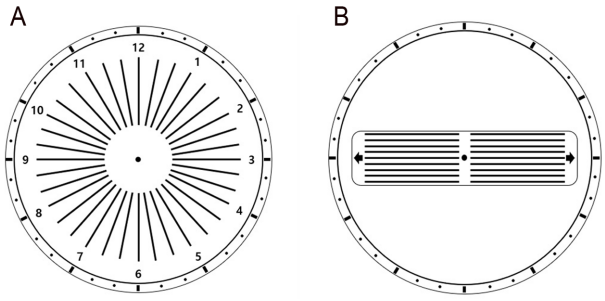

Fig. 1. Radial chart to determine astigmatic axis A. and linear chart to measure far point of focal line B.

④ 피검사자에게 선형시표를 주시하도록 한 상태에서 시표를 눈 앞으로 이동시키면서 선형시표의 선들이 가장 선명해졌을 때 ‘stop’이라고 말하도록 한다.

⑤ 이 때 시표의 거리가 후초선의 원점거리이며, 거리를 디옵터로 기록하고 선의 방향을 축으로 표기한다.

⑥ 선형시표를 90º회전시킨 다음 피검사자에게 시표를 주시하도록 한 상태에서 시표를 눈 앞으로 이동시키면서 선형시표의 선들이 가장 선명해졌을 때 ‘stop’이라고 말하도록 한다.

⑦ 이 때 시표의 거리가 전초선의 원점거리이며, 거리를 디옵터로 기록하고 선의 방향을 축으로 표기한다.

⑧ 기록한 두 주경선의 굴절값에 운무에 사용한 구면렌즈값을 빼준 후 시험테에 렌즈를 넣고 5 m 거리의 적녹시표검사를 실시하여 끝점상태를 확인한다.

⑨ 검사가 끝난 후 반대쪽 눈을 동일한 방법으로 검사한다.

3. 통계분석

검사값들은 SPSS for windows(Ver 22)를 이용하여 빈도분석과 상관분석을 실시하였고, MedCalc(Statistical Software version 20.109, Ltd, Ostend, Belgium)를 이용하여 Bland-Altman 분석을 통해 반복성과 신뢰성을 검증하였다. 모든 검사값들의 통계적 유의성은 $p<0.05$로 하였다.

Table 1. Characteristics of tested participants and distribution of refractive errors that resulted in subjective refraction

Number of subjects		Age (years)		Refractive errors (D)			
Male	Female	Mean	SD	Mean of spherical powers	SD	Mean of cylinderical powers	SD
20	23	22.95	1.53	−3.15	3.06	−1.01	0.89

	Refractive errors by subjective refraction							
	Emme	Myo	Hyper	SMA	SHA	CMA	CHA	MA
Number of subjects	1	5	1	2	3	66	3	5

Emme, emmetropia; Myo, myopia; Hyper, hyperopia; SMA, simple myopic astigmatism; SHA, simple hyperopic astigmatism; CMA, compound myopic astigmatism; CHA, compound hyperopic astigmatism; MA, mixed astigmatism

결과 및 고찰

굴절이상 비정시는 근시, 원시, 난시로 분류하고, 원점거리굴절검사는 근시의 원점이 눈 앞 유한거리에 위치한다는 정의를 적용하여[12] 눈광학계의 결상점인 초점 혹은 초선의 원점 버전스를 굴절이상도로 결정하는 검사법이다. 정시와 원시의 경우 운무를 통해 원점이 눈 앞 유한거리에 있도록 조정하는데, 이 거리는 예비검사를 통해 원점거리가 50 cm~10 cm 범위 내에 있을 때 측정오차가 가장 적은 것으로 조사되었다. 그리고 검사가 종료된 후 원점거리 굴절력에 운무에 사용한 구면렌즈 굴절력을 뺀 값을 굴절이상 교정값으로 하였다. 난시의 경우 두 개의 초선을 맺기 때문에 선명한 초선거리를 측정하기 위해 선형시표를 사용하였고, 방사선시표에서 검사된 상대적으로 선명한 선의 방향과 선형시표의 선 방향을 일치시킨 다음 가장 선명하게 보이는 거리를 측정하였다. 이 때 선의 방향을 축방향으로 표기하였다.

1. FPR과 SR의 교정시력 분포

제1 검사자의 1차와 2차 FPR, 그리고 SR의 교정시력 누적 분포는 Fig. 2a와 같다. 교정시력 0.4 이상 95.35%, 100%, 100%, 0.5 이상 93.02%, 98.84%, 100%, 0.6 이상 80.23%, 90.7%, 100%, 0.7 이상 66.28%, 88.37%, 100%, 0.8 이상 52.33%, 72.09%, 97.67%, 0.9 이상 43.03%, 60.46%, 96.51%, 그리고 1.0 이상 31.40%, 40.69%, 96.51%로 나타났다.

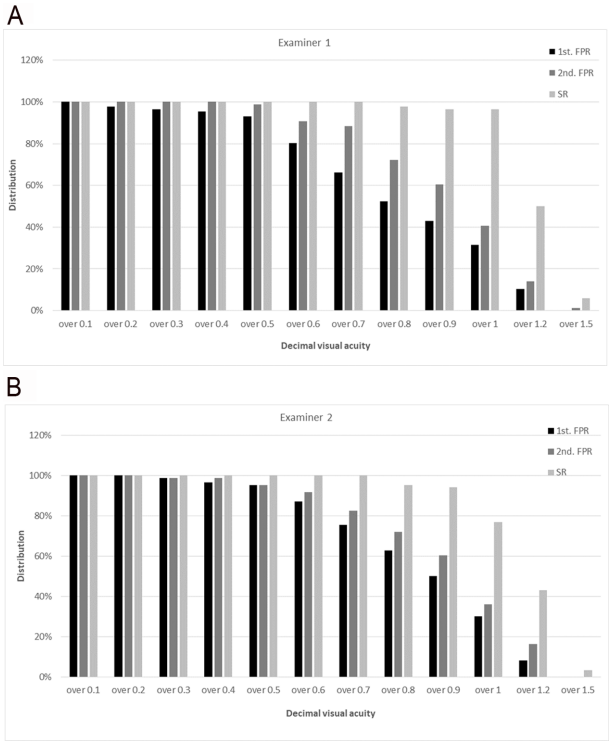

Fig. 2. Accumulated percentages of corrected visual acuity in far point refraction and subjective refraction by two examiners. A. Examiner 1, B. Examiner 2

Table 2. Pearson's correlation coefficients for corrected visual acuity between subjective refraction (SR) and far point refraction (FPR)

SR	Pearson's correlation coefficients			
	Examiner 1		Examiner 2	
	1st FPR	2nd FPR	1st FPR	2nd FPR
Examiner 1	0.290** (p=0.007)	0.337** (p=0.001)	0.174 (p=0.110)	0.221* (p=0.041)
Examiner 2	0.326** (p=0.002)	0.340** (p=0.001)	0.269* (p=0.012)	0.318** (p=0.003)

*0.05, **0.01: significantly correlated between two groups (both)

제2 검사자의 1차와 2차 FPR, 그리고 SR의 교정시력 누적 분포는 Fig. 2b와 같다. 교정시력 0.4 이상 96.52%, 98.84%, 100%, 0.5 이상 95.36%, 95.35%, 100%, 0.6 이상 87.22%, 91.86%, 100%, 0.7 이상 75.59%, 82.56%, 100%, 0.8 이상 62.80%, 72.09%, 95.35%, 0.9 이상 50.01%, 60.46%, 94.19%, 그리고 1.0 이상 30.24%, 36.04%, 76.75%로 나타났다.

이러한 시력분포에서 FPR에 의한 교정시력과 SR에 의한 교정시력 간의 상관성을 분석한 결과(Table 2), 유의한 상관성이 있는 것으로 나타났다.

2. FPR의 끝점검사 결과 분포

FPR 후 적녹시표를 이용하여 끝점상태를 검사한 결과 적색 바탕의 문자가 선명하다고 한 경우는 제1 검사자의 1차와 2차 검사에서 각각 63.95%, 62.79%, 적색과 녹색 바탕의 문자 선명도가 비슷하다고 한 경우는 27.91%, 26.74%, 그리고 녹색 바탕의 문자가 선명하다고 한 경우는 8.14%, 10.47%로 나타났다. 제2 검사자의 1차와 2차 검사에서 적색 바탕의 문자가 선명하다고 한 경우는 66.28%, 65.12%, 적색과 녹색 바탕의 문자 선명도가 비슷하다고 한 경우는 24.42%, 26.16%, 그리고 녹색 바탕의 문자가 선명하다고 한 경우는 9.30%, 8.72%로 나타났다 (Fig. 3). 이러한 결과들은 FPR에 의해 근시과교정이나 원시저교정의 비율이 10% 미만이라는 것을 말해 주는 것으로써, FPR 후 굴절이상 교정에 따른 안정피로는 매우 적을 것으로 예상되었다.

3. FPR의 반복성과 신뢰성

FPR에 대한 검사자의 반복성과 검사자 간의 신뢰성을 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 검사자 1의 1차와 2차 검사 간의 반복성은 ±0.885 D 범위를 보였고, 검사자 2의 1차와

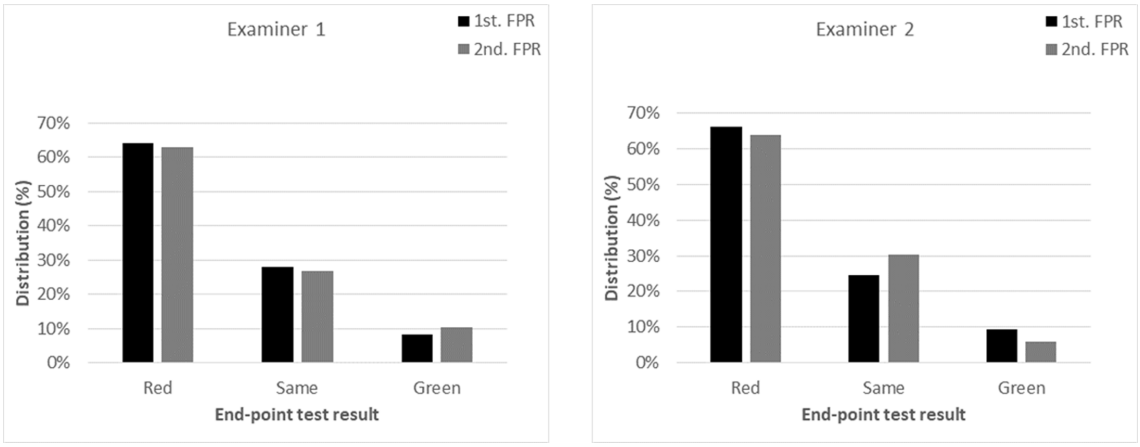

Fig. 3. Results of endpoint test using red-green chart after far point refraction by each examiner.

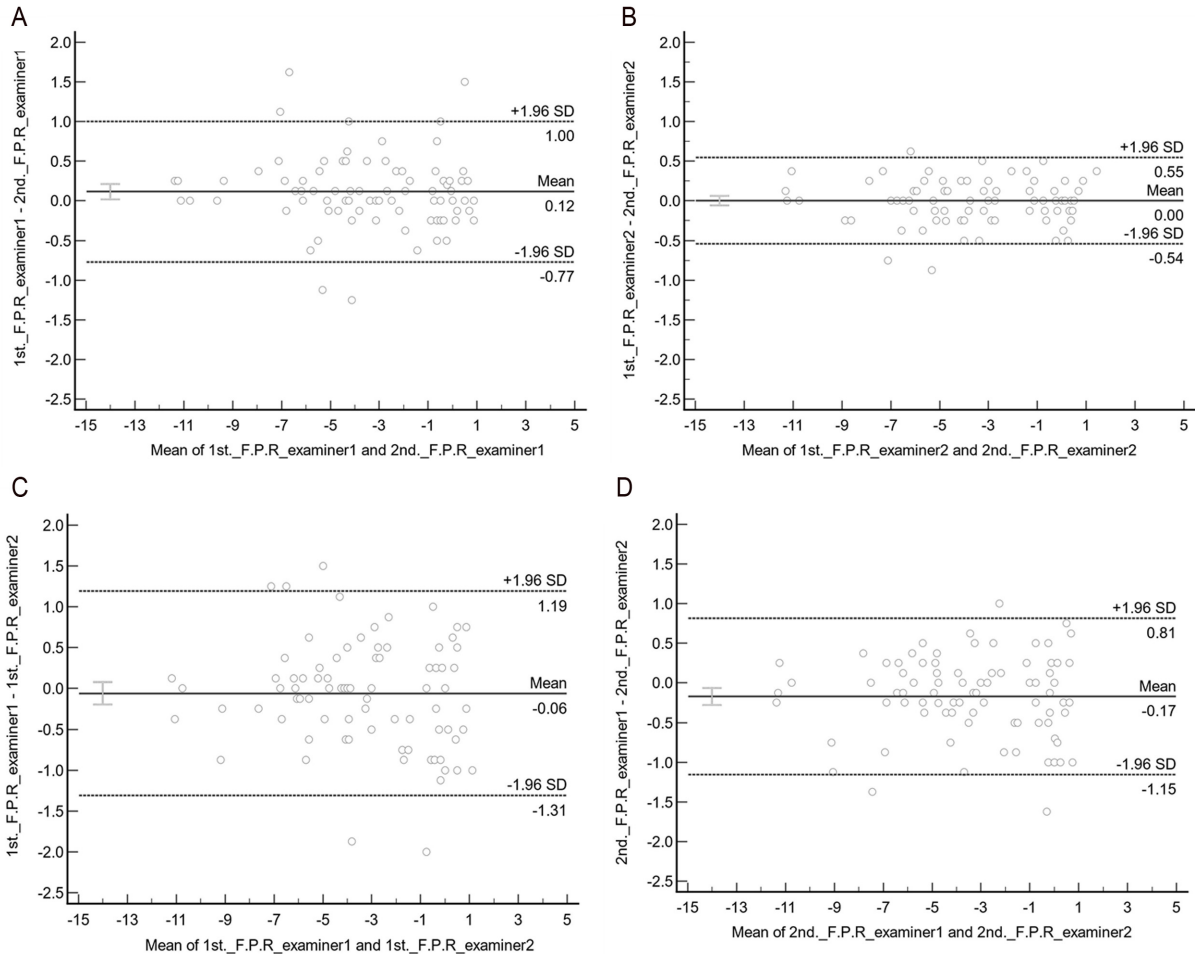

Fig. 4. Repeatability and reliability verification for FPR by Bland-Altman analysis. A. 1st and 2nd FPR by examiner 1, B. 1st and 2nd FPR by examiner 2, C. Examiner 1 and 2 in 1st FPR, D. Examiner 1 and 2 in 2nd FPR

2차 검사 간의 반복성은 ±0.545 D 범위, 그리고 검사자 간의 신뢰성은 1차 검사에서 ±1.253 D, 2차 검사에서 ±0.984 D의 범위를 보였다.

세계적으로 실명의 원인은 백내장과 굴절이상 미교정이 1, 2위를 차지하고 있다. 그 중 굴절이상 미교정으로 인해 중등도 내지 고도의 시력장애를 얻는 비율이 증가하고 있는데, 대부분 중·저소득 국가에서 그 비율이 상대적으로 높다.[13] 보고에 따르면 중·저소득 국가에서의 실명 인구는 고소득 국가에 비해 8배 정도 높은 것으로 나타나 있다.[14] 하지만 굴절이상의 경우 적절한 중재만 이루어진다면 실명을

충분히 예방할 수 있을 것이다. 굴절이상이 미교정되면 학업성취도가 저하되고 고용기회가 상실될 수 있으며,[15,16] 시력적으로 약시나 실명으로 이어질 수 있다.[17,18] 본 연구에서 소개한 FPR은 자각적굴절검사로써, 검사도구의 구성품이 간단하고 검사과정이 신속하며, 굴절검사 결과에서도 시력 0.6 이상으로 교정되는 비율이 90%를 상회하는 것으로 확인되었다. 또한 검사의 반복성과 신뢰성은 통계적으로 유의한 수준으로 나타나 동일 검사자의 반복 측정 결과들과 검사자들 간의 측정 결과들은 차이가 없는 것으로 확인되었다.

결 론

원점거리를 측정하여 비정시의 굴절이상을 측정하는 원점거리굴절검사는 저개발국가나 시력교정 전문인력이 없는 경우 임상 굴절이상 교정을 위해 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

Reference

[1] Gordois A, Pezzullo L, Cutler H. The global economic cost of visual impairment. Access Economics Pty Limited, 2010. https://www.sefap.it/economiasanitaria_news_201004/GLOBAL_COST_FINAL_SUMMARY.pdf(28 December 2024).

[2] Naidoo KS, Fricke TR, Frick KD, et al. Potential lost productivity resulting from the global burden of myopia: systematic review, meta-analysis, and modeling. Ophthalmology. 2019;126(3):338-346. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.10.029

[3] Marques AP, Ramke J, Cairns J, et al. Global economic productivity losses from vision impairment and blindness. EClinicalMedicine. 2021;35:100852. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.100852

[4] Eckert KA, Carter MJ, Lansingh VC, et al. A simple method for estimating the economic cost of productivity loss due to blindness and moderate to severe visual impairment. Ophthalmic Epidemiol. 2015;22(5):349-355. DOI: https://doi.org/10.3109/09286586.2015.1066394

[5] McCarty CA, Nanjan MB, Taylor HR. Vision impairment predicts 5 year mortality. Br J Ophthalmol. 2001;85(3):322-326. DOI: https://doi.org/10.1136/bjo.85.3.322

[6] Taylor HR, Katala S, Muñoz B, et al. Increase in mortality associated with blindness in rural Africa. Bull World Health Organ. 1991;69(3):335–338.

[7] Bourne R, Steinmetz JD, Flaxman S, et al. Trends in prevalence of blindness and distance and near vision impairment over 30 years: an analysis for the Global Burden of Disease Study. Lancet Glob Health. 2021;9(2):130-143. DOI: https://doi.org/10.1016/s2214-109x(20)30425-3

[8] Park JH. The relationships between low vision and socioeconomic status in Korean adults. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2011;16(3):319-325.

[9] Tielsch JM, Sommer A, Katz J, et al. Socioeconomic status and visual impairment among urban Americans. Arch Ophthalmol. 1991;109(5):637-641. DOI: https://doi.org/10.1001/archopht.1991.01080050051027

[10] Ulldemolins AR, Lansingh VC, Valencia LG, et al. Social inequalities in blindness and visual impairment: a review of social determinants. Indian J Ophthalmol. 2012;60(5):368-375. DOI: https://doi.org/10.4103/0301-4738.100529

[11] Vision Atlas. Age-std prevalence of all vision loss by country 2020 (all ages, males and females), 2020. https://www.iapb.org/learn/vision-atlas/magnitude-and-projections/%20countries/(31 October 2023).

[12] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006;3-13.

[13] Bourne RRA, Stevens GA, White RA, et al. Causes of vision loss worldwide, 1990-2010: a systematic analysis. Lancet Glob Health. 2013;1(6):339-349. DOI: https://doi.org/10.1016/S2214-109X(13)70113-X

[14] WHO(World Health Organzation). World report on vision, 2019. https://www.who.int/publications/i/item/9789241516570(29 November 2023).

[15] Toledo CC, Paiva APG, Camilo GB, et al. Early detection of visual impairment and its relation to academic performance. Rev Assoc Med Bras. 2010;56(4):415-419. DOI: https://doi.org/10.1590/S0104-42302010000400013

[16] Adams GGW, Karas MP. Effect of amblyopia on employment prospects. Br J Ophthalmol. 1999;83(3):378. DOI: https://doi.org/10.1136/bjo.83.3.378c

[17] Oh DE, Lim KH. Efficacy of occlusion therapy in amblyopia: type, depth and timing of amblyopia. J Korean Ophthalmol Soc. 2003;44(12):2850-2856.

[18] Collins MJ, Buehren T, Iskander DR. Retinal image quality, reading and myopia. Vision Res. 2006;46(1–2):196-215. DOI: https://doi.org/10.1016/j.visres.2005.03.012

비정시의 원점거리 측정을 이용한 자각적굴절검사의 유용성

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

[1]강원대학교 안경광학과, 강사, 삼척 25949

[2]강원대학교 안경광학과, 교수, 삼척 25949

투고일(2023년 11월 1일), 수정일(2023년 11월 30일), 게재확정일(2023년 12월 12일)

목적: 비정시의 원점거리 측정을 이용한 자각적굴절검사의 유용성을 확인하고자 하였다. **방법:** 안과적 문제가 없고 단안 교정시력이 0.7 이상인 43명(남 20명, 여 23명, 평균 연령 22.95±1.53세)을 대상으로 1차 원점거리굴절검사(far point refraction, FPR), 자각적굴절검사(subjective refraction, SR), 그리고 2차 FPR을 순서대로 실시하였다. FPR은 3회 반복 측정한 평균값으로 하였고, 반복성과 신뢰성 확보를 위해 동일한 참여자를 대상으로 다른 날 다른 검사자가 FPR을 실시하였다. **결과:** 검사자 1의 1차, 2차 FPR에서 각각 80.23%와 90.70%가 0.6 이상의 교정시력을 보였으며, 검사자 2의 경우에는 1차 86.05%와 2차 91.87%로 나타났다. FPR 후 적·녹시표를 이용한 끝점검사에서 적색시표의 문자가 선명하거나 적색과 녹색의 문자가 동일하다고 한 비율이 두 검사자의 1차 및 2차 검사에서 각각 91.86%와 89.53%, 90.70%와 94.19%로 나타났다. Bland-Altman 분석을 이용한 FPR의 반복성과 신뢰성 확인 결과, 검사자 1의 1차와 2차 검사 간의 반복성은 ±0.885 D, 검사자 2의 1차와 2차 검사 간의 반복성은 ±0.545 D로 나타났다. 그리고 검사자 간의 신뢰성은 1차 검사에서 ±1.253 D, 2차 검사에서 ±0.984 D로 나타났다. **결론:** FPR은 저개발국가와 같은 검안환경이 열악한 상황에서 시력교정을 위한 간편한 자각적굴절검사로 활용될 수 있다.

주제어: 자각적굴절검사, 원점거리굴절검사, 간편굴절검사