



## 한국인 소아 눈검진을 위한 휴대용 시기능검사기의 진단정확도 및 효용성

### Diagnostic Performance of Spot Photoscreener in Detecting Amblyogenic Risk Factors in Korean Children

박유연<sup>1</sup> · 남가희<sup>2</sup> · 박신혜<sup>2</sup>

Yooyeon Park, MD<sup>1</sup>, Gahee Nam, MD<sup>2</sup>, Shin Hae Park, MD, PhD<sup>2</sup>

단국대학교병원 안과학교실<sup>1</sup>, 가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 안과학교실<sup>2</sup>

*Department of Ophthalmology, Dankook University Hospital<sup>1</sup>, Cheonan, Korea*

*Department of Ophthalmology, Seoul St. Mary's Hospital, College of Medicine, The Catholic University of Korea<sup>2</sup>, Seoul, Korea*

**Purpose:** To evaluate the diagnostic performance of spot vision screener in detecting refractive errors as amblyogenic risk factor in preschool Korean children.

**Methods:** This prospective study included 51 children aged between 3 to 6 who underwent complete ophthalmologic evaluation including measurement of refraction using Spot™ Vision Screener (VS100S-2, Welch Allyn Inc., Skaneateles Falls, NY; version 3.0.02.32) and an autorefractometer before and after cycloplegia. The sensitivity and specificity of Spot photoscreening for the detection of amblyogenic risk factors were calculated. We compared the outcome measures of refractive error using spot vision screener and the autorefractometer of non-cycloplegics and cycloplegics.

**Results:** For detection of amblyogenic risk factor by refractive errors, spot vision screener had 90.5% sensitivity, 44.4% specificity, 88.4% positive predictive value and 50.0% negative predictive value. There was a significant difference between non-cycloplegic photoscreening and cycloplegic autorefraction (mean +0.86 diopter [D],  $p < 0.001$ ), which was more prominent in hyperopic eyes ( $+2.71 \pm 1.17$  vs.  $+5.00 \pm 1.39$  D,  $p < 0.001$ ) compared with myopic eyes ( $-2.51 \pm 1.41$  D vs.  $-2.58 \pm 1.32$  D,  $p = 0.599$ ).

**Conclusions:** Spot vision screener can help to detect vision issues quickly and easily in young children. Spot vision screener achieved acceptable sensitivity and positive predictive value in Korean preschool aged children, supporting the use of automated vision screening.

**Ann Optom Contact Lens 2022;21(2):67-74**

**Key Words:** Amblyopia; Photoscreener; Vision screening

■ **Received:** 2022. 5. 25.      ■ **Revised:** 2022. 6. 19.

■ **Accepted:** 2022. 6. 22.

■ Address reprint requests to **Shin Hae Park, MD, PhD**  
 Department of Ophthalmology and Visual Science, College of  
 Medicine, The Catholic University of Korea, #222 Banpo-daero,  
 Seocho-gu, Seoul 06591, Korea  
 Tel: 82-2-2258-6204, Fax: 82-2-599-7405  
 E-mail: vaccine@catholic.ac.kr

\* This work was supported by the 2019 academic research funding from 'The Korean Optometry Society' and 'The Korean Ophthalmologists Association'.

\* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

약시(amblyopia)는 소아에서 시각장애를 일으키는 주요 질환으로, 나라마다 유병률은 다르지만 대략 1.6-3.6% 정도로 보고되고 있다.<sup>1</sup> 시기능이 발달할 수 있는 민감기가 만 7-8세인 점을 고려하면 약시인 아이들을 조기에 발견하여 적극적으로 치료함으로써 의미 있는 시력의 향상을 얻을 수 있으나, 약시를 제때에 발견하지 못하고 치료 시기를 놓치게 되면 영구적인 시력저하를 일으키고 이로 인해 삶의 질이 저하될 수 있다.<sup>2,4</sup> 이에 따라 영유아의 약시에 있어 가장 중요한 핵심은 약시 혹은 약시위험인자(amblyogenic

Copyright © 2022, The Korean Optometry Society  
 The Korean Contact Lens Study Society

© Annals of Optometry and Contact Lens is an Open Access Journal. All articles are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

risk factors)를 갖고 있는 아이들을 조기에 발견해 내는 것이라 할 수 있으며, 이를 위해 여러 나라에서 영유아를 대상으로 한 눈검진 프로그램을 시행하고 있다. 우리나라에서도 2008년부터 영유아 건강검진 시에 눈 증상 및 징후에 대한 문진 및 시력을 측정하도록 하여 제한적이거나 아이들에 대한 눈검진이 이루어지고 있다.<sup>5</sup> 하지만 숙련된 안과 의사라고 하더라도 안과검사에 협조가 안 되고 말도 통하지 않는 아이들의 눈 상태를 평가하는 것은 매우 어려운 일이다. 또한, 전통적으로 아이들이 시력판을 보고 숫자나 그림을 맞추도록 하여 시력을 확인하는 방식(chart based vision assessment)이 기본이지만, 이는 어느 정도 협조가 되는 아이들에서만 가능하며 또한 아이들의 주관적인 답변에 의존해야 하는 한계가 있어 만 3-4세 때 약시 위험에 처한 아이들을 조기에 발견해 내는 데 있어 그 한계가 지적되어 왔다.

이에 따라 아이들에게 보다 쉽게 적용할 수 있고, 눈 상태를 보다 객관적으로 파악하기 위한 여러 기구들이 고안되어 왔다. 휴대용 시기능검사기(photoscreener)는 이동 가능한 장비로, 사진을 찍듯이 하여 짧은 시간 내에 적외선을 이용하여 눈의 적색 반사 정보를 분석하여 눈의 굴절력, 안구정렬, 동공에 대한 분석을 시행하고 이에 대한 정보를 제공한다. 이에 따라, 아이들의 주관적인 시력 자체에 의존하지 않고, 시력발달을 방해할 만한 굴절이상이나 사시 등이 동반되어 있는가에 대해 보다 객관적인 눈 상태를 파악하게 함으로써 약시위험인자를 갖고 있는 아이들을 조기에 발견해 낼 수 있게 되었다. 휴대용 시기능검사기를 적용하는 데 있어 그다지 많은 협조를 요구하지 않기에, 어리고 말을 못 하거나 기존의 전통적인 방식으로 그림이나 숫자를 몰라서 시력을 평가할 수 없는 정도의 어린 나이의 아이들이나 뇌성마비나 다른 전신 질환 등으로 이동이나 협조가 어려운 환자들에서도 쉽게 검사가 가능하다는 이점이 있다. 특히 미국사시소아안과학회에서 제시한 약시위험인자로 간주할 정도의 굴절 및 안구정렬이상에 대한 연령별 가이드라인을 근거로 설정된 약시의뢰기준이 기구 내에 내장되어 있어, 그 기준을 넘는 정도의 굴절이상, 부등시, 사시가 확인되는 경우 붉은 색으로 표시되고 보다 정밀한 안과검진을 받도록 권고하는(complete eye exam recommended) 메시지가 나타난다. 휴대용 시기능검사기가 영유아의 약시위험인자로서의 굴절이상이나 사시를 발견해내는 정확도 및 진단능력에 대한 연구가 있어왔고, 이를 바탕으로 2012년 미국소아과학회(American Academy of Pediatrics)에서 만 4세 이하의 아이들에서는 기구를 활용한 영유아 눈검진(instrument-based pediatric vision screening)을 하는 것이 바람직하다고 지지하였고, 2013년 미국사시소아안과학회

(American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus, AAPOS)에서 과거 10년간의 연구 결과를 종합하여 기구를 이용한 영유아 눈검진에 대한 가이드라인을 제시하면서 휴대용 시기능검사기가 더욱 보편화되어 사용되기 시작하였다.<sup>6,8</sup> 최근 국내에서도 휴대용 시기능검사기를 활용하는 의료기관이 점차 많아지고 있으며, 소아청소년과 및 안과 개원가에서 시행받은 검사에서 일차적으로 이상이 있는 것으로 확인되어 3차 병원 소아안과로 의뢰되는 아이들을 다수 경험하고 있다. 이에 저자들은 본원에 내원한 아이들을 대상으로 Spot<sup>TM</sup> Vision Screener (VS100S-2; Welch Allyn Inc., Skaneateles Falls, NY, USA)를 이용한 휴대용 시기능검사기 분석 결과가 약시위험인자를 발견해 내는 진단의 효용성을 평가하고, 실제 임상에서 적용하고 해석하는 데 있어 주의할 사항들이 있는지 알아보고자 하였다.

## 대상과 방법

이번 연구는 1차 의료기관에서 시력저하 또는 굴절이상을 주소로 의뢰된 만 3-6세의 환아를 대상으로 전향적 연구로 헬싱키선언을 준수하여 시행되었다. 인증된 연구윤리심의위원회(Institutional Review Board)의 승인을 받아 진행되었다(승인번호: KC19RESI0827).

대상 환아들에서는 다음과 같은 검사를 모두 같은 날 시행하였다. 진용한 한식표준시력표를 이용하여 시력을 측정하고, 세극등현미경검사를 시행하여 각막, 수정체, 시신경, 망막에 시력에 영향을 줄 수 있는 이상 소견 여부를 확인하였고, 프리즘가림검사를 시행하여 안구정렬에 대해 평가하였다. 이번 연구는 휴대용 시기능검사기를 이용한 굴절력 분석 결과를 통한 약시위험군 발견에 대한 진단 능력을 알아보기 위해 계획되어, 안과적 다른 기저 질환이 있는 경우, 각막혼탁이나 백내장 등 안질환을 가진 경우, 사시가 동반된 경우, 안저검사에서 시신경이나 망막에 이상 소견이 관찰된 아이들은 연구 대상에서 제외하였고, 조절마비 전후 휴대용 시기능검사기와 자동굴절검사기(ARK-1; Nidek, Tokyo, Japan)를 이용한 굴절력 분석이 모두 가능하였고 휴대용 시기능검사기를 통한 굴절검사 결과가  $\pm 7.5$  diopter (D) 이내 범주로 확인되었던 최종 51명 102안을 대상으로 결과를 분석하였다. 대상 환아들의 평균 연령은  $4.8 \pm 0.7$ 세로, 남아 27명과 여아 24명이 포함되었다. 조절마비굴절검사는 1% cyclopentolate hydrochloride (Ocucyclo<sup>®</sup>; Allergan, Inc., Irvine, CA, USA)와 0.5% phenylephrine hydrochloride 및 0.5% tropicamide 혼합액(Mydrin-P<sup>®</sup>; Santen Pharmaceutical Co., Ltd., Osaka, Japan)을 5분 간격으로 3회 점안하고 60분 후

동공의 조절 반응이 없어진 것을 확인한 후에 진행하였다.

이번 연구에서 사용된 휴대용 시기능검사기는 Spot™ Vision Screener (VS100S-2; Welch Allyn Inc.; version 3.0.02.32)로서, 검사를 받는 아이의 1 m 정도 앞에서 기계를 아이의 눈높이에 맞춘 후 기계에서 나는 소리와 반짝거리는 불빛으로 아이의 관심을 유도하여 두 눈을 뜬 상태에서 수초간 불빛을 주시하게끔 하여 그 때 동공을 통하여 획득한 적색 반사 이미지를 통하여 동공 크기, 안구정렬, 굴절력을 분석한다. 이를 종합하여 기계에 내장되어 있는 검사받는 아이의 나이를 고려한 각각의 기준(manufacturer's criteria)과 비교하여(Table 1) 정상 범주에 드는 경우(all measurements in range)와 약시 위험성이 있다고 판단되어 보다 더 정밀한 안과검사를 요하는 경우(complete eye exam recommended)에 대한 메시지를 제공한다. 보통은 아이가 약 2초간 주시하고 있으면 적절한 분석이 이루어질 수 있으며, 검사의 정확도를 높이기 위해 숙련된 1명의 검안사가 일정한 장소에서 같은 밝기를 유지한 상태로 조절마비 전후 두 차례 시행하였다.

조절마비 전후 spot vision screener를 통해 굴절이상과 관련되어 “complete eye exam recommended”로 나온 경우 선별검사 양성으로, “all measurements within range”인 경우를 선별검사 음성으로 판정하였다. 미국사시소아학회에서 2013년 제시한 약시위험인자 가이드라인을 조절마비후

자동굴절검사 결과에 대입하여 판단한 최종 약시위험인자 양성/음성과 비교하여 spot vision screener가 굴절이상과 관련된 약시를 발견해내는 민감도(sensitivity), 특이도(specificity), 양성예측도(positive predictive value), 음성예측도(negative predictive value)를 계산하였다. 민감도는 최종적으로 약시위험에 대해 양성로 판정된 아이들 중에서 spot vision screener를 통한 선별검사에서 양성으로 진단을 내린 비율(true positive rate)을 말하며, 특이도는 최종적으로 약시위험이 없는 것으로 판정된 아이들에서 선별검사에서도 음성으로 진단한 비율(true negative rate)을 말한다. 양성예측도는 선별검사에서 양성으로 진단된 아이들 중에서 실제로 약시위험이 있는 비율을, 음성예측도는 선별검사에서도 음성으로 진단된 아이들 중에서 실제로 약시위험이 없다고 판단한 비율을 뜻한다.

조절마비 전후 두 기기로 측정된 네 차례의 굴절력에 대해서는 두 눈 중 보다 시력이 나쁜 눈의 결과를 취하여 구면렌즈대응치 및 난시를 비교하였고, 검사 결과는 본문에서 중앙값(범위) 또는 평균 ± 표준편차로 기술하였다. 통계분석은 SPSS 통계프로그램(version 24.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)에서 chi-square test, Student's *t*-test를 이용하였으며, *p*값이 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의한 것으로 간주하였다.

**Table 1.** Manufacturer's criteria of spot vision screener and AAPOS guideline used for defining amblyogenic risk factor of children aged 3-6 years

|                      | Hyperopia (diopter) | Myopia (diopter) | Astigmatism (diopter) | Anisometropia (diopter) |
|----------------------|---------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|
| Spot vision screener |                     |                  |                       |                         |
| 36-72 months         | ≥+2.5               | ≥-1.25           | ≥1.75                 | ≥1.0                    |
| AAPOS guideline      |                     |                  |                       |                         |
| 36-48 months         | >+4.0               | >-3.0            | >2.0                  | >2.0                    |
| 49-72 months         | >+3.5               | >-1.5            | >1.5                  | >1.5                    |

Spot vision screener version 3.0.02.32 (VS100S-2, Welch Allyn Inc., Skaneateles Falls, NY, USA) was used in this study. Amblyogenic risk factor detection guideline was set as American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus (AAPOS) committee recommended in 2013 year.

**Table 2.** 2 × 2 contingency table of spot vision screener vs. cycloplegic autorefraction for detection of amblyogenic risk factors

|                            | Cycloplegic autorefraction |          | Total      | <i>p</i> -value* |
|----------------------------|----------------------------|----------|------------|------------------|
|                            | Positive                   | Negative |            |                  |
| Non-cycloplegic SV results |                            |          |            |                  |
| Positive                   | 38 (74.5)                  | 5 (9.8)  | 43 (84.3)  |                  |
| Negative                   | 4 (7.8)                    | 4 (7.8)  | 8 (15.7)   |                  |
| Total                      | 42 (82.4)                  | 9 (17.6) | 51 (100.0) | <0.001           |

Values are presented as number (%).

SV = spot vision screener.

\*Chi-square test.

## 결 과

조절마비 없이 시행한 spot vision screener 검사에서 굴절이상과 관련하여 안과 정밀검사를 요한다고 판정을 받은 43명(84.3%)을 선별검사 양성으로, 굴절력이 정상 범주 내에 있는 것으로 판정받은 8명(15.7%)을 선별검사 음성으로 하여 이에 대한 진단 정확도를 분석하였다(Table 2). 조절마비 후 자동굴절검사값을 기준으로 약시위험인자를 가지고 있는지 여부에 대해서 최종적으로 판정하였고 51명의 환자 중 42명(82.4%)에서 양성으로 확인되었으며, 이들은

**Table 3.** Sensitivity and specificity, positive and negative predictive values of spot vision screener in detecting refractive amblyogenic risk factor

| Performance parameter         | Non-cycloplegia | Cycloplegia |
|-------------------------------|-----------------|-------------|
| Sensitivity (%)               | 90.5            | 95.2        |
| Specificity (%)               | 44.4            | 66.7        |
| Positive predictive value (%) | 88.4            | 93.0        |
| Negative predictive value (%) | 50.0            | 75.0        |

한 종류 또는 두 종류 이상의 약시위험기준을 넘어서는 굴절이상을 가지고 있었다(근시 8명, 19.0%; 원시 15명, 35.7%; 난시 26명, 61.9%; 부등시 8명, 19.0%). 최종약시판정을 받은 42명 중 38명에서 spot vision screener에서 정밀검사를 요하는 양성으로 판정받아, 조절마비 없이 spot vision screener로 측정된 굴절검사로 약시를 발견해내는 진단민감도는 90.5%로 확인되었다(Table 3). 약시위험인자 진단의 특이도는 44.4% (4/9명), 양성예측도는 88.4% (38/43명), 음성예측도는 50.0% (4/8명)로 나타났다. Spot vision screener로는 음성이지만 약시위험이 있다고 최종 판단된 위음성에 해당하는 영유아 4명에서 조절마비 후 시행한 굴절검사를 통해 정밀검사를 요하는 기준 이상의 원시가 동반되어 있음이 확인되었다(Table 4). 반대로 spot vision screener에서는 양성으로 판정되었지만 최종 약시위험인자가 없다고 판정되었던 위양성 5명에서는 근시(3명), 난시(2명)가 조절마비 후 굴절값과 비교하여 보다 과도하게 평가되었던 것으로 나타났다.

조절마비제를 점안하기 전과 후 spot vision screener와 자동굴절검사기를 이용하여 측정된 굴절력을 Table 5에 기

**Table 4.** Clinical characteristics of 9 children with false negative or false positive results using non-cycloplegic spot vision screener

| Case | Sex/age (years) | SV results     | BCVA* | Non-cycloplegic spot vision screener* |          |               | Cycloplegic autorefraction* |          |               |
|------|-----------------|----------------|-------|---------------------------------------|----------|---------------|-----------------------------|----------|---------------|
|      |                 |                |       | Spherical                             | Cylinder | Anisometropia | Spherical                   | Cylinder | Anisometropia |
| 1    | M/4             | False negative | 0.5   | +2.25                                 | -0.25    | 1             | +4.25                       | -0.50    | 1.75          |
| 2    | F/4             | False negative | 0.32  | +2.75                                 | -1.25    | 1.25          | +6.25                       | -1.00    | 1.625         |
| 3    | F/5             | False negative | 0.5   | +1.25                                 | -0.25    | 0.75          | +6.25                       | -1.00    | 1             |
| 4    | M/6             | False negative | 0.5   | +0.75                                 | -1.25    | 0             | +4.50                       | -0.50    | 0.25          |
| 5    | M/5             | False positive | 0.8   | -1.50                                 | -0.25    | 0.25          | -1.25                       | -0.00    | 0             |
| 6    | M/4             | False positive | 0.8   | +0.75                                 | -2.25    | 0             | +0.75                       | -1.00    | 0.25          |
| 7    | F/5             | False positive | 0.63  | -1.50                                 | -0.25    | 0.25          | -1.25                       | -0.25    | 0.125         |
| 8    | M/5             | False positive | 0.63  | -1.50                                 | -0.25    | 0.25          | -0.75                       | -0.75    | 0             |
| 9    | F/6             | False positive | 0.63  | +0.00                                 | -1.50    | 0.25          | +2.00                       | -0.75    | 0             |

SV = spot vision screener; BCVA = best-corrected visual acuity; M = male; F = female.

\*Results of eye with worse vision in each case.

**Table 5.** Refractive measurements using spot vision screener and autorefractometer before and after cycloplegia

|              | Non-cycloplegic refraction |                        | Cycloplegic refraction    |                         | p-value* |
|--------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|----------|
|              | Autorefraction             | Spot vision screener   | Autorefraction            | Spot vision screener    |          |
| SE (D)       | -1.00 (-5.75 to +5.625)    | -0.50 (-5.50 to +5.50) | +0.125 (-5.375 to +6.375) | +0.125 (-5.00 to +7.00) | <0.001   |
| Hyperopia    | +3.00 (+1.75 to +6.00)     | +2.38 (+1.00 to +5.75) | +5.13 (+2.25 to +7.25)    | +5.00 (+2.25 to +7.50)  | <0.001   |
| Myopia       | -2.50 (-6.25 to -1.00)     | -2.00 (-5.25 to -1.25) | -2.00 (-5.25 to -1.25)    | -2.00 (-5.25 to -1.00)  | 0.599    |
| Cylinder (D) | -1.00 (-7.00 to -0.00)     | -1.25 (-6.75 to -0.25) | -1.00 (-6.25 to -0.00)    | -1.00 (-7.50 to -0.00)  | 0.016    |

Results of eye with worse vision, presented as median (range). Values between  $\pm 7.50$  D were used for analysis.

SE = spherical equivalent; D = diopter.

\*Student t-test was used for statistical analysis between non-cycloplegic spot vision screener results and cycloplegic autorefraction.

술하였다. 두 기기로 측정된 굴절력은 조절마비 전후 각각 거의 일치하는 양상으로 확인되었다. 전체 안의 구면렌즈 대응치를 분석하였을 때, 조절마비 전 시행한 spot vision screener 측정값은 조절마비 후 자동굴절검사기를 이용한 굴절력과 비교하여 평균 0.86 D 작게 측정되었으며 이는 통계적으로 유의하였다( $p < 0.001$ ). 이러한 조절마비 전후 구면렌즈대응치의 차이는, 특히 원시안( $+2.71 \pm 1.17$  D vs.  $+5.00 \pm 1.39$  D,  $p < 0.001$ )에서 근시안( $-2.51 \pm 1.41$  D vs.  $-2.58 \pm 1.32$  D,  $p = 0.599$ )에 비해 더욱 뚜렷하였다. 조절마비제를 점안한 후 시행한 spot vision screener 검사를 통해 약시위험인자 발견에 대한 선별검사 양성/음성을 판별하였을 때에는 민감도 95.2% (40/42명), 특이도 66.7% (6/9명), 양성예측도 93.0% (40/43명), 음성예측도 75.0% (6/8명)로 확인되었다(Table 3).

## 고 찰

이번 연구는 현재 국내에서 많이 사용되고 있는 휴대용 시기능분석기인 spot vision screener를 이용하여 한국인 영유아에서 약시를 일으키는 가장 주요한 원인인 굴절이상을 판별하는 진단 정확도 및 임상적 유용성을 알아보고자 하였다. 이번 연구를 진행하면서, 시력을 제대로 껴 수 없거나 연령이 높더라도 협조가 안 되어 눈 상태를 파악하는 데 어려움이 있던 아이들에서 spot vision screener를 통해 쉽고 빠르게 유용하고 객관적인 눈검사 결과를 얻을 수 있음을 경험하였다. 약시위험인자에 해당하는 정도의 굴절이상을 발견하는 데 있어 조절마비 없이 시행한 spot vision screener의 진단민감도는 90.5%, 양성예측도는 88.4%로 높게 나타났다. 다만 굴절검사의 수치를 해석함에 있어서, 일차적으로 조절마비 없이 spot vision screener를 시행하였을 때 평균 0.86 D 작게 측정되었는데, 이는 특히 약시위험인

자 발견에 있어 중등도/고도원시를 갖는 아이들에서 위음성의 요인이 될 수 있어 실제 임상에서 적용할 때 주의를 요할 것으로 확인되었다.

휴대용 시기능분석기는 쉽고 빠르게 영유아 아이들의 눈을 검사하기 위해 고안된 기구로 조절마비를 하지 않은 상태에서 사용하는 것이 일반적이다. 2013년 AAPOS에서 제시한 기준을 바탕으로 약시위험인자에 해당하는 굴절이상 혹은 사시가 발견되는 경우 각각의 수치가 붉은 색 글자로 표현되어 정상 범주를 벗어남을 알려주며, 결과지의 우상 측에 보다 정밀한 안과검사를 필요로 한다(complete eye exam recommended)는 메시지를 띄워 알려줌으로써, 이제껏 고식적인 방법으로 안과검사가 어려워 진단 시기를 놓치던 아이들에서 보다 이른 시기에 약시를 조기 발견하여 치료할 수 있는 기회를 제공할 수 있는 데 큰 의의가 있다고 하겠다. 영유아에서 spot vision screener를 사용하였을 때 약시위험인자를 진단해내는 능력에 대해 다양한 연구가 시행되어 왔으며(Table 6),<sup>9-13</sup> 연구에 포함된 아이들의 인종이나 연령 등에 따라 결과에 차이는 있으나, 대략적으로는 약시위험인자를 발굴해내는 민감도와 특이도가 만족할 만한 수준에 있는 것이 확인되면서 점차 보편화되어 사용되고 있다.<sup>14-16</sup> 한국인 아이들을 대상으로 한 이번 연구에서는 조절마비를 하지 않은 상태에서 시행한 spot vision screener 검사를 통해 약시위험인자를 발견해내는 데 있어 민감도(90.5%)와 양성예측도(88.4%)는 매우 높은 수준인데 비하여 특이도(44.4%)와 음성예측도(50.0%)는 기존 연구에 비하여 다소 낮게 확인되었다. 이는 이번 연구의 전체 대상자의 수가 작았던 점과 더불어 연구 대상자로 선정된 아이들이 이미 1차 의료기관에서 시력이상이나 굴절이상 등으로 한차례 진단을 받고 3차 의료기관인 본원으로 의뢰되었던 점이 결과 분석에 영향을 미쳤을 것으로 생각되었다. 전체 인구를 대상으로 검진(screening) 기구로서 능력을 발휘해

**Table 6.** Comparison of previous studies for diagnostic ability of refractive amblyogenic risk factor using spot vision screener

| Study group                   | Ethnicity | Age (months) | Number of children | Sensitivity (%) | Specificity (%) | PPV (%) | NPV (%) | Mean difference of cycloplegic autorefraction compared to Non-cycloplegic SV |              |
|-------------------------------|-----------|--------------|--------------------|-----------------|-----------------|---------|---------|--|--------------|
|                               |           |              |                    |                 |                 |         |         | Spherical equivalent (D)   | Cylinder (D) |
| Srinivasan et al <sup>9</sup> | Western   | 12-36        | 249                | 78.3            | 84.5            | -       | -       | +1.02  | -0.52        |
| Yakar <sup>10</sup>           | Turkish   | 36-120       | 100                | 60.9            | 94.9            | 75.7    | 90.4    | +0.75  | -0.03        |
| Sharma et al <sup>11</sup>    | Indian    | 6-60         | 219                | 85.5            | 69.5            | 78.5    | 78.6    | +0.06  | +0.14        |
| Mu et al <sup>12</sup>        | Chinese   | 48-84        | 155                | 94.8            | 85.0            | -       | -       | +0.49  | -0.10        |
| Qian et al <sup>13</sup>      | Chinese   | 48-72        | 226                | 94.0            | 80.0            | -       | -       | +0.17  | -0.07        |
| Present study                 | Korean    | 36-72        | 60                 | 89.8            | 45.5            | 88.0    | 50.0    | +0.86  | +0.17        |

PPV = positive predictive value; NPV = negative predictive value; SV = spot vision screener results; D = diopter.



내는 데에는 높은 수준의 민감도와 특이도가 적절히 균형을 맞추는 것이 중요하다. 특히 약시의 경우 그 유병률이 2% 내외로 낮은 점을 고려하면, 일차적으로 눈검사를 받는 영유아에서 정상인 아이들을 정상으로 잘 판별해내는 능력, 즉 특이도가 높은 것이 중요하며 검사의 위양성률은 낮고 양성예측도가 80% 이상일 때 아이와 부모들에게 불필요한 걱정을 일으키지 않을 수 있다. 검진검사에서 위음성은 적절한 진단과 치료 시기를 놓치게 만들 수 있으므로 주의가 필요한데, 이는 약시 발견을 위한 어린이 눈검사에서도 마찬가지이다. 이번 연구를 통해 민감도 및 양성예측도는 만족할 만한 높은 수준을 보이는 것이 확인된 만큼, 일차적인 눈검진을 위해 내원하는 아이들을 대상으로 전체 연구 대상수를 늘린 추가 연구를 통해 spot vision screener의 특이도 및 음성예측도 등을 재평가하는 것이 도움이 되리라 생각한다.

이번 연구에서는 조절마비 전 spot vision screener를 이용하여 측정된 굴절력을 조절마비제를 점안한 후에 측정한 결과와 비교하였다. 조절마비제를 점안한 후 자동굴절검사로 측정된 굴절력과 비교하면, 조절마비 없이 spot vision screener를 통한 검사에서 구면렌즈대응치는 평균적으로 0.86 D 정도 작게 측정되었으며 이는 통계학적으로 유의한 정도로 확인되었다. 조절마비 전후 구면렌즈대응치의 차이는 특히 원시안( $+2.71 \pm 1.17$  D vs.  $+5.00 \pm 1.39$  D,  $p < 0.001$ )에서 근시안( $-2.51 \pm 1.41$  D vs.  $-2.58 \pm 1.32$  D,  $p = 0.158$ )에 비해 더욱 뚜렷하였다. 기존에 국내 어린이들을 대상으로 이번 연구와 같은 기종인 spot vision screener를 사용하였던 연구에서 조절마비 전후 구면렌즈대응치는 유의한 차이가 없다고 하였는데( $-0.25 \pm 1.12$  D vs.  $0.04 \pm 1.86$  D,  $p = 0.12$ ) 이는 만 3-6세 아이들을 대상으로 했던 이번 연구와 비교하여 10세 이하의 아이들이 포함되어 연구 대상의 평균 연령이 높았던 점이 영향을 주었을 것으로 보인다.<sup>17</sup> 다른 기종의 휴대용 시기능분석기인 Plusoptix S09 photo-refractor (Plusoptix GmbH, Nuernberg, Germany)를 사용하여 국내 어린이들을 대상으로 시행했던 기존의 연구에서도 이번 연구와 유사한 결과가 관찰된 바 있는데, 저자들은 전체안을 대상으로 분석하였을 때에는 조절마비 전후 유의한 차이가 관찰되지 않는 반면  $+3.0$  D 이상의 원시안을 대상으로 한 분석에서는 조절마비 후 약  $+2.0$  D 정도 더 높은 원시가 나타났으며 이는 통계학적으로 유의한 정도라 중등도 원시를 갖는 어린이에서는 주의해야 한다고 보고하였다.<sup>18</sup> 이번 연구에서 위음성으로 확인된 4명 아이들의 임상 양상을 확인하였을 때(Table 4), 조절마비 없이 시행한 spot vision screener를 통해 원시가 적게 평가(underestimation)된 것이 주요한 원인으로 조절마비 후에는 미국사시소아안

과학회에서 정밀한 안과검사를 권고하는 수준 이상의 중등도/고도원시가 동반되어 있음이 확인되었다. 터키 아이들을 대상으로 시행된 연구에서도 이와 같은 경험을 기술한 바 있으며 조절마비제를 점안한 후 spot vision screener를 적용하였을 때 민감도가 60.9%에서 85.3%로, 음성예측도는 90.4%에서 95.8%로 향상됨으로써 조절마비 후 검사를 시행하여 약시위험인자에 대한 진단력을 높일 수 있다고 보고하였으며 부모나 형제자매 중 고도원시 가족력이 있는 경우에는 선택적으로나마 조절마비를 시행할 것을 제안한 바 있다.<sup>10</sup> 이번 연구에서도 조절마비제를 점안한 후 spot vision screener 검사를 통해 진단의 정확도를 높일 수 있을지에 대해 추가 분석한 결과, 진단의 민감도(95.2%), 특이도(66.7%), 양성예측도(93.0%), 음성예측도(75.0%)가 모두 향상되었다(Table 3). 소아에서 굴절력을 검사함에 있어 조절마비 하에 시행하는 것이 표준지침이나, 이는 숙련된 검사자가 있어야 하고 검사시간이 오래 소요되며 3세 미만의 협조가 잘 안 되는 어린 아이들에서는 진정을 요하기도 하는 등 실제 일차검진 목적의 눈검사에서 시행하기에는 현실적으로 여러 어려움이 따른다. Spot vision screener의 경우 양안을 뜬 상태에서 1미터 거리의 반짝거리는 점들을 보는 상태에서 검사를 진행하기 때문에 자동굴절검사에 비해서는 조절을 유발하는 정도가 작을 것이라고 여겨지나, 이번 연구를 통해 현재 기기의 검사 환경 및 기술이 조절에 의한 영향을 완전히 배제할 수 없으며 특히 평소에 어느 정도의 조절을 통해 세상을 선명하게 바라보고 있는 원시를 동반한 영유아에서 그 영향이 더욱 두드러질 가능성이 확인되었다. Spot vision screener를 포함한 휴대용 시기능분석기가 주로 일차적인 영유아 눈검진을 위한 도구로 활용되는 만큼 조절마비가 어느 경우에 꼭 필요할지에 대해서는 추가적인 연구가 필요하리라고 생각한다. 또한, 미국사시소아안과학회에서 제안한 약시위험인자로서의 굴절력에 대한 기준이 조절마비하굴절검사에 근거하여 설정되었다는 점을 고려하면,<sup>18</sup> spot vision screener 기기에 내장된 정밀검사 의뢰 기준은 상기 기준값을 그대로 적용하기보다는 조절마비 전후의 차이를 보정하여 설정하는 것이 바람직할 수 있겠다. 실제로 기기에 내장되는 약시판정기준은 간만에 보고되는 여러 연구 결과들에 근거하여 버전이 바뀔 때마다 진단력을 향상시킬 수 있는 방향으로 조정되면서 적용되고 있다. 눈검진을 위해 내원한 아이들이 시력을 함께 측정할 수 있는 정도의 연령이거나 협조도를 보인다면 약시를 놓칠 위험이 줄어들겠지만, 시력검사에 협조가 안 되거나 시력을 확인하기 어려운 어린 연령의 영유아에서 조절마비 없이 spot vision screener를 통한 눈검진은 진단 정확도가 다소 떨어질 수 있으므로 이를 일회성 검진기구로

활용하는 것은 옳지 않으며, 시력을 평가할 수 있는 시기에 한차례 더 안과검사를 추적하도록 하는 것이 바람직하리라 생각된다. Spot vision screener의 검사 결과지 좌측 상단에 “이 검사가 안과 의사가 시행하는 정밀한 눈검사를 대체하지 못한다”는 문구를 상기할 필요가 있다.

종합하면 spot vision screener는 눈검사가 쉽지 않은 소아에서 쉽고 빠르게 객관적인 눈검사 결과를 제공함으로써 임상에서 유용하게 사용될 수 있으며, 굴절이상으로 인한 약시위험인자를 찾아내는 데 높은 민감도와 양성예측도를 나타내어 일차적인 눈검진 기능을 수행할 수 있으리라 기대된다.

## REFERENCES

- 1) Wallace DK, Repka MX, Lee KA, et al. Amblyopia preferred practice pattern<sup>®</sup>. *Ophthalmology* 2018;125:P105-42.
- 2) Weinacht S, Kind C, Mönning JS, Gottlob I. Visual development in preterm and full-term infants: a prospective masked study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999;40:346-53.
- 3) Daw NW. Critical periods and amblyopia. *Arch Ophthalmol* 1998;116:502-5.
- 4) Eibschitz-Tsimhoni M, Friedman T, Naor J, et al. Early screening for amblyogenic risk factors lowers the prevalence and severity of amblyopia. *J AAPOS* 2000;4:194-9.
- 5) Chang JH. Infant and toddler vision care: a supplement to the manual of infant health screening conducted by Korean National Health Insurance Corporation. *J Korean Med Assoc* 2013;56:504-10.
- 6) US Preventive Services Task Force. Vision screening for children 1 to 5 years of age: US Preventive Services Task Force Recommendation statement. *Pediatrics* 2011;127:340-6.
- 7) Miller JM, Lessin HR; American Academy of Pediatrics Section on Ophthalmology. Instrument-based pediatric vision screening policy statement. *Pediatrics* 2012;130:983-6.
- 8) Donahue SP, Arthur B, Neely DE, et al. Guidelines for automated preschool vision screening: a 10-year, evidence-based update. *J AAPOS* 2013;17:4-8.
- 9) Srinivasan G, Russo D, Taylor C, et al. Validity of the spot vision screener in detecting vision disorders in children 6 months to 36 months of age. *J AAPOS* 2019;23:278.e1-278.e6.
- 10) Yakar K. Clinical performance of the spot vision photo screener before and after induction of cycloplegia in children. *J Ophthalmol* 2019;2019:5329121.
- 11) Sharma M, Ganesh S, Tibrewal S, et al. Accuracy of non-cycloplegic photorefractive using spot photoscreener in detecting amblyopia risk factors in preschool children in an Indian eye clinic. *Indian J Ophthalmol* 2020;68:504-9.
- 12) Mu Y, Bi H, Ekure E, et al. Performance of spot photoscreener in detecting amblyopia risk factors in Chinese pre-school and school age children attending an eye clinic. *PLoS One* 2016;11:e0149561.
- 13) Qian X, Li Y, Ding G, et al. Compared performance of spot and SW800 photoscreeners on Chinese children. *Br J Ophthalmol* 2019;103:517-22.
- 14) Peterseim MMW, Trivedi RH, Feldman S, et al. Evaluation of the spot vision screener in school-aged children. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2020;57:146-53.
- 15) Arana Mendez M, Arguello L, Martinez J, et al. Evaluation of the spot vision screener in young children in Costa Rica. *J AAPOS* 2015;19:441-4.
- 16) Garry GA, Donahue SP. Validation of spot screening device for amblyopia risk factors. *J AAPOS* 2014;18:476-80.
- 17) Chung KH, Hwang JH, Choi J. Clinical efficacy of the spot vision screener for measuring refraction and detecting strabismus in children. *J Korean Ophthalmol Soc* 2020;61:412-7.
- 18) Won JY, Shin HY, Kim SY, Lee YC. A comparison of the Plusoptix S09 with an autorefractometer of noncycloplegics and cycloplegics in children. *Medicine (Baltimore)* 2016;95:e4596.

= 국문초록 =

## 한국인 소아 눈검진을 위한 휴대용 시기능검사기의 진단정확도 및 효용성

**목적:** 국내에서 많이 사용되는 휴대용 시기능검사기인 spot vision screener가 약시위험인자인 굴절이상을 발견해 내는 진단의 효용성을 평가하고자 하였다.

**대상과 방법:** 시력저하 및 굴절이상을 주소로 본원에 의뢰된 만 3-6세 어린이 51명을 대상으로 전향적으로 시행된 연구로, 조절마비 전후 Spot™ Vision Screener (VS100S-2, Welch Allyn Inc., Skaneateles Falls, NY, USA; version 3.0.02.32)와 자동굴절검사기로 굴절력을 측정된 결과를 분석하였다. Spot vision screener에서 굴절이상이 발견된 경우 선별검사 양성, 정상범위내의 굴절력으로 확인된 아이들을 선별검사 음성으로 판정하여, 조절마비 후 굴절력에 근거한 약시위험인자 최종진단과 비교하여 진단정확도를 분석하였고, 조절마비 전후 구면렌즈대응치 및 난시를 비교하였다.

**결과:** 조절마비 없이 spot vision screener로 측정한 굴절검사로 약시를 발견해내는 민감도는 90.5%, 특이도 44.4%, 양성예측도 88.4%, 음성예측도 50.0%로 나타났다. 조절마비 전 spot vision screener 측정값은 조절마비 후 자동굴절검사기를 이용한 굴절력과 비교하여 평균 0.86 D 작게 측정되었으며( $p<0.001$ ) 이러한 차이는 특히 원시안( $+2.71 \pm 1.17$  D vs.  $+5.00 \pm 1.39$  D,  $p<0.001$ )에서 근시안( $-2.51 \pm 1.41$  D vs.  $-2.58 \pm 1.32$  D,  $p=0.599$ )에 비해 뚜렷하였다.

**결론:** Spot vision screener는 눈검사가 쉽지 않은 영유아에서 쉽고 빠르게 객관적인 안검사 결과를 제공함으로써 유용하게 사용될 수 있으며, 굴절이상으로 인한 약시위험인자를 찾아내는 데 높은 민감도와 양성예측도를 보였다.

〈검안 및 콘택트렌즈학회지 2022;21(2):67-74〉