대한안과학회지 2017년 제 58 권 제 2 호
J Korean Ophthalmol Soc 2017;58(2):203-207
ISSN 0378-6471 (Print) · ISSN 2092-9374 (Online)
https://doi.org/10.3341/jkos.2017.58.2.203

Original Article

# VAA-2000 자가시력검사기의 재현성과 유효성

## Repeatability and Validity of the VAA-2000 Automated Self Vision Tester

기현주 · 양희경

Hyun Ju Kee, MD, Hee Kyung Yang, MD

서울대학교 의과대학 분당서울대학교병원 안과학교실

*Department of Ophthalmology, Seoul National University Bundang Hospital, Seoul National University College of Medicine, Seongnam, Korea*

**Purpose:** To evaluate the test-retest reliability and validity of the VAA-2000 Self Vision Tester.

**Methods:** A total of 108 eyes of 108 adults (55 men and 53 women) who visited Seoul National University Bundang Hospital from March to December 2015 and who had best corrected visual acuities of 20/200 or better, according to both Hahn's visual acuity test (using numbers and Landolt rings) and the VAA-2000 Self Vision Tester, were included. The test-retest reliability and validity of the VAA-2000 Self Vision Tester were assessed and compared with Hahn's visual acuity test performed using numbers and Landolt rings. The intraclass correlation, Pearson correlation, Bland-Altman plots, and Deming regression between the different tests were analyzed.

**Results:** The average best corrected visual acuity was 0.12 ± 0.17 logMAR measured with the VAA-2000 Self Vision Tester, and was 0.08 ± 0.20 logMAR with Hahn's visual acuity test using numbers and 0.08 ± 0.30 logMAR using Landolt rings. The VAA-2000 Self Vision Tester demonstrated high test-retest reliability (intraclass correlation coefficient = 0.903, $p < 0.001$) and acceptable validity when compared with Hahn's visual acuity test using numbers (r = 0.767, $p < 0.001$) and Landolt rings (r= 0.727, $p < 0.001$).

**Conclusions:** The VAA-2000 Self Vision Tester possesses good reliability and acceptable validity when compared to Hahn's visual acuity test using numbers and Landolt rings.

J Korean Ophthalmol Soc 2017;58(2):203-207

**Keywords:** Automated visual acuity test, Hahn's visual acuity test, VAA-2000, Validity

시력검사는 안과의 가장 기본적인 검사로서 약시 등을 비롯한 안과 진단에 필수적이며,[1,2] 이러한 시력검사를 검사자 없이 피검자가 직접 정확하게 할 수 있다면 집단검진이나 선별검사에서도 비용 효과 면에서 이상적일 것이다.[3] 이에 전산화되거나 자동으로 시력을 검사하는 여러 방법이 개발되었다.[3-8] VAA-2000 (View-M Technology Co. Ltd, Seoul, Korea) 자가시력검사기는 검사자의 도움 없이 자동으로 시력을 측정하는 검사로 최근에 국내에서 개발되었다. 이 연구에서는 VAA-2000의 임상적인 이용에 앞서 그 재현성과 유효성에 대해 자세히 알아보고자 하였다.

## 대상과 방법

2015년 3월부터 12월까지 분당서울대학교병원 안과에 내원한 성인 중 한천석시시력표의 숫자와 란돌트고리(Landolt ring), 그리고 VAA-2000 자가시력검사기(Fig. 1A)로 시력을 검사할 수 있었고, 우안 최대교정시력이 0.1 이

■ **Received:** 2016. 10. 27. ■ **Revised:** 2016. 11. 29.
■ **Accepted:** 2017. 1. 17.

■ Address reprint requests to **Hee Kyung Yang, MD**
Department of Ophthalmology, Seoul National University Bundang Hospital, #82 Gumi-ro 173beon-gil, Bundang-gu, Seongnam 13620, Korea
Tel: 82-31-787-7379, Fax: 82-31-787-4057
E-mail: eye@snubh.org

*ⓒ 2017 The Korean Ophthalmological Society*
This is an Open Access article 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.

상인 108명(남자 55명, 여자 53명) 108안을 대상으로 하였다. 평균 나이는 52.6 ± 14.4세(20-79세)였다. 눈떨림, 사시 등 안구운동장애가 있거나 색안경을 착용한 경우는 제외하였다. 최대교정시력을 측정하기 위해 필요한 경우에 안경을 착용하였으며, 총 108명 중 55명이 안경을 착용하였다. 이 연구는 헬싱키선언(Declaration of Helsinki)을 준수하였으며 인증된 연구윤리 심의위원회(institutional review board, IRB)의 승인을 받았다(승인 번호 B-1609/361-106).

한천석시시력표는 5 m 떨어진 곳에서 좌안을 가리고 우안으로 시력표의 숫자와 란돌트고리를 위에서부터 가로로 한 줄씩 순서대로 읽게 하여 한 줄의 반 이상을 읽을 때의 시표 번호를 피검자의 시력으로 하였다. 한 줄의 반 이상을 읽지 못했을 때는 바로 윗 단계의 시표 번호를 그 눈의 시력으로 하였다. 숫자와 란돌트고리 시력을 모두 측정하였으며, 검사의 순서는 무작위로 하였다. VAA-2000 자가시력검사기는 원거리 검사를 선택하고 조이스틱(Fig. 1B)으로 란돌트고리의 터진 부분을 맞추도록 하여 2회 반복 측정하였다.

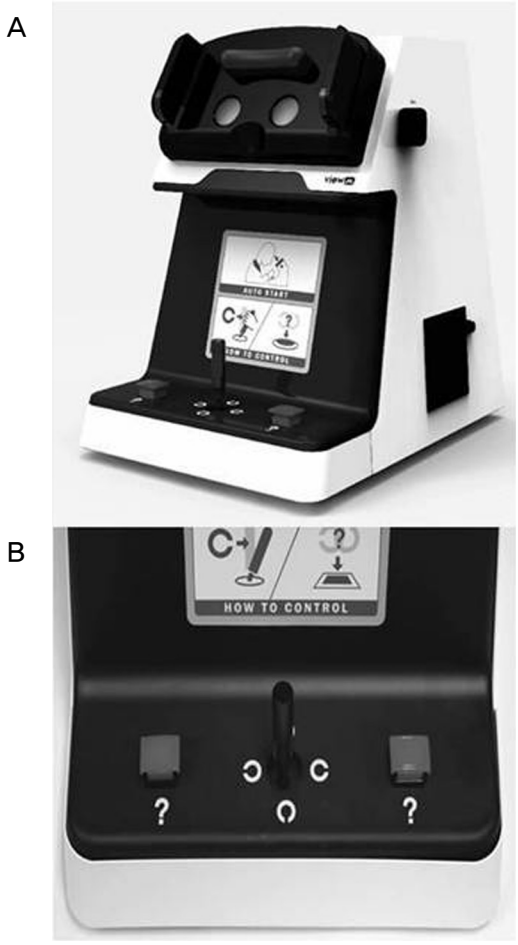


**Figure 1.** VAA-2000 Self Vision Tester. (A) Overall view. (B) Joy stick of the VAA-2000 Self Vision Tester.

통계분석은 MedCalc (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium)를 이용하여 VAA-2000 자가시력검사기를 사용하여 두 번 측정한 시력의 측정치 간의 재현성을 급내상관분석을 통해 분석하였다. 자가시력검사기로 측정한 시력과 한천석시시력표의 숫자와 란돌트고리로 측정한 시력 사이의 일치도는 Bland-Altman 플롯, Deming 상관분석 및 Pearson 상관분석을 사용하여 분석하였다. $p$<0.05인 경우를 통계학적으로 유의하게 의미있다고 하였다.

## 결 과

총 108명이 한천석시시력표의 숫자와 란돌트 고리, 그리고 VAA-2000 자가시력검사기로 측정한 우안 시력을 분석하였다. 우안의 평균 구면대응치는 -1.92 ± 3.85디옵터(+2.75~-16.00디옵터)였다. VAA-2000 자가시력검사기로 측정한 우안 평균 최대교정시력은 0.12 ± 0.17 logMAR (-0.3~0.5 logMAR), 한천석시시력표의 숫자로 측정한 우안 평균 최대교정시력은 0.08 ± 0.20 logMAR (-0.2~0.7 logMAR), 란돌트고리로 측정한 우안 평균 최대교정시력은 0.08 ± 0.30 logMAR (-0.2~0.8 logMAR)였다.

VAA-2000 자가시력검사기로 2회 반복 측정한 시력은 급내상관계수가 0.903 ($p$<0.001, 95% confidence interval: -0.02, -0.00)로 재현성이 매우 높았다. VAA-2000 자가시력검사기로 측정한 시력이 한천석시시력표의 숫자와 란돌트고리로 측정한 시력과 각각 Pearson 상관계수가 0.767 ($p$<0.001), 0.727 ($p$<0.001)로 강한 양적 상관관계를 보였다(Table 1).

Bland-Altman 플롯에서 VAA-2000 자가시력검사기로 두 번 측정한 시력의 측정치 간 재현성에서 뚜렷한 치우침(bias)은 보이지 않았다. VAA-2000 자가시력검사기로 측정한 시력과 한천석시시력표의 숫자나 란돌트고리로 측정한

**Table 1.** Test-retest agreement of initial and repeated measurements of the VAA-2000 Self Vision Tester, and between the Hahn's visual acuity number chart, Landolt Ring visual acuity chart and the VAA-2000 Self Vision Tester

| Model | Mean difference | 95% CI for the mean | SD differences | Correlation coefficient |
|---|---|---|---|---|
| Initial–Repeated VAA measurement (logMAR) | 0.12 | -0.02, -0.00 | 0.00 | 0.903 |
| Hahn number chart–Initial VAA measurement (logMAR) | -0.04 | -0.07, -0.02 | 0.03 | 0.770 |
| Landolt Ring–Initial VAA measurement (logMAR) | -0.07 | -0.12, -0.02 | 0.11 | 0.727 |

CI = confidence interval; SD = standard deviation.

시력 사이의 일치도에서도 각각 한 명과 두 명 외에는 뚜렷한 치우침(bias)은 관찰되지 않았다(Fig. 2). 치우침의 정도에 대해 Deming 상관분석을 시행하였고, 각각의 측정치 사이에 유의한 치우침이 관찰되지 않았다(Table 2).

## 고 찰

이 연구에서 VAA-2000 자가시력검사기를 이용하여 측정한 시력은 높은 재현성을 보였으며, 스넬렌시력표에 해당하는 기존의 한천석시시력표의 숫자 및 란돌트고리를 이용한 시력검사와의 일치도도 우수하였다.

기존에 발표된 자동시력검사 방법은 대부분 컴퓨터 기기와 모니터를 이용한 소프트웨어이고,[3-7] 컴퓨터 외 기기를 쓴 경우는 Canon CV-10 기계가 있다.[8] 시표로는 대부분 란돌트고리를 사용하였고,[3-7] 그 외 글자[6]나 숫자[7]를 사용하였으며, 비교한 대상은 Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study (ETDRS) chart나 Snellen chart 등이었다.[3-8] 이러한 여러 가지 연구의 결과는 시표와 비교대상, 통계 방법 등이 모두 상이하여 기존에 보고된 여러 방법의 결과를 직접 비교하기는 어려웠으나, 각각의 연구에서 모두 비교의 대상이 된 방법과 유의한 차이가 없어 실제 임상에 사용할 수 있다는 결론을 얻었다.[3-8]

란돌트고리는 1929년 국제안과학회에서 표준시표로 정하였는데,[9] 5 m 거리에서 1.5 mm의 간격은 1분의 시각에 해당하므로, 직경이 7.5 mm, 폭이 1.5 mm의 란돌트고리에 1.5 mm의 간격을 둔 것을 표준시표로 하여 5 m 거리에서 간격의 방향을 식별하는 시력을 1.0으로 규정하였다.[1,8,9] VAA-2000 자가시력검사기는 이 기준에 맞춰 5 m에서 1.5 mm의 터진 틈이 있는 란돌트고리를 보는 것을 1.0의 시력으로 규정하여 광학적으로 설계되었다. VAA-2000 자가시력검사기는 2015년 서울지방식품의약품안전청과 미국 식품의약품안전청(U.S. Food and Drug Administration, FDA)에 등록된 바 있다.

시력의 측정 결과에 영향을 주는 인자로는 시표의 인쇄 정도, 시력표의 휘도(luminance), 실내 조도, 동공 크기, 심리적 요인과 주의력 등이 관여한다.[1,9] 시력표의 종류에 따라 시표의 인쇄 정도, 시력표의 휘도, 실내 조도가 다를 수 있어 시력 측정에 영향을 미치나, VAA-2000 자가시력검사기의 경우 기계 내에서 일정한 시표 밝기 및 조도를 유지함으로써 이런 영향을 최소화할 수 있는 장점이 있다. 또한 검사자 없이 자가로 검사할 수 있어 대규모 선별검사 등에 활용할 수 있어 비용 효과적이다. 검사 시간의 경우, 한 환자에서 자가시력검사기로 양안을 모두 측정하는 데 대략 1-3분 정도 소요되었으나 피험자 간 편차가 컸으며, 반복 검사 시 시간이 줄어드는 경향을 보였다. 공간적인 측면에서는 기존의 시력표는 3 m 또는 5 m의 거리에서 측정해야 하므로 이에

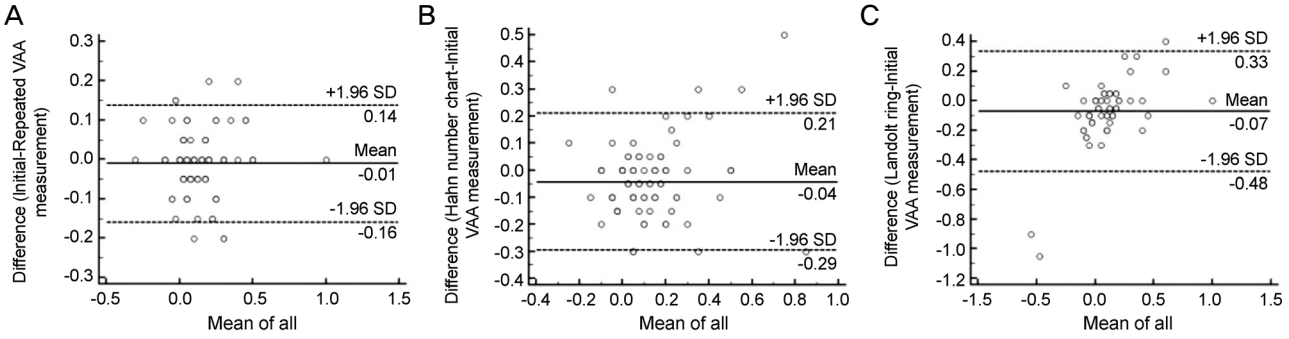


**Figure 2.** Test–retest variability represented as Bland–Altman plots. Upper and lower dotted lines show 95% limits of agreement with 95% confidence intervals. (A) Bland-Altman plots for comparison between initial and repeated tests (test-retest agreement) of the VAA-2000 Self Vision Tester. (B) Bland-Altman plots for comparison between visual acuities measured by the Hahn's number chart and the VAA-2000 Self Vision Tester. (C) Bland-Altman plots for comparison between visual acuities measured by the Landolt Ring visual acuity chart and the VAA-2000 Self Vision Tester. SD = standard deviation.

**Table 2.** Deming regression analysis for proportional and systematic bias between initial and repeated measurements of the VAA-2000 Self Vision Tester, and between the Hahn's visual acuity number chart, Landolt Ring visual acuity chart and VAA-2000 Self Vision Tester

| Model | Deming regression slope (SE) | 95% CI slope |
|---|---|---|
| Initial (y)–Repeated VAA measurement (x) (logMAR) | 0.99 (0.04) | 0.91, 1.09 |
| Hahn number chart (y)–Initial VAA measurement (x) (logMAR) | 1.16 (0.22) | 0.72, 1.61 |
| Landolt Ring (y)–Initial VAA measurement (x) (logMAR) | 1.67 (0.53) | 0.62, 2.72 |

SE = standard error; CI = confidence interval.

상응하는 공간을 점유할 수밖에 없으나, 자가시력검사기는 너비와 길이가 각각 1 m 이내의 공간에서 검사할 수 있으므로 공간 점유 면에서 시력표에 비해 효율적이다.

자가시력검사기의 단점으로는 첫째, 조이스틱을 쓰는 데 익숙하지 않은 사람에게는 검사가 어려울 수 있고, 특히 처음 사용하는 사람의 경우 조작에 미숙하여 혼자서 검사가 어려울 수 있다. 그러나 조이스틱이 좌우와 위아래 4곳만 조작하므로 난이도가 높지 않아 반복된 검사로 쉽게 적응할 수 있다. 실제로 기계 조작에 익숙하지 않은 노인들의 경우 첫 번째 검사에서는 사용방법을 가르쳐주었으나 두 번째 검사부터는 혼자서 어렵지 않게 시행하였으며, 만 50세 이하에서는 모두 추가적인 설명 없이 스스로 조작하여 검사가 가능하였다. 둘째, 정답을 25%의 확률로 우연히 맞출 가능성이 있어 시력이 과대평가될 가능성이 있으나 실제 결과에서는 그러한 경향이 관찰되지 않았다.

이 연구의 한계점으로는 첫째, 성인에서만 VAA-2000 자가시력검사기의 재현성과 유효성을 살펴본 것이어서 어린이에서 이 검사의 유용성을 확인하지 않았고, 둘째, 최대교정시력이 0.1 이상인 경우를 대상으로 하여 0.1에 미치지 못하는 시력의 경우 검증되지 않았다. 또한 눈떨림, 사시 등 안구운동장애가 있거나 색안경을 착용한 경우는 제외하여 이러한 경우에서도 추후 검증이 필요할 수 있다. 마지막으로, 이 연구에서 자가시력검사기의 시간효율성은 검증하지 못하였다. 기존 시력표와 비교한 자가시력검사기의 시간효율성은 모든 환자에서 한천석시시력표의 숫자, 란돌트고리, 그리고 VAA-2000 자가시력검사기를 각각 시행하는 데 걸리는 시간을 측정하여야 하나 이 연구에서는 시행하지 못하였다. 검사소요시간은 개인 간 편차가 크고 환자의 집중도와 반복검사 여부에 따른 차이가 크므로 보다 통제된 실험환경에서 추가적인 검증이 필요할 것으로 보인다. 다만, 자가시력검사기의 가장 큰 장점이 검사소요시간의 단축보다는 검사자 없이 혼자서 검사를 할 수 있다는 점이므로, 인력절감과 공간 효율 면에서 기존검사대비 비용효과적인 측면은 여전히 유효하며 대규모선별검사에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

결론으로 VAA-2000 자가시력검사기를 이용한 시력검사는 우수한 재현성을 보였으며, 기존의 한천석시시력표의 숫자 및 란돌트고리를 이용한 시력검사와의 일치도도 우수하여 임상에서 효율적으로 활용할 수 있다.

## REFERENCES


1) Yun DH, Rhee SW, Choi O. Ophthalmology, 6th ed. Seoul: Ilchokak, 2002; 61-2.
2) Bertuzzi F, Orsoni JG, Porta MR, et al. Sensitivity and specificity of a visual acuity screening protocol performed with the Lea Symbols 15-line folding distance chart in preschool children. Acta Ophthalmol Scand 2006;84:807-11.
3) Bach M. The Freiburg Visual Acuity test-Automatic measurement of visual acuity. Optom Vis Sci 1996;73:49-53.
4) Reading VM, Weale RA. Self-administered automatic sight-testing. A feasibility study. Doc Ophthalmol 1993;83:43-54.
5) Ruamviboonsuk P, Tiensuwan M, Kunawut C, Masayaanon P. Repeatability of an automated Landolt C test, compared with the early treatment of diabetic retinopathy study (ETDRS) chart testing. Am J Ophthalmol 2003;136:662-9.
6) Beck RW, Moke PS, Turpin AH, et al. A computerized method of visual acuity testing: adaptation of the early treatment of diabetic retinopathy study testing protocol. Am J Ophthalmol 2003;135:194-205.
7) Ma DJ, Yang HK, Hwang JM. Reliability and validity of an automated computerized visual acuity and stereoacuity test in children using an interactive video game. Am J Ophthalmol 2013;156:195-201. e1.
8) Gofin R, Falk M. Comparison of the automated vision screening test to the Snellen test. Public Health 1991;105:139-44.
9) Oum BS. Eye Exam, 3rd ed. Goyang: Naewae Haksool, 2013; 51-2.

= 국문초록 =

# VAA-2000 자가시력검사기의 재현성과 유효성

**목적:** VAA-2000 자가시력검사기의 재현성과 유효성에 대해 알아보고자 하였다.
**대상과 방법:** 2015년 3월부터 12월까지 분당서울대학교병원에 내원한 성인 중 한천석시시력표의 숫자와 란돌트고리, VAA-2000 자가시력검사기로 시력을 측정하여 모든 검사에서 최대교정시력이 0.1 이상인 108명 108안을 대상으로, 각 검사방법으로 측정한 시력을 비교하였다. VAA-2000 자가시력검사기로 시력을 2회 측정하여 급내상관분석으로 재현성을 보았고, 한천석시시력표의 숫자 및 란돌트고리를 이용한 시력과의 일치도를 Bland-Altman 플롯, Deming 상관분석, Pearson 상관분석으로 검증하였다.
**결과:** VAA-2000 자가시력검사기로 측정한 평균 최대교정시력은 0.12 ± 0.17 logMAR, 한천석시시력표의 숫자로 측정한 평균 최대교정시력은 0.08 ± 0.20 logMAR, 란돌트고리로 측정한 평균 최대교정시력은 0.08 ± 0.30 logMAR였다. VAA-2000 자가시력검사기로 반복 측정한 시력의 급내상관계수는 0.903 ($p$<0.001)이었고, 한천석시시력표의 숫자(r=0.767, $p$<0.001)와 란돌트고리(r=0.727, $p$<0.001)로 측정한 시력과 높은 상관관계를 보였다.
**결론:** VAA-2000 자가시력검사기를 이용한 시력검사는 우수한 재현성을 보였으며, 한천석시시력표의 숫자 및 란돌트고리를 이용한 시력검사와의 일치도도 우수하였다.
〈대한안과학회지 2017;58(2):203-207〉