

자동화된 객관적 시력검사 시스템에서 사용된 억제법의 유용성

김민섭¹ · 고명규² · 황정민¹ · 위원량¹ · 이진학¹

서울대학교 의과대학 안과학교실, 서울대학교병원 임상의학연구소¹, 한양대학교 의과대학 안과학교실²

목적: 본 연구에서는 머리에 착용하는 개인용 휴대 디스플레이(Head-mounted-display; HMD), 안진운동 측정프로그램, 안구감시장치 및 자극의 종류로서 억제법을 사용한 시스템을 개발하여 객관적 시력측정방법으로서의 유효성을 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 시자극 발생장치, 고해상도 HMD, 적외선 카메라를 사용한 영상분석장치 및 안구감시장치 등으로 구성되는 객관적 시력검사기구를 사용하고 안진이 유발되는 시점을 파악하는 유발법을 이용한 시력검사와 안진을 유발시킨 후에 억제되는 시점을 파악하는 억제법을 이용한 시력검사를 주관적 시력과 비교한다.

결과: 유발법과 억제법으로 측정된 객관적 시력의 최소자극에 해당하는 주관적 시력은 유발법에서 3:0.35~0.6 (이하 객관적 시력 시표: 주관적 시력), 7:0.05~0.25, 12:0.05 이하이며 억제법에서 1:0.6~1.0, 1.5:0.4~0.7, 3:0.15~0.4, 5:0.1~0.2로 억제법이 유발법에 비해 변별력이 더 높게 나타났다.

결론: 억제법을 적용한 객관적 시력검사 시스템은 기존의 유발법보다 시력의 단계를 더 세분화 할 수 있어 객관적 시력을 평가함에 있어 보다 변별력 있는 유용한 검사방법이다.

〈한안지 49(7):1127-1134, 2008〉

시력측정의 방법은 주관적 방법과 객관적 방법이 있는데, 현재 임상에서 쓰이고 있는 시력 측정방법은 대부분 주관적 방법이며, 이 방법은 피검자가 읽고 표현하려는 의지가 반드시 필요하기 때문에 협조가 잘 되는 정상 범위의 피검자를 대상으로 가능한 방법이다. 하지만, 협조가 잘 안 되는 영아, 소아의 경우나 자신의 이익을 위해서 거짓말하는 자, 정신질환이 있는 환자 등에서는 이런 주관적 방법으로 시력을 측정하는 것이 불가능하다.¹ 이러한 다양한 경우에 보다 믿을 수 있는 객관적인 근거에 의해 시력을 측정하는 방법이 많이 요구되고 있지만 현재까지의 이러한 필요성에도 불구하고 객관적으로 시력을 측정하고 세분화 할 수 있는 검사방법은 뚜렷한 연구성과를 보이지 않고 있었다.

과거의 연구에서 본 저자는 안구운동안진을 유발시키는 컴퓨터 프로그램과 디스플레이를 위한 머리에 착용하는 개인용 휴대 디스플레이(Head-mounted-display; HMD)와 안구운동검사가 및 분석기로 구성

된 새로운 개념의 객관적 시력검사법을 개발하였다.^{1,2} 임상연구를 통한 결과에서 객관적 시력은 주관적 시력과 높은 연관성을 지녔으며 실제로 응용할 수 있다는 가능성을 보여주었다.^{1,2} 그러나, 주관적 시력이 낮은 경우보다 주관적 시력이 비교적 높은 0.1 이상의 경우에는 시력을 미세하게 구분하기에는 변별력이 떨어지는 단점이 있었다. 이러한 원인을 분석해 보면 기계적인 원인으로서는 자극을 주면서 피검자가 이 자극을 인지하는 순간 안구운동이 유발되는 시점의 자극의 크기를 찾아내어 시력을 검사하는 방법인 유발법에서는 미세하게 유발자극의 크기를 변화시키면서 이 자극의 모양을 모니터상에 선명하게 나타내 주어야 보다 정확한 검사가 가능해진다. 하지만 모니터 혹은 HMD의 해상도가 높지 않은 상황에서는 자극자체를 표현하기가 기술적으로 어렵기 때문에 시력의 단계별 구분이 힘들게 될 수 있다.

이번 연구에서는 기존의 객관적 시력검사 시스템에서 기본 요소 중 하나인 안진운동을 일으키는 자극을 기존의 방법에서 바꾸어 시력을 더 미세하게 구분할 수 있는 새로운 자극을 개발하는 연구를 시도하고자 하였다.

안구운동안진 자극을 이용한 객관적 시력검사에는 억제법과 유발법이 있는데 유발법은 유발자극을 변화시켜 실제로 시운동안진의 유발을 일으키는 최소자극을 찾아내는 것이다. 이와는 반대인 억제법은 일정한 유발

〈접수일 : 2007년 5월 22일, 심사통과일 : 2008년 4월 15일〉

통신저자 : 이진학

서울시 종로구 연건동 28

서울대학교병원 안과

Tel: 02-760-2438, Fax: 02-741-3187

E-mail: jhlee@snu.ac.kr

자극을 주고 단계적인 억제자극을 주어 안구운동이 멈추는 방법을 검사하는 것이다.³ 과거 연구에서는 유발법^{1,2}을 사용하였는데 유발법에서는 실제 검사를 적용함에 있어서 모니터나 HMD에 표현되는 자극의 모양이나 크기 자체를 변화시켜야 하기 때문에 자극 자체를 만들기가 어렵다. 또한 유발법은 미세하게 크기가 변화되는 유발자극에 대해 안진반응이 나타나는 시점을 파악하는 방법인데 피검자의 유발자극에 대한 반응 즉, 안진의 파형이 수시로 변하기 때문에 불확실하게 나타나는 안진반응의 경우에는 안구운동의 포지티브 판정을 함에 있어서 객관적인 기준만으로는 어렵고 검사자의 기술적인 어려움이 발생할 수 있다.

이번 연구에서는 객관적 시력검사 시스템에서 시력 검사로서의 변별력을 높이고 임상적으로 유용한 새로운 방법을 시도하기 위해 억제법을 개발하여 적용하였으며 억제법을 기존의 유발법과 함께 검사해보고 그 결과를 비교분석하여 억제법을 사용한 객관적 시력검사 시스템의 유용성을 알아보려고 하였다.

대상과 방법

굴절이상 이외의 다른 안과적 질환이 없는 82인 132안의 지원자를 대상으로 하였다. 뇌질환, 뇌성마비 등이 있거나 병력이 있는 경우, 안구운동에 장애가 있거나 병력이 있는 경우, 사시수술을 받았던 경우, 나이가 15세 미만으로 자각적 시력측정에서 협조도가 떨어지는 경우 등은 제외되었다. 대상안은 남자 67인 여자 65인이었고 나이는 14세에서 52세였다. 대상안에게 구면렌즈를 이용하여 0.5디옵터 단위로 저교정 및 완전교정하여 시력을 단계별로 구분하였다.

대상안의 굴절력은 정시안에서 -10디옵터를 가진 근시안이었으며 -0.5디옵터부터 -10디옵터까지 0.5디옵터 차이의 렌즈들을 사용하여 교정하면서 여러 차례 반복 검사를 하여 주관적 시력을 먼저 검사하고 본 시스템을 사용하여 객관적 시력을 검사하였다.



Figure 1. Head fixation device attached to head-mounted-display and CCD camera.

주관적 시력검사는 프로젝션 란돌트 C차트, Feinbloom 시력표 및 한천석시력판으로 검사하였고 시력 차이가 있을 때는 0.1 이상의 시력이면 프로젝션 란돌트 C차트로, 0.05 이하의 시력은 Feinbloom 시력표를 기준으로 하였다.

객관적 시력검사 환경은 안구 영상을 획득하기 위한 기본적인 하드웨어로 연속적인 자극으로 표현되는 시 자극 조절장치 및 시자극발생장치(Client)와 미세한 자극을 표현할 수 있는 고해상도 Head mounted display (PC Glasstron PLM-700S, Sony, Japan)와 적외선 카메라를 통해 들어오는 시자극에 대한 안구반응을 실시간으로 분석하는 영상분석장치(Server) 및 안구감시장치를 위해 모듈형 CCD카메라가 부착된 머리고정틀(Fig. 1) 등으로 구성되는 객관적 시력검사 시스템을 개발하여 사용하였다(Fig. 2).

검사유발프로그램으로서는 자극을 주면서 피검자가 이 자극을 보고 인지하는 순간 안구운동이 유발되는데 이 안진이 시작하는 시점의 유발자극의 크기를 알아내어 시력을 검사하는 방법인 기존의 유발법(induction method)(Fig. 3)을 사용하여 객관적 시력검사를 한다.

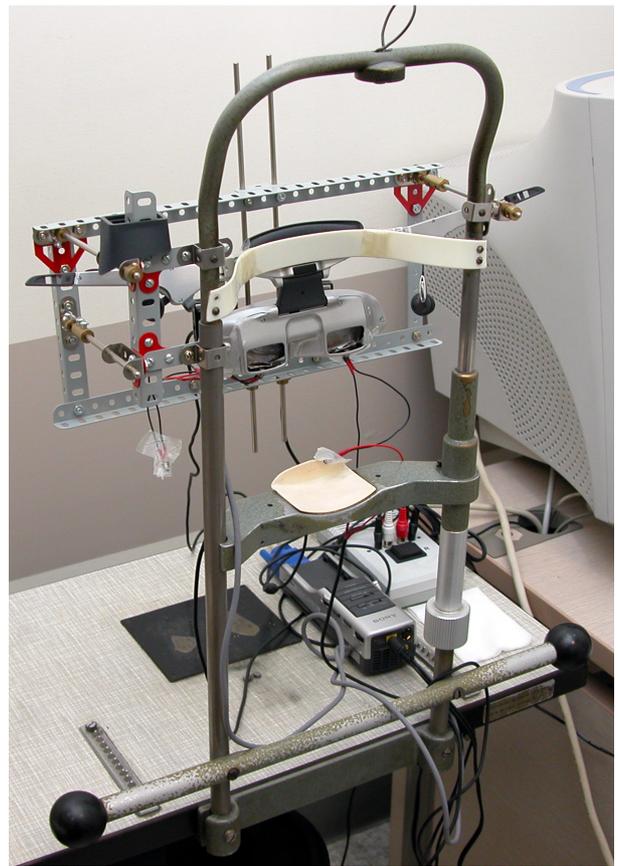


Figure 2. The whole elements of objective visual acuity test system.



Figure 3. Stimulation stripe pattern in induction method.

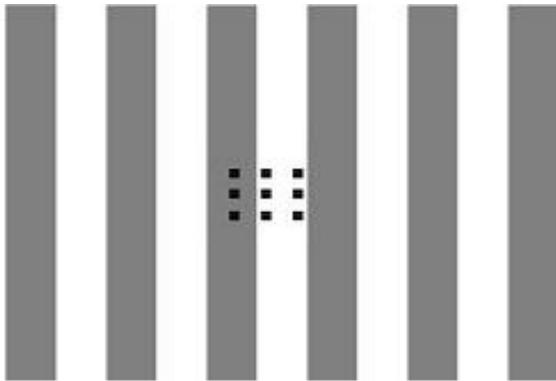


Figure 4. Central suppression pattern on stimulation stripes in suppression method.

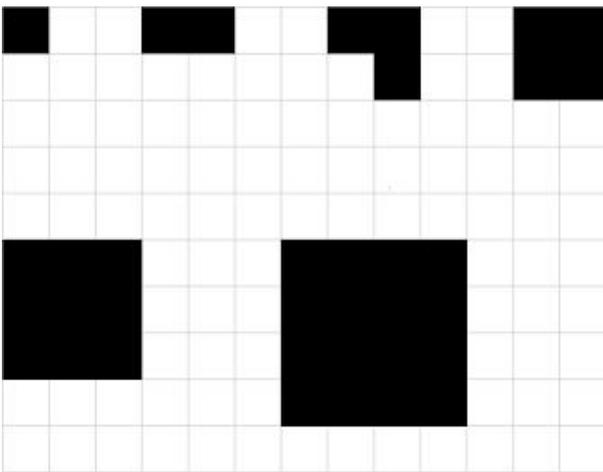


Figure 5. Relative size of central suppression pattern in suppression method.

그리고 나서, 바탕화면에 매우 큰 움직이는 유발자극을 주어 일단 안진을 유발시킨 후에 바탕화면 중앙부에 겹쳐지는 움직이지 않는 새로운 자극을 주고 이 크기를 변화시켜서 피검자가 고정된 자극 즉, 억제자극을 보고 인지하는 순간에는 안구운동이 멈추게 되므로 이 안구운동을 억제시키는 억제자극의 크기를 알아내어 시

력을 검사하는 방법인 억제법(suppression method)(Fig. 4)을 새로 개발하여 객관적 시력검사를 한다. 억제자극은 Visual C 언어로 만들었고 정사각형의 픽셀을 한 단위로 하여 픽셀을 하나씩 붙여서 처음자극, 둘째자극, 셋째자극을 만들고 넷째자극부터 그 이상의 큰 자극은 정사각형모양으로 만들었다(Fig. 5).

실제로 검사하는 환경을 유발법과 억제법으로 구분하여 설명하면 다음과 같다.

유발법은 시운동안진을 유발하는 Figure 3과 같은 줄무늬가 시각 3도에 해당하는 3번 시표부터 시각이 20도에 해당하는 20번 시표까지 총 10개의 시표가 순차적으로 우측에서 좌측으로 초당 10도의 속도 움직이면서 나타난다. 처음에 작은 자극인 3번시표가 나타나 우측에서 좌측으로 움직이다가 잠시후에 조금 더 큰 시표가 나타나 보여지고 또 다음자극이 나타나는 방법으로 검사가 진행된다. 따라서 점점 넓이가 넓어지는 움직이는 유발자극을 10초 동안 HMD상에 보여준다. 이 HMD를 쓰고 보는 피검자는 자극을 느끼게 되면 안구운동이 자극의 방향으로 나타나게 된다. 안구운동안진은 불수의적인 반응이라서 피검자가 자극을 인지하게 되는 순간이면 본인의 의지와 관계없이 일단 안진이 유발되므로 객관적 검사로서의 의미를 지니게 된다. 시력은 시각을 나타내므로 시력이 좋은 경우는 작은 시표에서도 안진이 유발되고 시력이 나쁜 사람은 시각이 큰 시표를 보여주어야 안진이 유발된다. 따라서 이러한 방법으로 작은 시표부터 큰 시표를 순서대로 계속 보여주어서 안진이 나타나는 최소 시표를 알아내어 시력을 검사한다. 안진이 불완전하게 나타나면 판정이 어려울 수 있게 되므로 전체 검사에서 2회 이상의 시운동안진이 유발되는 시표를 시력을 판정하기 위한 최소자극으로 인정한다.

억제법은 가능한 충분한 자극으로 안진이 유발된 상황에서 추가로 고정된 자극을 주어 이 고정된 자극을 보는 순간에 안진이 억제되는 방법으로 개발되었다.

먼저 기본적인 안진을 유발시키기 위해 시력이 0.05 이상인 사람에게서는 모두 시운동안진이 일어날 수 있는 큰 시각자극인 20도의 시각을 가진 줄무늬를 만들었다. 이 줄무늬의 형태는 기존 유발법과 같다(Fig. 3). 이 바탕자극을 오른쪽에서 왼쪽으로 초당 10도의 속도로 움직이는 화면을 보여주어 0.05 이상의 시력이라면 피검자는 바탕자극을 보면서 안진이 유발된다. 움직이고 있는 바탕자극 화면의 중앙에 움직이지 않는 고정된 자극이 겹쳐서 나타나는데 피검자는 이 고정된 자극을 보고 주시하게 되면 안진이 순간적으로 멈추게 된다. 즉 안진이 억제되는 것으로 이 과정은 본인의 의지와 관계없이 주시가 이루어지므로 객관적 검사로서의 의미

를 지니게 된다. 바탕화면에 겹쳐지는 중앙의 고정된 자극 즉 억제자극의 크기는 시각이 1도에 해당하는 시표부터 12도에 해당하는 시표까지 총 12단계의 시표를 만들었고(Fig. 5) 이 고정된 자극을 안진을 이미 유발시키고 있는 바탕자극의 중간에 겹쳐지는 형태로 시표를 크기순서대로 보여줌으로써 안진이 억제되는 가장 작은 시표를 알아내어 이것을 시력을 판정하기 위한 최소자극으로 인정한다.

객관적 시력측정은 대상인에게 한쪽 눈을 가리고 각 대상안에서 3회 반복측정하였으며 안진유무 판정의 결과가 달라질 때에는 다시 한번 더 측정하여 동일한 결과를 얻을 때까지 반복하여 신뢰성을 높이고자 하였다.

이러한 방법으로 동일인에서 주관적 시력을 검사하고 나서 유발법과 억제법을 사용하여 객관적 시력검사를 하였고 그 결과를 비교분석하였다.

통계방법은 객관적 시력과 주관적 시력을 비교하여 구분이 가능한지 알아보는 데에는 분산분석(ANOVA)를 사용하여 95% 신뢰구간에서 구하였으며, 객관적 시력과 주관적 시력의 상관계수를 알아보기 위하여 Pearson correlation을 사용하였다($p < 0.05$).

결 과

억제법에 의한 객관적 시력과 주관적 시력을 비교하면 95% 신뢰구간을 구하였을 때 객관적 시력 검사의 시표 1에 해당하는 주관적 시력의 대응치를 알아보면 시력이 0.6~1.0으로 구분할 수 있으며, 시표 1에서 2

에 해당하는 군에서는 시력이 0.4~0.7로, 시표 3에 해당하는 군은 0.15~0.3으로, 시표 5에 해당하는 군은 0.1~0.2로 시력을 구분할 수 있었다(Fig. 6).

억제법에서 객관적 시력과 logMAR로 치환한 주관적 시력과의 연관성을 알아보면 주관적 시력 = $-0.0732x$ 객관적 시력 + 0.5523 ($R_2 = 0.2656$, $p < 0.05$)로 나타나 주관적 시력은 객관적 시력과 유의한 연관성이 있었다(Fig. 7). 유발법에 의한 객관적 시력과 주관적 시력을 비교하면 95% 신뢰구간을 구하였을 때 객관적 시력 3시표에 해당하는 시력은 0.35-0.6으로 구분할 수 있었으며, 시표 7에 해당하는 0.05-0.25로, 시표 12에 해당하는 객관적 시력은 주관적 시력 0.05로 구분할 수 있었다(Fig. 8).

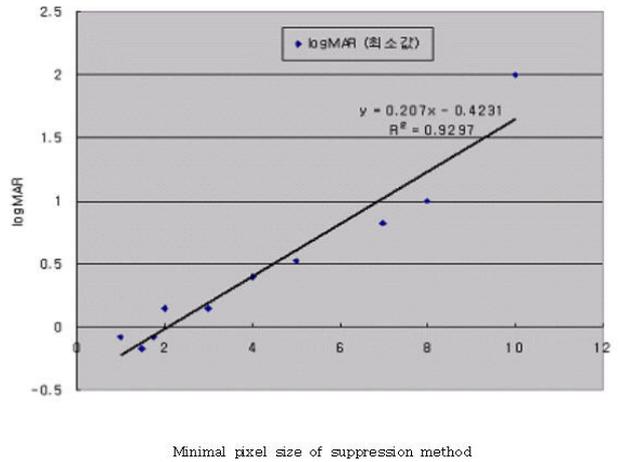


Figure 7. The correlation of objective visual acuity and subjective visual acuity in suppression method.

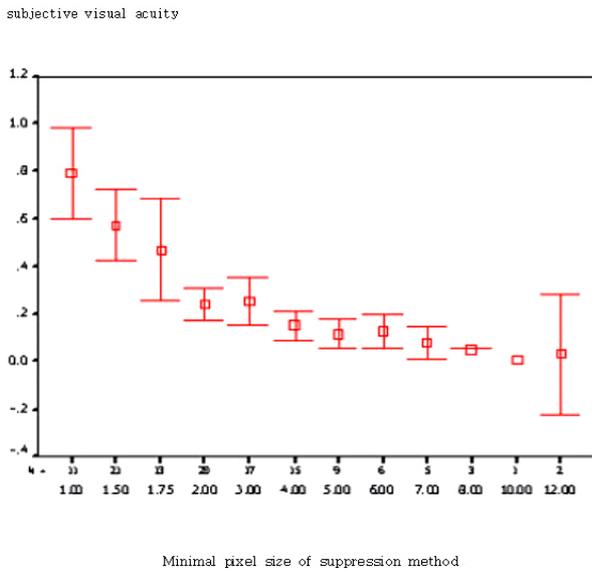


Figure 6. The objective visual acuity (horizontal) versus subjective visual acuity (vertical) in suppression method.

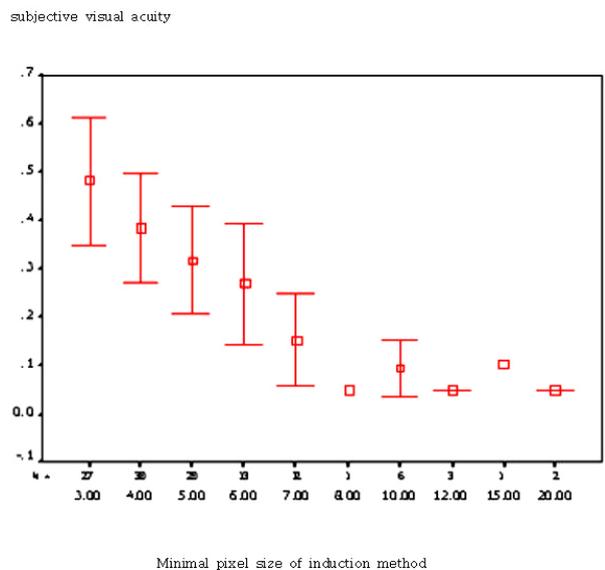


Figure 8. The objective visual acuity (horizontal) versus subjective visual acuity (vertical) in induction method.

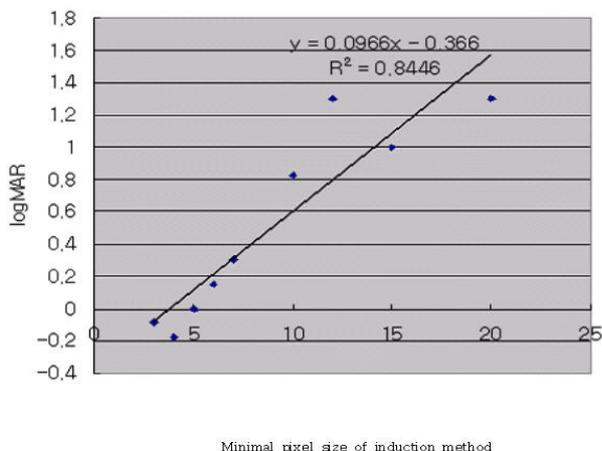


Figure 9. The correlation of objective visual acuity and subjective visual acuity in induction method.

유발법에서 객관적 시력과 logMAR로 치환한 주관적 시력과의 연관성을 알아보면 주관적 시력 = $-0.0376x$ 객관적 시력 + 0.5247 ($R_2=0.1212$, $p<0.05$)로 유의한 연관성이 있었다(Fig. 9).

유발법과 억제법에서 주관적 시력에 대한 객관적 시력의 비교에서 상관관계(변이계수)가 억제법에서 0.654, 유발법에서 0.383으로 나타났다(Pearson correlation, Table 1).

이상의 결과를 통해 억제법을 사용한 객관적 시력검사 시스템에서는 각 시표 단계를 이용하여 주관적 시력 0.6~1.0, 0.4~0.7, 0.15~0.3, 0.1~0.2 등에 해당하는 시력의 단계를 구할 수 있었으므로 시력을 더 자세히 구분할 수 있었다. 따라서 억제법을 사용함에 따라 시력이 0.1 이상인 범위에서 몇 단계로 피검자의 시력을 구분할 수 있어 실제 생활할 수 있는 시력수준의 측정에서 기존의 유발법에 비해 더욱 변별력 있는 결과를 보였다.

고 찰

객관적 시력을 측정하기 위해 사용되는 반응에는 대표적으로 시각유발전위(visual evoked potential, VEP), 시운동안진(optokinetic nystagmus, OKN), 안구선호도검사(preferential looking technique) 등을 들 수 있다. 이러한 객관적 시력을 검사하는 여러 자극 중에서 시운동안진이란 시야를 가로질러 움직이는 반복적인 시표에 의해 움직이는 일련의 안구운동으로 눈이 반복되는 시표 하나를 따라보다가(slow phase) 다음 시표가 나타나면 무의식적으로 그 시표를 보기 위해 눈이 처음의 위치로 되돌아가는(fast phase) 두 가지의 성분으로 되어 있으며 이중 따라보는 반응은 시표

Table 1. Correlation Analysis of objective visual acuity versus subjective visual acuity in induction method and suppression method

Subjective VA*	Objective VAIM†	Objective VASM‡
Pearson Correlation	0.383	0.654
P value (sig. 2-tailed)	$p<0.05$	$p<0.05$
Number	145	141

* Visual acuity: † Visual acuity of induction method; ‡ Visual acuity of suppression method.

의 움직임을 감지 할 수 있는 시력이 있어야 가능하게 되기 때문에 시력검사로써의 가능성이 제시되고 시표의 굵기를 변화시키면 시력의 정도를 추정할 수 있어서 다른 자극에 비해서 보다 많은 연구가 있었다.⁴

국내에서도 여러 가지 굵기의 흑선을 세로로 그린 백지를 모터를 회전시켜 발생하는 시운동안진의 반응여부를 관찰하여 시력을 측정된 결과 각각적 및 타각적 시력 사이에는 고도의 유의한 상관관계가 있으며(상관계수 : 0.96) 이러한 방법으로 시력을 측정할 수 있다는 것을 밝힌 바 있다.³ 이것이 현재까지 국내 연구의 시초이며 이후로 더 발전된 연구는 전혀 없는 실정이다.

시운동안진을 이용한 시력의 타각적 측정법은 Goldmann⁵이 시초이며 그는 사각형의 여러 문형(checker board)을 좌우로 진동시켜 일어나는 최장 거리에 의하여 시력을 산출하였다. 이 방법은 비교적 정확한 결과를 얻을 수 있다고 평가되었으나 기술적으로 어려운 점이 많고 또 재현성이 희박했다. Schwarting⁶은 음악에 사용하는 박자기에 여러 가지 굵기의 줄을 달아 눈의 왕복운동을 일으키는 가장 가는 줄의 굵기에 의하여 시력을 측정하였다. Gunther⁷는 Goldmann과 비슷한 시표를 사용하여 이를 좌우로 회전하여 시운동안진을 일으키는 장치를 고안하였는데, 이 장치에는 시표의 사각형의 크기와 측정거리를 모두 변화하게 만들었다. 그 외에 여러 가지 변형이 출현하였는데, Voipio⁸의 방법이 가장 정확하게 최소분리치(minimum separable)를 측정할 수 있고 스넬렌 시표를 측정한 주관적 시력과 상당히 긴밀한 상관관계가 있다고 하였다.

Dayton et al⁹은 시운동안진 줄무늬의 폭에 상응하는 시각(visual angle)과 스넬렌 시력와의 관계식을 이용하여 신생아의 객관적 시력을 측정하였는데 줄무늬 시표를 신생아의 머리 위에(Plexiglas canopy) 설치하고 여기에 시표의 두께를 달리하여 눈전위도(EOG)로 시운동안진을 측정하여 신생아의 시력이 스넬렌 시력(주관적 시력)로 최소한 20/150 이상 된다고 하여

객관적 시력측정으로 신생아의 시력을 측정했다. Catford and Oliver¹⁰는 시력 안진 원통(visual acuity nystagmus drum apparatus) 등을 고안하여 성인과 소아에서 타각적 시력을 측정하여 주관적 시력인 스넬렌 시력 와 비교해서 높은 상관관계가 있는 것을 보였다. Weder and Wiegand¹¹은 앞에서 언급한 Gunther의 원리를 이용하여 프로젝터(Leitz projector)와 부속 기기 들을 고안하여 시운동안진을 이용한 시력을 측정하였을 때 주관적 시력과의 잘 부합됨을(상관계수: 0.98)을 밝혔다.

위에 열거한 시운동안진 유발의 기초적인 조건에 관한 연구와 아울러 시운동안진의 유발장치 및 눈전위도의 분석에 관한 연구도 진행되고 있는데 Assaf¹⁷는 운동안진유발 줄무늬를 컴퓨터 모니터에 투영할 할 수 있는 프로그램을 개발하여 기존의 시운동안진 원통(drum)이나 띠(tape)로 유발된 시운동안진의 형태와 비교했을 때 큰 차이가 없음이 관찰하여 컴퓨터 모니터로 시운동안진 유발 줄무늬를 투영할 수 있는 가능성을 보여 주었다.^{12,13}

Pfirsching et al은 컴퓨터를 이용하여 띠(stripes)의 폭과 진행속도를 변화시킬 수 있는 시운동안진유발 줄무늬를 모니터에서 투영하고 눈전위도는 다른 컴퓨터와 연결해서 시운동안진 파형을 저장하고 분석할 수 있는 장치를 고안해서 객관적 시력측정을 시도하였다.¹⁴

상기한 여러 연구자의 방법은 객관적 시력검사가 필요하다는 대 전제하에 시력을 객관적으로 검사하는 방법을 소개한 정도에 그치고 있는 것이 대부분이고 시력을 객관적으로 측정하는데 있어 실제적으로 시력을 단계별로 세분화하는 정도에는 미치지 못하고 있다. 이렇게 만족스럽지 못했던 원인으로서는 여러 가지 고려할 점들이 있다고 생각되는데 먼저 시력의 정확한 단계를 알아내기 위해서는 자극의 크기, 속도, 방향등을 균등하게 하여야 하는데 이를 실현하는데 어려움이 있고 시운동안진에 영향을 미치는 기타 외부자극을 차단하기가 쉽지 않다는 점이 문제였으며 자극에 대한 반응을 객관적으로 정확하게 판정하기 어렵다는 이유를 들 수가 있겠다.

1994년부터 발표된 Graf and Kaufmann에 의한 연구에서 바탕화면에 움직이는 일정한 자극을 주고 화면의 중간부에 2초 간격으로 자극을 주어 시운동안진이 억제되는 억제법을 사용하여 몇 차례 발표하였는데 기존의 연구와는 한 차원 다른 개념의 시스템이다.¹⁵ 이것은 기존 연구에서 활발하지 못하였던 억제법을 사용하였으며 컴퓨터시스템과 적외선 안진도(infrared nystagmogram)을 결합시켜 보다 객관적이면서도 많은 부분이 전산화된 연구이다. 현재까지의 객관적 시

력검사를 표방한 연구 중에서 가장 실제 사용가능한 연구인 것으로 생각된다.

과거의 연구로서 동일인에서 시력을 저하된 상태의 모의 실험을 위하여 Bangarter foil을 이용한 객관적 시력과 주관적 시력의 연관성 분석에 관한 연구는 서한 시력검사로 측정된 객관적 시력이 실제 환자의 시력과 높은 연관성을 가지고 있음을 보여주었다.¹ 이 연구에서 Bangarter foil을 사용한 이유는 얇은 막(Foil)을 이용하면 피검자의 시력을 원하는 범위로 저하시킬 수 있으므로 기존의 연구에서 시력의 분별이 용이하지 않았던 0.1 이상의 시력 군에 대한 평가를 집중적으로 하고자 함이었다. 그러나 실제 임상에서 검사를 시행하는 경우 대비감도의 저하 등 고전적인 개념의 시력으로는 평가하기 어려운 변수들이 작용하는 것으로 판단되어 이 후의 검사에서는 검안용 렌즈를 이용하여 피검자의 굴절이상을 저교정 및 완전교정하여 굴절이상을 모의 실험을 시행하여 검사를 시행하였다.

시운동안진반응을 이용한 객관적 시력의 평가는 다음과 같은 두 가지 방법으로 할 수 있다.^{1-3,9,12} 유발법은 줄무늬자극의 크기를 바꾸어 가며 피검자의 시운동안진반응을 평가하여 시운동안진을 일으키는 가장 작은 줄무늬자극의 크기를 객관적 시력으로 하는 것이고 억제법은 충분히 큰 크기의 줄무늬자극을 주어 피검자에게 시운동안진반응을 일으키고 중심시야에 여러 가지 크기의 주시자극을 주어 피검자가 주시자극을 주시함으로써 시운동안진반응이 억제되는 것을 관찰하고, 시운동안진반응을 억제할 수 있는 가장 작은 주시자극의 크기를 객관적 시력으로 하는 것이다.

기존의 다른 논문에서는 유발법이 시력측정에 더욱 유용하다고 지적되었다.^{16,17} 자극의 크기를 변화시킬 때 피검자가 정말 볼 수 있는 경우 즉, 눈의 추적 운동이 유발될 수 있는 시력을 가지고 있을 때에 안구운동이 시작되기 때문에 최소자극을 알면 그 이상의 시력을 추정할 수 있게 된다. 이러한 이유로 최대시력을 판단할 수 있는 유발법이 유용하다고 생각되었다. 하지만 자극 자체를 변화시켜야 하며 이를 판정하기가 어려우므로 기술적인 어려움이 크다고 할 수 있다.

억제법은 일정한 유발자극을 주고 간간히 정지자극을 변화시켜 그것을 감지하면 시자극이 멈춘다. 따라서 항상 같은 유발자극을 주게 되므로 기술적으로 간단하며 이러한 유발자극은 동일 피검자내에서는 같은 안진이 나타나므로 안진이 없어지는 순간을 포착하면 되므로 안진의 판정이 쉽다는 가장 큰 장점이 있다. 하지만 피검자의 협조가 유발법보다는 더 어려워지는 단점이 있고 피검자가 간헐적인 억제자극을 보지 않는다면 검사의 신뢰성에 문제가 있게 된다.

본 연구에서는 억제법을 개발하고 적용시켜 기존의 유발법의 한계를 벗어나려 하였다. 또한 자동화된 객관적 시력검사의 구성요소를 보완하여 더욱 향상된 시스템으로 발전시키고자 하였다. 안구감시장치와 비디오 안구운동 분석프로그램을 추가하였고 고해상도 HMD를 사용하였다. 본 검사에서는 억제법의 단점인 피검자의 의식적인 노력이 필요하다는 점을 해결하기 위하여 모든 검사환경을 전산화 프로세싱하였고 CCD 카메라를 사용하여 동공의 방향을 실시간으로 감시할 수 있는 환경을 갖추어 놓고 시행하였다. 이렇게 함으로서 억제법의 개발과 검사환경의 개선으로 과거의 객관적 시력검사 시스템이 해결해야 할 점의 하나인 주관적 시력 0.1 부터 1.0 사이에 구별이 확실하지 않은 단점이 보완되었다. 특히, 억제법을 사용함에 따라 시력이 0.1 이상인 범위에서도 0.15~0.2, 0.4, 0.6~0.7 등으로 피검자의 시력을 분별할 수 있어 실제 생활할 수 있는 시력수준의 측정에 기존의 유발법에 비해 더욱 변별력 있는 구분이 가능한 것으로 나타났다. 따라서, 이번 연구를 통해 본 객관적 검사시스템에 사용할 유발자극으로서 억제법이 보다 나은 시력측정 요소라는 것을 알게 되었고 이를 통해 더욱 변별력 높은 객관적 시력측정 시스템을 갖출 수 있는 기반을 마련하게 되었다.

본 저자는 기존의 언어적 반응(verbal response)에 의존하는 고정된 시력측정만이 오랫동안 사용되면서 비언어적 반응을 사용하는 객관적 시력의 측정은 개발될 기회를 갖지 못했다고 생각하며 이번 연구를 통해서 다양한 실제 생활환경에서 객관적 시력을 기준으로 하는 새로운 측정방법의 필요성에 대하여 보다 많은 관심과 연구가 필요하다고 생각한다.

참고문헌

- 1) Kim M, Choi YS, Lu WN, et al. The development of an objective test for visual acuity assessment using optokinetic nystagmus stimuli presented head-mounted display: Seohan objective visual acuity test. J Korean Ophthalmol Soc 2000;41:871-8.
- 2) Kim MS, Lee IB, Hwang JM, et al. Method for objective

- visual acuity test. Annual meeting of ASCRS, U S A 2000;20-4.
- 3) Shin TY. Objective determination of visual acuity using optokinetic nystagmus. J Korean Ophthalmol Soc 1964;5:19-25.
- 4) von Noorden GK. Binocular vision & ocular motility, 5th ed. St Louis: Mosby, 1995;155-8.
- 5) Goldmann H. Observations on objective determination of distance vision. Klin Monatsblätter Augenheilkd Augenarztl Fortbild 1950;117:570-3.
- 6) Schwarting BH. Testing infants' vision; an apparatus for estimating the visual acuity of infants and young children. Am J Ophthalmol 1954;38:714-5.
- 7) Gunther G, Noteboom E, Plotz C. Objective determination of visual acuity. Albrecht Von Graefes Arch Ophthalmol 1957;159:180-90.
- 8) Voipio H. The objective measurement of visual acuity. Acta Ophthalmol 1961;66:S1-70.
- 9) Dayton GO Jr, Jones MH, Aiu P, et al. Developmental study of coordinated eye movements in the human infant. Arch Ophthalmol 1964;71:865-70.
- 10) Catford GV, Oliver A. Development of visual acuity. Arch Dis Child 1973;48:47-50.
- 11) Weder W, Wiegand H. Determination of visual acuity using optokinetic nystagmus. A newly developed instrument based on Günther's principle. Klin Monatsbl Ausenheilkd 1987;191:149-55.
- 12) Nakamura T, Kato I, Kanayama R, Koike Y. Computer analysis of optokinetic nystagmus for clinical usefulness. Auris Nasus Larynx 1986;13:S97-103.
- 13) Assaf AA. Optokinetic nystagmus testing using personal computers. Optom Vis Sci 1991;68:972-5.
- 14) Pfirsching HP, Frisch N, Wiegand W. Computer-assisted provocation and detection of optokinetic nystagmus. Ophthalmologie 1994;91:91-4.
- 15) Gräf M, Kaufmann H. Clinical application of a new method for the objective estimation of minimal visual acuity. Klin Monatsbl Augenheilkd 1999;214:395-400.
- 16) Ter Braak, Van Vlieta. Subcortical optokinetic nystagmus in the monkey. Psychiatr Neurol Neurochir 1963;66:277-83.
- 17) Aylward GP, Lazzara A, Meyer J. Behavioral and neurologic characteristics of a hydrancephalic infant. Dev Med Child Neurol 1978;20:211-7.

=ABSTRACT=

Usefulness of Computerized Objective Visual Acuity Test System Using Suppression Method

**Minseop Kim, M.D.¹, Myung-Kyoo Ko, M.D.², Jeong-Min Hwang, M.D.¹,
Won-Ryang Wee, M.D.¹, Jin-Hak Lee, M.D.¹**

Department of Ophthalmology, Seoul National University College of Medicine¹, Seoul, Korea

Department of Ophthalmology, Hanyang University College of Medicine², Seoul, Korea

Purpose: The objective visual acuity test is mandatory in certain cases, such as infants, nonverbal subjects, and subjects who need legal assistance. We designed an objective system for visual acuity test (SOVAT) consisting of three components: stimuli applied via a suppression method, display and evaluation and made a suppression method as stimuli component for SOVAT. Usefulness of the SOVAT was evaluated.

Methods: The visual stimuli were presented on a high-resolution head-mounted display (HMD). An eye movement tracking program and gaze monitoring device allowed us to monitor the patient's fixation status during the test. The suppression method, in addition to a conventional induction method, was developed to use with the SOVAT and its accuracy and confidence level were evaluated.

Results: On the basis of clinical data, we present the reference values for the SOVAT as below. For the induction method, objective visual acuity (smallest pixel size), the presumed subjective visual acuity was 3: 0.35-0.6, 7: 0.05-0.25, 12: below 0.05 and for the suppression method it was 1: 0.6-1.0, 1.5: 0.4-0.7, 3: 0.15-0.4, 5: 0.1-0.2.

Conclusions: SOVAT using this suppression method to assess objective visual acuity proved to be more useful than that with a conventional induction method, especially in the range of high visual acuity.

J Korean Ophthalmol Soc 49(7):1127-1134, 2008

Key Words: Head-mounted-display, Objective visual acuity test, Objective system for visual acuity test (SOVAT), Optokinetic nystagmus, Suppression and induction method

Address reprint requests to **Jin-Hak Lee, M.D.**

Department of Ophthalmology, Seoul National University, College of Medicine

#28 Yongon-dong, Chongno-gu, Seoul 110-744, Korea

Tel: 82-2-760-2438, Fax: 82-2-741-3187, E-mail: jhlee@snu.ac.kr