

Binocular Accommodative Facility and Vergence Facility in University Students with Symptomatic Convergence Insufficiency

Yong-Ho Kim*

Dept. of Optometry, Kyoungbuk Science College, Chilgok 39913, Korea
(Received January 15, 2018: Revised March 14, 2018: Accepted March 21, 2018)

Purpose: The purpose of this study was to suggest the diagnostic accuracy and criteria of binocular accommodative facility and vergence facility for subjects with symptomatic convergence insufficiency. **Methods:** Seventy-five university students, between 19 and 30 years old, were recruited according to inclusion criteria and were given convergence insufficiency symptom survey (CISS). They were divided into 38 subjects with normal binocular vision and 21 subjects with symptomatic convergence insufficiency according to both total CISS score and difference of phoria between distance and near. Binocular accommodative facility and vergence facility were tested and the normative data were obtained. The diagnostic accuracy and cut-off values of binocular accommodative facility and vergence facility were obtained by using receiver operator characteristic (ROC) curve and were compared with those of scientific literature. **Results:** The mean value of binocular accommodative facility and vergence facility for subjects with symptomatic convergence insufficiency was statistically lower than subjects with normal binocular vision ($p < 0.05$). Normative value for binocular accommodative facility and vergence facility was 12.92 ± 4.77 cpm and 14.95 ± 6.69 cpm, respectively ($p < 0.05$). AUC (area under the ROC curve) of binocular accommodative facility and vergence facility was 0.840 and 0.793, respectively ($p < 0.05$). This confirms that binocular accommodative facility is more accurate diagnostic test to differentiate convergence insufficiency than vergence facility. For identifying subjects with symptomatic convergence insufficiency, the best sensitive and specific cut-off values was 8.5 cpm for binocular accommodative facility and was 9.5 cpm for vergence facility ($p < 0.05$). **Conclusions:** Binocular accommodative facility shows higher diagnostic accuracy than vergence facility for screening symptomatic convergence insufficiency. The cut-off value used generally in optometric settings, for binocular accommodative facility and for vergence facility, is 8 cpm and 15 cpm respectively. Their cut-off values were determined on the basis of normative data for normal binocular vision so they could be different from cut-off value for screening convergence insufficiency. In this study, the cut-off value with the best sensitivity and specificity was estimated by using ROC analysis with data obtained from confirmed convergence insufficiency group to improve diagnostic accuracy for convergence insufficiency. Therefore, the cut-off values obtained in this study can be appropriate clinical criterion to screen convergence insufficiency.

Key words: Convergence insufficiency, Binocular accommodative facility, Vergence facility, Cut-off value

서론

폭주부족은 양안시 이상 중에서 흔하게 나타나는 근거리와 관련이 있는 시기능 이상이다. 성인과 어린이 집단에서 폭주부족 발생률은 7.7-17.6%로 조사마다 그 값이 다양하다.^[1-3] 폭주부족의 진단은 일반적으로 원거리보다 근거리에서 더 높은 외사위, 떨어진 폭주근점(NPC), 낮은 AC/A비 그리고 근거리에서 감소된 양성융합버전스(PFV)의 직접 또는 간접 측정값과 같은 진단적 징후 중에서 한 개 이상을 이용하여 이루어진다.^[4] 폭주부족 환자가 일반

적으로 호소하는 증상은 눈의 당김, 두통, 졸림, 흐림, 복시, 집중력 저하, 독서 시 글자가 튀어 오름, 독서나 근거리 작업 후에 이해도 감소 등이다.^[4-6]

임상현장에서 환자들을 검사하고 진단하여 처방을 결정하는데 있어서 증상의 존재 유무가 중요한 참고 자료가 된다. 측정값으로부터 징후가 나타나서 폭주부족으로 진단되었다고 해도 증상이 없다면 처방의 필요성이 감소한다. 따라서 폭주부족을 가진 환자라고 해도 증상의 유무를 확인하는 것이 처방을 결정하기 위한 중요한 검사가 될 수 있다. 환자들이 겪고 있는 증상의 정도를 정량화하기

*Corresponding author: Yong-Ho Kim, TEL: +82-54-979-9572, E-mail: yhkim@kbsc.ac.kr

위하여 펜실베이니아대학의 CITT(Convergence Insufficiency Treatment Trial) 연구팀에서 폭주부족 증상을 조사하는 설문지인 CISS(convergence insufficiency symptom survey)를 개발하였다.^[7] 이 연구에서 CITT 연구팀은 CISS의 점수가 16점 이상일 때 정상적인 양안시를 가진 어린이로부터 증상을 가진 폭주부족 대상자를 구별하는데 신뢰할 만한 결과를 얻었다고 했다. 또한 성인에 있어서는 점수의 판별기준치가 21점 이상일 때 증상이 있는 폭주부족 환자를 잘 구별해 낼 수 있었다.^[8] 국내에서도 이 도구가 증상이 있는 폭주부족 환자를 구별해 내는데 적절한 측정도구라는 연구결과가 있다.^[9]

폭주부족 환자는 여러 가지 진단적 징후 중 양성융합버전스(PFV)와 관련하여 직접 측정법인 이향운동용이성(VF)과 간접측정법인 양안조절용이성(BAF), 음성상대조절(NRA) 및 MEM 측정값에서도 비정상적인 값을 나타낼 수도 있다. 이 중에서도 양안조절용이성과 이향운동용이성은 임상적으로 양안시 이상을 간단하면서도 빠르게 선별하고자 할 때 많이 사용하는 진단법이다. 폭주부족 환자에서 양성융합버전스가 낮을 때에 이 값들이 감소된 상태를 보일 수 있으므로 임상현장에서 폭주부족 환자를 선별하는데 양안조절용이성과 이향운동용이성이 이용될 수 있다.

양안조절용이성이나 이향운동용이성 측정값들을 분석하여 폭주부족 환자를 선별하고자 할 때 진단기준이 필요하다. 기존에 몇몇 연구자들이 양안조절용이성과 이향운동용이성의 진단기준을 연구했고 몇 개의 값을 제안하였다. 양안조절용이성 진단기준으로는 Zellers 등^[10]이 제안한 8 cpm을 그리고 이향운동용이성 진단기준으로는 Gall 등^[11]이 제시한 15 cpm을 일반적으로 사용하고 있는 실정이다. Zellers 등^[10]이 제안한 진단기준은 타깃으로 억제조절 기능을 가진 Vectogram #9 시표를 사용하면서 시력, 양안시 기능, 입체시 등에서 선별기준을 만족하는 정상군의 평균치를 이용했다. Gall 등^[11]은 진단적 징후와는 관계없이 증상의 유무만으로 정상군과 증상군으로 구분하여 진단기준을 연구했다. 특정 질환을 선별하는 진단법에 대한 판별기준치는 확진된 환자의 데이터를 이용하여 민감도와 특이도가 최적화될 수 있는 값을 선정하는 것이 일반적이다. Zellers 등^[10]과 Gall 등^[11]이 제시한 값은 이러한 확진된 대상자를 이용하지 않고 진단기준을 결정했기 때문에 최근에 많은 도전을 받고 있다. Zost 등^[12]은 양안조절용이성 측정시 타깃에 따라 값이 달라질 수 있다고 했다. 현재 많은 안경원에서 양안조절용이성이나 이향운동용이성을 측정할 때 사용하는 타깃은 숫자나 문자로 이루어진 근거리 주시용 막대나 0.7 시력 정도의 근거리 시표를 이용하고 있다. 하지만 Zellers 등^[10]의 연구는 억제 조절기능을 가진 Vectogram #9 시표를 사용했다. 따라서 임상현장에

서 많이 사용하는 조절 자극 타깃으로 검사하고 확진된 폭주부족 환자의 자료를 이용하여 진단기준을 설정할 필요가 있다.

본 연구에서는 대학생 집단을 대상으로 증상이 있는 폭주부족군과 정상군을 구별하여 양안조절용이성과 이향운동용이성을 측정하고 어느 진단법이 폭주부족을 더 잘 선별할 수 있는가를 확인하고자 했다. 또한 증상이 있는 폭주부족 환자를 좀 더 정확하게 선별할 수 있도록 하기 위하여 ROC(receiver operating characteristic) 커브 분석을 통해 최적의 민감도(sensitivity)와 특이도(specificity)를 가진 판별기준치를 제공하고자 했다.

대상 및 방법

1. 연구대상

이 실험은 2016년 5월부터 2017년 7월까지 시행했으며 본 연구의 취지를 이해하고 구두로 검사를 허락한 20-30세의 K 대학교 학생 100명을 무작위로 선택한 후 안질환, 사시 및 약시가 없고 교정시력이 양안 모두 1.0 이상인 학생 75명을 최종적으로 조사대상자로 선택했다. 이 때 양안 등가 구면굴절력의 차이가 2.00 D 이상인 부등시, 조절부족 및 수직사위를 가진 학생은 조사대상에서 제외시켰다. 그리고 억제로 인한 오차를 줄이기 위해 입체시 검사를 시행하여 Titmus 입체시 검사에서 적어도 120 arcsec의 입체시를 가진 학생만을 조사대상자로 했다. 조사대상자 75명에 대해 CISS 점수와 원거리 및 근거리 사위 값을 기준으로 정상군과 폭주부족군으로 나누었다.

2. 연구방법

타각적 굴절검사는 자동안굴절력계(Auto Ref-Keratometer, Hubits-7100, RK)를 사용하여 3회 반복 측정하고 평균값을 이용했다. 자각적 굴절검사는 타각적 굴절검사 값을 참고로 포토퍼를 이용하여 단안 검사를 하였고 조절균형검사와 시험테를 이용한 장용검사를 수행하여 교정도수를 결정하였다. 폭주부족 증상이 있는 대상자를 선별하기 위하여 전체 15문항으로 이루어진 CISS 설문을 한 항목씩 대상자에게 설명해 주고 해당 문항에 표기하도록 했다. 4점 척도로 된 각 문항의 점수를 합하면 총 60점이 되며, CISS 점수가 21점 이상일 때 증상이 있는 경우로 판단했다.^[8] CISS에 의해 폭주부족 증상이 있는 것으로 조사된 학생 중에서 원거리보다 근거리에서 외사위량이 4 Δ 이상 큰 대상자를 증상이 있는 폭주부족군으로 분류하였고,^[13] 조사대상자 중 CISS 점수가 21점 미만이고 원거리 및 근거리 사위가 정상인 학생들을 정상군으로 분류했다.

원거리와 근거리에서 사위량은 토링톤법을 이용하여 측

정하였고, 원거리에서 사위를 측정 한 후에 근거리 검사를 수행했다. 조절력 측정은 Push-Up 방법을 이용하여 측정하고 디옵터(diopter)로 나타냈다. 양안조절용이성은 ±2.00 D 플리퍼를 이용하여 1분 동안 측정했다. 이 때 40 cm 거리에 5포인트 크기의 근거리 세로열 숫자시표를 고정시키고 피검자의 양쪽 눈앞에 플리퍼를 대고 시표가 선명하게 하나로 보이면 말하도록 하고 반전하여 1분 동안 수행한 결과를 1분당 사이클 수(cpm)로 나타냈다. 검사 중에는 제시된 세로열 시표를 선명하게 주시하도록 강조했다. 이항운동용이성은 3 Δ BI/12 Δ BO 플리퍼를 이용하여 양안조절용이성과 동일한 방법으로 1분 동안 측정했다.

3. 자료분석

자료분석은 윈도우용 SPSS(SPSS version 12; SPSS Inc, Chicago, IL)를 이용했다. 정상군과 폭주부족군 전체의 특성을 파악하기 위하여 기술통계를 실시했다. 정상군과 폭주부족군의 CISS 점수, 양안조절용이성 및 이항운동용이성 평균치를 비교하기 위해 독립 표본 T 검정(independent t-test)을 실시했다. 또한 정상군으로부터 증상이 있는 폭주부족군을 선별하는 판별기준치를 결정하기 위하여 ROC 커브 분석을 했다. 모든 분석에서 p<0.05일 때 유의한 수준으로 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 일반적인 특성

조사대상자로 선정된 75명을 CISS 점수와 원거리 및 근거리 사위도를 기준으로 38명의 정상군(NBV group)과 21명의 폭주부족군(CI group)으로 구분하였다. 정상군과 폭주부족군의 평균 나이는 각각 22.0±1.7세, 21.8±1.9세였다. 정상군과 폭주부족군에 대한 CISS 점수와 원거리 및 근거리 사위도의 평균값과 표준편차는 Table 1에 나타났다. 정상군과 폭주부족군 전체의 CISS 점수는 16.71±10.26이었고 폭주부족군은 27.95±5.38로 정상군의 10.50±6.58보다 높게 나타났다(p<0.05). 폭주부족군의 원거리 사위는

-2.48±2.54 Δ으로 외사위 경향을 보였으나 정상군에서는 -0.09±1.68 Δ으로 정위에 가까웠다(p<0.05). 정상군의 근거리 사위값은 -0.55±3.67 Δ으로 정위에 가까웠으나 폭주부족군에서는 -9.90±5.29 Δ으로 원거리 사위값에 비해 높은 외사위를 나타냈다(p<0.05).

2. 정상군 및 폭주부족군에서 양안조절용이성과 이항운동용이성

정상군과 폭주부족군에서 측정한 양안조절용이성과 이항운동용이성을 Table 2에 나타냈다. 정상군과 폭주부족군에서 양안조절용이성은 각각 12.92±4.77 cpm, 7.33±4.77 cpm으로 측정되었다. 양안조절용이성은 폭주부족군보다 정상군에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다(p<0.05). 이항운동용이성에 대해서도 정상군과 폭주부족군으로 구분하여 측정하였다. 정상군의 이항운동용이성은 14.95±6.69 cpm으로 폭주부족군에서 측정된 8.71±4.19 cpm보다 높게 나타났다(p<0.05). 정상군과 폭주부족군의 이항운동용이성 차이 또한 통계적으로 유의한 것으로 조사되었다(p<0.05). 이러한 결과는 몇몇 학자들의 연구결과와 일치한다. Garcia 등^[14]은 10-30세 40명에 대해 조절용이성이 조절성 및 양안시 이상과 관련이 있는지를 조사했다. 조사 결과 양안시 이상을 가진 대상자는 정상군에 비해 양안조절용이성이 상당히 낮다는 것을 확인했다. 따라서 양안시 이상을 진단할 때 조절용이성 검사가 중요하다고 주장했다. Cacho-Martínez 등^[15]은 중간 정도의 증상을 가진 폭주부

Table 2. Comparison of obtained binocular accommodative facility (BAF) and vergence facility (VF) in normal binocular vision (NBV) group and convergence insufficiency (CI) group

Variables	NBV group Mean±SD	CI group Mean±SD	P-value
BAF, cpm*	12.92±4.77	7.33±4.77	<0.05
VF, cpm*	14.95±6.69	8.71±4.19	<0.05

cpm: cycles per minute

Table 1. Mean and SD of CISS score, distance and near phoria in normal binocular vision (NBV) group and convergence insufficiency (CI) group

Variables	All (N=59)	NBV group (N=38)	CI group (N=21)	P-value
CISS score	16.71±10.26	10.50±6.58	27.95±5.38	<0.05
Distance phoria, Δ*	-0.94±2.32	-0.09±1.68	-2.48±2.54	<0.05
Near phoria, Δ*	-3.88±6.22	-0.55±3.67	-9.90±5.29	<0.05

CISS: convergence insufficiency symptomatic survey

*The negative sign indicates exophoria.

족군에서 조절성 및 양안시성 검사 값의 진단적 타당성을 분석했다. 19-35세의 증상을 가진 폭주부족군(N=33)에서 양안조절용이성 및 이항운동용이성은 모두 정상군(N=33)에서 측정된 값보다 통계적으로 유의하게 낮은 것으로 조사되었다($p<0.05$). Momeni-Moghaddam 등^[16]은 18-25세인 66명의 학생들을 CISS 점수에 따라 폭주부족 증상이 있는 그룹과 증상이 없는 그룹으로 구분하고 이항운동용이성을 측정했다. 이 연구에서 증상을 가진 그룹의 이항운동용이성이 증상이 없는 그룹보다 유의하게 낮게 나타났다.

3. 양안조절용이성과 이항운동용이성의 정상기댓값

정상기댓값은 정상군의 평균값으로 측정값의 정상여부를 판별하는데 이용되기도 한다. 양안조절용이성의 정상기댓값은 Zellers 등^[10]이 제안한 8 ± 5 cpm이 가장 흔하게 이용되어 왔다. 본 연구에서 측정된 양안조절용이성의 정상기댓값을 Table 2에 나타냈다. 이 값은 12.92 ± 4.77 cpm으로 Zellers 등^[10]이 제안한 값보다 상당히 큰 것으로 조사되었다. Zellers 등^[10]은 18-30세의 정상그룹 대학생 100명에게 대해 ± 2.00 D 플리퍼와 억제 조절이 가능한 vectogram #9 타깃을 이용하여 양안조절용이성을 측정했다. 본 연구에서 전체적인 절차는 Zellers 등^[10]의 방법을 따랐으나 타깃으로 억제 조절 기능이 없는 5포인트 세로열 조절 자극 시표를 이용했다. Pica 등^[17]은 타깃의 종류에 따라 양안조절용이성 측정치가 다르게 나타난다고 했다. Loerzel 등^[18]은 억제 조절 기능이 없는 20/30의 조절 자극용 세로열 시표를 이용하여 양안조절용이성을 측정했다. 그 결과 양안조절용이성 정상기댓값이 11.6 ± 3.40 cpm으로 측정되었다고 보고했다. 이 값은 Zellers 등^[10]이 vectogram #9 타깃을 이용하여 조사한 값보다 상당히 크고 본 연구에서 얻은 값과 비슷하다. 이것은 타깃의 특성이 양안조절용이성의 측정값에 영향을 주며 억제 조절 기능이 없는 시표를 이용하면 더 큰 측정값이 나올 수 있다는 것을 의미한다.

본 연구에서 이항운동용이성 정상기댓값은 14.95 ± 6.69 cpm으로 조사되었다. Gall 등^[11]은 18-35세의 대학생과 직원을 증상이 있는 그룹과 정상군으로 구분하고 근거리 시력 20/30의 세로열 스넬렌 문자시표를 이용하여 정상군에서 16.0 ± 2.6 cpm의 이항운동용이성을 얻었다. Momeni-Moghaddam 등^[16]도 66명의 대학생들을 폭주부족 증상이 있는 그룹과 정상군으로 구분하고 이항운동용이성을 조사했다. 이 연구에서 근거리 시력 20/30의 세로열 스넬렌 시표를 사용했을 때에 정상군의 이항운동용이성은 15.24 ± 2.43 cpm이었다. 그리고 이 값은 Titmus 검사의 입체시 시표를 이용했을 때의 14.59 ± 3.07 cpm과 비슷했다고 밝혔다. Cacho-Martinez 등^[15]은 19-35세로 증상이 있으면서 폭주부족 징후를 가진 33명의 폭주부족군과 33명의 정상군에 대해 근

거리 시력 20/30의 조절 자극 시표를 이용하여 이항운동용이성을 조사했다. 정상군에 대해 조사된 이항운동용이성 정상기댓값은 15.91 ± 2.57 cpm이었다. 이와 같이 타깃으로 조절 자극 시표를 이용한 다른 연구자들의 연구결과도 본 연구의 결과와 비슷한 값을 보여주었다.

4. 양안조절용이성과 이항운동용이성의 정확도

임상현장에서는 폭주부족 환자와 같은 양안시 이상 환자를 선별하는 검사로 양안조절용이성과 이항운동용이성을 흔하게 이용한다. 이 두 가지 검사법 중 어떤 검사법이 증상이 있는 폭주부족을 더 정밀하게 구별할 수 있는지를 아는 것은 임상현장에서 좀 더 효율적인 검사를 위해 중요하다. 증상이 있는 폭주부족군을 선별할 때의 정확성을 알아보기 위하여 양안조절용이성과 이항운동용이성에 대해 ROC 커브 분석을 수행했다. ROC 커브 분석은 해당 진단 검사의 유용성 및 정확성을 확인하는데 유용한 방법이다. 이것은 또한 여러 가지 진단 검사법의 정확성을 비교하거나 진단을 위한 기준값 선정에도 사용된다.

Fig. 1은 위 양성율(=1-특이도)에 대한 실제 양성율(=민감도)로 표현된 ROC 커브를 보여준다. ROC 커브의 그래프가 양안조절용이성 및 이항운동용이성 모두 참조건 위 왼쪽 모서리로 치우쳐 있다. 이것은 두 가지 진단법이 증상이 있는 폭주부족 진단법으로 유용함을 나타낸다. 일반적으로 ROC 커브에서 그래프가 왼쪽 위의 모서리에 가까울수록 민감도와 특이도가 높게 나타나기 때문에 상대적으로 효율적인 진단법이라고 판단한다. 그리고 이항운동용이성보다는 양안조절용이성의 그래프가 왼쪽 모서리에 가깝게 위치한 결과로부터 양안조절용이성이 이항운동용이성보다 증상이 있는 폭주부족 대상자를 구별하는데 더 효율적인 검사법임을 예측해 볼 수 있다.

ROC 커브를 이용하여 증상이 있는 폭주부족을 선별하는데 상대적으로 더 정확한 진단법이 어느 것인지를 정량적인 비교를 통해 결정할 수 있다. 각 진단법의 정확도를 판정하거나 여러 가지 진단법의 정확성을 비교하는데 사용하는 값이 ROC 커브 아랫부분의 면적을 나타내는 AUC(area under curve)이다. AUC가 1이면 이상적인 진단법이 되며, 1에 가까울수록 어떤 질병에 대한 진단 능력이 더 좋은 검사법이라고 판단할 수 있다. Fig. 1을 이용하여 계산한 AUC를 Table 3에 나타냈다. 양안조절용이성과 이항운동용이성의 AUC는 각각 0.840, 0.793인 것으로 조사되어 중등도(0.70-0.90)의 정확도를 가진 것으로 나타났다.^[19-20] AUC는 양안조절용이성이 이항운동용이성보다 큰 것으로 조사되었고, 이 결과는 통계적으로 유의했다($p<0.05$). 이러한 결과는 정상군으로부터 증상을 가진 폭주부족군을 선별하는데 조절용이성이 이항운동용이성보다 더 정확한

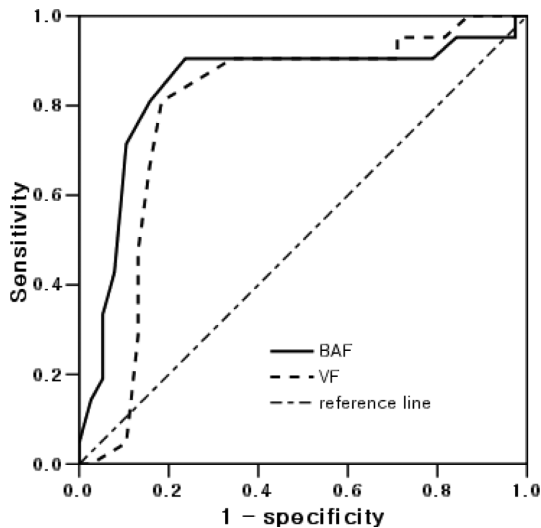


Fig. 1. ROC curves for optimal cut-off point of binocular accommodative facility (BAF) and vergence facility (VF).

Table 3. Comparison of AUC between binocular accommodative facility (BAF) and vergence facility (VF)

Variables	BAF	VF	P-value
AUC	0.840	0.793	<0.05

AUC: area under the ROC curve

Table 4. Cut-off value and diagnostic validity obtained from ROC analysis

Variables	Cut-off value (cpm)	Sensitivity	Specificity	LR+	LR-
BAF	8.5	0.81	0.84	5.06	0.22
VF	9.5	0.81	0.82	4.50	0.23

LR+: positive likelihood ratio, LR-: negative likelihood ratio, CI: confidence interval, cpm: cycles per minute

진단법이라는 것을 의미한다. Cacho-Martinez 등^[15]은 정상군과 증상이 있는 폭주부족군으로부터 조사된 양안조절용이성과 이항운동용이성의 AUC가 각각 0.886, 0.787이었다고 했다. 이 연구는 본 연구의 결과와 비슷한 값을 보고하고 있다.

양성검정우도비(positive likelihood ratio; LR+)와 음성검정우도비(negative likelihood ratio; LR-)를 계산하여 진단 검사법의 정확성을 비교해 볼 수 있다. 양성검정우도비는 1보다 커야 의미가 있으며 상대적으로 클수록 진단의 정확도가 높고, 음성검정우도비는 작을수록 판별력이 높다고 할 수 있다. 본 연구에서 산정된 양성검정우도비는 Table 4에 보인 것처럼 양안조절용이성이 5.06으로 이항운동용이성의 4.50보다 큰 것으로 조사되었다. 음성검정우도비는 양안조절용이성이 이항운동용이성보다 작은 값을 보

여주었다. 양성 및 음성 검정우도비의 비교를 통해 양안조절용이성이 이항운동용이성보다 더 정확한 진단 검사법임을 확인할 수 있었다.

이상에서 설명한 ROC 커브의 위치, AUC 그리고 양성 및 음성 검정우도비의 비교로부터 증상이 있는 폭주부족 환자를 진단하는데 있어서 양안조절용이성이 이항운동용이성보다 더 높은 정확도를 가진 진단법이라는 것을 알 수 있었다.

5. 양안조절용이성과 이항운동용이성의 판별기준치

어떤 진단법을 이용하여 검사한 결과를 양성으로 구분하는 기준이 되는 값이 cut-off value인데 이것을 판별기준치 또는 절단값이라고 한다. 진단의 정확도를 높이기 위해서는 최적의 판별기준치를 선정하는 것이 중요하다. 가장 일반적으로 사용하고 있는 양안조절용이성의 판별기준치는 Zellers 등^[10]이 제시한 8 cpm이다. 이 값은 정상군에 대한 정상기댓값을 판별기준치로 사용한 것이다. Hennessey 등^[21]은 Zellers 등^[10]이 연구한 정상기댓값 8±5 cpm에서 표준편차만큼 낮은 값인 3 cpm 미만이면 증상이 있고 3-8 cpm이면 증상이 의심되는 상태라고 했다. 이러한 판별기준치는 눈의 기능 이상이나 증상의 여부와 관계없는 정상군의 정상기댓값을 기준으로 산정한 값이다. 폭주부족군을 선별하는 진단 검사 시 정확성이 높은 판별기준치를 산정하려면 정상군 뿐만 아니라 정확하게 진단된 폭주부족군을 고려하는 것이 좋을 것이다. 본 연구에서는 진단의 정확성을 높일 수 있도록 정상군과 증상이 있는 폭주부족군을 모두 고려했고 민감도와 특이도가 균형을 이루도록 ROC 커브를 이용해 판별기준치를 산정했다. ROC 커브를 기초로 계산된 판별기준치 및 그 값에서의 민감도와 특이도를 Table 4에 나타냈다.

증상이 있는 폭주부족을 진단하기 위한 양안조절용이성의 판별기준치는 8.5 cpm으로 조사되었다. 이 판별기준치에서의 민감도와 특이도는 각각 0.81과 0.84로 높은 값을 가지는 것으로 조사되었다. 따라서, 양안조절용이성 검사 값이 판별기준치인 8.5 cpm보다 작으면 증상이 있는 폭주부족이라고 판단할 수 있을 것이다. Cacho-Martinez 등^[15]은 본 연구에서 사용한 것과 다른 타깃인 억제 조절용 Vectogram #9를 이용하여 측정한 값을 ROC 커브로 분석한 결과 양안조절용이성의 판별기준치가 8.25 cpm 이하였다고 했다. 이 연구에서는 본 연구와 다른 타겟을 사용했는데도 비슷한 결과가 나왔다. 위에서 언급한 것처럼 일반적으로 사용되어 온 판별기준치는 정상군의 정상기댓값을 그대로 이용하거나 표준편차를 고려하여 선정했다. 이러한 방법은 정상값을 기준으로 정상범위를 벗어나면 실패했다고 판단하는 것이다. 이 때 정상범위를 벗어난 대상자

는 폭주부족이 아닌 양안시 이상, 조절 이상 또는 다른 이상을 가졌을 수도 있다. 따라서 폭주부족으로 확진된 대상자를 고려하여 판별기준치를 선정하는 것이 더 정확할 것이다. Cacho-Martinez 등^[15]은 본 연구에서와 같이 확실히 진단된 폭주부족군을 대상으로 판별기준치를 조사했기 때문에 타깃의 상이함에도 불구하고 본 연구의 결과와 비슷한 값을 보였을 것이다.

이향운동용이성 검사에 대한 판별기준치, 민감도 및 특이도에 대한 조사 결과를 Table 4에 나타냈다. 증상이 있는 폭주부족을 진단하기 위한 이향운동용이성의 판별기준치는 9.5 cpm으로 조사되었다. 이 판별기준치에서의 민감도와 특이도는 각각 0.81과 0.82로 비슷한 것으로 나타났다. 이향운동용이성 검사에서 측정값이 9.5 cpm 미만이면 증상이 있는 폭주부족이라고 판단할 수 있을 것이다. Gall 등^[11]은 VQS(vision quality scale) 점수를 통해 구분한 증상군과 정상군에 대해 이향운동용이성을 조사하여 임상적 실패 기준을 제안했다. 그들은 정상기댓값을 기준으로 민감도와 특이도가 각각 0.80, 0.65가 되는 15 cpm을 판별기준치로 결정했고, 이것은 본 연구의 결과보다 큰 값이다. 그들이 제안한 판별기준치에서의 민감도는 본 연구의 결과와 비슷했으나 특이도는 상당히 작은 것으로 나타났다. Momeni-Moghaddam 등^[16]은 CISS 조사를 통해 구분된 증상군과 정상군에 대해 근거리 시력 20/30의 세로열 시표를 이용하여 이향운동용이성을 조사했다. 그들은 이 연구에서 ROC 커브를 이용하여 산정한 판별기준치가 10.5 cpm이었다고 했다. 이 값도 역시 본 연구의 판별기준치보다 큰 값이다. 본 연구의 이향운동용이성 판별기준치가 다른 연구자들의 값보다 작은 값을 보인 것은 조사대상자의 차이 때문일 것이다. 판별기준치를 산정시에 정상군과 폭주부족군으로 구분된 자료가 확실할수록 더 정확한 판별기준치를 산정할 수 있을 것이다. Gall(1998) 등^[11]과 Momeni-Moghaddam 등^[16]은 증상의 유무만으로 증상군과 정상군으로 구분하여 실험했다. 본 연구에서는 증상이 있을 뿐만 아니라 폭주부족 징후를 가진 학생만을 증상이 있는 폭주부족군으로 분류했다. 그래서 본 연구에서의 폭주부족군은 더 확실한 진단을 받은 대상자이다. 따라서 증상을 가진 폭주부족 환자를 선별하기 위해서는 이향운동용이성 판별기준치 9.5 cpm을 사용하는 것이 더 유효할 것이다.

결 론

CISS 설문에서 21점 이상의 점수를 나타내고 원거리보다 근거리에서 4 Δ 이상의 외사위를 가진 대상자를 증상이 있는 폭주부족군으로 분류했다. 정상군과 폭주부족군에 대해 양안조절용이성 및 이향운동용이성을 조사하여

정상기댓값, 정확도 등을 비교 평가하고, 임상적으로 유용한 판별기준치를 제안했다. 양안조절용이성 및 이향운동용이성 평균치는 모두 정상군보다 폭주부족군에서 통계적으로 유의하게 더 작았다($p < 0.05$). ROC 커브 분석과 양성 및 음성 우도비 비교로부터 증상이 있는 폭주부족군을 선별하는데 양안조절용이성이 이향운동용이성보다 더 높은 검사정확도를 가진 것으로 나타났다. 확진된 폭주부족군을 대상으로 가장 좋은 민감도와 특이도를 가지도록 산정한 판별기준치는 정상기댓값을 기준으로 제안된 값과 차이가 있는 것으로 나타났다. 20대 대학생의 폭주부족을 효율적으로 선별할 수 있도록 양안조절용이성과 이향운동용이성의 판별기준치로 각각 8.5 cpm과 9.5 cpm을 이용할 것을 제안한다.

REFERENCES

- [1] Rouse MW, Borsting E, Hyman L, Hussein M, Cotter SA, Flynn M et al. Frequency of convergence insufficiency among fifth and sixth graders. The Convergence Insufficiency and Reading Study (CIRS) group. *Optom Vis Sci.* 1999;76(9):643-649.
- [2] Rouse MW, Hyman L, Hussein M, Solan H. Frequency of convergence insufficiency in optometry clinic settings. Convergence Insufficiency and Reading Study (CIRS) Group. *Optom Vis Sci.* 1998;75(2):88-96.
- [3] Porcar E, Martinez-Palomera A. Prevalence of general binocular dysfunctions in a population of university students. *Optom Vis Sci.* 1997;74(2):111-113.
- [4] Borsting E, Rouse MW, Deland PN, Hovett S, Kimura D, Park M et al. Association of symptoms and convergence and accommodative insufficiency in school-age children. *Optometry.* 2003;74(1):25-34.
- [5] Kent PR, Steeve JH. Convergence insufficiency, incidence among military personnel and relief by orthoptic methods. *Mil Surg.* 1953;112(3):202-205.
- [6] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative and eye movement disorders, 2nd Ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2002;226-230.
- [7] Borsting EJ, Rouse MW, Mitchell GL, Scheiman M, Cotter SA, Cooper J et al. Validity and reliability of the revised convergence insufficiency symptom survey in children aged 9 to 18 years. *Optom Vis Sci.* 2003;80(12):832-838.
- [8] Rouse MW, Borsting EJ, Mitchell GL, Scheiman M, Cotter SA, Cooper J et al. Validity and reliability of the revised convergence insufficiency symptom survey in adults. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2004;24(5):384-390.
- [9] Lee S, Park WB, Kwon MJ, Lee H, Eom JH, Mah KC. Validity of the convergence insufficiency symptom survey in adults. *Korean J Vis Sci.* 2010;12(3):181-190.
- [10] Zellers JA, Alpert TL, Rouse MW. A review of the litera-

- ture and a normative study of accommodative facility. J Am Optom Assoc. 1984;55(1):31-37.
- [11] Gall R, Wick B, Bedell H. Vergence facility: establishing clinical utility. Optom Vis Sci. 1998;75(10):731-742.
- [12] Zost MG, Hogan CL, Sakihara DT, Couve M. Binocular facility of accommodation testing: comparison of the vectogram #9 target/method the polaroid bar reader/rock card method. J Behav Optom. 1998;9(5):121-125.
- [13] Yu DS, Cho HG, Moon BY. Influence of different diagnostic criteria on frequency of convergence insufficiency. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2016;21(3):235-242.
- [14] García A, Cacho P, Lara F, Megías R. The relation between accommodative facility and general binocular dysfunction. Ophthalmic Physiol Opt. 2000 ;20(2):98-104.
- [15] Cacho-Martínez P, García-Muñoz Á, Ruiz-Cantero MT. Diagnostic validity of clinical signs associated with a large exophoria at near. J Ophthalmol. 2013;2013:1-10.
- [16] Momeni-Moghaddam H, Goss DA, Dehvari A. Vergence facility with stereoscopic and nonstereoscopic targets. Optom Vis Sci. 2014;91(5):522-527.
- [17] Pica M, Redmond MS, Zost M. Polarized versus anaglyphic materials for suppression control in binocular accommodative facility testing. J Behav Optom. 1996; 7(2):43-45.
- [18] Loerzel R, Tran L, Goss DA. Effect of lens power on binocular lens flipper accommodative facility rates. J Behav Optom. 2003;14(1):7-9.
- [19] Greiner M, Pfeiffer D, Smith RD. Principles and practical application of the receiver-operating characteristic analysis for diagnostic tests. Prev Vet Med. 2000;45(1-2):23-41.
- [20] Swets JA. Measuring the accuracy of diagnostic systems. Science. 1988;240(4857):1285-1293.
- [21] Hennessey D, Iosue RA, Rouse MW. Relation of symptoms to accommodative infacility of school-aged children. Am J Optom Physiol Opt. 1984;61(3):177-183.

증상이 있는 폭주부족 대학생에서 양안조절용이성과 이항운동용이성

김용호*

경북과학대학교 안경광학과, 칠곡 39913

투고일(2018년 1월 15일), 수정일(2018년 3월 14일), 게재확정일(2018년 3월 21일)

목적: 증상이 있는 폭주부족군에 대해 양안조절용이성 및 이항운동용이성의 진단정확도와 진단기준을 제시하고자 하였다. **방법:** 19-30세의 대학생 75명을 연구기준에 따라 선발하고 CISS 설문을 실시했다. CISS 점수 및 원거리와 근거리의 사위도 차이에 따라 정상군 38명과 증상이 있는 폭주부족군 21명을 선정했다. 양안조절용이성 및 이항운동용이성 검사를 수행하여 정상기댓값을 조사했다. ROC 커브 분석을 통해 양안조절용이성과 이항운동용이성의 진단정확도 및 판별기준치(cut-off value)를 조사하고 기존 문헌과 비교했다. **결과:** 양안조절용이성과 이항운동용이성의 평균치는 모두 정상군보다 폭주부족군에서 통계적으로 유의하게 낮은 값을 보였다($p < 0.05$). 양안조절용이성과 이항운동용이성의 정상기댓값은 각각 12.92 ± 4.77 cpm과 14.95 ± 6.69 cpm이었다($p < 0.05$). AUC(ROC 커브 아래 면적)는 양안조절용이성이 0.840이고 이항운동용이성은 0.793인 것으로 조사되었다($p < 0.05$). 이것은 양안조절용이성이 이항운동용이성보다 폭주부족을 구별하는데 더 정확한 진단검사임을 나타낸다. 증상이 있는 폭주부족군을 구별하는데 최적의 민감도와 특이도를 보이는 판별기준치는 양안조절용이성이 8.5 cpm이고 이항운동용이성이 9.5 cpm이었다. **결론:** 증상이 있는 폭주부족을 진단하는 정확도는 양안조절용이성이 이항운동용이성보다 큰 것으로 조사되었다. 임상현장에서 일반적으로 이용하는 양안조절용이성 및 이항운동용이성 판별기준치는 각각 8 cpm과 15 cpm이다. 이 값은 정상 양안시의 기댓값을 기준으로 결정되었기 때문에 폭주부족을 선별하기 위한 기준치와 다를 수 있다. 본 연구에서는 폭주부족에 대한 진단정확도를 향상시키기 위하여 확진된 폭주부족군 조사 및 ROC 분석을 통해 가장 좋은 민감도와 특이도를 가진 값을 판별기준치로 산정했다. 따라서, 이 연구에서 얻은 판별기준치를 폭주부족을 선별하기 위한 임상기준으로 제안한다.

주제어: 폭주부족, 양안조절용이성, 이항운동용이성, 판별기준치