

Comparison of Calculated and Gradient Accommodative Convergence/ Accommodation Ratios in Binocular Vision Types

Yoon-Gyeong Lee^{1,a}, Sung-Il Hong^{2,b}, and Ho-Weon Kwak^{2,c,*}

¹Dept. of Health, Kyungwoon University, Student, Gumi 39160, Korea

²Dept. of Optometry & Vision Science, Kyungwoon University, Professor, Gumi 39160, Korea

(Received August 11, 2020: Revised August 24, 2020: Accepted August 27, 2020)

Purpose: This study aimed to obtain data for the examination and prescription of clinical trials. Subjects were divided into binocular vision types by the Howell card phoria method. We compared calculated accommodative convergence/accommodation (AC/A) ratio and gradient AC/A ratio by using deviations according to fixation distance and lens additions. **Methods:** The subjects in this study were 117 undergraduate students (84 males and 31 females) with an average age of 20.89 ± 1.83 years. The binocular vision types were separated into seven groups by Morgan's norm according to the Howell card phoria method and measured calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio. **Results:** In terms of phoria changes according to fixation distances and additions, as the fixation distance neared, the groups of convergence insufficiency, basic exophoria, orthophoria and divergence insufficiency moved towards exodeviation but the groups of divergence excess, convergence excess, and basic esophoria moved towards esodeviation. The calculated AC/A ratio with accommodative convergence and proximal convergence appeared larger than the gradient AC/A ratio with only accommodative convergence. The differences of calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio showed statistically significant differences in the divergence excess (1 m $p=0.049$, 50 cm $p=0.047$, 33 cm $p=0.034$, 25 cm $p=0.031$), basic exophoria (50 cm $p=0.000$, 33 cm $p=0.006$, 25 cm $p=0.037$), orthophoria (50 cm. $p=0.019$, 33 cm $p=0.021$), convergence excessive (50 cm $p=0.016$, 33 cm $p=0.030$), basic esophoria (50 cm. $p=0.029$, 33 cm $p=0.024$). **Conclusions:** In all binocular vision types, the calculated AC/A ratios were larger than gradient AC/A ratios. Therefore, when binocular abnormality is performed during a clinical examination, it is necessary to apply the calculated AC/A ratios and gradient AC/A ratios together.

Key words: Binocular vision types, Proximal convergence, Calculated AC/A ratio, Gradient AC/A ratio, Howell card phoria method

서 론

사위는 눈의 안정피로에 영향을 줄 수 있는 원인 중의 하나이므로 사위관련 시기능 검사는 조절과 폭주와의 관계를 알아보는 연구로 단순히 눈을 잘 보이게 하는 것을 넘어 쾌적한 시생활을 위한 것으로 시보전전문가의 관심이 높다.^[1] 시기능 검사는 사위검사, 조절력검사, 굴절검사, 융합버전스 검사 및 폭주검사 등이 있으며, 특히 주시거리별 및 렌즈도수가입별 사위도를 측정하여 임상에서 양안시 이상을 분석하는데 가장 기초적인 것이 조절성 폭주비(AC/A ratio)이다.^[2,3] 한 곳에서 다른 곳으로 시선을 옮기면, 조절과 폭주가 동시에 일어나는데 이 때의 조절성 폭주비(AC/A ratio)는 프리즘 디옵터(Δ)로 나타내는 조절성

폭주의 변화량을 디옵터(D)로 나타내는 조절의 변화량으로 나눈 값이다.^[1,4] AC/A비는 측정방법에 따라 계산 AC/A비(calculated AC/A ratio)와 경사 AC/A비(gradient AC/A ratio)로 구분한다. 계산 AC/A비는 주시물체의 거리를 변화시켜 일어나는 조절자극에 의해 나타나는 안구의 편위량을 의미하고, 경사 AC/A비는 주시거리는 일정하게 한 상태에서 렌즈의 도수를 변화시켜 일어나는 조절자극에 의해 나타나는 안구의 편위량을 의미한다. 보통 측정값은 계산 AC/A비가 경사 AC/A비에 비해 대체적으로 크지만, 주시거리 및 가입렌즈의 도수 등 조절자극의 크기와 양안시 유형에 따라 그 차이가 많이 나타나는 경우가 있다.^[5] 본 연구에서는 Howell 카드사위법을 이용하여 주시거리별 사위도를 측정하여 연구대상자를 양안시 유형별로 분류한

*Corresponding author: Ho-Weon Kwak, TEL: +82-54-479-1334, E-mail: kwak@ikw.ac.kr

Authors ORCID: ^ahttps://orcid.org/0000-0002-7842-8408, ^bhttps://orcid.org/0000-0001-7176-0224, ^chttps://orcid.org/0000-0003-3264-3142

다음, 원거리에서부터 주시거리 자극에 따른 계산 AC/A 비와 원거리에서 렌즈도수가입 자극에 따른 원거리 경사 AC/A비를 구하여 서로 비교 분석하였다. AC/A비의 경우, 일정한 거리에서 렌즈를 사용하여 측정하거나(경사 AC/A 비), 원거리와 근거리에서 각각 사위량을 측정하여 계산하는 것(계산 AC/A비)이 일반적이지만 실제 시생활에서는 다양한 거리에 위치하는 사물을 주시하게 된다. 이에 본 연구에서는 임상에서의 +1.00 D 렌즈를 가입하여 측정하는 일반적인 경사 AC/A비와 함께 양안시 검사 및 처방에서 근접성 폭주가 포함되어 있는 계산 AC/A비를 다양한 검사 거리에서 평가함으로써 임상 기초자료를 얻고자 한다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구의 취지를 이해하고 참여하는데 동의한 대학생 117명(남자 84명, 여자 33명, 평균나이 20.89±1.83세)으로 하였으며, 안과적인 수술, 안과적인 질환, 사시가 없으며 굴절검사를 시행하여 원용시력이 정시이거나 교정시력이 0.8 이상인 학생들을 대상으로 하였고, 모건의 표준값(Morgan's norm)^[6]을 기준으로 조절력 또는 양성상대조절력에 이상이 있는 대상자는 제외하였다. 또한 대상자의 양안시 유형은 타이트(Tait)와 듀안(Duane)의 분류법에 의해 전체 대상자 125명 중 연구 조건에 맞는 개산과다(Divergence Excessive; DE) 9명, 폭주부족(Convergence Insufficiency; CI) 15명, 기본 외사위(Basic Exophoria; BEXO) 19명, 정위(Orthophoria; ORTHO) 54명, 개산부족(Divergence Insufficiency; DI) 6명, 폭주과다(Convergence Excessive; CE) 7명, 기본 내사위(Basic Esophoria; BESO) 7명으로 분류하였다(Table 1).

Table 1. Refractive characteristics of subjects

Characteristics	Mean±SD
Mean age (yr)	20.89±1.83
Gender (male/female)	84/33
Refractive errors (diopters for SE)	OD -2.08±1.77
	OS -2.58±2.02
Phoria (Δ)	Distance -1.67±1.34
	Near -2.76±0.78
Calculated AC/A ratio (Δ/D)	5.48±1.89
Distance	BI Fusional Reserve (Δ) 5.27±2.62
	BO Fusional Reserve (Δ) 7.46±1.96
Near	BI Fusional Reserve (Δ) 15.66±3.62
	BO Fusional Reserve (Δ) 19.12±2.79
PD (mm)	62.27±1.47

(-) Phoria means as exophoria.
SE, spherical equivalent; OD, Oculus dexter; OS, Oculus sinister; Δ, prism diopter; PD, pupillary distance

2. 방법

양안 동공간 거리는 각막반사식 동공거리계(PD meter, TOPCON, PD-5, JAPAN)를 사용하여 주시거리 조절다이얼을, 1 m, 50 cm, 33 cm, 25 cm에 각각 설정하여 각 거리에 해당하는 동공간 거리를 측정하였다. 타각적 굴절검사는 개방형자동굴절계(N-vision K5001, Shin-Nippon, Japan)를 사용하여 측정하였다. 자각적 굴절검사는 검사실의 조도를 50Lux로 유지하여, 포토퍼(CV-3000, Topcon, Japan)와 투사형시표(ACP-8, Topcon, Japan)를 사용하여 측정하였다. 사위도 검사는 피검사자에게 Howell 카드시표를 주시하게 한 후, 피검자의 우안에 6BD를 장입시켜 상을 분리시키고, 눈을 차폐한 후 가림을 제거하면서 분리되어 있는 위쪽 화살표를 주시하게 하여 화살표의 끝 부분이 가리키는 아래쪽 줄의 색과 숫자를 읽어 사위도의 방향과 크기를 기록하였다.^[7] 수평 양안시 유형은 모건의 표준값에 의해 원거리에서는 2 exo를 벗어나면 외사위, 2 exo에서 0사이까지는 정위, 0을 벗어나면 내사위로 분류하며, 근거리에서는 6 exo를 벗어나면 외사위, 6 exo에서 0사이까지는 정위, 0를 벗어나면 내사위로 구분하였다.^[6] 이 때 내편위는 (+) 부호를 붙여 표현하고 외편위는 (-) 부호로 표시하였다. 이를 이용하여 원거리 외사위, 근거리 외사위 이면 기본 외사위, 원거리 외사위, 근거리 약도외사위 또는 정위는 개산과다, 원거리 정위, 근거리 외사위는 폭주 부족, 원거리 정위, 근거리 정위는 기본 정위, 원거리 정위, 근거리 내사위는 폭주 과다, 원거리 내사위, 근거리 약도 외사위 또는 정위는 개산부족, 원거리 내사위, 근거리 내사위는 기본 내사위로 분류하였다.^[8] 계산 AC/A비는 Ogle 등과 같이 원거리에서와 근거리에서의 사위량을 측정하여 원거리와 근거리의 사위변화량을 이용하여 계산 AC/A비를 측정하였다.^[9,10]

$$\frac{AC}{A} = \text{피검사 } PD(cm) + \frac{\text{근거리사위량}(\Delta) - \text{원거리사위량}(\Delta)}{\text{근거리에서의 조절자극량}(D)}$$

경사 AC/A비는 원거리에서 (-) 렌즈를 0.00 D에서 -4.00 D까지 1.00 D 단위로 변화시켜 가며 조절을 자극하였고, 이 버전스에 해당하는 거리인 5 m, 1 m, 50 cm, 33 cm, 25 cm에서 각각 사위량을 측정하여 계산 AC/A비를 평가하였다.

3. 연구자료 처리 방법

통계 분석은 SPSS(Ver. 20.0 for Windows, SPSS Inc)의 대응 t-test를 이용하여 분석하였고, 유의도 수준은 α=0.05로 두고 유의확률(p-value)이 p<0.05 일 때 통계적으로 유의한 차이가 있다고 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 양안시 유형별 사위도와 양안 동공간 거리

전체 연구대상자를 Howell 카드사위법으로 측정된 원거리와 근거리의 사위도를 이용해 모간의 표준값을 기준으로 구분한 양안시 유형을 나타낸 것이다. 원거리 사위도는 개산과다에서 평균사위도 $-7.86 \pm 1.78 \Delta$ 로 가장 외편위되었고, 기본내사위에서 평균사위도 $+2.08 \pm 1.16 \Delta$ 로 가장 내편위 되었다. 전체 연구대상자의 원거리 평균 사위도는 $-1.74 \pm 1.12 \Delta$ 으로 나타났다. 주시거리 40 cm에서의 근거리 사위도는 기본외사위에서 평균사위도 $-7.91 \pm 1.87 \Delta$ 로 가장 외편위 되었고, 기본내사위에서 평균사위도 $+5.52 \pm 1.56 \Delta$ 로 가장 내편위 되었다. 전체 연구대상자의 근거리 평균 사위도는 $-3.62 \pm 1.47 \Delta$ 으로 나타났다. 폭주부족, 기본외사위, 정위, 개산부족 그룹은 주시거리가 가까워짐에 따라 외편위 되는 경향을 보였지만 개산과다, 폭주과다, 기본내사위 그룹은 내편위 되는 경향을 보였다(Table 2).

원거리 주시 양안 동공간 거리(IPD)와 근거리 주시 양안 동공간 거리(NIPD)의 평균과 표준편차를 나타낸 것이다. 원거리 주시 양안 동공간 거리의 평균은 62.27 ± 1.47 mm, 근거리 주시 양안 동공간거리는 58.84 ± 1.38 mm로 나타났다(Table 3).

2. 양안시 유형별 주시거리 변화에 따른 사위도

양안시 유형별 주시거리 자극에 따른 사위도를 측정한 결과는 양안시 유형에 따라 주시거리 자극의 크기와 근접성 폭주의 관여 정도에 따라 사위도는 다양하게 나타났다. 폭주과다 그룹에서 5 m 주시 시 사위도 $-0.83 \pm 0.81 \Delta$ 에서 25 cm 거리에서는 $+6.13 \pm 1.72 \Delta$ 로 $+6.96 \Delta$ 의 가장 큰

Table 2. Distribution of all Binocular Vision Types according to lateral phoria by Howell card phoria method

Phoria	n (%)	Near	
		Far	Near
		M±SD (Δ)	M±SD (Δ)
DE	9 (7.7)	-7.86±1.78	-5.14±1.54
CI	15 (12.8)	-1.89±1.21	-7.27±2.12
BEXO	19 (16.2)	-3.56±1.34	-7.91±1.87
ORTH	54 (46.2)	-1.02±0.98	-3.36±1.32
DI	6 (5.1)	+1.67±1.22	-0.78±0.72
CE	7 (6.0)	-0.83±0.81	+4.21±1.25
BESO	7 (6.0)	+2.08±1.16	+5.52±1.56
Total	117 (100.0)	-1.74±1.12	-3.62±1.47

M±SD: Mean±Standard deviation
 DE: divergence excessive, CI: convergence insufficiency, BEXO: basic exophoria, ORTH: orthophoria, DI: divergence insufficiency, CE: convergence excessive, BESO: basic esophoria
 (+): esodeviation, (-): exodeviation

Table 3. Mean and standard deviations for each Inter pupillary distances

Phoria	n (%)	IPD	
		M±SD (mm)	NIPD M±SD (mm)
DE	9 (7.7)	62.53±1.25	58.14±1.31
CI	15 (12.8)	62.04±0.98	60.43±1.16
BEXO	19 (16.2)	62.13±1.73	59.81±1.56
ORTH	54 (46.2)	62.38±1.14	58.57±0.96
DI	6 (5.1)	61.82±1.36	58.24±1.35
CE	7 (6.0)	62.73±1.54	57.34±1.51
BESO	7 (6.0)	61.90±1.64	57.76±1.60
Total	117 (100.0)	62.27±1.47	58.84±1.38

M±SD: Mean±Standard deviation
 IPD: inter pupillary distance
 NIPD: near inter pupillary distance

폭의 내편위 방향으로의 변화를 보였다. 그리고 정위그룹은 5 m 주시 시 사위도 $-1.02 \pm 0.98 \Delta$ 에서 25 cm 거리에서는 $-4.18 \pm 2.34 \Delta$ 로 -3.16Δ 의 가장 작은 폭의 외편위 방향으로의 변화를 보였다. 물체가 근접해 있다는 인식하므로 수반되는 근접성 폭주량은 개산과다에서 33 cm 주시 시 3.90 Δ, 폭주부족에서 50 cm 주시 시 1.15 Δ, 기본외사위에서 33 cm 주시 시 2.54 Δ, 정위에서 50 cm 주시 시 2.61 Δ, 개산부족에서 33 cm 주시 시 2.25 Δ, 폭주과다에서 33 cm 주시 시 3.41 Δ, 기본내사위에서 33 cm 주시 시 3.78 Δ으로 각 양안시 유형에서 가장 크게 나타났다 (Table 4).

3. 양안시 유형별 렌즈도수가입 변화에 따른 사위도

양안시 유형별 원거리 5m의 근접성 폭주를 배제한 상태에서 렌즈도수가입 자극만으로 사위도의 변화를 측정하였다. 기본외사위 그룹에서 0.00 D 가입 시 사위도 $-3.56 \pm 1.34 \Delta$ 에서 -4.00 D 가입 시 $-12.15 \pm 2.07 \Delta$ 로 -8.59Δ 의 가장 큰 폭의 외편위 방향으로의 변화를 보였다. 그리고 기본내사위 그룹은 0.00 D 가입 시 사위도 $+2.08 \pm 1.16 \Delta$ 에서 -4.00 D 가입 시 $+3.72 \pm 1.96 \Delta$ 로 $+1.64 \Delta$ 의 가장 작은 폭의 내편위 방향으로의 변화를 보였다. 모든 양안시 유형에서 근접성 폭주의 관여가 없으므로 주시거리 자극에 의한 폭주량에 비하여 작게 나타났다(Table 5).

4. 계산 AC/A비와 경사 AC/A비의 비교

개산 과다 그룹에서의 각 주시거리와 렌즈도수가입에 따른 조절자극에 의한 AC/A비를 구한 결과, 계산 AC/A비와 경사 AC/A비의 차이는 주시거리 25 cm와 렌즈 -4.00 D로 조절자극 시켰을 때의 계산 AC/A비는 $7.47 \pm 1.83 \Delta/D$, 경사 AC/A비는 $5.80 \pm 2.67 \Delta/D$ 로 차이가 $1.67 \Delta/D (p=0.031)$

Table 4. Mean and standard deviations of lateral phoria according to fixation distance in the binocular vision types

BVT	Distance	5 m	1 m	50 cm	33 cm	25 cm
		M±SD (Δ)	M±SD (Δ)	M±SD (Δ)	M±SD (Δ)	M±SD (Δ)
DE		-7.86±1.78	-7.52±1.54	-5.98±1.04	-3.48±1.61	-2.98±2.79
CI		-1.89±1.21	-4.62±1.23	-5.17±1.54	-7.56±2.13	-8.24±1.54
BEXO		-3.56±1.34	-5.96±1.41	-7.13±1.62	-8.24±1.54	-9.67±2.21
ORTH		-1.02±0.98	-2.52±1.32	-3.06±0.94	-3.47±1.62	-4.18±2.34
DI		+1.67±1.22	+0.76±0.61	-0.63±0.87	-2.03±1.34	-3.64±1.61
CE		-0.83±0.81	-0.52±1.03	+2.97±1.25	+5.57±2.26	+6.13±1.72
BESO		+2.08±1.16	+2.84±1.24	+4.71±1.36	+6.55±1.39	+7.38±1.86

M±SD: Mean±Standard deviation, BVT: binocular vision types
(+): esodeviation, (-): exodeviation

Table 5. Mean and standard deviations of lateral phoria according to additions in the binocular vision types

BVT	Additions	0.00 D	-1.00 D	-2.00 D	-3.00 D	-4.00 D
		M±SD (Δ)	M±SD (Δ)	M±SD (Δ)	M±SD (Δ)	M±SD (Δ)
DE		-7.86±1.78	-8.81±1.65	-8.60±2.03	-7.38±2.35	-6.05±1.97
CI		-1.89±1.21	-4.73±1.54	-6.32±1.62	-8.64±2.08	-9.37±2.26
BEXO		-3.56±1.34	-6.17±1.32	-9.43±1.72	-10.78±1.32	-12.15±2.07
ORTH		-1.02±0.98	-3.07±1.32	-4.67±1.57	-5.74±1.65	-5.93±1.84
DI		+1.67±1.22	+0.32±0.71	-2.44±1.34	-4.28±2.25	-5.82±2.13
CE		-0.83±0.81	-0.68±1.01	+0.43±1.62	+2.16±1.65	+2.75±1.74
BESO		+2.08±1.16	+2.21±1.31	+2.38±1.64	+2.77±1.75	+3.72±1.96

M ± SD: Mean ± Standard deviation, BVT: binocular vision types
(+): esodeviation, (-): exodeviation

로 가장 크게 나타났으며, 다음으로 주시거리 33 cm와 렌즈 -3.00 D로 조절자극 시켰을 때의 차이가 1.61 Δ/D ($p=0.034$), 주시거리 50 cm와 렌즈 -2.00 D로 조절자극 시켰을 때의 차이가 1.31 Δ/D ($p=0.047$), 주시거리 1 m와 렌즈 -1.00 D로 조절자극 시켰을 때의 차이가 1.29 Δ/D ($p=0.049$) 순으로 나타났다. 원거리에서 외편위 경향을 보였으며 다른 양안시 유형에 비하여 근접성 폭주가 커서 계산 AC/A비가 경사 AC/A비 보다 모든 주시거리에서 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 6) (Fig. 1).

폭주 부족 그룹에서의 각 주시거리와 렌즈도수가입에 따른 조절자극에 의한 AC/A비를 구한 결과, 계산 AC/A비와 경사 AC/A비의 차이는 주시거리 50 cm와 렌즈도수

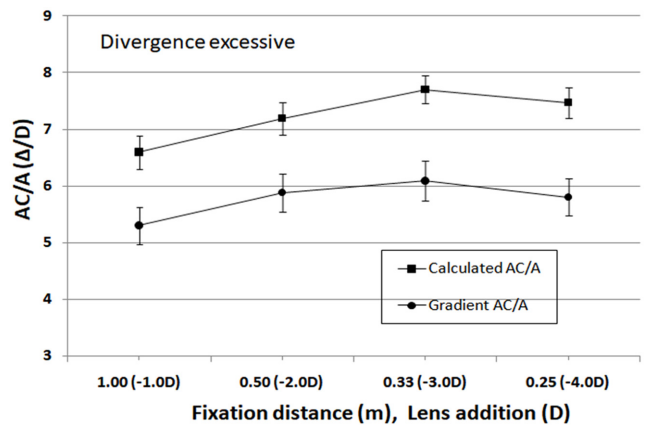


Fig. 1. Mean and standard errors of the calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio in divergence excess.

Table 6. Mean and standard deviations of the calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio in divergence excess

Distance	Calculated AC/A	Addition	Gradient AC/A	Difference of mean	t/p-value
	M±SD (Δ/D)		M±SD (Δ/D)		
1 m	6.59±1.87	-1.00 D	5.30±1.35	1.29*	2.32/0.049
50 cm	7.19±1.21	-2.00 D	5.88±1.07	1.31*	2.34/0.047
33 cm	7.70±1.94	-3.00 D	6.09±1.84	1.61*	2.56/0.034
25 cm	7.47±1.83	-4.00 D	5.80±2.67	1.67*	2.61/0.031

t: t-distribution, M±SD: Mean±Standard deviation

* $p<0.05$

Table 7. Mean and standard deviations of the calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio in convergence insufficiency

Distance	Calculated AC/A	Addition	Gradient AC/A	Difference of mean	t/p-value
	M±SD (Δ/D)		M±SD (Δ/D)		
1 m	3.47±0.86	-1.00 D	3.36±1.28	0.11	0.38/0.709
50 cm	4.56±1.18	-2.00 D	3.99±0.92	0.57	2.02/0.062
33 cm	4.33±0.95	-3.00 D	3.95±1.17	0.38	1.34/0.201
25 cm	4.61±1.15	-4.00 D	4.33±1.06	0.28	0.98/0.343

t: t-distribution, M±SD: Mean±Standard deviation
*p<0.05

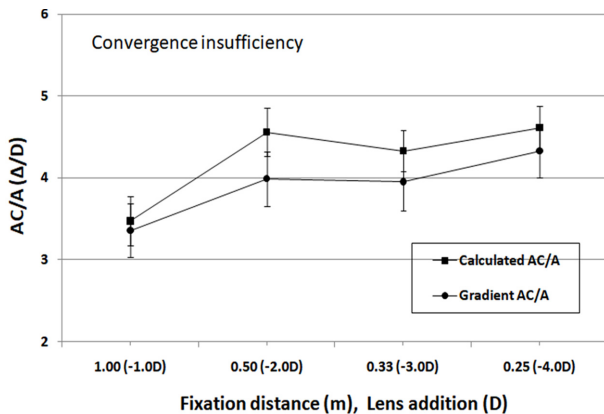


Fig. 2. Mean and standard errors of the calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio in convergence insufficiency.

가입 -2.00 D로 조절자극 시켰을 때. 계산 AC/A비는 4.56±1.18 Δ/D, 경사 AC/A비는 3.99±0.92 Δ/D로 차이가 0.57 Δ/D(p=0.062)로 가장 크게 나타났으며 주시거리 1m와 렌즈 -1.00 D로 조절자극 시켰을 때의 차이가 0.11 Δ/D로 가장 작은 것으로 나타났다. 대체적으로 계산 AC/A비가 경사 AC/A비 보다 조금 큰 것으로 나타났으나 근거리에서 외편위 되는 경향을 보여 모든 주시거리에서 근접성 폭주기가 작아서 낮은 계산 AC/A비로 경사 AC/A비와의 통계적 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table 7)(Fig. 2).

기본 외사위 그룹에서의 각 주시거리와 렌즈도수가입에 따른 조절자극에 의한 AC/A비를 구한 결과, 계산 AC/A비와 경사 AC/A비의 차이는 주시거리 50 cm와 렌즈도수가입 -2.00 D로 조절자극 시켰을 때. 계산 AC/A비는

4.43±1.23 Δ/D, 경사 AC/A비는 3.28±1.14 Δ/D로 차이가 1.15 Δ/D(p=0.000)로 가장 크게 나타났으며, 다음으로 주시거리 33 cm와 렌즈 -3.00 D로 조절자극 시켰을 때의 차이가 0.86 Δ/D(p=0.006), 주시거리 25 cm와 렌즈 -4.00 D로 조절자극 시켰을 때의 차이가 0.62 Δ/D(p=0.037)로 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 주시거리 1m와 렌즈 -1.00 D로 조절자극 시켰을 때의 차이가 0.21 Δ/D로 가장 작은 것으로 나타났다(Table 8)(Fig. 3).

정위 그룹에서의 각 주시거리와 렌즈도수가입에 따른 조절자극에 의한 AC/A비를 구한 결과, 계산 AC/A비와 경사 AC/A비의 차이는 주시거리 50 cm와 렌즈도수가입 -2.00 D로 조절자극 시켰을 때. 계산 AC/A비는 5.22±2.14 Δ/D, 경사 AC/A비는 4.41±2.06 Δ/D로 차이가 0.81 Δ/D(p=0.019)로 가장 크게 나타났으며, 다음으로 주시거리 33 cm와 렌즈 -3.00 D로 조절자극 시켰을 때의 차이가 0.76 Δ/D

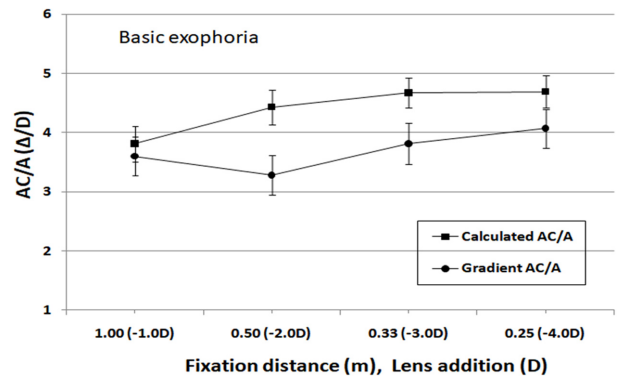


Fig. 3. Mean and standard errors of the calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio in basic exophoria.

Table 8. Mean and standard deviations of the calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio in basic exophoria

Distance	Calculated AC/A	Addition	Gradient AC/A	Difference of mean	t/p-value
	M±SD (Δ/D)		M±SD (Δ/D)		
1 m	3.81±1.17	-1.00 D	3.60±0.95	0.21	0.76/0.457
50 cm	4.43±1.23	-2.00 D	3.28±1.14	1.15*	4.17/0.000
33 cm	4.67±0.92	-3.00 D	3.81±1.27	0.86*	3.12/0.006
25 cm	4.69±1.07	-4.00 D	4.07±1.20	0.62*	2.25/0.037

t: t-distribution, M±SD: Mean±Standard deviation
*p<0.05

Table 9. Mean and standard deviations of the calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio in orthophoria

Distance	Calculated AC/A	Addition	Gradient AC/A	Difference of mean	t/p-value
	M±SD (Δ/D)		M±SD (Δ/D)		
1 m	4.74±2.20	-1.00 D	4.19±2.39	0.55	1.76/0.084
50 cm	5.22±2.14	-2.00 D	4.41±2.06	0.81*	2.42/0.019
33 cm	5.43±1.86	-3.00 D	4.67±2.57	0.76*	2.38/0.021
25 cm	5.45±1.95	-4.00 D	5.01±2.41	0.44	1.43/0.159

t: t-distribution, M±SD: Mean±Standard deviation
*p<0.05

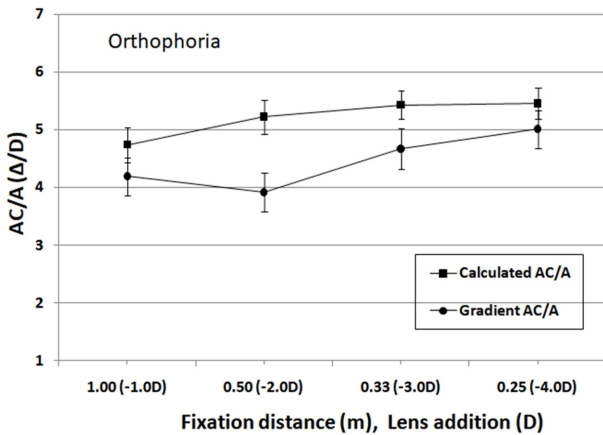


Fig. 4. Mean and standard errors of the calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio in orthophoria.

(p=0.021)로 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 주시거리 25 cm와 렌즈 -4.00 D로 조절자극 시켰을 때의 차이가 0.44 Δ/D로 가장 작은 것으로 나타났다(Table 9)(Fig. 4).

개산 부족 그룹에서의 각 주시거리와 렌즈도수가입에 따른 조절자극에 의한 AC/A비를 구한 결과, 계산 AC/A비와 경사 AC/A비의 차이는 주시거리 50 cm와 렌즈도수가입 -2.00 D로 조절자극 시켰을 때. 계산 AC/A비는 5.03±1.16 Δ/D, 경사 AC/A비는 4.13±0.86 Δ/D로 차이가 0.90 Δ/D(p=0.105)로 가장 크게 나타났으며 주시거리 1 m와 렌즈 -1.00 D로 조절자극 시켰을 때의 차이가 0.44 Δ/D (p=0.338)로 가장 작은 것으로 나타났다. 대체적으로 계산 AC/A비는 경사 AC/A비 보다 조금 큰 것으로 나타났다. 원거리에서 내편위를 보였으며 모든 주시거리에서 근접성

폭주가 작아 계산AC/A비와 경사AC/A비의 차이는 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다(Table 10)(Fig. 5).

폭주 과다 그룹에서의 각 주시거리와 렌즈도수가입에 따른 조절자극에 의한 AC/A비를 구한 결과, 계산 AC/A비와 경사 AC/A비의 차이는 주시거리 50 cm와 렌즈도수가입 -2.00 D로 조절자극 시켰을 때. 계산 AC/A비는 8.17±0.92 Δ/D, 경사 AC/A비는 6.90±1.09 Δ/D로 차이가 1.27 Δ/D (p=0.016)로 가장 크게 나타났으며, 다음으로 주시거리 33 cm와 렌즈 -3.00 D로 조절자극 시켰을 때의 차이가 1.11 Δ/D (p=0.030)로 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 주시거리 1 m와 렌즈 -1.00 D로 조절자극 시켰을 때의 차이가 0.46 Δ/D로 가장 작은 것으로 나타났다. 근거리에서 내편 위 되는 경향을 보여 원거리에서 조절성 폭주와 근접성 폭주가 그다지 크지 않지만 근거리에서 조절성 폭주로 인

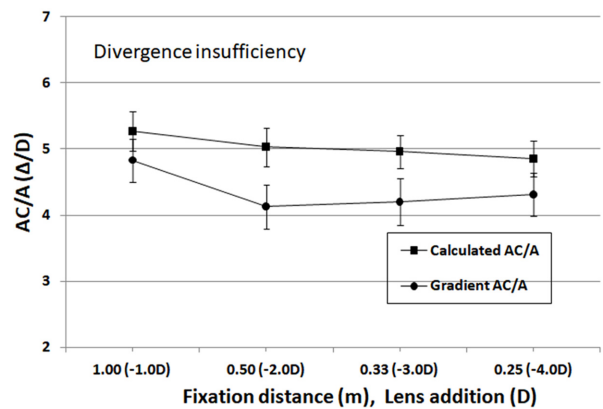


Fig. 5. Mean and standard errors of the calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio in divergence insufficiency.

Table 10. Mean and standard deviations of the calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio in divergence insufficiency

Distance	Calculated AC/A	Addition	Gradient AC/A	Difference of mean	t/p-value
	M±SD (Δ/D)		M±SD (Δ/D)		
1 m	5.27±0.82	-1.00 D	4.83±1.17	0.44	1.06/0.338
50 cm	5.03±1.16	-2.00 D	4.13±0.86	0.90	1.98/0.105
33 cm	4.96±0.94	-3.00 D	4.20±1.07	0.76	1.87/0.120
25 cm	4.85±1.03	-4.00 D	4.31±1.01	0.54	1.32/0.244

t: t-distribution, M±SD: Mean±Standard deviation
*p<0.05

Table 11. Mean and standard deviations of calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio in convergence excess

Distance	Calculated AC/A	Addition	Gradient AC/A	Difference of mean	t/p-value
	M±SD (Δ/D)		M±SD (Δ/D)		
1 m	6.58±0.85	-1.00 D	6.12±1.12	0.46	1.21/0.272
50 cm	8.17±0.92	-2.00 D	6.90±1.09	1.27*	3.34/0.016
33 cm	8.38±0.97	-3.00 D	7.27±1.04	1.11*	2.83/0.030
25 cm	8.01±1.05	-4.00 D	7.17±0.96	0.84	2.24/0.066

t: t-distribution, M±SD: Mean±Standard deviation
*p<0.05

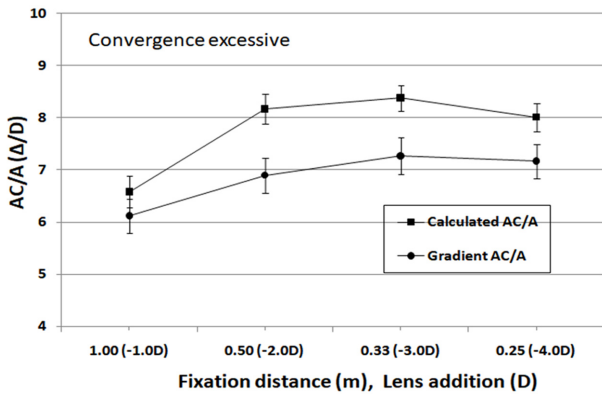


Fig. 6. Mean and standard errors of the calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio in convergence excess.

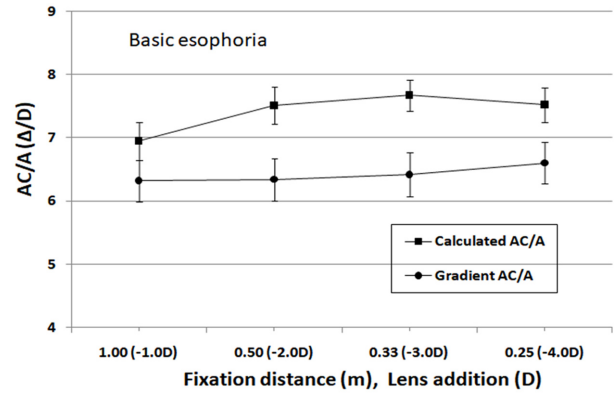


Fig. 7. Mean and standard errors of the calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio in basic esophoria.

한 경사 AC/A비도 크지만 근접성 폭주까지 더해진 계산 AC/A비는 더 높게 나타났다(Table 11)(Fig. 6).

기본 내사위 그룹에서의 각 주시거리와 렌즈도수가입에 따른 조절자극에 의한 AC/A비를 구한 결과, 계산 AC/A비와 경사 AC/A비의 차이는 주시거리 33 cm와 렌즈도수가입 -3.00 D로 조절자극 시켰을 때, 계산 AC/A비는 7.67±0.89 Δ/D, 경사 AC/A비는 6.42±0.93 Δ/D로 차이가 1.25 Δ/D(p=0.024)로 가장 크게 나타났으며, 다음으로 주시거리 50 cm와 렌즈 -2.00 D로 조절자극 시켰을 때의 차이가 1.17 Δ/D(p=0.029)로 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 주시거리 1 m와 렌즈 -1.0 D로 조절자극 시켰을 때의 계산 AC/A비는 6.95±0.96 Δ/D, 경사 AC/A비는 6.32±1.07 Δ/D로 차이가 0.63Δ/D로 가장 작은 것으로 나타났다(Table 12)(Fig. 7).

각 그룹에서의 주시거리 조절자극에 따른 계산 AC/A비의 반복측정 분산분석을 한 결과, 개산과다 그룹은 1 m에서의 계산 AC/A비와 33 cm, 25 cm에서 계산 AC/A비의 차이(p=0.015), 폭주부족 그룹은 1 m에서의 계산 AC/A비와 50 cm, 33 cm, 25 cm에서 계산 AC/A비의 차이(p=0.006), 기본 외사위 그룹은 1 m에서의 계산 AC/A비와 33 cm, 25 cm에서 계산 AC/A비의 차이(p=0.033), 폭주과다 그룹은 1 m에서의 계산 AC/A비와 50 cm, 33 cm, 25 cm에서 계산 AC/A비의 차이(p=0.011), 기본 내사위 그룹은 1 m에서의 계산 AC/A비와 33 cm에서 계산 AC/A비의 차이(p=0.045)가 통계적으로 유의함을 보였다. 주시거리 1 m에서는 근접성 폭주가 그다지 크게 나타나지 않아 계산 AC/A비가 대체로 낮지만 근거리에서는 조절성 폭주에 근접성 폭주까지 더해진 계산 AC/A비가 더 높게 나타나 유의한

Table 12. Mean and standard deviations of calculated AC/A ratio and gradient AC/A ratio in basic esophoria

Distance	Calculated AC/A	Addition	Gradient AC/A	Difference of mean	t/p-value
	M±SD (Δ/D)		M±SD (Δ/D)		
1 m	6.95±0.96	-1.00 D	6.32±1.07	0.63	1.51/0.182
50 cm	7.51±1.32	-2.00 D	6.34±0.86	1.17*	2.85/0.029
33 cm	7.67±0.89	-3.00 D	6.42±0.93	1.25*	3.01/0.024
25 cm	7.52±0.84	-4.00 D	6.60±1.27	0.92	2.28/0.063

t: t-distribution, M±SD: Mean±Standard deviation
*p<0.05

Table 13. Mean and standard deviations of the calculated AC/A ratio according to distance in binocular vision types. Repeated measures ANOVA test with LSD^a

BVT	Distance	1 m (a)	50 cm (b)	33 cm (c)	25 cm (d)	F/p-value	LSD ^a
		M±SD (Δ/D)	M±SD (Δ/D)	M±SD (Δ/D)	M±SD (Δ/D)		
	DE	6.59±1.87	7.19±1.21	7.70±1.94	7.47±1.83	4.26/0.015	c,d>a
	CI	3.47±0.86	4.56±1.18	4.33±0.95	4.61±1.15	4.78/0.006	b,c,d>a
	BEXO	3.81±1.17	4.43±1.23	4.67±0.92	4.69±1.07	3.14/0.033	c,d>a
	ORTH	4.74±2.20	5.22±2.14	5.43±1.86	5.45±1.95	2.47/0.064	-
	DI	5.27±0.82	5.03±1.16	4.96±0.94	4.85±1.03	2.86/0.072	-
	CE	6.58±0.85	8.17±0.92	8.38±0.97	8.01±1.05	5.03/0.011	b,c,d>a
	BESO	6.95±0.96	7.51±1.32	7.67±0.89	7.52±0.84	3.28/0.045	c>a

M±SD: Mean±Standard deviation, BVT: binocular vision types

^aAdjustment for multiple comparisons: least significant difference, F: F-distribution

*p<0.05

Table 14. Mean and standard deviations of the gradient AC/A ratio according to additions in binocular vision types. Repeated measures ANOVA test with LSD^a

BVT	Additions	-1.00 D (a)	-2.00 D (b)	-3.00 D (c)	-4.00 D (d)	F/p-value	LSD ^a
		M±SD (Δ/D)	M±SD (Δ/D)	M±SD (Δ/D)	M±SD (Δ/D)		
	DE	5.30±1.35	5.88±1.07	6.09±1.84	5.80±2.67	2.94/0.054	-
	CI	3.36±1.28	3.99±0.92	3.95±1.17	4.33±1.06	2.65/0.061	-
	BEXO	3.60±0.95	3.28±1.14	3.81±1.27	4.07±1.20	2.66/0.057	-
	ORTH	4.19±2.39	4.41±2.06	4.67±2.57	5.01±2.41	2.38/0.072	-
	DI	4.83±1.17	4.13±0.86	4.20±1.07	4.31±1.01	2.11/0.142	-
	CE	6.12±1.12	6.90±1.09	7.27±1.04	7.17±0.96	3.89/0.026	c,d>a
	BESO	6.32±1.07	6.34±0.86	6.42±0.93	6.60±1.27	1.76/0.191	-

M±SD: Mean±Standard deviation, BVT: binocular vision types

^aAdjustment for multiple comparisons: least significant difference, F: F-distribution

*p<0.05

차이를 보이는 것으로 생각된다(Table 13).

각 그룹에서의 렌즈도수가입에 따른 조절자극에 의한 경사 AC/A비의 반복측정 분산분석을 한 결과, 폭주과다 그룹은 1 m에서의 경사 AC/A비와 33 cm, 25 cm에서의 경사 AC/A비(p=0.026)가 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 원거리 5 m의 근접성 폭주가 없는 상태에서 렌즈도수가입 자극으로 측정된 근거리 경사 AC/A비의 경우, 폭주과다 그룹에서는 조절성폭주가 크게 작용하여 1 m 경사 AC/A비와 유의한 차이를 보인다고 생각된다(Table 14).

경사 AC/A비의 경우 일정한 거리에서 렌즈를 사용하여 측정하고, 계산 AC/A비의 경우 근거리에서 각각 사위량을 측정하여 계산하는 것이 일반적이지만 실제 시생활에서는 다양한 거리에 위치하는 사물을 주시하게 된다. 이에 본 연구에서는 다양한 검사 거리에서 평가하여 실제 시생활에서 AC/A비의 변화를 알아보려고 하였다.

사위도 측정에서 폭주부족, 기본외사위, 정위, 개산부족 그룹은 주시거리가 가까워짐과 (-) 렌즈를 가입하였을 때, 즉 조절자극을 더하는 방향으로 조절됨에 따라 사위도는

외편위 쪽으로 변화하였으며 개산과다, 폭주과다, 기본내사위 그룹은 조절자극을 더하는 방향으로 조절됨에 따라 사위도는 내편위 방향으로 변화하는 양상을 보였다. 이는 조절자극에 대한 각 양안시 유형별 조절여력과 폭주여력의 상반된 영향에 기인하는 것으로 생각된다. 이는 박^[11]과 이^[12]의 연구의 결과와 일치함을 보였다. 양안시 유형별 분류를 통하여 주시거리 자극과 렌즈도수가입 자극에 의한 사위도를 비교한 결과, 주시거리 50 cm~25 cm, 렌즈도수가입 -2.00 D~-4.00 D에서 주로 사위도 차이가 크게 측정되었다. 이는 보통 주시거리 50 cm 쯤에서부터 물체가 가까이 있다는 인식으로 생겨나는 근접성 폭주가 일어나는 것으로 생각되며 주시거리가 가까워질수록 근접성 폭주량이 커지는 경향을 보였지만 주시거리가 25 cm 이상에서는 조절지체가 커져 폭주량의 변화폭이 감소되었다. 이는 성, 김에 의한 연구의 경향과 일치한다고 판단된다.^[6,14] 개산과다, 폭주과다, 기본내사위 그룹에서는 높은 계산 AC/A비가 나타났고 개산부족, 폭주부족, 기본외사위 그룹에서는 낮은 계산 AC/A비가 나타난 것은 한 등^[14]의 연구

에서 양안시 유형별 주시거리 자극에 따라 조절지체가 서로 다르게 발생되어, 근접성 폭주가 관여한 것이라고 결론 내려 본 연구에서도 이에 기인하는 것으로 판단된다. 양안시 유형에서 주시거리가 가까워질수록 계산 AC/A비가 경사 AC/A비보다 더 커지는 것은 근거리 편위량은 근접성 조절, 근접성폭주, 홍채 괄약근 등의 협동안운동으로 영향을 받지만 원거리 편위량은 근접성 요소의 영향을 받지 않기 때문이다.^[15] 계산 AC/A비는 기준이 되는 5 m거리에서 측정된 사위도와 각 주시거리 1 m, 50 cm, 33 cm, 25 cm에서 측정된 사위도로 계산하므로 이때 주시거리 자극에 따른 폭주량에는 조절성 폭주량과 근접성 폭주량이 포함된다. 그러나 5 m 원거리에서 렌즈도수가입 자극에 따른 원거리 경사 AC/A비는 본래 근접성 폭주가 없는 상태에서 측정되어 조절성 폭주량만 있어 계산 AC/A비 보다 낮게 나타나는 것이다.^[16]

결 론

Howell 카드사위법을 이용하여 주시거리 5 m, 1 m, 50 cm, 33 cm, 25 cm 순으로 사위도를 측정하고, 가입렌즈의 도수 0.00 D, -1.00 D, -2.00 D, -3.00 D, -4.00 D 순으로 사위도를 측정한 후 이를 바탕으로 계산 AC/A비와 경사 AC/A비를 계산하여 양안시 유형에 따라 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 주시거리 자극에 따른 사위도 변화와 렌즈도수가입 자극에 따른 사위도 변화는 폭주부족, 기본외사위, 정위, 개산부족 그룹은 주시거리가 가까워질수록 또 가입렌즈의 도수가 음(-)의 방향으로 커질수록 외편위되는 경향을 보였고 개산과다, 폭주과다, 기본내사위 그룹은 주시거리가 가까워질수록, (-)가입렌즈의 도수가 커질수록 내편위로 변화하였다. 둘째, 양안시 유형별 주시거리 자극과 렌즈도수가입 자극에 따른 사위도 차이 즉 근접성 폭주량은 개산과다에서 33 cm 주시 시 3.90 △, 폭주부족에서 50 cm 주시 시 1.15 △, 기본외사위에서 33 cm 주시 시 2.54 △, 정위에서 33 cm 주시 시 2.27 △, 개산부족에서 33 cm 주시 시 2.25 △, 폭주과다에서 33 cm 주시 시 3.41 △, 기본내사위에서 33 cm 주시 시 3.76 △으로 각각 가장 크게 나타났다. 셋째, 조절성 폭주량과 근접성 폭주량이 포함된 계산AC/A비는 조절성 폭주량만 있는 경사AC/A비 보다 높게 나타났다. 넷째, 계산 AC/A비와 경사 AC/A비의 차이는 정위(50 cm/ $p=0.019$, 33 cm/ $p=0.021$), 기본 외사위(50 cm/ $p=0.000$, 33 cm/ $p=0.006$, 25 cm/ $p=0.037$), 개산과다(1 m/ $p=0.049$, 50 cm/ $p=0.047$, 33 cm/ $p=0.034$, 25 cm/ $p=0.031$), 기본 내사위(50 cm/ $p=0.029$, 33 cm/ $p=0.024$), 폭주과다(50 cm/ $p=0.016$, 33 cm/ $p=0.030$)에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 이에 임상에

서 양안시 이상을 검사 할 때, +1.00 D 렌즈를 가입하여 일반적인 경사AC/A비의 측정과 함께 원거리에서부터 주시거리 자극에 의한 계산 AC/A비와 원거리에서 렌즈도수가입 자극에 의한 원거리 경사 AC/A비를 측정하여 양안시 처방에 유용한 자료로 활용하는 것이 바람직하다고 사료되어진다.

감사의 글

본 연구는 2020년 경운대학교 교내 연구비의 지원으로 수행 되었습니다.

REFERENCES

- [1] Bahn JE. Effects of interpupillary distance and AC/A ratio on binocular fusion and depth perception. MS Thesis. Yonsei University, Seoul. 2002;7-8.
- [2] Sung PJ. Optometry, 2nd Ed. Seoul: Daihakseolim, 2002; 277-290.
- [3] Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders, 3rd Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008;4-6.
- [4] Ma KJ. Binocular vision examination, 2nd Ed. Seoul: Daihakseolim, 2007;29.
- [5] Kim JD, Kim HJ, Hwang JH. Relation between gradient and calculated AC/A ratios according to binocular vision types. Korean J Vis Sci. 2012;14(4):373-380.
- [6] Sung PJ. Optometry, 7th Ed. Seoul: Daihakseolim, 2011; 195-276.
- [7] Park SY. Measurements of heterophoria by alternative cover method using a color filters. MS Thesis. Kyungwoon University, Gumi. 2010;1-44.
- [8] Ma KJ. Binocular vision examination, 2nd Ed. Seoul: Daihakseolim, 2007;126.
- [9] Han GA. Study on proximal convergence/accommodation(PC/A) ratio by comparison of gradient AC/A ratio and calculated AC/A ratio. MS Thesis. Sehan University, Yeongam. 2004;3-4.
- [10] Christoferson KW, Ogle KN. The effect of homatropine on the accommodation-convergence association. AMA Arch Ophthalmol. 1956;55(6):779-791. DOI: <https://doi.org/10.1001/archophth.1956.00930030783003>
- [11] Park SJ. The evaluation of accommodative convergence/accommodation ratio by the measuring methods. MS Thesis. Kyungwoon University, Gumi. 2011;2.
- [12] Lee SH. A study on the stimulus AC/A ratio and response AC/A ratio by phorias. MS Thesis. Kyungwoon University, Gumi. 2014;5-7.
- [13] Kim JD. Clinical optometry and binocular abnormality prescription, 3rd Ed. Seoul: Shinkwang Publisher, 2010;157.

- [14] Han GA, Sung AY. Study on proximal convergence/accommodation(PC/A) ratio by comparison of gradient AC/A ratio and calculated AC/A ratio. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2004;9(2):223-231.
- [15] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. St.Louis: Butterworth-Heinemann, 2006;173.
- [16] Ma KJ. Binocular vision examination, 2nd Ed. Seoul: Daihakseolim, 2007;80-83.

양안시 유형별 계산 AC/A비와 경사 AC/A비의 비교

이윤경¹, 홍성일², 곽호원^{2,*}

¹경운대학교 보건학과, 학생, 구미 39160

²경운대학교 안경광학과, 교수, 구미 39160

투고일(2020년 8월 11일), 수정일(2020년 8월 24일), 게재확정일(2020년 8월 27일)

목적: 본 연구는 Howell 카드사위법을 이용하여 주시거리별 사위도를 측정 한 후 연구대상자를 양안시 유형별로 분류하여 주시거리 자극과 렌즈도수가입 자극에 따른 계산 AC/A비와 경사 AC/A비를 비교·분석하여 양안시 이상의 검사와 처방에 필요한 임상적 자료를 얻고자 한다. **방법:** 연구대상은 남녀 대학생 117명(남자 84명, 여자 33명, 평균나이 20.89±1.83세)로 하였으며 대상자의 양안시 유형은 Morgan의 표준값에 의해 분류한 다음 Howell 카드사위법을 이용하여 사위도를 측정하여 계산 AC/A비와 경사 AC/A비를 구하였다. **결과:** 주시거리 자극과 렌즈도수가입 자극에 따른 사위도 변화는 주시거리가 가까워짐에 따라 폭주부족, 기본 외사위, 정위, 개산부족 그룹은 외편위 되는 경향을 보였고 개산과다, 폭주과다, 기본 내사위 그룹은 내편위 되는 경향을 보였다. 주시거리 자극에 의한 계산 AC/A비는 조절성 폭주량과 근접성 폭주량이 포함되어 조절성 폭주량만 있는 경사 AC/A비 보다 높게 나타났다. 계산 AC/A비와 경사 AC/A비의 차이는 개산과다(1 m $p=0.049$, 50 cm $p=0.047$, 33 cm $p=0.034$, 25 cm $p=0.031$), 기본 외사위(50 cm $p=0.000$, 33 cm $p=0.006$, 25 cm $p=0.037$), 정위(50 cm $p=0.019$, 33 cm $p=0.021$), 폭주과다(50 cm $p=0.016$, 33 cm $p=0.030$), 기본 내사위(50 cm $p=0.029$, 33 cm $p=0.024$) 에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. **결론:** 모든 양안시 유형에서 근접성 폭주가 포함 된 계산 AC/A비는 경사 AC/A비보다 크게 나타났다. 이에 임상에서 양안시 이상을 검사 및 처방할 때, 계산 AC/A비와 경사 AC/A비를 함께 고려하여 적용할 필요가 있다고 생각되어진다.

주제어: 양안시 유형, 근접성 폭주, 계산 AC/A비, 경사 AC/A비, Howell 카드사위법