

가입렌즈 도수와 프리즘 굴절력 변화에 따른 반응 AC/A비와 CA/C비 비교

노병호, 유동식, 손정식, 곽호원*

경운대학교 안경광학과, 구미 39160

투고일(2015년 7월 30일), 수정일(2015년 8월 18일), 게재확정일(2015년 9월 8일)

목적: 가입렌즈 도수 변화에 따른 반응 AC/A비와 프리즘 굴절력 변화에 따른 CA/C비를 측정하고, 이 두 변수와 PD 및 상대조절력과의 상관관계, 반응 AC/A비의 역수와 CA/C비 사이의 평균차이를 비교하여 임상에서 굴절력 및 프리즘 처방의 자료로 활용하고자 한다. **방법:** 20대 대학생(평균 22.62±2.84세) 62명(남 50명, 여12명)을 대상으로 주시거리 40 cm에서 하웰시표(Howell card)와 개방형굴절력계(Nvision-K 5001, Shin nippon)를 이용하여 가입렌즈 도수 변화에 따른 반응 AC/A비를 측정하였고, CA/C비는 Wesson fixation card(WFC Bernell, USA) 이면의 DOG시표와 개방형굴절력계를 사용하여 프리즘 굴절력 변화에 따른 CA/C비를 측정하였다. **결과:** 가입렌즈 도수 변화에 따른 조절반응량이 프리즘 굴절력 변화에 따른 조절반응량보다 통계적으로 유의한 차이가 크게 나타났다. 동공간 거리와 반응 AC/A비의 설명변량 $R^2=0.025$ 으로 나타났으며, PD와 CA/C비는 설명변량 $R^2=0.009$ 으로 나타났다. 상대조절력과 반응 AC/A비의 설명변량 $R^2=0.064$ 으로 나타났으며 상대조절력과 CA/C비의 설명변량 $R^2=0.321$ 로 상대조절력과의 예측가능한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 반응 AC/A비와 CA/C비의 설명변량 $R^2=0.126$ 으로 낮은 상관관계가 있는 것으로 나타났다($p=0.000$). 반응 AC/A비의 역수와 CA/C비 사이의 평균차이는 $0.12\pm 0.06D/\Delta$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.000$). **결론:** 상대조절력과 CA/C비의 상관관계는 상대조절력이 높은 사람일수록 폭주 자극에 대한 폭주성 조절반응량이 큰 것으로 나타났다. 반응 AC/A비의 역수와 CA/C비는 통계적으로 유의한 차이를 보이므로 독립적인 변수로 임상에서 낮은 AC/A비를 가진 환자라도 높은 CA/C비를 가질 수 있다. 이에 양안시 이상에서 프리즘을 처방 할 경우 AC/A비가 정상범위라 하더라도 CA/C비는 다를 수 있어 반드시 조절반응량을 고려한 처방이 되어야 한다.

주제어: 조절반응량, 폭주성조절량, 상대조절력, 반응AC/A비, CA/C비

서 론

조절(accommodation) 과 폭주(convergence)는 협동안운동(synkinetic eye movement) 기전의 피드백 과정(feed back loop)을 통해 동시에 발생한다. 망막에 상의 흐림(blur)으로 인해 중추신경계에서 섬모체근(ciliary muscle)에 조절 신경이 전달되고 이 때 중추신경계에서 모양체근의 전달 과정과 동시에 외안근(extraocular muscles)에도 신경이 전달되어 폭주가 발생되게 되는데 이때 발생하는 폭주를 조절성 폭주(accommodative convergence)라고 한다. 망막에 시차(disparity)로 인하여 중추신경계에서 외안근에 신경 전달 과정과 동시에 섬모체근에 신경이 전달되어 조절을 발생시키는 데 이때 발생하는 조절을 폭주성 조절(convergence accommodation)이라 한다.^[1] 양안시 이상 처방에서 기본이 되는 조절성폭주비인 AC/A비(accommodative convergence/

accommodation ratio)는 Martens등의 연구에 의하면 정상인 90%는 조절자극을 할 경우, AC/A비에 비례하여 동일한 양만큼 이항운동을 증가시킨다고 하였다.^[2] AC/A비는 측정방법에 따라 경사 AC/A비, 계산 AC/A비, 자극 AC/A비, 반응 AC/A비로 나눌 수 있다.^[3] 계산 AC/A비는 주시거리 변화에 의하여 조절자극을 준다면 경사 AC/A비는 가입렌즈 도수 변화를 통해 조절자극을 주는 방법이다. 반응 AC/A비는 자극 AC/A비와 동일한 자극을 가했을 경우 사람마다 조절자극에 대한 조절반응량이 다르고 조절자극에 비해 대부분 조절반응량이 적게 발생되어 반응 AC/A비가 더 크게 측정 되므로^[4] 임상에서 가입렌즈 도수 변화를 이용한 양안시 이상 처방에 있어서 반응 AC/A비를 활용하여야 한다.^[5] 폭주 자극에 따른 조절반응량을 측정할 폭주성조절비인 CA/C비(convergence accommodation/convergence ratio)는 사위, 사시 등의 프리즘을 통한 양안

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

시 처방과 시기능 분석에 있어 개인마다 폭주성 조절을 고려하여 처방에 활용되어야 하는 중요한 항목이다. CA/C비의 정확한 측정을 위해서는 조절 자극이 적은 개방된 공간(open loop)에서 측정되어야 하며 검사자의 측정 기술과 피검사자의 실험에 대한 이해도가 많이 요구되어 진다. 이러한 이유로 CA/C비를 측정하는 것은 익숙하지 않아 활용도가 낮으며 국내에서 임상적인 자료가 부족하여 해외 문헌을 많이 따르고 있다. 이에 본 연구에서는 임상적으로 프리즘 처방에 따라 발생할 수 있는 조절 반응량을 프리즘 굴절력별로 측정하고 더불어 가입렌즈 도수 변화에 따른 조절성폭주량인 AC/A비와의 상관관계를 연구하여 임상에서 유용한 자료로 활용하고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구대상

연구 대상은 안질환 및 정신질환, 수술경력, 사시, 사위, 부등시, 약시가 없으며 양안시 기능에 문제가 없고 난시는 최고 C-2.00 D 이하 인 교정시력 0.8이상 20대 대학생 62명(남자: 50명, 여자: 12명)을 대상으로 진행 하였다. 평균 나이는 22.62 ± 2.84 세이며 평균 굴절이상도는 우안 -3.04 ± 1.95 D, 좌안 -2.62 ± 2.39 D 이었다.

사위도 측정은 40 cm 근거리 하웰시표(Howell card)를 위치시킨 후 피검사자가 양안 완전 교정상태에서 하웰시표를 주시하게 한 후 우안에 6 Δ 기저하방 프리즘을 장입시켰다. 융합이 분리된 상태를 확인 후 위쪽에 위치한 화살표가 가리키는 아래쪽 줄의 숫자를 읽어 사위량을 기록하였다. 대상자들의 평균 PD는 63.50 ± 2.84 mm, 상대조절력은 9.07 ± 1.87 D 그리고 근거리 평균 사위도는 -2.38 ± 1.80 Δ 이었다. 측정 후 모건의 표준값(Morgan's norm)의해 0 ~ -6 Δ 까지를 정위로 분류하였다.

2. 연구방법

검사는 동일한 검사자가 진행 하였으며 시력검사 시 시표 주위 조도는 130~215 lx, 시표면의 조도는 800~1000 lx 하였으며, 측정 시간은 1회당 3~5초 간격으로 측정하였다.

Table 1. Measured data for subjects (n=62)

	Subjects	Mean±SD
Ortho	Age (year)	22.62 ± 2.84
	Pupillary distance (mm)	63.50 ± 2.84
	Relative accommodation (D)	9.07 ± 1.87
	Anomalies of Refraction (D)	OD: -3.04 ± 1.95 OS: -2.62 ± 2.39
	Near horizontal Phoria (Δ)	-2.38 ± 1.80

1) 동공중심거리(pupillary distance: PD) 측정

동공중심거리(pupillary distance) 측정은 동공거리계(Digital CRP, ESSILOR, France)을 이용하여 무한 원방 주시 상태에서 양안 PD를 5회 측정 하여 평균값을 기록하였다.

2) 상대조절력(relative accommodation) 측정

상대조절력 측정에는 일반적으로 가장 많이 사용하는 방법인 push-up 방법과 push-away 방법이 있으나 시표의 위치에 따라 근접성 조절이 관여되어 보통 높게 측정되므로 본 연구에서는 주시거리 변화에 따른 근접성 조절을 배제하기 위해서 40 cm 거리에서 최고시력보다 한줄 낮은 근거리 가로시표를 위치시킨 후 완전교정상태에서 시표가 흐려질 때까지 -0.25 D씩 렌즈를 장입하여 조절력을 측정하는 (-)렌즈 부가법을 사용하였다.

$$\begin{aligned} \frac{AC}{A} &= \frac{\text{Accommodative Convergence}}{\text{Response Accommodation}} \\ &= \frac{(\text{렌즈가입 전 사위량} - \text{렌즈가입 후 사위량})}{\text{조절반응량}(D)} \end{aligned}$$

3) 반응 AC/A비 측정

반응 AC/A비의 측정은 원거리 완전 교정 상태에서 양안 개방형자동굴절계(Nvision K5001, Shin-nippon, Japan)와 근거리 하웰시표(Howell target)를 40 cm 거리에 위치시켜 렌즈 가입전 사위량을 측정 후 -0.50 D, -1.00 D, -1.50 D, -2.00 D, -2.50 D의 순으로 좌안에 조절자극을 가해 각각의 사위 값을 측정하였다.

조절반응량 측정은 양안 개방형자동굴절계를 이용하여 양안시 상태에서 가입렌즈의 도수 변화에 따라 발생하는 각각의 조절반응량을 우안 5번 측정한 후 평균값을 기록하였고, 반응 AC/A비 계산은 아래 공식에 의해 계산되었다.^[4]

4) CA/C비 측정

CA/C비를 측정하는 방법으로는 핀홀(pinhole), BCC(binocular crossed-cylinder), DOG(difference of Gaussian) 대비 감도를 이용한 방법 등이 있다. CA/C비 측정은 양안 개방형자동굴절계와도 사용이 용이한 Wesson fixation card(WFC, Bernell, USA) 뒷면에 있는 대비감도를 이용한 DOG시표를 사용하였다. DOG시표는 어두운 세로줄 사이에 희미하게 밝은 세로줄 하나로 되어있어 초점이 변하여도 주변부의 흐림 상태를 유지하고 융합에 의한 조절을 배제시키는 공간주파수를 이용한 시표이다. CA/C비 단위로는 D/Δ(diopter/prism)를 사용하였다. 완전교정 된 상태에서 양안개방형자동굴절계에 근거리 막대를 고정시킨 후 40 cm 거리에 DOG시표를 위치 시켰으며 검사실 조도는

빛에 의한 조절을 최대한 배제하기 위하여 밝기가 조절 되는 조명을 사용하였다. 조절반응량 측정은 좌안에 각각 3 Δ BO, 6 Δ BO, 9 Δ BO, 12 Δ BO, 15 Δ BO 순으로 폭 주 자극을 가해 조절을 발생 시켰으며 양안개방형자동굴절력계를 이용하여 양안시 상태에서 우안의 조절반응량을 5번 측정 후 평균값을 기록하였으며 CA/C비 계산은 아래 공식에 의해 계산되었다.^[6]

$$\frac{CA}{C} = \frac{\text{Convergence Accommodation}}{\text{Convergence}}$$

$$= \frac{(\text{프리즘가입 전 조절량} - \text{프리즘 가입 후 조절량})}{\text{프리즘 자극량}(D)}$$

3. 연구 처리 방법

본 연구에서 자료 분석 및 처리방법으로는 SPSS(Ver. 20.0 for Windows, SPSS Inc, Chicago, IL, USA)의 반응 AC/A비와 CA/C비의 상관관계를 알아보기 위하여 단순회귀 분석과 Bland-Altman plot 를 사용하여 분석하였고, p<0.05 일 때 통계적으로 유의한 차이가 있다고 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 가입렌즈 도수 변화와 프리즘 굴절력 변화에 따른 조절반응량 조사

Table 2은 가입렌즈 도수 변화에 따른 조절반응량과 프리즘 굴절력 변화에 따른 조절반응량의 평균을 비교하였다. 가입렌즈에 의한 조절자극 -1.50 D와 -2.00 D에서 평균 조절반응량의 차이가 0.45D로 가장 크게 났으며, 프리즘 가입에 의한 폭주자극에서는 12 Δ과 15 Δ에서 평균 조절반응량이 0.37 D로 가장 크게 차이가 나타났다. 가입렌즈에 따른 조절반응량(평균: 2.23±0.65 D) 프리즘 가입에 따른 조절반응량(평균: 1.81±0.61 D) 보다 높게 측정되었고, 모든 가입도에서 통계적으로 유의한 차이를 보였

다(p=0.000). 가입렌즈 도수 -2.50 D와 프리즘 굴절력 15 Δ 을 가입하였을 때, 조절반응량의 차이가 0.49 D로 가장 크게 차이가 나타났다.

동일한 프리즘 양에 대해서 장입시간에 따른 조절반응량의 변화는 고려하지 않았으나 프리즘 장입 시간이 길어 질수록 조절반응량이 감소한다는 연구 결과가 있다.^[7,8]

2. PD와 반응AC/A비 및 CA/C비, 상대조절력과 반응AC/A비 및 CA/C비와의 상관관계

Fig. 1은 PD와 반응 AC/A비의 단순회귀분석한 결과를 나타내었다. PD와 반응 AC/A비는 y = -0.083x+10.119로 선형 관계를 보였으며 설명변량 R²=0.025로 음의 상관관계로 나타났다. Fig. 2는 PD에 따른 CA/C비의 단순회귀분석한 결과를 나타내었다. PD와 CA/C비는 y=0.001x+0.015로 선형 관계를 보였으며 설명변량 R²=0.009로 양의 상관관

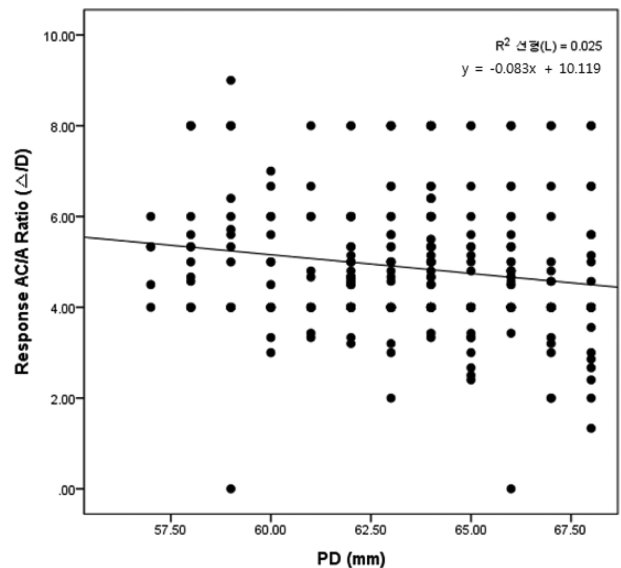


Fig. 1. Relation between response AC/A ratio and PD.

Table 2. Difference of accommodative response according lens and prism addition stimulus (n=62)

	Mean ± SD			Mean difference	t/p-value	
	Addition (D)	Accommodative response	Prism (Δ)			
Ortho	0	1.41 ± 0.31	0	1.02 ± 0.23	0.39*	8.463/0.000
	-0.50	1.74 ± 0.28	3	1.30 ± 0.25	0.44*	9.632/0.000
	-1.00	2.02 ± 0.25	6	1.64 ± 0.26	0.38*	8.020/0.000
	-1.50	2.31 ± 0.24	9	1.98 ± 0.26	0.33*	7.567/0.000
	-2.00	2.76 ± 0.30	12	2.28 ± 0.25	0.48*	11.364/0.000
	-2.50	3.14 ± 0.26	15	2.65 ± 0.29	0.49*	11.873/0.000
	Total	2.23 ± 0.65	Total	1.81 ± 0.61		

*p<0.05, t : t-distribution in analysis of paired t-test

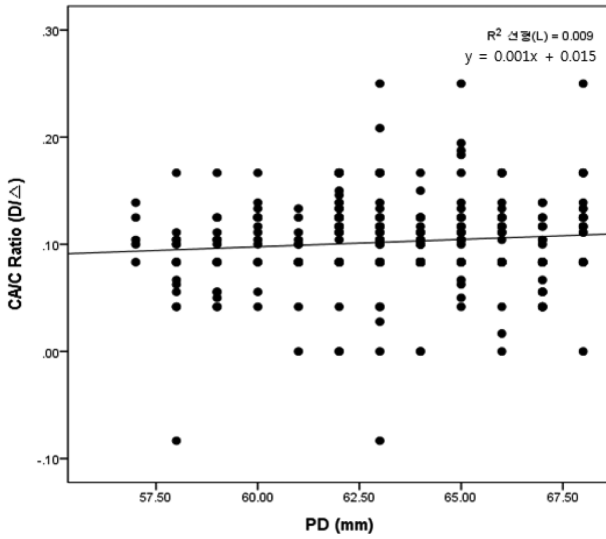


Fig. 2. Relation between CA/C Ratio and PD.

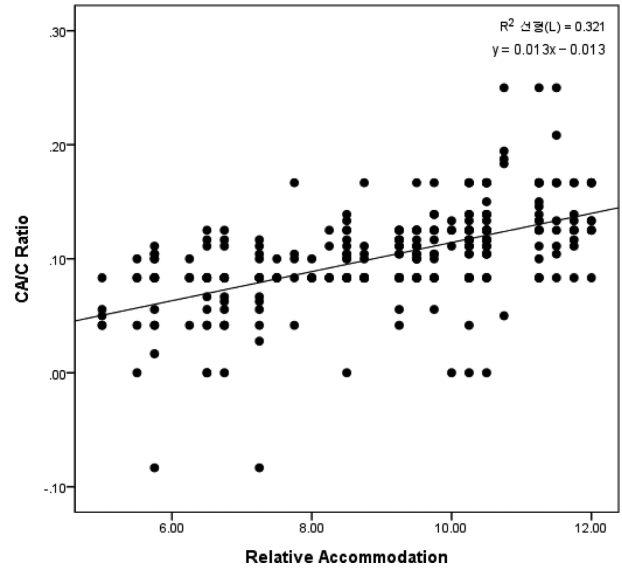


Fig. 4. Relation between CA/C ratio and relative accommodation.

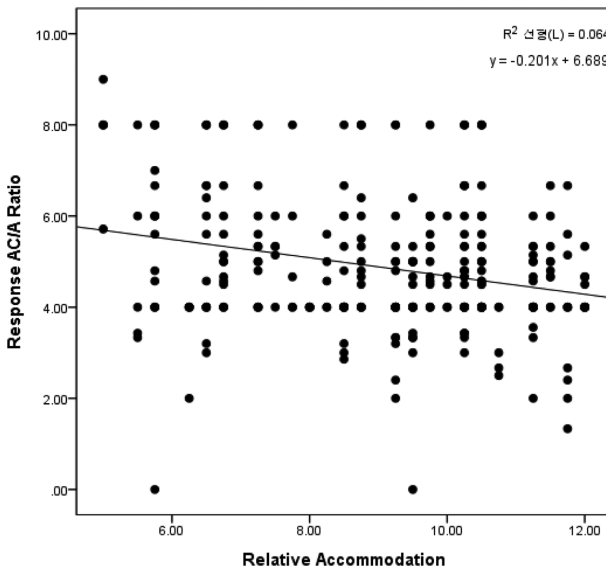


Fig. 3. Relation between response AC/A ratio and relative accommodation.

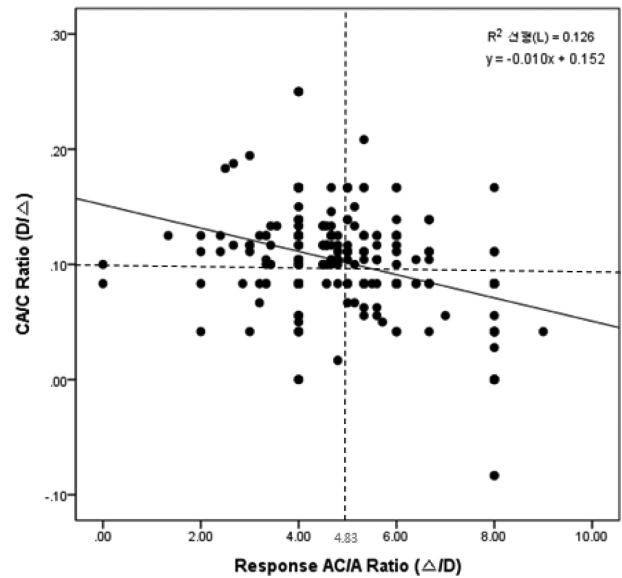


Fig. 5. Relation between response AC/A ratio and CA/C ratio.

계를 나타내었다. 반응AC/A비와 CA/C비는 PD의 영향은 없는 것으로 조사되었다. Lee의 20대 초반의 학생들을 대상으로 한 PD에 따른 CA/C비 연구의 결과에서는 상관관계수($r=0.010$)로 나타났다.^[9] Fig. 3은 상대조절력과 반응 AC/A비의 단순회귀분석 한 결과를 나타내었다. 상대조절력과 반응 AC/A비는 $y = -0.201x + 6.689$ 로 선형 관계를 보였으며 설명변량 $R^2=0.064$ 로 음의 상관관계로 나타났다. Fig. 4는 상대조절력과 CA/C비의 단순회귀분석 한 결과를 나타내었다. 상대조절력과 CA/C비 간은 $y=0.013x-0.013$ 로 선형 관계를 보였으며 설명변량 $R^2=0.321$ 로 상대조절력이 CA/C비에 영향을 주는 것으로 나타났다. 이는 Kent의 연구에서 CA/C비는 상대조절력으로 예측하기 쉽다고 하였고, 나이가 같더라도 개인에 따라 수정체 탄력성 차이

로 인해 CA/C비의 값 또한 다를 것이라고 했다.^[10]

Gullstrand에 의하면 AC/A비와 CA/C비는 관여하는 조절과 폭주는 모양체근의 수축과 이완의 여력과 관련되어 있다고 했다.^[11] 이에 상대조절력이 높을 사람일수록 폭주 자극에 대한 조절반응량이 큰 것으로 사료 된다.

3. 반응 AC/A비 와 CA/C비 상관관계

Fig. 5는 반응 AC/A비와 CA/C비의 단순회귀분석한 결과를 나타내었다. 반응 AC/A비가 증가 할수록 CA/C비는 감소하는 경향을 나타내었고, 반응 AC/A비와 CA/C비는 $y = -0.010x + 0.152$ 로 선형 관계가 있는 것으로 나타났고, 반응 AC/A비와 CA/C비의 상관관계수 $r = -0.355$ 로 음의 상

관관계를 가지고 설명변량 R²은 0.126으로 나타나 반응 AC/A비와 CA/C비의 관계를 12.6% 정도 설명하고 있다.

반응 AC/A비의 평균은 4.86±1.47 Δ/D 이었고 CA/C비의 평균은 0.10±0.04 D/Δ 이었다. Saladin의 문헌에 따르면 20세의 평균 CA/C비의 기대치는 0.20 D/Δ으로 평가하였고^[12] Rosenfield의 22세~24세 학생 30명을 대상으로 한 연구에서 0.057~0.065 D/Δ으로 평가되었다.^[13]

Fumitaka 등은 10대 학생들을 대상으로 한 반응 AC/A비와 CA/C비의 상관관계 연구에서 두 변인 간의 상관관계수 r=-0.095로 낮은 상관관계를 가지므로 반응 AC/A비와 CA/C비는 독립적인 변수라고 하였다.^[14]

그러나 Bruce 등의 연구에서 20~40세의 다양한 연령층을 대상으로 측정한 반응 AC/A비와 CA/C비의 상관관계수는 r=-0.508로 두 변인은 약간 높은 상관관계를 가진다고 하였다.^[15]

4. 반응 AC/A비의 역수와 CA/C비 사이의 평균차이 비교

Table 3는 가입렌즈 도수별 반응 AC/A비의 역수와 프리즘 굴절력별 CA/C비를 비교하여 나타내었다.

가입렌즈 -0.50 D와 프리즘 굴절력 3 Δ을 자극하였을 때 반응 AC/A비 역수와 CA/C비의 평균차이는 0.14 D/Δ으로 가장 크게 차이가 났고 -1.50 D와 9 Δ을 자극하였을 때 두 평균차이가 0.10 D/Δ으로 가장 작게 나타났다. 반응 AC/A비가 실제 조절 자극에 비해 조절반응량이 적게 발생되어 반응 AC/A비 역수의 값이 CA/C비해 크게 나타났으며 두 변인간의 평균차이는 모든 굴절력에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p=0.000).

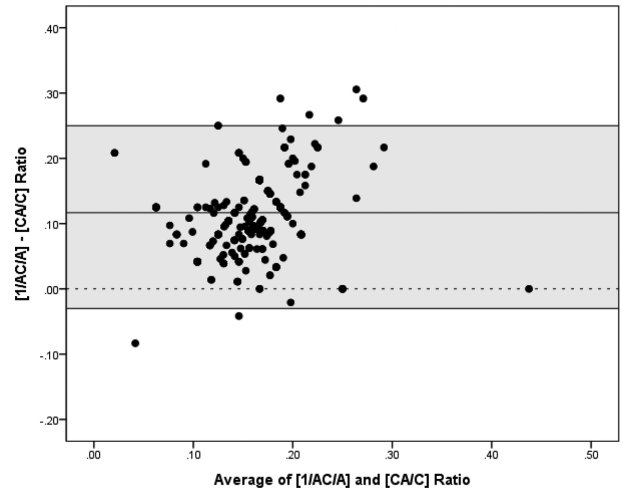


Fig. 6. Bland-Altman plot of difference between AC/A reciprocal and CA/C ratio.

Table 4는 반응 AC/A비 역수와 CA/C비의 대응 t-test 한 결과를 나타내었다. 반응 AC/A비의 역수의 평균은 0.22±0.07 D/Δ 이었으며 CA/C비의 평균은 0.10±0.04 D/Δ 이었다. 두 변인 사이의 평균 차이는 0.12±0.06 D/Δ 로 통계적으로 유의한 차이로 조사되었다(p=0.000). Fig. 6은 반응 AC/A비의 역수와 CA/C비의 합의 평균과 두 변인의 차이를 Bland-Altman plot을 이용하여 분석하였다. 반응 AC/A비의 역수가 더 높게 측정되었으며 반응 AC/A비 역수와 CA/C비 차이 값이 0.12±0.06 D/Δ로 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 그러므로 반응 AC/A비와 CA/C비가 서로 역수의 관계가 아니고 두 변인간의 서로 독립적인 변수로 사료되어진다. 이는 Rosenfield의 22~44세를 대

Table 3. Difference of response AC/A reciprocal ratio and CA/C ratio according lens and prism addition stimulus

	Mean±SD				Mean difference	t/p-value
	Addition(D)	Response AC/A reciprocal (D/Δ)	Prism(Δ)	CA/C (D/Δ)		
Ortho (N=62)	-0.50	0.21±0.07	3	0.07±0.06	0.14*	12.562/0.000
	-1.00	0.22±0.09	6	0.10±0.04	0.12*	9.269/0.000
	-1.50	0.20±0.06	9	0.10±0.03	0.10*	11.347/0.000
	-2.00	0.23±0.05	12	0.10±0.02	0.13*	17.564/0.000
	-2.50	0.23±0.04	15	0.10±0.02	0.13*	19.805/0.000

*p<0.05, t : t-distribution in analysis of paired t-test

Table 4. Mean differences and 95% limits of agreement between AC/A reciprocal and CA/C ratio

Mean±SD		Mean differences (mean±SD)	95% limits of agreement		t-value
1/AC/A	CA/C		Upper limits	Lower Limits	p-value
0.22±0.07	0.10±0.04	0.12±0.06*	0.25	-0.03	t=28.492
					p=0.000

*p<0.05, t : t-distribution in analysis of paired t-test

상으로 한 반응 AC/A비의 역수와 CA/C비의 차이를 비교한 연구에서도 두 변인의 차이는 0.14 ± 0.02 D/Δ로 통계적으로 유의한 차이가 있다고 나타났으며($p=0.006$)^[16] 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 또한 가입렌즈 도수 변화에 따른 조절 반응량 측정 시 긴장성 조절만 관여되었다면 프리즘 굴절력 변화에 의한 조절 반응량을 측정할 경우 긴장성 조절과 더불어 프리즘 자극량이 높아질수록 그로 인한 융상성 조절(fusional accommodation)과 융상성 폭주(fusional convergence)가 관여되어 결과에 영향을 미쳤을 거라고 생각되어진다.^[17,18] 이에 임상에서 양안시 이상을 프리즘으로 처방할 경우 AC/A비가 정상범위라 하더라도 CA/C비는 다를 수 있어 반드시 조절반응량을 측정하여 처방에 참고하여야 한다.

결 론

프리즘 굴절력 변화에 따른 조절반응량은 프리즘 장입 시간의 경과에 따른 프리즘 적응 현상으로 가입렌즈 도수 변화에 따른 조절반응량 보다 낮게 나타났으며 모든 가입도에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.000$). PD와 반응 AC/A비는 설명변량 $R^2=0.025$ 의 음의 상관관계를 나타냈고, PD와 CA/C는 설명변량 $R^2=0.009$ 의 양의 상관관계를 나타내었으며 반응 AC/A비와 CA/C비는 PD와의 상관관계가 거의 없는 것으로 조사되었다. 상대조절력과 반응 AC/A비는 설명변량 $R^2=0.064$ 로 음의 상관관계로 나타났고, 상대조절력과 CA/C비는 설명변량 $R^2=0.321$ 로 높은 양의 상관관계를 나타내므로 상대조절력이 높을 사람일수록 폭주성 조절량이 큰 것으로 사료된다. 반응 AC/A비와 CA/C비의 설명변량 $R^2=0.126$ 로 음의 상관관계가 나타났으며 이는 반응 AC/A비가 증가 할수록 CA/C비는 감소하는 경향을 보였다. 반응 AC/A비 역수와 CA/C비의 평균차이는 모든 굴절력에서 통계적으로 유의한 차이로 나타났고, 반응 AC/A비의 역수와 CA/C비의 차이는 0.12 ± 0.06 D/Δ로 반응 AC/A비의 역수가 더 높게 측정되었으며 통계적으로 유의한 것으로 나타났다($p=0.000$). 이에 두 변인간의 서로 독립적인 변수로 사료되어지며 임상에서 프리즘을 처방할 경우, 개인에 따라 상대조절력과 CA/C비는 다를 수 있어 반드시 폭주성 조절량을 측정하여 처방에 참고하여야 한다.

감사의 글

본 연구는 2015년 경운대학교 교내 연구비의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- [1] Kim DN. Binocular Vision. 2nd Ed. Seoul: Shinkwang, 2015:176-177.
- [2] Martens TG, Ogle KN. Observations on accommodative convergence; especially its nonlinear relationships. Am J Ophthalmol. 1959;47:455-462.
- [3] Grosvenor TP. Primary care optometry: anomalies of refraction and binocular vision, 3rd Ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 1996:575.
- [4] Rainey BB, Goss DA, Kidwell M, Feng B. Reliability of the response AC/A ratio determined using nearpoint autorefraction and simultaneous heterophoria measurement. Clin Exp Optom. 1998;81(5):185-192.
- [5] Lee SH, Yu DS, Son JS, Kwak HW. Comparison between stimulus and response AC/A ratios for each phoria additional spherical power. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014;19(3):345-351.
- [6] Goss AD, Vatnasdal P, Babinsky E, Candy RT. Comparison of three methods of measuring CA/C ratios. Optom Vis Perf. 2015;3(1):14-25.
- [7] Rainey BB. The effect of prism adaptation on the response AC/A ratio. Ophthalmic Physiol Opt. 2000;20(3):199-206.
- [8] North R, Henson DB. Adaptation to prism-induced heterophoria. Am J Optom Physiol Opt. 1980;57(3):129-137.
- [9] Lee MH, Yu DS. CA/C ratio of adults in their early twenties with normal binocular vision. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2012;17(2):153-158.
- [10] Kent PR. Convergence accommodation. Am J Optom Arch Am Acad Optom. 1958;35(8):393-406.
- [11] Southall JPC. Helmholtz's treatise on physiological optics, 3rd Ed. Canada: General, 1924;382-415.
- [12] Benjamin WJ. Borish's clinical refraction, 2nd Ed. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006;908-909.
- [13] Rosenfield M, Gilmartin B. Assessment of the CA/C ratio in a myopic population. Am J Optom Physiol Opt. 1988; 65(3):168-173.
- [14] Nonaka F, Hasebe S, Ohtsuki H. Convergence accommodation to convergence (CA/C) ratio in patients with intermittent exotropia and decompensated exophoria. Jpn J Ophthalmol. 2004;48(3):300-305.
- [15] Bruce AS, Atchison DA, Bhoola H. Accommodation-convergence relationships and age. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1995;36(2):406-413.
- [16] Rosenfield M, Ciuffreda KJ, Chen HW. Effect of age on the interaction between the AC/A and CA/C ratios. Ophthalmic Physiol Opt. 1995;15(5):451-455.
- [17] Semmlow JL, Heerema D. The role of accommodative convergence at the limits of fusional vergence. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1979;18(9):970-976.
- [18] Semmlow JL, Heerema D. The synkinetic interaction of convergence accommodation and accommodative convergence. Vision Res. 1979;19(11):1237-1242.

Comparison between Response AC/A and CA/C Ratio according to Additional Spherical Powers and Prism Powers

Byeong-Ho Roh, Dong-Sik Yu, Jeong-Sik Son, and Ho-Weon Kwak*

Dept. of Optometry and Vision Science, Kyungwoon University, Gumi 39160, Korea

(Received July 30, 2015; Revised August 18, 2015; Accepted September 8, 2015)

Purpose : This study was to examine a correlation of response AC/A ratio by additional spherical powers with PD(Pupillary distance) and relative accommodation, and was to investigate correlation of CA/C ratio by prism powers. The mean differences between a reciprocal response AC/A ratio and a CA/C ratio were compared, and were suggested to be used as data in the refractive power and prism prescriptions in the clinical. **Methods:** The open field autorefractometer (Nvision-K 5001, Shin nippon) and Howell target at 40 cm fixation distance to 62 persons with average 22.62 ± 2.84 ages were used to measure the response AC/A ratio according to additional Spherical powers. The CA/C ratios were measured using the DOG card at 40cm according to prism powers. **Results:** When the response accommodation according to Additional Spherical power changes and the response accommodation according to prism power changes were compared, it was larger than the response accommodation according prism power change. These were significant differences statistically. The correlation of response AC/A ratio and PD is showed as $r = -0.158$, the CA / C ratio is shown as $r = 0.093$. The correlation of response AC/A ratio and relative accommodation showed as $r = -0.253$, the CA/C ratio showed as $r = 0.566$ that is predictable correlation. The correlation of response AC/A ratio and CA/C ratio showed as $r = -0.355$ that is low minus correlation ($p = 0.000$). The difference between a reciprocal response AC/A ratio and a CA/C ratio showed 0.12 ± 0.06 D/ Δ with a significant difference statistically ($p=0.000$). **Conclusions:** The correlation of relative accommodation and CA/C ratio showed that depend on the individual, The more a relative accommodation is, the higher a response accommodation of convergence by convergence stimulus is. The reciprocal response AC/A and CA/C ratio showed significant differences statistically. This can have higher CA/C ratio in patients with low AC/A ratio in clinical as an independent variable. Thus when the abnormal binocular vision was prescribed in the clinical, it is necessary to consider the accommodative response even if the AC/A ratio is a normal range.

Key words: Accommodative response, Convergence accommodation, Relative accommodation, Response AC/A ratio, CA/C ratio